สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ รู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้รับความไว้วางใจจากสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ให้เป็นเจ้าภาพในการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ “รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7” ประจำปี 2557 (The 7th Thailand Renewable Energy for Community Conference: TREC-7) และเพื่อเป็นการสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ด้านการส่งเสริมและพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อชุมชนในประเทศไทยอีกด้วย

ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนพลังงานเป็นเรื่องที่ทุกภาคส่วนต้องให้ความร่วมมือในการแก้ไข มหาวิทยาลัยจึงต้องมีบทบาทสำคัญในการสร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมด้านพลังงานทดแทน โดยได้จัดตั้งวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ขึ้น เพื่อผลิตงานวิจัยทางอุตสาหกรรมที่เป็นประโยชน์และสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยเฉพาะด้านการจัดการความร้อนในอาคาร พลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงาน และการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อนักวิชาการ นักศึกษา ผู้ประกอบการ และภาคชุมชน ในการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนรูปแบบต่างๆ ในชุมชนอย่างยั่งยืนสืบไป และขออำนวยพรให้การจัดงานดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและสำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวะ วสุนธราภิวัฒก์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สารจากรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์



ในนามของรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ รู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติจากสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ให้เป็นเจ้าภาพร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ในการจัดงานสัมมนาเชิงวิชาการ เรื่อง “รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7” (The 7th Thailand Renewable Energy for Community Conference: TREC-7) ความเชื่อมโยงระหว่างพลังงานในอดีตจนถึงปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์โดยทางอ้อม และนับว่ายิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ งานประชุมสัมมนารูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 เป็นเวทีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักวิชาการ อาจารย์ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา และภาคชุมชน รวมทั้งผู้ประกอบการด้านเทคโนโลยีพลังงานต่างๆ ได้มีโอกาสพบปะและแลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดด้านการใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่สะอาดในชุมชน ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการใช้พลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ในนาม ของรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่างานประชุมดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อรูปแบบของการใช้พลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนในชุมชนของประเทศต่อไป ขออวยพรให้การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7” จงประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการจัดประชุมสัมมนาในครั้งนี้ทุกประการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์



สารจากนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ในนามของนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ให้เกียรติเป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ “รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7” นี้

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ได้ถูกก่อตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา วิจัย สนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศอย่างยั่งยืน มุ่งเน้นการนำพลังงานและรูปแบบการจัดการพลังงานไปใช้อย่างเหมาะสมต่อชุมชน เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริงจากการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานสะอาด เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวลและพลังงานจากน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานต้นกำเนิดที่มีอยู่ในทุกชุมชน นอกจากนี้ จากรวมตัวของกลุ่มประเทศอาเซียน ซึ่งมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราการบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปริมาณมาก โดยกลุ่มประเทศอาเซียนในอนาคต มีแนวโน้มที่จะอนุรักษ์พลังงานไว้ใช้เองหากมีความขาดแคลน ทั้งนี้ประเทศไทยนับว่าเป็นประเทศที่มีความพร้อมด้านทรัพยากรในการพัฒนาพลังงานทดแทน จึงควรมีการผลักดันให้เกิดการพัฒนาให้เร็วที่สุดและนำไปใช้งานอย่างยั่งยืน

ทางสมาคมฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ “รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7” นี้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อ นักวิชาการ นักศึกษา ผู้ประกอบการ และภาคชุมชน ในการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการใช้พลังงานทดแทนรูปแบบต่างๆ ในชุมชน โดยจะมีผลต่อการใช้และพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะทำให้เราอยู่ร่วมกับธรรมชาติและสามารถพึ่งพาตนเองได้ในอนาคตสอดคล้องกับการพัฒนาและเจริญเติบโตของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน โดยสมาคมจะเป็นศูนย์กลางในการดำเนินกิจกรรมทางด้านพลังงานที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ความมั่นคง การสร้างรายได้ และมีการบริหารจัดการที่เหมาะสม ให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

ในฐานะตัวแทนสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ขอโอกาสพิเศษนี้ใคร่ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ เจ้าภาพในการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการฯ และท่านที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ของสมาคมฯ ตลอดจนผู้สนับสนุนทุกท่าน รวมถึงทีมงานในการจัดงานในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดงานประชุมสัมมนาเชิงวิชาการฯ ในครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงด้วยดี และเป็นเวทีที่ก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาด้านพลังงานในภาคชุมชน และการพัฒนาด้านวิชาการพลังงานของประเทศไทยต่อไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์)
นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย


TREC-7

รายนามคณะกรรมการดำเนินงานการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7
(The 7th Thailand Renewable Energy for Community Conference (TREC-7))

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ร่วมกับ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย กำหนดให้มีการจัดประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 (The 7th Thailand Renewable Energy for Conference: TREC-7) ระหว่างวันที่ 12 – 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิจัย นิสิต นักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา ได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่แวดวงวิชาการ และแลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ด้านการวิจัย อีกทั้งเป็นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านการวิจัยร่วมกับเครือข่ายการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากภายนอก

เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงานการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ดังนี้

1. ที่ปรึกษาโครงการ

1.1 ศ.ดร.สมชาย	วงศ์วิเศษ	ประธานที่ปรึกษา
1.2 ดร.วิรชัย	โรยนรินทร์	ที่ปรึกษา

2. คณะกรรมการอำนวยการ

2.1 อธิการบดี	ประธานกรรมการ
2.2 รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย	รองประธานกรรมการ
2.3 รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัย	กรรมการ
2.4 รองอธิการบดีฝ่ายนโยบายและแผน	กรรมการ
2.5 รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร	กรรมการ
2.6 รองอธิการบดีฝ่ายกิจการพิเศษ	กรรมการ
2.7 รองอธิการบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์	กรรมการ
2.8 รองอธิการบดีพื้นที่บพิตรพิมุขจักรวรรดิ	กรรมการ
2.9 รองอธิการบดีวิทยาเขตวังไกลกังวล	กรรมการ
2.10 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัยและกฎหมาย	กรรมการ
2.11 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	กรรมการ
2.12 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษาและศิลปวัฒนธรรม	กรรมการ
2.13 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารสินทรัพย์และจัดหารายได้	กรรมการ
2.14 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย	กรรมการ
2.15 ผู้ช่วยอธิการบดีวิทยาเขตวังไกลกังวล	กรรมการ
2.16 ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี	กรรมการ
2.17 คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
2.18 คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ	กรรมการ
2.19 คณบดีคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี	กรรมการ
2.20 คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
2.21 คณบดีคณะอุตสาหกรรมการโรงแรมและการท่องเที่ยว	กรรมการ
2.22 คณบดีคณะศิลปศาสตร์	กรรมการ
2.23 ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง	กรรมการ
2.24 ผู้อำนวยการวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนฯ	กรรมการ
2.25 ผู้อำนวยการวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ	กรรมการ
2.26 ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและเลขานุการ
2.27 ผศ.ดร.เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์	กรรมการและเลขานุการ
2.28 นางศรีสุดา ลีลาสุวัฒน์	กรรมการและเลขานุการ
2.29 ดร.สันติ ไทยยืนวงษ์	กรรมการและเลขานุการ

3. คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านประชาสัมพันธ์

3.1 รองอธิการบดีฝ่ายกิจการพิเศษ		ประธานกรรมการ
3.2 นายสุเทพ	จ้อยศรีเกตุ	กรรมการ
3.3 นางสาวชญาน์นันท์	ชูราศี	กรรมการ
3.4 นางสาวอุมาพร	อิสระกูล	กรรมการ
3.5 นางสาวเบญจวรรณ	ชีวานนท์	กรรมการ
3.6 นางสาวปาริฉัตร	เดชสุข	กรรมการ
3.7 นายชาญศักดิ์	มีปิ่น	กรรมการ
3.8 นางสาวกัญญภัทร	อยู่สงค์	กรรมการ
3.9 นางสาวณัฏฐ์ธารณ์	ทองเสริม	กรรมการ
3.10 นางสาวสุจิตตรา	โสภา	กรรมการ
3.11 นายธนะพัฒน์	พึ่งปาน	กรรมการ
3.12 นายธนัชชา	เทศพิทักษ์	กรรมการ
3.13 นายวันเฉลิม	แสงชูโต	กรรมการ
3.14 ผู้อำนวยการสำนักงานประชาสัมพันธ์และวิเทศสัมพันธ์		กรรมการและเลขานุการ
3.15 นางสาวญานิศา	โพธิ์ไพชยนต์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
3.16 นางสาวพัชรี	สุขสมัย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

4. คณะกรรมการดำเนินงานด้านสารสนเทศ

4.1 ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ		ประธานกรรมการ
4.2 นายกิตติพงษ์	พุ่มโภชนา	กรรมการ
4.3 นายปิติพล	ไผทวุฒิกานต์	กรรมการ
4.4 นายวัชรินทร์	วรินทักษะ	กรรมการและเลขานุการ
4.5 นางสาวศิรินภา	ขาวผ่องอำไผ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
4.6 นางสาวญาดา	พิมพา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

5. คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านบทความ

5.1 ผศ.ดร.เจนศักดิ์	เอกบูรณะวัฒน์	ประธานกรรมการ
5.2 ดร.ประสพโชค	โห้ทองคำ	กรรมการ
5.3 ดร.สันติ	ไทยยืนวงษ์	กรรมการ
5.4 ดร.ณัฐวุฒิ	สุวรรณภูมิ	กรรมการ
5.5 ดร.พิมลพรรณ	เนียมหลาง	กรรมการ
5.6 ดร.บวรกิตติ์	เนคมานุรักษ์	กรรมการ
5.7 นายอดิศักดิ์	แข็งสาริกิจ	กรรมการ
5.8 ดร.ชัยชนะ	ใจบุญ	กรรมการ
5.9 ดร.ไชยยันต์	โอรส	กรรมการ
5.10 ดร.อุทัย	คำรักษา	กรรมการ
5.11 ดร.ช่อทิพย์	ศิวพรอนันต์	กรรมการ
5.12 ดร.นพลักษณ์	หนักแน่น	กรรมการ
5.13 ผศ.จุฬาลักษณ์	ไพบูลย์ฟุ้งเฟื่อง	กรรมการ
5.14 ผศ.นพนภา	จุลโลบล	กรรมการ
5.15 ดร.ชาญวิทย์	บุญช่วย	กรรมการ
5.16 ดร.พรสรร	โรจนพานิช	กรรมการ
5.17 นายสิทธิ์ชัย	บุญปิยทัศน์	กรรมการและเลขานุการ
5.18 นายสวัสดิ์	เฉิดฉิ้ม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

6 . คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านปฏิคม

6.1 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ		ประธานกรรมการ
6.2 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัยและกฎหมาย		กรรมการ
6.3 ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาและบริการวิชาการสู่สังคม		กรรมการ
6.4 ผู้อำนวยการกองกลาง		กรรมการ
6.5 นางสาวเปรมฤดี	เปรมเจริญ	กรรมการ
6.6 นางสาวอมรรัตน์	เอกชาวนา	กรรมการ
6.7 นายนเรศ	สิงห์คราม	กรรมการ
6.8 ว่าที่ร้อยตรีจารุวัตร์	จิตตเสถียร	กรรมการ
6.9 นายมงคล	ฟองศรี	กรรมการ
6.10 นางสาวจิตรานุช	น้อยสุทธิสกุล	กรรมการ
6.11 นางสาวจิราพรรณ	ชิตวาห์	กรรมการ
6.12 นางสาวทักศิณา	คงเหมือนเพชร	กรรมการ
6.13 นางสาวดวงใจ	เถื่อนถ้ำแก้ว	กรรมการ
6.14 นางสาวสุมิตรา	เอี่ยมมี	กรรมการ
6.15 นางสาวอโณทัย	ปิ่นบ้านกวย	กรรมการและเลขานุการ

7. คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านสถานที่ การจัดเลี้ยง และพิธีการ

7.1 รองอธิการบดีวิทยาเขตวังไกลกังวล		ประธานกรรมการ
7.2 ผู้ช่วยอธิการบดีวิทยาเขตวังไกลกังวล		กรรมการ
7.3 ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี		กรรมการ
7.4 ผู้อำนวยการกองกิจการพิเศษ		กรรมการ
7.5 ผู้อำนวยการกองอาคารสถานที่ยานพาหนะและภูมิทัศน์		กรรมการ
7.6 คณบดีคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี		กรรมการ
7.7 คณบดีคณะอุตสาหกรรมการโรงแรมและการท่องเที่ยว		กรรมการ
7.8 รองคณบดีคณะบริหารธุรกิจ พื้นที่วังไกลกังวล		กรรมการ
7.9 รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ พื้นที่วังไกลกังวล		กรรมการ
7.10 รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์ พื้นที่วังไกลกังวล		กรรมการ
7.11 เลขานุการสำนักงานผู้อำนวยการวิทยาเขตวังไกลกังวล		กรรมการ
7.12 นางสาวปิยวรรณ	ท้อนสุวรรณ	กรรมการ
7.13 นายสมควร	มณีนาค	กรรมการ
7.14 นางสาวธนิชชา	ชัยชัชวาลประทีป	กรรมการ
7.15 นายพงศ์ภูมิ	ศรชมแก้ว	กรรมการ
7.16 ดร.อาคีรา	ราชเวียง	กรรมการและเลขานุการ
7.17 นางสาวสุภิชมาศ	ประทุมเมศร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

8. คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านทะเบียนและการเงิน

8.1 ผู้อำนวยการกองคลัง		ประธานกรรมการ
8.2 นางสาวกรรณิกา	ทองคำ	กรรมการ
8.3 นางสาวภาสินี	นาควิเชียร	กรรมการ
8.4 นางสาวชาริสา	ภูกระโดน	กรรมการ
8.5 นางสาวศิศิรา	ไทรไกรกระ	กรรมการ
8.6 นางสาวณัฐกาญจน์	ศรีนิลทิน	กรรมการ
8.7 นางสาวสายชล	แดงแก้ว	กรรมการ
8.8 นางสาวภัชรีภรณ์	ปรางทอง	กรรมการ
8.9 นางศิริพร	เหมาะใจ	กรรมการ
8.10 นางศรีสุดา	ลีลาสุวัฒน์	กรรมการและเลขานุการ
8.11 นางสาววรารักษ์	หะรังศรี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

9. คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านการจัดนิทรรศการ

9.1 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย		ประธานกรรมการ
9.2 ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง		กรรมการ
9.3 ผู้อำนวยการวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนฯ		กรรมการ
9.4 ผู้อำนวยการวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ		กรรมการ
9.5 ผู้อำนวยสำนักงานประชาสัมพันธ์และวิเทศสัมพันธ์		กรรมการ
9.6 รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ		กรรมการ
9.7 รองคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ		กรรมการ
9.8 รองคณบดีคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ฝ่ายวิจัยและบริการทางวิชาการ		กรรมการ
9.9 รองคณบดีคณะอุตสาหกรรมการโรงแรมและการท่องเที่ยว ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ		กรรมการ
9.10 รองคณบดีคณะบริหารธุรกิจ วิทยาเขตวังไกลกังวล		กรรมการ
9.11 รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล		กรรมการ
9.12 ผศ.ดร.อรรถพล	ป้อมสถิตย์	กรรมการ
9.13 ดร.สันติ	ไทยยืนวงษ์	กรรมการและเลขานุการ
9.14 นางสาววรารัตน์	วัฒนชโนบล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

10. คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ ด้านการติดตามและประเมินผล

10.1 นางศรีสุดา	ลีลาสุวัฒน์	ประธานกรรมการ
10.2 นางสาวปาณิสรา	อินเล็ก	กรรมการ
10.3 นางสาวญานิศา	โพธิ์ไพชยนต์	กรรมการ
10.4 นางสาวศิรินภา	ขาวผ่องอำไพ	กรรมการ
10.5 นางสาวสมกมล	ภัทรกิจโสภณ	กรรมการ
10.6 นายสวัสดิ์	เฉิดฉิ้ม	กรรมการ
10.7 นางสาวญาดา	พิมพา	กรรมการ
10.8 นางสาววรารัตน์	วัฒนชโนบล	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ร่วมกับ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย กำหนดให้มีการจัดประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 (The 7th Thailand Renewable Energy for Conference: TREC-7) ระหว่างวันที่ 12 – 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิจัย นิสิต นักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา ได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่แวดวงวิชาการ และแลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ด้านการวิจัย อีกทั้งเป็นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านการวิจัยร่วมกับเครือข่ายการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากภายนอก

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ดังนี้

1. คณะกรรมการอำนวยการ ประกอบด้วย

1. อธิการบดี	ประธานกรรมการ
2. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย	กรรมการ
3. นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย	กรรมการ
4. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	กรรมการ
5. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย	กรรมการ
6. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและเลขานุการ
7. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาฝ่ายส่งเสริมงานวิจัย	ผู้ช่วยเลขานุการ

2. คณะกรรมการพิจารณาบทความ ประกอบด้วย

1.	รศ.ดร.สิงห์ทอง	พัฒนเศรษฐานนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2.	รศ.ทัศนีย์	สิงห์เจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
3.	ผศ.ดร.กฤษณ์ชนม์	ภูมิกิตติพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4.	ผศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5.	ผศ.ดร.บุณยฤทธิ์	ประสาทแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
6.	ผศ.ดร.พัฒนพล	มีนา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
7.	ผศ.ดร.วารุณี	อริยวิริยนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
8.	ผศ.ดร.วิรชัย	โรยนรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
9.	ผศ.ดร.สรพงษ์	ภวสุปรีย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
10.	ผศ.ดร.สุรจิตร์	พระเมือง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
11.	ผศ.ดร.จักรี	ศรีนนท์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
12.	ผศ.ดร.อำนวย	เรืองวารี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
13.	ผศ.ดร.บัณฑิต	กฤตาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
14.	ผศ.ดร.เจนศักดิ์	เอกบูรณะวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
15.	ผศ.ดร.วิทยา	พวงสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
16.	ผศ.ดร.กนกอร	หัสโรค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

17.	ผศ.ดร.โสรัตน์	มงคลมะไฟ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
18.	ดร.สำเนียง	องสุพันธ์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
19.	ดร.สันติ	ไทยยืนวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
20.	ดร.กิตติศักดิ์	วิธินันทกิตต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
21.	ดร.จักรกฤช	ศรีละออ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
22.	ดร.ธนิท	เรืองรุ่งชัยกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
23.	ดร.ประจวบ	อินระวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
24.	ดร.พิสิษฏ์	มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
25.	ดร.มนต์ชัย	พินิจจิตรสมุทร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
26.	ดร.รวิภา	ยงประยูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
27.	ดร.วรจิตต์	เศรษฐพรรค์	สถาบันพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
28.	ดร.วราจิต	พยอม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
29.	ดร.ศักดิ์ชาย	เพ็ชรตรา	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
30.	ดร.ศุภกิจ	รวศิลป์ชัย	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
31.	ดร.สหัถยา	ทองสาร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
32.	ดร.สุรชัย	จันทร์ศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
33.	ดร.อนุสรณ์	แสงประจักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
34.	ดร.อำพล	อาภาธนากร	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
35.	ดร.รัฐศักดิ์	พรหมมาศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
36.	ดร.ประสพโชค	โห้ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
37.	ดร.มนตรี	สมดุลยกนก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
38.	ดร.ฐปณี	รัตนถาวร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
39.	อาจารย์วราคม	วงศ์ชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
40.	อาจารย์อดิศร	ถมยา	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
41.	อาจารย์บัญญัติ	นิยมวาส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
42.	อาจารย์วุฒิศาสตร์	โชคเกื้อ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
43	อาจารย์สิทธิ์ชัย	บุญปิยทัศน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่7
The 7th Thailand Renewable Energy for Community Conference (TREC-7)
ในหัวข้อ “ตามรอยพ่อ ถ่ายทอดวิถีต้นแบบ พลังงานทดแทนสู่ชุมชน”
วันที่ 12-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557
ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

1. หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนพลังงานเป็นเรื่องที่ทุกภาคส่วนต้องให้ความสนใจในการแก้ไข การใช้งานพลังงานทดแทน ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับชุมชนในประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ เป็นมหาวิทยาลัยที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ งานสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางด้านพลังงานทดแทน อีกทั้งยังมีการจัดการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยจะต้องมีการประชุมสัมมนาทางวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ ทางด้านพลังงานทดแทน เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างนักวิจัยและนักศึกษาในสาขาวิชาเดียวกัน และสาขาวิชาอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้จะเป็นการกระตุ้นบรรยากาศการวิจัย และเป็นเวทีสำหรับนำเสนอผลงานวิจัยของนักวิจัยและนักศึกษา ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ เป็นการสร้างเครือข่ายงานวิจัย ก่อให้เกิดฐานข้อมูลนักวิจัยของมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อยกระดับและพัฒนาคุณภาพงานวิจัยให้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับชาติและนานาชาติต่อไป

ดังนั้นเพื่อให้ผลงานวิจัยของอาจารย์และนักศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและอนุรักษ์พลังงานทดแทนเพื่อชุมชนที่เกิดจากการปฏิบัติตามพันธกิจหลักของมหาวิทยาลัย ได้มีโอกาสเผยแพร่ในวงกว้าง และขยายองค์ความรู้สู่การปฏิบัติให้กว้างขวางยิ่งขึ้น อันจะนำมาซึ่งการดำเนินการตามวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยที่กล่าวไว้ว่า “เป็นผู้นำในการจัดการศึกษาวิชาชีพ สู่ความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศิลปกรรม การบริการและบริหารธุรกิจ สู่สังคมการประกอบการเข้าสู่มหาวิทยาลัยชั้นนำของประเทศ” ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์จึงร่วมมือกับ “สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย” จัดให้มีการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2557 เพื่อเผยแพร่และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้จากงานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทนสู่สาธารณชน ขึ้นในระหว่างวันที่ 12-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อให้นักวิจัยและนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่แวดวงวิชาการ

2.2 เพื่อเป็นเวทีทางวิชาการให้กับนักวิจัย นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และผู้เชี่ยวชาญ ได้พบปะแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ด้านการวิจัย

2.3 เพื่อสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างนักวิจัยด้วยกันและหน่วยงานรวมทั้งเครือข่ายการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

2.4 เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพการวิจัยของมหาวิทยาลัย

2.5 เพื่อเป็นการสร้างบรรยากาศการวิจัยให้เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัย

3. ผู้รับผิดชอบโครงการ

3.1 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

3.2 สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

4. ที่ปรึกษาโครงการ

4.1 ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	ประธานที่ปรึกษา
4.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	ที่ปรึกษา

5. กลุ่มเป้าหมาย

5.1 บุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	จำนวน 150 คน
5.2 นิสิต นักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา	จำนวน 100 คน
5.3 อาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ที่สนใจทั่วไป	จำนวน 100 คน

6. ระยะเวลา และสถานที่จัดการประชุม

วันที่ 12-14 พฤศจิกายน 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

7. รูปแบบการดำเนินการ

7.1 การบรรยายพิเศษทางวิชาการ (Keynote lecture)

7.2 การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย

7.3 การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์

แบ่งเป็นกลุ่มสาขาของบทความทั้งภาคบรรยายและโปสเตอร์ เป็น 7 กลุ่มย่อย ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ไฟฟ้าชุมชน

กลุ่มที่ 2 ความร้อนชุมชน

กลุ่มที่ 3 เชื้อเพลิงชุมชน

กลุ่มที่ 4 การประหยัดพลังงาน

กลุ่มที่ 5 สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน

กลุ่มที่ 6 นวัตกรรมพลังงานทดแทน

กลุ่มที่ 7 การจัดการพลังงานในชุมชน

7.4 การจัดนิทรรศการด้านพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

8. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (เชิงปริมาณ/เชิงคุณภาพ)

8.1 มีการนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยทางด้านพลังงาน

8.2 นักวิจัยและนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษามีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่แวดวงวิชาการ

8.3 มีเวทีทางวิชาการให้กับนักวิจัยและนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา รวมถึงผู้เชี่ยวชาญการวิจัยได้พบปะแลกเปลี่ยนความรู้และ ประสบการณ์ด้านการวิจัย

8.4 บุคลากรและนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัย มีศักยภาพด้านการวิจัยเพิ่มขึ้น

8.5 มีเครือข่ายความร่วมมือด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัย และเครือข่ายการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

8.6 เกิดบรรยากาศการวิจัยที่ดีขึ้นในมหาวิทยาลัย

กำหนดการ
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ในหัวข้อ "ตามรอยพ่อ ถ่ายทอดวิถีต้นแบบ พลังงานทดแทนสู่ชุมชน"
ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

12 พฤศจิกายน 2557				
08.00 - 09.00 น.	ลงทะเบียน			
09.00 น.	**พลอากาศเอกชลิต พุกผาสุก (องคมนตรี)** ประธานในพิธีเดินทางมาถึงสถานที่จัดงาน (**ราชมงคลหัวหิน เพลส** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล)			
09.00 -09.20 น.	ประธานในพิธี เยี่ยมชมนิทรรศการ ชมวิดิทัศน์โครงการพระราชดำริ และวิดิทัศน์แนะนำการประชุมวิชาการฯ			
09.20-09.25 น.	กล่าวต้อนรับผู้เข้าร่วมสัมมนา โดย **ผู้ว่าราชการจังหวัดประจวบคีรีขันธ์**			
09.25 - 09.30น.	กล่าวรายงานความเป็นมาของสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย โดย **ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์** นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย			
09.30 - 09.35 น.	กล่าวรายงานการจัดประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 โดย **ผศ.ดร.อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ** รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย			
09.35 - 09.45 น.	กล่าวแนะนำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ โดย **ผศ.ศิวะ วสุนธราภิวัฒก์** อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์			
09.45 - 09.50 น.	**พลอากาศเอกชลิต พุกผาสุก (องคมนตรี)** ประธานในพิธีเปิด กล่าวเปิดการประชุมวิชาการฯ และมอบโล่ขอบคุณผู้สนับสนุนหลัก			
09.50 - 10.00น.	**ผศ.ศิวะ วสุนธราภิวัฒก์** อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (มอบของที่ระลึกแก่ประธานในพิธี และถ่ายภาพร่วมกัน)			
10.00 - 10.30น.	การบรรยายพิเศษ เรื่อง "พลังงานทางเลือก...ทิศทางสู่ความยั่งยืน" โดย **คุณวิจิตร แตงน้อย** ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)			
10.30 - 11.00 น.	การบรรยายพิเศษเรื่อง "นวัตกรรมด้านพลังงานสะอาด" โดย **รศ.ดร.วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร** ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย			
11.00 - 12.00 น.	การเสวนาภาคชุมชน ภาคเอกชน และนักวิชาการ ประกอบด้วย 1. คุณเดชา บุญวรรณ์ ผู้จัดการส่วนพลังงานชุมชน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) 2. คุณโกศล แสงทอง ประธานเครือข่ายรวมใจตามรอยพ่อ ต.ป่าเด็ง อ.แก่งกระจาน จ.เพชรบุรี 3. คุณพงษ์เพชร จิตระวัง ผู้ใหญ่บ้าน บ้านเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี 4. นักวิชาการด้านพลังงานทดแทนเพื่อชุมชน 5. ผศ.ดร. วิรชัย โรยนรินทร์ (ดำเนินรายการ)			
12.00 - 13.00น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน			
13.00 - 14.40น.	**O-CP01-O-CP05** (Room No.1)	**O-IR01-O-IR05** (Room No.2)	**O-CF01-O-CF05** (Room No.3)	**O-EN01-O-EN05** (Room No.4)
14.40 - 15.00น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม			

12 พฤศจิกายน 2557				
15.00 - 17.00น.	**O-CP06-O-CP11** (Room No.1)	**O-IR06-O-IR11** (Room No.2)	**O-CF06-O-CF11** (Room No.3)	**O-EN06-O-EN10** (Room No.4)
	นำเสนอบทความวิจัยแบบโปสเตอร์ สาขาไฟฟ้าชุมชน P-CP22 P-CP23 P-CP24 สาขาความร้อนชุมชน P-CT14 P-CT15 สาขาเชื้อเพลิงชุมชน P-CF15 P-CF16 P-CF17 P-CF18 สาขาการประหยัดพลังงาน P-ES12 P-ES13 P-ES14 สาขาสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน P-EN11 P-EN12 P-EN13 P-EN14 สาขานวัตกรรมพลังงานทดแทน P-IR31 P-IR32 P-IR33 P-IR34 P-IR35 สาขาการจัดการพลังงานในชุมชน P-EM15 P-EM16 P-EM17 P-EM18 P-EM19			
17.00 - 18.00 น.	ประชุมคณะกรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย			
18.00 - 22.00น.	งานเลี้ยงรับรองและพิธีมอบธง TREC - กล่าวเปิดงานเลี้ยงรับรอง และต้อนรับ โดย ผศ.ศิวะ วสุนธราภิวัฒก์ อธิการบดี - พิธีการรับมอบธงเป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 - เจ้าภาพการจัดประชุมฯ ครั้งที่ 8 กล่าวแสดงความยินดีและขอบคุณ - ชมการแสดงจินตลีลา โดย นักศึกษาสาขาวิชาสื่อสารมวลชน - ชมการแสดงบาร์เทนเดอร์ โดยนักศึกษาสาขาวิชาการโรงแรม - ร่วมร้องเพลงคาราโอเกะ และรับประทานอาหารตามอัธยาศัย			
*กำหนดการอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม				

13 พฤศจิกายน 2557				
08.00 - 08.30 น.	ลงทะเบียนนำเสนอบทความหน้าห้อง			
08.30 - 10.10 น.	**O-CP12-O-CP16** (Room No.1)	**O-IR12-O-IR16** (Room No.2)	**O-CT01-O-CT05** (Room No.3)	**O-EM01-O-EM05** (Room No.4)
10.10 - 10.30 น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม			
10.30 - 12.10 น.	**O-CP17-O-CP21** (Room No.1)	**O-IR17-O-IR22** (Room No.2)	**O-CT06-O-CT11** (Room No.3)	**O-EM06-O-EM10** (Room No.4)
12.10 - 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน			
13.00 - 14.40 น.	**O-ES01-O-ES05** (Room No.1)	**O-IR23-O-IR27** (Room No.2)	**O-CT12-O-CT14** (Room No.3)	**O-EM11-O-EM14** (Room No.4)
14.40 - 15.00 น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม			
15.00 - 16.40น.	**O-ES06-O-ES08** (Room No.1)	**O-IR28-O-IR30** (Room No.2)	(Room No.3)	**O-ES09-O-ES11** (Room No.4)
17.00 - 18.00 น.	พิธีปิดและพิธีมอบรางวัลบทความดีเด่น โดย ผศ.ดร. วิรชัย โรยนรินทร์ นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย			
*กำหนดการอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม				

14 พฤศจิกายน 2557	
08.00 - 09.00น.	ลงทะเบียน
09.00-12.00 น.	โปรแกรมท่องเที่ยว/เยี่ยมชม 1. โครงการชั่งหัวมัน ตามพระราชดำริ ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี 2. ถ้ำพระยานคร/บึงบัว อุทยานแห่งชาติสามร้อยยอด
12.00 - 13.00น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 14.40น.	เดินทางกลับโดยสวัสดิภาพ
*กำหนดการอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม	

สารบัญ

สาขาไฟฟ้าชุมชน (CP)			หน้า
O-CP01	การประยุกต์ระบบการผลิตไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่ด้วยรถจักรยานยนต์ในภาวะภัยพิบัติ	เนตรชาย โพธิ์เขียว	1
O-CP02	การประเมินศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์ กรณีศึกษาชุมชนหมู่บ้านโนนข่า	ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม	6
O-CP03	การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง	จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล	15
O-CP04	การศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก	ธีรวัฒน์ ผูกสมัคร	21
O-CP05	การศึกษาคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเทคนิคอินเตอร์ลีฟ	เสาวนีย์ กันต๊ะ	27
O-CP06	การศึกษาสมรรถนะของกังหันลมแบบใบผ้าผลิตกระแสไฟฟ้า	รณกร เทพวงษ์	31
O-CP07	การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำจากถังเก็บน้ำประปาประจำหมู่บ้านด้วยกังหันน้ำขนาดจิ๋ว	สุรจิตร์ พระเมือง	36
O-CP08	การลดพลังงานไฟฟ้าตามสภาวะโหลดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส	สัญญา ผาสุก	40
O-CP09	การผลิตไฟฟ้าจากการระบายอากาศของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศด้วยกังหันลมขนาดจิ๋ว	สุรจิตร์ พระเมือง	46
O-CP10	การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ห่างไกล	กิตติพงษ์ ศรีพนากุล	50
O-CP11	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรที่มีผลมาจากช่องว่างอากาศ	พีรวัจน์ มีสุข	55
O-CP12	อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส สมรรถนะสูงสำหรับระบบที่ไม่เชื่อมต่อกับกริดในชุมชนห่างไกล	พร้อมรบ คำธาร	61
O-CP13	การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบต่อเข้าระบบกริด	ภานุพล ปิ่นรารัยนนท์	67
O-CP14	การผลิตไฟฟ้าชุมชนขนาด 1 เมกะวัตต์จากก๊าซชีวมวลโดยใช้หญ้าเนเปียร์	สหัถยา ทองสาร	73
O-CP15	การออกแบบ และใช้งานพลังงานทดแทนเพื่อใช้งานโหลดกระแสตรงและสลับร่วมกัน	รุ่งเพชร ก่องนอก	77
O-CP16	ระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ตำบลลานดอกไม้ตก อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร	วสันต์ เพชรพิมูล	83
O-CP17	การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายที่มีแบตเตอรี่สำรองสำหรับควบคุมคุณภาพไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน	นพพร พัชรประกิติ	89
O-CP18	การตรวจจับการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระภายใต้ระบบควบคุมโดยวิธีเฟสล็อคลูปในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า	วุฒิวงศ์ จันทะสอน	95
O-CP19	ระบบวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในอาคารด้วยหัววัดแบบอาร์ซีไทม์	เดี่ยว อภัยราช	101
O-CP20	โปรแกรมทำนายผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และประเมินความคุ้มทุนภายใต้ระบบ Feed in Tariff ของประเทศไทยในพื้นที่เป้าหมาย	ยอดธง เม่นสิน	105
O-CP21	การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนทิ้งจากห้องเผาไหม้ชีวมวล	ฉันทนา พันธุ์เหล็ก	109
P-CP22	การวัดและศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของกระแสโหลดชนิดต่างๆด้วย LabVIEW	องอาจ แสดใหม่	114
P-CP23	ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมในประเทศไทย	ทิวา ตันสถิตย์	119
P-CP24	การวิเคราะห์ผลการออกแบบหม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่า โดยการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของการออกแบบ	สุพจน์ วรธิพรหมมา	124

สารบัญ

สาขาความร้อนชุมชน (CT)			หน้า
O-CT01	การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของการกระยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ	พรนิภา นุโนชา	131
O-CT02	ระบบอบแห้งสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊มไอน้ำ	วรเชษฐ์ แสงสีดา	138
O-CT03	เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับชุมชน	ไพฑูรย์ เหล่าดี	144
O-CT04	หวดนึ่งข้าวเหนียวรูปแบบใหม่ แบบประหยัดพลังงาน	สุรจิตร์ พระเมือง	150
O-CT05	ผลของดีกรีร้อนยวดยิ่งที่มีต่อประสิทธิภาพวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ชนิดซีโอโทรปิก	ธรณิศวร์ ดีทายาท	154
O-CT06	เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ	ไพโรจน์ จันทร์แก้ว	160
O-CT07	ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์	ธีรเดช ใหญ่บก	166
O-CT08	การทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้	ฐิติพร เจาะจง	171
O-CT09	สมรรถนะทางความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบนที่ใช้ผงคาร์บอนผสมน้ำเป็นสารทำงาน	วสันต์ ศรีเมือง	177
O-CT10	การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	วรานนท์ อินต๊ะธรรม	187
O-CT11	การประเมินอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	จิระศักดิ์ พุกดำ	196
O-CT12	การถ่ายเทความร้อนของรังผึ้งชนิดรูเกลียวของเตาอั้งโล่	สุรจิตร์ พระเมือง	202
O-CT13	การเพิ่มสมรรถนะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระดาษทรายสีดำ	คมเพ็ชร อินลา	207
P-CT14	การศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลในจังหวัดลำปาง	วราคม วงศ์ชัย	212
P-CT15	โครงงาน: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ	พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์	217

สารบัญ

สาขาเชื้อเพลิงชุมชน (CF)			หน้า
O-CF01	การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขาม	กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์	222
O-CF02	การผลิตถ่านไม้ไผ่สำหรับเป็นสารดูดซับความชื้น	สุรจิตร์ พระเมือง	227
O-CF03	การสำรวจศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพในตำบลนาบอน จังหวัดกาฬสินธุ์	อนุสรณ์ แสงประจักษ์	231
O-CF04	การศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันปาล์มและเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์	ธวัชชัย บัวทิพย์	236
O-CF05	การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะ	กัญญา สอนสนิท	243
O-CF06	การวิเคราะห์ไบโอดีเซลอย่างง่ายด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC)	วุฒิชัย รสชาติ	248
O-CF07	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	วุฒิชัย รสชาติ	253
O-CF08	การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากซังข้าวโพดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งมันและปูนขาวเป็นตัวประสาน	อดิศร ถมยา	258
O-CF09	การวิเคราะห์คุณภาพถ่านด้วยเทคนิคจุลทรรศ์อิเล็กตรอน	วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ	262
O-CF10	การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน	ปองพล รักการงาน	266
O-CF11	การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด EFI ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ E10, E20 และ E85 เป็นเชื้อเพลิง	ประพนธ์ ชูประเสริฐ	272
O-CF12	น้ำหวานจากสำหรับการผลิตเอทานอล	พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์	276
O-CF13	การผลิตน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านไม้ 3 ชนิดด้วยถัง 200 ลิตร	เพชรรัตน์ ใจบุญ	280
O-CF14	การประเมินวัฏจักรชีวิตของ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพและกากตะกอนน้ำมันดิบ	สมชาย มณีวรรณ์	286
P-CF15	ผลิตแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับโดยแก๊สซิฟิเคชั่น	จีรัฐติกุล กล้าหาญ	293
P-CF16	การศึกษาผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารของโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	ภาคิณ มณีโชติ	300
P-CF17	การศึกษาความความเหมาะสมที่จะนำวัสดุเหลือใช้จากตาลโตนดไปเป็นวัสดุเชื้อเพลิงชีวมวล	อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล	303
P-CF18	การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน	เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์	307

สารบัญ

สาขาการประหยัดพลังงาน (ES)			หน้า
O-ES01	ผลของความชื้นต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย	บัญญัติ นิยมวาส	311
O-ES02	อุปสงค์ของพลังงานทดแทนสำหรับยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	วีรวัลย์ ปิ่นชุมพลแสง	316
O-ES03	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมเซลล์แสงอาทิตย์	บงกช ประสิทธิ์	324
O-ES04	การศึกษาคุณสมบัติของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ที่ใช้การมอดูเลตแบบ VPPM	ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล	332
O-ES05	การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม	เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์	338
O-ES06	การลดค่าพลังงานไฟฟ้าในการปลูกดอกเบญจมาศ	นิคม ธรรมปัญญา	345
O-ES07	การทำนายปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	ปฏิวัติ วรามิตร	349
O-ES08	ประหยัดเชื้อเพลิงด้วยออกซิเจนเสริมเปลวไฟ	ศรีวิชัย สู่สุข	356
O-ES09	เครื่องอบแห้งและคั่วพริกสดแบบถังหมุน	ศิรินุช จินดารักษ์	362
O-ES10	การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส	สุรเดช สินจะโป๊ะ	368
O-ES11	การเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนที่มีการติดตั้ง อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อ	บัณฑิต กฤตาคม	375
P-ES12	ตู้ไฟจราจรพลังงานแสงอาทิตย์	อาภาพล มหาวีระ	383
P-ES13	วิเคราะห์ความคุ้มค่าการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานเกิน 10 ปี	รุ่งเพชร ก่องนอก	391
P-ES14	เครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้แบบกึ่งอัตโนมัติ	ณฐพรภัทร์ อินทร์ศิริพงษ์	397

สารบัญ

สาขาสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (EN)			หน้า
O-EN01	การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในขยะอินทรีย์ในเขตเทศบาลตำบลพังโคน	กอบกุล นงนุช	403
O-EN02	การก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	จักรพงศ์ ไชยานุพัทธกุล	406
O-EN03	การประเมินก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	ธนวรกฤต โอฬารธนพร	412
O-EN04	การดูดซับฟีนอลและสีย้อมจากสารละลายด้วยลิโอนาร์ไดต์และดินแดง	อาทิตย์ อัศวสุขี	416
O-EN05	การผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วทิ้ง	ณิชาภา มินาบูลย์	422
O-EN06	การลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปลูกป่าอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านวังควาย อำเภองาว จังหวัดลำปาง	วราคม วงศ์ชัย	429
O-EN07	การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา	เจนจิรา เปี่ยมดี	435
O-EN08	การออกแบบสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สาย โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์	นภัทร วัจนเทพินทร์	440
O-EN09	การพัฒนาเครื่องมือทดสอบแรงอัดดินแบบสามแกนโดยใช้ระบบมอเตอร์แทนระบบมือหมุน	ชูศักดิ์ คีรีรัตน์	445
O-EN10	เครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา	กาญบัญชา พาณิชเจริญ	450
P-EN11	การศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตและพิจารณาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ในกรณีที่มีการใช้รถไฟฟ้า BTS , MRT รถยนต์ไฟฟ้า EV และ PHEV ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	สุรินทร์ แหงมงาม	457
P-EN12	การศึกษาศักยภาพของชุมชนที่มีต่อบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีในพื้นที่ตลาดน้ำดอนหวาย	ธีระวัฒน์ จันทึก	463
P-EN13	ผลการดำเนินงานธุรกิจสีเขียว (Green Business) เพื่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน	ธีระวัฒน์ จันทึก	467
P-EN14	ความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม	ธีระวัฒน์ จันทึก	471

สารบัญ

สาขานวัตกรรมพลังงานทดแทน (IR)			หน้า
O-IR01	การออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย	กฤชกนก สุทัศน์ ณ อยุธยา	476
O-IR02	เครื่องต้มน้ำแบบเหนี่ยวนำ	พชร หลงสมบุญ	483
O-IR03	เครื่องหลอมสแตนเลสแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง	กฤษฎา ทองงาม	490
O-IR04	การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นสำหรับอบแห้งขมิ้นชัน	ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล	496
O-IR05	การอบแห้งใบเตยหอมด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม	กีรติ เกิดศิริ	502
O-IR06	ปั๊มลมไฟฟ้ากระแสตรงแบบใช้แหล่งจ่าย 2 ระบบ	จักรวัฒน์ สัญใจ	507
O-IR07	แบบจำลองความเข้มแสงของแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	ธีรภัทร ทวีวงศ์	514
O-IR08	คุณลักษณะจำเพาะของฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีการเติมธาตุดีบุกบนท่ออะลูมิเนียมเพื่อใช้เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์	ธวัช สุริวงษ์	521
O-IR09	การเชื่อมโลหะโดยใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ	ชัยรัตน์ หงษ์ทอง	527
O-IR10	การจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยหลักการป้อนกลับแบบ พี ไอ ดี และ ฟัซซี่ ลอจิกชนิดทันเวลา	มาลี พัฒน์ช่วย	533
O-IR11	นวัตกรรมการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์สำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง	กรกฎ นิยมสัตย์	539
O-IR12	การพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วม	อัญชณา อุประกูล	545
O-IR13	การพัฒนาห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อใช้อบแห้งในวิสาหกิจชุมชน	ปรีชา ศรีประภาคาร	549
O-IR14	การสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์สารอินทรีย์ชนิดใหม่เพื่อใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง	เทอดเกียรติ แก้วพวง	553
O-IR15	การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองท่อนำแสงสว่างใช้กับอาคาร	รณกร เทพวงษ์	558
O-IR16	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ้อม	ธเนศ ไชยชนะ	565
O-IR17	การออกแบบตู้อบแห้งข้าวแต๋นแบบลมร้อนขนาดเล็กสำหรับวิสาหกิจชุมชนโดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง	ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน	571
O-IR18	การศึกษาการใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์	รุ่งเพชร ก่องนอก	577
O-IR19	Solar Concrete Wall Collector	V. Veng	584
O-IR20	การพัฒนาเครื่องเติมอากาศพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	นิธิวัฒน์ ชูสกุล	592
O-IR21	การสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำ ขนาดกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์ จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัสที่เหลือทิ้ง	ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาล	598
O-IR22	Smart Solar Farm Concept and Implementation for Improving Photovoltaic Power Generation	Chanwit Boonchuay	605
O-IR23	การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบใช้ปั๊มความร้อน	ศรีธร อุปคำ	612
O-IR24	การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือน	จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์	620
O-IR25	การผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลด้วยระบบคอมพิวเตอร์	พงษ์ศักดิ์ คงขน	626
O-IR26	การวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก	โชติวัธน์ ศุภิรัตนกุล	634
O-IR27	การศึกษาเชิงทดลองต้นแบบกังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ได้ด้วยกลไกแบบ 4 ชิ้น	ไมตรี พลสงคราม	642
O-IR28	ผลกระทบของสภาวะการทำงานและมุมใบกังหันที่มีต่อสมรรถนะของกังหันลมลูปวิง	กิตติ นิลผึ้ง	650
O-IR29	การศึกษาวิเคราะห์การทำงานเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมแบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) ขนาด 1.2 kW โดยโปรแกรม MATLAB	ชวลิต เพ็งสุขกุล	656
O-IR30	การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ด้วยระบบไพโรไลซิสชนิดแก๊สหมุนวนปิด	ปรีชา ขันติโกมล	663
P-IR31	เครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน	สุรินทร์ แหงมงาม	669
P-IR32	พลังงานทดแทนสำหรับการใช้งานเอนกประสงค์	นุกูล สุวรรณชาตรี	675
P-IR33	การพัฒนาเครื่องดูดและหัวดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์	ศรีธร อุปคำ	683
P-IR34	เครื่องผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยหลักการของ PWM	เสรี ชื่นอารมณ์	690
P-IR35	การทดสอบประสิทธิภาและผลกระทบต่อลักษณะปลายใบกังหันลมในท่ออุโมงค์ขนาดเล็ก	ชาคริต จีนลอย	

สารบัญ

สาขาการจัดการพลังงานในชุมชน (EM)			หน้า
O-EM01	การผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรภายใต้แนวทางการจัดการแบบไม่มีของเสียเหลือทิ้ง	อรรถกร อาสนคำ	695
O-EM02	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกล	อันธิกา เพชรี	704
O-EM03	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	อนุพล อัคพิน	709
O-EM04	การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วม และยั่งยืนตามโครงการพัฒนาหมู่บ้านเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดน ตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน	เสริมสุข บัวเจริญ	714
O-EM05	การประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช	ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ	721
O-EM06	รูปแบบการแปรรูปวัสดุที่เหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพื่อผลิตพลังงานทดแทน ตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง	รวิภา ยงประยูร	727
O-EM07	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและสังคมจากการลงทุนระบบก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร กรณีศึกษา: ตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี	อภิชาต คงแป้น	736
O-EM08	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน : กรณีศึกษาโรงงานควบคุมในเขตกรุงเทพมหานคร	สิทธิพล กว้างนอก	743
O-EM09	แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเคมีในประเทศไทย	พิชชา สุทธิกุล	750
O-EM10	แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษในประเทศไทย	พีนัท ประจักษ์วงศ์	756
O-EM11	แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย	นรวัฒน์ วงศ์คำ	763
O-EM12	ความต้องการพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้มสำหรับครัวเรือนของชุมชน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี	สำรวย มะลิถอด	770
O-EM13	ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับระบบไมโครกริด	วศิน์วิโรตม์ เนติศักดิ์	777
O-EM14	การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม	วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ	784
P-EM15	การสำรวจศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชนบ้านร่องปลายนา ตำบลบัวสลี อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย	วิลาสินี ศรีสุวรรณ	789
P-EM16	วิถีเกษตรกรรมชาวสวนยางพาราสู่การเป็นแหล่งพลังงานทดแทน กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกรทวีผล อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา	ฐปณี รัตนถาวร	794
P-EM17	เครื่องวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	สมรรถชัย จันทรัตน์	802
P-EM18	ความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมัน	ธีระวัฒน์ จันทึก	808
P-EM19	การสำรวจความคิดเห็นเกษตรกร ตำบลป่าซาง เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร	วรวิทย์ บุรณศิริ	813

O-CP01

การประยุกต์ระบบการผลิตไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่ด้วยรถจักรยานยนต์ในภาวะภัยพิบัติ
Application of mobile generator system by motorcycle for Disaster

เนตรชาย โพธิ์เขียว[1 *], วรรัตน์ ปัตรประกร[1], พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 12121
โทร 0-2564-3001-9 ต่อ 3131 โทรสาร 0-2564-3001-9 ต่อ 3040 E-mail: pworarat@engr.tu.ac.th
[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 12121
โทร 0-2564-3001-9 ต่อ 3061 โทรสาร 0-2564-3001-9 ต่อ 3040 E-mail: bporr@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ระบบไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่ภายใต้ภาวะภัยพิบัติที่มีผลกระทบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าอันได้แก่ ธรณีภัย วาตภัย และอุทกภัย ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้บริเวณกว้าง โดยอาศัยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแม่เหล็กตามแนวแกนที่มีการออกแบบ ให้ใช้รถจักรยานยนต์มาเป็นต้นกำลังทำให้ง่ายต่อการผลิตไฟฟ้า โดยใช้ล้อหลังของรถจักรยานยนต์ไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรงและสามารถเคลื่อนย้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปใช้ยังที่ต่างๆ ได้เนื่องจากน้ำหนักน้อย ทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถเข้าถึงจุดที่เกิดเหตุได้ทันที ทำให้ง่ายต่อการผลิตและสำรองไฟฟ้าในที่ที่มีความสำคัญตัวอย่างเช่น เสาส่งสัญญาณสื่อสาร,ระบบสำรองไฟฟ้าเครื่องมือสื่อสาร,ระบบส่องสว่างในจุดที่ต้องการแสงสว่าง โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 0.18 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ทั่วไป ผลงานวิจัยพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าโหลดสูงสุด 0.18 กิโลวัตต์ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.4753 ลิตรต่อชั่วโมง จากการทดสอบสามารถจ่ายโหลด เช่น หลอดไฟฟ้า,หม้อแปลงไฟฟ้า และมอเตอร์ไฟฟ้า ที่มีกำลังวัตต์ไม่เกิน 0.18 กิโลวัตต์ โดยสามารถนำรถจักรยานยนต์ไปใช้ได้ตามปกติ แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดและน้ำหนักที่ใหญ่เกินไป ต้องมีการปรับปรุงให้มีขนาดและน้ำหนักที่เล็กลงเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในกรณีฉุกเฉิน

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่; รถจักรยานยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า; เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแม่เหล็กตามแนวแกน

1. ที่มาและความสำคัญ

ระบบไฟฟ้ามีความสำคัญในการดำรงชีวิตของทุกคน ทุกวันนี้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น เช่น ระบบสื่อสารที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การสื่อสารทำให้เราติดต่อกันได้อย่างรวดเร็วทั้งในกรณีเหตุฉุกเฉิน เช่น การเกิดภัยพิบัติ ในการที่ต้องประสานงานการเข้าถึงพื้นที่เพื่อช่วยเหลือ หรือการแจ้งขอความช่วยเหลือในพื้นที่ตกค้าง ระบบไฟฟ้าในยามกลางคืนก็สำคัญไม่แพ้กันเนื่องจากในเหตุภัยพิบัติระบบไฟฟ้าจะถูกตัดขาดทำให้ในเวลากลางคืนจะไม่มีแสงสว่างซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ ในหลายๆพื้นที่ของประเทศมีไฟฟ้าเข้าถึงโดยยากลำบากทำให้ความมั่นคงทางไฟฟ้าลดลง ส่งผลให้ความต่อเนื่องในการใช้ไฟฟ้าลดลงด้วย การเข้าถึงเพื่อการซ่อมแซมก็อาจทำได้ลำบากทั้งในกรณีเหตุฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับเนื่องจาก อุบัติเหตุรถชนเสาไฟฟ้าหัก ต้นไม้หักโค่นทับสายไฟ หม้อแปลงไฟฟ้าระเบิด แต่การเข้าถึงเพื่อซ่อมแซมนั้นยากขึ้นถ้าพบกับเหตุการณ์ภัยพิบัติ เช่น ในกรณีถ้าเกิดอุทกภัย ทำให้น้ำท่วมในพื้นที่ และมีการตัดขาดของเส้นทางการเข้าถึง ซึ่งไม่อาจใช้ไฟฟ้าได้ในบางจุด กรณีวาตภัย พายุฝนรุนแรงทำให้สายไฟฟ้าขาด หรือ ไฟฟ้าลัดวงจร เกิดการตัดขาดทางไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถซ่อมแซมได้ในขณะนั้น ธรณีภัย แผ่นดินไหวรุนแรงบ้านเรือน เสาไฟฟ้าเสียหาย เส้นทางเข้าถึงถูกตัดขาด ในกรณีต่างๆนั้น สิ่งที่สำคัญคือการสำรองไฟฟ้าในด้านการสื่อสาร เพื่อไม่ให้เกิดการติดขัดในการช่วยเหลือหรือซ่อมแซม สำหรับแนวคิดเพื่อการออกแบบคือการนำรถจักรยานยนต์มาเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้าไปใช้หรือสำรองไฟฟ้าในภาวะภัยพิบัติดังที่กล่าวข้างต้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปุณยภัทร ภูมิภาค ได้ศึกษาเรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกนที่ไม่มีแปลงถ่านสำหรับพลังงานลม ในงานวิจัยได้ทำการออกแบบและทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้กับพลังงานลม ผลทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่มีการควบคุมความเร็วต้นกำลัง ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที แรงดันและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เฟส 55.48 โวลต์ และ 3.34 แอมแปร์ แบบควบคุมความเร็วต้นกำลัง ความเร็วรอบ 499.8 รอบต่อนาที แรงดันและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เฟส 59.65 โวลต์ และ 4.87 แอมแปร์ และ ทดสอบกับพลังงานลมพบว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุด 33.8 วัตต์ ความเร็วลม 5.55 เมตรต่อวินาที กำลังไฟฟ้าต่ำสุด 9.41 วัตต์ ความเร็วลม 2.4 เมตรต่อวินาที [1] วิชิต เครือสุข เขียนหนังสือชื่อ เทคโนโลยีการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า บรรยายเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามแนวแกน โดยเสนอว่าเหมาะกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยใช้พลังงานกลที่ได้มาฟรี พร้อมกับคำนวนค่าใช้จ่ายในการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งการเสนอแนวทางประยุกต์ใช้ เช่น สัญญาณจารจรกำกับทางแยกพลังงานลม กังหันลมชนิดแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งผลิตพลังงานไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก จักรยานผลิตพลังงานไฟฟ้า ชิงช้าผลิตพลังงานไฟฟ้า [2] Jacek F. Gieras , Rong-Jie Wang , Maarten J. Kamper เขียนหนังสือ และ บรรยายเกี่ยวกับเรื่องของการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแม่เหล็กตามแนวแกน รวมทั้งสมการความสัมพันธ์ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น การคำนวน แรงดัน กระแส กำลังวัตต์ ความเร็วรอบ พร้อมกับได้ยกตัวอย่างการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ วิธีการคำนวนเพื่อนำไปใช้จริงในการออกแบบ [3] J.R. Bumby,N.Stannard and R.Martin ได้ทำการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 แบบ คือ Savanous turbine และ Dannius turbine เพื่อใช้กับพลังงานลม โดยประสิทธิภาพที่ได้มาประมาณ 93-94% และค่าความผิดพลาดจากการออกแบบประมาณ5% [4] P.Wannakarn, T.Tanmaneeprasert, N.Rugthaicharoencheep, IEEE, Member, and S.Nedphograw ได้ทำการศึกษาโดยทำการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้พลังงานลมและ

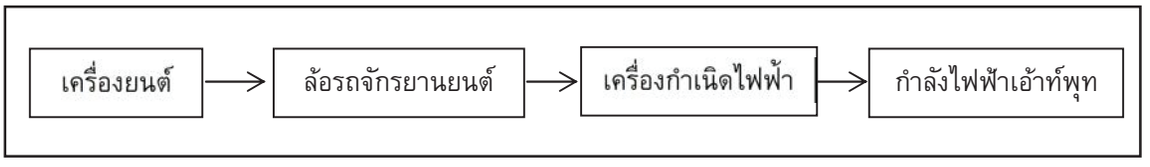
ทำการ Rectifier เพื่อ convert ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที ผลิตแรงดันได้ 189 โวลต์ กระแส 7.94 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 1500 วัตต์ [5]

สำหรับบทความนี้ได้นำเสนอ การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานกลจากรถจักยานยนต์เพื่อนำมาเป็นต้นกำลังโดยออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามแนวแกน ที่กำลังไฟฟ้าขนาด 0.18 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ 1 เฟส พร้อมกับออกแบบชุดส่งกำลังที่ใช้ลูกกลิ้งเป็นตัวต่อร่วมกับล้อของรถจักยานยนต์เพื่อส่งกำลังไปที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้เฟืองและโซ่เป็นตัวขับระหว่างลูกกลิ้งกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมถึงการนำรถจักรยานยนต์มาทดสอบเพื่อหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันต่อค่าพลังงานที่ได้ สำหรับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการศึกษาคือ การนำรถจักยานยนต์ที่ปกติเป็นพาหนะในการขับขี่มาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้ในยามฉุกเฉินทำให้การขาดแคลนทางไฟฟ้าลดลง เมื่อเกิดภาวะภัยพิบัติ งานวิจัยชิ้นนี้จะทำให้ทราบถึงอัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถจักยานยนต์ ในการผลิตไฟฟ้าตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อเป็นการปรับปรุงระบบและประสิทธิภาพในอนาคตต่อไป

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้รถจักยานยนต์เป็นต้นกำลัง

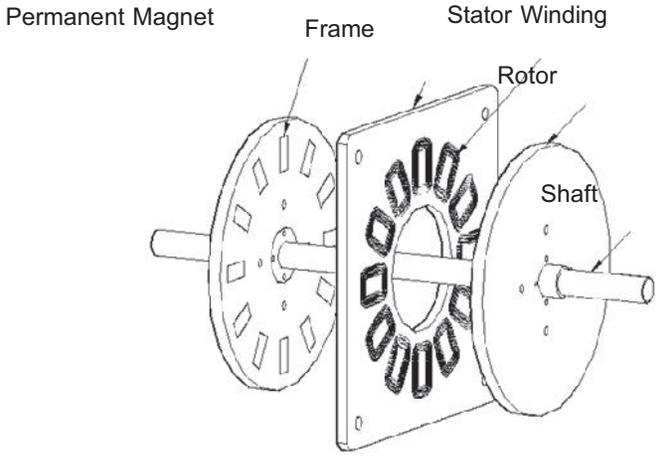
ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้รถจักยานยนต์มาเป็นต้นกำลังนั้นจะนำรถจักยานยนต์มาโดยใช้ล้อหลังของรถจักรยานยนต์มาขับเคลื่อนลูกกลิ้งที่ได้รับการออกแบบมาให้รับกำลังจากล้อหลังเพื่อส่งกำลังไปที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตามรูปที่ 1 โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการออกแบบ 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และชุดส่งกำลังสำหรับส่งกำลังจากล้อรถจักยานยนต์ไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบการนำรถจักยานยนต์มาผลิตกระแสไฟฟ้า

3.1.1. การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามแนวแกนโดยต่อร่วมกับรถจักยานยนต์

ออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ แผ่นจานเดี่ยวที่มีขั้วแม่เหล็กเป็นแผ่นจานหมุนแบบคู่ โดยไม่มีแกนเหล็กที่ขดลวดเหนี่ยวนำ ตามรูปที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้จะใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ หรือ ขดลวดอาร์เมเจอร์ เป็นส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ อยู่ตรงกลางระหว่าง จานหมุนซึ่งใช้แม่เหล็กถาวรเป็นส่วนที่เคลื่อนที่เรียกว่า โรเตอร์ โดยแม่เหล็กถาวรทั้งสองด้าน จะวางประกบกันระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำโดยวางสลับขั้วกันเพื่อทำให้เกิดลูปวงจรแม่เหล็ก



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามแนวแกน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำเสนอออกแบบโดยวางขดลวดอาร์เมเจอร์ 12 ขด 1 เฟส ทำมุม 30 องศา พร้อมกับวางแม่เหล็กถาวร 12 โพลทำมุม 30 องศา จากตัวแปรที่ต้องการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความถี่ 50 เฮิรตซ์ ทำให้ต้องใช้ความเร็วรอบของเพลาที่ 500 รอบต่อนาที ดังสมการที่ 1 โดยที่ N คือจำนวนรอบการหมุนของโรเตอร์หน่วย รอบต่อนาที, f คือความถี่หน่วย เฮิรตซ์, P จำนวนโพลแม่เหล็ก

$$N = \frac{120\,f}{P} \tag{1}$$

การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากตัวแปรการออกแบบต้องการเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ สมการคำนวณแรงดันไฟฟ้า ดังสมการที่ 2 โดยที่ E_g คือ ค่าแรงดันเฉลี่ยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสภาวะไม่มีโหลดมีหน่วย โวลต์, Φ คือความหนาแน่นของเส้นแรง

แม่เหล็กหน่วย เวเบอร์, f คือความถี่หน่วย เฮิรตซ์, N คือจำนวนรอบของขดลวดตัวนำ, K_w คือค่าคงที่ตัวประกอบการพันขดลวดมีค่าเท่ากับ 1 ดังสมการที่ 3 เนื่องจากการพันขดลวดเป็นแบบพิตช์เต็ม K_p เท่ากับ 1 ดังสมการที่ 5 และ K_d เท่ากับ 1 ดังสมการที่ 4

$$E_g = \pi\sqrt{2}\, fNK_w\Phi \tag{2}$$

$$K_w = K_d K_p \tag{3}$$

$$K_d = \frac{Sin(\pi / 2m)}{\frac{s}{2pm} Sin[\pi /(\frac{s}{p})]} \tag{4}$$

จากสมการที่ 4 s คือ จำนวนขดลวด m คือจำนวนเฟส p คือจำนวนโพลแม่เหล็ก

$$K_p = Sin(1.57\frac{\omega_c}{\tau}) \tag{5}$$

จากสมการที่ 5 ω_c คือระยะพิตช์ของขดลวด τ คือระยะพิตช์ของโพลแม่เหล็ก

จากนั้นคำนวณหาจำนวนรอบของการพันขดลวดโดยกำหนดแรงดันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ จำนวนขดลวด 12 ขด ใช้แม่เหล็กถาวรชนิดนีโอดิเมียม ขนาดกว้าง 0.02 เมตร ยาว 0.05 เมตร จำนวน 12 คู่ เพื่อประกบระหว่างขดลวด 12 ขด ทั้งสองด้านดังรูปที่ 1 โดยได้ทำการวัดความหนาแน่นสนามแม่เหล็กด้วย เกาส์มิเตอร์วัดได้ 0.16 เทสล่า จากนั้นทำการคำนวณหาจำนวนรอบที่ต้องการ ได้ 6,204 รอบหรือ 517 รอบต่อขด ดังสมการที่ 6

(6)

$$N = \frac{Eg}{\pi\sqrt{2}\, fKw\,\Phi}$$

เนื่องด้วยกำลังวัตต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 0.18 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ทำให้กระแสที่ไหลในขดลวดเท่ากับ 0.817 แอมแปร์ ดังนั้นเลือกขดลวดที่ใช้ S.W.G เบอร์ 24 ซึ่งทนกระแสได้ประมาณ 0.817 แอมแปร์ จากนั้นสรุปตัวแปรที่หาได้ในตารางที่ 1

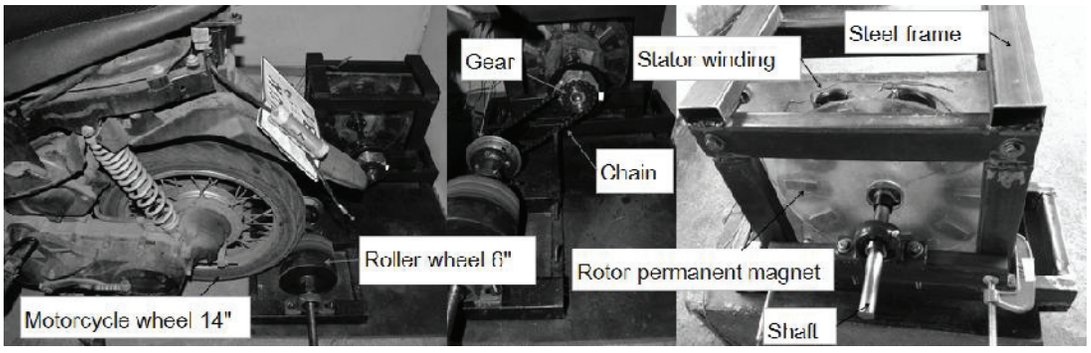
ตารางที่ 1: ตัวแปรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตัวแปร	หน่วย	ข้อมูล	ตัวแปร	หน่วย	ข้อมูล
กำลังเอ้าท์พุท	kW	0.18	จำนวนขดลวด	ชิ้น	12
ความเร็วรอบ	RPM	500	เบอร์ขดลวด	S.W.G	24
แรงดันเอาท์พุท	Vac	220	จำนวนรอบของขดลวด	รอบ	6,204
จำนวนเฟส	เฟส	1	จำนวนรอบต่อขดลวด	รอบ	517
กระแส	A	0.817	เส้นรอบวงของเครื่อง	mm	320
จำนวนโพลแม่เหล็ก	โพล	12	เส้นรอบวงของเพลา	mm	20
ขนาดแม่เหล็ก	MxM	0.05x0.02	น้ำหนักรวม	Kg	30

3.1.2. ออกแบบชุดส่งกำลังสำหรับส่งกำลังจากล้อรถจักยานยนต์ไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หลักการออกแบบ ตามรูปที่ 3 ได้นำรถจักยานยนต์ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปมาต่อร่วมโดยใช้ล้อหลังขับเคลื่อนลูกกลิ้งที่ทำจากยางเพื่อส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ โดยใช้โซ่อัตราทดรอบ 1:1 แบบหมุนได้ทางเดียวเพื่อกันการหยุดแบบกะทันหัน โดยทั่วไปความเร็วรอบของล้อหลังกับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกทดรอบโดยลูกกลิ้งประมาณ 2.3:1 เพราะฉะนั้นในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที จะใช้ความเร็วรอบของล้อหลัง 214 รอบต่อนาทีโดยประมาณ เนื่องจากกำลังเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะมีกำลังสูงสุดประมาณ 5 ถึง 7 กิโลวัตต์ ที่รอบล้อ

หลังประมาณ 1000 ถึง 1200 รอบต่อนาที จากการออกแบบข้างต้นกำลังจากล้อหลังที่หมุนที่ความเร็วรอบ 214 รอบต่อนาที นั้นจะส่งถ่ายกำลังประมาณ 1.35 ถึง 1.5 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอกับการสูญเสียในระหว่างการส่งกำลังไปที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อขับโหลดขนาด 0.18 กิโลวัตต์



รูปที่ 3 ส่วนประกอบการส่งกำลังจากล้อหลังไปยังเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1. การทดสอบแรงดันเอาท์พุทโดยการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็วแบบไม่ต่อโหลด

เริ่มด้วยการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้วิธีการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยบันทึกความเร็วรอบและใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันเอาท์พุทแบบไม่มีโหลดโดยดูแรงดันที่เปลี่ยนแปลงต่อความเร็วรอบที่เปลี่ยนเพื่อทดสอบความถูกต้องดังที่ได้ออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไว้ข้างต้น

3.2.2. ทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันโดยการเปลี่ยนแปลงโหลด (ความเร็วรอบคงที่ 500 รอบต่อนาที)

ทำการทดสอบทั้งระบบโดยนำรถจักยานยนต์มาขับเคลื่อน และส่งกำลังจากล้อหลังผ่านชุดส่งกำลังโดยมี ลูกกลิ้ง ชุดเกียร์และโซ่ เพื่อไปขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยคงความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไว้ที่ 500 รอบต่อนาที เพื่อให้ได้แรงดันเอาท์พุท 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ จากนั้นทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน โดยเพิ่มโหลดครั้งละ 20 วัตต์ จนถึงโหลดสูงสุดที่ 180 วัตต์ ระยะเวลาการทดสอบ 5 นาทีต่อครั้ง แล้วตรวจสอบปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปเพื่อสรุปผล

4. ผลการทดลอง

4.1. การทดสอบแรงดันเอาท์พุทโดยการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็วแบบไม่ต่อโหลด

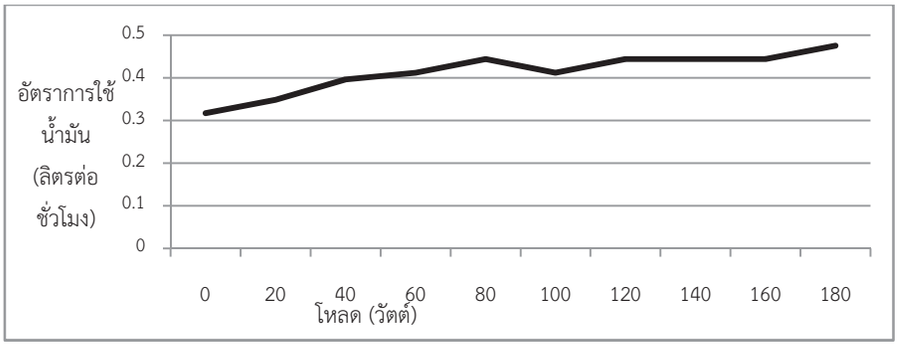
ทดสอบโดยการเดินรอบความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 100 , 200 , 300 , 400 และ 500 รอบต่อนาที โดยไม่ต่อโหลดจากนั้นทำการวัดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าได้ผลดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ความเร็ว (รอบต่อนาที)	ความถี่ (เฮิรตซ์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
100	10.2	42.6
200	20.1	88.2
300	30.3	132.8
400	40.4	175.3
500	50.2	220.4

4.2. ทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันโดยการเปลี่ยนแปลงโหลด (ความเร็วรอบคงที่ 500 รอบต่อนาที)

ทดสอบโดยการนำรถจักยานยนต์มาส่งกำลังโดยกำหนดรอบความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 500 รอบต่อนาที แล้วหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน โดยเพิ่มโหลดครั้งละ 20 วัตต์ จนถึงโหลดสูงสุดที่ 180 วัตต์ ระยะเวลาการทดสอบ 5 นาที ได้ผลดังรูปที่ 4 จากกราฟแสดงให้เห็น ค่าตายตัวการสูญเสีย(Fix loss) ประมาณ 0.3 ลิตรต่อชั่วโมงในสภาวะไม่ต่อโหลด โดยค่าตายตัวการสูญเสียอาจเกิดจากหลายองค์ประกอบเช่น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และประสิทธิภาพของระบบที่ทำการออกแบบ



รูปที่ 4 กราฟแสดงการทดสอบอัตราการใช้น้ำมัน

โดยแนวโน้มของกราฟจะเป็นไปในลักษณะที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มของโหลดจะทำให้อัตราการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากกำลังที่โหลดมากขึ้นหมายถึงภาระเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ ภาระของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้องแบกภาระกำลังที่มากขึ้น เมื่อเครื่องยนต์มีภาระมากขึ้นทำให้อัตราการใช้น้ำมันมากขึ้นตามไปด้วย

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่าการนำรถจักยานยนต์มาผลิตกระแสไฟฟ้านั้นสามารถทำได้ โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 0.18 กิโลวัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220.4 โวลต์ ความถี่ 50.2 เฮิรตซ์ ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 500 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของล้อหลัง 214 รอบต่อนาที โดยรถจักยานยนต์ที่นำมาใช้ทดสอบนั้นสามารถขับขี่ได้ตามปกติ อัตราการสูญเสียน้ำมันที่กำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 0.475 ลิตรต่อชั่วโมง จากผลการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ออกแบบนั้น ยังไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาวะภัยพิบัติ และสภาวะฉุกเฉิน เนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่ใหญ่เกินไป พร้อมกับมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง เพราะฉนั้น ในการออกแบบขั้นถัดไปผู้ศึกษาแนะนำว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ออกแบบควรมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่โดยการติดตั้งไว้กับรถจักรยานยนต์ หรือ ตั้งไว้ในจุดที่ต้องการสำรองในการใช้งาน เพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดภาวะฉุกเฉินได้สะดวกและรวดเร็ว

6. บรรณานุกรม

[1] ปุณยภัทร ภูมิภาค, 2553, “เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกนที่ไม่มีแปลงถ่านสำหรับพลังงานลม”

[2] วิชิต เครือสุข, 2553, “เทคโนโลยีการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า” พลัง+งาน : ฉบับคิดเป็นทำเป็น

[3] Jacek F. Gieras , Rong-Jie Wang , Maarten J. Kamper, 2004, “Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines.” Academic Publishers,

[4] Bumby, J. R. and R. Martin, 2005, "Axial-flux permanent-magnet air-cored generator for small-scale wind turbines." IEE Proceedings -- Electric Power Applications 152(5): 1065-1075.

O-CP02

การประเมินศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์กรณีศึกษา ชุมชนหมู่บ้านโนนข่า

An assessment of Economics Potential for Community Electricity Production Using Biogas Renewable Energy from Agricultural Wastes and Livestock Manure Case Study: Community Ban Non-Ka

ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม[1*] และอธิวัฒน์ นาคสุริยวงษ์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 10250

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงการศึกษาและการประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ในการเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้าภายในชุมชน โดยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรและมูลสัตว์ของพื้นที่ชุมชนในกรณีศึกษา ชุมชนหมู่บ้านโนนข่า ต.หันนางาม อ.ศรีบุญเรือง จ.หนองบัวลำภู นำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบ Dry Fermentation โดยการนำก๊าซชีวภาพที่ได้ผ่านเข้าเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าให้กับชุมชนต่อไป ผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตที่เหลือใช้ทางการเกษตรจะมีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ซึ่งประชากรในชุมชนหมู่บ้านโนนข่า ต.หันนางาม ส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น ปลูกข้าวทำนา ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น และมีการเลี้ยงปศุสัตว์ ผลจากการศึกษาจึงพบว่าการพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่าย ระยะเวลาในการจุดเตาและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลมีค่าน้อยกว่าเตาแบบธรรมดา ทำให้เตาชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติได้ สามารถออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งถังหมักเก็บก๊าซใช้งานได้จริง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินและการลงทุน ศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนที่มีเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนคืออัตราผลตอบแทน ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์พบว่าเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรและมูลสัตว์ที่มีในชุมชนมีศักยภาพมากพอที่จะนำมาผลิตไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยีเตาเผาสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 75 kWh/ตัน รองลงมาได้แก่ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและแบบหลุมฝังกลบเศษวัชพืชและมูลสัตว์ประมาณ 25 kWh/ตัน และ 18 kWh/ตัน ตามลำดับ พิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจะพบว่าเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบหลุมฝังกลบมีต้นทุนต่ำที่สุดคือ 5.50 บาท/ kWh ในขณะที่เทคโนโลยีเตาเผาและแบบย่อยสลายไม่ใช้ออกซิเจนจะมีต้นทุนสูงกว่าคือ 28.50 บาท/ kWh และ 14.32 บาท/ kWh ตามลำดับ

คำสำคัญ: การผลิตไฟฟ้าชุมชน, เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, เศษวัชพืชทางการเกษตร, เศรษฐศาสตร์, พลังงานทดแทน

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของประชาชนอย่างมาก เมื่อประชาชนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ความต้องการการใช้พลังงานจึงมีอัตราสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้หน่วยงานต่างๆได้มีการพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นมาเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน หน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชนภายในประเทศจึงมีการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นที่ได้จากทรัพยากรที่มีในพื้นที่ ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงทดแทนชนิดหนึ่งที่มีการผลิตและใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพมีอยู่เป็นจำนวนมากและจำเป็นจะต้องกำจัดทิ้ง เช่น เศษวัชพืชและมูลสัตว์ ซึ่งประเทศไทยมีการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมานานกว่า 20 ปีแล้ว แต่ในระยะเริ่มแรกจำกัดอยู่ในระดับครัวเรือนหรือเกษตรกรรายย่อยภายในชนบทในประเทศที่กำลังพัฒนา การใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนจัดได้ว่าเป็นทางเลือกสำหรับพลังงานราคาถูก ในประเทศพัฒนาแล้วการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นการช่วยลดการปล่อยมลภาวะรวมถึงก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมและยังได้ผลผลิตคือปุ๋ยอินทรีย์ ประชากรในชุมชนหมู่บ้านโนนข่า ต.หันนางามส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรมและมีการเลี้ยงปศุสัตว์เช่น ปลูกข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น ทำให้มีวัสดุที่เกิดจากการเกษตรดังกล่าว เช่น มูลสัตว์คือมูลสุกร มูลโค ฟางข้าว ซังข้าวโพด วัสดุเหล่านี้เป็นชีวมวลที่สามารถนำไปหมักทำให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพและสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซปิโตเลียมเหลว (LPG)ได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินศักยภาพความเป็นไปได้จากการนำเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรและมูลสัตว์ของพื้นที่ชุมชนมาใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิต เพื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและแก้ปัญหาการใช้ระบบก๊าซชีวภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมา พร้อมทั้งปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพให้มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บงกช ประสิทธิ์ และคณะฯ (2550) ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวมวลเพื่อนำไปสู่ชุมชน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สชีวมวลจากถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซินและLPG สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 0.8 กิโลวัตต์ นำไปประยุกต์การให้แสงสว่างและช่วยประหยัดพลังงานมากกว่าการใช้น้ำมันเบนซินและLPG

ปัทมาวดี สิทธิวรเดช และคณะฯ (2554) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประเมินศักยภาพพลังงานในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและมูลสัตว์ในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตก๊าซจะต้องลงทุนในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 1,598,800 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV = 8,605.81 บาท

สุพจน์ เกิดมี และคณะฯ (2555) ศึกษาและพัฒนาศักยภาพการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุพืชทางการเกษตรของชุมชนบ้านน้ำก้อ ต.น้ำก้อ อ. หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและทดสอบการใช้เตาชีวมวล

3. ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน(Anaerobic Process) หรือเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ แก๊สมีเทน(CH_4) ประมาณ 50-80% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ประมาณ 30-40 % ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซไฮโดรเจน(H_2) ออกซิเจน(O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ไนโตรเจน(N_2) ข้อดีการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าคือ ลดการปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศจึงช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วยลดค่าใช้จ่ายและสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการได้ กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพมีดังนี้

1. การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ได้แก่ ไขมัน แป้ง และโปรตีน เป็นต้น
2. การแปรสภาพกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหย(Volatile Acids)
3. การผลิตแก๊สมีเทน

3.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซชีวภาพมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ [1]

3.1.1 อุณหภูมิ(Temperature) ในการย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตก๊าซในสภาพไร้ออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่มากขึ้นตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียส จะขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

3.1.2 สารอาหาร (Nutrients) เป็นสารอินทรีย์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

3.1.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะมีความสำคัญต่อการหมักมากในช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้าpH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทน

3.1.4 อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร จะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอร์เนต ($CaCO_3$)

3.1.5 ลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับกระบวนการย่อยสลายจะมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 1 การใช้ชีวมวลจากเศษวัชพืชทางการเกษตรที่เหลือใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อผลิตไฟฟ้าชุมชน

3.2 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ การนำก๊าซชีวภาพ มาใช้ทำให้เกิดประโยชน์ มีดังนี้ [2]

3.2.1 ด้านพลังงาน ในการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้มและไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลบ.เมตรสามารถนำไปใช้ได้

3.2.2 ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงและผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อก๊าซที่ไม่มีออกซิเจน ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคในมูลสัตว์ตาย

3.2.3 ด้านการเกษตร การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดและปุ๋ยคอก เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้กับโคและสุกรกินเป็นอาหาร ควรใส่ระหว่าง 5-10 kg ต่อส่วนผสม 100 kg ทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิต



รูปที่ 2 มูลสัตว์ของสุกร นำไปหมักทำให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพ

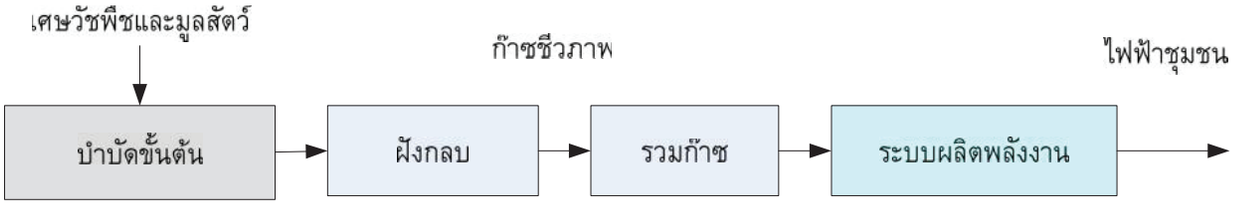
4. เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์ในชุมชน

เทคโนโลยีที่ทำการพิจารณาจะประกอบด้วย 3 เทคโนโลยี มีรายละเอียดดังนี้

4.1 เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) เทคโนโลยีแบบนี้เป็นวิธีการกำจัดขยะชุมชนอินทรีย์สารที่ย่อยสลายง่ายที่ไม่ใช้แล้ว ได้แก่ วัชพืช เศษผัก ผลไม้ ใบไม้ หญ้า ฟางข้าวและซังข้าวโพด เป็นต้น เมื่อไม่มีสถานที่ฝังกลบเนื่องจากการเผาขยะจะช่วยลดปริมาณของขยะลงได้มาก

4.2 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Incineration) เทคโนโลยีแบบนี้ใช้หลักการของการทำปฏิกิริยากันระหว่างสารอินทรีย์กับจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ซึ่งผลที่ได้คือก๊าซชีวภาพที่มีค่าความร้อนเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้าได้ จากนั้นจะมีกากที่เหลือจากการย่อยสลายซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือสารปรับสภาพดินที่เรียกว่า Compost หรือ Soil Conditioner

4.3 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบขยะอินทรีย์หรือขยะย่อยสลายในชุมชน (Landfill Gas to Energy) เทคโนโลยีแบบนี้จะอาศัยการทำปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ในขยะกับจุลินทรีย์ ซึ่งมีลักษณะการเกิดก๊าซชีวภาพคล้ายกับเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่จะมีความแตกต่างกันที่ในหลุมฝังกลบจะมีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเกิดก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการย่อยสลาย อีกทั้งก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะอินทรีย์จะมีสัดส่วนของแก๊สมีเทนในปริมาณต่ำกว่า



รูปที่ 3 หลักการทำงานของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบหลุมฝังกลบขยะวัชพืชและมูลสัตว์ในชุมชน

5. การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

5,1 วิเคราะห์ต้นทุนผลิตไฟฟ้า

การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์จะอาศัยการประเมินถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า สามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการที่ (1) มีดังนี้

$$C_e = \frac{C + M - S}{E_i} \qquad (1)$$

กำหนดให้

C_e คือ ต้นทุนผลิตไฟฟ้า (บาท/kWh)

E_i คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/ปี)

C คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนรายปี (บาท/ปี)

M คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการบำรุงรักษากำหนดให้คงที่ตลอดอายุโครงการ (บาท/ปี)

S คือ มูลค่าเงินเทียบรายปี (บาท/ปี) ที่ได้จากการขายอุปกรณ์เมื่อสิ้นอายุการใช้งาน เท่ากับ 10% ของเงินลงทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดอายุโครงการ จะมีต้นทุนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต่างกัน จึงต้องมีการปรับมูลค่าที่เวลาต่างกันให้เป็นมูลค่า ณ เวลาเดียวกัน โดยใช้ความสัมพันธ์ด้วยปัจจัยดังนี้

1.หามูลค่าของเงินปัจจุบัน และมูลค่าของเงินในอนาคต กรณีที่มีการจ่ายเพียงครั้งเดียว

2.หามูลค่าเงินปัจจุบันและรายได้หรือรายจ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \qquad (2)$$

$$P = A\left[\frac{(1+i)^n - 1)}{i(1+i)^n}\right] \qquad .. \qquad (3)$$

กำหนดให้

P คือ มูลค่าของเงินปัจจุบัน

F คือ มูลค่าของเงินในอนาคต

i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดี (MLR) ของธนาคารกรุงไทย [13]

n คือ ระยะเวลาที่ต้องการปรับมูลค่า

A คือ มูลค่าของเงินที่เท่าๆ กันทุกปี

การประเมินโครงการ จะต้องออกแบบโรงผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant) ให้มีความคงทนและสามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดตามวัตถุประสงค์ การออกแบบโรงผลิตก๊าซชีวภาพ ขนาดของโรงผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องมีความเหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบที่จะหมัก ระยะเวลาเก็บวัตถุดิบที่จะหมักในถังหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตในแต่ละวัน ขนาดของถังย่อยสลาย (Scaling of the Digester) หาได้จากระยะเวลากักเก็บกับปริมาณสารข้นเหลวในแต่ละวัน ซึ่งสารข้นเหลวดังกล่าวนี้จะขึ้นกับปริมาณวัตถุดิบที่จะหมักและน้ำที่ผสม[1] โดยปริมาตรถังย่อยสลายหาได้จากสมการดังนี้

$$V_0 \text{ (ลิตร)} = S_d \text{ (ลิตร/วัน)} \times RT \text{ (วัน)} \qquad (4)$$

กำหนดให้

V_0 คือ ปริมาตรถังย่อยสลาย (ลิตร)

S_d คือ ปริมาณสารข้นเหลว: วัสดุหมัก + น้ำ (ลิตร/วัน)

RT คือ ระยะเวลากักเก็บ (วัน)

ขนาดที่เก็บก๊าซชีวภาพ (Scaling of Gasholder) หมายถึง ปริมาตรของที่เก็บก๊าซชีวภาพจะขึ้นกับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้ก๊าซ ค่าความจุของที่เก็บก๊าซชีวภาพจะเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาตรที่เก็บก๊าซต่อปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ใน 1 วัน สามารถหาค่าจากสมการที่(5) ดังนี้

$$V_G \text{ (ลิตร)} = G_d \text{ (ลิตร/วัน)} \times C \qquad (5)$$

โดยที่ V_G คือ ปริมาตรที่เก็บก๊าซชีวภาพ (ลิตร)

G_d คือ ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ในแต่ละวัน (ลิตร/วัน)

C คือ ค่าความจุที่เก็บก๊าซชีวภาพ (%)

5.2 คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

การพิจารณาระยะเวลาคืนทุนเป็นการวัดผลตอบแทนจากการลงทุนว่าในระยะกี่ปีจึงจะได้รับทุนคืน ถ้าระยะคืนทุนที่มีค่าน้อยจะเป็นโครงการที่มีความคุ้มทุน สามารถคำนวณหาจากสมการที่(6) ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\textbf{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\textbf{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (6)$$

5.3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

การพิจารณามูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้และรายจ่ายตลอดอายุโครงการ ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่จะได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการ อาจมีค่าเป็นลบ ศูนย์ หรือเป็นบวกก็ได้ [1] จะขึ้นอยู่กับมูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB) หักกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) ของโครงการ หาค่าดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} B_t - \sum_{t=1}^{n} C_t \qquad (7)$$

กำหนดให้

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

B_t คือ ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t คือ ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของโครงการในปีที่ t

t คือ รายปีของโครงการ คือ ปีที่ 0, 1, 2,...n

n คือ จำนวนอายุของโครงการ (ปี)

หากค่า NPV มีค่ามากกว่า 0 หมายถึง ผลประโยชน์ตลอดอายุของโครงการมีมากกว่าต้นทุนโครงการ เมื่อคิดเวลาปัจจุบันแสดงว่าโครงการมีความเป็นไปได้ควรทำการลงทุน

5.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าในปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย โดยมีการคำนวณหาดังนี้

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{n} B_t}{\sum_{t=1}^{n} C_t} \qquad (8)$$

ในโครงการนี้ถ้า B/C Ratio มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า โครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนแสดงว่าควรทำการลงทุน แต่ถ้า B/C Ratio มีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับการลงทุนที่เสียไป

5.5 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการ หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน ซึ่งเป็นอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ อัตราผลตอบแทนการลงทุนทั้งสิ้น คือ มูลค่าในปัจจุบันของเงินสดรับ (B) เท่ากับมูลค่าในปัจจุบันของเงินลดจ่าย (C) อัตราดอกเบี้ย (k) หนึ่งๆ โดย k คือ อัตราผลตอบแทนของโครงการ คำนวณจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) หาค่าได้ดังนี้ [1]

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{R_t}{(1+k)^t} = 1 \qquad (9)$$

โดยที่ $R_t = B_t - C_t$

6. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยการใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพที่ได้จากเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางเกษตรและมูลสัตว์ เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ โดยการดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษาศักยภาพของวัตถุดิบที่ใช้หมักเป็นก๊าซชีวภาพ มีวิธีการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 5 ดังนี้

1. เริ่มจากการศึกษาปริมาณเศษวัชพืชอินทรีย์สารทางการเกษตรเพื่อนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ

2. ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเศษวัชพืชทางการเกษตรในแต่ละวัน โดยแบ่งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วงเวลาคือเวลาช่วงเช้า และเวลาช่วงบ่าย

3. ทำการเก็บข้อมูลปริมาณมูลสัตว์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยเริ่มศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ทุกตัว สำรวจและตรวจสอบจำนวนของสัตว์ กักเก็บสัตว์ภายในบริเวณพื้นที่คอกที่จำกัด จากนั้นให้อาหารสัตว์แล้วเก็บมูลสัตว์ทุกตัวมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณมูลสัตว์ต่อ 1 ตัวต่อ 1 วัน

4. ศึกษาปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพื่อนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์มาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ วิธีการจัดเก็บวัตถุดิบและศึกษาชนิด ขนาดและรูปทรงของถังหมัก

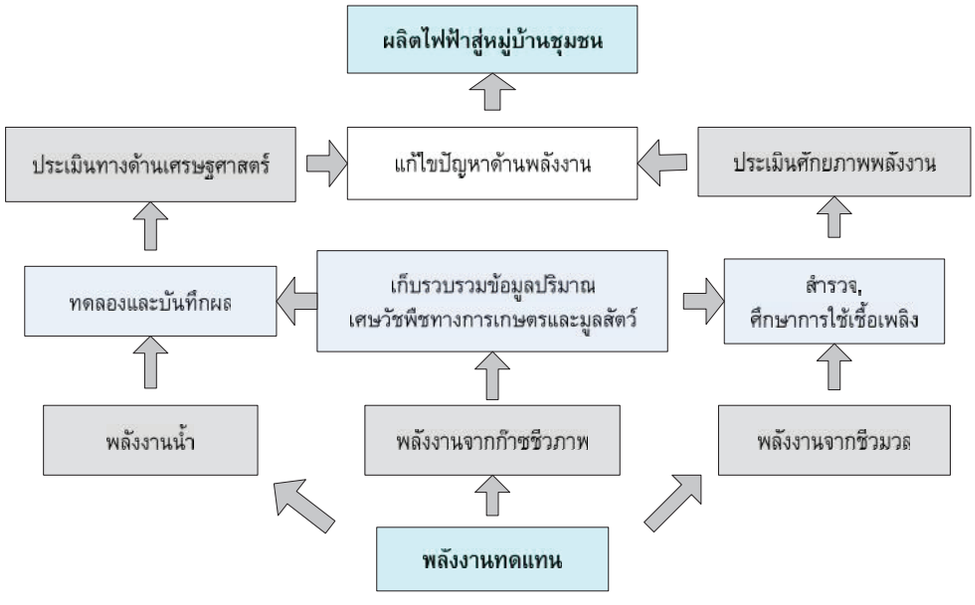
5. ทำการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน อัตราผลตอบแทน

6. ทำการทดลอง ตามขั้นตอนการทดลองและวิธีการปฏิบัติ

7. บันทึกเก็บผลข้อมูลที่ได้ แก้ไขปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้น



รูปที่ 4 ถังหมักก๊าซชีวภาพและถังเก็บก๊าซชีวภาพจากเศษวัชพืชทางการเกษตรและมูลสัตว์ [2]



รูปที่ 5 โครงสร้างกรอบความคิดการดำเนินงานวิจัย

7. ขั้นตอนการหมักก๊าซชีวภาพ

นำมูลสัตว์แห้งหรือเปียกผสมกับน้ำแล้วใส่ลงไปในถังหมักปริมาตร 28 % ของตัวถังใช้ท่อพีวีซี แล้วกระทุ้งให้มูลสัตว์กระจายตัวให้ทั่วถึงกัน หมักมูลสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในถังประมาณ 10-15 วัน จากนั้นเติมน้ำลงไปประมาณ 70 %ของถัง ซึ่งจะอยู่ที่ระดับน้ำล้นของถัง จึงสามารถเติมเศษวัชพืชหรือมูลสัตว์เพื่อผลิตก๊าซต่อไป [2-4] ในระยะแรกเติมวัตถุดิบเล็กน้อยทุกวันที่มีการใช้ก๊าซประมาณ 1-3 กิโลกรัม แต่ไม่ควรเกิน 4 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อใช้ไปนานๆ สามารถเติมเพิ่มได้มากขึ้นแต่ไม่เกิน 10 กิโลกรัม เมื่อเติมลงช่องให้ใช้ท่อพีวีซี กระทุ้งขึ้น-ลงทำให้เศษวัชพืชกระจายตัว กระบวนการย่อยเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจะใช้เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถังเก็บก๊าซที่คว่ำอยู่จะเริ่มลอย ก๊าซที่เกิดขึ้นเริ่มแรกให้ปล่อยทิ้งก่อนเพราะจะจุดไฟไม่ติดหรือติดยากเพราะว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก เมื่อหมักจนเกิดก๊าซชีวภาพตั้งแต่ถังที่ 2 ต่อไปจึงสามารถจุดไฟใช้งานได้

8. ผลการวิจัย

จากการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการประเมินโครงการ สามารถสรุปผลการวิจัยและผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

8.1 ศักยภาพและต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า เมื่อพิจารณาปริมาณ ส่วนประกอบของขยะอินทรีย์ในชุมชนรวมถึงความสามารถและข้อจำกัดของแต่ละเทคโนโลยีรวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น พบว่าเศษวัชพืชและมูลสัตว์ในชุมชนของพื้นที่มีศักยภาพมากพอที่จะผลิตไฟฟ้าได้ และการใช้เทคโนโลยีเตาเผาสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด 75 kWh/ตัน รองลงมาคือใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบเศษวัชพืชและมูลสัตว์ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 25 kWh/ตัน และ18 kWh/ตัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และในพื้นที่ชุมชนมีฟาร์มเลี้ยงสัตว์คือ โค กระบือ สุกร และไก่ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของปริมาณมูลสัตว์โดยการทดลองกักบริเวณสัตว์ไว้ในคอก แล้วเก็บมูลสัตว์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณมูลสัตว์ที่เกิดขึ้นแล้วเฉลี่ยเป็นปริมาณมูลสัตว์ต่อตัวต่อวัน จากนั้นคำนวณหาปริมาณมูลสัตว์ทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ผลศักยภาพและต้นทุนในการผลิตพลังงานจากเศษวัชพืชและมูลสัตว์ในชุมชนทั้ง 3 เทคโนโลยี

การเลือกเทคโนโลยี	เตาเผา	การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	หลุมฝังกลบเศษวัชพืชและมูลสัตว์
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (บาท/ kWh)	28.50	14.32	5.50
ผลิตพลังงานไฟฟ้า (kWh/ตัน)	75	25	18

ตารางที่ 2 ผลสรุปการประเมินศักยภาพของต้นทุนค่าใช้จ่ายและรายรับในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานก๊าซชีวภาพ

รายการ	จำนวน	(หน่วย)
1. ต้นทุน/รายจ่าย		
1.1 ค่าวัตถุดิบ	82,000	บาท/ปี
1.2 ค่าไฟฟ้า	19,500	บาท/ปี
1.3 ค่าจ้างพนักงาน		
- ผู้บริหารโครงการ (1 คน)	14,000	บาท/เดือน/คน
- พนักงานลำเลียงเศษวัชพืชและกากวัตถุดิบ (3 คน)	7,500 x 3 คน	บาท/เดือน/คน
- พนักงานดูแลเครื่องและLab test (2 คน)	9,000 x 2 คน	บาท/เดือน/คน
- พนักงานบรรจุปุ๋ยและจัดจำหน่าย (3 คน)	7,500 x 3 คน	บาท/เดือน/คน
1.4 ค่าน้ำมันขนส่ง	30,350	บาท/ปี
1.5 ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องอัดก๊าซ	24,800	บาท/ปี
1.6 ค่ายานพาหนะและอุปกรณ์ขนส่งวัตถุดิบ	118,500	บาท/ปี
1.7 ค่าถังหมัก/ ระบบอัดบรรจุก๊าซ	129,500	บาท/ปี
รวมต้นทุนรายจ่าย	1,328,650	บาท/ปี
2. รายรับ		
2.1 รายได้จากการขายกากปุ๋ย	553,674.98	บาท/ปี
2.2 รายได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพ	693,135	บาท/ปี
รวมรายรับ	1,246,809.98	บาท/ปี

8.2 การประเมินต้นทุนค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการลงทุนที่ใช้พลังงานทดแทน จำแนกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแรกเงินลงทุนเริ่มต้นเป็นค่ายานพาหนะและอุปกรณ์ขนส่งวัตถุดิบ ส่วนที่สองค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันขนส่ง ค่าซ่อมบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการโครงการ จะประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงาน ได้แก่ ผู้บริหารโครงการ พนักงานลำเลียงเศษวัชพืชและกากวัตถุดิบเข้าเครื่อง พนักงานดูแลเครื่องและLab test พนักงานบรรจุปุ๋ยและจัดจำหน่าย

8.3 การประเมินรายรับสุทธิ

จากการประเมินรายรับแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากค่าไฟฟ้า รวมกับรายได้จากการขายกากปุ๋ยและรายได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพ พิจารณาประเภทของชีวมวลและปริมาณเศษวัชพืชทางการเกษตรโดยคิดเฉลี่ยรวม 2,319.83 กิโลกรัม/วัน จะได้ปริมาณไฟฟ้ารวมทั้งหมด 100,304 kWh หรือมีพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 3.93 MW ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้การผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานทดแทนเกิดจากชีวมวลมีปริมาณไม่แน่นอน ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลระยะไกลมีค่าใช้จ่ายสูง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินศักยภาพปริมาณไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าในแต่ละประเภทของชีวมวล

ประเภทของชีวมวล	ปริมาณเศษวัชพืชโดยคิดเฉลี่ย (กิโลกรัม/ วัน)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (MW)
ฟางข้าว	540.23	23,149	965	0.96
ชานอ้อย	780.54	24,928	1,039	1.04
ซังข้าวโพด	258.09	12,643	427	0.43
ยอดและใบอ้อย	310.72	18,216	640	0.64
เหง้ามันสำปะหลัง	430.25	21,368	860	0.86
รวม	2,319.83	100,304	3,931	3.93

ตารางที่ 4 ผลศักยภาพปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลสัตว์

ประเภทวัตถุดิบ	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลิตร/กิโลกรัม)	ปริมาณมูลสัตว์ที่ใช้ในการผลิตจริง (กิโลกรัม/ วัน)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลิตร/วัน)
1. สุกรแม่พันธุ์, สุกรพ่อพันธุ์	68	235.47	16,011.96
2. กระบือ,โคเนื้อ, โคนม	30	1,452.16	43,564.80
3. สัตว์ปีก (ไก่)	45	30.24	1,360.80
รวม		1,717.87	60,937.56

8.4 การวิเคราะห์และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

งบประมาณในการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ของชุมชน สามารถแบ่งงบประมาณในการลงทุนออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก งบประมาณลงทุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพและปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สองเป็นงบประมาณการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วย Gas Engine Generator และส่วนที่สามเป็นงบประมาณค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งการลงทุนและผลตอบแทนจากการผลิตก๊าซชีวภาพสามารถนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน(B/C Ratio) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยกำหนดให้มีสมมุติฐานดังนี้ อัตราผลตอบแทนต่ำสุด 10 % ระยะเวลาโครงการ 3 ปี ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบกับก๊าซ LPG = 0.46 kg การดำเนินงานเป็นเวลา 250 วันต่อปี ราคากากปุ๋ยจากการผลิตก๊าซชีวภาพกิโลกรัมละ 1 บาท จากการสำรวจเก็บข้อมูลวัตถุดิบพบว่าปริมาณเศษวัชพืชทางเกษตรทั้งหมด 2,319.83 กิโลกรัม/วัน ปริมาณมูลสัตว์ที่ใช้ในการผลิตมีค่า 1,717.87 กิโลกรัม/วัน ดังนั้นศักยภาพพลังงานของเศษวัชพืชทางเกษตรและมูลสัตว์ที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด 4,037.7 กิโลกรัม/วัน จากการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ทางเศรษฐศาสตร์เทียบกับก๊าซ LPG มีค่า 171.08 กิโลกรัม/วัน สามารถอัดบรรจุถุงเลือกขนาด 15 kg เมื่อปริมาณก๊าซที่บรรจุในถังเท่ากับ 0.64 kg จะได้จำนวน 211 ถัง/วัน ถ้าขายในราคาทดแทนพลังงานก๊าซ LPG คิดเป็นราคาถังละ 9 บาท ทำให้ได้ผลตอบแทนเป็นเงิน 1,899 บาท/วัน ดังนั้นจะได้ผลตอบแทนเท่ากับ 693,135 บาท/ปี และกากที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมี 5,925.46 ลิตร/วัน ปริมาณกากแห้งมีประมาณ 25.6 % จึงมีปริมาณกากทั้งสิ้น 1,516.92 กิโลกรัม/วัน คิดเป็น 553,674.98 กิโลกรัม/ปี ถ้าขายในอัตรากิโลกรัมละ 1 บาทจะมีรายได้จากการขายกากเป็นเงิน 553,674.98 บาท/ปี ทำให้มีรายได้จากโครงการทั้งหมดเป็นเงิน 1,246,809.98 บาท/ปี และทำให้มีกำไรสุทธิรวม 3 ปีเป็นเงิน 166,723.94 บาท/ปี สามารถคำนวณหาค่าทางเศรษฐศาสตร์แสดงตารางที่ 5 [1] ดังนี้

1. คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) NPV = 47,528.04 บาท
2. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio) $B/C\ Ratio = \frac{3,377,916.04}{3,330,388} = 1.01$
3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) $= \frac{1,328,650}{1,246,809.98}$ = 1 ปี 1 เดือน

ตารางที่ 5 การประเมินเงินลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ในโครงการผลิตไฟฟ้าชุมชนจากก๊าซชีวภาพ

ปีที่	ผลตอบแทน : B (บาท/ปี)	ต้นทุน : C (บาท/ปี)	กำไรสุทธิ B-C (บาท/ปี)	อัตรา ผลตอบแทน ต่ำสุด 10 %	มูลค่าปัจจุบัน ของรายได้ PVB (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน ของต้นทุน PVC (บาท)	PV B-C (บาท/ปี)
0	0	1,328,650	-1,328,650	1.00	0	1,328,650	-1,328,650
1	1,246,809.98	748,352	498,457.98	0.91	1,230,643.52	739,568	491,075.52
2	1,246,809.98	748,352	498,457.98	0.84	1,164,738.16	683,954	480,784.16
3	1,246,809.98	748,352	498,457.98	0.75	982,534.36	578,216	404,318.36
รวม	3,740,429.94	3,573,706	166,723.94	-	3,377,916.04	3,330,388	47,528.04

9. สรุปผล

จากการศึกษาและพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทาการเกษตรนั้น สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่ายและสามารถออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพและถังเก็บก๊าซ เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการนำเข้าก๊าซ LPG ปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ดังนั้นการประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าชุมชน พบว่าถังหมักก๊าซชีวภาพมีต้นทุนในการสร้าง 1,328,650 บาท ผลตอบแทนที่ได้ปีละ 1,246,809.98 บาท โครงการนี้มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 1 เดือน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV คือ 47,528.04 บาท มีค่ามากกว่า 0 จึงบอกได้ว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้น่าลงทุน และB/C Ratioมีค่า 1.01 บอกได้ว่าโครงการนี้ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมาก ทำให้โครงการนี้เป็นที่ยอมรับได้

10. เอกสารอ้างอิง

[1] ปัทมาวดี สิทธิวรเดช และคณะฯ, “การประเมินศักยภาพพลังงานในการผลิตก๊าซชีวภาพฯ”, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จ.ภูเก็ต, หน้า 83-89, 3-5 พฤษภาคม 2554.

[2] สุพจน์ เกิดมี และคณะฯ, ”รายงานการวิจัยเรื่องพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพฯ”, ม.ราชภัฏเพชรบูรณ์, กันยายน 2555.

[3] สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2548,”ทฤษฎีของก๊าซชีวภาพ”, สถาบันวิจัยและพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จ. เชียงใหม่.

[4] ธีรพล วัฒนโกศล, 2548, “ฐานข้อมูลระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

O-CP03

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง
Cost Analysis of Electricity Generation from Organic Rankine Cycle with Rice Husk as Fuel

จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล[1]*, อนุรัตน์ เทวตา[1], กันยาพร ไชยวงศ์[2], ธรณิศวร์ ดีทายาท[3] และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก โทร 0-5551-5900 ต่อ 279 โทรสาร 0-5551-5303
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โทร 0-5471-1601
[3]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตำบลทสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โทร 0-5394-4146 ต่อ 961, 431 โทรสาร 0-5394-4145
*E-mail: chakkraphan_t@hotmail.com

บทคัดย่อ

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบผ่านวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ กำลังการผลิตไฟฟ้าสุทธิ 2.18 MW ชั่วโมงการทำงานและอายุของโรงไฟฟ้าเท่ากับ 8,000 ชั่วโมงต่อปี และ 25 ปี ตามลำดับ พิจารณาราคาแกลบในช่วง 400 ถึง 1,600 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในช่วง 3 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ และราคาโรงไฟฟ้าในช่วง 200 ถึง 280 ล้านบาท นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้า และสุดท้ายเป็นการสร้างสมการความสัมพันธ์ของราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้าเพื่อหาต้นทุนการผลิตไฟฟ้า จากการประมวลผลพบว่า ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่อราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้ามีค่าลดลง โดยที่ราคาแกลบในช่วง 400 ถึง 1,600 บาทต่อตัน ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีค่า 2 ถึง 3.65 บาท/kWh_e (อ้างอิงที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 6.75 เปอร์เซ็นต์ และราคาโรงไฟฟ้า 240.672 ล้านบาท) สำหรับการวิเคราะห์ความไว พบว่า ราคาโรงไฟฟ้ามีความไวต่อต้นทุนผลิตไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาเป็นราคาแกลบ และอัตราดอกเบี้ยเงินกู้มีความไวน้อยที่สุด สุดท้ายเป็นการสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อหาต้นทุนการผลิตไฟฟ้า พบว่า สมการดังกล่าวให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการประมวลผล

คำสำคัญ: วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์, ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า, แกลบ

1. บทนำ

แนวโน้มการใช้ไฟฟ้ารวมของโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก $13,290 \times 10^6$ MWh_e ในปี ค.ศ.2001 เป็น $16,358 \times 10^6$ MWh_e ในปี ค.ศ.2010 และยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยถ่ายหินเป็นเชื้อเพลิงหลักที่ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นก๊าซธรรมชาติประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ [1] ปัญหาที่ตามมาก็คือปัญหามลภาวะที่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซต่างๆ จากการผลิตไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก แนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซต่างๆ สามารถกระทำได้โดยการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ

Technology	Capacity/configuration/fuel	Estimate ($gCO_2/kWhe_e$)	Reference
Wind	1.5 MW, onshore	10	[2]
Solar thermal	80 MW, parabolic trough	13	[2]
Biomass	Forest wood steam turbine	31	[2]
Solar PV	Polycrystalline silicone	32	[3]
Natural gas	Various combined cycle turbines	443	[4]
Heavy oil	Various generator and turbine types	778	[4]
Coal	Various generator types with scrubbing	960	[4]

ประเทศไทยนับเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย กาก ใย และทะลายปาล์ม เป็นต้น เหตุผลดังกล่าวทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานชีวมวลที่ค่อนข้างสูง เบญจมาศ และคณะ [5] ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล 5 ชนิด ได้แก่ เศษไม้ แกลบ เหง้ามันสำปะหลัง กากอ้อย และกะลาปาล์ม พบว่า ในปี พ.ศ.2547 ปริมาณชีวมวลทั้ง 5 ชนิด เพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าได้ถึง 1,999.42 เมกะวัตต์ และการพยากรณ์ปริมาณชีวมวลในปี พ.ศ.2554 มีปริมาณมากถึง 2,938.47 MW วิชชากร และคณะ [6] ศึกษาศักยภาพของการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ภายใต้สมมติฐานของการจัดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กภายในพื้นที่ของโรงสีเอง พบว่า สามารถตั้ง

โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (1.5 MW ขึ้นไป) ได้ในจังหวัดที่มีศักยภาพปานกลาง จำนวน 10 จังหวัด และสามารถตั้งโรงไฟฟ้าขนาดปานกลาง (3 ถึง 5 MW) ได้ในพื้นที่จังหวัดที่มีศักยภาพสูง จำนวน 16 จังหวัด เกษม เทพหนู [7] ศึกษาการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลไปใช้ประโยชน์ พบว่า เถ้าแกลบสามารถส่งไปขายต่างประเทศราคาตันละ 8,060 บาท ซึ่งเมื่อหักค่าดำเนินการทั้งหมดจะได้กำไรสุทธิตันละ 1,245.57 บาท

วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (Organic Rankine Cycle, ORC) เป็นวัฏจักรที่คล้ายคลึงกับวัฏจักรแรงคิน โดยมีความแตกต่างกันที่ของไหลทำงาน ซึ่งวัฏจักรแรงคินใช้ไอน้ำ แต่สำหรับ ORC จะใช้ของไหลทำงานที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น สารอินทรีย์ (Organic) ซึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัวหรือไอร้อนยวดยิ่งเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนคุณภาพต่ำ เช่น ความร้อนทิ้ง (Waste heat) จากโรงงานอุตสาหกรรม ความร้อนใต้พิภพ ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ความร้อนจากชีวมวล เป็นต้น สำหรับ ORC มีข้อดีอยู่หลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับวัฏจักรแรงคิน เช่น วัฏจักรมีความปลอดภัยสูงกว่า เนื่องจากวัฏจักรทำงานที่ความดันและอุณหภูมิต่ำ ไม่เกิดการกัดกร่อนของใบพัดกังหัน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำกว่า อายุการใช้งานของอุปกรณ์ในวัฏจักรสูงกว่า เป็นต้น

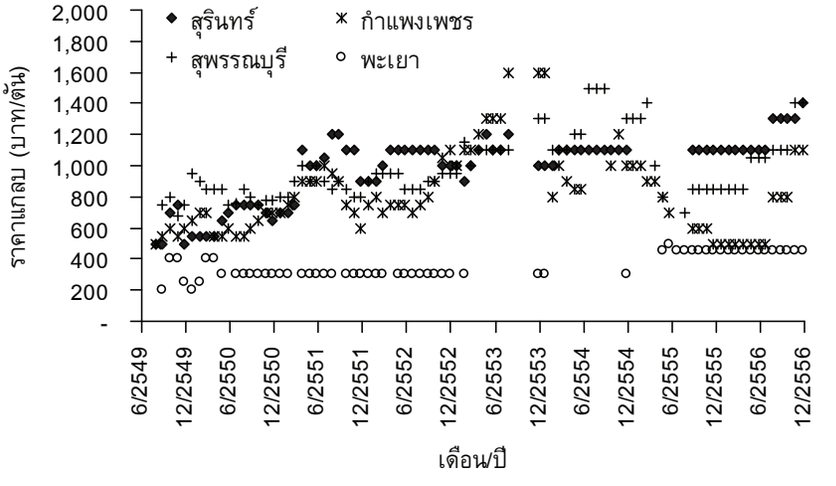
สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าผ่านวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้า ต่อต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า และการวิเคราะห์ความไวของต้นทุนผลิตไฟฟ้า

2. ทฤษฎี

2.1 สมบัติและราคาแกลบ แกลบเป็นเปลือกข้าวที่เหลือจากการสีข้าว มีรูปร่างเล็กยาวไม่เกิน 5 มิลลิเมตร และหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร โดยสมบัติทางเคมีของแกลบแสดงดังตารางที่ 2 แกลบเป็นเชื้อเพลิงที่ดีเนื่องจากมีความชื้นต่ำและมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่ำ ส่งผลให้เมื่อเผาไหม้จะเกิดมลพิษจาก NO_X และ SO_X ค่อนข้างต่ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล สำหรับราคาแกลบที่จังหวัดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 1 พบว่า แนวโน้มของราคามีค่าค่อนข้างผันผวน

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของแกลบ [8]

Moisture (%)	Ash (%)	High heating value, HHV (kJ/kg)	Lower heating value, LHV (kJ/kg)
12.00	12.65	14,755	13,517



รูปที่ 1 ราคาแกลบ [9]

2.2 วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (Organic Rankine Cycle, ORC) ในปัจจุบัน ORC ได้ถูกผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งแบ่งแยกตามลักษณะแหล่งพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทให้กับ ORC เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากชีวมวล เป็นต้น สำหรับ ORC ที่ผลิตมาเพื่อรับพลังงานความร้อนจากชีวมวล แสดงดังรูปที่ 7 สำหรับในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลเทคนิคของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์พลังงานชีวมวล ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าสุทธิ 2.18 MW ดังตารางที่ 5

2.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า การคำนวณต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแสดงในรูปของค่า Levelized Electricity Cost (LEC) สามารถคำนวณตามสมการ

$$LEC = \frac{crf.C_{Invest} + \dot{C}_{o\&m}}{E_{Net}} - c_{Ash} \quad (1)$$

เมื่อ

$$crf = \frac{i_d(1+i_d)^n}{(1+i_d)^n - 1} + k_{Insurance} \quad (2)$$

เมื่อ LEC คือ Levelized Electricity Cost (Baht/kWh$_e$)

C_{Invest} คือ Total investment of the plant (Baht)

$\dot{C}_{o\&m}$ คือ Operating and maintenance cost (Baht/year)

c_{Ash} คือ Cost of rice husk ash (Baht/kWh$_e$)

E_{Net} คือ Annual net electricity (kWh$_e$)

i_d คือ Real debt interest rate

$k_{Insurance}$ คือ Annual insurance rate

n คือ Depreciation period in years (year)

สำหรับเงื่อนไขและค่าต่างๆ ในการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เงื่อนไขและค่าต่างๆ สำหรับการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

Investment cost, C_{Invest} (110,400 Baht/kW$_e$) [10]	240,672,000 Baht
Operating & maintenance (o&m) cost, $\dot{C}_{o\&m}$ (3.5% of investment cost) [10]	8,423,520 Baht/year
Financial parameters	
- Annual insurance rate, $k_{Insurance}$ [11]	0.6 %/year
- Real dept interest rate, i_d [12]	6.75 %
- Depreciation period, n	25 years

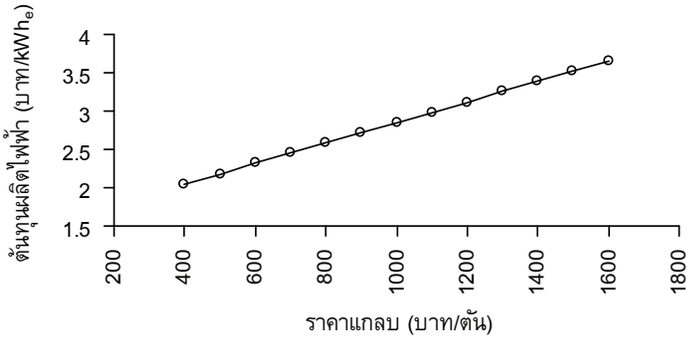
3. ผลการศึกษา

3.1 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากแกลบโดยใช้วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ กำลังการผลิตไฟฟ้าสุทธิ 2.18 MW ชั่วโมงการทำงานของโรงไฟฟ้า 8,000 ชั่วโมงต่อปี พิจารณาราคาต้นทุนแกลบระหว่าง 400 ถึง 1,600 บาทต่อตัน ซึ่งจากการคำนวณไฟฟ้าที่ผลิตได้ ปริมาณแกลบที่ใช้ และปริมาณเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้ แสดงดังตารางที่ 4 สำหรับต้นทุนผลิตไฟฟ้า โดยคำนวณจากสมการที่ 1 แสดงดังรูปที่ 2 พบว่า ต้นทุนผลิตไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่เมื่อราคาแกลบเพิ่มขึ้น โดยต้นทุนไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2 ถึง 3.65 บาท/kWh$_e$

ตารางที่ 4 ไฟฟ้าที่ผลิตได้ ปริมาณแกลบที่ใช้ และปริมาณเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้

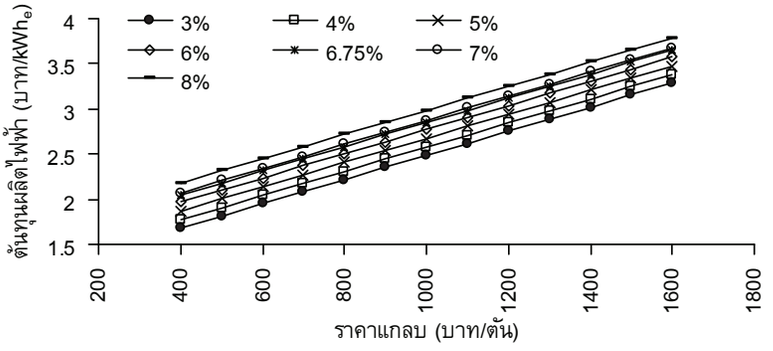
ไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh$_e$/year)	17,440
ปริมาณแกลบที่ใช้ (ton/year)	23,327.64
ปริมาณเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้ (ton/year)	2,950.95



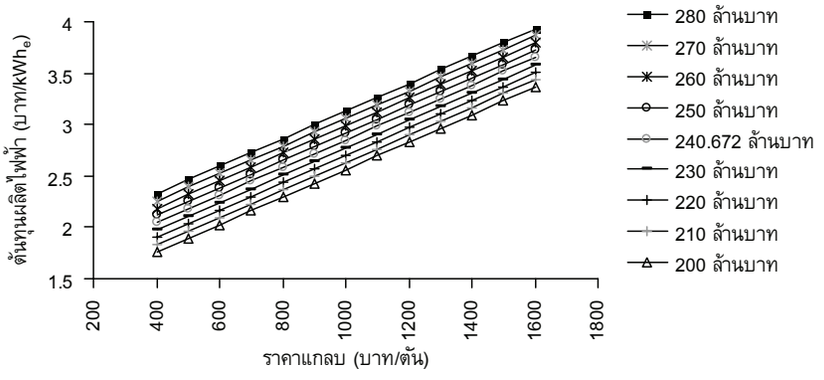
รูปที่ 2 ทุนต้นผลิตไฟฟ้าที่ราคาแกลบต่างๆ ที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้, i_d เท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ และราคาโรงไฟฟ้า, C_{Invest} เท่ากับ 240.672 ล้านบาท

เมื่อพิจารณาผลของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้และผลของราคาโรงไฟฟ้าต่อต้นทุนผลิตไฟฟ้าที่ราคาแกลบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 พบว่า ต้นทุนผลิตไฟฟ้ามีค่าลงลดเมื่ออัตราดอกเบี้ยเงินกู้และราคาโรงไฟฟ้ามีค่าลดลง เมื่อวิเคราะห์ไว (Sensitivity analysis) ของราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้

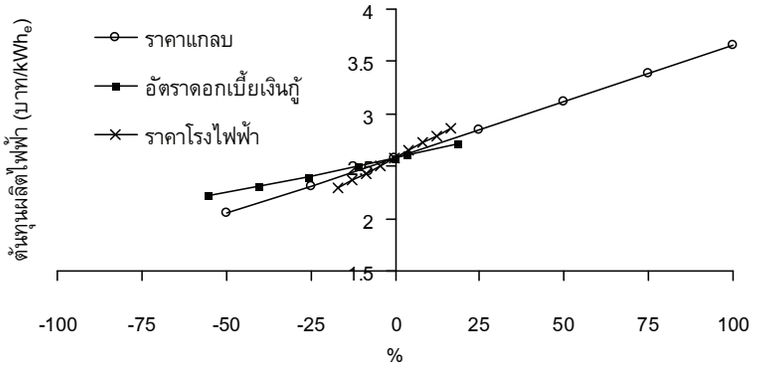
และราคาโรงไฟฟ้าต่อต้นทุนผลิตไฟฟ้า สามารถแสดงดังรูปที่ 5 พบว่า ต้นทุนผลิตไฟฟ้ามีความไวต่อราคาโรงไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาเป็นราคาแกลบ และสุดท้ายเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ดังนั้นถ้ายิ่งราคาโรงไฟฟ้าต่ำลงจะทำให้โครงการมีความน่าสนใจในเชิงเศรษฐศาสตร์มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 3 ผลของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่อต้นทุนผลิตไฟฟ้าที่ราคาแกลบค่าต่างๆ ที่ราคาโรงไฟฟ้าเท่ากับ 240.672 ล้านบาท



รูปที่ 4 ผลของราคาโรงไฟฟ้าต่อต้นทุนผลิตไฟฟ้าที่ราคาแกลบค่าต่างๆ ที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์



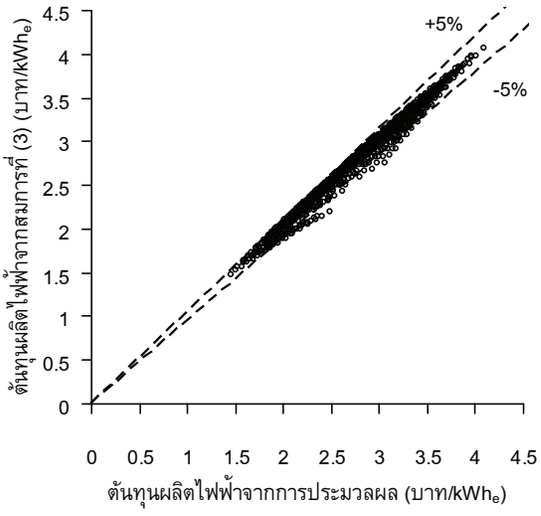
รูปที่ 5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของต้นทุนผลิตไฟฟ้า ที่ราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้าค่าต่างๆ (อ้างอิงที่ราคาแกลบ, $C_{Rice\ Husk}$ เท่ากับ 800 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ยเงินกู้, i_d เท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ และราคาโรงไฟฟ้า, C_{Invest} เท่ากับ 240.672 ล้านบาท)

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดจากรูปที่ 3 และ 4 มาสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้าต่อต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า แสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$LEC = 0.0033483 C_{Rice\ Husk}^{0.44657} i_d^{0.19148} C_{Invest}^{0.60536} \quad (3)$$

เมื่อ $400 \le C_{Rice\ Husk} \le 1600$ บาทต่อตัน, $3 \le i_d \le 8$ เปอร์เซ็นต์, $200 \le C_{Invest} \le 280$ ล้านบาท

เมื่อพล็อตความเท่าเทียมกัน (Parity plot) เปรียบเทียบต้นทุนผลิตไฟฟ้าจากการประมวลผลกับสมการที่ (3) แสดงดังรูปที่ 6 พบว่า 94.26 เปอร์เซ็นต์ของค่าต้นทุนผลิตไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการที่ (3) อยู่ใน ±5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 6 พล็อตความเท่าเทียมกัน (Parity plot) เปรียบเทียบต้นทุนผลิตไฟฟ้าที่ได้จากการประมวลผลกับสมการที่ (3)

4. สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า พบว่า ต้นทุนมีค่าลดลงเมื่อราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และราคาโรงไฟฟ้ามีค่าลดลง โดยที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 6.75 เปอร์เซ็นต์ ราคาโรงไฟฟ้า 240.672 ล้านบาท และราคาแกลบ 400 ถึง 1,600 บาทต่อตัน จะมีต้นทุนผลิตไฟฟ้า 2 ถึง 3.65 บาท/kWh$_e$ เมื่อพิจารณาความไวต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้า พบว่า ราคาโรงไฟฟ้าและอัตราดอกเบี้ยมีความไวต่อต้นทุนมากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ สำหรับการสร้างสมการความสัมพันธ์ของราคาแกลบ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ราคาโรงไฟฟ้า และต้นทุนการผลิตไฟฟ้า พบว่า สมการดังกล่าวสามารถคำนวณค่าต้นทุนได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการประมวลผล

5. กิตติกรรมประกาศ

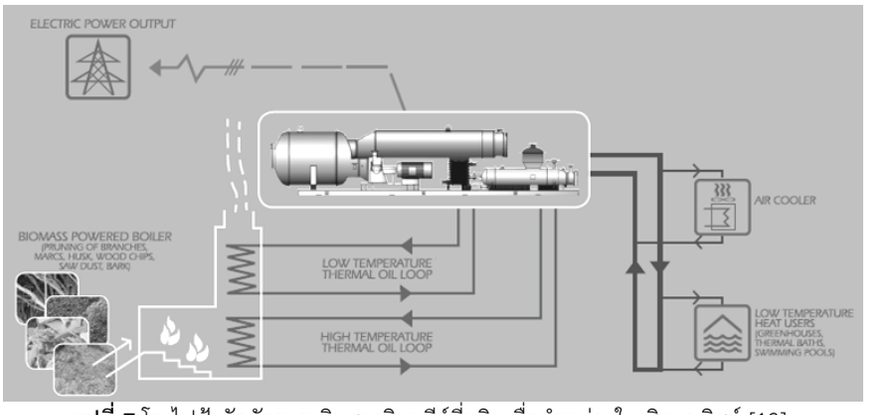
ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ขอขอบคุณหน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับทุนวิจัยและสถานที่วิจัยให้กับงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Energy Information Administration, "International Energy Outlook 2004," DOE/EIA-0484, 2004.
[2] Pehnt, M., "Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies," Renewable Energy, 31, pp. 55-71, 2006.
[3] Fthenakis, V.M., Kim, H.C. and Alsema, M., "Emissions from photovoltaic life cycles," Environmental Science and Technology, 42, pp. 2168-2174, 2008.
[4] Gagnon, L., Belanger, C. and Uchiyama, Y., "Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001," Energy Policy, 30, pp. 1267-1278, 2002.
[5] เบญจมาศ ปุยอ๊อก วิชชากร จารุศิริ และจินตนา อุบลวัฒน์ "การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, โรงแรมใบหยกสกาย, กรุงเทพมหานคร, 23-25 พฤษภาคม 2550
[6] วิชชากร จารุศิริ เบญจมาศ ปุยอ๊อก และพัชรี ชิ้มเจริญ "ศักยภาพของการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก" วารสารพลังงาน ปีที่ 3/2546
[7] เกษม เทพหนู "การศึกษาการใช้ประโยชน์จากเถ้าแกลบของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก" ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2549
[8] Energy for Environment Foundation, "Biomass," Bangkok, Q print management, ISBN: 974-94991-0-7, 2008.
[9] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม "ราคาชีวมวล" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.efe.or.th (30 เมษายน 2557)
[10] Rentizelas, A., Karellas, S., Kakaras, E. and Tataiopoulos, I., "Comparative techno-economic analysis of ORC

and gasification for bioenergy applications," Energy Conversion and Management, 50, pp. 674-681, 2009.
[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน "การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนในประเทศไทย" รายงานวิจัย กันยายน 2549
[12] ธนาคารกรุงเทพ "อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.bangkokbank.com (30 เมษายน 2557)
[13] Turboden, "HRS units for electricity generation and cogeneration from biomass" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.turboden.eu/en/public/downloads/10Z00650_e.pdf (16 กรกฎาคม 2554)

7. ภาคผนวก



รูปที่ 7 โรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ [13]

ตารางที่ 5 ข้อมูลโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์พลังงานชีวมวล [13]

Input – thermal oil	
Nominal temperature "HT" loop (in/out) (°C)	300/214
Thermal power input "HT" loop (kW)	8850
Nominal temperature "LT" loop (in/put) (°C)	214/130
Thermal power input "LT" loop (kW)	784
Output – hot water	
Hot water temperature (in/put) (°C)	24/37
Thermal power to the cooling water (kW)	7212
Performances	
Net active electric power (kW)	2180
Net electric efficiency (%)	22.6
Biomass consumption* (kg/h)	4211

*Assuming a lower heating value (LHV) of biomass = 2.6 kWh/kg and boiler efficiency = 0.88

O-CP04

การศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก
Study of Power Quality for Very Small PV Power Plant

ธีรวัฒน์ ผูกสมัคร[1*], บุญยัง ปลั่งกลาง[1]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
โทร 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: k6_wat@hotmail.com, boonyang@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก (VSPP) พิกัดกำลังผลิตไม่เกิน 1 MW ที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ในพื้นที่ของจังหวัดสมุทรสงคราม โดยดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าที่จุดซื้อขายไฟฟ้า (PCC) ระบบแรงดันไฟฟ้า 22 kV เป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อเก็บข้อมูลและตรวจวัดประเมินผลระดับคุณภาพไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากก่อนการเชื่อมโยงแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้น จะต้องมีการตรวจสอบระดับคุณภาพไฟฟ้า ประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า (Voltage RMS), ค่าความถี่ไฟฟ้า (Power Frequency), ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า (THD_V), ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม (Voltage Fluctuations) เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบกับผู้ใช้ไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ซึ่งผลจากการตรวจวัดพบว่าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 06.30 – 18.40 น. ปริมาณพลังงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 778.125 kW ในช่วงเวลา 12.20 น. และเกณฑ์ประเมินระดับคุณภาพไฟฟ้าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กนั้น ตามเกณฑ์มาตรฐาน EN50160 จะใช้ค่าที่ 95% ของข้อมูลมาพิจารณาซึ่งพบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้า CP 95 อยู่ที่ 22.39 kV, ค่าความถี่ไฟฟ้า CP 95 อยู่ที่ 50.03 Hz, ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า CP 95 อยู่ที่ 1.82% , ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม CP 95 อยู่ที่ 0.68 โดยค่าคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า

คำสำคัญ : คุณภาพไฟฟ้า; จุดซื้อขายไฟฟ้า; แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้านับว่ามีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งสถานการณ์การใช้พลังงานจะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่แหล่งเชื้อเพลิงประเภท น้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ มีแต่จะลดลง พลังงานหมุนเวียนจึงเป็นทางเลือกที่กำลังเป็นที่ให้ความสนใจ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อม อีกทั้งมีนโยบายการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้นด้วยการให้อัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานหมุนเวียน พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นตัวเลือกที่เป็นที่นิยม อีกทั้งลักษณะภูมิศาสตร์ของประเทศไทยตั้งอยู่คาบสมุทรอินโดจีน ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียโดยมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ อยู่ในบริเวณพื้นที่เขตร้อนจึงทำให้เหมาะสมแก่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและความไม่แน่นอนของแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อาจส่งผลต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งปัจจัยต่างๆ เช่น สภาวะภูมิอากาศ, การเคลื่อนที่ของกลุ่มเมฆรวมถึงความเข้มแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่าของแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า และค่า % THD [2] โดยการเชื่อมต่อพลังงานแสงอาทิตย์นี้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะพบว่าอาจจะส่งผลกระทบด้านการควบคุมแรงดันของระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานหลายประเด็น และยังส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์การควบคุมแรงดันที่สถานีไฟฟ้าอีกด้วย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงได้ออกระเบียบข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟรายอื่น นอกจากผลกระทบทางด้านการควบคุมแรงดันแล้วยังมีผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้า ทั้งด้านแรงดันกระเพื่อม (Flicker) และฮาร์มอนิกส์ (Harmonics) [6] เมื่อมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ตอนเริ่มแรกอาจจะต้องมีการยกระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงกว่าปกติ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าสามารถไหลเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าได้ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเกินกว่ามาตรฐาน[5] และอาจเป็นสาเหตุของความไม่แน่นอนด้านคุณภาพไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และส่งผลกระทบต่อกลุ่มผู้ใช้ไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2. รูปแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานนั้นมีรูปแบบหลากหลายต่างกันไป โดยรูปแบบนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และสถานที่ติดตั้งใช้งาน ซึ่งระบบที่ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้ 3 รูปแบบหลักๆ [3] ดังนี้

2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system)

2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่าย (PV Gird Connected System)

2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

โดยระบบที่ดำเนินการศึกษาจะเป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายซึ่งเป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน แต่ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีระบบสายส่งของการไฟฟ้าอยู่แล้ว ระบบนี้จะไม่มีการเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แล้วก็จ่ายเข้าระบบได้เลย แต่หากระบบไฟฟ้าหลักขัดข้อง ระบบนี้ระบบนี้ก็จะต้องหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบด้วย เนื่องจากเป็นมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับช่างไฟฟ้าที่จะซ่อมบำรุงรักษาระบบ

3. การตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

การตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าจะใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า Disturbance analyzers ผลิตภัณฑ์ Dranetz BMI การแสดงผลข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะที่ต้องการวิเคราะห์ Power Quality Disturbance การวัด บันทึก และการแสดงผลจะอยู่ในมาตรฐานข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] ซึ่งมีค่าต่างๆดังนี้

3.1 การควบคุมระดับแรงดัน ผู้ลิตไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจะต้องควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงมาตรฐานสูงสุดและต่ำสุดตามที่กำหนด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: มาตรฐานระดับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุดของ กฟภ.

ระดับแรงดันไฟฟ้า	ภาวะปกติ		ภาวะฉุกเฉิน	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
115 kV	120.7	109.2	126.5	103.5
33 kV	34.7	31.3	36.3	29.7
22 kV	23.1	20.9	24.2	19.8
380 V	418	342	418	342
220 V	240	200	240	200

3.2 การควบคุมความถี่ไฟฟ้า ต้องควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ 50±0.5 รอบต่อวินาที ในกรณีเกิดเหตุผิดปกติ ถ้าความถี่ของระบบไม่อยู่ในช่วง 48.00 - 51.00 รอบต่อวินาที ต่อเนื่องเกิน 0.1 วินาที

3.3 การควบคุมแรงดันกระเพื่อม ต้องควบคุมอุปกรณ์ ไม่ทำให้เกิดแรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) ที่จุดต่อร่วมเกินข้อกำหนด โดยปกติใช้วัดค่า Pst คือการประเมินความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงเวลาสั้นๆ (10 นาที) และ Plt คือการประเมินความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงระยะยาว (2-3 ชั่วโมง) ตามสมการที่ (1), (2)

$$Pst = \sqrt[m]{(Pst_1)^m + (Pst_2)^m + \ldots + (Pst_3)^m} \qquad (1)$$

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{j=n}(Pst_j)^3} \qquad (2)$$

เมื่อ Pst คือค่าความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงเวลาสั้นๆ
Plt คือค่าความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงระยะยาว
m คือค่าลักษณะของแหล่งกำเนิดแรงดันกระเพื่อม
n คือจำนวนค่า Pst ในช่วงเวลาที่ตรวจวัด

3.4 การควบคุมฮาร์มอนิก

ระดับความรุนแรงของฮาร์มอนิกส์อาจแสดงในรูปของค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion: THD %) โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์มอนิกส์กับค่าของส่วนประกอบความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ตามสมการที่ (3)

$$THD\ (\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_{h(rms)}^2}}{V_{1(rms)}} * 100\ \% \qquad (3)$$

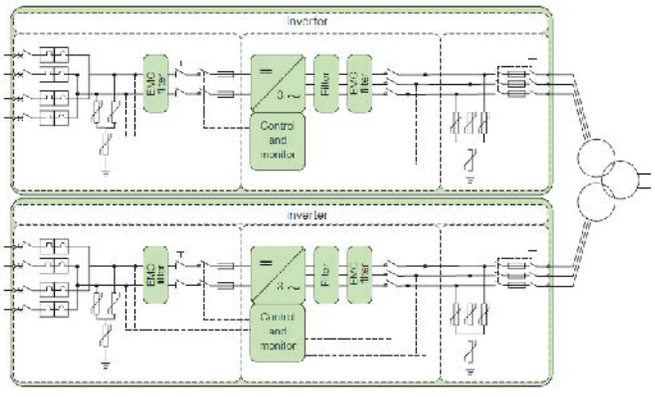
เมื่อ $V_{h(rms)}$ คือค่าของแรงดันฮาร์มอนิกลำดับที่ h
$V_{1(rms)}$ คือค่าของแรงดันที่ความถี่มูลฐาน 50 H_z

ตารางที่ 2: มาตรฐานกำหนดเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม (kV)	ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน(%)	ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันแต่ละอันดับ(%)	
		อันดับคี่	อันดับคู่
0.400	5	4	2
11,12,22,24	4	3	1.75
33	3	2	1
115 หรือมากกว่า	1.5	1	0.5

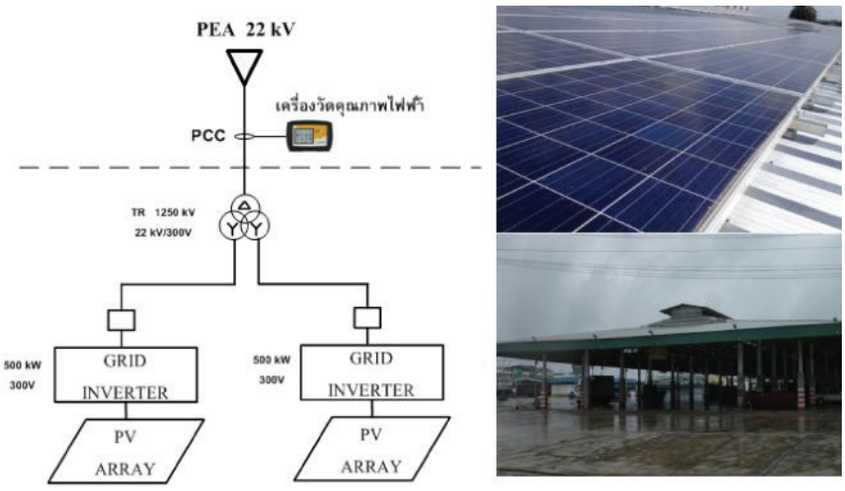
4. ขั้นตอนการศึกษา

แหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นี้ตั้งอยู่ที่พิกัดละติจูด 13 องศา 22 ลิปดาเหนือ และ 99 องศา 58 ลิปดาตะวันออก การออกแบบใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline Module ขนาด 245 W_p จำนวน 4,032 แผง อินเวอร์เตอร์เป็นแบบ Central inverter ขนาด 500 kW จำนวน 2 ชุด มีการควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม และค่า Harmonic distortion อยู่ที่ค่าน้อยกว่า 3% โดยมีวงจรการต่ออินเวอร์เตอร์ชนิด grid connected ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: วงจรการต่ออินเวอร์เตอร์ชนิด grid connected

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก(VSPP) ที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ต้องมีการควบคุมไม่ให้เกินมาตรฐานข้อกำหนด ซึ่งจะมีการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยตั้งค่าให้สามารถเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN 50160[4] ซึ่งขั้นตอนการศึกษานี้จะดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าเพื่อเก็บข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าที่จุดซื้อขายไฟฟ้า (Point Common Coupling: PCC) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้า ดังรูปที่ 2

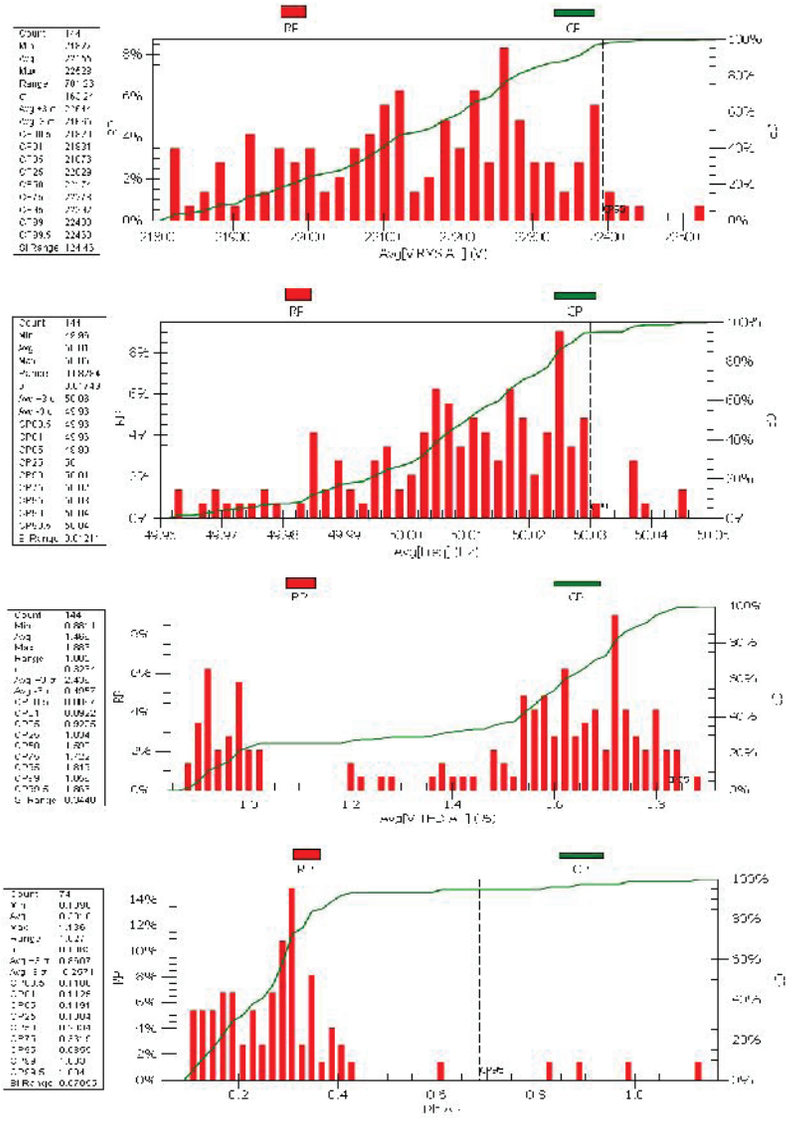


รูปที่ 2: สถานที่และผังวงจรแสดงจุดติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า

5. ผลการศึกษาคุณภาพไฟฟ้า

5.1 ผลการประเมินตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้า

จากผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าของแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก โดยการนำข้อมูลจากผลการตรวจวัดมาประเมินตามมาตรฐาน EN50160 ซึ่งเกณฑ์การประเมินจะใช้ค่าที่ CP 95 ซึ่ง CP95 (Cumulative Percentile 95) คือ ค่าการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูล โดยใช้ค่าที่ 95 ของข้อมูลเป็นตัวแทนในการพิจารณา และ RP (Relative Percentile) คือร้อยละความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา โดยมีผลจากการตรวจวัดและประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: ผลการตรวจวัดและประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้า

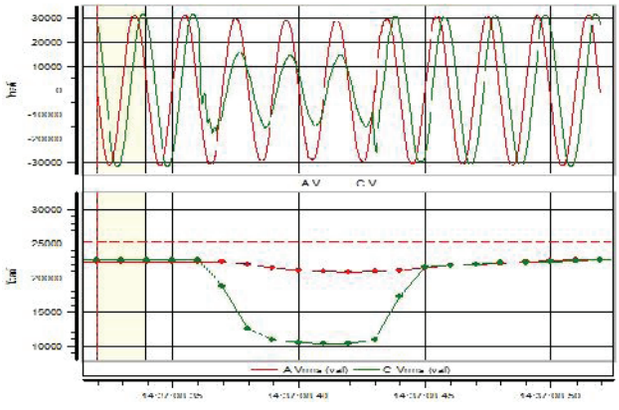
เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า มาวิเคราะห์โดยค่า RP คือค่าร้อยละของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในแต่ละค่าของช่วงเวลา เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาเรียงจากข้อมูลจากน้อยไปมากก็จะได้ตามเส้น CP ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน EN50160 โดยจะนำค่าของข้อมูลที่ 95% มาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้า จากรูปที่ 3 พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส A ค่า CP 95 อยู่ที่ 22.392 kV, ค่าความถี่ไฟฟ้า ค่า CP 95 อยู่ที่ 50.04 Hz, ค่าความผิดเพี้ยนรวมแรงดันไฟฟ้า THD_V เฟส A ค่า CP 95 อยู่ที่ 1.819, ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม Plt เฟส A ค่า CP 95 อยู่ที่ 0.685 โดยผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก

พารามิเตอร์ไฟฟ้า	Phase	เกณฑ์มาตรฐาน	CP 95 (%)	ผลการประเมิน
ค่าแรงดันไฟฟ้า	A	22 ± 5% (21.9-23.1 kV)	22.392	ผ่าน
	B		-	-
	C		22.603	ผ่าน
ค่าความถี่ไฟฟ้า		50 ± 1% (49.9-50.1 Hz)	50.04	ผ่าน
ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า THD_V	A	THD_V < 4 %	1.819	ผ่าน
	B		-	-
	C		1.776	ผ่าน
ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม Plt	A	Plt < 0.8	0.685	ผ่าน
	B		-	-
	C		0.655	ผ่าน

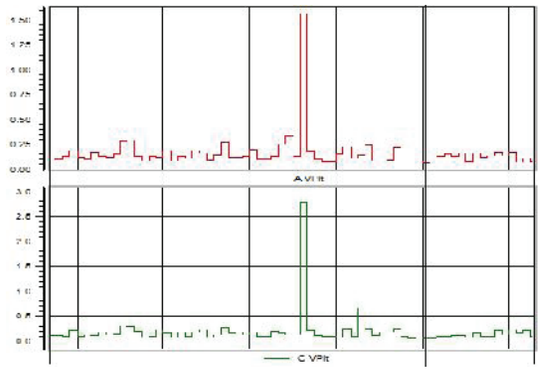
หมายเหตุ *เนื่องจากเป็นการวัดแบบ Two Element (3 Phase: 2PT 2CT) ซึ่งวัดได้เฉพาะเฟส A และ เฟส C*

จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อพิจารณาผลการประเมินค่าคุณภาพไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละวัน พบว่าผลการประเมินในแต่ละวันมีค่าสอดคล้องกับค่าผลการประเมินรวมทั้ง 7 วัน จะมีเพียงวันที่ 6 ที่มีค่ามากกว่าค่าของผลรวมทั้ง 7 วันซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามรูปที่ 4 แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า



รูปที่ 4: Wave form การเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะของวันที่ 6

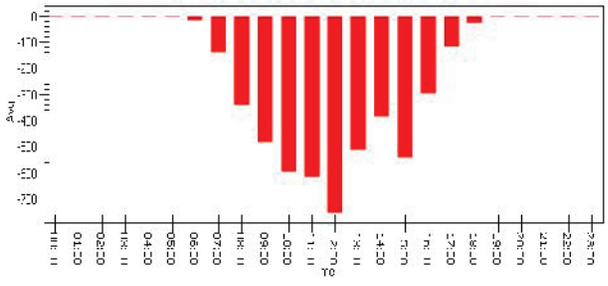
จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะที่เฟส C ประมาณ 0.08 วินาที แล้วกลับคืนสภาวะปกติ ซึ่งเกิดจากการลัดวงจรในสายส่งแล้วส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยเหตุการณ์นี้จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมเกิดขึ้นตามรูปที่ 5 ซึ่งส่งผลกระทบต่อการประเมินผลค่าคุณภาพไฟฟ้าของการเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าเข้าระบบโครงข่ายไฟฟ้า



รูปที่ 5: กราฟแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อมในช่วงเวลาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ

5.2 ผลการประเมินระดับพลังงาน

การตรวจวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กขนาด 1 MW มีค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 778 kW ในช่วงเวลา 12.20 น. ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6: ปริมาณกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก

6. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม โดยดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ Dranetz BMI ที่จุดซื้อขายระดับแรงดันไฟฟ้า 22 kV เพื่อเก็บข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย ค่าแรงดันไฟฟ้า, ค่าความถี่ไฟฟ้า, ค่าความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันไฟฟ้า THD_V, ค่าแรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม Plt เป็นระยะเวลา 7 วันหรือ 1 สัปดาห์ พบว่าแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เฉลี่ยระหว่างเวลา 06.30 – 18.40 น. ปริมาณพลังงานเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 778.125 kW และผลการประเมินคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า

7. เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค “ระเบียบข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า” กรุงเทพฯ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2551

[2] ศุภชัย ทัศนะ และคณะ “การศึกษาผลกระทบความเข้มแสงจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อคุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของ กฟภ.” การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 35 (EECON-35), 2555, 331-334

[3] ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, http://www.dedp.go.th [25 มิถุนายน 2557]

[4] EN 50160 “Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks” 2008.

[5] Harsha Ravindra, M. Omar Faruque, Karl Schoder, “Dynamic Interactions Between Distribution Network Voltage Regulators for Large and Distributed PV Plants” IEEE Student Conference on Research and Development, 2012

[6] N.Srisaen and A.Sangswang, “Effects of PV Grid-Connected System Location on a Distribution System” IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, 2006

O-CP05

การศึกษาคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเทคนิคอินเตอร์ลีฟ

Study of Bidirectional converter for DC motor with interleave technical.

เสาวนีย์ กันต๊ะ[1*],บุญยัง ปลั่งกลาง[1],พรชัย พรหฤทัย[2],

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
E-mail: saowanee_kanta@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนาเสนอการศึกษาการออกแบบวงจรแปลงผันไฟฟ้าแบบสองทิศทางสาหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงพิกัด 24 VDC /12 VDC, 350W. โดยใช้หลักการการทบและทอนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 3 เฟส 2 ทิศทางทำการจำลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรม MATLAB / SIMULINK เพื่อทาการวิเคราะห์หาค่ากระแสและแรงดันขณะที่วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าในทิศทางแรกเป็นวงจรทบแรงดัน (Boost Converter) เพื่อจ่ายพลังงานให้กับระบบ 24Vdc และทิศทางที่สองขณะทางานเป็นวงจรทอนแรงดัน (Buck Converter) เพื่อทาการเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ขนาด 12Vdc จากการทดสอบการพบว่าวงจรที่ออกแบบสามารถทาการเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่และถ่ายเทพลังงานให้กับระบบได้อย่างต่อเนื่องโดยการควบคุมแบบ PID.

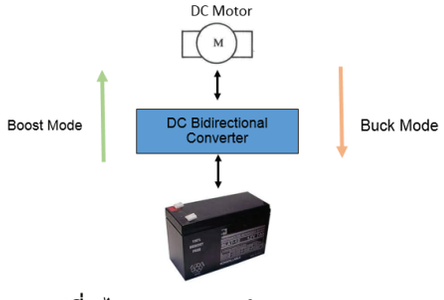
คำสำคัญ: วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง ,มอเตอร์ ,แบตเตอรี่

1.บทนำ

ในปัจจุบันนี้ระบบรถยนต์ไฮบริดจ์ถือเป็นระบบที่ทั่วโลกให้ความสนใจเนื่องจากเป็นการนำพลังงานสูญเปล่าขณะทำการเบรกมาใช้ คือ เมื่อผู้ขับขี่แตะเบรก มอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดพลังงาน (ไดนาโม) และแปลงพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเบรกเป็นกระแสไฟฟ้า เราจึงสามารถสำรองพลังงานเหล่านี้เก็บไว้ในแบตเตอรี่แต่เมื่อเร่งความเร็วแบบกะทันหัน มอเตอร์ไฟฟ้าจะดึงพลังงานเพิ่มจากแบตเตอรี่มาเสริมกำลังช่วยให้เครื่องยนต์มีกำลังสูงสุดและสามารถเร่งความเร็วได้ตามความต้องการแต่เนื่องจากแรงดันที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ได้ยังคงมีค่าแรงดันต่ำกว่าจึงไม่สามารถที่จะนำพลังงานเหล่านี้มาใช้กับโหลดได้โดยตรงดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการออกแบบคอนเวอร์เตอร์กระแสตรงแบบสองทิศทางด้วยหลักการจากการถ่ายเทพลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อจ่ายให้กับโหลดมอเตอร์ได้อย่างต่อเนื่องด้วยเทคนิคการอินเตอร์ลีฟเพื่อให้สามารถจ่ายกำลังได้สูงกว่าเนื่องจากกระแสกระเพื่อมลดน้อยลง

2. คอนเวอร์เตอร์กระแสตรงแบบสองทิศทาง.

วงจรที่ทำการศึกษาคือวงจรคอนเวอเตอร์กระแสตรงแบบสองทิศทางโดยใช้หลักการของวงจร Buck และ Boost คอนเวอร์เตอร์ทำการออกแบบโดยเลือกใช้ IGBT เป็นอุปกรณ์สวิตชิ่งเพื่อลดแรงดันตกคร่อมที่ตัวอุปกรณ์หลักการการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ที่ต่อกับแบตเตอรี่จะทำการส่งถ่ายเทพลังงานออกเป็น 2 ทิศทางดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีเงื่อนไขการทำงานดังนี้



รูปที่1 ไดอะแกรมการทำงานของระบบ

ทิศทางที่ 1 (Charge Battery) เมื่อขณะทำการเบรกวงจรคอนเวอร์เตอร์จะทำงานเป็นลักษณะวงจรทอนแรงดันจาก DC BUS 24V เข้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ 12V โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด (Lead-acid) ขนาด 12V และมีรูปแบบการชาร์ตแบบ Three stage charging การชาร์ตวิธีนี้คือจะเริ่มทำการชาร์ตแบตเตอรี่ในส่วนแรก 70-80% ด้วยกระแสคงที่ขั้นที่สองคือชาร์ตส่วนที่เหลือ 20- 30% ส่วนที่สามคือส่วนสุดท้ายเพื่อทาการชดเชย self-discharge ของแบตเตอรี่ทำให้แบตเตอรี่มี SOC (state of charge) เข้าถึง 100% ในระยะเวลาอันรวดเร็ว.

ทิศทางที่ 2 (Battery discharge) เมื่อทำการเร่งเครื่องยนต์วงจรคอนเวอเตอร์จะทำงานเป็นลักษณะวงจรทบแรงดัน (Boost converter) เพื่อจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับมอเตอร์ ขนาด 24V 350W โดยวงจรนี้มีอุปกรณ์หลักคือตัวเหนี่ยวนำ อุปกรณ์สวิตช์ความถี่สูง, ตัวเหนี่ยวนำนี้เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากเนื่องจากมีหน้าที่ในการเก็บและคายพลังงานเพื่อให้ระดับแรงดันเอาต์พุตสูงกว่าอินพุตหลักการทางานเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแสกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ไดโอดจะถูกไบอัสไปข้างหน้าให้นำกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง.
คำนวณหาค่าของตัวเหนี่ยวนาได้จากสมการ

$$L = \frac{Vs.D}{\Delta I_L . f_s} \quad (1)$$

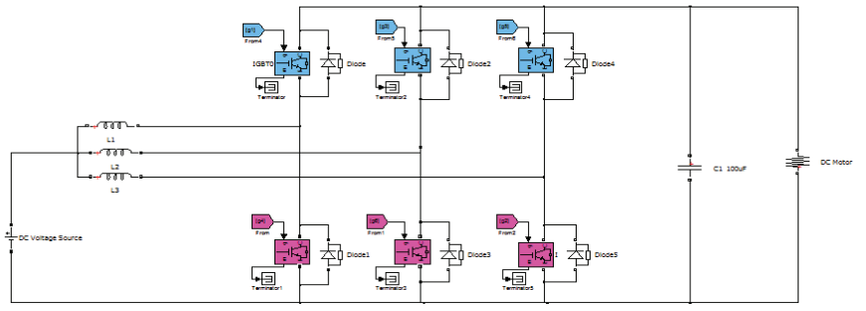
Duty cycle มีค่าเท่ากับ 0.5 และใช้ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 15 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้
คือกระแสกระเพื่อมทางอินพุตมีค่า 13เปอร์เซ็นต์ของกระแสอินพุต

ΔI_L ขนาดของตัวเหนี่ยวนำต้องมีค่าอย่างน้อย 100μH

เนื่องจากต้องทำการจ่ายโหลดที่มีขนาดสูง350W ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบโดยเพิ่มเทคนิคการอินเตอร์ลีฟมาใช้เพื่อลดขนาดของกระแสกระเพื่อมขณะจ่ายกาลังไฟฟ้าหลักการอินเตอร์ลีฟสามารถสร้างได้ด้วยการนำเอาสัญญาณขับนำสวิตช์ของวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์จานวน*N* วงจรมาต่อขนานกันแล้วกำหนดเฟสของสัญญาณขับนาสวิตช์ให้เหลื่อมเวลาการทำงานกันออกไป. ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

มุมในการสวิตช์ = *360/ N* (3) (2)

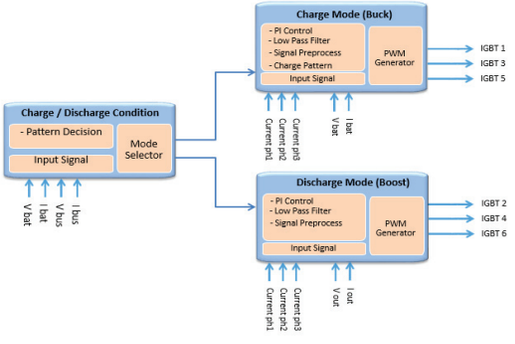
*N คือ*จำนวนวงจรที่นามาขนานกันในวงจรนี้ทำการขนานกัน3เฟส
ดังนั้นมุมที่ใช้สวิตช์ในแต่ละเฟสคือ 120องศา



รูปที่ 3 วงจรกำลังของ Bi-directional 3 Phase Interleave Converter

การขนานเฟสนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแต่ละเฟสเป็น 1/3 ของกระแสทั้งหมดดังวงจรตามรูปที่ 3 จะทำให้แรงดันตกคร่อมและความสูญเสียรวมในตัวอุปกรณ์สวิตชิ่งลดลง ขนาดของตัวเหนี่ยวนำในวงจรก็มีขนาดเล็กลงการจ่ายกำลังไฟฟ้ารวมให้กับระบบเพิ่มมากขึ้น

3.การควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4 หลักการทำงานของ Bidirectional 3 Phase Interleave Converter

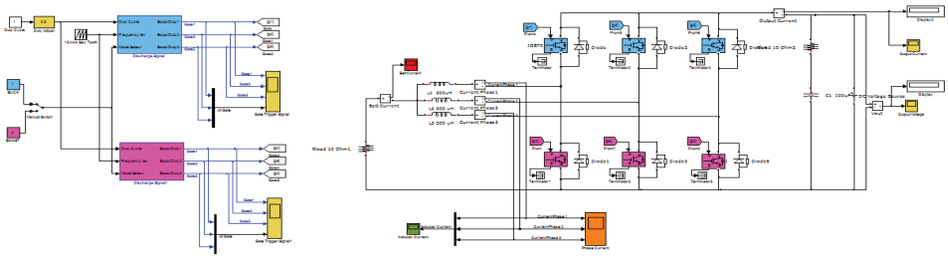
หลักการทำงานของ Bidirectional 3 Phase Interleave Converter เริ่มแรกทำการสร้างการเงื่อนไขที่ใช้ในการควบคุมแบบ PIDเพื่อควบคุมการ Charge/ Discharge ของแบตเตอรี่โดยรับสัญญาณ input มาจาก I bus, V bus,I bat, V batและหลังจากนั้นทำการส่งสัญญาณ PWM เพื่อไปควบคุมการขับนำสวิตช์ในวงจรกำลัง ของแต่ละ Mode การทำงาน.

เงื่อนไขในการควบคุมวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางโดยการอ้างอิงปริมาณ I, V ที่ BUS และ SOC ของแบตเตอรี่เป็นตัวแปรหลักในการควบคุมการทำงาน Buck Mode เมื่อแบตเตอรี่มีขนาด 0.4 < SOC < 0.9 และ P Bus ต้องมีปริมาณมากกว่า P Bat. Boost Mode เมื่อแบตเตอรี่มี SOC >0.9 และ P Bat ต้องมีปริมาณมากกว่า P Bus
นอกเหนือจากนี้ ระบบจะหยุดและจะวนกลับไปวัดปริมาณของ P Bus และ SOC อีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าควรเข้าเงื่อนไขใน mode การทำงานใดๆ ที่กล่าวมา

4. การทดสอบ

ทำการจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันแบบสองทิศทางโดยใช้โปรแกรม MATLAB/ SIMULINK โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 คือส่วนของวงจรและสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจร

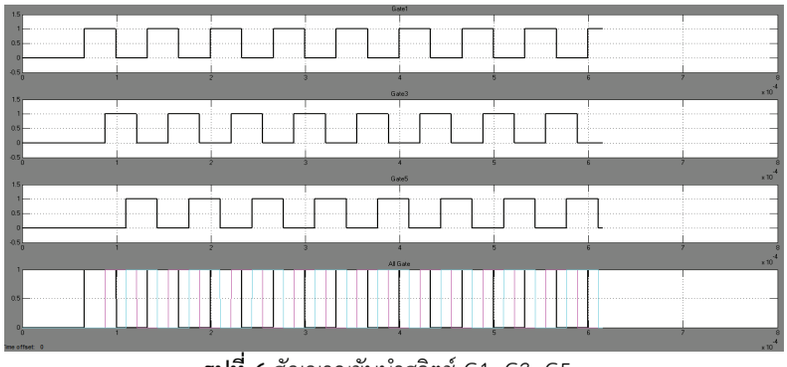
ส่วนสัญญาณควบคุมส่วนวงจร



รูปที่ 5 แบบจำลองวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองทิศทาง

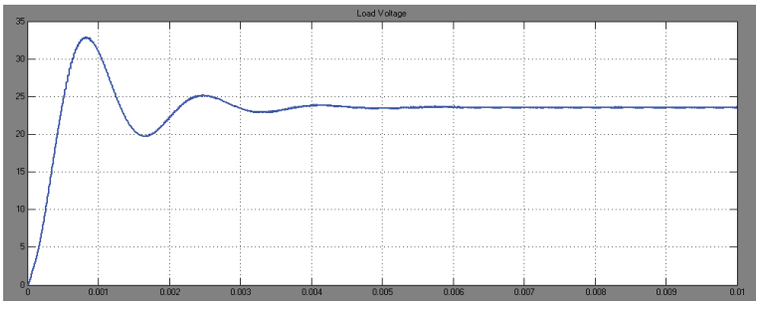
ส่วนของสัญญาณควบคุม คือทำการสร้าง 2 สัญญาณอ้างอิง เพื่อส่งสัญญาณ PWM ไปขับนำสวิตช์ในแต่ละชุด จำลองการทำงานของวงจรขณะทำงานเป็นวงจรทบและทอนแรงดัน

4.1 ทดสอบ Discharge mode (Boost) โดยทำการส่งสัญญาณ PWM เข้าไปขับนำสวิตช์ G1, G3, G5, คอนเวอร์เตอร์ทำงานเป็นวงจรทบแรงดัน จากแบตเตอรี่ขนาด 12V ให้กับ DC Motor 24V

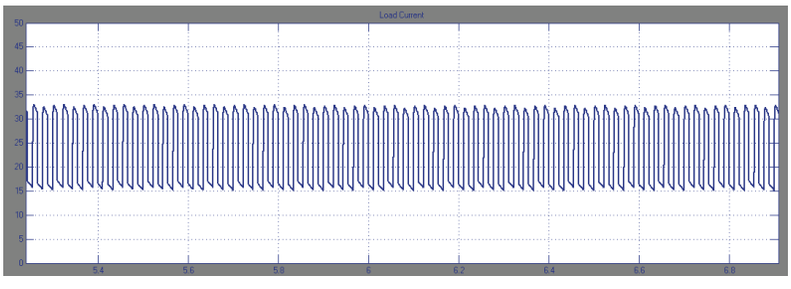


รูปที่ 6 สัญญาณขับนำสวิตช์ G1, G3, G5,

พบว่าสวิตช์ G1, G3, G5, มีการทำงานเหลื่อมกัน Phase Shift120 องศา ใน1 คาบเวลา ดังแสดงในรูปกราฟที่ 6 และสวิตช์ แต่ละตัวมีการทำงานที่ 120, 240, 360 องศาตามลำดับ.



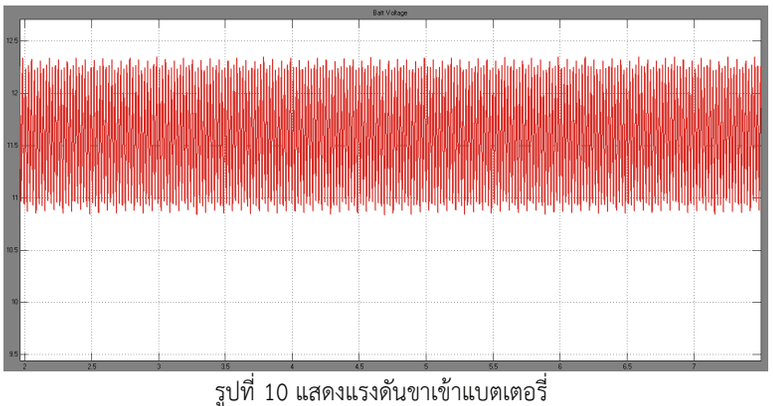
รูปที่ 7 แสดงแรงดันที่ DCLoad Voltage



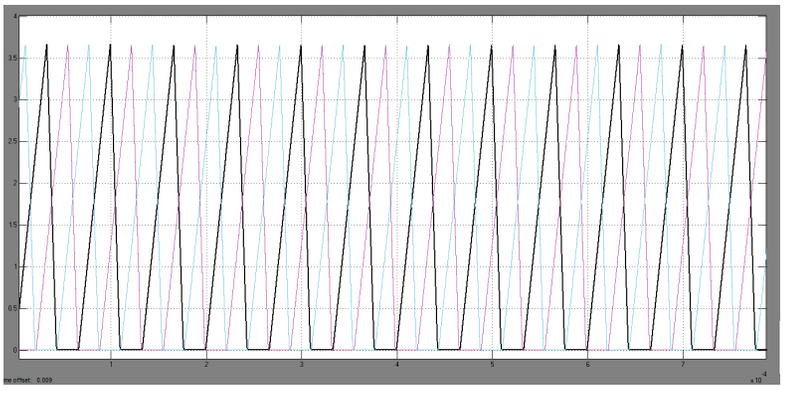
รูปที่ 8 แสดงกระแสที่ DCLoad Current

ผลจากการ Simulation เมื่อคอนเวอร์เตอร์ทำงานเป็นวงจรทบแรงดัน จากแบตเตอรี่ 12V พบว่ามีปริมาณแรงดันที่ BUS load เพิ่มขึ้นจนถึง 24V ตามรูปที่ 7 และมีปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ BUS load ตามรูปที่ 8 ซึ่งถือได้ว่าค่าของกระแสและแรงดันที่ได้ มีค่าตรงกับขอบเขตที่กำหนดไว้ 24V 350W เพื่อให้แบตเตอรี่ช่วยจ่ายพลังงานให้กับโหลดอย่างต่อเนื่อง

4.2 ทดสอบ Charge Mode (Buck) เริ่มโดยทำการส่งสัญญาณ PWM ไปขับนำสวิตช์ G2, G4, G6 คอนเวอเตอร์ทำงานเป็นวงจรทอนแรงดันจาก DC BUS 24V เข้าเก็บที่แบตเตอรี่ขนาด 12V



รูปที่ 10 แสดงแรงดันขาเข้าแบตเตอรี่



รูปที่ 11 แสดงกระแสขาเข้าแบตเตอรี่

ผลการ Simulation เมื่อคอนเวอร์เตอร์ทำงานเป็นวงจรทอนแรงดัน จะเห็นได้ว่ามีแรงดันขาเข้าที่แบตเตอรี่เพิ่มขึ้นจนถึงแรงดัน 24V ดังรูปที่ 10, และมีค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในแต่ละ Phase มีปริมาณเท่าๆกันดังแสดงในรูปที่ 11, กระแสไฟฟ้าขาเข้าที่แบตเตอรี่มีปริมาณทั้งหมด 12A เป็นไปตามพิกัดของแบตเตอรี่ Lead –Acid ที่ผู้วิจัยทำการออกแบบไว้ขนาด 12V, 12Ah

5. สรุปผล

จากการจำลองการทำงานด้วย MATLAB / SIMULIK ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่ออกแบบนี้ สามารถทำการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12V ได้เมื่อขณะทำการเบรกมอเตอร์ และสามารถส่งคืนพลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดกระแสตรงขนาด 350W 24V ได้อย่างต่อเนื่องเมื่อทำการเร่งความเร็ว ด้วยการคบคุมแบบ PIDและด้วยเทคนิคของการขนานเฟสนี้ ทำให้ความสูญเสียที่ตัวอุปกรณ์สวิตช์มีค่าลดลง ตัวเหนี่ยวนำในวงจรมีขนาดเล็กลง จ่ายกำลังไฟฟ้าได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรทบ/ทอน แรงดันแบบปกติ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. N. Hasan, M. E. Haque and M. Negnevitsky “Control of Energy Storage Interface with a Bidirectional Converter for Photovoltaic Systems” Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC'08) Paper P-138 page 3 ,2008

[2]E. Koutroulis and K. Kalaitzakis “Novel battery charging regulation system for photovoltaic applications,” *IEE Proc. Electr. Power Appl*., vol 151, no. 2, pp. 191-197, Mar. 2004.

[3] P.Thounthong, P.Sethakul, S. Rael, and B.Davat,“Design and Implementation of 2-Phase Interleaved BoostConverter for FuelCell Power Source,” Proc. IET-PEMD. York, UK. pp. 91-95. 2008

[4] สรรธพล คุ้มทรัพย์ 1 บุญช่วย เจริญผล 1 และพินิจ เทพสาธร 2“Control of 4 Modules Parallel Boost Dc to dc Converter using Interleaved Technique” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 35 (EECON-35) ,หน้าที่ 2-4, 2012

[5]D.G. Holmes, B.P. McGrath, D.Segaran, and W.Y. Kong,“Dynamic Control of a 20 kW Interleaved Boost Converter forTraction Applications” Industry Applications Society Annual Meeting.IAS,pp. 1-8, 2008

O-CP06

การศึกษาสมรรถนะของกังหันลมแบบใบผ้าผลิตกระแสไฟฟ้า
Study the Performance of Sail Wind Turbine for Electricity Generation

รณกร เทพวงษ์[1*], สาโรจน์ ดำรงศีล[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170
โทร 086-405-4442 E-mail: ronnakorn55@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของกังหันลมใบผ้าเพื่อการผลิตไฟฟ้า โดยสร้างกังหันแบบใบผ้า จำนวน 12 ใบ ต่อเข้ากับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 500 วัตต์ โดยทดสอบความเร็วลมกับความเร็วรอบของกังหันลม และทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้หลอดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลดขนาด 70, 140, 210, 280, 350 และ 420 วัตต์ พบว่า กังหันลมที่ไม่มีโหลดหรือมีโหลดน้อย กังหันลมจะเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 1.1เมตรต่อวินาที ในกรณีที่กังหันลมที่ต่อกับโหลดมาก กังหันลมจะเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที จากการทดลองพบว่า ในช่วงที่ความเร็วลม ตั้งแต่ 1.1-5 เมตรต่อวินาที เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ามีความเร็วรอบอยู่ในช่วง 50-165 รอบต่อนาที ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.33-24.62 วัตต์ ผลลัพธ์ของการทดลองนี้ใช้สำหรับการพัฒนากังหันลมแบบใบผ้าผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: กังหันลมแบบใบผ้า; ผลิตไฟฟ้า; พลังงานไฟฟ้า

1. ที่มาและความสำคัญ

พลังงานลม ลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมด แต่เนื่องจากลมในประเทศไทยมีความเร็วลมต่ำ เฉลี่ย 2-3 m/s กังหันลมเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกล แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่สำคัญในปัจจุบันใช้เพื่อการการสูบน้ำและการผลิตกระแสไฟฟ้า [1] กังหันลมเพื่อการสูบน้ำที่สำคัญของไทย คือ กังหันลมนาเกลือของไทย มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 เมตร ใบกังหันเป็นแบบสามเหลี่ยมทำจากใบใบผ้า มีจำนวน 6 ใบ ขึงอยู่กับไม้ไผ่ซึ่งทำหน้าที่เป็นก้านใบพัด มีลักษณะดังรูปที่ 1 กังหันลมนาเกลือของไทย ตำบลนาโคก จังหวัดสมุทรสงคราม [9] มีสมรรถนะที่เหมาะสมจะอยู่ที่ความเร็วลม 3.6 เมตรต่อวินาที สำหรับกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็กในประเทศไทยเป็นกังหันลมที่มีจำนวนใบส่วนมากเท่ากับ 3 ใบ ใบกังหันทำด้วยไม้หรือทำด้วยไฟเบอร์กลาส [7-8, 10] นอกจากนี้ หลาบ รับสิริ [2] ได้ทำการสร้างกังหันลมเพื่อการเกษตรและไฟฟ้า โดยสร้างเป็นกังหันลมใบผ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เมตร มี 8 ใบ หมุนรับลมได้รอบทิศ พบว่า ที่ความเร็วลม 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สูบน้ำขึ้นสูง 4.0 เมตร ด้วยสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มิลลิเมตรช่วงชัก 70 มิลลิเมตร สูบน้ำได้ประมาณ 1700 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากกังหันลมนาเกลือของไทยเป็นกังหันแบบใบผ้า ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเทคโนโลยีกังหันลมของไทยใช้เพื่อการสูบน้ำในนาเกลือมานาน กังหันแบบใบผ้าดังกล่าวน่าจะมีศักยภาพสูงสามารถพัฒนานำไปใช้กับการผลิตไฟฟ้าได้ นอกเหนือจากสูบน้ำในการทำนาเกลือ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองสร้างกังหันลมแบบใบผ้าเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ให้สามารถใช้ได้กับลมความเร็วต่ำของประเทศไทย โดยการพัฒนากังหันลมนาเกลือซึ่งมี 2 เสา รับลมคงที่ในทิศทางลมตะวันออกเฉียงเหนือกับแนวตะวันตกเฉียงใต้ ให้เป็นกังหันลมใบผ้าเพื่อการผลิตไฟฟ้า แบบหมุนรับลมได้รอบทิศ



รูปที่ 1: กังหันลมนาเกลือของไทย ตำบลนาโคก จังหวัดสมุทรสงคราม [9]

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุสาห์ บุญบำรุง [3] ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง ระบบต้นแบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมสำหรับบริเวณที่มีความเร็วลมต่ำ เพื่อศึกษาวิจัยการออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีความเร็วลมเริ่มต้นในการจ่ายพลังงานไม่เกิน 2 m/s โดยได้ทำการสร้างใบพัดรูปแบบภาคตัดขวาง

แบบ NACA 4415 ยาว 60 cm จำนวน 6 ใบพัด ให้พิกัดกำลัง 400 W ที่พิกัดความเร็วลม 10 m/s ออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของฟาราเดย์ จำนวน 8 คู่ขั้วแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้า 20 V ที่ 400 rpm จากการวิจัยพบว่ากังหันเริ่มหมุนที่ความเร็วลมประมาณ 2 m/s และที่ความเร็วลม 9 m/s กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ 180 W

สำเริง แพ่งศรี [4] ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง พัฒนาเครื่องต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องกังหันต้นแบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตามปริมาณอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า และนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับอุปกรณ์ไฟฟ้า จากการวิจัยพบว่าใบกังหันหมุนผลิตไฟฟ้าได้ที่ความเร็วรอบของใบพัด 12 rpm ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 4 m/s แรงเคลื่อนที่ผลิตได้ 13 V

นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์ นนร.เทียนชัย นาบุดดา และ นนร.วุฒทวี ภักดี [5] ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง การปรับปรุงและพัฒนาระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า ได้ทำการปรับปรุงกังหันลมของเดิมที่ชำรุดให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ใหม่โดยใช้กังหันลมชนิดแกนนอน มีใบพัด ขนาด 200 cm จำนวนใบพัด 3 ใบ โดยใช้อัลเตอเนเตอร์รถยนต์เป็นตัวผลิตไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่ากังหันลมเริ่มทำงานได้ที่ความเร็วลม 5.1 m/s และพบว่า เมื่อความเร็วลมเท่ากับ 8 m/s จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ คือ 12 V และที่ความเร็วลม 3 m/s จะผลิตไฟฟ้าได้ 2.3 V

เดช ดำรงศักดิ์ และ ยงยศ วุฑฒิโกวิทย์ [6] ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม ให้สามารถนำมาใช้ในการขับเคลื่อนระบบกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทำการติดตั้งกังหันลม ณ สำนักงานเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าสะเมิงอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิเคราะห์พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 4.1 m/s ซึ่งมีค่ามากกว่า 3 m/s ซึ่งเป็นความเร็วลมเริ่มต้นที่กังหันลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุ อุปกรณ์

กังหันลมแบบใบผ้าต้นแบบจริงเพื่อต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อใช้สร้างเป็นต้นแบบฟาร์มกังหันลมแบบใบผ้าของไทยเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า มีลักษณะที่สำคัญดังนี้

3.1.1. แกนเพลากังหันลม สร้างจากเพลาท้ายรถยนต์

3.1.2. หัวกังหันลม สร้างให้สามารถหมุนรับลมได้รอบทิศทาง

3.1.3. หางกังหันลม สร้างเพื่อให้กังหันหมุนรับลม

3.1.4. เสากังหันลม มีความสูง 8 เมตร สร้างจากเหล็กโครงสร้างถัก มีจำนวน 3 เสา มีชั้นพักเพื่อใช้สำหรับกางใบกังหันลม

3.1.5. ดุมกังหันลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร สร้างจากเหล็กโครงสร้าง

3.1.6. กังหันลมแบบใบผ้า จำนวน 12 ใบ ติดตั้งที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ มีจำนวนกังหัน 12 ใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เมตร ดังรูปที่ 2



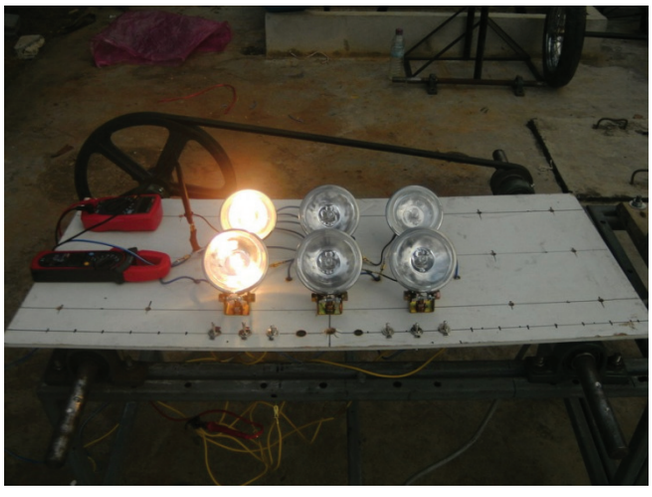
รูปที่ 2: กังหันลมแบบใบผ้า จำนวน 12 ใบ

3.1.7. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นแบบ 500 W ดังรูปที่ 3 ต่อเข้ามอเตอร์ปรับรอบได้ใช้แทนกังหันลม ในการทดสอบทางห้องปฏิบัติการและต่อกับกังหันลมสำหรับการทดสอบภาคสนาม



รูปที่ 3: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นแบบ 500 วัตต์

3.1.8. โหลดต่อเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใช้หลอดไฟฟ้า DC ขนาด 24 V 70 W จำนวน 6 หลอด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: โหลดต่อเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

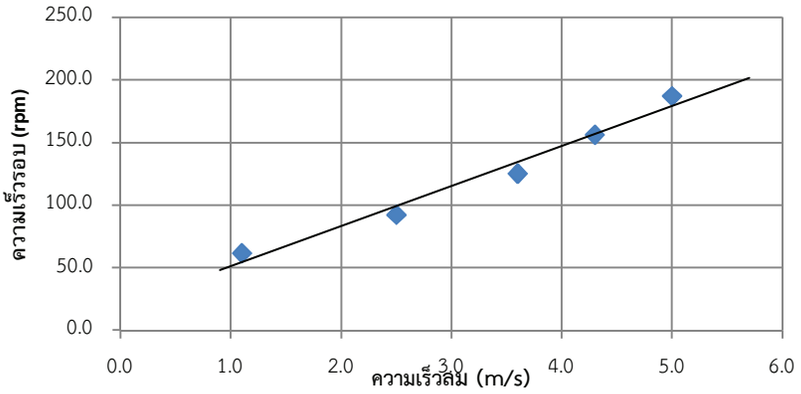
3.2. วิธีการทดลอง

ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 500 W เป็นตัวต้นแบบเพื่อใช้ทำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับต่อเข้ากับกังหันหันลมแบบใบผ้า โดยทำการทดลองกับกังหันลมแบบใบผ้าที่มีส่วนประกอบครบสมบูรณ์ทุกอย่างทั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและใบพัดของกังหันลม ทดสอบที่ความเร็วลมต่าง ๆ กัน โดยทำการทดรอบความเร็วของกังหันลมให้เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ความเร็วรอบมาใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใกล้เคียงกับที่ทดสอบในห้องปฏิบัติ การที่ความเร็วลมต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบของกังหันลมต่าง ๆ ตามสภาพลมธรรมชาติ และมีการปรับโหลด 70, 140, 210, 280, 350, 420 W ตามลำดับ หลังจากนั้นให้ทำการวัดค่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1. ผลการทดสอบหาค่าความเร็วรอบเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

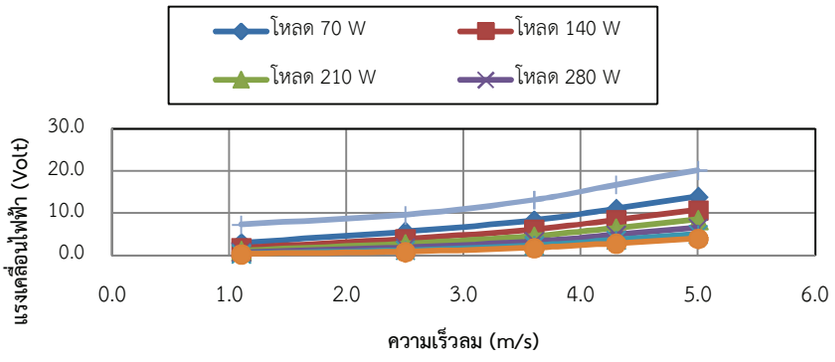
จากรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 500 W พบว่ากังหันจะเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 1.0 m/s มีความเร็วรอบเพลาของของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 50 rpm และเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจนถึง 5 m/s ความเร็วรอบเพลาของของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 180 rpm



รูปที่ 5: ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 500 W

4.2. ผลการทดสอบหาแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

จากการทดสอบหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของกังหันลมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 500 W พบว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้ ที่ความเร็วลมในช่วง 1.1 - 5.0 m/s เมื่อมีโหลด 70 W และเมื่อเพิ่มโหลดจนถึง 420 W ได้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า 3.04 – 13.98 V และ 0.04 – 4.08 V ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6



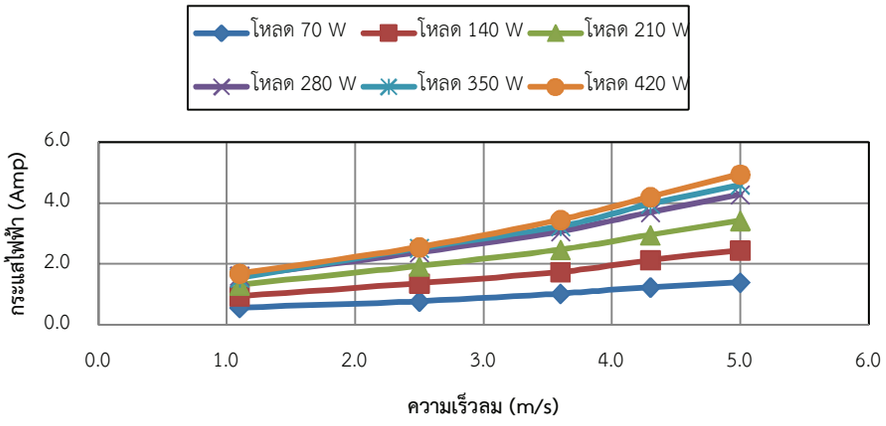
รูปที่ 6: การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าของกังหันลมเทียบกับความเร็วลม

จากการทดสอบหากระแสไฟฟ้าของกังหันลมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 500 W พบว่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ที่ความเร็วลมในช่วง 1.1 - 5.0 m/s เมื่อมีโหลด 70 W และเมื่อเพิ่มโหลดจนถึง 420 W ได้ค่ากระแสไฟฟ้า 0.58 – 1.41 A และ 1.7 – 4.95 A ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 7

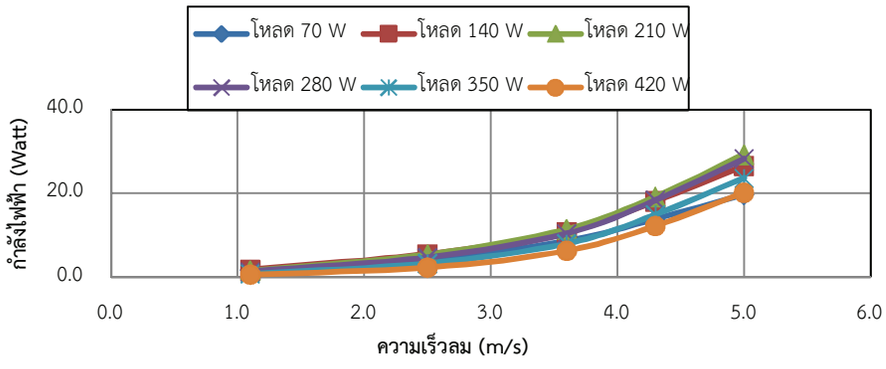
จากการทดสอบหากำลังไฟฟ้าของกังหันลมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 500 W พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ที่ความเร็วลมในช่วง 1.1 - 5.0 m/s เมื่อมีโหลด 70 W และเมื่อเพิ่มโหลดจนถึง 420 W ได้ค่ากำลังไฟฟ้า 1.8 – 19.7 W และ 0.69 – 20.2 W ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 8 และได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.33 - 24.62 วัตต์

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยนั้น จะเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่า 25 วัตต์ ที่ความเร็วลมประมาณ 5 m/s เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ อุสาห์ บุญบำรุง [3] ที่ความเร็วลม 9 m/s กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ 180 W ซึ่งคณะผู้วิจัยจะได้ดำเนินการแก้ไขระบบการทดรอบและการส่งถ่ายกำลังจากกังหันใบผ้ามาสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น

จากกราฟรูปที่ 6 – 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตามลำดับนั้น เมื่อมีโหลด 70, 140, 210, 280, 350 และ 420 W จะเห็นได้ว่า โหลดที่เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้ คือ 210 W ที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 7: การเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของกังหันลมเทียบกับความเร็วลม



รูปที่ 8: การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของกังหันลมเทียบกับความเร็วลม

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสมรรถนะของกังหันลมใบผ้าเพื่อการผลิตไฟฟ้า โดยสร้างกังหันแบบใบผ้า จำนวน 12 ใบ ต่อเข้ากับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 500 วัตต์ โดยทดสอบความเร็วลมกับความเร็วรอบของกังหันลม และทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้หลอดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลด พบว่า กังหันลมที่ไม่มีโหลดหรือมีโหลดน้อย กังหันลมจะเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 1.1 เมตรต่อวินาที ในกรณีที่กังหันลมที่ต่อกับโหลดมาก กังหันลมจะเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที จากการทดลองพบว่า ในช่วงที่ความเร็วลม ตั้งแต่ 1.1-5 เมตรต่อวินาที เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ามีความเร็วรอบอยู่ในช่วง 50-180 รอบต่อนาที ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.33 - 24.62 วัตต์ ผลลัพธ์ของการทดลองนี้ใช้สำหรับการพัฒนากังหันลมแบบใบผ้าผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บรรณานุกรม

[1] ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ, 2547. การศึกษาและพัฒนากังหันลมสำหรับการสูบน้ำในประเทศไทยวิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[2] อุสาห์ บุญบำรุง, 2547. ระบบต้นแบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมสำหรับบริเวณที่มีความเร็วลมต่ำ. สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน, กรุงเทพมหานคร.

[3] สำเริง เพ่งศรี, 2551. การพัฒนาเครื่องต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตกระแสไฟฟ้า, สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร.

[4] นนร.ปริชญ์ พรหมรักษ์, นนร.เทียนชัย นาบุดดา และ นนร.วุฒิทวี ภักดี, 2549. การปรับปรุงและพัฒนาระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า, โครงงานสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารโรงเรียนเตรียมทหาร, หน้า 25-27.

[5] เดช ดำรงศักดิ์, ยงยศ วุฒิโกวิทย์, 2547. การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] Fraenkel, P.L., 1986. Water Lifting Device, FAO Irrigation and Drainage Paper 43. United Nations Rome. 295p.

[7] National Energy Administration, 1984. A Feasibility Study of Water Lifting Technology in Thailand. Ministry of science, Technolgy and Energy, Bangkok. 134 p.

O-CP07

การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำจากถังเก็บน้ำประปาประจำหมู่บ้านด้วยกังหันน้ำขนาดจิ๋ว

Electrical Production from the Village Tap Water Tank by a Micro Turbine

นวลปราง อินทนิล[1] อรอุมา สิงห์สุข[1] และสุรจิตร์ พระเมือง[2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000

E-mail nualprang.18@hotmail.com, bumbim_onuma@hotmail.com, surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบรูปแบบใบพัดกังหันน้ำและเพื่อเปรียบเทียบความเร็วรอบการหมุนของใบพัดกังหันน้ำที่มีรูปแบบแตกต่างกัน โดยศึกษาการหมุนของใบพัดแต่ละรูปแบบ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดเท่ากัน จากการศึกษาการหมุนรอบของใบพัดทั้ง 5 รูปแบบ แล้วนำมาเปรียบเทียบความเร็วรอบของการหมุนแต่ละชนิด พบว่า ใบพัดที่ 1 เป็นใบพัดแบบกึ่งเปิด มีมีความโค้งของใบพัดไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาใบพัดที่ 2 เป็นใบพัดแบบปิด มีความโค้งของใบพัดไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาใบพัดที่ 3 เป็นใบพัดแบบเปิด มีความโค้งของใบพัดไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาใบพัดที่ 4 เป็นใบพัดแบบปิด มีความโค้งของใบพัดไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และใบพัดที่ 5 เป็นใบพัดแบบกึ่งเปิด มีความโค้งของใบพัดไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกามีจำนวนรอบเฉลี่ย เป็น 12.4 6.9 3.5 16.8 และ 11.0 รอบต่อวินาที ตามลำดับ ที่ความเร็วน้ำ 1.419 เมตรต่อวินาที ซึ่งใบพัดที่ 4 มีจำนวนรอบในการหมุนสูงสุดที่ 16.8 รอบต่อวินาทีจากนั้นได้ทำการทดลองหากระแสไฟฟ้าโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการทดลองผลิตไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด และส่วนที่สองเป็นการทดลองผลิตไฟฟ้าขณะที่มีโหลด โดยทดลองหาอัตราการไหลของน้ำจากการแบ่งช่วงวาล์วน้ำออกเป็น 3 ช่วง ที่อัตราการไหลของน้ำ 2.4×10^{-3} 4.9×10^{-3} และ 5.4×10^{-3}ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะได้อัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกัน เพื่อหาความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย พบว่าขณะไม่มีโหลด ที่อัตราการไหลของน้ำสูงกว่า 4.9×10^{-3}ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะมีค่ากระแสไฟฟ้าลดลงโดยค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงเล็กน้อย ส่วนขณะที่มีโหลด ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยค่ากระแสไฟฟ้าจะมีค่าคงที่

สำคัญ : ใบพัดกังหันน้ำ กังหันน้ำขนาดเล็ก กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า ประปาหมู่บ้าน

1.บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ ซึ่งพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ยู่ในปัจจุบันเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ในอนาคตจะขาดแคลน และมีราคาสูงขึ้น อีกทั้งพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้เกิดแก๊สมลภาวะสาเหตุของภาวะโลกร้อน พลังงานจากน้ำเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาพัฒนาใช้งานในระดับครัวเรือนได้จากพลังงานศักย์ของน้ำของระบบประปาหมู่บ้าน หรือถังเก็บน้ำสำหรับพืชสวนของเกษตรกร คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋ว ซึ่งอาศัยการไหลของน้ำในระบบท่อจ่ายน้ำที่ไหลมาหมุนกังหันน้ำแล้วทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำของชุมชน หรือเกษตรกร

กังหันน้ำขนาดจิ๋ว จะทำงานเมื่อมีการเปิดใช้น้ำที่ปลายสาย ความเร็วของน้ำในท่อจะทำหน้าที่หมุนใบพัดของกังหันที่ต่ออยู่กับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก จะมีจุดเด่นที่มีแหล่งพลังงานน้ำตลอดทั้งปี แต่มีข้อจำกัดด้านขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไม่สามารถขยายขนาดให้ผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้ในครัวเรือนได้ ต่างจากการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งลำห้วยของหมู่บ้านคีรีวงศ์ [1] ที่สามารถใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ขึ้นจนนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในครัวเรือนได้ แม้ว่าจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากมอเตอร์ของเครื่องซักผ้า ทดสอบกับระดับน้ำที่ระดับความสูงของหัวน้ำเท่ากับ 1.25 เมตร ได้ความเร็วรอบของมอเตอร์ 650-760 รอบต่อนาที มีกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 800-1,000 วัตต์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ใช้กับหลอดไฟฟ้าขนาด 40-60 วัตต์ โทรทัศน์สีขนาด 85-100 วัตต์ พัดลมไฟฟ้าขนาด 45 วัตต์ และ อื่น ๆ ประมาณ 100 วัตต์ ได้ [2] การออกแบบและพัฒนากังหันน้ำขนาดเล็ก เพื่อผลิตไฟฟ้าจากการไหลของน้ำในท่อ [3] ได้ทำการทดสอบหาสมรรถนะของกังหันน้ำโดยเปิดวาล์วหัวฉีดที่ 20%-100% พบว่ากังหันน้ำได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 38% ที่อัตราการไหล 1.53 ลิตรต่อวินาที และเมื่อเพิ่มภาระทางด้านออกของกำลังงานโดยใช้หลอดไฟฟ้าขนาด 100 วัตต์ จำนวน 7 หลอด ที่เปอร์เซ็นต์การเปิดหัวฉีด 20% จะให้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 2.6 แอมแปร์ ที่ความเร็วรอบสูงสุด 1,347 รอบต่อนาที และได้ประสิทธิภาพสูงสุด 38% ส่วนการทดสอบหาพลังงาน และประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ความดันน้ำ 2 และ3 บาร์ เพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดของกังหันน้ำโดยการเพิ่มภาระด้านออกโดยการเปิดหลอดไฟ พบว่าที่ความดัน 3 บาร์ จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด 24.2% ที่อัตราการไหล 2.42 ลิตรต่อวินาที และความเร็วรอบสูงสุด 961 รอบต่อนาทีได้กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 2 แอมแปร์ แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานศักย์ของน้ำจากถังเก็บน้ำประปาหมู่บ้านหรือถังเก็บน้ำเพื่อการเกษตร สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนากังหันน้ำชนิดหอยโข่งขนาดเล็ก ต่อแกนหมุนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋ว เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาให้สามารถนำไปใช้จริงต่อไป

2. กลศาสตร์ของไหลในท่อ

น้ำเป็นของไหลที่อัดตัวไม่ได้ โดยจะมีความดันที่จุด ๆ หนึ่งคงที่เสมอในทิศทางตั้งฉากกับผิวน้ำ ทำให้เกิดแรงสถิตของการไหล ตามกฎของปาสคาล โดยปกติค่าความดันของน้ำจะแปรผันตามความลึกที่วัดจากระดับผิวน้ำ เมื่อความลึกต่างกัน ความดันของน้ำก็จะแตกต่างกัน ทำให้เกิดการไหลได้ 2 รูปแบบคือ การไหลแบบราบเรียบ กับการไหลแบบปั่นป่วน สำหรับการไหลในท่อแบบราบเรียบที่ท่อมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเป็น A_1 และ A_2

น้ำจะเกิดการไหลด้วยความเร็วเป็น v_1 และ v_2 ตามลำดับกฎการอนุรักษ์มวลของของไหล จะได้ว่า อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ ($\dot{m}$) ที่ไหลในท่อจะมีค่าคงที่ ตามสมการ

$$\dot{m} = \rho v_1 A_1 = \rho v_2 A_2$$

เมื่อ ρ เป็นความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3) ดังนั้นการลดขนาดของท่อให้เล็กลงจะเป็นการเพิ่มความเร็วของน้ำในท่อ ซึ่งจะส่งผลต่อการหมุนของใบพัดกังหันน้ำ ให้เร็วขึ้นตามความเร็วของน้ำในท่อที่เพิ่มขึ้น

พลังงานรวมของน้ำจากถังเก็บน้ำที่สูง H ที่ไหลในท่อผ่านหน้าตัด A_1 และ A_2 โดยมีพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของน้ำ ถูกส่งไปยังสิ่งแวดล้อมภายนอกที่ไปหมุนกังหันน้ำ (E_{tb}) จะพิจารณาจากผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ ของน้ำในท่อที่ท่อมีระดับความสูง z_1 และ z_2 ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อไม่คิดแรงเสียดทานที่บริเวณปลายท่อ จะได้ว่า

$$(H + \tfrac{1}{2} v_1^2 + gz_1) - E_{tb} = (1/2v_2^2 + gz_2)$$

เมื่อ g เป็นค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

การไหลของน้ำออกจากถังเก็บน้ำสูง H ,มายังกังหันน้ำ จะได้อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) ดังสมการ

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = A_2\sqrt{2gH}$$

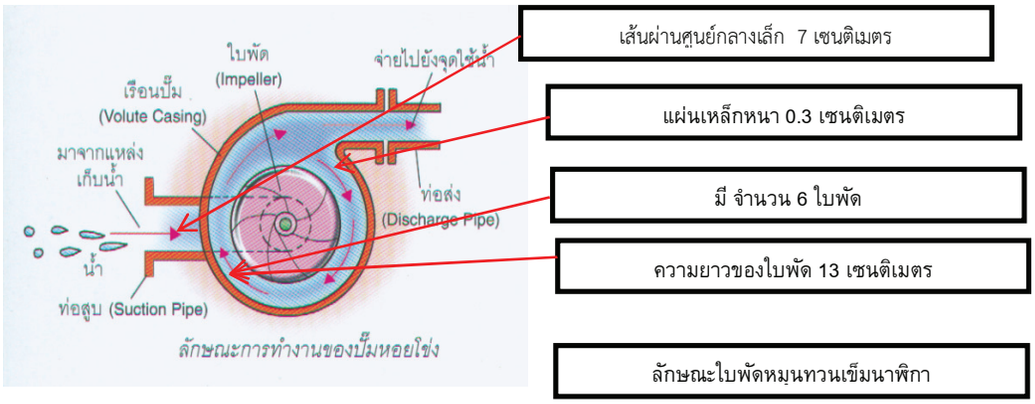
และทำให้กังหันชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีการหมุนด้วยจำนวนรอบต่อนาที (N) เป็นตามสมการ

$$N_s = N\frac{\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}}$$

โดย N_s เป็นค่าจำเพาะของกังหันน้ำ (สำหรับกังหันชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง N_s = 100 – 400)

3. การออกแบบและพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋ว

ปั๊มหอยโข่งชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (รูปที่ 1) ขนาดเส้นผ่าศูนย์ของท่อ 3 นิ้ว ถูกนำมาดัดแปลงให้เป็นกังหันน้ำ โดยให้ใบพัดจำนวน 6 ใบยาว 13 เซนติเมตร วางให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2 และต่อแกนหมุนของปั๊มกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋ว เมื่อต่อเข้ากับท่อเก็บน้ำ ดังรูปที่ 3 จะมีน้ำรั่วเพียงเล็กน้อยในขณะกังหันทำงาน ในการเก็บข้อมูลใช้ถังเก็บน้ำขนาดความจุ 4,000 ลิตร วางบนชั้นสูง 3 เมตร ปล่อยน้ำให้ไหลตามท่อมายังปั๊มหอยโข่งที่ดัดแปลงเป็นกังหันน้ำ ปรับอัตราการไหลของน้ำโดยใช้วาล์วน้ำ วัดอัตราการไหลของน้ำโดยจับเวลาที่น้ำเต็มกระบอกตวง และวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์



รูปที่ 1 ลักษณะการทำงานของปั๊มหอยโข่ง



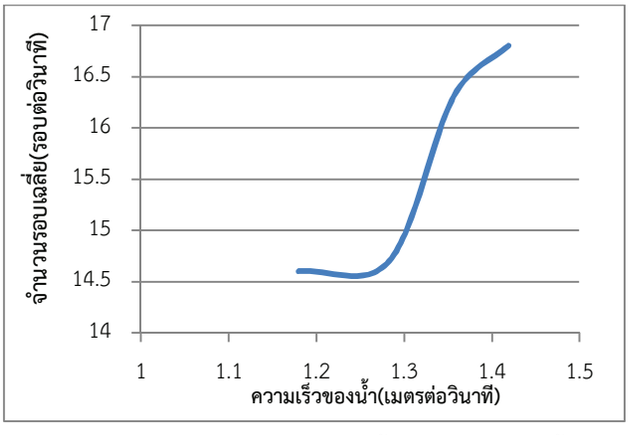
รูปที่ 2 ลักษณะกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากปั๊มหอยโข่งชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง



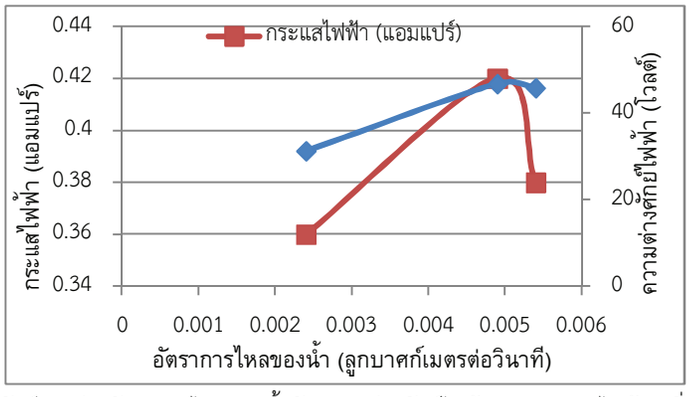
รูปที่ 3 การติดตั้งกังหันน้ำเข้ากับระบบประปาหมู่บ้านเพื่อผลิตไฟฟ้า

4. ผลการวิจัย

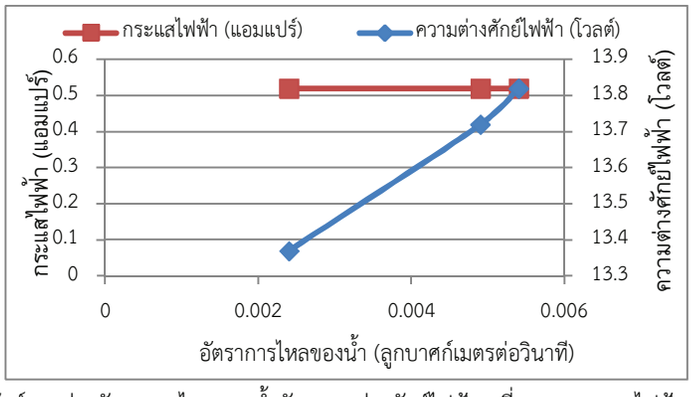
จำนวนรอบของกังหันจะแปรผันตามความเร็วที่ไหลในท่อ โดยมีค่าความเร็วของน้ำเริ่มต้นที่ 1.18 เมตรต่อวินาที ถึง 1.42 เมตรต่อวินาที และมีจำนวนรอบเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 14.6 รอบต่อวินาที จำนวนรอบเฉลี่ยสูงสุดที่ 16.8 รอบต่อวินาที ดังรูปที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยขณะที่ไม่มีโหลด จะเห็นว่า ที่อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่ากระแสไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ แต่ถ้าอัตราการไหลของน้ำเพิ่มสูงกว่า 4.9×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่าความต่างศักย์กลับลดลง ดังรูปที่ 5 เมื่อต่อโหลด ที่เป็นแบตเตอรีเข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ จะทำให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลง ใกล้เคียงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าของแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของจำนวนรอบเฉลี่ยของกังหันน้ำ กับความเร็วของน้ำในท่อ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยขณะที่ไม่มีโหลด



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยขณะที่มีโหลด

5. สรุปผลการวิจัย

การนำพลังงานเหลือทิ้งจากถังเก็บน้ำของเกษตรกรไปหมุนกังหันน้ำขนาดเล็กที่ดัดแปลงจากปั๊มน้ำรูปหอยโข่งขนาดท่อ 3 นิ้ว ลักษณะใบพัดแบบปิดมีจำนวน 6 ใบพัด ต่อกับถังเก็บน้ำ 4,000 ลิตร สูง 3 เมตร ได้ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยในขณะที่ไม่มีโหลด ที่อัตราการไหลของน้ำระหว่าง $2.4x10^{-3}$ ถึง$5.4x10^{-3}$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลของน้ำสูงกว่า 4.9x10-3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะมีค่าลดลง โดยความต่างศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเล็กน้อย และในขณะที่มีโหลด ที่อัตราการไหลของน้ำระหว่าง $2.4x10^{-3}$ ถึง $5.4x10^{-3}$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ จะเห็นว่า มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยคงที่ จะเห็นว่าการทำงานของกังหันผลิตไฟฟ้า เมื่อความเร็วของน้ำเพิ่มขึ้น จำนวนรอบของการหมุนจะเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการไหลของน้ำ 4.9x10-3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ามากที่สุด

6. อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาอัตราการไหลของน้ำ ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของเจนเนอเรเตอร์ ซึ่งปรับอัตราการไหลจากการเปิดวาล์วน้ำที่แตกต่างกัน พบว่าในขณะที่ไม่มีโหลดไฟฟ้า กับขณะมีโหลดไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระไฟฟ้า จะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นไม่ไปในทิศทางเดียวกัน โดยขณะไม่มีโหลด ที่อัตราการไหลสูงว่า $4.9x10^{-3}$ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีความต่างศักย์ไฟฟ้าจะลดลง แต่ขณะมีโหลดไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

7. บรรณานุกรม

[1] อุสาห์ บุญบำรุง. **ศึกษาวิจัยกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก หรือกังหันน้ำที่ให้กำลังการผลิตไม่ เกิน 10 กิโลวัตต์ ร่วมกับชาวบ้านในชุมชนคีรีวง.** ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2556. จาก: http://www.research.rmutt.ac.th/archives/5422

[2] อีลีหย๊ะสนิโซ. **พลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว**. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2556. จาก: http://www.kmutt.ac.th

[3] ทวีศักดิ์ มหาวรรณ์. **การออกแบบ และสร้างกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อผลิตกระไฟฟ้าผู้วิจัย.** ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2556. จาก: http://www.researchnorth.org/newweb

O-CP08

การลดพลังงานไฟฟ้าตามสภาวะโหลดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส

Energy Saving of Single Phase Induction Motor by Loaded Control

สัญญา ผาสุข

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 90000

E-mail: sunya.p@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด 1 เฟส ขณะไม่มีโหลด ของอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภท เครื่องเจาะ เครื่องเจีย เครื่องเลื่อยไม้ หรือเครื่องดูดฝุ่น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีโหลดไม่ต่อเนื่อง ด้วยการลดระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ขณะไม่มีโหลด โดยที่ไม่ทำให้มอเตอร์สูญเสียความเร็ว เป็นผลให้พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายแก่มอเตอร์ขณะอยู่ในสภาวะไม่มีโหลดลดลง การตรวจสอบสภาวะมีโหลดหรือไม่มีโหลดของมอเตอร์จะใช้วิธีการตรวจจับมุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าและกระแสซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หากอยู่ในสภาวะมีโหลดก็จะจ่ายแรงดันระดับปกติแก่มอเตอร์เพื่อขับโหลดให้เต็มประสิทธิภาพ แต่หากอยู่ในสภาวะไม่มีโหลดก็จะลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจากการทดลองกับมอเตอร์เครื่องเจียขนาด 1 แรงม้า แรงดัน 220 โวลท์ กระแสปกติขณะสภาวะไม่มีโหลด 5.09 แอมป์ แต่เมื่อลดระดับแรงดันลงร้อยละ 30 สามารถลดกระแสลงเป็น 3.24 แอมป์ หรือสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดถึงร้อยละ 36 และเป็นผลให้การทำงานของมอเตอร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ควบคุมมอเตอร์; สภาวะโหลด; ไมโครคอนโทรลเลอร์

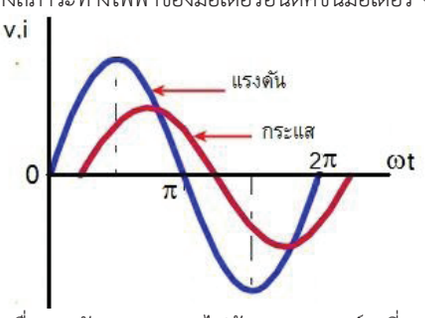
1. บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่ามอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ เกือบ 70% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ส่วนใหญ่มักทำงานไม่เต็มกำลังและบ่อยครั้งที่มอเตอร์จะถูกใช้งานในสภาวะไม่มีโหลด หรือโหลดต่ำๆ [3] ซึ่งจะทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปจำนวนหนึ่ง เนื่องจากมอเตอร์วิ่งตัวเปล่า ไม่ได้งานเช่นมอเตอร์สำหรับการเจาะ การกลึงหรือการปั๊มขึ้นรูป การเลื่อยตัดไม้ ซึ่งจะมีการทำงาน 2 ช่วง คือ ช่วงตัดไม้กับช่วงรอไม้เข้าและไม้ออก จะได้เห็นว่าช่วงรอไม้มอเตอร์ยังคงใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ มอเตอร์จะใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อผลิตค่า Reactive Power หรือกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กในตัวมอเตอร์อย่างคงที่ ไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะทำงานหนักหรือไม่ทำงานก็ตาม ขณะมอเตอร์ไม่มีโหลดนั้นก็ยังมีการใช้กระแสระดับนึงและเป็นการสูญเสียกำลังมอเตอร์โดยไร้ประโยชน์เพราะมอเตอร์ไม่สามารถปรับการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานที่แท้จริงด้วยตัวมันเอง แต่ขณะไม่มีโหลดนั้นเราสามารถลดกระแสที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ลงได้อีก โดยการลดค่าระดับแรงดันลงมาให้อยู่ในระดับที่มอเตอร์ไม่สูญเสียความเร็วเดิม และหากมอเตอร์อยู่ในสภาวะมีโหลดก็จะเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับปกติเพื่อขับโหลดเต็มกำลังของมอเตอร์ต่อไป ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์คอยตรวจจับสภาวะการมีโหลดของมอเตอร์เพื่อควบคุมระดับแรงดันที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์ ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าขณะมอเตอร์ไม่มีโหลดได้

2. การลดระดับแรงดันแก่มอเตอร์

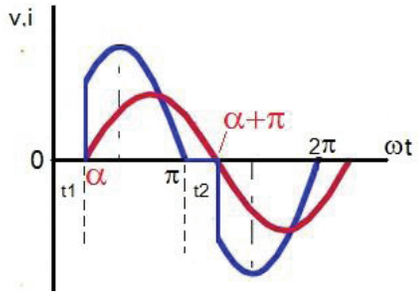
2.1 ภาวะการทำงานของมอเตอร์ เนื่องจากประสิทธิภาพ และการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์จะมีค่าสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับภาระของมอเตอร์ [2] นั้นคือ เมื่อมอเตอร์มีภาระโหลดน้อย ประสิทธิภาพจะต่ำและเกิดการสูญเสียในแกนเหล็กสูงกว่าขดลวดมาก ซึ่งหากต้องการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะต้องทำให้การสูญเสียในขดลวดเท่ากับการสูญเสียในแกนเหล็ก ดังนั้นการลดค่าแรงดันไฟฟ้าลงจึงเป็นการลดการสูญเสียในแกนเหล็กลง เพื่อให้ใกล้เคียงกับการสูญเสียในขดลวด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมอเตอร์ทำงานที่ภาระใดภาระหนึ่งการลดระดับแรงดันลงจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กลดลงด้วย เพื่อทำให้เกิดแรงบิดเท่าเดิม แกนโรเตอร์ของมอเตอร์จะดึงกระแสเพิ่มขึ้น จึงทำให้กระแสไหลเข้ามอเตอร์สูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งจะทำให้เพิ่มการสูญเสียในขดลวดตามมาด้วย ดังนั้นโดยปกติการลดระดับแรงดันไฟฟ้าลง จะต้องลดระดับแรงดันลงมาโดยที่ความเร็วไม่เปลี่ยนแปลงไปมาก

2.2หลักการลดแรงดันไฟฟ้าการออกแบบระบบที่มีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบนั้น ผู้ผลิตมักใส่มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าที่จำเป็นต้องใช้งานจริงเสมอ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากการทำงานเกินกำลัง ดังนั้นหากมีการควบคุมให้มอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าที่จำเป็นในการทำงานจริงได้ ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ [2] เมื่อพิจารณาถึงสภาวะทางไฟฟ้าของมอเตอร์อินดัคชั่นมอเตอร์ จะพบคุณสมบัติของแรงดันและกระแส ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะลูกคลื่นแรงดันและกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับทั่วไป

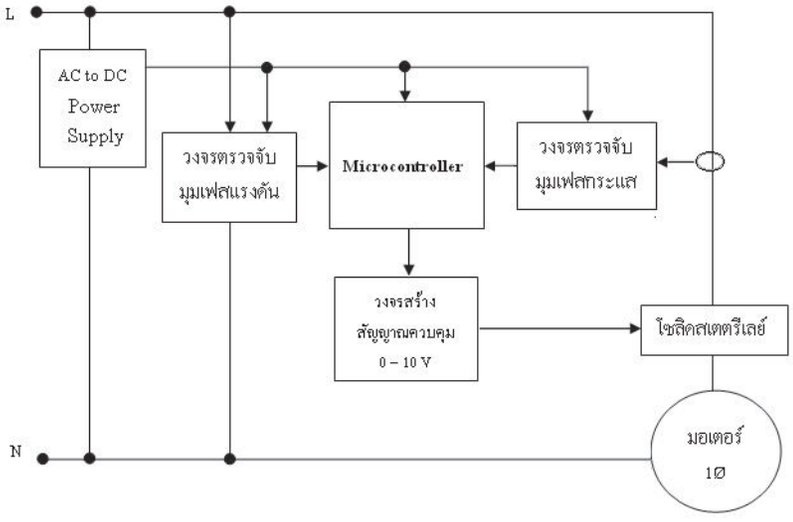
ดังนั้นอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์จะคอยตรวจสอบว่าเมื่อใดมอเตอร์ใช้ระดับไฟฟ้ามากกว่าที่จำเป็น ระบบก็จะลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิน โดยยังคงทำให้มอเตอร์ทำงานได้ตามปกติต่อไปแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง ด้วยการกำหนดมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์หรือโซลิตสเตต จะทำให้ความกว้างของส่วนที่ถูกตัดออกตามเวลา t1 และ t2 หายไป มีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง ดังในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการลดระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยการควบคุมมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์



รูปที่ 2 รูปคลื่น, กระแส และ กำลังไฟฟ้า ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้

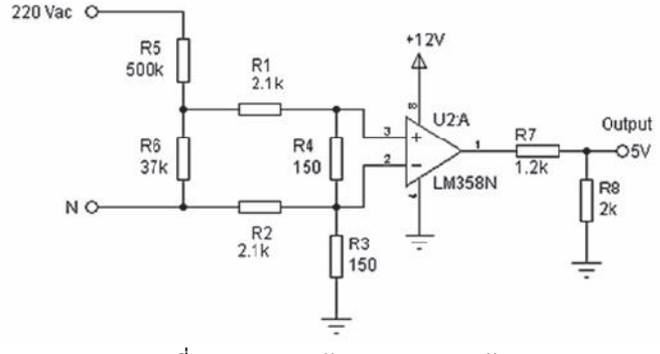
3. การออกแบบ

การสร้างระบบควบคุมกำลังไฟฟ้าตามภาระโหลดสำหรับมอเตอร์เฟสเดียวเป็นดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3



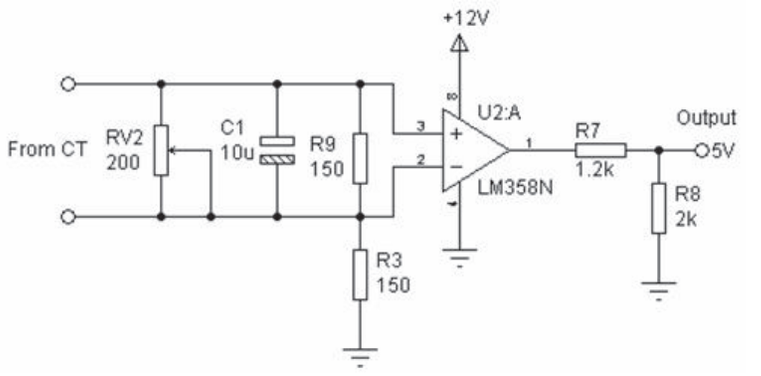
รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.1 วงจรตรวจจับมุมเฟสแรงดัน วงจรตรวจจับมุมเฟสแรงดันจะใช้วงจรแบ่งระดับแรงดันด้วยตัวต้านทานจากระดับแรงดัน 220 โวลท์ให้เหลือแรงดันสัญญาณรูปคลื่นไซน์ประมาณ 5 โวลท์ ป้อนเข้าสู่ออปแอมป์ LM358 ดังในรูปที่ 4 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ ทำให้ได้เอาท์พุตเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งขอบขาขึ้นของสัญญาณจะเป็นจุดเริ่มต้นของแรงดัน ก่อนนำไปเปรียบเทียบมุมกับกระแสต่อไป



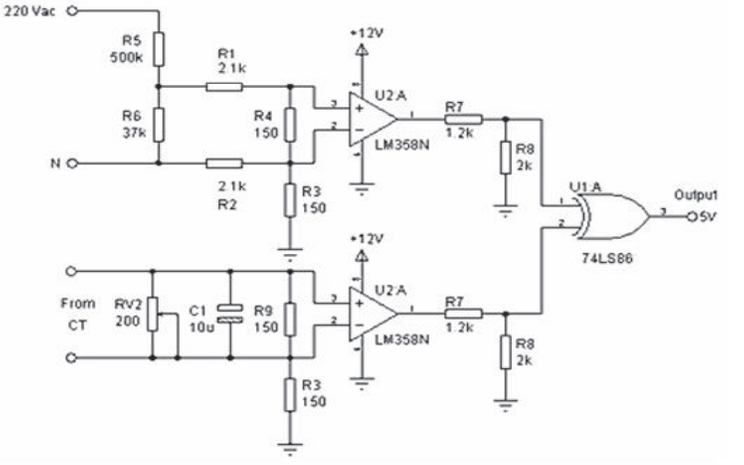
รูปที่ 4 วงจรตรวจจับมุมเฟสของแรงดัน

3.2 วงจรตรวจจับมุมเฟสกระแส วงจรตรวจจับมุมเฟสของกระแส จะใช้หม้อแปลงกระแส (CT) ตรวจจับกระแสที่จ่ายให้แก่โหลดแล้วป้อนสัญญาณที่ได้จากหม้อแปลงกระแสสู่วงรในรูปที่ 5 เพื่อเปลี่ยนให้เป็นแรงดันและได้เอาท์พุตเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเพื่อนำไปเปรียบเทียบมุมกับเอาท์พุตแรงดันไฟฟ้าจากรูปที่ 4



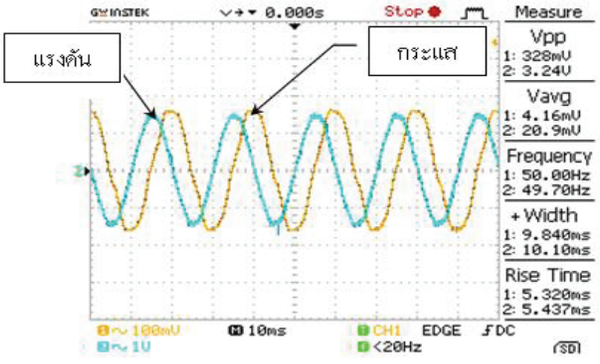
รูปที่ 5 วงจรตรวจจับมุมกระแส

3.3 วงจรตรวจจับมุมต่างเฟส การตรวจจับมุมต่างเฟสเป็นการนำสัญญาณเอาท์พุตวงจรตรวจจับมุมเฟสแรงดันและกระแสมาหามุมต่างเฟสเพื่อนำไปสู่การคำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นตัวบอกสถานะของมอเตอร์ว่าอยู่ในสภาวะมีโหลด หรือไม่มีโหลด การตรวจจับมุมต่างเฟสของแรงดันและกระแส ด้วยการนำสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรตรวจจับมุมเฟสแรงดันและเอาท์พุตวงจรตรวจจับมุมเฟสกระแสป้อนเข้าสู่วงจร XOR GATE ทั้งนี้วงจรรวมของการตรวจจับมุมต่างเฟสดังแสดงในรูปที่ 6

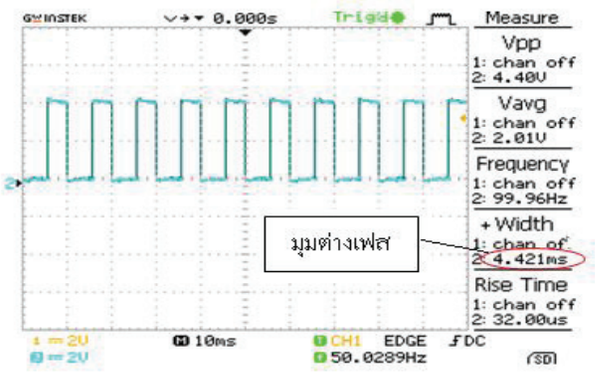


รูปที่ 6 วงจรตรวจจับมุมต่างเฟส

หากใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณลูกคลื่นของแรงดันและกระแสก่อนเข้าวงจรตรวจจับมุมต่างเฟส จะได้สัญญาณลูกคลื่นของแรงดันและกระแส ซึ่งมุมเฟสของกระแสจะล้าหลังแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 7 และหากวัดสัญญาณเอาท์พุตของวงจรตรวจจับมุมต่างเฟส ก็จะได้สัญญาณลูกคลื่นสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 8 โดยความกว้างของสัญญาณพัลส์ด้านบวกจะเป็นระยะเวลาของมุมเฟสแรงดันและกระแสทำมุมต่างกันตามระยะเวลาที่ตรวจจับได้



รูปที่ 7 รูปคลื่นอินพุตของวงจรตรวจจับมุมเฟสแรงดันและกระแส



รูปที่ 8 รูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุตจาก XOR GATE

จากรูปที่ 8 ความกว้างค่าบวกของสัญญาณโดยเริ่มจากขอบขาขึ้นไปยังขอบขาลงของสัญญาณคือระยะเวลามุมต่างเฟสของแรงดันและกระแส ซึ่งสามารถเปลี่ยนระยะเวลาให้อยู่ในรูปแบบทางมุมไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (1)

$$\theta = \frac{2\pi T}{20ms} \quad \text{rad} \qquad (1)$$

เมื่อ

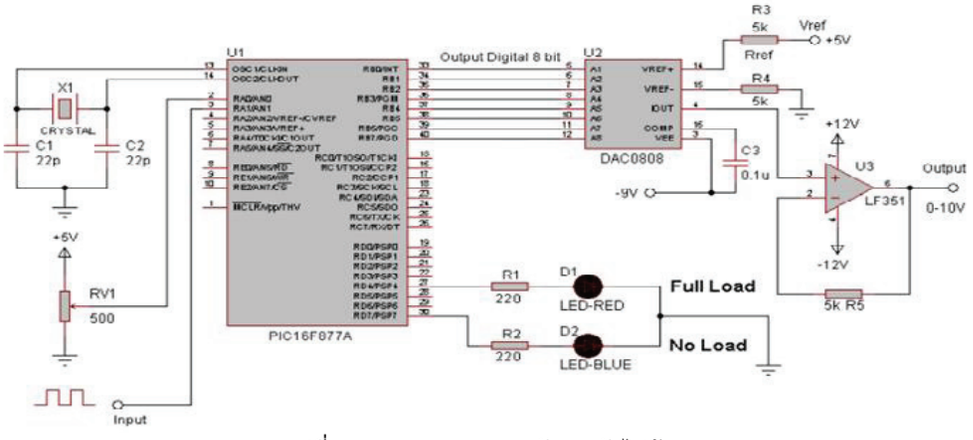
θ คือ มุมองศาเรเดียน

T คือ ระยะเวลามุมต่างเฟสหน่วยมิลลิวินาที

และสามารถหาตัวประกอบกำลังได้จากสมการที่ 2

$$\text{PF} = \cos\theta \qquad (2)$$

3.3 วงจรระบบควบคุม การตรวจสอบสภาวะการทำงานของมอเตอร์ว่าอยู่ในสภาวะมีโหลดหรือไม่มีโหลดจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877A เป็นตัวประมวลผลโดยจะรับสัญญาณอินพุตจากวงจรตรวจจับมุมต่างเฟส ซึ่งใช้ขอบสัญญาณขาขึ้นเป็นจุดเริ่มของมุมต่างเฟส และใช้ขอบขาลงของสัญญาณเป็นจุดสิ้นสุดของมุมต่างเฟสโดยใช้การอินเตอร์รัปต์ของไทเมอร์ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าหน้านับเวลาให้ได้มาเป็นค่า T เพื่อนำมาใช้เป็นเวลาคำนวณหาค่าเรเดียนซึ่งเป็นมุมต่างเฟสดังสมการที่ (1) แล้วนำไปคำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังดังสมการที่ (2) เพื่อนำไปหาสภาวะการทำงานของมอเตอร์ว่าอยู่ในสภาวะมีโหลด หรือไม่มีโหลด หากค่าตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดแสดงว่ามอเตอร์ไม่มีโหลดก็จะควบคุมให้ โซลิตสเตต ลดแรงดันไฟฟ้าลง ประมาณ 30 % เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า และหากตัวประกอบกำลังมีค่าสูงขึ้นแสดงว่ามีโหลดเข้ามาหรืออยู่ในสภาวะมีโหลด ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมให้โซลิตสเตต ปรับแรงดันให้สูงขึ้นตามปกติเพื่อขับโหลดให้เต็มกำลัง ซึ่งในส่วนของการควบคุมแรงดันที่จ่ายแก่มอเตอร์จะใช้พอร์ต B ของไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนดค่าแรงดันผ่านตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก DAC0808 เพื่อนำระดับแรงดันเอาท์พุต 0 – 10 โวลท์ ไปควบคุมโซลิตสเตต ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 โวลท์ให้แก่มอเตอร์ ดังในรูปที่ 9



รูปที่ 9: วงจรการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 9 ใช้การปรับลดระดับแรงดันของโซลิตสเตตเพื่อลดกระแส หรือกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ขณะไม่มีโหลดนั้น จะปรับลดระดับแรงดันลงมาเท่าใดจึงจะไม่ทำให้มอเตอร์สูญเสียความเร็วเดิม ทำได้โดยการปรับตั้งด้วยความต้านทานปรับค่า VR1 โดยการปรับค่าให้ทดสอบมอเตอร์อยู่ในสภาวะมีโหลดสังเกตหลอด LED D1 สว่าง และทำการนำโหลดออกหรือให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะไม่มีโหลด หลอด LED D2 จะสว่าง แล้วทำการปรับค่า VR1 จะทำให้โซลิตสเตตลดระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายแก่มอเตอร์ลงจนถึงจุดก่อนที่มอเตอร์จะสูญเสียความเร็วเดิม ก็จะเป็นจุดหรือระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลง เพื่อจ่ายให้มอเตอร์ขณะไม่มีโหลดนั่นเอง

4. การทดสอบ

การทดสอบการลดระดับแรงดันไฟฟ้าขณะมอเตอร์ไม่มีโหลดนี้ ได้ใช้มอเตอร์เครื่องเจีย ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาด 1 HP พิกัดแรงดัน 220 โวลท์ กระแสขณะไม่มีโหลดมีขนาด 5 แอมป์ เป็นการทดสอบในขณะที่ไม่มีโหลดเพื่อหาค่าแรงดันต่ำสุดที่มอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่สูญเสียความเร็ว โดยไม่มีผลต่อการสตาร์ทและการทำงานของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด ซึ่งได้ ผลการทดลองดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อลดระดับแรงดันที่จ่ายแก่มอเตอร์ลง จะทำให้กระแสและกำลังไฟฟ้าทั้ง P (W), Q (Var) ลดลงด้วย ส่วนค่าตัวประกอบกำลังหรือเพาเวอร์แฟคเตอร์ และความเร็วรอบมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จากการทดสอบลดแรงดันไฟฟ้าได้เลือกระดับการลดแรงดันไฟฟ้าลง 30 % คือที่ระดับแรงดัน 155 V มอเตอร์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ ค่ากระแสลดลง 3.24 แอมป์ และค่ากำลังไฟฟ้าลดลงดังข้อมูลในตารางที่ 1 ดังนั้นสำหรับมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบนี้ จึงใช้ระดับแรงดันไฟฟ้า 155 โวลท์เป็นระดับแรงดันที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์ขณะไม่มีโหลด ทั้งนี้ในการทดลองหากลดแรงดันไฟฟ้าลงอีกต่อไป กระแสจะก็จะลดตามแต่จะมีให้ความเร็วรอบลดลงไปด้วย



รูปที่ 10 เครื่องเจีย ขับด้วยมอเตอร์ 1 เฟส 220 โวลท์ ขนาด 1 HP

ตารางที่ 1 สภาวะการลดแรงดันมอเตอร์

%Volt	Volt (V)	%I	I (A)	PF	P (W)	Q (Var)	N (rpm)
100.0	220	100.0	5.09	0.29	320	1120	1500
98.6	217	96.7	4.92	0.29	310	1050	1499
88.6	195	80.7	4.11	0.28	240	770	1498
86.4	190	77.8	3.96	0.28	210	710	1498
84.1	185	75.8	3.86	0.28	200	690	1498
81.8	180	73.9	3.76	0.28	190	650	1498
79.5	175	71.3	3.63	0.28	180	610	1498
77.3	170	69.4	3.53	0.28	170	580	1497
75.0	165	67.4	3.43	0.28	160	540	1497
72.7	160	65.6	3.34	0.28	150	520	1497
70.5	155	63.7	3.24	0.28	140	480	1497
68.2	150	61.9	3.15	0.28	130	460	1496
65.9	145	60.1	3.06	0.28	120	420	1496
63.6	140	58.2	2.96	0.28	110	400	1496

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ระหว่างไม่ต่ออุปกรณควบคุมกับต่ออุปกรณ์ควบคุมในสภาวะที่ไม่มีโหลด

การทดสอบ	%Volt	Volt (V)	% I	I (A)	PF	P (W)	Q (Var)	N (rpm)
ไม่ต่ออุปกรณ์ควบคุม	100.0	220	100.0	5.09	0.29	320	1120	1500
ต่ออุปกรณ์ควบคุม	70.5	155	63.7	3.24	0.28	140	480	1497

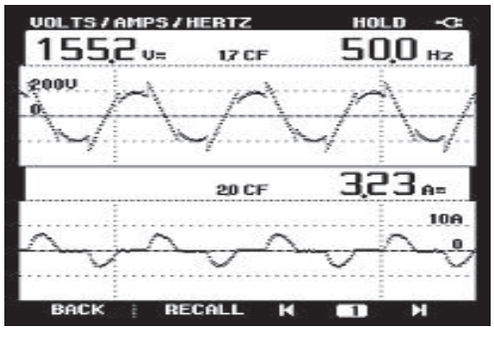
ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าการลดกำลังไฟฟ้าได้จากสมการ

$$\%P_{rd} = \frac{P_{\text{before}} - P_{\text{after}}}{P_{\text{before}}} \text{x}100 \quad (3)$$

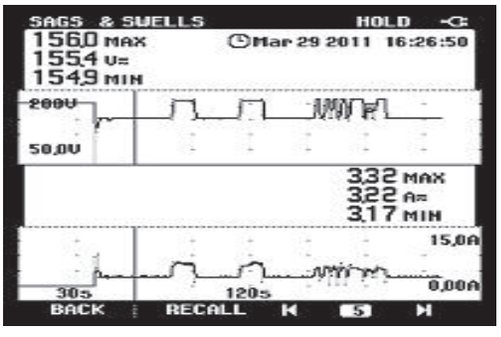
P_{after} กำลังไฟฟ้ากรณีใช้อุปกรณ์ควบคุมภาระโหลด

P_{before} กำลังไฟฟ้ากรณีไม่ต่ออุปกรณ์ควบคุมขณะไม่มีโหลด

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่ากรณีไม่ได้ควบคุมแรงดันไฟฟ้าขณะมอเตอร์ไม่มีโหลดจะใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 220 โวลท์ และใช้กระแส 5.09 แอมป์ แต่หากใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดจะลดระดับแรงดันไฟฟ้าลง 30 % ที่ระดับแรงดัน 155 โวลท์ ทำให้กระแสลดลงจาก 5 แอมป์ เป็น 3.24 แอมป์ และกำลังไฟฟ้าก็ลดลงดังข้อมูลในตาราง โดยความเร็วไม่ได้ลดมากนักจนเสียความเร็ว ซึ่งทำให้เกิดการประหยัดกำลังไฟฟ้าที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์ได้ถึงประมาณ 56.2 %



(ก)



(ข)

รูปที่ 11 (ก) สัญญาณรูปคลื่นแรงดันที่ตกคร่อมมอเตอร์ขณะลดแรงดัน และ (ข) ขนาดของแรงดันและกระแสช่วงจังหวะขณะไม่มีโหลดและมีโหลด

4. สรุป

การลดแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดด้วยวิธีการปรับมุมเฟสให้แรงดันลดลงประมาณ 30 % จะทำให้สามารถลดกระแสลงได้ 36 % เป็นผลให้สามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าได้มากยิ่งขึ้นถึงกว่า 50 % โดยระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดมาอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้มอเตอร์เสียความเร็วต้น ซึ่งสามารถปรับตั้งระดับแรงดันไฟฟ้าได้ตามความเหมาะสมของมอเตอร์แต่ละตัว ทำให้สะดวกในการนำไปใช้งาน และหากเมื่อมีโหลดเข้ามาไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ตรวจสอบการมีโหลดได้จากค่าตัวประกอบกำลังที่แปรเปลี่ยนตามสภาวะโหลดและจะเพิ่มระดับแรงดันให้อยู่ในระดับใช้งานปกติเพื่อใช้สำหรับการขับโหลด โดยสัญญาณของแรงดันและกระแสที่ตกคร่อมมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งไม่ทำให้เกิดการหยุดของมอเตอร์ กรณีใช้งานทั่วไปหากมีการปล่อยให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะไม่มีโหลดเป็นระยะเวลานานขึ้น ระบบการลดแรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดจะช่วยให้สามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าได้มากขึ้น อีกทั้งระบบนี้ยังทำให้ขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไม่ก่อให้เกิดการกระชากของกระแสทำให้การเริ่มเดินมอเตอร์เป็นไปอย่างนิ่มนวลได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ศรีวิชัยและสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้การอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยยงค์ แก้วมงคล นภัทร วัจนเทพินทร์ "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1 (วงจรคอนเวอร์เตอร์)" สกายบุ๊ค กรุงเทพฯ พ.ศ. 2540.

[2] ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม "ประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณภาระของมอเตอร์" http://www.thailandindustry.com 2552 แหล่งที่มา http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=10024&section=9&rcount=Y สืบค้น เมื่อ 29 มค 2557.

[3] การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย "อุปกรณ์ควบคุมภาระใช้งานมอเตอร์" http://www2.dede.go.th แหล่งที่มา http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20technogy4.htm สืบค้น เมื่อ 19 กค 2556.

O-CP09

การผลิตไฟฟ้าจากการระบายอากาศของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศด้วยกังหันลมขนาดจิ๋ว

Electrical Production from the Wasted Air Releasing of the Compressor Air Condition by a Micro Wind Turbine

ชัยพัฒน์ นนทจันทร์[1] สุรพงษ์ แก้วเกษศรี[1] และสุรจิตร์ พระเมือง[2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000

E-mail audit_audition@hotmail.com, surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตไฟฟ้าจากกังหันรับลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาความสัมพันธ์ของการผลิตไฟฟ้าของกังหันรับลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศผลิตไฟฟ้า กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละฤดู โดยศึกษาข้อมูลการทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิที่ตั้งค่าเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมินอกห้อง ช่วงเวลาแบ่งการวัดเป็นฤดูกาล ช่วงฤดูฝน ช่วงฤดูหนาว ช่วงฤดูร้อน โดยเลือกใช้กังหันที่โครงทำจากท่อ PVC ใบพัดทำจากอลูมิเนียม หนา 0.5 มิลิเมตร กว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร จำนวน 3 ใบพัด ติดตั้งห่างจากเครื่องระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ 10 เซนติเมตร ความเร็วลมเฉลี่ย 6 เมตรต่อวินาที ความเร็วการหมุนของกังหันเฉลี่ย 795 รอบต่อนาที สุ่มเก็บข้อมูลเดือนละ 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย เมื่อนำไปผลิตไฟฟ้าจะได้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย 42.28 โวลต์ กระแสเฉลี่ย 0.81 แอมแปร์ ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ชนิดเปียกขนาดความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ กระแส 5 แอมแปร์ต่อชั่วโมง เต็มในเวลา 6 ชั่วโมง โดยคอมเพรสเซอร์ทำงานอยู่ตลอดเวลาการผลิตไฟฟ้า แล้วนำแบตเตอรี่มาต่อเข้ากับวงจรควบคุมการชาร์จโทรศัพท์ โดยปล่อยความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 5 โวลต์ กระแสที่ 0.1 แอมแปร์ สามารถชาร์จกับอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือที่มีหัวชาร์จแบบยูเอสบี (USB) ได้

คำสำคัญ: ผลิตไฟฟ้าจากการระบายอากาศทิ้ง คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ กังหันลมขนาดจิ๋ว

1.บทนำ

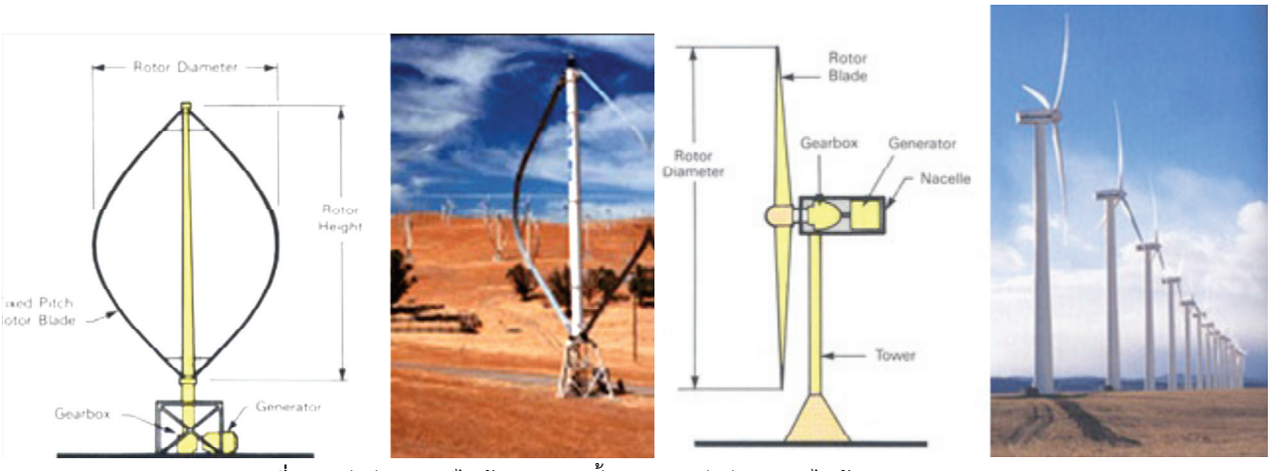
เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป เป็นพลังงานที่สะอาดส่งผลต่อสภาพแวดล้อมน้อยมาก และปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า มีการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ซึ่งกังหันลมขนาดใหญ่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 4-5 เมกะวัตต์ และนับวันจะยิ่งได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับประเทศไทยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงานลมยังมีค่อนข้างน้อย เป็นเพราะศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยไม่สูงมากนัก อัตราเร็วของลมสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าในระดับกิโลวัตต์ได้เท่านั้น [1] ซึ่งการพัฒนากังหันลมแนวตั้งที่สามารถปรับองศาของกังหันให้รับลมได้ อาจเป็นเทคนิคในการผลิตไฟฟ้าในระดับอุตสาหกรรม หรือในทางเกษตรกรรมได้ [2] อย่างไรก็ตาม กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก จึงเป็นทิศทางของการพัฒนาพลังงานลมมาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยที่มีศักยภาพทางลมค่อนข้างต่ำ การสร้างแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว ในช่วงกำลังไฟฟ้า 8.6 – 250 มิลลิวัตต์ ทดลองนำไปใช้กับหลอด LED จำนวน 7 หลอดให้แสงสว่างได้ โดยกังหันลมมีประสิทธิภาพประมาณ 9% [3] ซึ่งการออกแบบใบพัด (Blade) เป็นปัจจัยสำคัญในการนำพลังงานลมมาผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศที่มีความเร็วลมต่ำๆ [4] การออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ทำงานขณะความเร็วลมต่ำๆ โดยสว่าง ชาติทอง และวิรชัย โรยนรินทร์ [5] ออกแบบให้โคนใบพัดมีมุมบิด 8 องศา และปลายใบบิดทำมุม 2 องศา ทำให้กังหันลมขนาด 20 กิโลวัตต์ เริ่มทำงานได้ตั้งแต่ 2.5 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป

จากสภาวะโลกร้อน ทำให้มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้น ส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งพลังงานลมจากระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศที่คิดว่าไม่มีประโยชน์นั้น สามารถนำมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ได้โดยใช้พลังงานลมจากการระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์มาหมุนกังหันลมขนาดจิ๋ว สำหรับผลิตผลิตไฟฟ้า โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ การวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในสภาพภูมิอากาศต่างๆกัน เพื่อนำพลังงานลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์มาผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่าย มีราคาถูก ขนาดเล็ก เหมาะสมกับความเร็วลมคอมเพรสเซอร์ที่ไม่สูงมาก โดยหาความสัมพันธ์ของการผลิตไฟฟ้าของกังหันรับลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละฤดู และทดลองวัดพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ เพื่อนำไปประจุแบตเตอรี่ขนาดเล็ก สำหรับการใช้งานในระบบสำรองไฟ หรือโทรศัพท์มือถือต่อไปในอนาคต

2. กังหันลมผลิตไฟฟ้า

หลักการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า เป็นการเปลี่ยนพลังงานกล ที่ได้จากการหมุนใบพัดเมื่อมีลมมาประทะกับใบพัด ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยใช้ไดนาโม ซึ่งจะเรียกว่าเจนเนอเรเตอร์ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และเข้าสู่ระบบสายส่งต่อไป หรือจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้โดยตรง หรือการประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ สำหรับการใช้งานต่อไป

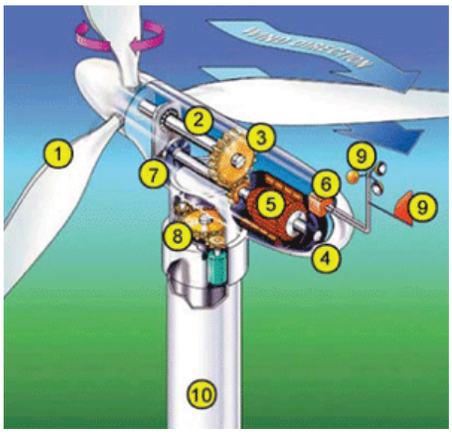
รูปแบบของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า แบ่งตามลักษณะการวางของเพลาแกนหมุน จะแบ่งเป็นชนิดแกนตั้ง และชนิดแกนนอน กังหันลมชนิดแกนตั้ง เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉาก กับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบทำให้สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง กังหันลมแบบแกนตั้งมีประสิทธิภาพในการ เปลี่ยนพลังงานต่ำ มีข้อจำกัดในการขยายให้มีขนาดใหญ่และการยกชุดใบพัดเพื่อรับแรงลม (รูปที่ 1 ก) ส่วนกังหันลมชนิดแกนนอน เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับ ทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง (รูปที่ 1 ข)



รูปที่ 1 ก กังหันลมผลิตไฟฟ้าชนิดแกนตั้ง และ ข กังหันลมผลิตไฟฟ้าชนิดแกนนอน [6]

ส่วนประกอบสำคัญๆ ของระบบกังหันลมทั่วๆ ไปอาจแบ่งได้ดังนี้ [6]

1. ใบพัด เป็นตัวรับพลังลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล ซึ่งยึดติดกับชุดแกนหมุนและส่งแรงจากแกนหมุน ไปยังเพลาแกนหมุน
2. เพลาแกนหมุน ซึ่งรับแรงจากแกนหมุนใบพัด และส่งผ่านระบบกำลัง เพื่อหมุนและปั่นเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า
3. ห้องส่งกำลัง ซึ่งเป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุน ระหว่างเพลาแกนหมุนกับเพลา ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4. ห้องเครื่อง ซึ่งมีขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อกังหันลม ใช้บรรจุระบบต่างๆ ของกังหันลม เช่น ระบบ เกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เบรก และระบบควบคุม
5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
6. ระบบควบคุมไฟฟ้า ซึ่งใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ ระบบ
7. ระบบเบรค เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมการหยุดหมุนของใบพัดและเพลาแกนหมุนของกังหัน เมื่อ ได้รับความเร็วลม เกินความสามารถของกังหัน ที่จะรับได้ และในระหว่างการซ่อมบำรุงรักษา
8. แกนคอหมุนรับทิศทางลม เป็นตัวควบคุมการหมุนห้องเครื่อง เพื่อให้ใบพัดรับทิศทางลมโดยระบบ อิเลคทรอนิคส์ ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์ กับหางเสือรับทิศทางลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง
9. เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม ซึ่งเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นตัว ชี้ขนาดของความเร็วและทิศทางของลม เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะได้ควบคุมกลไกอื่นๆ ได้ถูกต้อง
10. เสากังหันลม เป็นตัวแบกรับส่วนที่เป็นตัวเครื่องที่อยู่ข้างบน ดังรูปที่ 2

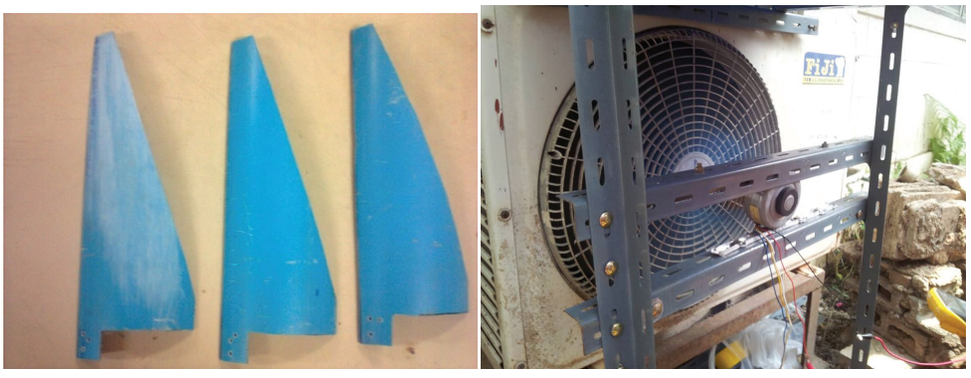


รูปที่ 2 ส่วนประกอบสำคัญของกังหันลมผลิตไฟฟ้า [6]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

กังหันลมขนาดจิ๋วชนิดแกนนอน 3 ใบพัดดัดแปลงจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว จากโคนถึงปลายยาว 25 เซนติเมตร โคนใบพัดกว้าง 9 เซนติเมตร ปลาย 2.5 เซนติเมตร อาศัยความโค้งของท่อโดยไม่บิดมุมที่ปลาย ดุมใบพัดทำจากอะคริลิก ติดกับเจนเนอเรเตอร์ขนาด 28 วัตต์ แรงดัน 12 โวลต์ กระแส 10 มิลลิแอมป์ วางห่างจากพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ 10 เซนติเมตร (รูปที่ 3) วัดความเร็วรอบของกังหันด้วยเครื่อง Tachometer DT-2234 วัดความเร็วลมด้วยเครื่อง Anemometer วัดอุณหภูมิอากาศด้วย Digital Thermometer และวัดความ

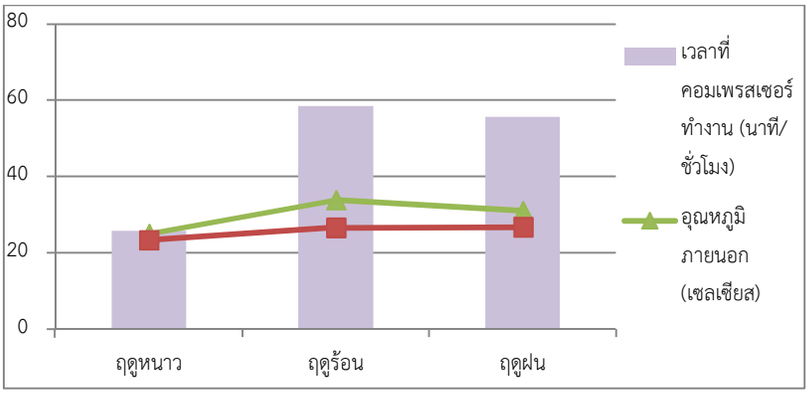
ต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าด้วยเครื่อง Digital Multimeter เก็บข้อมูลเป็นช่วงๆ ตามฤดูกาล ภายใต้สภาพภูมิอากาศของจังหวัดเลย ระหว่าง ธันวาคม 2555 – มิถุนายน 2556



รูปที่ 3 รูปร่างใบพัดที่ทำจากท่อพีวีซี และการติดตั้งกังหันผลิตไฟฟ้าที่ด้านหลังคอมเพลสเซอร์เครื่องปรับอากาศ

4. ผลการวิเคราะห์การทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ และการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมขนาดจิ๋ว

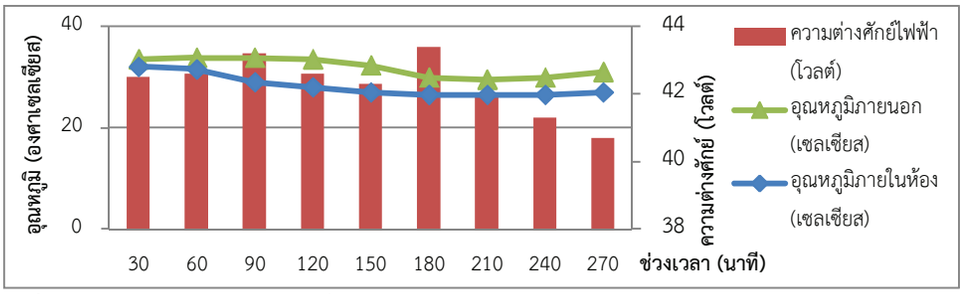
4.1 การทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ จากการสุ่มวัดระยะเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน ของช่วงเวลาราชการ 07:00-17:00 น. ในสภาพภูมิอากาศของฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ของจังหวัดเลย ในปีพ.ศ. 2555 ซึ่งตั้งอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศในห้องไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ในขณะอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกห้องจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาและฤดูกาลดังนี้คือ ฤดูร้อน อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 33.9 องศาเซลเซียส ฤดูฝน อุณหภูมิภายอกเฉลี่ย -31 องศาเซลเซียส และฤดูหนาว อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส ห้องที่ทำการทดลองเป็นห้องพักอาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่เครื่องปรับอากาศมีอายุการใช้งานมากกว่า 7 ปี คอมเพรสเซอร์ทำงานทำให้มีค่าความเร็วลมคงที่เท่ากับ 6 เมตรต่อวินาที จะได้ความสัมพันธ์ของระยะเวลาการทำงานของคอมเพสเซอร์ กับอุณหภูมิของอากาศภายในและภายนอกห้อง ดังแสดงในรูปที่ 4



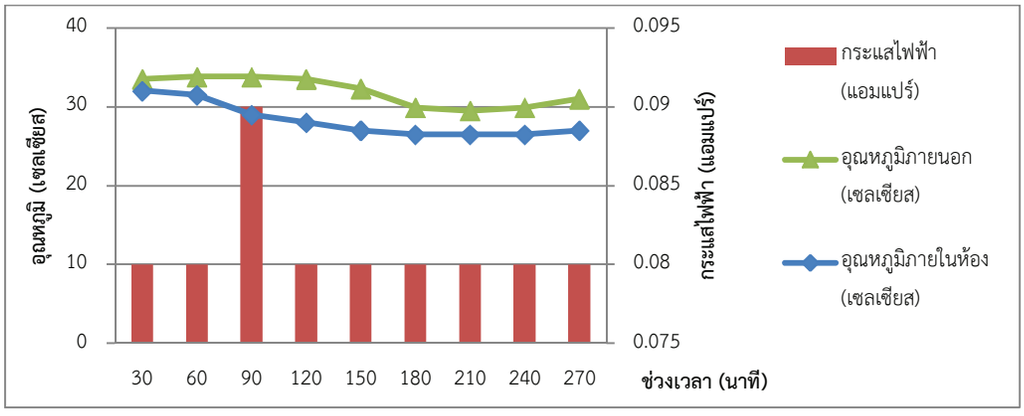
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศเฉลี่ยต่อชั่วโมง ของช่วงเวลาทำงานในเวลาราชการ ตลอดทั้งปี

การติดตั้งกังหันลมขนาดจิ๋วที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร พบว่าไม่เกิดกระแสลมตีกลับไปยังคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ ที่จะส่งผลต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เนื่องจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดกังหันลม เล็กกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพัดลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ

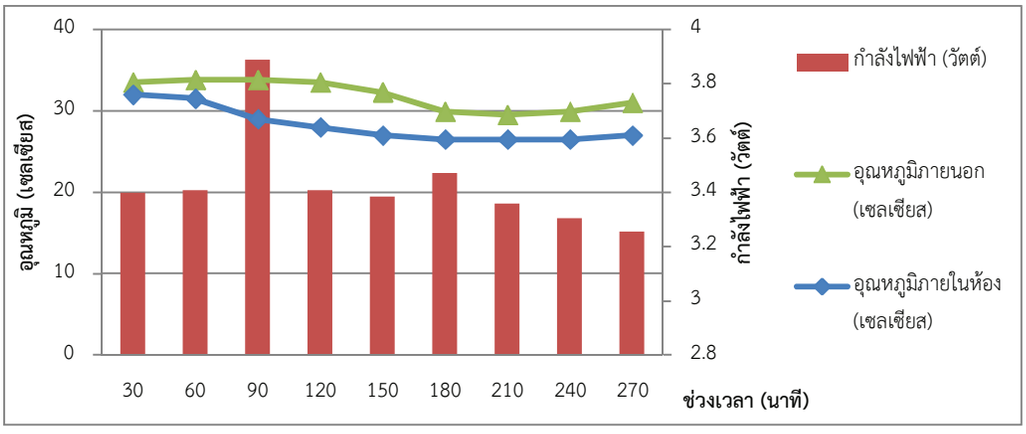
4.2 การผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาดจิ๋ว ผลการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิภายนอก เป็นเวลานาน 270 นาที พบว่า กังหันมีความเร็วรอบเฉลี่ย 795 รอบต่อนาที ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย 26.1 โวลต์ ดังรูปที่ 4 และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.08 แอมแปร์ ดังรูปที่ 5 และได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 2.1 วัตต์ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 แสดงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตเทียบกับอุณหภูมิในห้องปรับอากาศขณะไม่มีโหลดไฟฟ้า



รูปที่ 5 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับอุณหภูมิขณะไม่มีโหลดไฟฟ้า



รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับอุณหภูมิขณะไม่มีโหลดไฟฟ้า

5.สรุปผลวิจัย

การทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศในช่วงฤดูร้อนจะทำงานมากที่สุด หยุดทำงานเพียงชั่วระยะเวลาสั้นๆ จึงเป็นช่วงเวลาที่สารมารถผลิตไฟฟ้าได้ดีที่สุด ค่าความเร็วลมที่วัดได้จากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร มีความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที ทำให้กังหันมีความเร็วรอบเฉลี่ย 795 รอบต่อนาที สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย 26.1 โวลต์ กระแสเฉลี่ย 0.08 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 2.1 วัตต์ สามารถนำไปใช้ชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ และสามารถต่อเข้ากับวงจรควบคุมการประจุไฟฟ้า ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 5 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.1 แอมแปร์ สำหรับการประจุไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือที่มีหัวชาร์จแบบยูเอสบี (USB)ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย อาจารย์ผู้สอนวิชาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการวิจัยที่สมบูรณ์ ขอขอบเพื่อนๆ ที่ได้ช่วยเหลือในด้านข้อมูลและการเก็บข้อมูลวิจัย ทางผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

7. บรรณานุกรม

[1] นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. เทคโนโลยีพลังงานลม. Naresuan University Journal. ฉบับที่ 12(2) หน้า 57-73. พ.ศ. 2547
[2] ปกรณ์ เอนกพรพิบูลย์ และคณะ. (2543). การพัฒนากังหันลมแนวตั้งเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543
[3] ประไพ จักษุจินดา. แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า. โครงการวิจัย โรงเรียนสกลนครพัฒนาศึกษา จังหวัดสกลนคร 2552
[4] วิกันดา ศรีเดช. การกำหนดลักษณะใบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานให้ได้มากที่สุดในสถิติลมเฉพาะที่ จังหวัดนครราชสีมา วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาเทคโนโลยีสุรนารี 2551.
[5] สว่าง ชาติทอง และวิรชัย โรยนรินทร์. การออกแบบระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์. รายงานการประชุมทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24. 20 – 22 ตุลาคม 2553.
[6] มหาวิทยาลัยศิลปากร. บทที่ 4 เทคโนโลยีพลังงานลม [Online] http:www.region1.energy.go.th/0gkramrukanghanrom/wind/4.pdf

O-CP10

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ห่างไกล

Analysis and Comparison on Suitability of Solar Street Lighting system on remote area

กิตติพงษ์ ศรีพนากุล*, อนิรุตต์ มัทธุจักร์, ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, ธนรัฐ ศรีวีระกุล, ทรงสุภา พุ่มชุมพล, ร.ท.สมญา ภูนะยา และ บงกช บุญเพชร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตำบลเมืองศรีไค
อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
โทร 0-4535-3309 E-mail: Sripanagul2011@hotmail.com, anirut.mat@gmail.com, A.Matthujak@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ห่างไกล โดยในการออกแบบระบบฯ จะใช้โปรแกรม DIALux version 4.10 ทำการจำลองค่าความสว่างบนผิวถนนเพื่อคัดเลือกโคมไฟส่องสว่างถนน และใช้วิธีสมดุลพลังงานคำนวณหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ จากการออกแบบจะได้ระบบฯ 4 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED (CL) 2) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคม LED (TL) 3) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ (CF) และ 4) ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ (TF) โดยทำการติดตั้งทั้ง 4 ระบบ ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีพื้นที่ติดตั้งทั้งหมด 5 พื้นที่ทั่วทั้งเกาะเต่ารวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 20 ชุดทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดของแต่ละชุดทดลองจะถูกเก็บไว้ในระบบเก็บข้อมูลของแต่ละชุด หลังจากนั้นข้อมูลเหล่านั้นจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายโทรศัพท์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเก็บไว้ใน Computer server ส่วนกลาง ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานต่างๆ ของทุกชุดทดลองได้บน Website จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของระบบฯ พบว่า ระบบฯ ที่เหมาะสมทางด้านวิศวกรรมคือระบบ CL ส่วนระบบที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์คือระบบ TF ดังนั้นในการคัดเลือกระบบฯ ที่เหมาะสมที่จะนำไปติดตั้งที่เกาะเต่าจึงจัดทำเกณฑ์การคัดเลือกขึ้น ซึ่งเกณฑ์จะมีเนื้อหาครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์รวมถึงความพึงพอใจของคนในพื้นที่ ผลที่ได้จากเกณฑ์การคัดเลือกพบว่า ระบบฯ ที่เหมาะสมสำหรับเกาะเต่าคือ ระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED เนื่องจากเป็นระบบฯ ที่ได้คะแนนจากเกณฑ์การคัดเลือกสูงที่สุด

คำสำคัญ: ไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์, เกาะเต่า, ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee, เกณฑ์การคัดเลือก

1. บทนำ

การวิจัยเกี่ยวกับระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องในด้านต่างๆ อาทิด้านการพัฒนาอุปกรณ์ของระบบรวมไปถึงการประยุกต์ใช้งานจริง [1, 2] โดยในปี ค.ศ. 2009 Wu และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนน 3 ระบบ ดังนี้ 1) ระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง 2) ระบบที่ใช้โคมปรอทขนาด 400 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง และ 3) ระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ ราคาของอุปกรณ์และค่าการติดตั้งเป็นข้อมูลในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบระบบฯ ที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง และระบบฯ ที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ติดตั้งร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับระบบฯ ที่ใช้โคมปรอทขนาด 400 W ติดตั้งร่วมกับสายส่ง จากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ใช้โคม LED ร่วมกับสายส่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.2 ปี และระบบที่ใช้โคม LED ขนาด 100 W ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3.3 ปี

ในปี ค.ศ. 2012 Nagendra R Velaga และ Amit Kumar [4] ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนที่จะทำการติดตั้งในพื้นที่ชนบทของประเทศอินเดีย ซึ่งระบบที่เลือกพิจารณามี 2 ระบบคือ ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED และระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งร่วมกับโคม High Pressure Sodium (HPS) จากการประเมินพบว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED จะมีการลงทุนที่สูงกว่า แต่ถ้าพิจารณาการเดินสายส่งไฟฟ้าร่วมด้วยแล้ว ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโคม LED มีความเหมาะสมที่สุดที่จะติดตั้งในพื้นที่ชนบท เนื่องจากค่าในการลงทุนของระบบ HPS มีการลงทุนที่สูงกว่า 91,506 รูปี หรือคิดเป็น 71,190 บาท

ในปี ค.ศ. 2013 กิตติพงษ์ ศรีพนากุล และคณะ [5] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า ซึ่งมีทั้งหมด 4 ระบบ ดังนี้ 1) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED 2) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ 3) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคม LED และ 4) ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ โดยทำการติดตั้งจริงในพื้นที่ของเกาะเต่าทั้งหมด 5 พื้นที่ รวมชุดทดลองที่ใช้ในการติดตั้งทั้งหมด 20 ชุด ในการศึกษาจะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบทุกๆ 15 นาที โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลของระบบ (ASSL) และจะส่งข้อมูลการทำงานของระบบโดยใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee เป็นระบบส่งข้อมูล จากการวิเคราะห์พบว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่เหมาะสมกับพื้นที่เกาะเต่าทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มากที่สุดคือระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคม LED โดยมีประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เท่ากับ 10.20±1.27%, ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบเท่ากับ 24.17 วัตต์ และค่าดัชนีการใช้พลังงานของระบบเท่ากับ 6.87% ต่อมาในปีเดียวกัน กิตติพงษ์ ศรีพนากุล และคณะ [6] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่าทั้งหมด 4 ระบบ รวมถึงทำการเปรียบเทียบกับระบบไฟส่องถนนทั่วๆ ไปที่ใช้

พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ด้วย จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ระบบ พบว่าระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด และเมื่อนำระบบดังกล่าวทำการเปรียบเทียบกับระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งพบว่า ระบบนี้มีมูลค่าในปัจจุบันที่ถูกกว่าระบบไฟส่องสว่างถนนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง โดยมีมูลค่าปัจจุบันที่ถูกกว่าถึง 4,054.58 บาท จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น [5,6] เมื่อพิจารณาตามความเหมาะสมที่แตกต่างกันจะได้ระบบที่แตกต่างกัน จึงยังไม่สามารถทำการคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมติดตั้งบนเกาะเต่าได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอตัวอย่างหรือแนวทางการคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์จากทั้งหมด 4 ระบบ โดยออกแบบเกณฑ์การตัดสินใจ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์รวมถึงความพึงพอใจของคนในพื้นที่ โดยข้อมูลส่วนใหญ่ในเกณฑ์ได้นำเสนอในงานวิจัยก่อนหน้านี้ [5,6] และในแต่ละข้อของเกณฑ์จะมีน้ำหนักคะแนนให้ตามความเหมาะสม ส่วนการติดตั้งระบบฯ และเก็บข้อมูล ใช้พื้นที่เกาะเต่า อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นพื้นที่ศึกษา

2. การออกแบบชุดทดลอง

ในการออกแบบระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์หรือชุดทดลองที่จะนำไปติดตั้งบนเกาะเต่า จะทำการออกแบบโดยใช้เงื่อนไข ซึ่งสามารถแยกการออกแบบได้ตามอุปกรณ์ ได้ดังนี้

2.1 โคมไฟส่องสว่างถนน ในการออกแบบโคมไฟส่องสว่างถนน จะทำการออกแบบโดยใช้เงื่อนไขคือ โคมที่ใช้ในการออกแบบจะต้องเป็นโคมหลอด LED และโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุด และให้ค่าความสว่างบนผิวถนนผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวง คือ 2.1 Lux [7] จากการจำลองค่าความสว่างบนผิวถนนโดยใช้โปรแกรม DIALux 4.10 [8] พบว่า โคมไฟส่องสว่างถนนที่ผ่านเงื่อนไขการออกแบบคือ โคมหลอด LED ขนาด 20 วัตต์ และโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 28 วัตต์ (14x2 วัตต์)

2.2 แผงโซลาร์เซลล์ ในการคัดเลือกแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้ในการติดตั้ง จะทำการคัดเลือกโดย แผงที่ใช้ในการติดตั้งจะต้องเป็นแผงชนิด Crystalline silicon และแผงชนิด Thin film ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ได้จากค่าพลังงานแสงตกกระทบที่เกาะเต่า [9] และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบฯ จากผลการคำนวณเทียบกับตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ยี่ห้อ EverExceed [10] พบว่าขนาดของแผงโซลาร์เซลล์จะต้องมีขนาด 120-130 วัตต์

2.3 แบตเตอรี่ ในการคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ จะใช้เงื่อนไขคือ ระบบฯ จะต้องสามารถสำรองไฟได้ไม่น้อยกว่า 3 วัน จากการคำนวณพบว่า แบตเตอรี่ที่ใช้ติดตั้งร่วมกับระบบฯ จะต้องมีขนาดเท่ากับ 100 แอมแปร์ชั่วโมง ดังนั้นผลที่ได้จากการคำนวณของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถแบ่งชุดทดลองออกเป็น 4 ระบบ ดังนี้

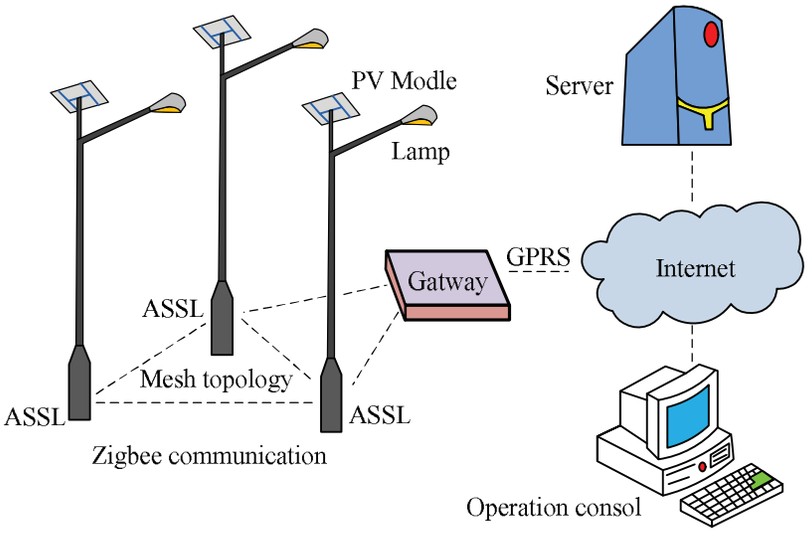
1) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ติดตั้งร่วมกับโคม LED ใช้สัญลักษณ์ CL
2) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ติดตั้งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ใช้สัญลักษณ์ CF
3) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ติดตั้งร่วมกับโคม LED ใช้สัญลักษณ์ TL
4) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ติดตั้งร่วมกับโคมฟลูออเรสเซนต์ ใช้สัญลักษณ์ TF

3. การติดตั้งชุดทดลอง

ในการติดตั้งชุดทดลอง จะทำการติดตั้งทั้ง 4 ระบบใน 5 พื้นที่ทั่วทั้งเกาะดังรูปที่ 1 รวมทั้งหมด 20 ชุดทดลอง ซึ่งในแต่ละชุดจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด Advance Solar Street Lighting (ASSL) เพื่อทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของระบบฯ โดยจะเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที ซึ่งสามารถสำรองข้อมูลได้ 2 วัน โดย ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ใน ASSL จะถูกส่งให้กับ Gateway โดยใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee ที่มีการสื่อสารแบบ Mash Topology ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้น Gateway จะส่งข้อมูลให้กับ Server ซึ่งสามารถตรวจสอบและ Download ข้อมูลได้ใน Website: 118.175.71.77/webassltest1/Main.aspx



รูปที่ 1 พื้นที่ติดตั้งชุดทดลองทั้งหมด 20 ชุด บน 5 พื้นที่ของเกาะเต่า



รูปที่ 2 การส่งข้อมูลของระบบไฟส่องสว่างถนนฯ แบบ Mesh Topology ที่ใช้ระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee

4. หลักการและเงื่อนไขการคัดเลือกระบบฯ

ในการคัดเลือกระบบฯ จะใช้เกณฑ์ที่จัดทำขึ้น [11] เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการทำงานของระบบฯ โดยในเกณฑ์ที่จัดทำขึ้นนี้ มีเนื้อหาครอบคลุมการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์รวมถึงความพึงพอใจของคนในพื้นที่ ซึ่งในแต่ละข้อของเกณฑ์การตัดสินใจจะมีน้ำหนักคะแนนให้ตามความเหมาะสม เพื่อให้เกิดความสมดุลในการตัดสินใจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 เกณฑ์ในการประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ในส่วนของเกณฑ์การประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งหมด 8 ข้อ ดังนี้

1) ราคา (System Cost) หมายถึง ราคาของแผงโซลาร์เซลล์และราคาของอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ร่วมกับแผงนั้นๆ โดยจะใช้ราคาอ้างอิงในปัจจุบันเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ และให้คะแนนตามราคาที่สูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ค่าน้ำหนักของราคากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

2) ความไวแสงของแผงโซลาร์เซลล์ (Sensitivity) หมายถึง ความเร็วของการตอบสนองของแผงโซลาร์เซลล์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ค่าความไวแสงนี้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของแผงโซลาร์เซลล์ ค่าน้ำหนักของความไวของแผงนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

3) การเสื่อมประสิทธิภาพ (Degrading) หมายถึง การลดลงของความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งดูได้จากประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ลดลงตามระยะเวลา กำหนดค่าน้ำหนักของการเสื่อมประสิทธิภาพให้มีค่าเท่ากับ 10%

4) การสิ้นเปลืองการใช้พลังงานเฉลี่ยหรือดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index, EUI) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงตกกระทบทั้งวันของแต่ละระบบฯ กำหนดให้มีค่าน้ำหนักของคะแนนเท่ากับ 20%

5) ประสิทธิภาพชั่วขณะ (Current Efficiency) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงตกกระทบไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงเวลาใดๆ กำหนดค่าน้ำหนักของประสิทธิภาพชั่วขณะให้มีค่าเท่ากับ 10%

6) อุณหภูมิสะสมของแผง (Temperature Rise) หมายถึง อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนของแสงแดดที่ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ตลอดทั้งวัน ค่าอุณหภูมิสะสมของแผงโซลาร์เซลล์นี้จะมีผลต่อประสิทธิภาพชั่วขณะ และประสิทธิภาพรวมของแผงโซลาร์เซลล์ด้วย กำหนดค่าน้ำหนักของอุณหภูมิสะสมให้มีค่าเท่ากับ 10%

7) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า (Cost-Benefits Analysis) หมายถึง การศึกษาถึงผลตอบแทนทางการเงินและต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบฯ ซึ่งในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน จะใช้วิธีการคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present worth : PW) เพื่อทำการเปรียบเทียบกันว่าระบบใดใช้ค่าใช้จ่ายสุทธิต่ำที่สุด กำหนดค่าน้ำหนักของการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า เท่ากับ 20%

8) ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ หมายถึง ความพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่บนพื้นที่เกาะเต่า โดยจะจัดทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพอใจของแผงโซลาร์เซลล์ทั้งสองชนิด และให้คะแนนตามความพอใจที่สูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ค่าน้ำหนักของความพอใจของประชาชนในพื้นที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

4.2 เกณฑ์ในการประเมินระบบส่องสว่าง ในส่วนของการประเมินโคมไฟส่องสว่างถนน จะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งหมด 7 ข้อ ดังนี้

1) ราคา (System Cost) หมายถึง ราคาของโคม หลอดและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในระบบฯ โดยจะใช้ราคาอ้างอิงในปัจจุบันเป็นข้อมูลในการคำนวณ ค่าน้ำหนักของราคากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

2) การใช้พลังงาน (Energy Consumption) หมายถึง ปริมาณพลังงานที่โคมและอุปกรณ์ประกอบใช้ในการให้แสงสว่าง ค่าน้ำหนักของการใช้พลังงานกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 20%

3) ค่าความสว่างเฉลี่ย (Average Brightness) หมายถึง ค่าความสว่างเฉลี่ยที่พื้นผิวจราจร โดยจะทำการวัดค่าความสว่างที่จุดต่างๆ ตลอดช่วงความยาวของถนน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกัน ค่าน้ำหนักของค่าความสว่างเฉลี่ยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 15%

4) ค่าการกระจายตัวของความสว่าง (Brightness Uniformity) หมายถึง ความสม่ำเสมอของความสว่างที่ระบบผลิตได้ตลอดช่วงความยาวของถนน โดยจะทำการวัดค่าความสว่างที่จุดต่างๆ ตลอดช่วงความยาวของถนน แล้วนำมาหาลักษณะการกระจายตัวของความสว่าง กำหนดค่าน้ำหนักของการกระจายตัวของความสว่างเท่ากับ 15%

5) อุณหภูมิสะสมของหน้าโคม (Lamp Temperature Rise) หมายถึง ความสามารถในการระบายความร้อนของโคม เนื่องจากความร้อนที่สะสมในโคมมากขึ้นจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง กำหนดให้ค่าน้ำหนักของอุณหภูมิสะสมของโคมเท่ากับ 10%

6) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบส่องสว่าง (Cost-Benefits Analysis) หมายถึง การศึกษาถึงผลตอบแทนทางการเงินและต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบฯ ซึ่งในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน จะใช้วิธีการคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present worth : PW) เพื่อทำการเปรียบเทียบกันว่าระบบใดใช้ค่าใช้จ่ายสุทธิต่ำที่สุด กำหนดค่าน้ำหนักของการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของระบบส่องสว่างเท่ากับ 20%

7) ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ หมายถึง ความพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่บนพื้นที่เกาะเต่า โดยจะจัดทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความพอใจของโคมไฟส่องสว่างถนนทั้งสองชนิด และให้คะแนนตามความพอใจที่สูงกว่าและต่ำกว่าเท่านั้น ค่าน้ำหนักของความพอใจของผู้ใช้งานในพื้นที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10%

5. การคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนน

ในการคัดเลือกระบบฯ จะทำการประเมินเกณฑ์ในแต่ละข้อ ซึ่งจะมีตัวคูณ 1 และ 0 เป็นตัวที่แสดงว่าดีหรือด้อย โดยที่ 1 แสดงว่าดี และ 0 แสดงว่าด้อย แล้วนำตัวคูณนี้ไปคูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์ในข้อนั้นๆ ค่าที่ได้คือคะแนนจริงของข้อนั้น จากเกณฑ์การคัดเลือกระบบไฟส่องสว่างถนนในหัวข้อที่ 4 สามารถสรุปคะแนนการประเมินได้ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

จากผลการประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ทั้งสองชนิดที่แสดงในตารางที่ 1 โดยมีคะแนนรวมเต็ม 100 คะแนน จากผลการประเมินพบว่า แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ได้คะแนนประเมินรวม 60 คะแนน ส่วนแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Thin film ได้คะแนนประเมินรวม 40 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon มีความเหมาะสมใช้ในการติดตั้งมากที่สุด

จากผลการประเมินระบบส่องสว่างของโคมทั้งสองชนิดที่แสดงในตารางที่ 2 โดยที่คะแนนรวมเต็ม 100 คะแนน จากผลการประเมินพบว่าโคมชนิด LED ได้คะแนนประเมินรวม 70 คะแนน ส่วนโคมชนิดฟลูออเรสเซนต์ได้คะแนนประเมินรวม 30 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโคมชนิด LED มีความเหมาะสมใช้ในการติดตั้งมากที่สุด

ตารางที่ 1 สรุปคะแนนการประเมินระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก	Thin film		Crystalline	
		ตัวคูณประเมิน	คะแนนจริง	คะแนนประเมิน	คะแนนจริง
1. ราคา (System Cost)	10	1	10	0	0
2. ความไวของแผง (Sensitivity)	10	1	10	0	0
3. การเสื่อมประสิทธิภาพ (Degrading)	10	0	0	1	10
4. การสิ้นเปลืองการใช้พลังงานเฉลี่ยหรือ ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy utilization Index)	20	0	0	1	20
5. ประสิทธิภาพชั่วขณะ (Current Efficiency)	10	0	0	1	10
6. อุณหภูมิสะสมของแผง (Temperature Rise)	10	0	0	1	10
7. วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost Benefits Analysis)	20	1	20	0	0
8. ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ (Users Satisfaction)	10	0	0	1	10
รวม	**100**	**-**	**40**	**-**	**60**

ตารางที่ 2 สรุปคะแนนการประเมินระบบส่องสว่าง

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก	โคมชนิด ฟลูออเรสเซนต์		โคมชนิด LED	
		ตัวคูณประเมิน	คะแนนจริง	คะแนนประเมิน	คะแนนจริง
1. ราคา (System Cost)	10	1	10	0	0
2. การใช้พลังงาน (Energy Consumption)	20	0	0	1	20
3. ค่าความสว่างเฉลี่ย (Average Brightness)	15	0	0	1	15
4. ค่าการกระจายตัวของความสว่าง (Brightness Distribution)	15	0	0	1	15
5. ค่าความร้อนของโคม (Lamp Temperature)	10	0	0	1	0
6. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost Benefits Analysis)	20	1	20	0	0
7. ความพึงพอใจของผู้ใช้ในพื้นที่ (Users Satisfaction)	10	0	0	1	10
รวม	**100**	**-**	**30**	**-**	**70**

6. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องสว่างถนนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบเกณฑ์การตัดสินใจ เพื่อคัดเลือกระบบที่เหมาะสมกับที่จะติดตั้งบนเกาะเต่า จากเกณฑ์และผลการประเมินในหัวข้อที่ 4 และ 5 สรุปได้ว่า ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ได้คะแนนจากเกณฑ์ประเมินสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 60 คะแนน และระบบส่องสว่างที่ใช้โคมชนิด LED ได้คะแนนจากเกณฑ์ประเมินสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 70 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบไฟส่องสว่างถนนที่เหมาะสมที่จะทำการติดตั้งบนพื้นที่เกาะเต่าคือ ระบบไฟส่องสว่างถนนที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Crystalline silicon ร่วมกับโคมชนิด LED ซึ่งคิดคะแนนรวมให้เป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 65% ของคะแนนเต็ม ทั้งนี้การประเมินตามเกณฑ์ต่างๆ ที่กล่าวมานั้นเป็นการประเมินความเหมาะสมของระบบฯ สำหรับใช้ติดตั้งบนพื้นที่เกาะเต่า ซึ่งในแต่ละข้อของเกณฑ์อ้างอิงสำหรับพื้นที่นี้เท่านั้น ซึ่งไม่ได้หมายความว่าสามารถใช้เกณฑ์นี้ในพื้นที่อื่นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

8. บรรณานุกรม

[1] O.S. Sastry และคณะ., 2010, "Development of white LED based PV lighting systems," Solar Energy Materials & Solar Cells, 1430-1433.

[2] Wuthipong Suponthana และคณะ., 2549, "Performance Evaluation of Solar Home Systems in Hot Cliimate Condition mc-Si PWM versus a-Si MPPT Charger Controller System," การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศประเทศไทย ครั้งที่ 2.

[3] M.s. Wu และคณะ., 2009, "Economic feasibility of solar-powered LED roadway lighting," Renewable energy, 1934-1938.

[4] Nagendra R Velaga and Amit Kumar., 2012, "Techno-economic Evaluation of the Feasibility of a Smart Street Light System A case study of Rural India," Social and Behavioral Sciences, 1220-1224.

[5] กิตติพงษ์ และคณะ., 2556, "การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า," การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศประเทศไทย ครั้งที่ 9,910-915.

[6] กิตติพงษ์ และคณะ., 2556, "การวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟส่องถนนพลังงานแสงอาทิตย์บนเกาะเต่า," การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, 37-38.

[7] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยใน พระบรมราชูปถัมภ์, 2545, "มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย," กรมทางหลวง.

[8] DIALux, 2011, "โปรแกรมสำหรับออกแบบระบบไฟแสงสว่าง DIALux 4.10," http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html [January 2011].

[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2553, "ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย," www.dede.go.th/dede [มกราคม 2553].

[10] ตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ 2553, "EverExceed," www.everexceed.com [มกราคม 2553].

[11] คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2556, "รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 โครงการพัฒนาและติดตั้งระบบไฟส่องสว่างถนนแบบประหยัดพลังงานโดยใช้หลอด LED โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์พร้อมระบบติดตามการทำงานแบบไร้สายที่เกาะเต่า," กองพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

O-CP11

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรที่มีผลมาจากช่องว่างอากาศ

Analysis of Permanent Magnet Generator Efficiency Effect from an Air-Gap

เจตน์สฤษฎ์ รักษกุลวิทยา[1], ธีรศักดิ์ เชียงจูกง[1], วิริยะนนท์ คุ้มศิริวงศ์[1], เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์[1] และพีรวัจน์ มีสุข[2]*

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์73170

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 10600

E-mail: peerawat.mee@rmutr.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร โดยทำการปรับระยะห่างของช่องว่างอากาศ (air-gap) ระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ให้เปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม ซึ่งระยะของช่องว่างอากาศน้อยจะทำให้โรเตอร์เข้าใกล้สเตเตอร์มากที่สุด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการทดสอบนี้มีสเตเตอร์ที่ประกอบด้วยขดลวดทองแดง 9 ขด หล่อขึ้นรูปด้วยเรซิ่น และโรเตอร์มีจำนวน 2 ชุด ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรชุดละ 12 ก้อน หล่อด้วยเรซิ่นเช่นกัน ทำการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 5.5 แรงม้าเป็นตัวต้นกำลัง โดยปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังด้วยอินเวอร์เตอร์ขนาด 5 แรงม้า ให้เป็นไปตามความเร็วรอบที่คำนวณได้จากขนาดใบพัดของกังหันลมที่ความเร็วลมระดับต่างๆ วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มาสร้างเป็นกราฟกำลังไฟฟ้าเทียบกับความเร็วลมแล้วดูประสิทธิภาพที่ได้

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร ช่องว่างอากาศ ประสิทธิภาพ

1.บทนำ

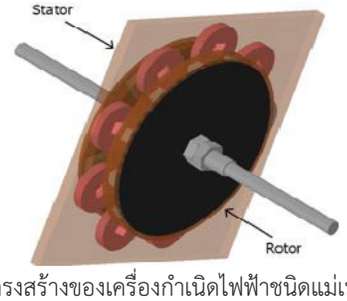
พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ทั้งจากทางภาครัฐ ภาคเอกชน การผลิตไฟฟ้าในแบบปัจจุบัน อาจไม่เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าของมนุษย์ในอนาคต ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในระบบของ กฟผ. (Net Peak) ปี 2556 อยู่ที่ 26,598 เมกะวัตต์ มีค่าสูงกว่าปี 2555 ซึ่งอยู่ที่ 26,121 เมกะวัตต์ อยู่ 477 เมกะวัตต์หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.8 นับเป็นปัญหาใหญ่ในประเทศ และนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อการพัฒนา ของประเทศไทยมากขึ้นทุกที เชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที และคงจะต้องหมดไปในอนาคต ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ๆที่ประหยัด และไม่มีวันหมดสิ้น บางชนิดก็นำมาใช้บ้างแล้ว เช่น น้ำขึ้น -น้ำลง คลื่น (ทะเล) ความร้อนจากมหาสมุทร แสงอาทิตย์ ลม และความร้อนใต้พิภพ การพัฒนาพลังงานทดแทนน่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสถานการณ์ในขณะนี้

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีทำให้สามารถหาข้อมูลที่สนใจได้ง่ายขึ้น รวมถึงข้อมูลของการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบทำเองอย่างง่ายๆ ประเภทเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet Generator) หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรแนวราบ (Permanent Magnet Axial Flux Generator) ซึ่งโครงสร้างของเครื่องส่วนใหญ่ทั้งสเตเตอร์และโรเตอร์ จะหล่อขึ้นรูปจากเรซิ่นและใช้แม่เหล็กถาวรเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็ก แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนั้นยังไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพให้เป็นไปตามหลักวิชาการ และส่วนใหญ่จะสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานในลักษณะของกังหันลมผลิตไฟฟ้า จึงได้ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบของการใช้งานเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้าลักษณะดังกล่าวขึ้น และเมื่อทราบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดแบบนี้แล้วก็จะนำไปสู่การปรับปรุงระยะห่างช่องว่างอากาศระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ เพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงาน ของการเคลื่อนที่ของขดลวดตัดสนามแม่เหล็ก หรือใช้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ และได้กระแส แรงดันไฟฟ้าออกมา จากหลักการนี้สามารถนำมาสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้กำลังงานที่ให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรที่สร้างขึ้นมานั้น เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 12 ขั้วแม่เหล็ก โดยโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงได้ตามรูปที่ 1

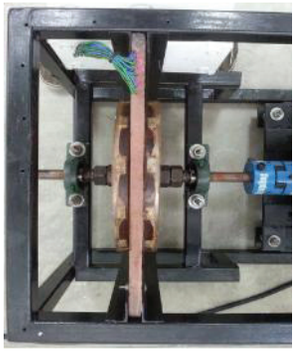
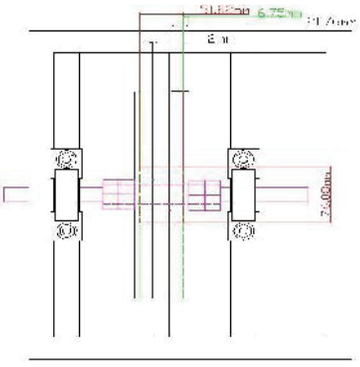


รูปที่ 1 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร

- สเตเตอร์ (Stator) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นทำจากขดลวดทองแดงจำนวน 9 ขด จัดเรียงขดลวดเป็นวงกลม ต่อขดลวดอนุกรมกันเป็นชุดๆ ชุดละ 3 ขดต่อปลายสายของขดลวดทั้ง 3 ชุดออกด้านนอก แล้วหล่อขึ้นรูปให้ขดลวดติดกันด้วยเรซิ่น

- โรเตอร์ (Rotor) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรเตอร์หรือตัวหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรที่สร้างขึ้นนี้มีจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบไปด้วยแม่เหล็กถาวร จำนวน 12 ก้อนต่อชุด โดยจัดวางแม่เหล็กถาวรบนแผ่นเหล็กให้เป็นลักษณะวงกลมที่มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน แล้วหล่อขึ้นรูปด้วยเรซิ่น เช่นเดียวกับสเตเตอร์

ทำการประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรที่สร้างขึ้น โดยติดตั้งสเตเตอร์และโรเตอร์จะอยู่บนแกนเดียวกันแต่สเตเตอร์จะถูกยึดให้อยู่กับที่จะหมุนได้เพียงโรเตอร์ที่ประกบอยู่ทั้งสองด้าน แสดงได้ตามรูปที่ 2

รูปที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ประกอบแล้วและระยะห่างของช่องว่างอากาศ

2.2 การต่อวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นแบ่งเป็น 3 ชุด แต่ละชุดเกิดจากการต่ออนุกรมของขดลวด 3 ขดเข้าด้วยกัน แล้วต่อปลายสายของขดลวดออกมาด้านนอก ทำให้สามารถต่อขดลวดสเตเตอร์ได้ 2 แบบ คือ แบบสตาร์ (Y) แสดงได้ตามรูปที่ 3 (ก) และแบบเดลต้า (Δ) แสดงได้ตามรูปที่ 3 (ข) การต่อแบบสตาร์จะได้แรงดันไฟฟ้าที่สูงแต่กระแสไฟฟ้าต่ำ ส่วนต่อแบบเดลต้าจะได้แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำแต่กระแสไฟฟ้าสูง ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟส ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นกังหันลมผลิตไฟฟ้าต้องประจุพลังงานที่ได้ลงแบตเตอรี่จึงต้องแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟส

1. แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อขดลวดแบบสตาร์จากสมการ

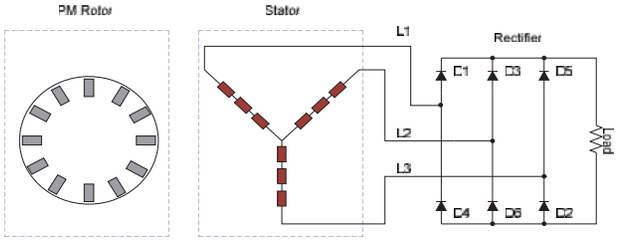
$$V_{Line} = \sqrt{3} \cdot V_{Phase} \quad (1)$$

$$I_{Line} = I_{Phase} \quad (2)$$

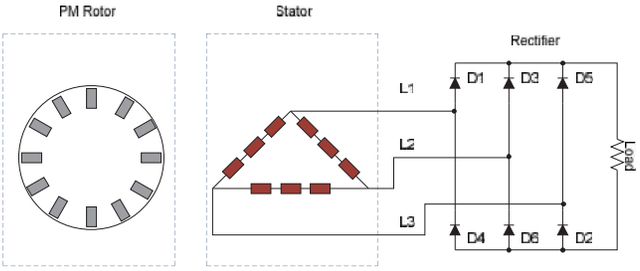
2. แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อขดลวดแบบเดลต้าจากสมการ

$$V_{Line} = V_{Phase} \quad (3)$$

$$I_{Line} = \sqrt{3} \cdot I_{Phase} \quad (4)$$



(ก) การต่อขดลวดแบบสตาร์

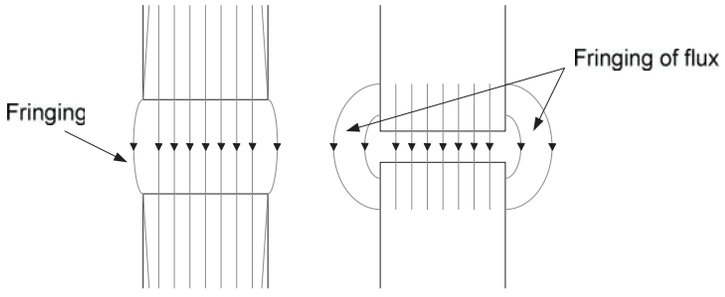


(ข) การต่อขดลวดแบบเดลต้า

รูปที่ 3 การต่อวงจรขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.3 ช่องว่างอากาศ (Air-Gap) ช่องว่างอากาศที่กล่าวถึงในที่นี้คือระยะห่างระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กต้องเดินทางผ่านอากาศแต่อากาศเป็นตัวนำที่ไม่ดี มีค่าความต้านทานสนามแม่เหล็กสูง ระยะห่างที่มากนั้นจึงทำให้ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กลดลง ในการออกแบบจึงพยายามที่จะลดระยะห่างของช่องว่างอากาศนี้ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อช่องว่างอากาศระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์แคบลงจะ

เป็นการเพิ่มความหนาแน่นของกระแสแม่เหล็ก นั่นคือเป็นการเพิ่มความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้กำลังที่ลดลงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อช่องว่างอากาศมีค่ามาก สนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นและส่งผ่านไปยังสเตเตอร์ก็จะมีค่าน้อยลง ดังนั้นเรื่องช่องว่างอากาศจึงสำคัญมากในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งหากช่องว่างอากาศมีค่าน้อยจะยิ่งดีด้วยเหตุนี้ระยะห่างของช่องว่างอากาศต้องเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้



รูปที่ 4 การรั่วไหล (fringing) ของฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดจากช่องว่างอากาศ

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ ทดสอบในกรณีใช้งานเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดยได้ปรับเปลี่ยนระยะห่างของช่องว่างอากาศระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ตามความเหมาะสมตั้งแต่ระยะ 2 - 6 mm เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 mm

3.1 สมการเบื้องต้นการหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อผ่านวงจรเรกติไฟเออร์แล้วสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = I \cdot V \tag{5}$$

โดยที่

P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
I คือ กระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

2. ประสิทธิภาพสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{6}$$

โดยที่

η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า *(%)*

3. ความเร็วรอบสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$N = \frac{120 \times f}{P} \tag{7}$$

โดยที่

N คือ ความเร็วรอบ มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm)
f คือ ความถี่จ่ายให้กับมอเตอร์ มีหน่วยเป็น เฮิร์ต (Hz)
P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์

ในการทดลองใช้กับอินเวอร์เตอร์ควบคุมความถี่ของไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ต้นกำลังเพื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกส่งผ่านวงจรเรกติไฟเออร์เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อนจ่ายไปยังโหลด ดังแสดงตามรูปที่ 5

3.2 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและความสัมพันธ์ของระยะห่างของช่องว่างอากาศ (air-gap) ระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ แล้วทำการปรับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการปรับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่คำนวณได้ตามสมการที่ (7) ปรับจาก 150 รอบ จนถึง 800 รอบ ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยทำการปรับระยะช่องว่างอากาศต่อขดลวดแบบสตาร์และแบบเดลต้า เพื่อต้องการทราบระยะช่องว่างอากาศที่ทำให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

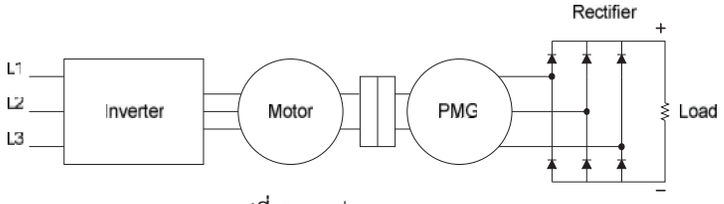
1. ทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ air-gap 2 mm โดยต่อขดลวดแบบสตาร์ ปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 150 รอบ เพิ่มขึ้นทีละ 50 รอบ จนถึง 800 รอบ วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตได้ และวัดกำลังไฟฟ้าขาเข้าของตัวต้นกำลังแล้วสร้างกราฟประสิทธิภาพเทียบกับความเร็วรอบ

2. ปรับเปลี่ยนระยะ air-gap เป็น 3 mm, 4 mm, 5 mm และ 6 mm ตามลำดับ แล้วทำการทดสอบเหมือนข้อที่ 1

3. ทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ air-gap 2 mm. โดยต่อขดลวดแบบเดลต้า ปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 150 รอบ เพิ่มขึ้นทีละ 50 รอบ จนถึง 800 รอบ วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตได้ และวัดกำลังไฟฟ้าขาเข้าของตัวต้นกำลังแล้วสร้างกราฟประสิทธิภาพเทียบกับความเร็วรอบ

4. ปรับเปลี่ยนระยะ air-gap เป็น 3 mm, 4 mm, 5 mm และ 6 mm ตามลำดับ แล้วทำการทดสอบเหมือนข้อที่ 3

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้เทียบเคียงได้กับการใช้ตัวต้นกำลังเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 300 วัตต์ ที่มีใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร เมื่อได้รับความเร็วลมต่ำสุด 2-3 m/s จะมีความเร็วรอบของใบพัดกังหันลมอยู่ที่ประมาณ 150 รอบ และเมื่อได้รับความเร็วลมสูงสุดของศักยภาพลมในไทย 11.9 m/s ที่ความสูง 50 m จะมีความเร็วรอบของใบพัดกังหันลมอยู่ที่ประมาณ 800 รอบ (ที่มา:กรมพัฒนาพลังทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)



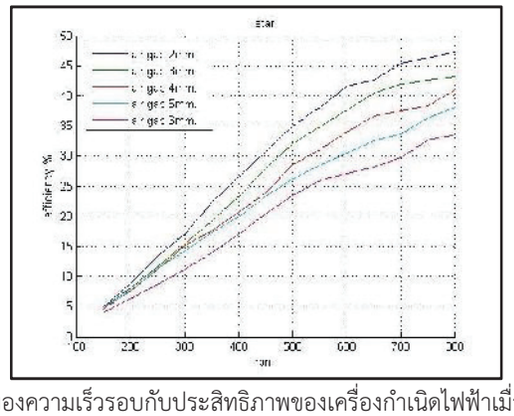
รูปที่ 5 การต่อวงจรการทดลอง

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับความความเร็วรอบเมื่อต่อขดลวดแบบสตาร์ และต่อโหลดเป็นหลอดอินแคนเดสเซนต์ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 3 หลอดต่อขนานกัน และผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับความความเร็วรอบเมื่อต่อขดลวดแบบเดลต้า และต่อโหลดหลอดอินแคนเดสเซนต์ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 3 หลอดต่อขนานกัน

ตารางที่ 1 แสดงความเร็วรอบและประสิทธิภาพที่ระยะช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ เมื่อต่อขดลวดแบบสตาร์

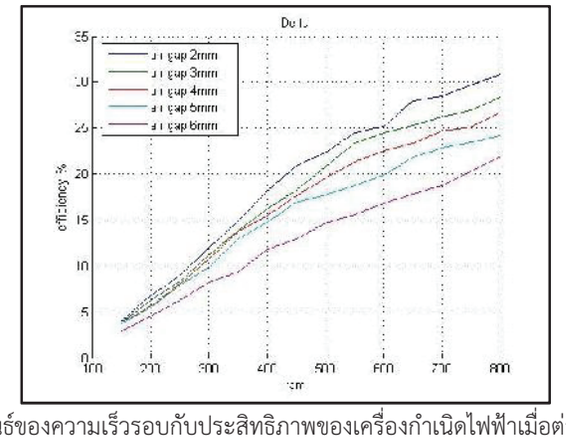
ความเร็วรอบ(rpm)	ประสิทธิภาพ (%)				
	ระยะ air gap				
	2 mm.	3 mm.	4 mm.	5 mm.	6 mm.
150	5.05	4.96	4.68	4.96	4.05
200	8.83	8.17	7.63	7.52	6.32
250	13.32	11.65	11.18	11.27	8.70
300	16.97	15.40	15.20	14.25	11.25
350	22.27	19.18	17.58	17.31	13.94
400	26.53	23.26	20.73	20.03	17.08
450	30.80	27.93	23.90	23.38	20.34
500	34.97	32.10	28.53	26.19	23.42
550	38.16	34.83	31.08	28.46	25.91
600	41.63	37.71	34.03	30.49	27.11
650	42.65	40.49	36.65	32.55	28.18
700	45.37	41.90	37.49	33.72	29.76
750	46.34	42.57	38.34	36.30	32.72
800	47.28	43.15	40.97	38.04	33.58



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต่อขดลวดแบบสตาร์

ตารางที่ 2 แสดงความเร็วรอบและประสิทธิภาพที่ระยะช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ เมื่อต่อขดลวดแบบเดลต้า

ความเร็วรอบ (rpm)	ประสิทธิภาพ (%)				
	ระยะ air gap				
	2 mm.	3 mm.	4 mm.	5 mm.	6 mm.
150	4.02	3.88	3.69	3.72	2.90
200	6.81	6.34	5.69	5.42	4.53
250	8.94	8.29	8.03	7.90	6.27
300	11.45	10.68	10.76	9.83	8.22
350	14.89	14.23	13.76	12.98	9.37
400	18.21	16.24	15.51	14.74	11.81
450	20.90	18.27	17.69	16.94	12.97
500	22.34	20.83	19.61	17.73	14.65
550	24.49	23.37	21.33	18.81	15.57
600	25.20	24.56	22.53	19.91	16.86
650	27.95	25.31	23.34	21.81	17.90
700	28.48	26.24	24.72	22.91	18.78
750	29.68	27.01	25.14	23.44	20.30
800	30.82	28.35	26.77	24.20	22.00



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต่อขดลวดแบบเดลต้า

จากการทดสอบพบว่า การปรับระยะช่องว่างอากาศระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรที่สร้างขึ้น จะสามารถได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะช่องว่างที่ลดลง (ตามทฤษฎีข้อที่ 2.3 เมื่อช่องว่างอากาศระหว่าง สเตเตอร์และโรเตอร์แคบลงจะเป็นการเพิ่มความหนาแน่นของกระแสแม่เหล็ก นั่นคือเป็นการเพิ่มความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) เป็นกราฟเชิงเส้นตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร เมื่อต่อขดลวดแบบสตาร์จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นมากกว่าการต่อขดลวดแบบเดลต้า การต่อแบบสตาร์นั้นจะได้แรงดันไฟฟ้าที่สูงแต่กระแสไฟฟ้าต่ำ ตามสมการที่ (1) และ (2) ส่วนต่อแบบเดลต้าจะได้แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำแต่กระแสไฟฟ้าสูง ตามสมการที่ (3) และ (4) ซึ่งสำหรับกังหันลมที่ต้องสร้างแรงดันไฟฟ้าสูง รอบการหมุนต่ำและชาร์จแบตเตอรี่ได้เร็ว การต่อแบบเดลต้าจะทำให้ต้องการกำลังจากลม (หรือน้ำ) มากกว่าเพื่อที่จะให้กังหันเริ่มต้นหมุน

5. สรุป

จากผลการทดสอบความสัมพันธ์ของระยะห่างของช่องว่างอากาศ (air-gap) ระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ ที่ระยะ 2 mm. เมื่อทำการต่อวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบสตาร์ คำนวณค่าประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำการทดสอบได้ประมาณ 47.28 %ส่วนค่าประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำการทดสอบเมื่อต่อวงจรแบบเดลต้าได้ประมาณ 30.82 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากผลการทดสอบและกราฟแสดงผลนั้น ยิ่งช่องว่างอากาศระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ แคบลงจะเป็นการเพิ่มความหนาแน่นของกระแสแม่เหล็ก นั่นคือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้กำลังที่ลดลง ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อช่องว่างอากาศมีค่ามาก สนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นและส่งผ่านไปยังสเตเตอร์ก็จะมีค่าน้อยลง เรื่องช่องว่างอากาศจึงสำคัญมาก ดังนั้นระยะห่างของช่องว่างอากาศต้องเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย ทำให้โครงการวิจัยนี้สามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์และไชยยันต์ ทองสองยอด, “การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวรแบบหล่อด้วยเรซิ่นในเชิงการใช้งานเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้า”, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีครั้งที่ 4

[2] อัศวิน ปศุศฤทธากร, สัมพันธ์ ไชยเทพและธเนศ ไชยชนะ, “อิทธิพลของแผ่นเสริมแรงแม่เหล็กต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวร”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22

[3] ปุณยภัทร ภูมิภาค, “เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกน ที่ไม่มีแปรงถ่านสำหรับพลังงานลม”

[4] วีรเชษฐ์ ขันเงิน และวุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์, “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง”, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2547, หน้า 282-286

[5] ช่องว่างอากาศ. เข้าถึงจาก http://www.research-system.siam.edu. 2014

O-CP12

อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส สมรรถนะสูงสำหรับระบบที่ไม่เชื่อมต่อกับกริดในชุมชนห่างไกล

High Performances Single Phase Invertersfor Off-Grid System in Rural Area Network

โยธิน คำแสน[1]พร้อมรบ คำธาร[2]ศุภลักษณ์ ศรีตา[2] สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์[2] และอุเทน คำน่าน*[2]

[1]นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ 50300
[2]อาจารย์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ 50300
E-mail promrop.kh@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษา ออกแบบ จำลอง สร้าง และทดสอบเครื่องแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบ H บริดจ์ หรืออินเวอร์เตอร์แบบ 2 ระดับชนิด1 เฟส โดยระบบที่นำเสนอสามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้มีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ที่พิกัดแรงดัน220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ด้วยเทคนิคการควบคุมวงรอบแรงดัน และวงรอบกระแส ด้วยชุดควบคุมแบบ พีไอ ต้นแบบอินเวอร์เตอร์ในระดับห้องปฏิบัติการถูกออกแบบไว้ที่พิกัดแรงดันบัสไฟตรง400 โวลต์ พิกัดแรงดันไฟสลับ220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ที่พิกัดกำลังไฟฟ้า1000 วัตต์ จากผลการจำลองและการทดสอบอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ สามารถรักษาระดับแรงดันด้านไฟสลับ ให้คงที่ได้ตามเงื่อนไข ผลจากการทดสอบเป็นเครื่องยืนยันว่าระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งระบบที่นำเสนอสามารถนำไปต่อยอด และนำไปประยุกต์ ปรับใช้งานในระบบไฟฟ้าที่ไม่เชื่อมต่อกับกริดสำหรับชุมชนห่างไกลได้

คำสำคัญ: อินเวอร์เตอร์, วงรอบกระแส, วงรอบแรงดัน, ตัวควบคุมแบบพีไอ

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่า สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงมีความห่วงใยราษฎรในพื้นที่ ทุรกันดาร โดยเฉพาะเด็กและเยาวชน ด้วยทรงเห็นว่าเด็กและเยาวชนเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาในชุมชนมากที่สุด จึงโปรดเกล้า ฯ ให้ดำเนินการแผนพัฒนาเด็กและเยาวชนในถิ่นทุรกันดาร ตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ในพื้นที่อำเภออมก๋อย โดยมีศูนย์บริการการศึกษานอกโรงเรียนอำเภออมก๋อย เป็นหน่วยงานหลักในการสนองพระราชดำริ ดำเนินการจัดการศึกษาในรูปแบบศูนย์การเรียนรู้ชุมชนชาวไทยภูเขา “แม่ฟ้าหลวง” ในหย่อมบ้านที่ห่างไกลซึ่งการศึกษาภาคปกติไม่สามารถเข้าถึงได้ เพื่อส่งเสริมให้เด็ก และเยาวชนได้เรียนรู้ และสร้างลักษณะนิสัย และพฤติกรรมที่เหมาะสม ทั้งด้านการเกษตร โภชนาการ สุขภาพ การศึกษาค้นคว้าหาความรู้ การฝึกทักษะพื้นฐานด้านอาชีพ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งวัฒนธรรมท้องถิ่น จากนั้นจึงขยายงานพัฒนาเข้าสู่ชุมชน เพื่อช่วยให้ชุมชนแก้ไขปัญหาความขาดแคลนพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เพื่อให้ชุมชนมีความพร้อมและสามารถสนับสนุนและดำเนินการพัฒนาเด็ก และเยาวชนในถิ่นทุรกันดารได้อย่างยั่งยืนต่อไป

เพื่อการแก้ไขปัญหาวิกฤตพลังงานที่เกิดขึ้นในศูนย์การเรียนรู้ชุมชนบนพื้นที่สูง แหล่งพลังงานทางเลือกที่มีศักยภาพเพื่อการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันนั้น ประกอบด้วย พลังงานที่ได้จากแสงแดด พลังงานที่ได้จากลม และพลังงานที่ได้จากแรงดันของน้ำ ซึ่งถูกนำไปใช้เป็นแหล่งผลิตกำลังไฟฟ้าหลักให้กับศูนย์การเรียนรู้ชุมชนชาวไทยภูเขา “แม่ฟ้าหลวง” ต่างๆ เพื่อให้กิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้กำหนดไว้

สรุปปัญหาหลักของการใช้เทคโนโลยีของเจ้าหน้าที่รัฐ (ครู) และชาวบ้าน (ชาวไทยบนเขตพื้นที่สูง) ในปัจจุบันนั้นสามารถสรุปได้เป็นประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ กลุ่มเป้าหมายไม่สามารถนำเอาพลังงานสะอาดที่มีอย่างเพียงพอมาใช้ตามความต้องการได้อย่างมีประสิทธิผลสูงสุดเทคโนโลยีของระบบ Solar Home ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นมีความยุ่งยาก สลับซับซ้อนมากเกินไป ทำให้เกิดปัญหาที่ตามมา คือ ไม่สามารถซ่อมแซมหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวเองขาดความรู้พื้นฐานในการบำรุง ดูแล และรักษา เทคโนโลยีเหล่านั้นระบบถูกทิ้งร้างเมื่อเกิดความเสียหาย โดยทั่วไประบบ Solar Home ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์และ อินเวอร์เตอร์ (แปลงแรงดันไฟตรงเป็นแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์) ซึ่งเมื่ออินเวอร์เตอร์เกิดความเสียหายแผงเซลล์จะถูกทิ้งไว้และไม่ได้รับการดูแลจากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะสร้างอินเวอร์เตอร์ต้นทุนต่ำ และมีคุณภาพที่ดีสามารถซ่อมแซมได้ง่ายขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิม

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าชุดอินเวอร์เตอร์มีลักษณะของแรงดันเอาต์พุตเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม ข้อดีของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม คือสามารถสร้างได้ง่าย และอุปกรณ์สวิตชิ่งจะทำงานที่ความถี่ต่ำ แต่มีข้อเสียคือ แรงดันเอาต์พุตมีองค์ประกอบของค่าฮามอนิกอยู่มากและไม่สามารถปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้ ดังนั้นหากต้องการปรับค่าแรงดันเอาต์พุตสามารถทำได้จากการปรับระดับแรงดันอินพุต หรือขยายรูปคลื่น จึงไม่เหมาะสมกับการใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทมอเตอร์เนื่องจากมีผลทำให้มอเตอร์เกิดความร้อนมากกว่าปกติ เกิดเสียงรบกวนและเกิดการสั่นทางกลซึ่งทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง[1][2] โครงงานนี้ จึงทำการปรับปรุง ชุดอินเวอร์เตอร์ให้มีสัญญาณเอาต์พุตที่มีรูปแบบเป็นรูปคลื่นไซน์โดยได้ออกแบบให้มีพิกัดแรงดันอินพุต 400 โวลต์พิกัดแรงดันเอาต์พุต 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์ซึ่งให้คุณภาพไฟฟ้าเทียบเคียงกับระบบไฟฟ้าทั่วไป และสามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกประเภทได้

สำหรับบทความนี้นำเสนอการออกแบบ จำลอง และสร้างอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระ ซึ่งในรายละเอียดได้กล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบถูกแสดงในตอนที่ 2 รายละเอียดการออกแบบตัวควบคุมปรากฏอยู่ในหัวข้อที่ 3การจำลองการทำงานของอินเวอร์เตอร์อยู่ในหัวข้อที่ 4 สำหรับหัวข้อที่ 5 ได้กล่าวถึงการทดสอบอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระ และสรุปในหัวข้อสุดท้าย

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [3]

โครงสร้างวงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอแสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุทางด้านดีซีบัสซึ่งมีหน้าที่กรองแรงดันดีซีบัส สวิตช์จำนวน 4 ตัว ซึ่งในโครงการนี้เลือกใช้ IGBT ซึ่งมีหน้าที่แปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ตัวเหนี่ยวนำด้านโหลดซึ่งมีหน้าที่กรองกระแส และตัวเก็บประจุทางด้านโหลดซึ่งมีหน้าที่กรองแรงดันด้านไฟฟ้ากระแสสลับให้เรียบ เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอินเวอร์เตอร์จะพิจารณาด้วยวงจรสมมูลพื้นฐานแสดงดังภาพที่ 2 โดยสมมุตฐานว่าชุดสวิตช์ เป็นตัวแทนแหล่งจ่ายแรงดันที่ออกมาจาก อินเวอร์เตอร์

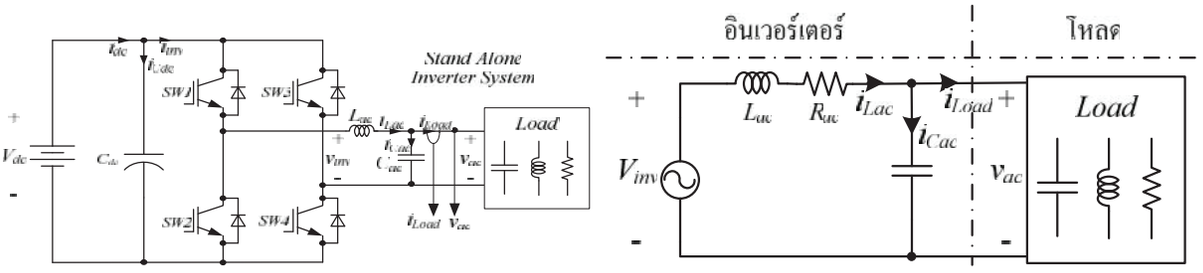
จากวงจรสมมูลของอินเวอร์เตอร์จะพิจารณา 2 ส่วนหลักด้วยกันคือ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (i_{Lac}) และแรงดันตกคร่องตัวเก็บประจุ (v_{Cac}) ซึ่งกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสามารถหาได้จากวงจรสมมูลซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v_{inv}=v_{ac}+sL_{ac}i_{Lac}+R_{Lac}i_{Lac} \quad (1)$$

$$i_{Lac}=\frac{\left(v_{inv}-v_{ac}\right)}{\left(sL_{ac}+R_{Lac}\right)} \quad (2)$$

เมื่อR_{Lac} คือความต้านทางแฝงในตัวเหนี่ยวนำ สำหรับแรงดันจากอินเวอร์เตอร์(v_{inv}) สามารถหาได้จากสมการที่ 3

$$v_{inv}=mv\square \quad (3)$$



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) วงจรกำลังอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ (ข) วงจรสมมูลอินเวอร์เตอร์

เมื่อ *m* คือค่ามอดดูเลชั่นอินเด็กซ์ หรือคำสั่งควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ และ$v\square$คือสัญญาณสามเหลี่ยมที่นำมามอดดูเลตเพื่อสร้างสัญญาณสับสวิตช์ ส่วนแรงดันตกคร่องตัวเก็บประจุ (v_{Cac}) สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$v_{Cac}=v_{ac}=i_{Cac}R_{Cac}+\frac{i_{Cac}}{sC} \quad (4)$$

$$v_{Cac}=v_{ac}=i_{Cac}\left(R_{Cac}+\frac{1}{sC}\right) \quad (5)$$

เมื่อR_{Cac}คือความต้านทางแฝงในตัวเก็บประจุ และจากสมการที่ 4 สามารถหากระแสตัวเก็บประจุ i_{Cac}ได้จากสมการที่ 6

$$i_{Cac}=i_{Lac}-i_{Load} \quad (6)$$

เมื่อกระแสโหล i_{Load} เป็น Disturbances ซึ่งไม่สามารถคาดเดาได้ และจากสมการที่ 2 3 5 และ 6 นำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อินเวอร์เตอร์ได้ดังภาพที่ 3 ด้านขาวมือ ซึ่งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อินเวอร์เตอร์จะเห็นว่าระบบประกอบไปด้วย 2 วงรอบ คือวงรอบกระแสและวงรอบแรงดันด้านโหลดกระแสสลับ ดังนั้นเพื่อที่จะควบคุมแรงดันโหลดให้คงที่ได้จึงจำเป็นต้องควบคุมทั้งวงรอบกระแส และวงรอบแรงดันด้านโหลดกระแสสลับ ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

3. การควบคุม

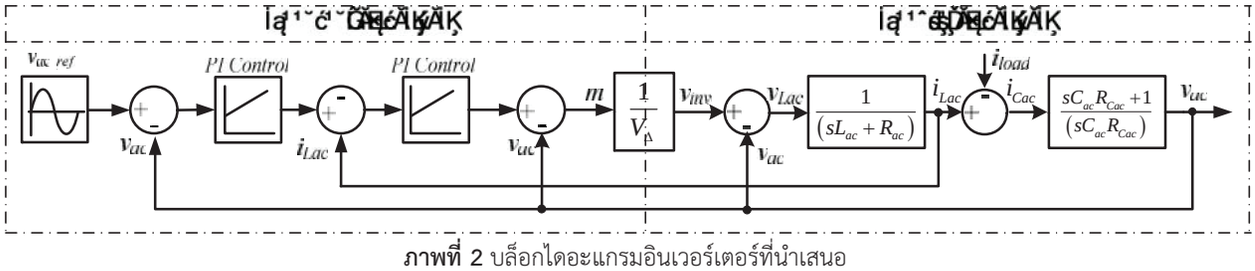
การควบคุมนั้นเป็นส่วนสำคัญสำหรับอินเวอร์เตอร์ ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจุดประสงค์หลักของโครงการนี้นำเสนอการควบคุมแรงดันกระแสสลับอินเวอร์เตอร์ให้คงที่ในสภาวะโหลดต่างๆ โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ (PI Controller) และเพื่อความปลอดภัยของอินเวอร์เตอร์ระบบควบคุมต้องมีความสามารถจำกัดกระแสโหลดได้ในสภาวะกระแสเกินกว่าพิกัดอินเวอร์เตอร์ได้ ซึ่งสมการระบบควบคุมแสดงดังสมการที่ 7

$$m = -v_{ac} + \left(Kpi + \frac{Kii}{s} \right)\left(i_{Lac_ref} - i_{Lac} \right) \quad (7)$$

เมื่อ *Kpi*คืออัตราขยายของตัวควบคุมแบบพี *Kii*คืออัตราขยายของตัวควบคุมแบบไอของวงรอบกระแสและกระแสอ้างอิง (i_{Lac_ref}) หาได้จากวงรอบแรงดัน หรือ Voltage Loop แสดงดังสมการที่ 8

$$i_{Lac_ref} = \left(Kpv + \frac{Kiv}{s} \right)\left(v_{ac_ref} - v_{ac} \right) \quad (8)$$

เมื่อ *Kpv*คืออัตราขยายของตัวควบคุมแบบพี *Kiv*คืออัตราขยายของตัวควบคุมแบบไอของวงรอบแรงดัน และเมื่อ v_{ac_ref} คือแรงดันอ้างอิงของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจากสมการที่ 7 และ 8 สามารถนำไปสร้างระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์ได้แสดงดังภาพที่ 2 ซ้ายมือ ซึ่งพิกัดของกระแสจะถูกควบคุมด้วย Limiter กระแสอ้างอิง (i_{Lac_ref}) ที่ออกมาจากวงรอบแรงดัน สำหรับในการออกแบบตัวควบคุมของวงรอบกระแสได้ใช้วิธีการเทียบสัมประสิทธิ์ของสมการคุณลักษณะลำดับ 2 (Second order equation)[4] โดยกำหนดให้ตัวประกอบความหน่วง (Damping ratio ; □) และความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency ; □n)โดยทั่วไปแล้วค่า □ ที่เหมาะสมเท่ากับ 0.707 และค่า □n ที่ต้องการจะถูกออกแบบให้เท่ากับ 2 เท่าของโพลระบบจะได้ค่าพารามิเตอร์ *Kpi=0.925*และ *Kii= 17.7*และสำหรับการออกแบบตัวควบคุมในลูปแรงดันจะใช้วิธี Symmetrical optimum [5]ในการออกแบบตัวควบคุม ซึ่งจะได้ค่าพารามิเตอร์ *Kpv=3.742*และ *Kiv= 4010.89*



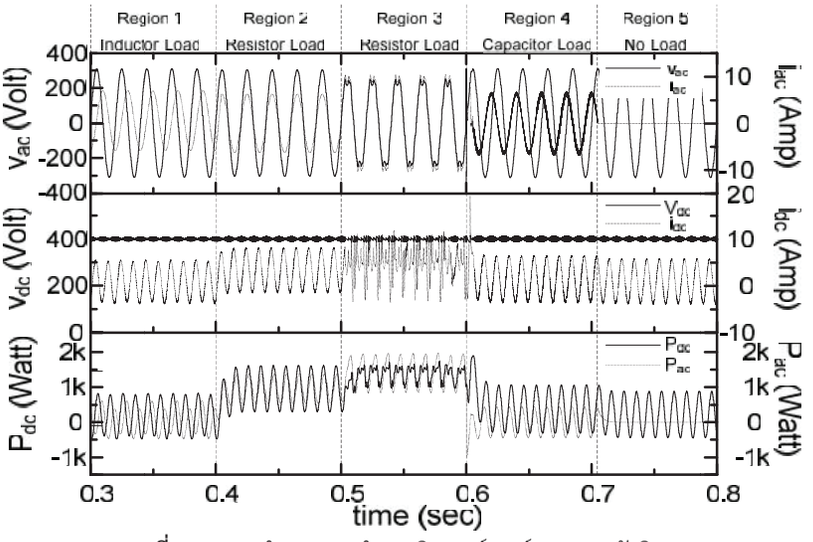
ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ

4. ผลการจำลองการทำงานอินเวอร์เตอร์

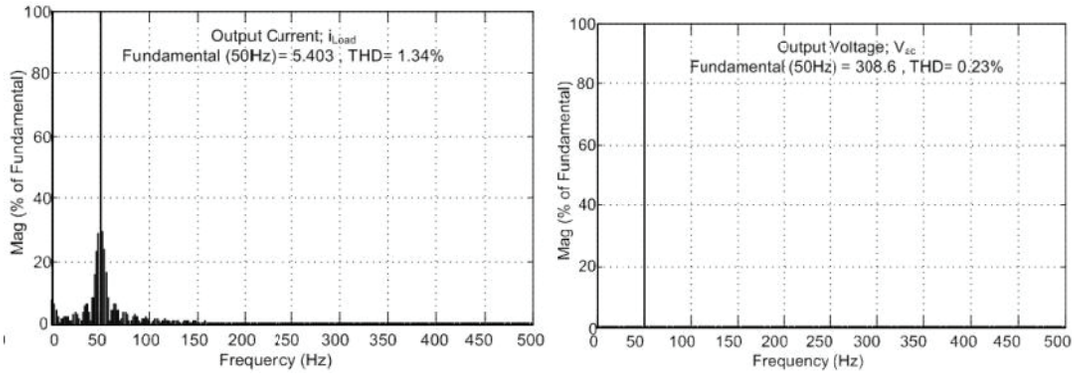
ระบบอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระที่นำเสนอแสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งจากภาพจะเห็นว่าระบบประกอบด้วยชุดกำลัง และชุดควบคุมที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อข้างต้น ซึ่งระบบควบคุมจะรับค่ากระแส และแรงดันจากอินเวอร์เตอร์มาเพื่อทำการควบคุมด้วยวงรอบกระแส และวงรอบแรงดัน สัญญาณที่ได้จะถูกนำไปมอดดูเลตด้วยเทคนิค Bipolar และจะส่งสัญญาณสับสวิตช์ออกมา จำนวน 4 ชุดเพื่อนำไปขับสวิตช์ระบบกำลังของอินเวอร์เตอร์ต่อไป

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการจำลองการทำงานอินเวอร์เตอร์ด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink ในสภาวะโหลดต่างๆซึ่งกระกอบด้วยโหลดตัวเหนี่ยวนำ โหลดตัวต้านทาน โหลดตัวเก็บประจุ และสภาวะไม่มีโหลดซึ่งแสดงดังภาพที่ 3 และตารางพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

จากผลการจำลองดังภาพที่ 4 เป็นการจำลองการทำงานอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระในสภาวะโหลดต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กรณีคือ กรณีที่ 1 การจำลองในสภาวะโหลดตัวเหนี่ยวนำกรณีที่ 2 การจำลองในสภาวะโหลดตัวต้านทาน กรณีที่ 3 การจำลองในสภาวะโหลดตัวต้านทานเกินพิกัด กรณีที่ 4 การจำลองในสภาวะโหลดตัวเก็บประจุ และกรณีที่ 5 การจำลองในสภาวะไม่มีโหลด ซึ่งจากผลการจำลองการทำงานจะเห็นได้ชัดว่าระบบอินเวอร์ที่นำเสนอสามารถควบคุมแรงดันโหลด V_{ac} ให้คงที่ได้ ในสภาวะโหลดแบบต่างๆ และในสภาวะไม่มีโหลด อีกทั้งยังให้คุณภาพไฟฟ้าที่ดี โดยค่าผิดเพี้ยนฮารมอนิกส์รวมของกระแส หรือ THDiมีค่าเท่ากับ 1.34% ส่วนค่าผิดเพี้ยนฮารมอนิกส์รวมของแรงดัน หรือ THDvมีค่าเท่ากับ 0.23% และในกรณีโหลดเกินพิกัดจะเห็นว่า กระแสจะถูกจำกัดไว้ที่พิกัด โดยโครงการนี้จะจำกัดไว้ที่ 10Amp แสดงดังภาพที่ 4 ในช่วง Region 4 จะสังเกตุเห็นว่ากระแสจะถูกจำกัดในสภาวะโหลดเกิน และทำให้แรงดันมีปริมาณลดลง เพื่อให้กำลังไฟฟ้าคงที่



ภาพที่ 3 ผลการจำลองการทำงานอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระ



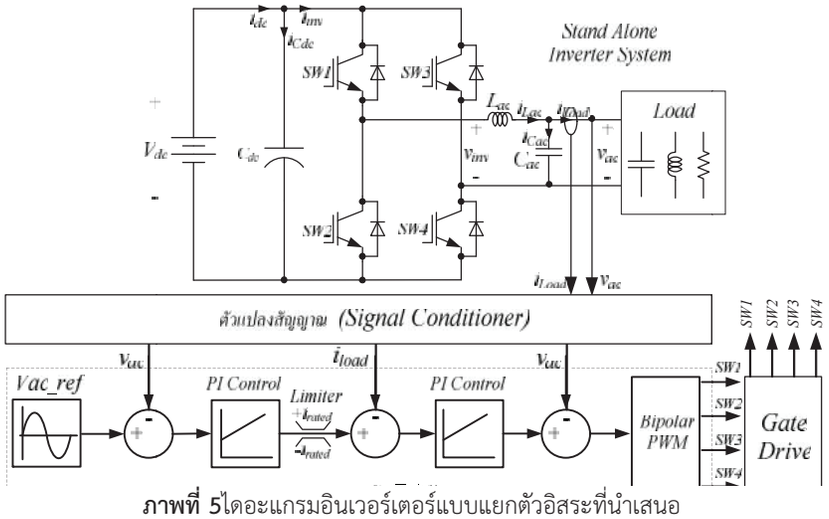
(ก) (ข)

ภาพที่ 4 ผลการจำลองการทำงาน (ก) สเปกตรัมฮาร์มอนิกส์ของกระแส (ข) สเปกตรัมฮาร์มอนิกส์แรงดัน

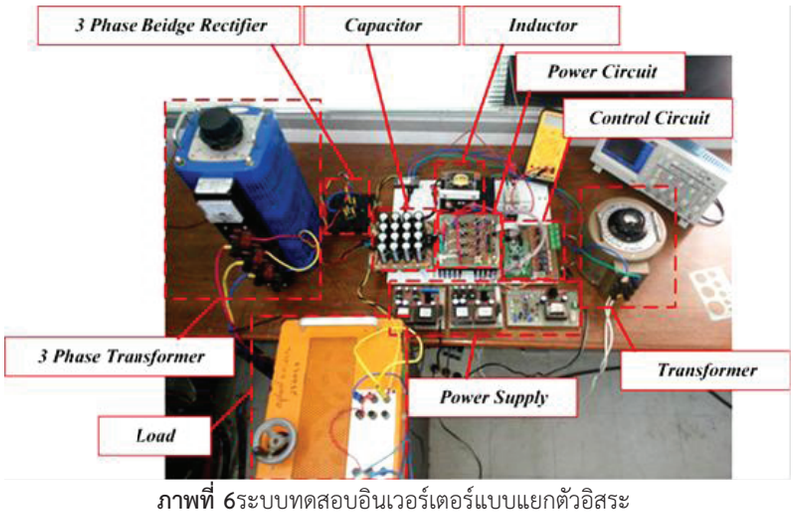
4. ผลการทดสอบ

เพื่อจะยืนยันทฤษฎี ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดสอบอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอในสภาวะคงตัว โหลดตัวต้านทาน ซึ่งระบบทดสอบประกอบไปด้วยวงจรกำลังซึ่งรวมไว้กับชุดขับเกต หรือ Gate Drive และภาควงจรควบคุมซึ่งเลือกใช้ตัวประมวลผล STM32F4Discovery รวมอยู่กับตัวแปลงสัญญาณหรือ Signal Conditioner สำหรับดีซีบัสได้มาจากวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟสผ่านไดโอดบริดจ์ซึ่งเป็นตัวแทนของดีซีบัส โดยไดอะแกรมอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอแสดงดังภาพที่ 5 และภาพระบบทดสอบชุดต้นแบบอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอแสดงดังภาพที่ 6 ตามลำดับ และสำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการทดสอบเป็นพารามิเตอร์เดียวกับการจำลองการทำงานซึ่งแสดงตารางที่ 1

การทดสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์จะทำการทดสอบโหลดตัวต้านทานขนาด 40% หรือ 400Watt และ 100% หรือ 1000Watt แสดงดังภาพที่ 7จากผลการทดสอบชุดต้นแบบอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอพบว่าสามารถรักษาแรงดันโหลดให้คงที่ได้ที่โหลดเปลี่ยนไป ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้เป็นเรื่องยืนยันเบื่องต้นเกี่ยวกับความเป็นได้ในการสร้าง ปรับปรุงแก้ไขและทดสอบต่อไป



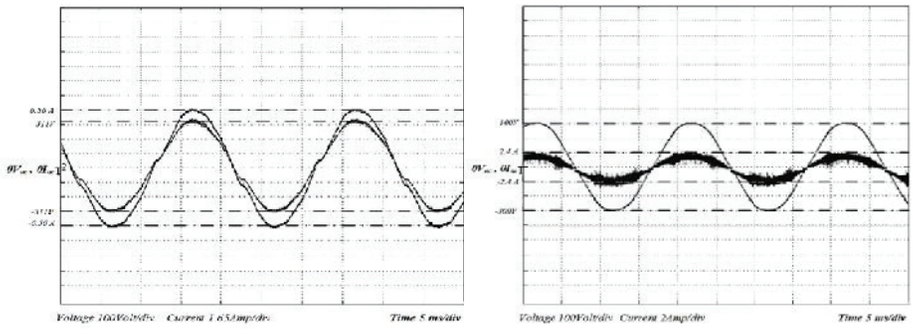
ภาพที่ 5ไดอะแกรมอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระที่นำเสนอ



ภาพที่ 6ระบบทดสอบอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระ

ตารางที่ 1รายละเอียดพารามิเตอร์ต่างๆ อินเตอร์แบบแยกตัวอิสระที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
แรงดันอินพุต / เฟส/ พิกัดกำลังอินเวอร์เตอร์	*220 V / 50 Hz/1kW*
ความถี่สวิตช์	*10 kHz*
แรงดันดีซีบัส V_{dc}	*400 V*
ตัวเหนี่ยวนำL_{ac}/R_{Lac}และตัวเก็บประจุ C_{ac} / R_{Cac}	*4.4 mH / 2.11Ohm*และ*470 uF / 0.022Ohm*
เกณฑ์ตัวควบคุมแรงดัน K_{pv} , K_{iv}*และกระแส* K_{pi} , K_{ii}	*0.925, 17.7 / 3.742, 4010.89*



(ก) (ข)

ภาพที่ 7ผลการทดสอบอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระ (ก)โหลด 100% (ข)โหลด 40%

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์และออกแบบอินเวอร์เตอร์สมรรถนะสูงอย่างง่าย สำหรับระบบพลังงานทางเลือกชนิดโซล่าโฮม สำหรับชุมชนที่ห่างไกล จากผลการจำลองและทดสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์แบบแยกตัวอิสระในสภาวะต่างๆ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสามารถควบคุมแรงดัน และจำกัดกระแสได้เป็นอย่างดีเมื่อสภาวะโหลดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด อีกทั้งระบบที่นำเสนอให้คุณภาพไฟฟ้าที่ดีโดยความผิดเพี้ยนรวมของแรงดันเท่ากับ 0.23% และความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกระแสเท่ากับ 1.34% ซึ่งผลการจำลองการทำงานเป็นเครื่องยืนยันระบบอินเวอร์แบบแยกตัวอิสระได้เป็นอย่างดีและจากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าระบบสามารถควบคุมแรงดันให้คงที่ได้ ซึ่งผลที่ได้เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุง แก้ไข พัฒนา และการนำไปใช้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณห้องปฏิบัติการ Energy Conversion and Green Technology มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ ขอบคุณนักศึกษาในโครงการ และขอบคุณทุนโครงการสนับสนุนงานวิจัย/สิ่งประดิษฐ์/โครงงานนักศึกษาเพื่อมุ่งเน้นบัณฑิตนักปฏิบัติคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kamnarn, U.; Yousawat, S.; Sreeta, S.; Muangjai, W.; Somsak, T., "Design and implementation of a distributed solar controller using modular buck converter with Maximum Power Point tracking," *Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2010 45th International* , vol., no., pp.1,6, Aug. 31 2010-Sept. 3 2010

[2] Kamnarn, U.; Srita, S.; Yousawat, S., "A low-cost microcontroller-based maximum power point tracking system with multiple-string connection for PV stand-alone applications," *Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2013 IEEE 10th International Conference on* , vol., no., pp.1343,1348, 22-25 April 2013

[3] WateeSudmee and BunlungNeammanee. “Control and Implementation of Line Side Converter for Doubly Fed Induction Generator of Wind Turbine.” ECTI-CON.on Control Engineering. (2007) : 249-252.

[4] Chong Ng, Li Ran and Lim Bumby. “Unbalanced Grid Fault Ride-Through Control for a Wind Turbine Inverter.”IEEE Transactions on Power Electronics. (2007) : 154-164.

[5] W. Leonhard. Control of Electrical Drives. 3rd ed. Germany : Springer-Verlag, 2001.

O-CP13

การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบต่อเข้าระบบกริด

Power flow Analysis of Induction Generator for Grid Connected System

ภานุพล ปิ่นรารัยนนท์ [*], ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
โทรศัพท์ 02-549-3425 โทรสาร 02-549-3422 E-mail: phanuphol1260@gmail.com , chatchai.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแบบจำลองการไหลของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิดต่อเข้ากับระบบกริด เพื่อใช้ในการทำหาขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตป้อนกลับคืนระบบจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกจะใช้ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ได้จากการวัดและทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า 6 ขั้วแม่เหล็ก ซึ่งประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ในส่วนของสเตเตอร์ โรเตอร์ และ แกนเหล็ก มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำมาทำการจำลองเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ จากผลการเปรียบเทียบพบว่าผลการจำลองของแบบที่นำเสนอและการทดสอบได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งผลการจำลองจะนำไปช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เหมาะสมมาทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบต่อเข้าระบบกริด

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ระบบกริด การไหลของกำลังไฟฟ้า

Abstract

This paper presents a power flow model of induction generator for grid connected system. In order to determine the electrical power of induction generator that is fed back into the grid connected system. Parameters of a 3 phase 6 poles squirrel cage induction motor with rated power of 1 Hp in which obtain from stator, rotor and iron-core were used in characteristic analyzing then employed to establish a mathematical model of the induction generator. The simulation results from the proposed model are compared to the results of the testing set in the laboratory. As the experimental results, it is found that the model simulation provided power flow results almost the same as the testing set. Therefore, the model can be used to support for selecting of induction generator sizing for grid connected system.

Keywords: induction generator, grid connected system, power flow

1. บทนำ

ปัจจุบันแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก VSPP ที่กำลังการผลิตไม่เกิน 10 MW ที่ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเป็นต้นกำลัง เริ่มมีการนำมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวแบบกรงกระรอก (Squirrel cage induction motor; SCIM) มาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (Synchronous Machine; SMC) อย่างแพร่หลายมากขึ้นโดยเฉพาะในเขตจังหวัดราชบุรีและนครปฐม ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้เป็นจำนวนมากจากฟาร์มเลี้ยงหมู เนื่องจากมีราคาถูก การบำรุงรักษาน้อย และการต่อเชื่อมเข้ากับระบบกริดไม่ยุ่งยาก

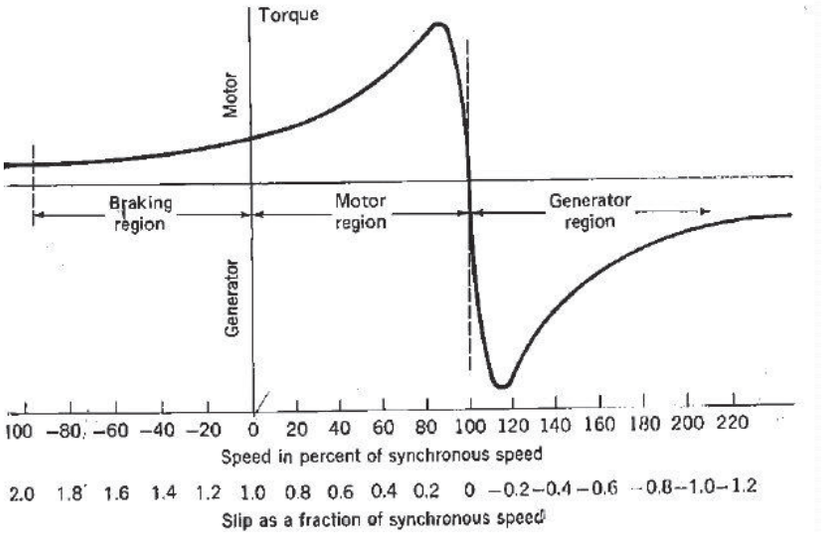
ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ สามารถทำได้สองวิธี คือ ระบบที่จ่ายโหลดจากเครื่องกำเนิดเอง (Stand alone) และระบบต่อเชื่อมเข้ากับระบบไฟฟ้าหลักหรือระบบกริด (Grid connected) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำมีข้อดี คือไม่มีต้องใช้ ไฟฟ้ากระแสตรงในการกระตุ้นเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก ราคาถูกเมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (SMC) ที่ขนาดพิกัดเท่ากัน ต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ มีโครงสร้างที่แข็งแรง [1] และสามารถต่อเชื่อมเข้ากับระบบกริดไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องทำการซิงโครไนซ์ จึงเป็นเรื่องง่ายต่อเชื่อมต่อเข้าระบบไฟฟ้าหลัก เมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส ที่ต้องซิงโครไนซ์เข้ากับระบบกริดไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ยังจำเป็นต้องได้รับกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ [2-4] และในประเทศไทย [5-7] จะวิจัยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำระบบที่จ่ายโหลดจากเครื่องกำเนิดเองหรือแบบกระตุ้นตัวเองโดยใช้คาปาซิเตอร์มาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อย่างไรก็ตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำระบบนี้จะควบคุมแรงดันไฟฟ้า และความถี่ที่ขั้วแม่เหล็กให้คงที่ได้ยาก เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง [8] จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาวิจัยการนำระบบต่อเชื่อมเข้าระบบกริด

บทความนี้นำเสนอการนำมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบต่อเชื่อมเข้าระบบกริดไฟฟ้า ข้อดีของเครื่องกำเนิดระบบนี้ คือไม่ต้องใช้คาปาซิเตอร์มาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิด แต่เครื่องกำเนิดจะได้รับกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟจากระบบกริดไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมอยู่ ผลทำให้แรงดันไฟฟ้า และความถี่ ที่ขั้วแม่เหล็กคงที่ตลอดเวลา อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของโหลดในระบบกริดไม่มีผลกระทบต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้ โดยหัวข้อที่ 2 อธิบายถึงหลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบต่อเข้าระบบกริด หัวข้อที่ 3 อธิบายการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หัวข้อที่ 4 นำเสนอแบบจำลองและการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า หัวข้อที่ 5 แสดงการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง สรุปและเสนอแนะในหัวข้อที่ 6

2. หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบต่อเข้าระบบกริด

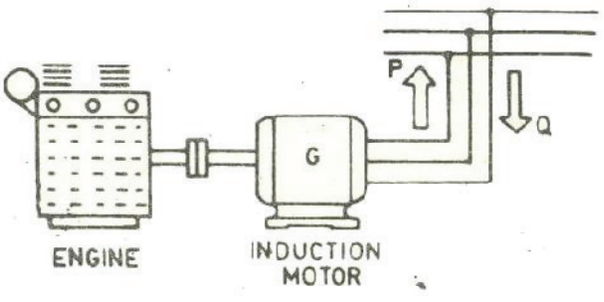
2.1 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก จะทำงานเป็นมอเตอร์ในช่วงที่ความเร็วรอบของโรเตอร์มีค่าน้อยกว่าความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุน ค่าสลิปจะเป็นบวก ในทางกลับกันถ้าความเร็วรอบของโรเตอร์มีค่ามากกว่าความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุนทำให้ ค่าสลิปเป็นลบ มอเตอร์จะทำตัวเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยกระแสไหลกลับออกจากตัวมอเตอร์ เป็นการจ่ายกำลังไฟฟ้ากลับ

ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 1 จากพฤติกรรมดังกล่าวจะเห็นว่า ถ้าสามารถควบคุมค่าสลิป (Slip) ของมอเตอร์ให้เป็นลบ มอเตอร์จะทำตัวเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 1 พฤติกรรมของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ [1]

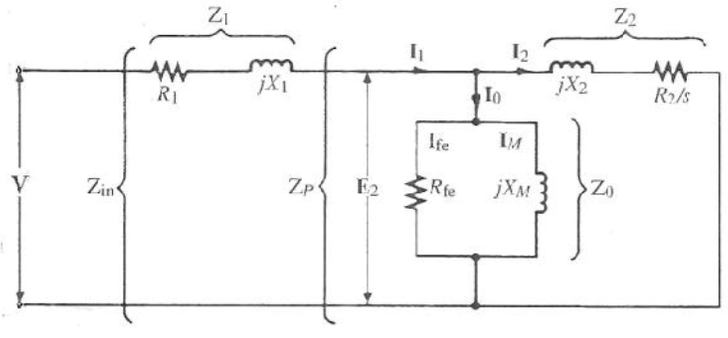
2.2 กระบวนการสร้างกำลังไฟฟ้าไหลกลับเข้าระบบกริด กระบวนการสร้างกำลังไฟฟ้าไหลกลับเข้าสู่ระบบกริดสามารถทำได้ โดยการใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังมาขับเพลาของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้ความเร็วรอบของโรเตอร์มากกว่าความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์หรือความเร็วซิงโครนัส คือทำให้สลิปเป็นลบ เมื่อต่อเข้าระบบกริด มอเตอร์ได้รับกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (ค่า *Q*) จากระบบ และผลิตกระแสไหลย้อนกลับเข้าระบบกริด จึงทำให้ทิศทางของกำลังไฟฟ้าไหลกลับเข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าเมื่อมีค่าสลิปเป็นลบ

3. การหาพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีความจำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการจำลองการไหลกลับของกำลังไฟฟ้า จากวงจรสมมูลในรูปที่ 3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบค่าเพื่อใช้งาน ซึ่งได้แก่ 1. ค่าความต้านทานของขดลวดที่สเตเตอร์ (R_1) 2. ค่าความต้านทานของขดลวดโรเตอร์ (R_2) 3. ค่ารีแอคแตนซ์ของขดลวดสเตเตอร์ (X_1) 4. ค่ารีแอคแตนซ์ของขดลวดโรเตอร์ (X_2) 5. ค่าแมกนีไตซิ่งรีแอคแตนซ์ (X_m) 6. ค่าสลิป (s) และ 7. ค่าความต้านทานแทนการสูญเสียที่แกนเหล็ก (R_{fe}) ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถหาได้ โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ด้วยการทำการทดสอบ i) DC Volt-Amp test ii) Blocked Rotor test และ iii) No-load test



รูปที่ 3 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ [9]

4. แบบจำลองและการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า

4.1 การหาขนาดและทิศทางของกำลังไฟฟ้า

จากวงจรสมมูล สามารถหาความต้านทานในส่วนต่างๆได้ดังนี้

Z_0 คือค่าอิมพีแดนซ์ ในส่วนแทนการสูญเสียของแกนเหล็ก (Magnetization branch impedance) หาได้จากสมการที่ (1)

$$Z_0 = \frac{\left(R_{fe} \times jX_m\right)}{\left(R_{fe} + jX_m\right)} \quad (1)$$

Z_1 คือค่าอิมพีแดนซ์ ในส่วนของขดลวดที่สเตเตอร์ (Stator impedance) หาได้จากสมการที่ (2)

$$Z_1 = R_1 + jX_1 \quad (2)$$

Z_2 คือค่าอิมพีแดนซ์ ในส่วนของโรเตอร์ (Rotor impedance) หาได้จากสมการที่ (3)

$$Z_2 = \frac{R_2}{S} + jX_2 \quad (3)$$

Z_P คือผลรวมของอิมพีแดนซ์ในส่วนของแกนเหล็กกับในส่วนของโรเตอร์ หาได้จาก สมการ (1)+(3) .. (4)

Z_{in} คือค่าอิมพีแดนซ์รวมของเครื่องจักรกลไฟฟ้า (Total impedance of machine) หาได้จากสมการ (2)+(4) (5)

และจากวงจรสมมูลสามารถหาขนาดและทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า ได้จากสมการ (6) และ (7)

$$P = S * COS\theta \quad (6)$$

$$S = 3VI_1^* \quad (7)$$

$$I_1 = \frac{V}{Z_{in}} \quad (8)$$

P คือ ค่ากำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องจักรกลไฟฟ้า (Active power) มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

S คือ ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏของเครื่องจักรกลไฟฟ้า (Appearance power) มีหน่วยเป็น โวลท์-แอมป์ (VA)

V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วต่อเฟสของเครื่องจักรกลไฟฟ้า (Voltage/phase) มีหน่วยเป็น โวลท์ (V)

I_1 คือ ค่ากระแสไฟฟ้าต่อเฟสของเครื่องจักรกลไฟฟ้า (Current/phase) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

หมายเหตุ: P เป็นลบ (-) หมายถึงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลเข้าระบบกริด

4.2 การสร้างแบบจำลองวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า พารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากทดสอบด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว จะถูกนำมาใช้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากวงจรสมมูล เพื่อที่จะทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ในขณะที่มีพฤติกรรมเป็นเครื่องกำเนิด โดยสามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้จากสมการ (1)-(9) [10]

ขั้นตอนการคำนวณ หาค่าสลิปจากสมการ (3)

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad (9)$$

$$Z_0 = \frac{\left(R_{fe} \times jX_m\right)}{\left(R_{fe} + jX_m\right)}; \quad Z_p = \frac{\left(Z_0 \times Z_2\right)}{\left(Z_0 + Z_2\right)}$$

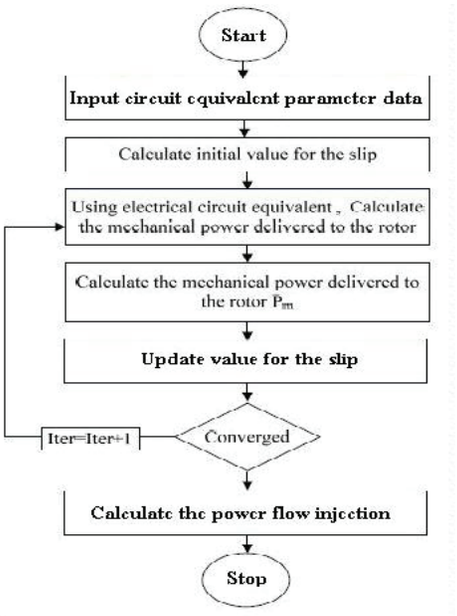
$$Z_1 = R_1 + jX_1 \text{ และ } Z_{in} = Z_1 + Z_p$$

$$\therefore \quad I_1 = \frac{V}{Z_m}$$

แทนค่า I_1 ลงในสมการที่ (7) $S = 3VI_1^*$

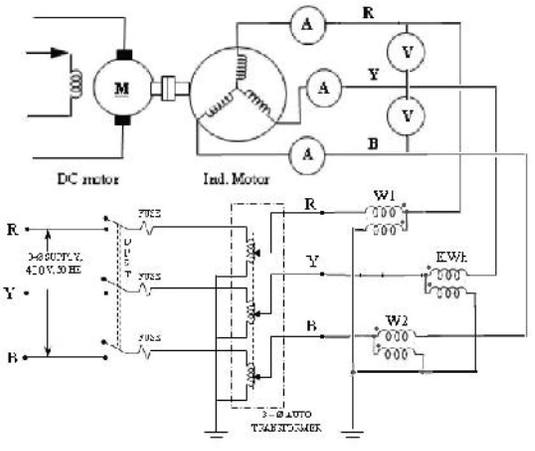
จากสมการ (1)-(9) นำมาสร้างแบบจำลองการไหลของกำลังไฟฟ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อเข้าระบบกริด โดยมีขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB ดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 เป็นชุดทดลองที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการ

ทดสอบจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 6 ขั้วแม่เหล็กขนาด 1 แรงม้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ใช้เป็นต้นกำลังแทนเครื่องยนต์ ชุดควบคุมการจ่ายไฟสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 4 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองการไหลของกำลังไฟฟ้า





รูปที่ 5 ชุดทดลองการไหลของกำลังไฟฟ้าและวงจรการต่อ

5. การทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

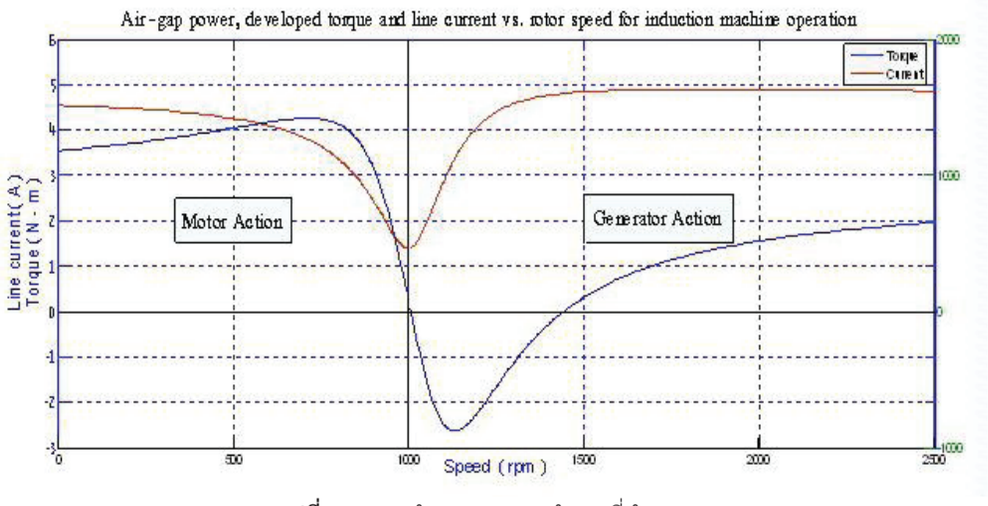
มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสแบบกรงกระรอก ที่นำมาใช้ทดสอบ มีขนาดพิกัด แรงดัน 380 โวลท์ กระแส 2.20 แอมแปร์ ความถี่ 50 เฮริท์ 6 ขั้วแม่เหล็ก 1 แรงม้า ต่อแบบสตาร์ โดยทำการทดสอบการไหลของกำลังไฟฟ้าในฟังก์ชันมอเตอร์ที่ความเร็วต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส ทดสอบในฟังก์ชันลอยตัว ที่ความเร็วเท่ากับความเร็วซิงโครนัส และทดสอบในฟังก์ชันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ความเร็วสูงกว่าความเร็วซิงโครนัส ค่าพารามิเตอร์วงจรสมมูล ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

จำนวนขั้วแม่เหล็ก (Pole)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	X_1 (Ω)	X_2 (Ω)	R_{fe} (Ω)	X_m (Ω)
6	13.13	8.225	23.86	23.86	11377.01	133.12

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับชุดทดลองที่สร้างขึ้น

Slip (%)	Rotor Speed (rpm)	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์		ชุดทดลองจริงที่สร้างขึ้น	
		I_1 (A)	Output (W)	I_1 (A)	Output (W)
-1.00	1010	1.434	-38.424	1.45	-38.00
-1.50	1015	1.469	-100.196	1.47	-96.00
-2.00	1020	1.516	-161.278	1.57	-160.00
-2.50	1025	1.570	-221.373	1.60	-210.00
-3.00	1030	1.630	-280.187	1.65	-277.00
-3.50	1035	1.708	-337.433	1.76	-336.00
-4.00	1040	1.780	-392.836	-	-
-4.50	1045	1.870	-446.135	-	-
-5.00	1050	1.958	-497.090	-	-



รูปที่ 6 ผลการจำลองจากแบบจำลองที่นำเสนอ

จากการทดสอบการไหลของกำลังไฟฟ้า โดยการทดลองจริงด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นมา และจากการจำลองการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนำผลการทดสอบในทั้งสามพฤติกรรมมาเปรียบเทียบกัน ผลของการเปรียบเทียบ ทั้งชุดทดลองจริง และโมเดลทางคณิตศาสตร์ ให้ผลลัพธ์ตรงกัน มีทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกัน

พฤติกรรมมอเตอร์ที่ความเร็วต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส จากวงจรรูปที่ 5 ใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า(W1,W2)และ เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (KWh) แบบจานหมุน ตรวจสอบทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า โดย เครื่องวัด W1 ตรวจทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไหลกลับเข้าสู่กริด เครื่องวัด W2 ตรวจทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจากกริดไหลเข้าเครื่องกำเนิด เครื่องวัด KWh ตรวจทิศทางการไหลทั้งสองทิศทาง โดยต่อขั้วมีทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าอ้างอิง W2 ผลการทดลองในฟังก์ชันมอเตอร์กำลังไฟฟ้าไหลจากกริดเข้าสู่เครื่องกำเนิด โดย เครื่องวัด KWh มีทิศการหมุนไปในทิศทางเดียวกันกับเครื่องวัด W2 ส่วนเครื่องวัด W1จะมีทิศทางตรงกันข้าม

พฤติกรรมของมอเตอร์ในกรณีที่โรเตอร์มีความเร็วเท่ากับความเร็วซิงโครนัส เมื่อปรับความเร็วต้นกำลังให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น เท่ากับความเร็วซิงโครนัส เครื่องวัด W1 และ W2 จะชี้ที่ตำแหน่งศูนย์ เครื่องวัด KWh จะหยุดนิ่งอยู่กับที่ สภาวะนี้จะมีกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ลดลงเหลือกระแสสร้างสนามแม่เหล็กเท่านั้น

พฤติกรรมของมอเตอร์ในกรณีอยู่ในสภาวะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยการเพิ่มความเร็วต้นกำลังให้โรเตอร์มีความเร็วมากกว่าความเร็วซิงโครนัส สภาวะนี้กำลังไฟฟ้าจะไหลจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบกริด โดยเครื่องวัด KWh จะหมุนกลับทิศทาง เครื่องวัดW1 จะแสดงขนาดค่ากำลังไฟฟ้าไหลกลับ เครื่องวัด W2 มีทิศทางเหมือน KWh

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอสามารถจำลองการไหลของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบต่อเข้าระบบกริดที่สร้างขึ้นมา มีถูกต้องและมีความแม่นยำ สามารถนำไปช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำมาทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำแบบต่อเข้าระบบกริด

อย่างไรก็ตามในการทำวิจัยยังมีข้อจำกัดในการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาขับ ซึ่งยังไม่ถึงพิกัดสูงสุด แต่ผลที่ได้ในพิกัดที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถขับได้มีความถูกต้อง ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการจำลอง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kulandhaivelu, S.; Ray, K. K.; Jyothi, P.; Jayachitra, S.; Rao, V.N., "Experimental evaluation of capacitance value; to self-excite the induction motor operating as generator in wind energy conversion," *Emerging Trends in Electrical and Computer Technology (ICETECT), 2011 International*

[2] Barrado, J.A.; Grino, R.; Valderrama, H.; , "Standalone Self-Excited Induction Generator with a Three-Phase Four-Wire Active Filter and Energy Storage System," *Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.600-605, 4-7 June 2007

[3] Alghuwainem, S.M. , "Steady-state analysis of an isolated self-excited induction generator supplying an induction motor load," *Electric Machines and Drives, 1999. International Conference IEMD '99*, vol., no., pp.351-353, May 1999

[4] Al-Saffar, M.A.; Eui-Cheol Nho; Lipo, T.A.; , "Controlled shunt capacitor self-excited induction generator," *Industry Applications Conference, 1998. Thirty-Third IAS Annual Meeting. The 1998 IEEE* , vol.2, no., pp.1486-1490 vol.2, 12-15 Oct. 1998

[5] วุฒิชัย รอดพุ่ม และคณะ “ค่าตัวเก็บประจุชดเชยที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตนเอง” งานประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่31 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและมหาวิทยาลัยศรี ปทุมหน้าที่ 343-346

[6] ยุทธนา ขำสุวรรณ์ และคณะ “การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นตัวเอง” งานประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 31 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และมหาวิทยาลัยศรีปทุม หน้าที่ 173-176

[7] ประสิทธิภาพ ปัญญานันท์ และคณะ. “การศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสแบบกระตุ้นด้วยตัวเองโดยใช้ ตัวเก็บประจุอนุกรมขนาน” งานประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 28มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ หน้าที่ 585-588

[8] Ouazenne, L.; McPherson, G., "Analysis of the Isolated Induction Generator," *Power Engineering Review, IEEE* , vol.PER-3, no.8, pp.59,59, Aug. 1983

[9] Cathey.Jimmie J.Electrical machines analysis and design applying Matlab Internation ed.2001

[10] Hubert,CharlesL.ElectricalMacminesTheory,Operation,Applications,Adjustment,and Control 2nd ed. New Jersey: 2002.

O-CP14

การผลิตไฟฟ้าชุมชนขนาด 1 เมกะวัตต์จากก๊าซชีวมวลโดยใช้หญ้าเนเปียร์

1 MW community electricity production from producer gas by using Napier grass

สหัถยา ทองสาร*

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
E-mail: sahatayal@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การลดการพึ่งพาด้านพลังงานนับว่าเป็นการพัฒนาประเทศที่มั่นคงและยั่งยืน รัฐบาลได้มีโครงการสนับสนุนในการผลิตไฟฟ้าชุมชนจากหญ้าเนเปียร์ เนื่องจากหญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าเขตร้อนที่มีอายุหลายปี ทนต่อความแห้งแล้ง ให้ผลผลิตสูงประมาณ 14 ตันต่อไร่ต่อปี มีสารอาหารในปริมาณมาก เก็บเกี่ยวได้ 2 รอบต่อปี ค่าความจุความร้อนของหญ้าเนเปียร์ (Low Heating Value) คือ 2,629 kcal/kg ที่ความชื้นร้อยละ 25 ดังนั้นหญ้าเนเปียร์สามารถนำเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ทั้งกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันและก๊าซชีวภาพ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ การผลิตไฟฟ้าชุมชนขนาด 1 MW จากหญ้า เนเปียร์โดยผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นนั้นมีองประกอบหลักที่ควรพิจารณาอยู่ 2 ด้านคือ ระบบผลิตไฟฟ้า และแหล่งพลังงานที่จะป้อนโรงไฟฟ้า 1) ระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วยเตาผลิตก๊าซชีวมวลชนิดไหลลงซึ่งเชื่อมต่อกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวมวล 2) แหล่งพลังงานในที่นี้จะใช้หญ้าเนเปียร์ และกำหนดให้เดินระบบ 12 ชั่วโมงต่อวัน ด้วย capacity factor ร้อยละ 70 ผลการศึกษาสรุปได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการผลิตไฟฟ้าของระบบคือ ร้อยละ 15 จะต้องใช้หญ้าเนเปียร์ประมาณ 2.18 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ใช้หญ้าเนเปียร์อย่างน้อย 6,684 ตันต่อปี โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกหญ้าเนเปียร์ประมาณ 500 ไร่

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าชุมชน, ก๊าซชีวมวล, หญ้าเนเปียร์

1.บทนำ

การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง โดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด คือร้อยละ 49.7 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาคือ พลังงานไฟฟ้า และจากรายของศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงานและสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สป.พน. รายงานว่าการผลิตไฟฟ้าในปี 2557 คาดว่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.1 ตามภาวะเศรษฐกิจที่คาดว่าจะมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องจาการฟื้นตัวของเศรษฐกิจโลก สำหรับการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 67 ได้แก่โรงไฟฟ้าวังน้อย โรงไฟฟ้าจะนะ บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด รวมทั้งโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Cogeneration) ของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) มีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 3,421 เมกะวัตต์ การที่ระบบการผลิตไฟฟ้าของประเทศพึ่งพาแหล่งพลังงานเดียวในสัดส่วนที่สูงมากเช่นนี้จะทำให้เกิดความเสี่ยงสูงหรือเกิดความไม่มั่นคงทางด้านพลังงาน นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงสังคมและสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศจึงจำเป็นต้องมองหาแหล่งพลังงานใหม่มาทดแทนพลังงานรูปแบบเดิมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้นรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองนโยบายด้านพลังงาน กระทรวงพลังงานจึงเร่งดำเนินโครงการหลายโครงการในปีที่ผ่านมา เช่น โครงการผลิตไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน โครงการวิสาหกิจชุมชนจากพืชพลังงาน (หญ้าเนเปียร์) สำหรับพืชพลังงานนั้น พพ. อยู่ระหว่างดำเนินโครงการศึกษาวิจัยต้นแบบวิสาหกิจชุมชนสีเขียวจากพืชพลังงาน (ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน) โดยส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มกันเป็นวิสาหกิจชุมชนหรือสหกรณ์การเกษตรทำการปลูกพืชพลังงาน [1] สำหรับเทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปพลังงานชีวมวลจำพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เช่น หญ้า ฟางข้าว หญ้าเนเปียร์ หรือเศษวัสดุทางการเกษตรทั้งหลาย นิยมเปลี่ยนรูปพลังงานแบบเคมีความร้อน เช่น การเผาไหม้โดยตรง แก๊สซิฟิเคชัน และไพโรไลซีส อีกวิธีการหนึ่งคือเปลี่ยนรูปพลังงานทางชีวเคมี ได้แก่ การหมักแบบไร้อากาศ เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพหรือเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นต้น จากการที่หญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตสูงคือประมาณ 14 ตันต่อไร่ต่อปี มีสารอาหารในปริมาณมาก และมีค่าความร้อนที่สามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ [2]

จากการศึกษาของสหัถยา ลาดปาละ และคณะ พบว่า หนึ่งหมู่บ้านจะมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย 2,780 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โรงไฟฟ้าระดับตำบลจึงควรมีขนาดประมาณ 100 กิโลวัตต์ต่อหนึ่งหมู่บ้านและจำนวนหมู่บ้านเฉลี่ยในหนึ่งตำบลของเขตภูมิภาคมีประมาณ 10 หมู่บ้าน ซึ่งไม่รวมจังหวัดนนทบุรี เนื่องจากในหนึ่งตำบลมีจำนวนหมู่บ้านที่แตกต่างจากจังหวัดอื่นมาก[3] ดังนั้น หนึ่งตำบลควรมีการผลิตไฟฟ้าอย่างน้อย 1 เมกะวัตต์ การผลิตไฟฟ้าชุมชนจากหญ้าเนเปียร์ที่มีกำลังการผลิตไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ สามารถทำได้โดยการหมักแบบไร้อากาศ แล้วนำก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเชื้อเพลิงหลัก และปรับปรุงคุณภาพก่อนที่จะนำเข้าสู่เครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งคือ นำมาผ่านกระบวนการ แก๊สซิฟิเคชัน เพื่อให้ได้ก๊าซชีวมวล ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักในก๊าซเชื้อเพลิงนี้ หลังจากนั้นนำมาผ่านระบบทำความสะอาดก่อนที่จะส่งเข้าเครื่องยนต์สันดาปภายในเช่นเดียวกับก๊าซชีวภาพ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ การผลิตไฟฟ้าชุมชนขนาด 1 เมกะวัตต์จากก๊าซชีวมวลโดยใช้หญ้าเนเปียร์ โดยต้องการนำเสนอรูปแบบการผลิตไฟฟ้าชุมชนจากหญ้าเนเปียร์ผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ทั้งด้านเทคโนโลยีและการจัดการเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หญ้าเนเปียร์ ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่ไม่รุนแรงทำให้สามารถทำการเกษตรได้ผลผลิตสูงและจากการเป็นประเทศเกษตรกรรมทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หรือพืชโตเร็วที่มีศักยภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนของประเทศ วัตถุดิบทางการเกษตรเหล่านี้ มีองค์ประกอบหลักประเภทลิกโนเซลลูโลส ที่ประกอบด้วย เซลลูโลส (40-60%) ซึ่งเซลลูโลสนั้นเป็นเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืช ซึ่งถูกสร้างขึ้นอย่างสม่ำเสมอโดยขบวนการสังเคราะห์แสง ปริมาณที่พบจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดและส่วนของพืช พบตามผนังเซลล์ของพืชทุกชนิดมีหน้าที่ช่วยทำให้พืชแข็งแรง

โดยที่เซลลูโลสนั้นจะเป็นโฮโมโพลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นสายตรง ส่วนเฮมิเซลลูโลส (20-30%) นั้นมีลักษณะเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ของน้ำตาลเพนโทส (Pentose) ซึ่งส่วนมากเป็นดี –ไซแลน (D - xylan) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลไซโลส (Xylose) หลายๆ โมเลกุลต่อกันด้วยพันะะบีต้า1, 4- ไกลโคซิดิก สายพอลิเมอร์ของเฮมิเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเฮทเทอร์โรจีเนียส โดยประกอบด้วยโพลิแซคคาไรด์หลายชนิดปนกัน (Blanchette and Ander, 1990) และสุดท้าย ลิกนิน (15-30%) เป็นสารประกอบอะโรมาติกที่พบในส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช แต่จะแตกต่างกันตามชนิดของพืช โดยจะพบร่วมกับเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ส่วนลิกนินนั้นจะเป็นส่วนที่ป้องกันเซลลูโลสไม่ให้ถูกย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งเรียกรวมกันว่า ลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ซึ่งยังเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน (Cowling and Kirk, 1976; Dekker, 1983; Kirk, 1983) และในปัจจุบันนี้มีพืชตัวหนึ่งที่น่าสนใจมากในขณะนี้ คือ หญ้าเนเปียร์ เป็นหญ้าเขตร้อนที่มีอายุหลายปี มีทรงต้นเป็นกอตั้งตรงคล้ายอ้อย ขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์ หญ้าเนเปียร์มีหลายสายพันธุ์ คือ หญ้า เนเปียร์ธรรมดา(*Pennisetum purpureum*) หญ้าเนเปียร์แคระ (*P. Purpureum cv. Mott*) และหญ้าเนเปียร์ลูกผสม (*P. purpureum x P. americanum*) ซึ่งมี 2 สายพันธุ์ คือ เนเปียร์ยักษ์ (King grass) และ บาน่า (Bana grass) หญ้าเนเปียร์ธรรมดาและหญ้าเนเปียร์ลูกผสม เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สูงประมาณ 3-4 เมตร ส่วนหญ้าเนเปียร์แคระ จะมีการแตกกอดี มีส่วนของใบมากกว่าต้นและออกดอกก่อนสายพันธุ์อื่นๆ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สูงถึง 1-2 เมตร



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์นั้นมีอัตราการเจริญเติบโตมากและรวดเร็วถึง 2 รอบการเก็บเกี่ยวต่อปี ให้ค่าผลผลิตสูงถึง 14 ตัน / ไร่ /ปี สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 42% เมื่อเทียบกับการใช้ชีวมวลแบบดั้งเดิมและยังมีสารอาหารในปริมาณมากกว่าพืชที่มีองค์ประกอบลิกโนเซลลูโลสชนิดอื่น ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลอื่นๆ ที่ไม่ได้ใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับมนุษย์แล้ว (เช่น ชานอ้อย ฟางข้าวและกากผลปาล์มน้ำมัน เป็นต้น) หญ้าเนเปียร์จึงเป็นชีวมวลที่มีศักยภาพนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ หรือนำมาเป็นเชื้อเพลิง [2]

2.2 แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) เทคโนโลยีก๊าซชีวมวล (Gasification technology) เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซชีวมวล ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในที่จำกัดอากาศ โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกลายเป็นก๊าซโปรดิวเซอร์ หรือเชื้อเพลิงก๊าซ (Fuel gas) มีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซโปรดิวเซอร์ที่มีค่าความร้อนปานกลางสามารถนำไปใช้เป็นสารสังเคราะห์ เพื่อใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่ง หรือสามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิตเป็นสารเคมี หรือผลิตแอมโมเนียหรือนำไปทำปุ๋ย ส่วนโปรดิวเซอร์ก๊าซที่มีค่าความร้อนต่ำก็จะนำมาใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าและความร้อน [4]

สำหรับการผลิตไฟฟ้ามีหลายรูปแบบ เช่น นำก๊าซโปรดิวเซอร์มาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ แล้วนำความดันที่ได้จากหม้อไอน้ำเป็นต้นกำลังสำหรับกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) หรือนำก๊าซโปรดิวเซอร์มาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซ (Gas engine) ซึ่งอาจจะดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine) หรือเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน (Gasoline engine) เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือนำก๊าซโปรดิวเซอร์มาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกังหันก๊าซ (Gas turbine) ซึ่งเทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปชีวมวลมาเป็นไฟฟ้าสามารถทำได้

วิธีที่นิยมในการนำก๊าซโปรดิวเซอร์มาผลิตไฟฟ้าคือ นำก๊าซโปรดิวเซอร์มาเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ก๊าซ และเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ แต่การนำก๊าซโปรดิวเซอร์ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ก๊าซ เพื่อผลิตไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าการใช้หม้อไอน้ำ ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเชื้อเพลิงชีวมวลนั้น เหมาะสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จึงเหมาะกับชุมชนหรืออุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็ก เนื่องจากข้อจำกัดด้านการให้ความร้อนต่อหน่วยต่ำ และจะพบปัญหาในเรื่องของน้ำมันดิน (Tar) ที่ออกมาพร้อมกับการเผาไหม้ ดังนั้นระบบที่ดีควรมีการกำจัดน้ำมันดินที่มีประสิทธิภาพ [5]

การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวมวล โดยใช้เครื่องยนต์ก๊าซโปรดิวเซอร์นั้น จะประกอบด้วยส่วนสำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ

1. เครื่องผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ที่จะแปลงเชื้อเพลิงชีวมวลแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซ ซึ่งจะรวมระบบทำความสะอาดก๊าซโปรดิวเซอร์ไว้ด้วย
2. เครื่องยนต์ เช่น เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน หรือ เครื่องยนต์ดีเซล การใช้งานยังคงใช้อากาศผสมกับก๊าซโปรดิวเซอร์ ในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้กำลังที่ได้จากเครื่องยนต์มาเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [6]

ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากเทคโนลียีก๊าซชีวมวล

จากการศึกษาพบว่าเครื่องผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์ที่ทำงานได้อย่างเหมาะสมนั้นสามารถผลิตก๊าซโปรดิวเซอร์อุณหภูมิปกติ มีประสิทธิภาพ (Gasification efficiency, η_g) ประมาณร้อยละ 75 [6]

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานของเครื่องยนต์ (η_e) จะอธิบายในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric efficiency, η_v) เป็นค่าที่วัดสมรรถนะของชุดกระบอกสูบ ลูกสูบและวาล์วไอดี (Intake valve) ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ดูดก๊าซ ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรหาได้จากอัตราส่วนของมวลของส่วนผสมอากาศ เชื้อเพลิงที่ไหลเข้ากระบอกสูบใน 1 ช่วงชักของลูกสูบต่อมวลของส่วนผสมเดียวกันที่บรรจุเต็มปริมาตรสุดช่วงชักของลูกสูบ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่บ่งชี้ (Indicated thermal efficiency, η_t) เป็นอัตราส่วนของกำลังงานที่เกิดขึ้นจริงจากลูกสูบต่อค่าความร้อนในของผสมของอากาศและเชื้อเพลิง

ประสิทธิภาพเชิงกล (Mechanical efficiency, η_m) เป็นอัตราส่วนของกำลังงานที่เกิดขึ้นจริงที่เพลาต่อกำลังงานที่ได้จากลูกสูบ

ดังนั้นประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Engine efficiency, η_e) หาได้จากสมการที่ (1)

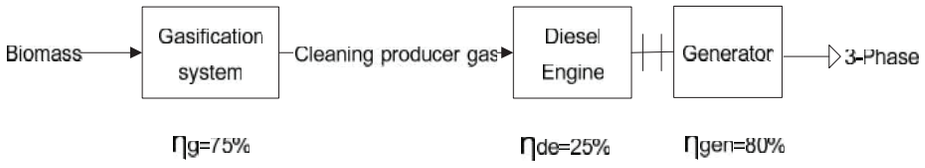
$$\eta_e = \eta_v \times \eta_t \times \eta_m \qquad (1)$$

ประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน จะมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ขนาด และสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ กรณีเครื่องยนต์ดีเซลจะมีประสิทธิภาพ (Diesel engine efficiency, η_{de}) ประมาณร้อยละ 25 ส่วนเครื่องยนต์เบนซินจะมีประสิทธิภาพ (Gasoline engine efficiency, η_{ge}) ประมาณร้อยละ 15 และประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator efficiency, η_{gen}) เท่ากับร้อยละ 80 ดังนั้นประสิทธิภาพรวมของทั้งระบบ (Efficiency, η) คือ

$$\eta = \eta_g \times \eta_e \times \eta_{gen} \text{ [6]} \qquad (2)$$

3. วิธีการศึกษา

3.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวมวล



รูปที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวมวล [6]

จากรูปที่ 2 เป็นส่วนประกอบหลักของเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวมวล ซึ่งประกอบด้วย

1. เตาผลิตก๊าซชีวมวลชนิดไหลลง กำหนดให้ประสิทธิภาพของเตาผลิตก๊าซชีวมวลเท่ากับร้อยละ 75
2. เครื่องยนต์ดีเซลที่ปรับเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงก๊าซชีวมวล มีประสิทธิภาพร้อยละ 25
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำหนดให้มีประสิทธิภาพร้อยละ 80
4. ประสิทธิภาพรวมของระบบคือ ร้อยละ 15
5. กำหนดให้มีการเดินระบบผลิตไฟฟ้าทั้งหมด 12 ชั่วโมงต่อวัน
6. การทำงานของระบบคิดที่ความสามารถทำงานได้ทั้งหมด ร้อยละ 70 ต่อปี (Capacity factor 70%)

3.2 แหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่จะนำส่งสู่ระบบผลิตไฟฟ้า หญ้าเนเปียร์ ให้ผลผลิตสูงประมาณ 14 ตันต่อไร่ต่อปี เก็บเกี่ยวได้ 2 รอบต่อปี ค่าความจุความร้อนของหญ้าเนเปียร์ (Low Heating Value) คือ 2,629 kcal/kg ที่ความชื้นร้อยละ 25

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาสรุปได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการผลิตไฟฟ้าของระบบคือ ร้อยละ 15

กำลังไฟฟ้า 1,000 kW (1 MW) / 0.15 = 6,667 kW

หรือ 6,667 kW x 3,600 (1 hour) = 24,001,200 kJ

หรือ 24,001,200 kJ / 4.1868 kJ = 5,732,588 kcal

ถ้าค่าความร้อนของหญ้าเนเปียร์ คือ 2,629 kcal/kg

ดังนั้นต้องใช้ หญ้าเนเปียร์ทั้งหมด 5,732,588 kcal / 2,629 kcal/kg = 2,180 kg

ในการเดินระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์ต้องใช้หญ้าเนเปียร์ทั้งหมด 2,180 kg/hr

จะต้องใช้หญ้าเนเปียร์ประมาณ 2.18 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

ถ้าเดินระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน

นั่นหมายถึงต้องใช้หญ้าเนเปียร์อย่างน้อย 26.16 ตันต่อวัน หรือ 26.16 x (70 / 100) x 365 = 6,684 ตันต่อปี

ถ้าหญ้าเนเปียร์ ให้ผลผลิตสูงประมาณ 14 ตันต่อไร่ต่อปี

ดังนั้นจะใช้พื้นที่เพาะปลูกหญ้าเนเปียร์ทั้งหมด = 6,684/14 = 478 ไร่ หรือพื้นที่ประมาณ 500 ไร่

ตารางที่ 1 สรุปผลการศึกษาการผลิตไฟฟ้าชุมชนขนาด 1 เมกะวัตต์จากก๊าซชีวมวลโดยใช้หญ้าเนเปียร์

Parameters	Values	Units
Downdraft gasification power plant	1,000	kW (1 MW)
Overall efficiency	15	%
Capacity factor	70	%
Lower heating value of Napier grass	2,629	kcal/kg
Consumption rate of Napier grass	2.18	kg/kWhr
Total consumption rate of Napier grass	6,684	tons/year
Operating hour	12	hr/day
Yield of Napier grass	14	tons/year
Plantation area (about)	500	Rai

5. สรุปผลการศึกษา

การจะสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับประเทศต้องเริ่มจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีและแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในประเทศเป็นหลัก เพื่อลดความเสี่ยงด้านการพึ่งพาทั้งเทคโนโลยีและแหล่งพลังงานโดยพิจารณาตามศักยภาพของประเทศ ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตที่มีแสงแดดตลอดปี ทำให้เหมาะสมต่อการเพราะปลูก จะเห็นว่าเราสามารถเพราะปลูกได้แทบทุกพื้นที่ของประเทศ ดังนั้นถ้าพิจารณาว่าพืชซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวบนโลกที่สามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเก็บสะสมไว้ในรูปพลังงานเคมีได้ เราจะมีวิธีการใดในการเปลี่ยนรูปพลังงานเคมีเหล่านี้มาเป็นพลังงานที่เราต้องการใช้เพื่อพัฒนาประเทศต่อไป จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่าแต่ละตำบลต้องการไฟฟ้าอย่างน้อย 1 เมกะวัตต์ ถ้าเราใช้เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจาก ก๊าซชีวมวล โดยกำหนดให้เป็นแบบ Downdraft gasification technology ที่มีประสิทธิภาพของระบบประมาณร้อยละ 15 โดยใช้หญ้าเนเปียร์ที่มีผลผลิตประมาณ 14 ตันต่อไร่ต่อปี สามารถเก็บเกี่ยวได้ 2 รอบต่อปี และมีค่าความร้อน (Lower heating value) อยู่ที่ 2,629 kcal/kg ที่ความชื้นร้อยละ 25 และกำหนดให้เดินระบบ 12 ชั่วโมงต่อวัน ด้วย capacity factor ร้อยละ 70 จะต้องใช้หญ้าเนเปียร์ประมาณ 2.18 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง หรือ 6,684 ตันต่อปี โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกหญ้าเนเปียร์ทั้งหมด ประมาณ 500 ไร่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน “สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม 2557” พ.ศ. 2557 http://.www.dede.go.th

[2] ณัฏฐาพันธุ์ สวัสดี “การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์” วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หน้า 4- 6 พ.ศ. 2554

[3] สหัถยา ลาดปาะล นิพนธ์ เกตุจ้อย และวัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร “การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวมวล” การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2 วันที่ 27-29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา หน้า ENETT49-037 (1-6) พ.ศ. 2549

[4] McKendry, P., “Energy Production from Biomass: Conversion Technologies”, 2001

[5] LRZ Ltd., “Drowndraft Gasification under 200 kWe,” ETSU.B/M3/00388/04/Rep, 1993

[6] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, “โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน: ระบบเครื่องยนต์ก๊าซโปรดิวเซอร์จากชีวมวล,” หนังสือชุดพลังงานยั่งยืน เล่ม 1, พ.ศ. 2544

O-CP15

การออกแบบ และใช้งานพลังงานทดแทนเพื่อใช้งานโหลดกระแสตรงและสลับร่วมกัน

Design and Use Renewable Energy for DC and AC Load

รุ่งเพชร ก่องนอก[1]* ดุสิต อุทิศสุนทร[2] สุทธินันท์ ต้นโพธิ์[1] และรุ่งเรือง วังไธสง[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา E-mail: krungphet@gmail.com
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาราชภัฏบุรีรัมย์ E-mail: dusit.sut@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ เสนอการออกแบบการใช้พลังงานทดแทนสำหรับใช้งานโหลดไฟฟ้าร่วมกันระหว่างกระแสตรงและกระแสสลับ เพื่อให้การใช้งาน และกำลังสูญเสียจากการเปลี่ยนพลังงาน ค่าใช้จ่ายการติดตั้ง โซล่าเซลล์อย่างเหมาะสม โดยใช้พลังงานพื้นฐานเดิม เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนไฟฟ้าที่อำนวยสะดวกใช้พลังงานกระแสสลับ ซึ่งจะช่วยให้ลดค่าใช้จ่าย และค่าความสูญเสียจากอินเวอร์เตอร์ลงได้ และหากอินเวอร์เตอร์ชำรุดระบบไฟฟ้าที่จำเป็นที่ใช้งานยังสามารถทำงานต่อไปได้ จากการทดสอบการใช้งานโซล่าเซลล์แบบติดตั้งเดี่ยว โหลดรวม 640 วัตต์ ช่วงการใช้งานสูงสุดที่เวลา 19.00 - 22.00 น. ใช้กำลังสูงสุด 230 วัตต์ กำลังไฟฟ้าใช้งานจริงรวม 580 วัตต์ ใช้แบตเตอร์รี่ 125 แอมแปร์ - ชั่วโมง 4 ลูก อินเวอร์เตอร์แบบคลื่นซายด์สมบูรณ์ ขนาด 500 วัตต์ จากการใช้งานใช้อินเวอร์เตอร์มีกำลังวัตต์ที่ต่ำลง ทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลดลงด้วย เมื่อทำการทดสอบให้อินเวอร์เตอร์ชำรุด ระบบไฟฟ้าพื้นฐานที่ใช้งานสามารถทำงานได้ตามปกติ ส่วนระบบอำนวยความสะดวกอื่นต้องรอแก้ไขอินเวอร์เตอร์ให้แล้วเสร็จก่อนจึงสามารถทำงานได้

คำสำคัญ: การใช้งานโหลดไฟฟ้าร่วมกัน, กำลังสูญเสียจากการเปลี่ยนพลังงาน

1. บทนำ

การใช้พลังงานในปัจจุบัน เป็นพลังงานที่ได้มาจากการทับถมของซากพืช ซากสัตว์ หรือที่เรียกว่าพลังงานฟอสซิลเป็นหลัก จากสถิติการใช้พลังงานของกระทรวงพลังงาน และพลังงานในภาพรวมของโลก พบว่าพลังงานดังกล่าว จะมีให้ใช้ได้อีกประมาณ 40 ปี เห็นได้ว่า หากมีการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง จะทำให้อนาคตอันใกล้ พลังงานจากฟอสซิลที่มีอยู่ก็จะลดลง และในที่สุดเราจะไม่มีพลังงานใช้อีกต่อไป ทางออกของปัญหาดังกล่าว จึงน่าจะเป็นการเสาะหาพลังงานทางเลือก หรือพลังงานทดแทน เพื่อช่วยให้สถานการณ์พลังงาน ของประเทศหรือของโลก เป็นไปในแนวทางที่ดีขึ้น พลังงานทางเลือกมีใช้งานอย่างหลากหลาย ประกอบด้วย พลังงานจากลม พลังงานจากน้ำ และพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประเทศไทย เป็นประเทศที่เหมาะสมมากสำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า เพราะในรอบปี ประเทศไทยมีแสงแดดอย่างพอเพียง สำหรับการผลิตไฟฟ้า อีกทั้งค่าการบำรุงรักษาไม่สูงมากนัก

2. ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานทดแทนและอุปกรณ์ที่ใช้งาน พลังงานทดแทนถูกคิดค้น วิจัย และพัฒนา เพื่อนำมาแทนพลังงานจากฟอสซิล ที่ใช้แล้วหมดไป หรือทำให้เกิดมลพิษ เพราะเป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อมลพิษ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เช่น พลังงานแสงอาทิตย์(โซล่าเซลล์) กังหันลม บ่อชีวมวล ฯลฯ ซึ่งเป็นพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติ สามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัด พลังงานเหล่านี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้เกิดประโยชน์ และประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การนำซิลิกอนราคาถูก มาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำเป็นแผ่นบางที่เรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซล่าเซลล์ รับแสงตกกระทบแผ่นเซลล์แล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเป็นต้น

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานของแสงและพลังงานของความร้อนที่แผ่รังสีมาจาก พลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ พลังงานที่เกิดจากแสงและพลังงานที่เกิดจากความร้อน

1. พลังงานที่เกิดจากแสง รูปแบบการนำพลังงานของแสงอาทิตย์มาใช้งานแบ่งอย่างกว้างๆ เป็น 2 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับวิธีการในการจับพลังงานแสง การแปรรูปให้เป็นพลังงานอีกรูปหนึ่ง และการแจกจ่ายพลังงานที่ได้ใหม่ นั้นรูปแบบแรกเรียกว่า เป็นการใช้วิธีการของโฟโตโวลต้าอิคส์

2. พลังงานที่เกิดจากความร้อน หรือเรียกว่า solar thermal เป็นการเปลี่ยนพลังงานของแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนโดยตรงอีกรูปแบบหนึ่งก็คือ พาสซีฟโซลาร์ เป็นวิธีการใช้ประโยชน์ทางอ้อม

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ต้องวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์สำหรับประเทศไทยมีการวิจัยและการทดลองจากหลายหน่วยงาน พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมเอียงสำหรับประเทศไทยคือ มุม 15 องศา หันทางทิศใต้

2.2 ความสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ (หรือแสงจากหลอดไฟ) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ได้โดยตรง เมื่อแสงตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะผลิตไฟฟ้าได้ทันที ไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current) เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable Energy) เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าสะอาดและไม่สร้างมลภาวะเป็นพิษขณะใช้งาน ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม ทำการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไว้กลางแดดก็สามารถใช้งานได้ การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สร้างเสียง หรือมีส่วนเคลื่อนไหวรบกวน และไม่เคยมีการคัดค้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากทำงานโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มนุษย์ได้มาฟรีและไม่สิ้นสุด อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานกว่า 20 ปี ดังนั้นเมื่อลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เราก็จะเสียค่าใช้จ่ายเพียงส่วนนี้เท่านั้น

2.3 การเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า รังสีของดวงอาทิตย์ประกอบด้วยอนุภาคของพลังงานที่เรียกว่า "โฟตอน"(Photon) โดยโฟตอนจะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์ จนอยู่ในสถานะ Excited State เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนแล้วจะกระโดดออกมาจากอะตอม เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ขั้วไฟฟ้า (Electrode) ที่อิเล็กตรอนมารวมกัน และเคลื่อนที่ผ่านเรียกว่า "ขั้วลบ" และขั้วที่อยู่ตรงข้ามจะเรียกว่า "ขั้วบวก" เมื่อขั้วทั้ง 2 ถูกต่อคั่นด้วยหลอดไฟฟ้าก็จะทำให้มี

แสงสว่างเกิดขึ้น สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันคือสารซิลิคอน เพราะมีราคาต่ำ หาได้ง่ายในธรรมชาติ ซึ่งมีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้อย่างแพร่หลาย เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ หรือการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น

2.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบ หรือคำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ ประกอบด้วย ความเข้มของแสง และอุณหภูมิโดยรอบพื้นที่

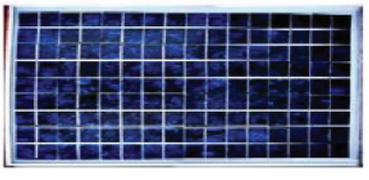
2.5 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก คือ

1. คริสตัลซิลิกอนโซล่าเซลล์ (Mono crystalline Silicon) หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) สร้างจากแผ่นซิลิกอนที่แข็งและบาง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม แผ่นกลม ครึ่งวงกลม ฯลฯ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต พื้นที่เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ มีหลายขนาด เช่น 60,100,160 ตารางเซนติเมตร หนา 0.3 - 0.5 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพ 14-17% เนื่องจากทำมาจากซิลิกอนผลึกเดี่ยว ซึ่งมีขบวนการผลิตที่ยุ่งยากกว่าซิลิกอนแบบผลึกรวม จึงมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนชนิดอื่น อายุการใช้งานประมาณ 30 ปี



รูปที่ 1 โซล่าเซลล์แบบโมโนคริสตัลซิลิกอน

2.โพลี่คริสตัลซิลิกอน (Poly crystalline Silicon) หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก ลักษณะเป็นแผ่นแข็งเช่นเดียวกันกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยวเล็กน้อยคือประมาณ 13-15% เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานที่รอยต่อของผลึกแต่ละผลึก แต่ราคาก็จะถูกกว่าแบบผลึกเดี่ยว เพราะกรรมวิธีในการผลิตจะไม่ซับซ้อนเท่ากับแบบผลึกเดี่ยว มีอายุการใช้งานโดยประมาณ 25 ปี



รูปที่ 2 โซล่าเซลล์แบบโพลี่คริสตัลซิลิกอน

3. เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Solar Cell) มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง หนาประมาณ 0.5 ไมโครมิลลิเมตร ทำให้ประหยัดเนื้อที่ และไม่สิ้นเปลืองวัสดุสามารถนำไปติดบนแผ่นฟิล์มพลาสติกหรือกระจกได้ กระบวนการผลิตยังไม่ยุ่งยาก และไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงอีกด้วย ประสิทธิภาพต่ำประมาณ 5-7% เท่านั้น และอายุการใช้งานยังสั้นกว่าซิลิกอนแบบผลึกอีกด้วยเหมาะกับการใช้งานกับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ เป็นต้น มีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี



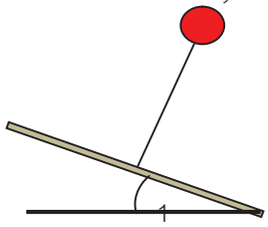
รูปที่ 3 โซล่าเซลล์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน

2.6 ตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ต้องวางแผง เซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ วิธีที่ดีที่สุดคือใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking System) โดยติดตั้งบนโครงเหล็กที่มีมอเตอร์ และระบบเซ็นเซอร์ควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หันหน้าตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน วิธีนี้จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด แต่ก็เป็นวิธีที่มีราคาแพงที่สุดเช่นกัน วิธีที่สองคือวางมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยมีการวิจัย และการทดลองจากหลายหน่วยงาน พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมเอียงที่ดีที่สุดของประเทศไทยคือมุม 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้

1) การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงมาต่อกันทำได้ 2 วิธี ดังนี้

- การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบนี้เมื่อต้องการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้ผลิตได้มากกว่าที่จะได้แผงเดียว แต่กระแสไฟฟ้าที่ได้ยังคงเท่ากับที่ได้จากแผงเดียว

- การต่อแบบขนาน การต่อแบบนี้เมื่อต้องการกระแสไฟฟ้าที่มากขึ้น แต่แรงดันไฟฟ้าจะยังคงเท่ากับได้จากแผงเดียว ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า หากต้องการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ในเวลากลางคืน จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่เก็บพลังงานไว้ใช้งาน ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอิสระ (Stand-alone solar system) จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้



รูปที่ 4 การวางแผงโซล่าเซลล์สำหรับประเทศไทย

2.7 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีของระบบเดี่ยว ได้แก่ แสงสว่าง และโหลดมอเตอร์ปั๊มน้ำ ซึ่งโหลดทั้งสองเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนโหลดไฟฟ้าที่เป็นระบบรอง ได้แก่ พัดลม เครื่องรับโทรทัศน์ เป็นต้น โดยโหลดภาระทางไฟฟ้าหลัก ประกอบด้วย แสงสว่าง มีกำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ จำนวน 3 หลอด (ขณะใช้งานจริง ใช้เพียง 1 - 2 หลอด) และมอเตอร์กระแสตรง 350 วัตต์ จำนวน 1 ตัว และภาระทางไฟฟ้าระบบรอง ประกอบด้วย พัดลมขนาด 16 นิ้ว กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ 1 ตัว เครื่องรับโทรทัศน์สี ขนาดจอภาพ 14 นิ้ว 60 วัตต์ 1 เครื่อง จากภาระทางไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่นี้ เห็นได้ว่า มีภาระทางไฟฟ้าที่ต้องใช้อินเวอร์เตอร์จริงเพียง 110 วัตต์เท่านั้น ซึ่งหากเดิมใช้โหลดที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับของโหลดไฟฟ้ารวมทั้งหมด 640 วัตต์ ซึ่งจากภาระโหลดที่มีอยู่นำไปใช้คำนวณหาอินเวอร์เตอร์ใช้งานให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อไป

3. วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 แผนการดำเนินงาน การออกแบบ และใช้งานพลังงานทดแทนเพื่อใช้งานโหลดกระแสตรงและสลับร่วมกัน เป็นการประยุกต์ใช้งานโหลดไฟฟ้าทั้งระบบไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับเข้าด้วยกัน เพื่อลดค่าการสูญเสียจากการเปลี่ยนถ่ายของระบบ จากไฟฟ้ากระแสตรงที่มีอยู่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่นำมาใช้งาน จึงทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานต่างๆ เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานของโครงการ (พ.ศ. 2557)

ลำดับ	การดำเนินงาน	กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาข้อมูล วิธีการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง						↔	↔	↔								
2	ออกแบบระบบโซล่าเซลล์			↔	↔	↔	↔										
3	สร้างระบบโซล่าเซลล์						↔	↔	↔	↔	↔						
4	ทดสอบระบบโซล่าเซลล์									↔	↔	↔	↔	↔	↔		
5	สรุปผลการดำเนินงาน															↔	↔

3.2 การออกแบบ ออกแบบการทำงานของระบบที่จำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดทำโครงการพร้อมกับรู้หลักการทำงานของวัสดุอุปกรณ์แต่ละตัว จึงจะสามารถออกแบบการทำงานของระบบได้ถูกต้องโดยมีรายระเอียดในการออกแบบดังนี้ดังต่อไปนี้

3.2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า การทำงานของระบบจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในกานออกแบบพร้อมกับรู้หลักการทำงานของวัสดุอุปกรณ์ แล้วทำการออกแบบการทำงานของระบบอย่างถูกต้องทราบรายรายระเอียดของโหลดที่จะใช้ออกแบบประกอบด้วย โหลดที่ใช้งานเพื่อการเกษตร และโหลดไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน จากนั้นจึงนำไปสู่ การออกแบบโซล่าเซลล์ ให้เพียงพอกับความต้องการต่อการใช้งาน ซึ่งโหลดที่ใช้ออกแบบประกอบด้วย

ตารางที่ 2 การใช้งานภาระทางไฟฟ้าตามพฤติกรรมการใช้งานจริง

ที่	โหลด	ช่วงเวลาใช้งาน																		
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	5	6	7	8	9	10
1	มอเตอร์กระแสตรง 350 วัตต์						↔													
2	แสงสว่าง 120 วัตต์							↔	↔	↔	↔	↔	↔							
3	พัดลม 12 นิ้ว 50 วัตต์								↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔			
4	โทรทัศน์สี 14 นิ้ว 60 วัตต์								↔	↔	↔	↔	↔				↔	↔		
	กำลังไฟฟ้าใช้งานรวม (วัตต์)						350	120	230				50				60			

จากตารางพฤติกรรมการใช้งาน พบว่ามีการใช้งานไฟฟ้า ในช่วงเวลา 19.00 – 22.00 น. ซึ่งโหลดสูงสุดที่ใช้ช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าประมาณ 230 วัตต์ โหลดรวมสูงสุด 580 วัตต์ เมื่อทราบค่าแล้วจึงนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการเลือกอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้งานให้เพียงพอกับการใช้งาน ต่อไป

การหาค่าความจุของแบตเตอรี่ จากกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน เพื่อหาความจุของแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$Q_B = \frac{P_L}{V_b \times \%DOD \times E_{inv}} \quad (1)$$

เมื่อ Q_B = ความจุแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)
P_L = กำลังวัตต์รวม (วัตต์)
V_B = แรงดันแบตเตอรี่ (โวลต์)
%DOD = ค่าระดับความลึกการคายประจุ (40-60%)
E_{inv} = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (0.8-0.9)

ดังนั้น
$$Q_B = \frac{580}{12 \times 0.6 \times 0.85}$$
= 94.77 A-hr

จากค่า Q_B ที่ได้ เลือกใช้แบตเตอรี่ ขนาด 125 A-hr จำนวน 2 ลูก เพื่อให้เพียงพอใช้งานสำหรับโหลดที่มีอยู่ในบ้านพักหลังนี้ ดังนั้นการหาค่าขนาดของแผงโซลาเซลล์ สามารถทำการหาได้จากสูตร

$$PV = \frac{Pl}{(Q \times C \times H \times I)} \times S \quad (2)$$

เมื่อ PV = กำลังวัตต์ของโซลาเซลล์ (วัตต์)
Q = ค่าพลังงานแสงที่ได้รับ/วัน (เฉลี่ย 5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร)
C = ค่าความสูญเสียของเซลล์ (ประมาณ 0.8)
H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.85)
I = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ประมาณ 0.8-0.9)
S = ค่าความเข้มของแสงบนโลก (ประมาณ 1 กิโลวัตต์/ตารางเมตร)

จากสมการที่ 2

$$PV = \frac{580}{(5000 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.85)} \times 1000$$
= 341.18 วัตต์

จากค่าที่ได้ ต้องหาแผงโซล่าเซลล์ที่มีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า ค่าที่คำนวณได้มาใช้งาน ดังนั้นสำหรับภาระโหลดที่มีอยู่นี้ ต้องใช้โซล่าเซลล์ขนาด 280 วัตต์ จำนวน 2 แผง แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ สนใจเรื่องการใช้งานโหลดแบบผสม โดยมีความมุ่งหวังในออกแบบเพื่อให้ลดขนาดอินเวอร์เตอร์ลง ซึ่งสามารถลดได้ทั้งค่าสูญเสียทางไฟฟ้า จากอินเวอร์เตอร์เอง และค่าใช้จ่ายเรื่องค่าอินเวอร์เตอร์ที่นำมาใช้งาน กรอปกับมีแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้งานเดิมอยู่แล้ว จึงใช้ตามขนาดที่มีอยู่เดิม

กำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ที่มีอยู่เดิม

กำลังไฟฟ้า = 4 แผง × 140 วัตต์ + 2 แผง × 280 วัตต์
= 1,120 วัตต์
แรงดันไฟฟ้า = 40 โวลต์
กระแสไฟฟ้า = กระแสไฟฟ้า 6 แผง
= 2×7 + 4×7.74
= 44.96 แอมแปร์

ใช้เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการชาร์จต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่น้อยกว่าแผงโซลาเซลล์ ซึ่งสามารถทำการคำนวณได้จากสูตร

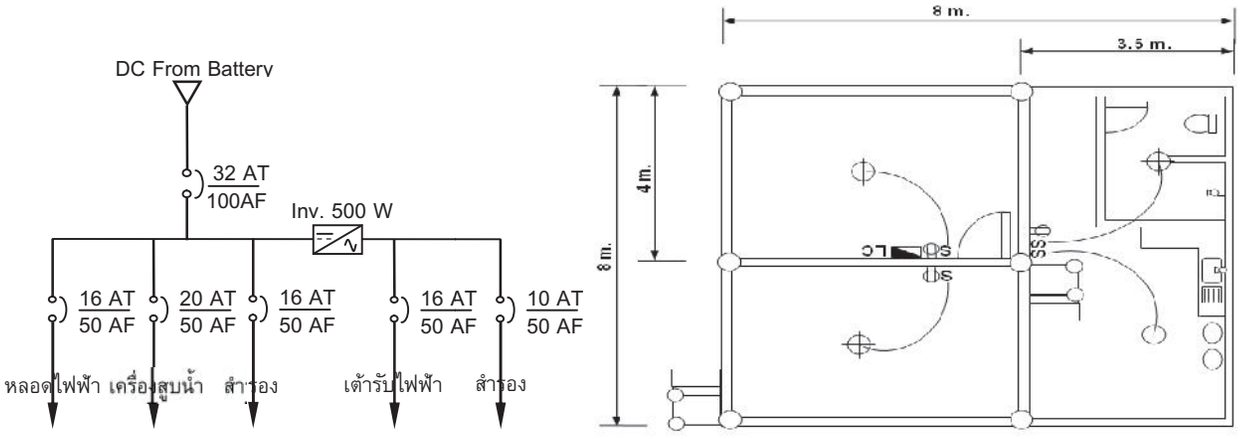
$$C_{Batt} = \frac{PV}{V_{Batt}} \quad (3)$$

เมื่อ C_{Batt} = ขนาดกระแสประจุ (แอมแปร์)
PV = กำลังวัตต์ของโซลาเซลล์ (วัตต์)
V_{Batt} = โวลต์แบตเตอรี่ (โวลต์)

ดังนั้น ค่าความจุแบตเตอรี่เท่ากับ

$$C_{Batt} = \frac{1120}{24}$$
= 46.66 A

เลือกใช้เครื่องประจุแบตเตอรี่ ขนาด 12/24 โวลต์ 50 แอมแปร์



รูปที่ 5 ไดอะแกรมเส้นเดียววงจรไฟฟ้า และตำแหน่งติดตังโหลดในบ้านพัก

4. ผลการดำเนินงาน

หลังจากออกแบบและติดตั้งระบบแล้วเสร็จ คณะได้เก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนประจุเข้าเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ โดยยกตัวอย่างของการทดสอบระบบ ในวันที่ 19 เมษายน 2557 ดังแสดงที่ตารางที่ 3 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.08 $^{\circ}$C แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากโซล่าเซลล์ 38.50 V และแรงดันชาร์จเฉลี่ย 24.83 V กระแสชาร์จเฉลี่ย 7.07 A แสดงไว้ในตารางที่ 3

ส่วนที่ใช้งาน ซึ่งทดสอบระบบกับมอเตอร์สูบน้ำ วันที่ 20 เมษายน 2557 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.35 $^{\circ}$C แรงดันไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ 38.50 V และแรงดันแบตเตอรี่ 24.40 V ทำการทดสอบที่โหลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด แรงดันโหลดสูงสุด 23.25 V กระแสโหลด 15.85 A มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 368.51 W ซึ่งระบบสามารถทำงานได้ แสดงค่าการใช้งานในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 พลังงานที่ชาร์จแบตเตอรี่ วันที่ 19 เมษายน 2557

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	แรงดันไฟฟ้า (V)	แรงดันชาร์จแบตเตอรี่ (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟฟ้า(วัตต์)
07.00	27.9	39	24.6	6.8	167.96
08.00	27.7	39.4	24.7	6.85	169.195
09.00	29.8	39.1	24.7	6.9	171.12
10.00	30.7	39.6	24.8	6.95	173.055
11.00	32.6	40.2	24.9	6.9	171.81
12.00	34.9	38.3	24.9	7.35	183.015
13.00	37.5	38.1	24.9	7.5	187.5
14.00	38.2	36.5	25	7.6	190
15.00	38.5	36.3	25	6.8	167.96

ตารางที่ 4 เวลาใช้งานโหลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด วันที่ 20 เมษายน 2557

Time	T ($^{\circ}$C)	V_{Batt}	$V_{(Load)}$	$I_{(Load)}$	$P_{(Load)}$
16.00	32.35	24.4	23.25	15.85	368.51

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลจากการทดสอบการใช้งานโซล่าเซลล์แบบติดตั้งเดี่ยว โหลดออกแบบรวม 640 วัตต์ ใช้งานสูงสุด 19.00 - 22.00 น. ที่กำลังไฟฟ้า 230 วัตต์ กำลังไฟฟ้าจากใช้งานจริงรวม 580 วัตต์ ใช้แบตเตอร์รี่ 125 แอมแปร์ - ชั่วโมง 4 ลูก อินเวอร์เตอร์แบบคลื่นซายด์สมบูรณ์ ขนาด 500 วัตต์ (หากใช้อินเวอร์เตอร์ทั้งหมด จะใช้อินเวอร์เตอร์ ขนาด 1,000 วัตต์) จากการใช้งานใช้อินเวอร์เตอร์มีกำลังวัตต์ที่ต่ำลง ทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับการซื้ออินเวอร์เตอร์ลดลงด้วย เมื่อทดสอบโดยกำหนดให้อินเวอร์เตอร์ชำรุด (ทำการปิดระบบอินเวอร์เตอร์) ระบบไฟฟ้าพื้นฐานได้แก่ระบบ แสงสว่างสามารถทำงานได้ตามปกติ ส่วนระบบอำนวยความสะดวกอื่นต้องรอแก้ไขอินเวอร์เตอร์ให้แล้วเสร็จก่อนจึงสามารถทำงานได้

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. ผู้ใช้งานจะไม่ชินกับระบบเพราะส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับปกติ แก้ไข เมื่อใช้งานไปจะทำให้คุ้นชิน
2. หลอดไฟฟ้ากระแสตรง หาซื้อยากในท้องตลาดทั่วไป แก้ไข ซื้อสำรองไว้เปลี่ยนเมื่อเสีย หรือชำรุด

6. บรรณานุกรม

[1]. นภัทร วัจนเทพินทร์ การติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ด้วยตนเอง

[2]. อดุลย์ กัลยาแก้ว อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2546

[3]. ศิริชัย ลาภาสระน้อย วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[4]. รุ่งเพชร ก่องนอก รุ่งเรือง วังไธสง อัครพล อินทร์หมื่นไวย และดุสิต อุทิศสุนทร การออกแบบและประยุกต์ใช้งานต้นแบบโซล่าเซลล์ในงานเกษตรกรรม การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 26-28 มีนาคม 2557

[5]. สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานwww.Trainingsiam.com 8 สิงหาคม 2556

[6]. พพ. ยธ. กฟผ. กฟภ. กฟน. สวทช. สอท. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย โรงงานซอเฮง บริษัทบางกอก โซล่าร์ จำกัด จัดทำโดย: สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน เมื่อกุมภาพันธ์ 2553 http://www.dede.go.th สืบค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2556

[7]. การประปาส่วนภูมิภาค www.pwa.co.th สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2556

[8]. ปั๊มน้ำกับการใช้งานทางการเกษตร www.mygreengardens.com สืบค้นเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2556

[9]. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ผลงานวิจัย สวทช. สู่เชิงพาณิชย์ ปี 2549-2554. ปทุมธานี : สำนักงานฯ, 2554 http://th.wikipedia.org/wiki/

[10].เซลล์แสงอาทิตย์, องค์ความรู้ (KM) สำนักวิชาการพลังงานภาค 4 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ปี 2555 http://www.kanhasolar.com/index.

[11].ไฟฟฟ้ากระแสตรง , ปี2547 http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm สืบค้นข้อมูลเมื่อ 8 มกราคม พ.ศ.2557

[12].คณะอนุกรรมการพลังงานภาคการขนส่งในคณะกรรมาธิการ พลังงานวุฒิสภา, http://www.aecplastic.com สืบค้นข้อมูลเมื่อ 8 มกราคม พ.ศ. 2557

O-CP16

ระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ตำบลลานดอกไม้ตก อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร

Misting fan Movable with Temperature and Humidity Control by Solar Energy on Participation of the Community Lan Dokmai Tok , Kosamphi Nakhon Kamphaeng Phet

วสันต์ เพชรพิมูล[1] วิษณุ บัวเทศ[1] อนุธิดา เพชรพิมูล[2]

[1]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
โทรศัพท์ 055-706546 E-mail: wasan.rmutt@gmail.com
[2]โปรแกรมวิชาการเงินการธนาคาร คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
โทรศัพท์ 055-706555 E-mail: ramniras@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ตำบลลานดอกไม้ตก อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร ผลการวิจัยพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีพิกัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าด้านออกของอินเวอร์เตอร์ขณะไม่จ่ายโหลดอยู่ที่ 210 – 240 โวลต์ และเมื่อทำการจ่ายโหลดที่เป็นปั๊มแรงดันสูง พบว่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกของอินเวอร์เตอร์อยู่ที่ 200 – 220 โวลต์ ที่พิกัดกระแสที่ 1.1 แอมป์ และระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ผลการทดลองพบว่าเมื่อตั้งค่าปั๊มให้มีแรงดันน้ำที่ 40 บาร์พบว่าเมื่อทำการเปิดเครื่องเวลา 60 นาทีใช้น้ำในถังไป 3 ลิตร โดยลักษณะของน้ำที่ออกจากหัวพ่นเป็นละอองฝอย และเมื่อตั้งค่าปั๊มให้มีแรงดันน้ำที่ 60 บาร์พบว่าเมื่อทำการเปิดเครื่องเวลา 60 นาทีใช้น้ำในถังไป 9 ลิตร โดยลักษณะของน้ำที่ออกจากหัวพ่นเป็นไอน้ำและสามารถควบคุมการทำงานพัดลมไอน้ำได้ตามอุณหภูมิและความชื้นที่เราตั้งไว้ได้ และได้ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า มีความพึงพอใจ มีผลดังนี้ 1. มีความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพของตัวเครื่องอยู่ในระดับมาก 2. มีความพึงพอใจในด้านประโยชน์ใช้งานอยู่ในระดับมาก และ 3. มีความพึงพอใจในด้านการอบรมให้ความรู้ของผู้วิจัยอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: พัดลมไอน้ำ; พลังงานแสงอาทิตย์; อินเวอร์เตอร์; กระบวนการมีส่วนร่วม

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันโลกของเรามีการเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอุณหภูมิของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยเนื่องจากสภาวะโลกร้อนซึ่งเกิดจากการที่มีแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศมากเกินไป และอีกสาเหตุที่ทำให้สภาวะโลกร้อนขึ้นคือความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น และเชื้อเพลิงที่ใช้นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าจะมาจากพลังงานธรรมชาติ เช่น แก๊ส ถ่านหิน น้ำมัน ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับประเทศไทย

และประเทศไทยเป็นประเทศที่ร้อนมาก ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมโดยรอบ จึงต้องมีการปรับอากาศเพื่อช่วยให้ร่างกายมีความเย็นสบายมากขึ้น เพื่อจะได้ไม่หงุดหงิด และอารมณ์เสียในขณะที่อากาศร้อน และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนให้สูงขึ้น และทำงานผิดพลาดน้อยลง ความสำคัญของปัญหาในปัจจุบันอาจจะต้องใช้พัดลม เนื่องจากด้านนอกมีอากาศที่ร้อนอยู่แล้ว พัดลมแบบธรรมดาก็จะดูดไอร้อนเข้ามาทำให้ลมที่ได้จากพัดลมแบบธรรมดาก็จะเป็นลมร้อน การปรับอากาศเพื่อต้องการความสบาย มีจุดประสงค์เพื่อปรับสภาวะอากาศให้มนุษย์สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายในปริมาณที่เหมาะสมกับกระบวนการภายในของร่างกายทำให้ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้โดยง่ายซึ่งนำไปสู่ความเย็นสบายในที่สุด

จากการลงพื้นที่เพื่อค้นหาโจทย์วิจัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นซึ่งพบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลลานดอกไม้ตกนั้นมีการจัดกิจกรรมกลางแจ้ง การประชุมสัญจร และการฝึกอบรมต่างๆ และปัญหาหนึ่งคืออากาศที่ร้อนมากขณะทำกิจกรรมส่งผลให้ผู้ที่ร่วมกิจกรรมนั้นไม่สบายตัวเนื่องจากอากาศที่ร้อน จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นบริเวณที่ใช้งาน และระบบไฟฟ้าที่ใช้นั้นจะใช้จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดการเกิดสภาวะโลกร้อนอีกทั้งยังเป็นแหล่งเรียนรู้การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และยังรณรงค์ให้ชุมชนให้ความสำคัญกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนมากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งจะทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ตำบลลานดอกไม้ตก อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร

2. หลักการแนวคิด ทฤษฎีและการออกแบบ

2.1 ขอบเขตและวิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยครั้งนี้เพื่อการพัฒนาระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในการจัดการพลังงานทดแทนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ตำบลลานดอกไม้ตก อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร

ขอบเขตด้านประชากร ประชากร คือ สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลลานดอกไม้ตก ผู้นำชุมชน และประชาชนในชุมชนตำบลลานดอกไม้ตก 9 หมู่บ้าน จำนวน 5,516 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงจากตัวแทนสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลลานดอกไม้ตก ผู้นำชุมชน และประชาชนในชุมชนตำบลลานดอกไม้ตก 9 หมู่บ้าน จำนวน 30 คน

ขอบเขตด้านตัวแปร ตัวแปรต้น คือพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จากกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สร้างระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยปั๊มแรงดันสูงซึ่งมีแรงดันน้ำไม่ต่ำกว่า 40 บาร์

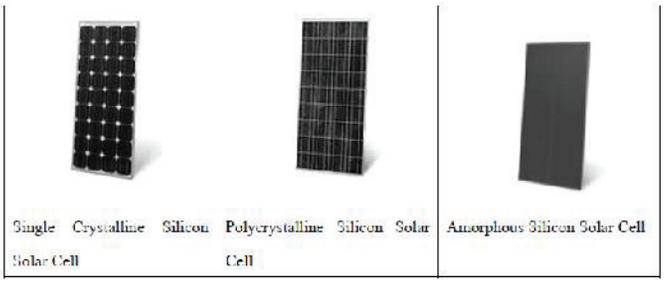
2) สร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีพิกัดไม่ต่ำกว่า 500 วัตต์

ตัวแปรตาม คือ ชุมชนมีพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ในการจัดกิจกรรมกลางแจ้ง การประชุมสัญจร และการฝึกอบรมต่างๆ อีกทั้งยังมีแหล่งเรียนรู้การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของชุมชน

ขอบเขตด้านพื้นที่ ตำบลลานดอกไม้ตก อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร

2.2 ความหมายของ Solar Cell หรือ PV Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น Photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมาจนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้ (LEONICS CO., LTD., 2549) [1]

2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ



รูปที่ 1 แสดงชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

2.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline SiliconSolar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

2.3.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%

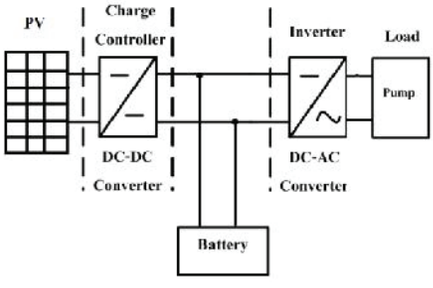
2.3.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียมเทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

2.4 กระบวนการมีส่วนร่วมกับชุมชน การมีส่วนร่วมในลักษณะที่เป็นการพัฒนาโดยให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการกระบวนการพัฒนาตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงการ ได้แก่ การร่วมกันคิดค้นหาปัญหา การวางแผน การตัดสินใจ การระดมทรัพยากรและเทคโนโลยีท้องถิ่น การบริหารจัดการ การติดตามประเมินผล รวมทั้งการรับผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากโครงการ [2] ผู้วิจัยได้จัดเวทีประชาคมเพื่อหาแนวทางร่วมในการออกแบบระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในการออกแบบสร้างนั้นได้ออกแบบทั้งสามแบบเพื่อให้ผู้บริหารองค์การบริหารส่วนตำบลลานดอกไม้ตก และผู้นำชุมชนตำบลลานดอกไม้ตกได้ร่วมแสดงความคิดเห็นและหาแนวทางร่วมในการกำหนดรูปแบบ เนื่องจากระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ทางชุมชนจะเป็นผู้ใช้งาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการสร้างงานวิจัยให้ตรงกับความต้องการของชุมชน

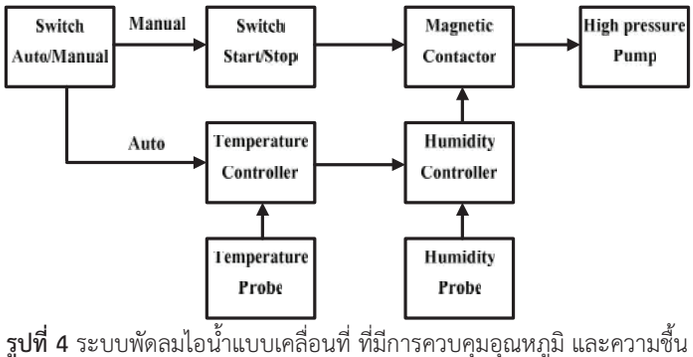


รูปที่ 2 บรรยากาศการจัดเวทีประชาคมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการแสวงหาแนวทางการออกแบบระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

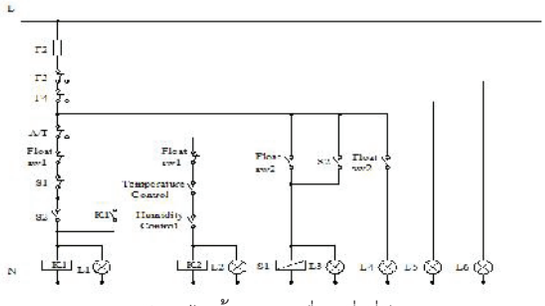
2.5 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [3]



รูปที่ 4 ระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น



รูปที่ 5 วงจรควบคุมของระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น



รูปที่ 6 ระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองใช้พัดลมไอน้ำเพื่อประเมินผลค่าของความดันปั้มที่เปลี่ยนแปลงไปที่สัมพันธ์กับเวลา มีผลต่ออุณหภูมิ ความชื้น ระดับน้ำ และลักษณะของไอน้ำที่ออกมาจากพัดลมไอน้ำอย่างไรบ้าง โดยจะทำการเพิ่มความดันของปั้มเริ่มต้นจาก 40 บาร์ และเพิ่มขึ้นทีละ 10 บาร์ จนถึง 60 บาร์ และทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ความดันปั๊ม 40 บาร์

เวลา(นาที)	ระดับน้ำ(l)	อุณหภูมิ(°C)	ความชื้น(%RH)	ลักษณะละอองน้ำ
1	30	35	40	ละอองฝอย
10	29	34	43	ละอองฝอย
20	28	32.7	44	ละอองฝอย
30	27	28	46	ละอองฝอย
40	26	28.3	45	ละอองฝอย
50	25	28	45.7	ละอองฝอย
60	24	28.4	47.3	ละอองฝอย

ตารางที่ 2 ผลการทดลองที่ความดันปั๊ม 50 บาร์

เวลา(นาที)	ระดับน้ำ(l)	อุณหภูมิ(°C)	ความชื้น(%RH)	ลักษณะละอองน้ำ
1	30	35	40	ละอองฝอย
10	29.5	33	54	ละอองฝอย
20	29	30	57	ละอองฝอย
30	28.5	28	58	ละอองฝอย
40	28	28.5	59	ละอองฝอย
50	27.5	29	58	ละอองฝอย
60	27	28.4	57.5	ละอองฝอย

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่ความดันปั๊ม 60 บาร์

เวลา(นาที)	ระดับน้ำ(l)	อุณหภูมิ(°C)	ความชื้น(%RH)	ลักษณะละอองน้ำ
1	30	37	42	ไอน้ำ
10	28.5	35	42.9	ไอน้ำ
20	27	31	43	ไอน้ำ
30	25.5	28	45	ไอน้ำ
40	24	27.5	45.7	ไอน้ำ
50	22.5	28.2	45.5	ไอน้ำ
60	21	28.4	46.3	ไอน้ำ

จากผลการทดลองตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าที่ความดันของปั๊ม 40 บาร์เมื่อใช้เป็นระยะเวลา 10 นาที ส่งผลให้ระดับน้ำลดลง 0.5 ลิตร ลักษณะของละอองน้ำที่ได้มีลักษณะเป็นละอองฝอย และเมื่อใช้เป็นระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ระดับน้ำลดลง 3 ลิตร และผลการทดลองตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าที่ความดันของปั๊ม 50

บาร์ เมื่อใช้เป็นระยะเวลา 10 นาที ส่งผลให้ระดับน้ำลดลง 1 ลิตร ลักษณะของละอองน้ำที่ได้มีลักษณะเป็นละอองฝอย และเมื่อใช้เป็นระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ระดับน้ำลดลง 6 ลิตร

ผลการทดลองตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าที่ความดันของปั๊ม 60 บาร์เมื่อใช้เป็นระยะเวลา 10 นาที ส่งผลให้ระดับน้ำลดลง 1.5 ลิตร ลักษณะของละอองน้ำที่ได้มีลักษณะเป็นไอน้ำ และเมื่อใช้เป็นระยะเวลาผ่านไป 60 นาที ระดับน้ำลดลง 9 ลิตร

ตารางที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น

	Photovoltaic (PV)		Battery	Inverter			
เวลา (ชั่วโมง)	Volt	Amp	Volt	Volt input	Volt output	Amp input	Amp Output
07.00	5.85	2.8	23.8	23.8	218.5	10	1.14
08.00	26.9	4.8	23.9	23.9	219.5	10.4	1.13
09.00	28.95	4.9	24	24	220.5	10.35	1.13
10.00	32.95	5.7	24	24	220.5	10.35	1.12
11.00	35.5	7.3	24.3	24.3	225	10.2	1.11
12.00	34.5	7	25.5	25.5	225.7	10	1.1
13.00	34.7	7	25.7	25.7	226.5	9.8	1.1
14.00	34.2	6.7	26	26	220.5	9.6	1.13
15.00	32.9	5.8	26	26	225.5	9.1	1.1
16.00	28.75	4.8	26	26	225.5	9.2	1.15
17.00	26.9	4.5	26	26	220.5	10.4	1.15

ตารางที่ 5 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อประสิทธิภาพ ประโยชน์ใช้งาน และการให้ความรู้ของผู้วิจัยในการใช้งานพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านประสิทธิภาพของตัวเครื่อง	4.35	.388	มาก
ด้านประโยชน์ใช้งาน	4.02	.549	มาก
ด้านการอบรมให้ความรู้ของผู้วิจัย	4.72	.399	มากที่สุด
ภาพรวม	4.37	.445	มาก

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อประสิทธิภาพ ประโยชน์ ใช้งาน และการให้ความรู้ของผู้วิจัยในการใช้งานพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.73) และเมื่อแยกตามรายการประเมิน 3 ด้าน มีผลดังนี้ 1.ด้านประสิทธิภาพของตัวเครื่อง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพของตัวเครื่องอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35) 2.ด้านประโยชน์ใช้งาน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในด้านประโยชน์ใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.02) และ 3.ด้านการอบรมให้ความรู้ของผู้วิจัย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในด้านการอบรมให้ความรู้ของผู้วิจัยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.72)

4. สรุป

จากผลการทดลองพบว่าระบบพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเมื่อตั้งค่าปั๊มให้มีแรงดันน้ำที่ 40 บาร์ พบว่าเมื่อทำการเปิดเครื่องเวลา 60 นาทีใช้น้ำในถังไป 3 ลิตร และน้ำที่ออกจากหัวพ่นน้ำแรงดันสูงมีลักษณะเป็นละอองฝอย และเมื่อตั้งค่าปั๊มให้มีแรงดันน้ำที่ 60 บาร์พบว่าเมื่อทำการเปิดเครื่องเวลา 60 นาทีใช้น้ำในถังไป 9 ลิตร น้ำที่ออกจากหัวพ่นน้ำแรงดันสูงมีลักษณะเป็นไอนำ และสามารถควบคุมการทำงานพัด

ลมไอน้ำได้ตามอุณหภูมิและความชื้นที่เราตั้งไว้ได้ และได้ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานพัดลมไอน้ำแบบเคลื่อนที่ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า มีความพึงพอใจ มีผลดังนี้ 1. มีความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพของตัวเครื่องอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35) 2. มีความพึงพอใจในด้านประโยชน์ใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.02) และ 3. มีความพึงพอใจในด้านการอบรมให้ความรู้ของผู้วิจัยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.72)

5. เอกสารอ้างอิง

[1] LEONICS CO., LTD, 2549, ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์. แหล่งที่มา : (Online). http://www.leonics.co.th/html/th/about power/solar_knowledge.php [2549, กรกฎาคม 2549].

[2] ปาริชาติ วลัยเสถียร, 2542, “ทฤษฎีและหลักการพัฒนาชุมชน”, กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] วสันต์ เพชรพิมูล, 2553, “การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์” ,วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

O-CP17

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ที่มีแบตเตอรี่สำรองสำหรับควบคุมคุณภาพไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน

An Economic analysis of Photovoltaic Grid Connected System with Battery Storage for Power quality Control and Energy Efficiency Improvement

เกษม ตรีภาค[1], นพพร พัชรประกิติ[1*], จีรวรรณ แซ่เล้า[2]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ E-mail: pnopporn@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการออกแบบขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเก็บพลังงานเพิ่มในช่วงที่แสงแดดมีปริมาณความเข้มแสงต่ำ ปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันและสำรองพลังงานไว้ใช้ให้กับโหลดที่มีความสำคัญในขณะที่ไฟของการไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายเข้าระบบได้ โดยได้นำเสนอเทคนิคการออกแบบขนาดแบตเตอรี่ จากการหาค่าเฉลี่ยของ วิธีการออกแบบขนาดแบตเตอรี่จากข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในช่วงความเข้มแสงต่ำ แต่ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบได้ ร่วมกับการพิจารณาจากปริมาณโหลดทางไฟฟ้าที่มีความสำคัญของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการพลังงานและควบคุมระดับแรงดัน ค่าตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ให้เป็นไปตามมาตรฐานการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า เพื่อลดผลกระทบทางด้านคุณภาพไฟฟ้ากำลังที่มีต่อระบบจำหน่าย การประเมินการลงทุนและวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของวิธีการออกแบบระบบแบตเตอรี่แต่ละชนิด โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าพลังงานที่ได้รับเพิ่ม การลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบ และรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากพลังงานที่ผลิตได้จากกรณีที่มีและไม่มีนโยบายส่งเสริมจากภาครัฐ ผลการวิเคราะห์พบว่า กรณีบ้านพักอาศัย ระบบที่มีแบตเตอรี่มีระยะเวลาคืนทุนนานกว่าระบบที่ไม่มีแบตเตอรี่ ส่วนระบบอาคารธุรกิจอื่นๆ แบตเตอรี่มีผลให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น

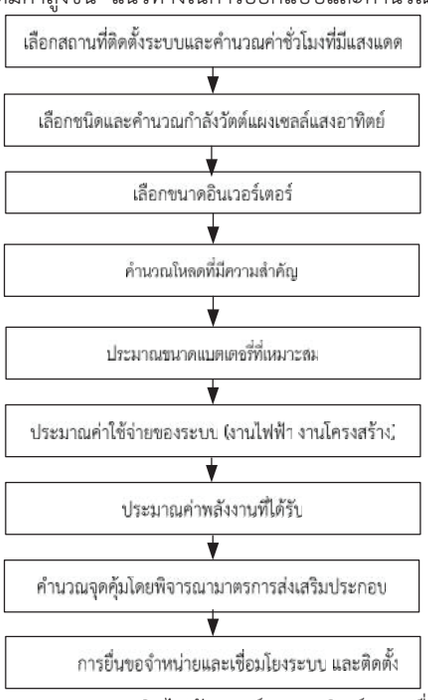
คำสำคัญ: แบตเตอรี่สำรองพลังงาน, ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย, คุณภาพไฟฟ้ากำลัง

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายนั้นเป็นทางเลือกของการผลิตพลังงานไฟฟ้ารูปแบบใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งได้ง่ายไม่ซับซ้อน แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมีอยู่อย่างไม่จำกัด สำหรับในประเทศไทยพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นพลังงานที่มีศักยภาพกว่า 5000 MW และมีค่าพลังงานเฉลี่ยต่อ 16-18 MJ/m^2/day ประกอบกับแนวโน้มการลดลงของราคาระบบและการส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐ ในการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ในราคาที่จูงใจ (Adder) ในปี 2552-2555 และการรับซื้อไฟฟ้าคืนในราคาที่เหมาะสม (Feed In Tariff) ปี 2556 ทำให้มีผู้สนใจหันมาติดตั้งระบบดังกล่าวมากขึ้น ทำให้โครงสร้างของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป โดยผู้ใช้ไฟฟ้ากลายเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จะจัดอยู่ในกลุ่มของ VSPP (very small Power Producer) หรือ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย (Distributed Generator / Dispersed Generation : DG) โดยพลังงานที่ผลิตได้จากระบบจะถูกจ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้า และพลังงานที่ผลิตได้เกินกว่าการใช้งานก็จะถูกส่งจ่ายไปยังระบบไฟฟ้ากำลัง ในทางกลับกันหากระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอ พลังงานจากการไฟฟ้าก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าแทน อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบไฟฟ้าดังกล่าว ส่วนใหญ่จะไม่มีระบบสำรองพลังงาน และพฤติกรรมของระบบอาจส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าในด้านความน่าเชื่อถือ คุณภาพไฟฟ้าและเสถียรภาพไฟฟ้าได้ [1-3] เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีความไม่แน่นอน (uncertainties) ของพฤติกรรรมของอุปกรณ์ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์เอง และผันแปรของสภาวะอากาศและปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องตลอดเวลา เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง และการเคลื่อนตัวของเมฆ [4] และรูปแบบพฤติกรรมของโหลดหรือผู้ใช้ไฟฟ้า เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการติดตั้งระบบจำนวนมากขึ้น และจุดที่ติดตั้งเป็นจุดที่มีความอ่อนไหว มีสภาวะการทำงานที่ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมของระบบ อาจส่งผลให้คุณภาพไฟฟ้าเสถียรภาพแรงดันและเกิดปัญหาไฟฟ้าดับขึ้นได้ แนวทางในการแก้ปัญหาได้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันของระบบไฟฟ้า คือ การติดตั้งอุปกรณ์สำรองพลังงานแบตเตอรี่/ชุดตัวเก็บประจุในระบบ เพื่อให้มีความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ควบคุมแรงดันและป้องกันการเกิดปัญหาเสถียรภาพแรงดันได้ [5-9] แต่เนื่องจากแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานสั้นเพียง 3-6 ปี และมีราคาแพง ดังนั้นจึงทำให้ต้นทุนของระบบสูงขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนช้า ดังนั้นการเลือกขนาดแบตเตอรี่ที่มีปริมาณเหมาะสม จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ซึ่งการหาขนาดแบตเตอรี่ของระบบ สามารถหาได้หลายวิธีอาทิ วิธีคำนวณขนาดแบตเตอรี่จากปริมาณโหลดฉุกเฉินที่ต้องการ เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติไม่สามารถจ่ายไฟได้ ซึ่งวิธีนี้ดัดแปลงมาจากการคำนวณแบตเตอรี่ของระบบแยกอิสระ แต่แตกต่างกันตรงที่ในระบบแยกอิสระ ปริมาณแบตเตอรี่ต้องคาดการณ์จากปริมาณการใช้โหลดในเวลากลางคืน และจำนวนวันที่จะไม่มีแสงแดดด้วย สำหรับในอีกวิธีหนึ่งคือ การคำนวณแบตเตอรี่จากร้อยละของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่สามารถกักเก็บได้ ในกรณีที่ไม่มีแบตเตอรี่ ซึ่งจากงานวิจัย [10] ได้พบว่า มีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยคิดเป็นประมาณร้อยละ 20 ของแต่ละวันที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ แต่ไม่สามารถจ่ายเข้าระบบไฟฟ้าได้ ดังนั้นหากติดตั้งแบตเตอรี่ก็จะสามารถทำให้กักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนนี้ไว้ได้ ซึ่งแบตเตอรี่สำรองพลังงานจะช่วยปรับปรุงระบบในด้านประสิทธิภาพ การจัดการพลังงาน และช่วยปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าได้ด้วย โดยในบทความนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแบตเตอรี่สำรองพลังงานและประเมินความเหมาะสมทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

2. ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายแบบมีแบตเตอรี่สำรอง (PV Grid Connected With Battery Storage)

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายแบบมีแบตเตอรี่สำรอง เป็นแนวคิดที่นำเอาหลักการของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย มาใช้ร่วมกับระบบ โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การบริหารจัดการพลังงาน ไว้ในช่วงที่ขาดแคลนพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น ในวันที่ฝนตก หรือเวลากลางคืน ซึ่งจะทำให้ระบบมีพลังงานได้อยู่ตลอดเวลา แม้ว่าพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจะดับหรือเกิดเหตุขัดข้อง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและเสถียรภาพของระบบให้มีค่าสูงขึ้น แนวทางในการออกแบบและคำนวณ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ไดอะแกรมการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

ขั้นตอนที่ 1 หาปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันจากแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์ที่จัดทำโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน การประมาณขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเป็นตัวแปรสำคัญตัวหนึ่งในการประมาณขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย เมื่อทราบค่าปริมาณรังสีแสงอาทิตย์แล้วลำดับต่อไป คือ การหาค่าเฉลี่ยชั่วโมงที่มีแสงแดด (Peak Sun Hour) ของพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ช่วยในการออกแบบได้ สำหรับในประเทศไทย มีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ต่อวันเท่ากัน 5 kWh/m^2/day เมื่อนำมาแปลงเป็นค่าจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดหารด้วยค่าแสงแดดมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ 1000 วัตต์/ตารางเมตร จะได้เท่ากับ 5 ชั่วโมงต่อวัน

ขั้นตอนที่ 2 เลือกชนิดและคำนวณกำลังวัตต์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และนำมาจัดรูปแบบการต่อเรียงกันเป็นแนวขนาน (เพิ่มแรงดัน) และต่อเรียงเป็นแบบอนุกรม (เพิ่มกระแส) และคำนวณหาแรงดันและกระแสของระบบผลิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลือกอินเวอร์เตอร์แปลงแรงดันไฟฟ้าในขั้นตอนต่อไป โดยการพิจารณาเลือกขนาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบสายส่งแบบมีแบตเตอรี่จะเป็นการผสมผสานระหว่างชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งและชนิดแยกอิสระ โดยพิจารณาถึงขนาดของอาคาร ซึ่งจะแบ่งออกเป็นบ้านพักอาศัย อาคารขนาดเล็ก และอาคารขนาดกลาง/ใหญ่ และการหาขนาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะใช้เกณฑ์ร้อยละ 10 ของกำลังไฟฟ้าหม้อแปลง และพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน 5 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าระบบและพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ต่อวัน ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดขนาดระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

ลำดับ	ประเภทอาคาร	ขนาดหม้อแปลง	CB	ขนาด PV	PSH	พลังงานต่อวัน
		(kVA)	(A)	(kW)	(h)	(kWh)
1	บ้านพักอาศัย	100	250	10	5	50
2	อาคารขนาดเล็ก	1500	2500	150	5	750
3	อาคารขนาดกลาง/ใหญ่	3000	5000	300	5	1500

เลือกชนิดและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาข้อมูลที่สำคัญ ดังต่อไปนี้ ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังวัตต์สูงสุดของแผง แรงดันเปิดวงจร กระแสลัดวงจร แรงดันสูงสุด กระแสสูงสุด ราคาและผลิตภัณฑ์ควรได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับ ลำดับต่อไป คือ การคำนวณหาค่าจำนวนแผงที่ต้องใช้ และการจัดเรียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสม

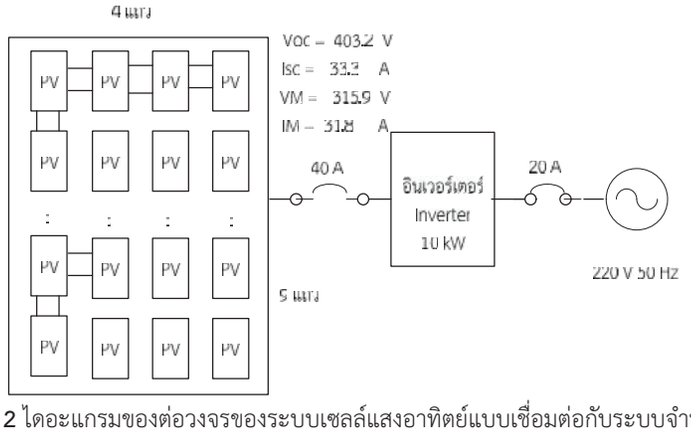
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ = กำลังไฟฟ้าระบบ (Psys) / กำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Ppv) (1)

การจัดรูปแบบการต่อวงจรโดยต่อวงจรเป็นแบบอนุกรม (เพิ่มแรงดัน) จำนวน 9 แผง และแบบขนาน จำนวน 4 แผง ดังนั้นระบบจะมีค่าพารามิเตอร์ของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบ ที่จัดรูปแบบการต่อวงจรแตกต่างกัน

พารามิเตอร์ของแผง	ค่าพารามิเตอร์/แผง	ระบบ 10 kW จัดรูปแบบ 9 x 4 แผง	ระบบ 150 kW (50 kW x 3) จัดรูปแบบ 10x18 แผง	ระบบ 300 kW (50 kW x 6) จัดรูปแบบ 10x18 แผง
		36	3 x 180 = 540	1080
W	280	10,080	151200	302400
Voc	44.8	403.2	448	448
Isc	8.33	33.32	149.94	149.94
Vmax	35.1	315.9	351	351
Imax	7.95	31.8	143.1	143.1

ขั้นตอนที่ 3 เลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ สายไฟ ท่อสายและอุปกรณ์ป้องกัน เลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสม โดยพิจารณาชนิดของอินเวอร์เตอร์ที่เป็นแบบรูปคลื่นไซน์ (Sinusoidal Wave) ขนาดกำลังวัตต์ 10 กิโลวัตต์ แรงดันอินพุต อยู่ในพิกัดที่ต้องการ และมีฟังก์ชันและระบบป้องกันตามมาตรฐานการเชื่อมต่อของระบบไฟฟ้า อาทิ คุณภาพไฟฟ้า การตรวจจับสภาวะไอส์แลนดิ้ง ระบบป้องกันแรงดันตก/แรงดันเกิน การซิงโครไนซ์กับระบบจำหน่าย เป็นต้น ในที่นี้เลือกใช้อินเวอร์เตอร์ ขนาด 10 กิโลวัตต์ แรงดันอินพุต คำนวณโดย Vmax (300-500 Vdc) ซึ่งเมื่อพิจารณา แรงดันอินพุตของระบบแล้วพบว่า ควรเลือกการต่อวงจรแบบอนุกรม 12 แผง และขนาน 3 แผง จะได้แรงดันสูงสุด Vmax 421.2 โวลท์ ซึ่งอยู่ในช่วงของแรงดันอินพุตของอินเวอร์เตอร์ 300-500 โวลท์ เมื่อเลือกอินเวอร์เตอร์เสร็จแล้ว ก็ออกอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ได้แก่ สายไฟ ท่อร้อยสาย อุปกรณ์ป้องกัน เซอร์กิตเบรกเกอร์ ระบบสื่อสารและแสดงผล เป็นต้น



รูปที่ 2 ไดอะแกรมของต่อวงจรของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดขนาดแบตเตอรี่ ในการกำหนดขนาดแบตเตอรี่ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรองไฟฟ้าไว้ใช้ในกรณีที่ไฟของการไฟฟ้าฉุกเฉิน ดังนั้น วิธีการแรก คือ การกำหนดโหลดปริมาณโหลดที่มีความสำคัญของระบบ เป็นการพิจารณาว่าโหลดทางไฟฟ้าชนิดใดที่มีความสำคัญไม่สามารถหยุดได้ เช่น ระบบช่วยชีวิตของอาคาร ระบบลิฟต์ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ตู้เย็นหรือเครื่องทำความเย็นที่จ่ายให้กับสินค้าที่สำคัญ ระบบปรับอากาศหรือระบบระบายอากาศที่มีผลต่อการผลิต หรือระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น ซึ่งในที่นี้ขึ้นอยู่กับแต่ละอาคารว่ามีโหลดที่มีความสำคัญอย่างไร ในที่นี้จะกำหนดให้โหลดฉุกเฉินมีค่าร้อยละ 5 ของกำลังหม้อแปลงติดตั้ง วิธีที่สองเป็นการพิจารณาจากความต้องการเก็บสำรองไฟฟ้าในช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็น ขณะที่อินเวอร์เตอร์ยังไม่ทำงาน เพื่อเพิ่มปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ให้สามารถจัดเก็บหรือส่งเข้าในระบบสายส่งได้มากขึ้น ซึ่งพบว่าพลังงานที่สามารถจัดเก็บได้อยู่ที่ร้อยละ 20 ของกำลังผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์ และวิธีที่ 3 คือ การใช้ค่าเฉลี่ยจากทั้งสองวิธีการเป็นแนวทางในการออกแบบและคำนวณแบตเตอรี่ที่เหมาะสม ตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ของอาคารขนาดเล็กมาก แสดงดังสมการที่ และแบตเตอรี่และระบบทั้งหมดแสดงในตารางที่ 3

จำนวนแบตเตอรี่ = กำลังไฟฟ้าสำรอง (Wh) / (ขนาดแรงดันแบตเตอรี่ x ขนาด Ah แบตเตอรี่) (2)

= 7000 / (12 x 100) = 5.83 ลูก (6 ลูก)

แต่เนื่องจากแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานในวงรอบประมาณ 5 ปี ดังนั้นจึงมีค่าใช้จ่ายแบตเตอรี่ตลอดอายุระบบทั้งหมด 30 ลูก

ตารางที่ 3 การกำหนดขนาดแบตเตอรี่ของระบบ

ลำดับ	ประเภทอาคาร	ขนาดหม้อแปลงอาคาร	โหลดฉุกเฉิน	ขนาด PV	จน.ชั่วโมง	PSH	แบตเตอรี่			Peak Demand Cut
		(kVA)	5% (kVA)	25% (kW)	โหลดฉุกเฉิน		วิธีที่ 1 (kW)	วิธีที่ 2 (kW)	วิธีที่ 3	
1	อาคารบ้านพักอาศัย	100	5	10	2	5	10	4	7	10
2	อาคารธุรกิจขนาดเล็ก	1500	75	150	2	5	150	60	105	150
3	อาคารธุรกิจขนาดกลาง/ใหญ่	3000	150	300	2	5	300	120	210	300

ขั้นตอนที่ 5 ประมาณค่าใช้จ่ายของระบบ งานไฟฟ้า งานโครงสร้าง ต้นทุนที่สำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ราคาอุปกรณ์ ค่าออกแบบ-ติดตั้งและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและการบำรุงรักษา โดยพื้นที่ที่จะติดตั้งจะเป็นบริเวณหลังคาของอาคาร หรือดาดฟ้าอาคารซึ่งจะทำให้ไม่สิ้นเปลืองพื้นที่หรือค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม และข้อดีของระบบอีกประการ คือ ไม่เสียค่าแหล่งพลังงาน การประมาณราคาระบบแสดงได้ดังตารางที่ 4 หากใช้การคำนวณอย่างง่าย ณ ปัจจุบัน ต้นทุนของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ จะคิดที่ 55 บาท/วัตต์ และหากรวมค่า ดังนั้นระบบ 10 kW มีค่าลงทุนรวมค่าติดตั้ง ประมาณ 700,000 บาท

ตารางที่ 4 การประมาณค่าใช้จ่ายอุปกรณ์และการติดตั้งระบบ

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	หน่วย	จำนวนอุปกรณ์ในระบบ			ค่าใช้จ่ายในการลงทุน		
			10 kW	150 kW	300 kW	10 kW	150 kW	300 kW
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Polycrystalline 300 W @7,000 บาท/แผง	แผง	35.7	536	1071.4	250,000	3,750,000	7,500,000
2	อินเวอร์เตอร์ 1 ชด ขนาด 10 kW	ชด	1	15	30	200,000	3,000,000	6,000,000
3	อุปกรณ์สำหรับติดตั้งแผงเหล็ก	ชด	33	500	1000	33,000	500,000	1,000,000
4	สายไฟ AC DC	เมตร	60	900	1800	12,000	180,000	360,000
5	ท่อร้อยสาย	เมตร	60	900	1800	9,000	135,000	270,000
6	เซอร์กิตเบรกเกอร์ และชด Array Box	ชด	4	60	120	4,000	60,000	120,000
7	ระบบแสดงผล	ชด	1	1	1	50,000	200,000	400,000
8	วงจร DC/DC Converter & Charger	ชด	1	15	30	30,000	450,000	900,000
9	ค่าติดตั้งและค่าใช้จ่ายอื่นๆ 10%	เหมา	1	1	1	58,800	827,500	1,655,000
10	แบตเตอรี่ 12 V 100 Ah	ลก	30	450	900	60,000	900,000	1,800,000
11	พื้นที่ติดตั้ง	ตร.ม.	71	1071	2143	-	-	-
	ค่าลงทุนระบบไม่รวมแบตเตอรี่					646,800	9,102,500	18,205,000
	ค่าลงทุนระบบรวมแบตเตอรี่					706,800	10,002,500	20,005,000

ตารางที่ 5 การประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบเซลล์แสงอาทิตย์

รายละเอียด	มิถุนายน 2553 (Adder 6.50)	ธันวาคม 2554 (Adder 6.50)	พฤษภาคม 2555 (กลางปี 2555)	ตุลาคม 2555 (ปลายปี 2555)	2556
ราคาแผงเซลล์ (บาท/วัตต์)	60.0	35.4	29.2	25.9	20
(USD/วัตต์)	1.94	1.14	0.94	0.84	0.65
ราคา BOS (บาท/วัตต์)	40.0	35.0	35.0	35.0	35.0
ราคาแบตเตอรี่ (บาท/วัตต์)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ค่าติดตั้ง	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
เงินลงทุนรวม (บาท/วัตต์)	115.0	85.4	79.2	75.9	70.0

ขั้นตอนที่ 5 ประมาณค่ารายได้ของพลังงานที่ได้รับ การประเมินค่าพลังงาน จะใช้สมการ โดยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 10 kW ค่า Peak Sun Hour (PSH) มีค่า 5 ชั่วโมง และจากตารางที่ 5 พบว่าค่า Derate Factor มีค่า 0.8 พลังงานที่ได้ต่อปี = PV (kW) x PSH x Derate Factor x 365 Day/Year = 10 x 5 x 0.8 x 365 = 14,052.5 kWh/year (3)

ในการประเมินรายรับ ซึ่งรายรับที่ได้จะประกอบด้วยค่าพลังงานที่ขายได้ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 รัฐบาลไม่มีนโยบายค่าตอบแทนพลังงานที่ได้ คิดเฉพาะค่าไฟฟ้า เป็นหน่วยตามตารางที่ โดยค่าไฟฟ้ามีอัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราค่าไฟ ปีละ 4% [ ] และสำหรับในกรณีระบบที่มีแบตเตอรี่สำรอง และไม่มีการขายไฟฟ้าคืน ยังมีรายรับเสริมจากการลดค่าใช้จ่ายในช่วง Peak Demand โดยคิดค่าใช้จ่ายแบบ TOU (Time of Use) ดังตารางที่ 6

กรณีที่ 2 นโยบายรับซื้อไฟฟ้าคืนในราคาที่เหมาะสม (Feed in Tariff : FIT) ซึ่งได้ประกาศใช้ในปี 2556 ขายไฟคืนได้อัตราที่เหมาะสม ตามตารางที่ 6 โดยจะไม่มีรายรับจากการลดค่า Peak Demand เนื่องจากเป็นระบบผลิตแบบ Non-Firm จึงไม่มีค่าพลังงานไฟฟ้า (Capacity Cost)

ตารางที่ 6 อัตราการรับซื้อไฟฟ้าคืนในอัตราที่เหมาะสมสำหรับอาคาร

ชนิดของอาคาร	กำลังไฟฟ้า (kWp)	อัตรารับซื้อไฟฟ้าคืน (บาท/หน่วย)	ระดับแรงดัน kV	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (บาท/kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย) Peak	Off Peak
บ้านพักอาศัย	< 10	6.96	< 22	-	4.3093	1.2246
อาคารธุรกิจขนาดเล็ก	10 – 250	6.55	< 22	210	2.8408	1.2246
อาคารธุรกิจขนาดกลาง/ใหญ่	250 – 1000	6.16	> 22	132.93	2.695	1.1914

Peak : วันจันทร์ ศุกร์-09.00 น - .22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ ศุกร์-22.00 น - .09.00 น และวันเสาร์ วันอาทิตย์ .วันหยุดราชการตามปกติ ทั้งวัน (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

3. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแบตเตอรี่สำรองพลังงาน ประกอบด้วยการคำนวณและประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุน ได้แก่ ค่าลงทุนระบบเริ่มแรก รวมถึงแบตเตอรี่สำรองพลังงานเพิ่มเติม และที่ต้องเปลี่ยนทุกๆ 5 ปี ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการประเมินค่าผลตอบแทนที่ได้รับ ซึ่งจะได้นำมาประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีวิธีประเมินโครงการ มีดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงิน ที่จ่ายออกไป ภายใต้ โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) ที่กำหนดจากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะต้องทราบข้อมูลดังนี้ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ โดยใช้สูตร

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \qquad (4)$$

โดย n คือ อายุของโครงการ (ปี) ใช้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ESt คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n Io คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ(total investment) และ i คือ อัตราลดค่า (discount rate) ซึ่งค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับ อัตราดอกเบี้ยของตลาด ที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ ดังนั้นในที่นี้จะใช้อัตราเงินลด (Discount Rate) เป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 7% และอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 3% ต่อปี ตามลำดับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุนเป็น มูลค่า เท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPVเพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจ เลือกโครงการได้ ในกรณีที่โครงการมี ขนาดต่างกัน แต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้น การตัดสินใจให้การสนับสนุน ควรจะต้องนำเครื่องมืออื่น มาประกอบการ พิจารณา ควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึงอัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแส เงินสด ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ ประหยัดพลังงาน ตลอดอายุ โครงการจากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหา อัตราผลตอบแทนลดค่า จะต้องทราบข้อมูลดังนี้ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ และระยะเวลาของโครงการ จากสูตรภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี

$$-I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad (5)$$

โดย n คือ อายุของโครงการ (ปี) ES_t คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n Io คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment) และ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า discount rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นเอง ถ้าค่า IRR มากกว่า หรือ เท่ากับ ค่าของทุน discount rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ ก็ถือได้ว่า โครงการ ดังกล่าว เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยทั่วไปแล้ว ทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผล การตัดสินใจรับโครงการ หรือปฏิเสธโครงการ เป็นไปในทำนองเดียวกัน

3. งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแส เงินสด รับจากโครงการ สามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่าย ลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการ พอดี เนื่องจาก โครงการที่ขอ รับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุน เพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทน ที่เท่ากันทุกปี การหาค่า PB สามารถทำได้ดังสมการ

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}} \qquad (6)$$

4. การคิดต้นทุนต่อหน่วยของพลังงาน (Energy Unit Cost : EUC) ในการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ อีกหนึ่งวิธี คือ การคิดค่าต้นทุนต่อหน่วยของพลังงาน โดยต้นทุนของพลังงาน แบ่งออกได้เป็น เงินลงทุนคงที่ (Fixed Cost) ได้แก่ ค่าลงทุนระบบพลังงาน

แสงอาทิตย์ และเงินลงทุนแปรผัน (Variable Cost) ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่มีต้นทุนในส่วนนี้ มีเพียงค่าบำรุงรักษารายปี และต้นทุนเงินทุนที่เป็นอัตราดอกเบี้ยในแต่ละปี เทียบกับหน่วยพลังงานที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ 25 ปี ดังสมการที่

ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย = เงินค่าลงทุน / หน่วยพลังงาน (7)

ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ แบ่งเป็น 3 กรณี คือ บ้านพักอาศัย ธุรกิจขนาดเล็ก และธุรกิจขนาดใหญ่ โดยใช้แหล่งเงินทุนเงินกู้ และเงินฝากประจำ และนโยบายที่ไม่มีการรับซื้อคืนพลังงาน และซื้อคืนพลังงาน FIT มีแบตเตอรี่และไม่มีแบตเตอรี่ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุน

อาคาร	แหล่งเงินทุน	นโยบาย	แบตเตอรี่				ไม่มีแบตเตอรี่			
			PB	NPV	IRR	EUC	PB	NPV	IRR	EUC
			(ปี)	(บาท)	(%)	บาท/kWh	(ปี)	(บาท)	(%)	บาท/kWh
บ้านพักอาศัย	เงินกู้	No FIT	14	562,900	13	2.53	12	681498.55	15	2.49
	เงินฝาก		12	1,400,186	13	2.16	11	1566306.7	15	1.99
(< 10 kW)	เงินกู้	FIT	9	601100.17	16	2.75	10	445028.96	14	2.39
	เงินฝาก		9	1272211.7	16	2.16	10	1002118.2	14	2.15
ธุรกิจขนาดเล็ก	เงินกู้	No FIT TOU	13	7799902.8	14	2.53	20	3071032.5	10	1.8
	เงินฝาก		12	19081661	14	2.16	17	10906951	10	1.86
(10-250 kW)	เงินกู้	FIT	9	8368495.3	16	2.6	9	6334727.4	14	2.24
	เงินฝาก		8	17837622	16	2.06	9	14200850	14	2.05
ธุรกิจขนาดกลางใหญ่	เงินกู้	No FIT TOU	15	12304491	12	2.26	20	6674684.4	10	1.87
	เงินฝาก		13	32799831	12	2.04	18	22597613	10	1.84
(>250 kW)	เงินกู้	FIT	10	14803011	15	2.5	12	11088958	14	2.05
	เงินฝาก		10	32577238	15	2.04	11	25852391	14	2.03

จากผลการคำนวณในตารางที่ 7 พบว่า ในกรณีบ้านพักอาศัย ระบบที่มีแบตเตอรี่มีระยะเวลาคืนทุนนานกว่าระบบที่ไม่มีแบตเตอรี่ ส่วนระบบอาคารธุรกิจอื่นๆ แบตเตอรี่มีผลให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น ทั้งชนิดไฟฟ้าปกติและกรณีนโยบาย FIT ระบบที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด คือ ธุรกิจขนาดเล็ก ชนิด FIT ทั้งแบบมีแบตเตอรี่และไม่มีแบตเตอรี่ ประมาณ 8-9 ปี ขณะที่ธุรกิจขนาดเล็กที่ไม่มีนบาย FIT แบตเตอรี่มีผลทำให้ระยะเวลาคืนทุนลดลงของกรณีใช้เงินกู้และเงินฝาก ตามลำดับ

4. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอวิธีการออกแบบขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเก็บพลังงานเพิ่มในช่วงที่แสงแดดมีปริมาณความเข้มแสงต่ำ ปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันและสำรองพลังงานไว้ใช้ให้กับโหลดที่มีความสำคัญในขณะที่ไฟของการไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายเข้าระบบได้ โดยได้นำเสนอเทคนิคการออกแบบขนาดแบตเตอรี่ จากการหาค่าเฉลี่ยของ วิธีการออกแบบขนาดแบตเตอรี่จากข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในช่วงความเข้มแสงต่ำ แต่ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบได้ ร่วมกับการพิจารณาจากปริมาณโหลดทางไฟฟ้าที่มีความสำคัญของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการพลังงานและควบคุมระดับแรงดัน ค่าตัวประกอบกำลัง กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้เป็นไปตามมาตรฐานการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า เพื่อลดผลกระทบทางด้านคุณภาพไฟฟ้ากำลังที่มีต่อระบบจำหน่าย การประเมินการลงทุนและวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของวิธีการออกแบบระบบแบตเตอรี่แต่ละชนิด โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าพลังงานที่ได้รับเพิ่ม การลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบ และรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากพลังงานที่ผลิตได้จากกรณีที่มีนโยบายส่งเสริม และมีนโยบายส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐ ผลการวิเคราะห์พบว่า กรณีบ้านพักอาศัย ระบบที่มีแบตเตอรี่มีระยะเวลาคืนทุนนานกว่าระบบที่ไม่มีแบตเตอรี่ ส่วนระบบอาคารธุรกิจอื่นๆ แบตเตอรี่มีผลให้ระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มทร.ล้านนา และ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] G. Murali, Dr. A. Manivannan, “ Analysis of Power Quality Problems in Solar Power Distribution System”, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 3, Issue 2, March -April 2013, pp.799-805.

[2] Srisaen, N., Sangswang, A.: Effects of PV grid-connected system location on a distribution system. IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, 852-855 (2006) Singapore

[3] Negrão Macêdo, W., Zilles, R.: Influence of the power contribution of a grid-connected photovoltaic system and its operational particularities. Energy for Sustainable Development, 13, 202-211 (2009)

[4] F. Giraud and Z.M.Salameh, “Analysis of the effects of a passing cloud on a grid-interactive photovoltaic system with battery storage using neural networks,” IEEE/PES 1998 Winter Meeting, 1998.

O-CP18

การตรวจจับการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระภายใต้ระบบควบคุมโดยวิธีเฟสล็อคลูป ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

An Islanding Detection Methodusing Phase Lock Loop Method for Distributed Photovoltaic (PV) Systems

วุฒิวงศ์ จันทะสอน[1]* และ อุเทน สุปัตติ[2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230
wutthiwong06@yahoo.com[1], uthane@eng.src.ku.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอเทคนิคการตรวจจับการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระ(Islanding Detection) แบบพาสซีฟโดยวิธีเฟสล็อคลูป(Phase Lock Loop :PLL) วิธีตรวจจับการเกิดการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับหน่วยผลิตไฟฟ้าชนิดเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic system) ประกอบด้วย เทคนิคตรวจสอบโดยใช้ Over/Under-Frequency (OUF)เมื่อความถี่เกิดการเปลี่ยนแปลง อินเวอร์เตอร์ต้องหยุดจ่ายกำลังไฟฟ้าทันที โดยอ้างอิงจากมาตรฐานที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย IEEE Std. 929, IEEE Std. 1547 ในการจำลองและวิเคราะห์การทำงานของระบบใช้แบบจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อจำลองการทำงานและระบบการควบคุมอินเวอร์เตอร์โดยวิธีเฟสล็อคลูปในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับการแยกตัวอิสระโดยวิธีเฟสล็อคลูปสามารถตรวจจับได้รวดเร็วและแม่นยำ ทำให้สามารถปลดออกจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลักโดยรวดเร็วไม่เกิดความเสียหายกับอินเวอร์เตอร์และผู้ปฏิบัติงานที่จุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า อีกทั้งไม่มีการฉีดสัญญาณรวบกวนเข้าไปยังระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลัก

คำสำคัญ: การตรวจจับการเกิดการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระ, เฟสล็อคลูป

1.บทนำ

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความนิยมในการดำเนินการติดตั้งเข้าสู่โครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลัง(Power System Network)มากขึ้นเรื่อยๆโดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าที่ได้มาจากพลังงานทดแทนแผงเซลล์แสงอาทิตย์(PV module)[1]เพราะเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่สามารถช่วยสร้างเสถียรภาพให้กับระบบไฟฟ้ากำลังลดปัญหาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้าอันเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อนแต่การต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าชนิดเซลล์แสงอาทิตย์ก็สร้างปัญหาให้กับระบบไฟฟ้ากำลังเช่นกันหนึ่งในปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นคือการเกิดสภาวะแยกตัวอิสระ(IslandingCondition)อันเป็นเหตุให้เกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระหากสภาวะนี้เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่จุดเชื่อมต่อไฟฟ้ากำลังจึงจำเป็นต้องต่อต้านสภาวะแยกตัวอิสระ(Anti-islandingCondition)ไม่ให้เกิดขึ้นตามมาตรฐานIEEE Std. 929, IEEE Std. 1547 เมื่อเกิดสภาวะแยกตัวอิสระต้องหยุดการเชื่อมต่อใน2 วินาทีเทคนิคการตรวจจับสภาวะแยกตัวอิสระ(IslandingDetection Techniques)[2]และต่อต้านการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระไม่ให้เกิดขึ้นนั้นมีอยู่หลากหลายเทคนิครวมทั้งประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสภาวะแยกตัวอิสระยังคงได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน

เทคนิคในการตรวจจับการแยกตัวอิสระมีสองเทคนิคหลักคือ [3][4]เทคนิคการตรวจจับแบบรีโมท (Remote Islanding Detection Techniques) ใช้วิธีการในการตรวจจับผ่านระบบสื่อสารซึ่งเทคนิคนี้จะมีประสิทธิภาพสูงมากแต่จุดด้อยคือมีราคาแพงและเทคนิคการตรวจจับแบบโลคอล(Local Islanding DetectionTechniques)เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้กับหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวขนาดเล็กแบ่งได้อีกสามแบบคือวิธีแอคทีฟ,พาสซีฟและไฮบริด ในวิธีการแบบแอคทีฟ (Active Islanding Detection Techniques) นั้นจะทำการสร้างสัญญาณขนาดเล็กฉีดเข้าไปในระบบไฟฟ้าและตรวจสอบการตอบสนองที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณขนาดเล็ก วิธีการนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่สมดุลระหว่างโหลดและยังลดคุณภาพของระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งไม่เหมาะสำหรับหน่วยผลิตไฟฟ้าชนิดเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากวิธีการแบบแบบพาสซีฟ(Passive Islanding DetectionTechniques) เทคนิคนี้จะทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปอาทิแรงดันความถี่ผลรวมฮาโมนิกส์ข้อดีคือเทคนิคนี้จะไม่มีการฉีดสัญญาณเข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง เทคนิคสุดท้ายคือเทคนิคการตรวจจับการแยกตัวอิสระแบบไฮบริด(HybridIslanding Detection Techniques)เป็นการนำคุณลักษณะของทั้งแบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟมารวมกันวิธีการตรวจสอบการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับเชื่อมต่อการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยของบุคลากรที่ปฏิบัติงานและอุปกรณ์, เมื่อแรงดันและความถี่ที่จุดเชื่อมต่อเกิดการเปลี่ยนแปลง ในบทความนี้จะนำเสนอเทคนิคการตรวจจับการแยกตัวอิสระแบบพาสซีฟ โดยใช้หลักการตรวจสอบแรงดันและความถี่ที่เปลี่ยนแปลงที่จุดเชื่อมต่อไฟฟ้ากำลัง ส่งสัญญาณให้อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายกำลังไฟฟ้า

2. สภาวะการแยกตัวอิสระ

สภาวะแยกตัวอิสระ (Islanding condition)เป็นสภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อโครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังหยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบแต่หน่วยผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ยังคงจ่ายกระแสเข้าสู่ระบบเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาวะไฟฟ้าอยู่การแยกตัวอิสระที่อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น จากการลัดวงจรในระบบไฟฟ้ากำลังสามารถตรวจจับการลัดวงจรได้ และสั่งปลดวงจรออก แต่หน่วยผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ยังคงจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบอยู่ เมื่อเกิดสภาวะแยกตัวอิสระหน่วยผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต้องทำการตรวจจับและหยุดจ่ายกำลังไฟฟ้า เพราะจะทำให้แรงดันและความถี่ที่จุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ไม่อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับของอุปกรณ์เป็นผลทำให้เกิดความเสียหายต่ออินเวอร์เตอร์ และผู้ปฏิบัติงานที่จุดเชื่อมต่อไฟฟ้ากำลัง

3. เทคนิคการตรวจจับการแยกตัวอิสระแบบพาสซีฟ

การศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคที่ใช้ในการตรวจจับสภาวะแยกตัวอิสระ สภาวะแยกตัวอิสระจะมีองค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญคือ พื้นที่ไร้การตรวจจับ (Non-Detection Zone :NDZ)เป็นขอบเขตของความแตกต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบเซลล์แสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้าของโหลดซึ่งหากดำเนินการตรวจจับการแยกตัวอิสระภายใต้ของเขตที่การตรวจจับจะล้มเหลว [5]การแก้ปัญหาสภาวะแยกตัวอิสระมีมาตรฐานหลักๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย IEEE Std. 929, [6], IEEE Std. 1547 [7] โดยในตารางที่ 1แสดงสรุปสาระสำคัญที่น่าสนใจของมาตรฐานซึ่งมีข้อสรุปมาตรฐานที่ตรงกันคือ ระบบที่จะเชื่อมต่อของหน่วยผลิตไฟฟ้าจะต้องตรวจจับการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายระบบไฟฟ้ากำลังภายในสองวินาทีเมื่อสภาวะแยกตัวอิสระเริ่มเกิดขึ้น

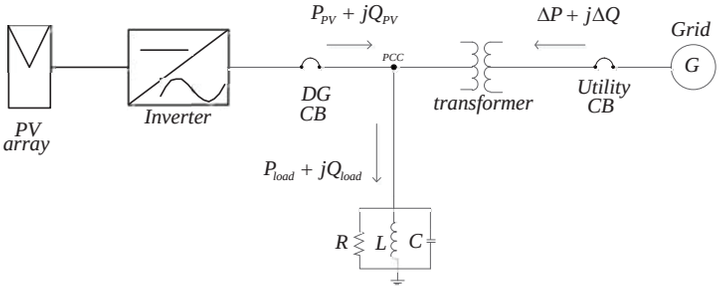
ตารางที่ 1 : มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการต่อต้านการแยกตัวอิสระ

	IEEE 1547	IEEE 929
Quality factor, Q_f	1	2.5
Required islanding detection time, t	t < 2 s	t < 2 s
Normal frequency range, f (nominal frequency f_0)	59.3Hz≤f≤60.5Hz	59.3Hz ≤f≤60.5Hz
Normal voltage range, v (% of nominal voltage V_0)	88%≤V≤110%	88%≤V≤110%

3.1เทคนิคการตรวจจับการแยกตัวอิสระแบบพาสซีฟที่ความถี่สูง/ต่ำ (Over / Under –Frequency of passive in landing detection technique) เป็นเทคนิคที่วัดค่าความถี่ที่จุดต่อไฟฟ้ากำลัง โดยใช้ตัวตรวจจับด้วยวิธีเฟสล็อคลูปที่มีความถี่สูงหรือต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน เมื่อเกิดการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระเกิดขึ้น ตัวควบคุมจะปลดหน่วยผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้หยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าโครงข่ายไฟฟ้ากำลัง

4.ระบบเชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distributed PV system)

ระบบการตรวจจับแยกตัวอิสระแสดงดังรูปที่ 1ประกอบด้วยโหลด หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์และจุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลัง(PCC) กำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากระบบจ่ายไฟฟ้าหลักไปยังโหลดจะมีความแตกต่างกับหน่วยผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับความต้องการของโหลด โดยปกติแล้วอินเวอร์เตอร์ควรที่จะออกแบบให้จ่ายกำลังไฟฟ้าจริง (Active power) เพื่อให้หน่วยผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด ส่วนกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive power) ที่โหลดนั้นสามารถดึงจากหน่วยหน่วยผลิตไฟฟ้าหลัก



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของระบบและการไหลของกำลังไฟฟ้า

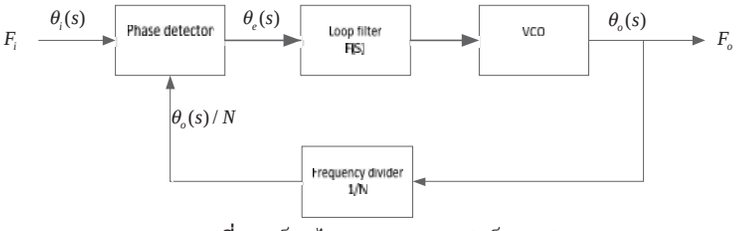
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยแผงรับแสงและอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงผันกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายไปยังจุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้าหลัก (PCC) เมื่อสวิทซ์ทางด้านระบบจำหน่ายไฟฟ้าปิด จะมีการเชื่อมต่อของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน $P_{PV} + jQ_{PV}$ ไหลไปยังจุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า (PCC) และกำลังไฟฟ้าที่โหลดเป็น $P_{load} + jQ_{load}$ และกำลังไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไหลไปจุดเชื่อมต่อเป็น $\Delta P + j\Delta Q$ สมการและความสัมพันธ์การไหลของกำลังไฟฟ้าคือ

$$\Delta P = P_{load} - P_{PV}$$

และ $$\Delta Q = Q_{load} - Q_{PV} \quad (1)$$

5.ระบบการควบคุมเฟสล็อคลูป (Phase Lock Loop)

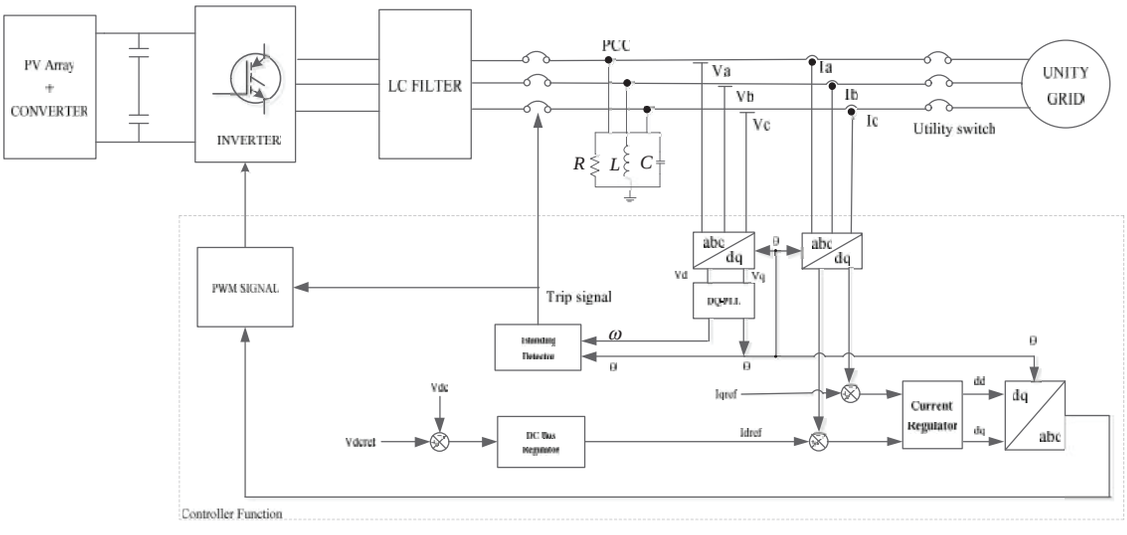
การควบคุมแบบเฟสล็อคลูป[8]ดังรูปที่ 2 เป็นบล็อกไดอะแกรมของเฟสล็อคลูปที่ใช้ตรวจจับเฟสและความถี่ทำหน้าที่สร้างสร้างสัญญาณป้อนกลับให้กับเฟสคอมพาราเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณสองส่วนและให้เอาท์พุทที่คงที่ออกมา เมื่อสัญญาณอินพุททั้งสองเท่ากันและถ้าความถี่ของสัญญาณอินพุททั้งสองแตกต่างกันสัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากคอมพาราเตอร์เมื่อนำมาผ่านวงจรความถี่ผ่านต่ำ (Low-pass filter) จะได้สัญญาณที่นำไปใช้ป้อนให้กับ VCO เป็นการป้อนกลับแบบลูปปิด (Close loop) และระดับสัญญาณที่ป้อนให้กับอินพุท VCO นั้นจะเปลี่ยนเป็นความถี่เอาท์พุทวีซีโอในการพยายามทำให้ความถี่ตรงกันกับอินพุทของเฟสล็อคลูป (PLL input frequency) ถ้าความถี่ตรงกันก็จะอยู่ในสภาวะล็อค ระดับสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมจะคงที่ตราบเท่าที่อินพุทของเฟสล็อคลูปคงที่



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของเฟสล็อคลูป

6.วิธีการควบคุมที่นำเสนอ

เทคนิคการตรวจจับการแยกตัวอิสระแบบพาสซีฟ (Passive Islanding Detection Techniques) เทคนิคนี้จะใช้วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความถี่ โดยการเซ็ตค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นไว้ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าดังกล่าวแสดงว่าเกิดสภาวะแยกตัวอิสระในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงต้องทำการต่อต้านสภาวะดังกล่าวหยุดการทำงานอินเวอร์เตอร์และปลดเมนสวิทซ์



รูปที่ 3 โครงสร้างระบบการควบคุม

6.1 ระบบการควบคุมเฟสล็อคลูป (Phase Lock Loop) จากไดอะแกรมในรูปที่ 3แสดงระบบการควบคุมที่นำเสนอในงานวิจัย เมื่อเกิดสภาวะแยกตัวอิสระที่จุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า (PCC)

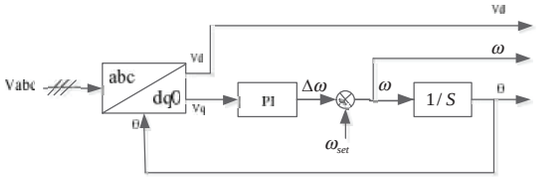
ขั้นตอนที่ 1 ระบบจะทำการวัดค่าแรงดันและกระแสที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณเวกเตอร์ V_d และ V_q ตามสมการที่ 2

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \\ V_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} -\cos\theta & -\cos(\theta+2\pi/3) & -\cos(\theta-2\pi/3) \\ \sin\theta & \sin(\theta+2\pi/3) & \sin(\theta-2\pi/3) \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้ขนาดของเวกเตอร์ V_q แล้วก็นำไปผ่านลูปฟิลเตอร์โดยใช้การปรับขนาดแบบสัดส่วน (PI Controller)

ขั้นตอนที่ 4 สามารถประมาณขนาดมุมของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป แล้วนำขนาดของมุมที่ได้นี้ไปทำการเปรียบเทียบกับขนาดที่กำหนดไว้ ก็จะได้สัญญาณที่นำไปหยุดการทำงานอินเวอร์เตอร์และปลดเมนสวิทช์ดังรูปที่ 4

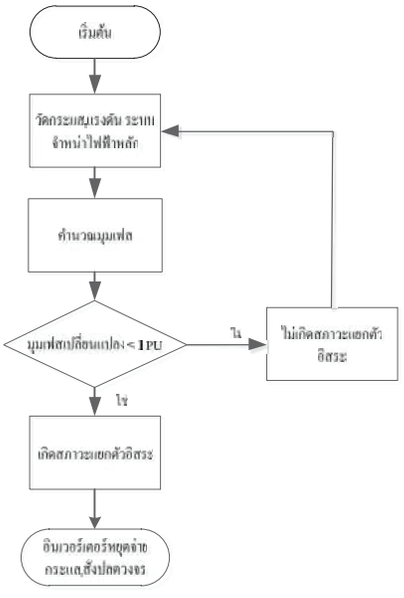


รูปที่ 4โครงสร้างระบบ DQ-PLL

จากรูปที่ 4 แสดงบล็อกเฟสล็อกลูปซึ่งใช้ในการตรวจจับมุมเฟสที่เปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ทำการวัดที่จุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

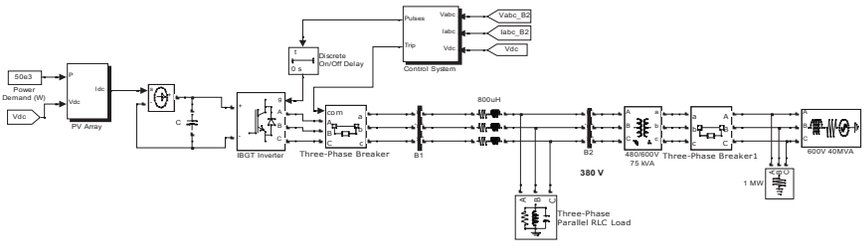
7. การจำลองระบบ

ในการจำลองการทำงานของระบบจะใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ขั้นตอนการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 5

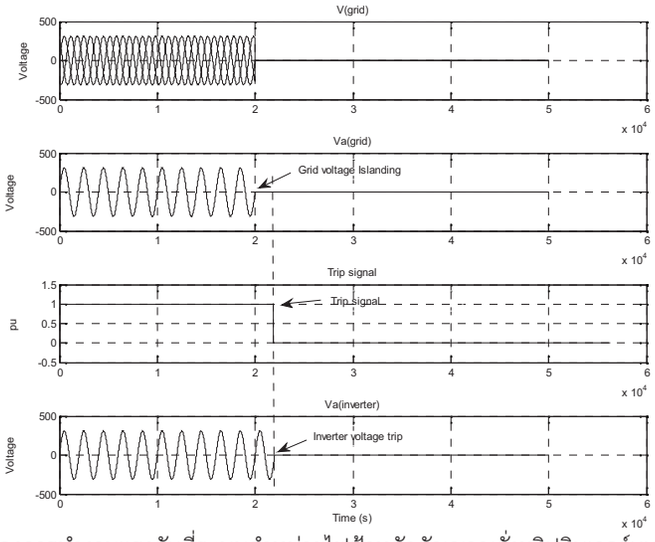


รูปที่ 5 อัลกอลิทึมการทำงานของระบบ

จากการทำงานของระบบพลังงานที่ได้จากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำมาแปลงผันพลังงานไฟฟ้าโดยอินเวอร์เตอร์เพื่อนำไปเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลัก เมื่อเกิดสภาวะแยกตัวอิสระที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลัก แรงดันและมุมเฟสจะมีขนาดลดลง ระบบควบคุมเฟสล็อคลูปจะตรวจสอบความแตกต่างของมุมเฟสที่ลดลงนั้นได้ โดยวิธีการคำนวณทางซิงโครนัสเวกเตอร์ V_d และ V_q เมื่อนำค่าเวกเตอร์แรงดัน V_q ปรับเปลี่ยนลงสู่ระดับศูนย์ได้โดยใช้ PI controller จะได้ค่าของมุมเฟสที่ทำการตรวจสอบขณะนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้จะได้ค่ามุมเฟสที่ลดลง และนำสัญญาณนี้ไปสร้างเป็นสัญญาณทริป เพื่อทำการปลดวงจรและหยุดอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 6

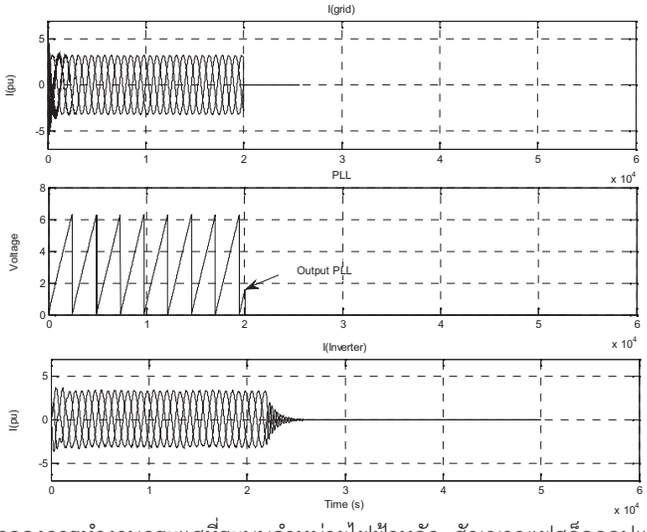


รูปที่ 6วงจรการจำลองการทำงาน



รูปที่ 7กราฟแสดงผลจำลองการทำงานแรงดันที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลักสัญญาณสั่งทริปอินเวอร์เตอร์และแรงดันที่อินเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 7 แสดงค่าแรงดันที่จุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า (PCC) เมื่อเกิดสภาวะแยกตัวอิสระที่เวลาสองวินาทีดังกราฟที่ 7.2ระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบและสั่งปลดวงจรในเวลา 0.22 วินาทีหรือ 1 ไซเคิลถัดมา ในกราฟที่ 7.4



รูปที่ 8กราฟแสดงผลจำลองการทำงานกระแสที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลัก, สัญญาณเฟสล็อคลูปและกระแสที่อินเวอร์เตอร์

จากกราฟในรูปที่ 8 แสดงค่ากระแสที่ไหลจุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า (PCC) เมื่อเกิดสภาวะแยกตัวอิสระระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลักจะหยุดจ่ายกระแสไปยังจุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้า และระบบควบคุมเฟสล็อคลูปจะทำการตรวจสอบได้ว่ามุมเฟสที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลักที่จุดเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้าลดลงและเป็นศูนย์ดังแสดงในกราฟที่ 8.2 และสั่งปลดวงจรอินเวอร์เตอร์แสดงในกราฟที่ 8.3

8. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการตรวจจับการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระแบบพาสซีฟด้วยเทคนิคเฟสล็อคลูปเป็นเทคนิคให้ผลตอบสนองด้านเวลาได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาน้อยกว่าหนึ่งวินาทีหรือภายในหนึ่งไซเคิลในตรวจจับสภาวะแยกตัวอิสระเพื่อสั่งปลดวงจรอินเวอร์เตอร์ อีกทั้งยังมีความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณ และไม่มีการฉีดสัญญาณรบกวนไปยังระบบ

จำหน่ายไฟฟ้าหลัก การนำไปดำเนินการใช้งานไม่ยาก ราคาไม่สูงแต่มีจุดอ่อนคือมีพื้นที่ไร้การตรวจจับ บทความนี้ตรวจสอบการทำงานของระบบด้วยการจำลองการทำงานจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นการยืนยันผลการวิเคราะห์เทคนิคที่นำเสนอ ชุดทดลองต้นแบบอยู่ระหว่างดำเนินการจัดสร้างเพื่อใช้ทดสอบต่อไป

10.กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ และช่วยเหลือจากผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้วิจัยต้องของกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุเทน สุปัตติ อาจารย์ที่ให้คำปรึกษา ที่ท่านได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางแก้ไขปัญหา และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดจนทำการตรวจสอบแก้ไขบทความจนสำเร็จลงได้

เอกสารอ้างอิง

[1] IrvinJ.Balaguer, E. I. O.-R. (SEPTEMBER 2010). "Survey of Distributed Genneration Islanding Detection Methods" IEEE LATIN AMERICA TRANSATION8 (NO.5).

[2] Irvin J.Balaguer, Q. L., ShuitaoYang,UthaneSupatti (JANUARY 2011). "Control for Grid-Connected and Intentional Islanding Operation of Distributed Power Generation" IEEE TRANSACTION ON INDUSTRIAL ELECTRONIC58(No.1).

[3] ManopYingram , S. P. (2013) "Investigation Over/Under-Voltage Protection of Passive Islanding Detection Method of Distribution Generations in Electrical Distribution Systems."

[4] มานพ ยิ่งรัมย์(2556) "เทคนิคการตรวจจับการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระแบบพาสซีฟในการต่อต้านการเกิดการจ่ายไฟแบบแยกตัวอิสระในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว "วิศวะสารลาดกระบัง ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 กันยายน 2556

[5] MarwaAshour, L. B.-B., Adel Gastli,Nasser Al-Emadi,Yara Fayyad (2013). "Matlab/Simulink Implementation& Simulation of Islanding Detection using Passive Methods" IEEE GCC Conference and exhibition

[6] Board, I.-S. S. (Approved 30 January 2000). "IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems"IEEEStd 929-2000.

[7] Friedman, T. B. N. R. (November 2003). "IEEE 1547 National Standard for Interconnecting Distributed Generation"NREL/JA-560-34875.

[8] StefanoBifaretti, A. L., Luca Solero, FabioCrescimbini (2013). "Anti-Islanding Detection based on a Robust PLL." IEEE TRANSACTION ON INDUSTRY APPLICATION.

O-CP19

ระบบวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในอาคารด้วยหัววัดแบบอาร์ซีไทม์

Indoor Humidity and Temperature Measurement System with RC-time Probe

เบญญ์ โยธารักษ์[1], สหรัฐ คะชาวุธ[1], เดี่ยว อภัยราช[1*],วานิช โสภาสพ[1],บดินทร์ชาติ สุขบท[1],

จรัส บุณยธรรมา[1], สุชาติ สุภาพ[1], กิติพัฒน์ อนุรักษ์ฤนนท์[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี12120

โทร 0-2549-4187 E-mail: deawph@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับหัววัดแบบอาร์ซีไทม์ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้วยเซนเซอร์แบบ Thermal conductivity แสดงผลออกทางจอแสดงผลแอลซีดีในรูปของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และอุณหภูมิของอากาศ ณ ขณะนั้น วิธีนี้เป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายในการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยไม่ต้องเปิดตาราง จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่หัววัดอ่านได้ถูกนำมามีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% หัววัดที่ใช้ในงานนี้เป็นแบบอาร์ซีไทม์ โดยใช้เทอร์มิสเตอร์ความต้านทาน 100 kΩที่อุณหภูมิ 25°Cกับตัวเก็บประจุขนาด 0.1 µF ซึ่งมีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับหัววัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีขายในท้องตลาด

คำสำคัญ: ความชื้น; Thermal conductivity; หัววัดแบบอาร์ซีไทม์

1. ที่มาและความสำคัญ

การเกษตรมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มาตั้งแต่ดำดำบรรพ์ โดยมนุษย์รู้จักที่จะนำประโยชน์ที่มีอยู่อย่างหลากหลายทั้งจากพืชและสัตว์มาใช้ในชีวิตประจำวัน นำมาซึ่งปัจจัยในการดำรงชีวิต4ประการคือ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรค โดยมนุษย์รู้จักเก็บเกี่ยวผลผลิตทางเกษตร นำไปเป็นอาหาร นำส่วนต่าง ๆ ของพืชเส้นใยไปผลิตสิ่งทอหรือใช้หนังสัตว์ทำเครื่องนุ่งห่ม ปลูกป่าเพื่อนำไม้ไปเป็นอุปกรณ์ในการปลูกสร้างสิ่งการก่อสร้าง สร้างที่พักอาศัย อาคารสถานที่ ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ต่าง ๆ อีกทั้งยังรู้จักปลูกพืชสมุนไพร เพื่อนำไปใช้เป็นยารักษาโรค ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งสิ้น

ในยุคปัจจุบันภาคการเกษตรมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เพราะนอกจากจะก่อให้เกิดรายได้แล้ว คนส่วนใหญ่ของประเทศยังมีอาชีพทำการเกษตร และผลการพัฒนาการเกษตรที่ผ่านมา พบว่ารายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรโดยรวมดีขึ้น แม้แต่ในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจที่ผ่านมาภาคการเกษตรได้รับผลกระทบน้อยกว่าภาคอื่นๆ ของประเทศ เป็นผลมาจากการดำเนินนโยบายหลายด้าน รวมทั้งการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรทำการเกษตรในแนวทฤษฎีใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาบ้างแล้ว

นอกจากนี้ในส่วนอุตสาหกรรมทางการเกษตรหลายๆอย่างก็มีความต้องการในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นทั้งของอาหารการเพาะปลูกและการปศุสัตว์หรือแม้กระทั้งการเก็บผลผลิตทางการเกษตร[1-3] ซึ่งมีการดำเนินการในระบบปิดเพื่อควบคุมผลกระทบต่างๆ ที่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศจากโรคระบาดหรือปัจจัยเสี่ยงต่างๆการนำเอาเทคโนโลยีมาเกี่ยวข้องเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดอัตราการสูญเสียจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมเกษตรในปัจจุบัน

อุณหภูมิและความชื้นจัดว่าเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่องานทางเกษตรกรรม ไม่ว่าจะเป็นการปลูกพืชผักในโรงเรือนยกตัวอย่างเช่น การเพาะเห็ด ซึ่งต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความและความชื้นให้เหมาะสมเพื่อให้เห็ดเจริญเติบโตได้ดี หรือแม้กระทั้งการเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือนระบบปิด เช่น การเลี้ยงไก่ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมจะทำให้ไก่โตเร็วและมีอัตราการตายต่ำนั่นหมายความว่าการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นจำเป็นอย่างยิ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่องานทางเกษตรกรรม

ในงานนี้ผู้จัดทำได้ออกแบบระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในราคาประหยัดโดยใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นหัววัดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นหัววัดอุณหภูมิที่มีราคาถูกมากและหาซื้อได้ง่ายร่วมกับไอซี PIC 16F648A เป็นชีพียูประมวลผลโดยแสดงค่าอุณหภูมิออกทางจอแอลซีดีและส่วนค่าความชื้นทางผู้จัดทำได้ออกแบบโดยใช้หลักการวัดความชื้นด้วยแบบ Thermal conductivityแสดงค่าความชื้นออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ทางจอแอลซีดี

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ [4] ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)คือ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่จริงในอากาศ (amount of moisture in the air)ต่อปริมาณความชื้นที่มีปริมาตรเท่ากัน อุณหภูมิเดียว และอยู่ในสภาพอิ่มตัว หรือบอกเป็นเปอร์เซ็นของความดัน ไอน้ำของอากาศในขณะนั้นต่อความดันไอน้ำอิ่มตัวของอากาศที่มีอุณหภูมิเท่ากันเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ } f = \frac{\text{ปริมาณความชื้นที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาณความชื้นของอากาศในสภาพอิ่มตัว}} \times 100 \quad (1)$$

$$= \frac{\text{ความดันไอน้ำของอากาศในขณะนั้น } (e)}{\text{ความดันไอน้ำอิ่มตัวของอากาศ}(e_s)} \; x \; 100 \quad (2)$$

ความดันไอน้ำของอากาศ (e) เป็นตัวแปรที่บอกถึงปริมาณความชื้นในอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณได้เมื่อทราบค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (wet bulbtemperature) และอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) และค่าความกดอากาศในบริเวณนั้น ความดันไอน้ำของอากาศในระบบเมตริก (metric system) คำนวณได้จากสมการ

$$e = e_s - 0.00066\ p\ (T-T_w)\ (1+0.0015\ T_w) \qquad (3)$$

โดยที่ e คือ ความดันไอน้ำของอากาศ (mbar)
e_sคือ ความดันไอน้ำอิ่มตัว (mbar)
P คือ ความกดอากาศ (mbar)
T คือ อุณหภูมิที่อ่านค่าได้จากเทอร์มิเตอร์กระเปาะแห้ง (°C)
T_wคือ อุณหภูมิที่อ่านค่าได้จากเทอร์มิเตอร์กระเปาะเปียก (°C)

ความดันไอน้ำอิ่มตัวสามารถหาได้จาก สมการของ Goff-Gratch (พ.ศ. 2489) ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศดังสมการ

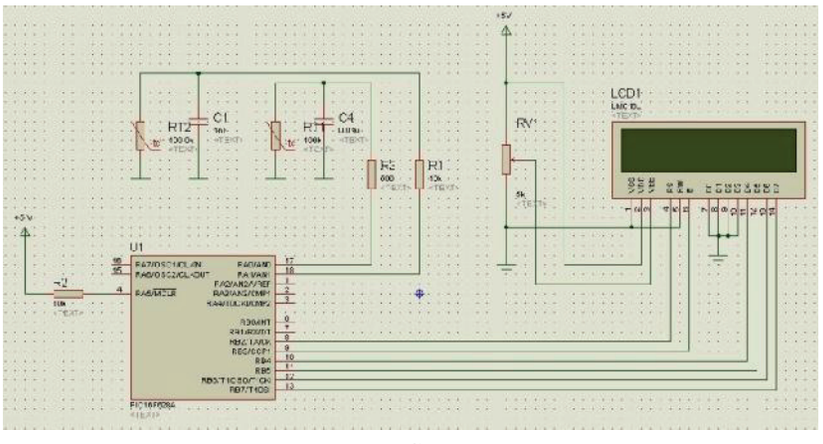
$$e_s \approx 33.8639[(0.00738T + 0.8072)^8 - 0.000019(1.8T + 48) + 0.001316] \qquad (4)$$

โดยที่ e_s คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัว (mbar) T คือ อุณหภูมิของอากาศ (°C)

สมการที่ 4 ใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ – 50°Cถึง + 55°C หรือ -58 °F ถึง + 131°F โดยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนของความดันไอน้ำอิ่มตัวที่คำนวณได้ ± 1 %

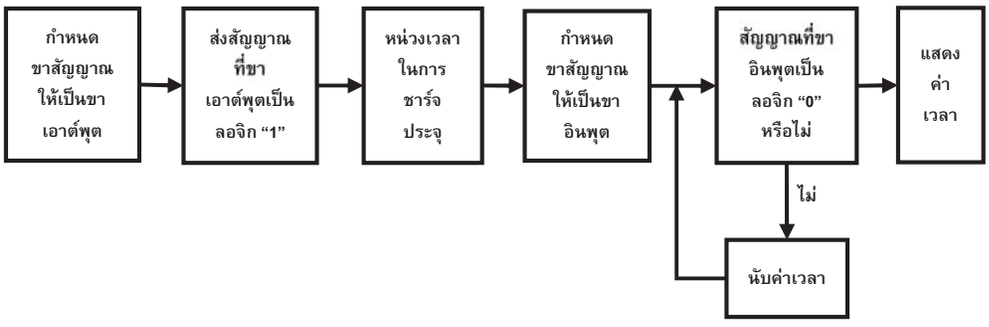
3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1การออกระบบและหลักการทำงานของระบบ ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารด้วยหัววัดแบบอาร์ซีไทม์ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1. ชุดหัววัดแบบอาร์ซีไทม์เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC มีความต้านทาน 100kΩ ที่อุณหภูมิ 25°C กับตัวเก็บประจุขนาด 0.1 µF 2. ชุดประมวลผลข้อมูลซึ่งใช้ไอซี PIC 16F648A ทำหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากหัววัดและ 3. ชุดแสดงผลข้อมูลซึ่งแสดงผลข้อมูลผ่านผ่านจอแอลซีดีขนาด 4 บิต ดังแสดงในรูปที่ 1ระบบวัดที่ออกแบบขึ้นจะมีหัววัดอุณหภูมิ 2 ชุด โดยที่ชุดที่ 1 จะทำการวัดอุณหภูมิที่กระเปาะแห้ง ส่วนชุดที่ 2 จะทำหน้าที่วัดอุณหภูมิที่กระเปาะเปียก

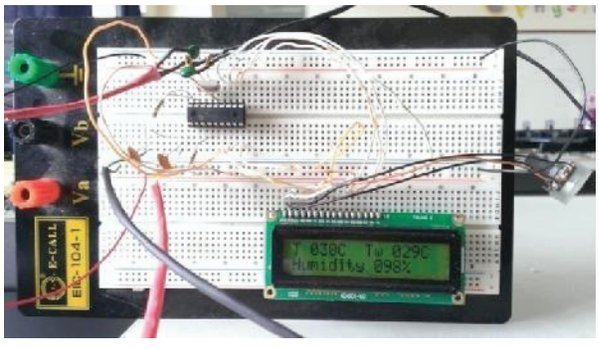


รูปที่ 1: วงจรระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารด้วยหัววัดแบบอาร์ซีไทม์

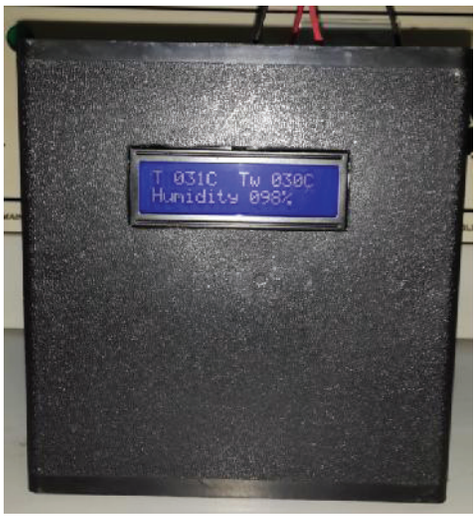
หลักการอ่านค่าอุณหภูมิของหัววัดอาศัยหลักการทำงานของการชาร์จและคายประจุของตัวเก็บประจุผ่านตัวต้านทานซึ่งในที่นี้ก็คือเทอร์มิสเตอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก็จะทำให้ความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้ระยะเวลาในการคายประจุมีการเปลี่ยนแปลง ทำการนับระยะเวลาในการคายที่เปลี่ยนแปลงไป แล้วนำมาทำการคำนวณกลับเพื่อหาค่าอุณหภูมิโดยมีรูปแบบการทำงานของโปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: การทำงานของโปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 3: การทดสอบการทำงานของระบบวัด



รูปที่ 4: ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารด้วยหัววัดแบบอาร์ซีไทม์

3.2 วิธีการทดสอบระบบวัดอุณหภูมิ วิธีการทดสอบระบบวัดอุณหภูมิทำได้โดยทดสอบวัดค่าอุณหภูมิที่ได้จากหัววัดเทียบกับค่าที่วัดได้โดยเทอร์โมคัปเปิ้ล วัดอุณหภูมิที่ 30, 35, 40, 45, 50, และ 55 °C ซ้ำจำนวน 10 ครั้งโดยใช้หัววัดอุณหภูมิร่วมกับตัวเก็บประจุ 0.1 μF โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางในการควบคุมอุณหภูมิ

3.2วิธีการทดสอบระบบวัดชื้น เนื่องจากทางผู้ทำการทดลองไม่สามารถกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้ ทางผู้ทำการทดลองจึงทำการทดลองวิธีการการจำลอง หรือ ซีมิวเลชัน (simulation) โดยใช้โปรแกรมISIS Professional โดยกำหนดให้อุณหภูมิของกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งมีอุณหภูมิแตกต่างกัน แล้วทำการคำนวณค่าตามทฤษฎีเพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าทางทฤษฎี

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบความสามารถในการวัดอุณหภูมิของระบบวัดอุณหภูมิ ทำการวัดในระบบเปิด ทำการทดลอง 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยและหาค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งผลการทดสอบที่ได้แสดงดังตารางที่ 1จะเห็นได้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงอุณหภูมิจริงสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อย มีค่าไม่เกิน 3% ยกเว้นที่การทดสอบวัดที่อุณหภูมิ 45°C ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5.8%

ตารางที่ 1: ผลการทดสอบความสามารถในการวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ (°C)	อุณหภูมิจากระบบวัดอุณหภูมิที่ทำการวัด (°C) ครั้งที่										ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	% ความคลาดเคลื่อน
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
30	31	31	32	30	31	30	30	31	31	30	30.7	2.3
35	36	36	36	36	36	34	36	34	35	35	35.4	1.1
40	41	41	41	39	39	39	40	39	39	39	39.7	0.7
45	48	47	47	48	48	47	49	48	47	47	47.6	5.8
50	50	50	50	50	50	49	50	50	48	48	49.5	1.0
55	56	52	56	56	56	55	56	55	55	55	55.2	0.4

ความคลาดเคลื่อนในการวัดอุณหภูมิอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการเช่น 1. ระบบควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการสอบเทียบอาจความผิดพลาดอยู่บ้างซึ่งสามารถทำให้อุณหภูมิที่วัดเกิดความคลาดเคลื่อนตามได้ 2.การคายประจุของตัวเก็บประจุมีค่าไม่แน่นอนเนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนของตัวเก็บประจุ

ผลการทดสอบการทดสอบการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงดังในตารางที่ 2 เนื่องจากไม่สามารถกำหนดค่าความชื้นในอากาศได้ จึงได้ทำการทดลองด้วยการจำลองอุณหภูมิที่ได้วัดได้จากกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งแล้วนำผลที่ได้มาเทียบกันค่าความชื้นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี จะเห็นได้ว่าผลการสอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากทฤษฎี สังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่มีค่าต่ำกว่า 3%ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดได้รับผลมาจากความคลาดเคลื่อนของระบบวัดอุณหภูมิ เนื่องจากในการคำนวณค่าความชื้นต้องอาศัยค่าอุณหภูมิในการคำนวณ ดังนั้นถ้าระวัดอุณหภูมิมีความคลาดเคลื่อนก็จะส่งผลต่อค่าความชื้นที่วัดได้ด้วย

ตารางที่2: ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิของกระเปาะแห้ง (°C)	อุณหภูมิของกระเปาะเปียก(°C)	ความชื้นสัมพัทธ์(%) จากการทดลอง	ความชื้นสัมพัทธ์(%) จากการคำนวณ	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
39	32	92	93.4	1.47
39	31	90	92.4	2.60
39	30	89	91.5	2.66
39	27	86	88.6	2.83
39	26	85	87.7	2.89

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองข้างต้นนี้เห็นได้ว่าระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นนี้ถือว่าค่อนข้างมีประสิทธิภาพดีพอสมควรด้วยต้นทุนในการสร้างหัววัดที่ไม่เกิน 50 บาท (เทอร์มิสเตอร์ + ตัวเก็บประจุ) ซึ่งสามารถทดแทนหัววัดที่มีขายในท้องตลาดได้ ทั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางอุตสาหกรรมทางการเกษตรที่ต้องพึ่งพาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้

6. บรรณานุกรม

[1] มนูญ เมฆอรุณกมล, 2542, อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นต่ออัตราการผสมติดของโคนมจังหวัดสุโขทัย, คณะวิชาสัตวศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

[2] วรินธร ยิ้มย่อง, สุนัน ปานสาคร, 2552, ศึกษาผลของอุณหภูมิในการลดความชื้นที่มีต่อปริมาณกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริกในผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกเพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[3] นภดล ลีลารุ่งโรจน์, 2532, การควบคุมความชื้นและระบายความร้อนในโรงงานปั่นด้าย, เทคโนโลยีพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] กีรติ ลีวัจนกุล, ความชื้นสัมพัทธ์, อุทกวิทยา.

O-CP20

โปรแกรมทำนายผลการผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และประเมินความคุ้มทุนภายใต้ระบบ Feed in Tariff ของประเทศไทยในพื้นที่เป้าหมาย

ยอดธง เม่นสิน[1*], สุขฤดี สุขใจ[1]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000 E-mail: yod_com@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ทำนายผลกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (PV Rooftop) โดยมีฐานข้อมูลรังสีอาทิตย์ของทุกตำบลในประเทศไทยเป็นข้อมูลนำเข้าของโปรแกรม ผู้วิจัยเลือกใช้ Microsoft Visual Basic เป็นภาษาที่ใช้พัฒนาระบบ Microsoft Access เป็นฐานข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์ของทุกตำบลในประเทศ รูปแบบการคำนวณค่าต่างๆ ใช้เทคนิคการแทนค่าสมการเชิงเส้น วิเคราะห์ค่า R^2 และหาความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร เพื่อให้โปรแกรมมีความรวดเร็วในการแสดงผล ผลการพัฒนาพบว่าโปรแกรมสามารถแสดงจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ รายได้จากการขายไฟฟ้าแบบรายเดือน จำนวนเงินที่ใช้ในการลงทุนติดตั้งระบบ ค่าการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย(COE) และค่าการคืนทุน (Payback Period) โดยค่าต่างๆ นี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้มีความประสงค์จะติดตั้งระบบฯ ดังกล่าว ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบฯ จริงได้

คำสำคัญ: ระบบเซลล์แสงอาทิตย์; ความคุ้มทุน; โปรแกรมทำนายผล; Feed in Tariff

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันทิศทางการใช้งานพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สวนทางกับแหล่งพลังงานสำรองจากฟอสซิลที่นับวันจะลดลง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของประเทศและของโลก ส่งผลให้รัฐบาลได้มีนโยบายที่จะขยายการใช้พลังงานทดแทนให้มีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดการสิ้นเปลืองของการนำเข้าพลังงาน และส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานทดแทน โดยปัจจุบันรัฐบาลได้มีการส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ให้ได้ 1,000 เมกะวัตต์ใน 10 ปี โดยพิจารณาติดตั้งระบบดังกล่าวในอาคารบ้านเรือน บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม โรงงาน อุตสาหกรรม อาคารสำนักงาน และอาคารภาครัฐ โดยรัฐบาลมีการสนับสนุนในการรับซื้อไฟฟ้าจากเจ้าของอาคาร [1]

จากโครงการดังกล่าวในอนาคตอันใกล้ประเทศไทยจะมีระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเป็นจำนวนมาก ผลที่ตามมาจะเกิดคำถามถึงความคุ้มค่าของการลงทุนในการติดตั้งระบบฯ จากคำถามดังกล่าวผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำนายผลการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน และทำการคำนวณหาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยผลของการพัฒนานี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้มีความประสงค์จะติดตั้งระบบฯ ดังกล่าว ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบฯ จริงได้

2. แนวคิดและทฤษฎี

การพัฒนาโปรแกรมฯ จำเป็นจะต้องอาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ควบคู่กับการประเมินความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1. การประเมินประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางเทคนิคของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค โดยอ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems (IEA PVPS Task 2) [2] ซึ่งได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_r = H_i/G_{STC} \quad (2.1)$$

Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)
H_i คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m^2)
G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ STC = 1 kW/m^2
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_A = E_A/P_O \quad (2.2)$$

Y_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)
E_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)
P_O คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)
ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_A = E_A/H_iA_A \quad (2.3)$$

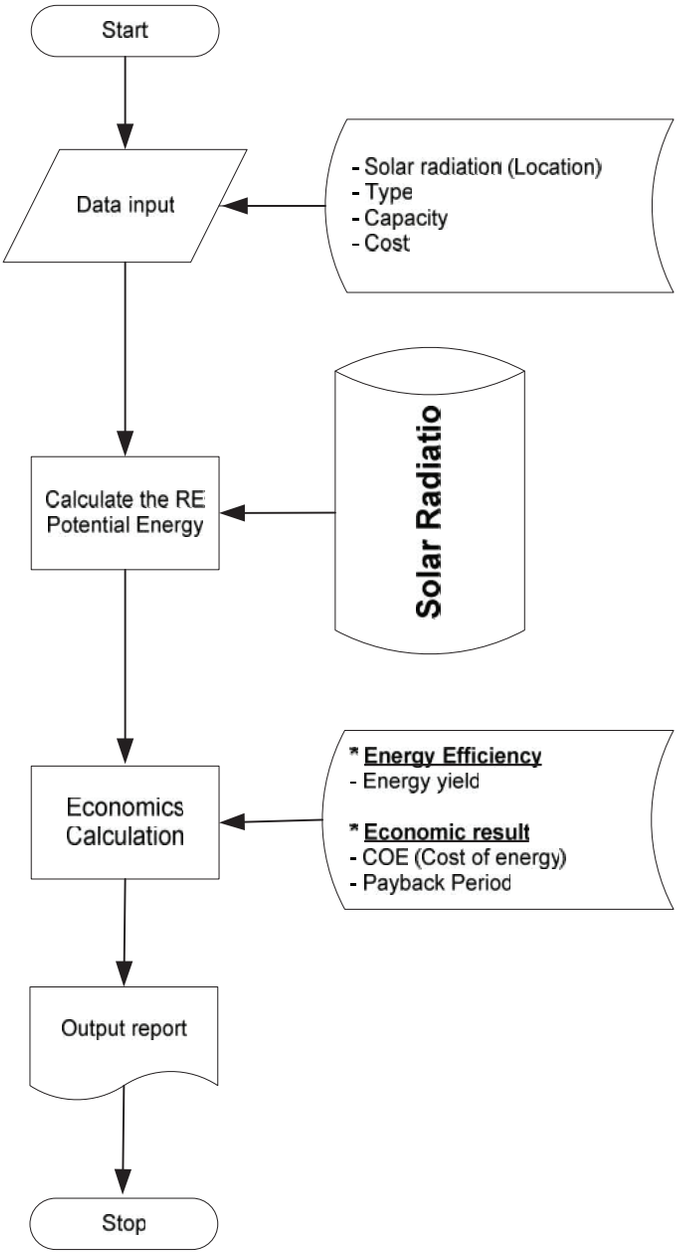
η_A คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

A_A คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

2.2. การวิเคราะห์การลงทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย และระยะเวลาคืนทุน โดยมีข้อมูลและสมมุติฐานในการวิเคราะห์ คือ เงินลงทุนเริ่มในการสร้างระบบจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าของเทคโนโลยี รวมถึงค่าโครงสร้าง ค่าติดตั้ง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตัวแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) โดยจะมีการเปลี่ยนตัวใหม่ในปีที่ 13 และคิดค่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าซึ่งจะมีการลดลงของเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงอายุการทำงานในแต่ละปีเท่ากับ 0.8% โดยในการคำนวณระยะคืนทุนจะกำหนดให้มูลค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากับ 6.96 บาท โดยราคาดังกล่าวการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะเป็นผู้รับซื้อไฟฟ้าจากเจ้าของระบบฯ นั้นเอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ Microsoft Visual Basic เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมพร้อมกับการจัดทำฐานข้อมูลรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

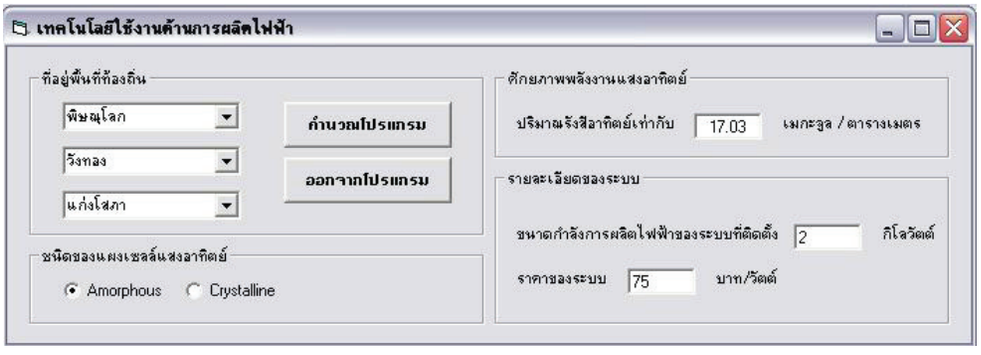


รูปที่ 1: แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบการรับเข้าข้อมูลประกอบด้วย พื้นที่ที่จะทำการติดตั้งระบบ ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังการผลิต และราคา เมื่อผู้ใช้งานใส่ค่าดังกล่าว โปรแกรมจะทำการดึงค่าจากฐานข้อมูลรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย [3] และนำมาคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของพื้นที่นั้นๆ โดยค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อการคิดคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

4. ผลการพัฒนาโปรแกรม

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะสามารถแสดงค่าต่างๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่มีความประสงค์จะติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน แต่ยังไม่แน่ใจในเรื่องความคุ้มทุน โดยผู้วิจัยจะแบ่งการนำเข้าข้อมูลของโปรแกรมดังรูป



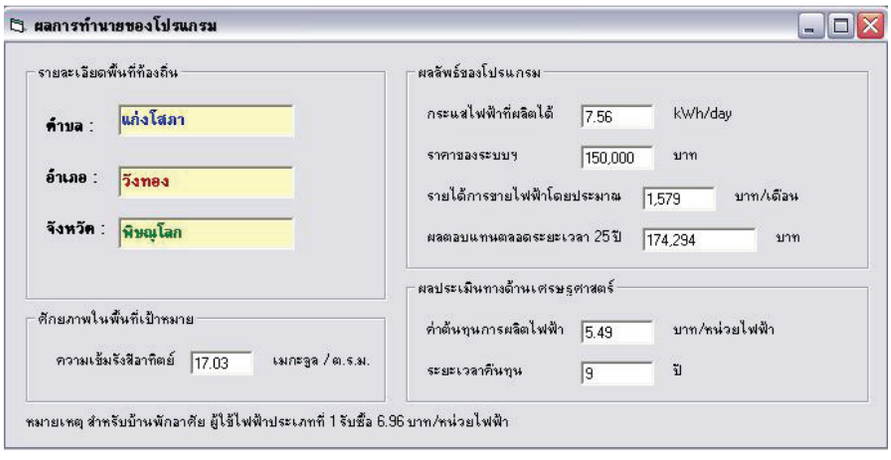
รูปที่ 2: หน้าจอหลักการนำเข้าข้อมูลของโปรแกรม

ส่วนที่ 1 คือส่วนของรายละเอียดพื้นที่เป้าหมายที่มีความต้องการจะใช้งานโปรแกรม โดยการเลือกพื้นที่จังหวัด อำเภอและตำบลในโปรแกรมนี้ ในรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการใช้ข้อมูลของพื้นที่ใน ตำบลแก่งโสภา อำเภอวังทอง จ.พิษณุโลก เป็นพื้นที่เป้าหมาย

ส่วนที่ 2 คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ของพื้นที่เป้าหมาย โดยในตัวอย่างจะแสดงค่าของพื้นที่เป้าหมายเท่ากับ 17.03 เมกะจูล/ตาราเมตร

ส่วนที่ 3 คือ ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Amorphous และ Crystalline โดยจะขอยกตัวอย่างในการคำนวณเป็นชนิด Amorphous

ส่วนที่ 4 คือ ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบที่จะติดตั้ง และ ราคาของระบบฯ โดยในตัวอย่างเลือกติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 2 กิโลวัตต์ และราคาของระบบเท่ากับ 75 บาท/วัตต์



รูปที่ 3: หน้าจอแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม

หลังจากที่โปรแกรมรับค่าการนำเข้าข้อมูล โปรแกรมสามารถแสดงผลการคำนวณ (รูปที่ 3) โดยจะแสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับตัดสินใจในการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าดังกล่าว โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของผลลัพธ์โปรแกรม ซึ่งมีการแสดงผลของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน ราคาของระบบฯ และรายได้การขายไฟฟ้าโดยประมาณต่อเดือน และในส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนของผลประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบฯ โดยจะแสดงผลในส่วนของค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย และระยะเวลาการคืนทุนของระบบ ซึ่งจากการเลือกพื้นที่เป้าหมาย คือ ต.แก่งโสภา อ.วังทอง จ.พิษณุโลก มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เท่ากับ 17.03 เมกะจูล/ต.ร.ม. ชนิดของแผงเซลล์คือ Amorphous กำลังการผลิต 2 กิโลวัตต์ และราคา 75 บาท/วัตต์ โปรแกรมสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ดังนี้

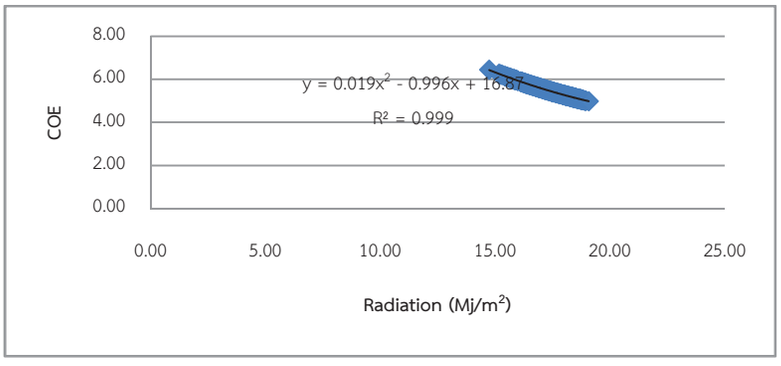
- กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ 7.56 kWh/day
- ราคาของระบบฯ ขนาด 2 กิโลวัตต์ เท่ากับ 150,000 บาท

- รายได้การขายไฟฟ้าโดยประมาณ 1,579 บาท/เดือน
- ผลตอบแทนตลอดระยะเวลา 25 ปี เท่ากับ 174,294 บาท (หักค่าติดตั้งระบบและซ่อมบำรุงตลอดระยะเวลา 25 ปี)
- ค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 5.49 บาท/หน่วยไฟฟ้า
- ระยะเวลาคืนทุน 9 ปี

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1. ความถูกต้องของโปรแกรม โปรแกรมสำหรับการทำนายผลฯ มีความถูกต้องอยู่ในระดับสูง เนื่องจากข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ เนื่องจากศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ซึ่งมีการเก็บข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์แบบเฉลี่ยรายปีของทุกตำบลในประเทศไทย โดยข้อมูลดังกล่าวได้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

4.1.2. ความรวดเร็วของโปรแกรม โปรแกรมได้รับการออกแบบให้มีขั้นตอนการคำนวณค่าให้น้อยที่สุด เนื่องจากโปรแกรมจะต้องติดต่อกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (ฐานข้อมูลรังสีอาทิตย์) โดยการลดขั้นตอนการคำนวณค่าที่ไม่จำเป็นออกไป ซึ่งใช้เทคนิคการแทนค่าสมการเชิงเส้น วิเคราะห์ค่า R^2 และหาความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร ส่งผลให้โปรแกรมมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์และค่าการผลิตพลังงานต่อหน่วยไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้เลือกชุดข้อมูลที่ได้คำนวณ และนำมาแปลงเป็นกราฟ (ดังรูปที่ 4) เพื่อหาความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้น จากชุดข้อมูลดังกล่าวจะได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นคือ $y=0.0196x^2 - 0.9967x + 16.876$ และมีค่า $R^2 = 0.9998$ หลังจากที่ได้สมการเชิงเส้นแล้ว ผู้วิจัยจะนำค่าสมการดังกล่าวใส่ลงในโปรแกรมฯ โดยเมื่อระบบฯ อ่านค่าจากฐานข้อมูลรังสีอาทิตย์ในแต่ละตำบลของประเทศแล้ว โปรแกรมฯ จะสามารถคำนวณค่า COE ได้จากค่ารังสีอาทิตย์ทันที

4.1.3. การใช้งานโปรแกรม ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ และออกแบบในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface; GUI) ให้มีความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน ลดจำนวนข้อมูลนำเข้าสู่ระบบให้น้อยที่สุด แต่ยังคงคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูล เพื่อให้สามารถใช้งานโปรแกรมได้โดยง่าย

5. สรุปผลการทดลอง

โปรแกรมฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้ สามารถทำนายผลกระแสไฟฟ้าที่ระบบฯ พร้อมกับมีการประเมินความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบฯ ภายใต้เงื่อนไขของ Feed in Tariff ประเทศไทย โดยโปรแกรมสามารถแสดงจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ รายได้จากการขายไฟฟ้าแบบรายเดือน ผลตอบแทนตลอดระยะเวลา 25 ปี จำนวนเงินที่ใช้ในการลงทุนติดตั้งระบบ ค่าการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (COE) และค่าการคืนทุน (Payback Period) โดยค่าต่างๆ นี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้มีความประสงค์จะติดตั้งระบบฯ ดังกล่าว ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบฯ จริงได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้านครหลวง. (online). การรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP. Available: http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=2996&pid=2995 (2557, สิงหาคม)

[2] International Standard IEC 61724. (2014). "*Photovoltaic system performance monitoring- guidelines for measurement, data exchange and analysis*". Retrieved April 2014, from http://www.pvresources.com/Standards/PVSystems.aspx

[3] S. Janjai. (2010). "*Solar Radiation Maps from Satellite Data for Thailand*", Solar Energy Research Laboratory, Department of Physics, Silpakron University.

O-CP21

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนทิ้งจากห้องเผาไหม้ชีวมวล

ฉันทนา พันธุ์เหล็ก, สมชาย มณีวรรณ์, ศิรินุช จินดารักษ์*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
โทร 0-5596-3553โทรสาร 0-5596-3552

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอการออกแบบติดตั้งและทดสอบระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียและผนังเตาเผาไหม้ของเครื่องอบแห้งชีวมวลโดยได้ทำการทดสอบเทอร์โมอิเล็กตริกที่เชิงพาณิชย์จำนวน3โมดูลแบ่งเป็นเทอร์โมอิเล็กตริกสำหรับทำความเย็น 2 โมดูล ได้แก่โมเดลMT2-1,6-127และTEC1-12708และเทอร์โมอิเล็กตริกสำหรับผลิตไฟฟ้า1โมดูลได้แก่TEP1-1264-3.4 ผลการทดสอบพบว่าเทอร์โมอิเล็กตริกที่มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดคือโมเดล TEC1-12708 โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1.50วัตต์ต่อโมดูล (2.52 V,0.59 A)รองลงมาคือโมเดล TEP1-1264-3.4และMT2-1,6-127โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1.07วัตต์ต่อโมดูล (2.13 V,0.50 A)และ0.87วัตต์ต่อโมดูล (2.18 V,0.40 A) ตามลำดับที่อุณหภูมิด้านร้อน 200 ºC และอุณหภูมิด้านเย็น 140 ºC การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าใช้พัดลมเพื่อระบายความร้อนและหมุนเวียนอากาศ ในเครื่องอบแห้งขนาด 6 watts(3,500 RPM, 2.50 m^3/s)จำนวน 4 ตัวและใช้เทอร์โมอิเล็กตริกสำหรับผลิตไฟฟ้าจำนวน 12 โมดูลติดตั้งบริเวณผนังส่วนหลังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กตริก ระบบแห้ง ชีวมวล

Abstract

This paper investigate the thermoelectric power generation from combustion wall of biomass drier. In this study, three modules of thermoelectric were considered: two thermoelectric cooling modules (Model A : MT2-1,6-127 andModel B : TEC1-12708) and one thermoelectric power generation module (Model C : TEP1-1264-3.4) respectively. Testing results show that thermoelectric TEC1-12708can generate maximium power output 1.5 W/module (2.52 V, 0.59 A) the second one is TEP1-1264-3.4can generate power output 1.07 W/module (2.13 V, 0.50 A) and MT2-1,6-127can generate least power output 0.87 W/module (2.18 V, 0.40 A) ,so the suitable thermoelectric cooling TEC1-12708 is appropriate to apply for thermoelectric power generation system.

The experimentations were used 4 pieces of 6 W (3,500 RPM, 2.50 m^3/s) ventilation fan and 12 thermoelectric modules to used in the system, which installed at backside of the burner box.

Keywords : Thermoelectric power generation: Drying system: Biomass

1. บทนำ

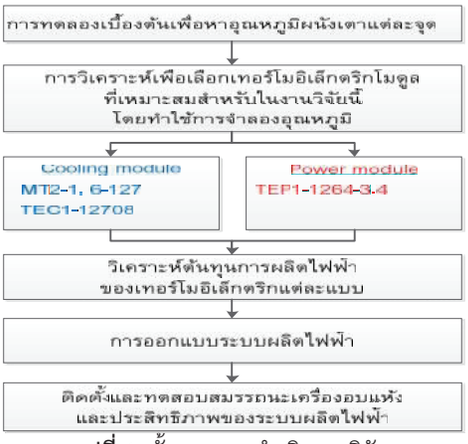
การอบแห้งเป็นหนึ่งในวิธีการที่ใช้ในการถนอมรักษาผลิตผลทางการเกษตรให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานเช่นลำไยพริกตะไคร้ใบมะกรูดเป็นต้นใช้หลักการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับที่สามารถยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย เอนไซม์และเชื้อราไม่ให้เจริญเติบโตได้โดยอาศัยความร้อนจากอากาศร้อนในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ซึ่งการอบแห้งเป็นกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญช่วยลดความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายและเกลือแร่ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ช่วยลดต้นทุนในการขนส่งและเก็บรักษาเนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานในการแช่เย็นทั้งในช่วงเก็บรักษาและขนส่งอีกทั้งมีน้ำหนักเบาซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 1/7 - 1/9 ของผลไม้สด ทำให้สามารถลดต้นทุนในการขนส่งได้ถึงร้อยละ 90และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตผลทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

เครื่องอบแห้งเป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับกระบวนการอบแห้งปัจจุบันได้มีการพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งรูปแบบต่างๆ [1] ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้เครื่องอบแห้งที่ใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้มไฟฟ้าและน้ำมันเนื่องจากสะดวกต่อการใช้งานและหาได้ง่ายแต่เชื้อเพลิงที่นิยมใช้กันนี้เป็นพลังงานสิ้นเปลืองและมีราคาแพงเนื่องจากในการอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งต้องระยะเวลาในการอบแห้งไม่ต่ำกว่า 7ชั่วโมง [2]ส่งผลให้การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรในปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายสูงในการอบแห้งและปัญหาในการใช้เครื่องอบแห้งชีวมวลของเกษตรกรอยู่ที่ต้นทุนการผลิตที่สูงทั้งค่าเครื่องอบแห้งและเชื้อเพลิงที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูงอีกทั้งเครื่องอบแห้งชีวมวลยังต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับพัดลมที่ใช้ในเครื่องอบแห้งจึงเป็นข้อจำกัดให้เครื่องอบแห้งดังกล่าวไม่สามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่ในสวนซึ่งห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้า

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องอบแห้งชีวมวลให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ภายในเครื่องอบแห้งเพื่อลดข้อจำกัดดังที่ได้กล่าวมาแล้วเพื่อเพิ่มความสะดวกในการนำเครื่องอบแห้งไปใช้ได้ในทุกพื้นที่ที่ต้องการอบแห้งแม้ในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าก็ตามโดยทำการออกแบบระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าจากความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสีย [3-4] และผนังเตาไหม้ของเครื่องอบแห้งด้วยชีวมวล

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การออกแบบเครื่องอบแห้งให้มีความสามารถผลิตกระไฟฟ้าได้ภายในเครื่องอบแห้งแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ



รูปที่ 1: ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

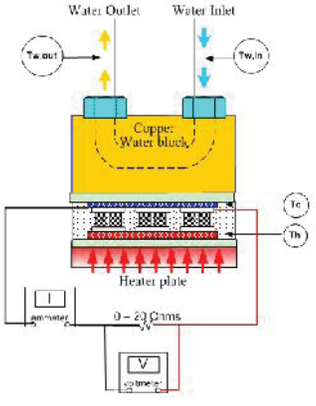
3. การทดสอบเบื้องต้น

การทดสอบความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริกแบ่งการทดสอบเป็น5ชุดทำการทดลองชุดละ3ครั้งแล้วใช้การหาค่าเฉลี่ยโดยการปรับเปลี่ยนความต้านทานที่เพิ่มให้กับเทอร์โมอิเล็กตริกเป็น 0, 5, 10, 15 และ20Ohmตามลำดับใช้เวลาในการทดลองครั้งละ 30 นาทีเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีโดยมีขั้นตอนการทดลองแสดงดังภาพ 26เพื่อหาเทอร์โมอิเล็กตริกที่สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดในสภาวะที่กำหนดโดยการทดสอบจะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ สำหรับการคำนวณหาความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในขั้นตอนการออกแบบระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 1: เทอร์โมอิเล็กตริกที่ใช้ในการทดสอบ

Parameter	Cooling modules		Power modules
	MT2-1,6-127	TEC1-12708	TEP1-1264-3.4
Size(mm)	40 x 40	40 x 40	40 x 40
Module hight (mm)	3.9	3.46	3.46
No. of couple (number)	127	127	126
Maximum voltage (volts)	15.4	15.0	4.3
Maximum current (amps)	6.0	8.5	0.6
Maximum power (watts)	92.4	127.5	2.6
Maximum hot side temperature (°C)	140 - 150	160 - 170	225 - 250
Maximum different temperature (°C)	69	68	180
Heat flow (watts/module)	53.0	68.1	60.0
Module cost (US$)	8.5	8	60

โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ 7 ตำแหน่ง คือ อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริก อุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าและออกจากทองแดงระบายความร้อน อุณหภูมิอากาศแวดล้อมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสามรถ ในการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริกแต่ละรุ่นตลอดจนเทอร์โมอิเล็กตริกที่เหมาะสมกับระบบผลิตไฟฟ้าซึ่งจะนำไปใช้ในขั้นตอนการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าโดยตำแหน่งการเก็บข้อมูลสำหรับการทดลองผลิตไฟฟ้าเพื่อเลือกเทอร์โมอิเล็กตริกที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแสดงรูปที่2

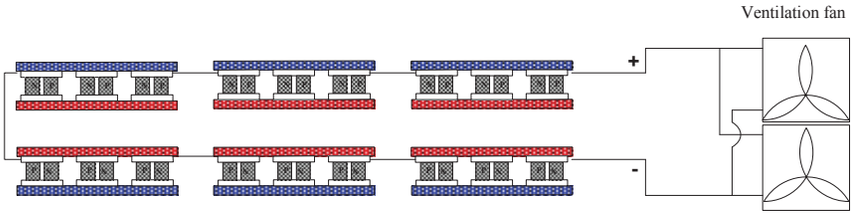


รูปที่ 2: ตำแหน่งการเก็บข้อมูลการทดสอบความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริก

4. การออกแบบและติดตั้งระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้า

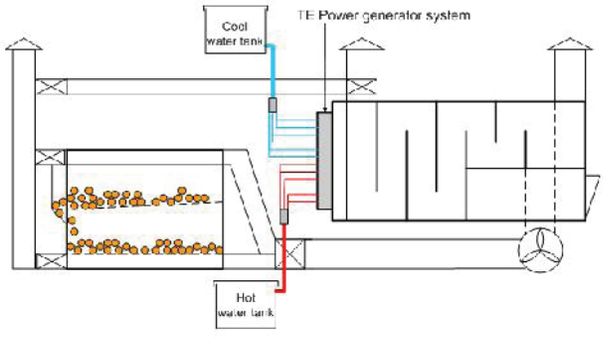
ในขั้นตอนนี้จะทำการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแก่เครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าป้อนให้กับพัดลมระบายอากาศแทนพัดลมเดิมที่ติดตั้งอยู่ โดยเปลี่ยนเป็นพัดลมระบายอากาศเป็นพัดลมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาด 6 W

เนื่องจากมีการเปลี่ยนพัดลมระบายอากาศให้เหมาะกับระบบผลิตไฟฟ้าจากการศึกษาข้อมูลของพัดลมระบายอากาศพบว่าพัดลมระบายอากาศสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์มีอัตราการไหลของอากาศในปริมาณ 2.83m^3/sซึ่งต่ำกว่าพัดลมระบายอากาศเดิมซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศในปริมาณ 9.56 m^3/sดังนั้นระบบระบายอากาศที่ใช้พัดลมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องใช้พัดลมจำนวน 4 ตัวและใช้เทอร์โมอิเล็กตริก 6 โมดูลต่อพัดลมสองตัวเพื่อผลิตไฟฟ้าป้อนให้แก่พัดลมเพื่อให้เครื่องอบแห้งชีวมวลมีอัตราการไหลของอากาศสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ในปริมาณเท่าเดิมโดยระบบหนึ่งชุดประกอบด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลจำนวน6โมดูลทองแดงระบายความร้อนจำนวน6ชุดพัดลมระบายอากาศจำนวน2ตัวการออกแบบวงจรไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าใช้การเชื่อมต่อของเทอร์โมอิเล็กตริกในแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันตามขนาดของพัดลมระบายอากาศที่ใช้โดยการเชื่อมต่อพัดลมระบายอากาศในแบบขนานเนื่องจากไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กตริกผลิตได้มีกำลังไฟฟ้าสูงกว่าความต้องการของพัดลมระบายอากาศเพื่อลดค่ากระแสที่ไหลผ่านพัดลมระบายอากาศโดยไม่จำเป็นช่วยลดการสูญเสียไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์และเพื่อให้ได้ลมร้อนสำหรับอบแห้งเพียงพอต่อการอบแห้งดังนั้นจึงต้องทำการติดตั้งชุดระบายความร้อนจำนวน 2 ชุดแผนภาพวงจรไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้ารูปที่ 3



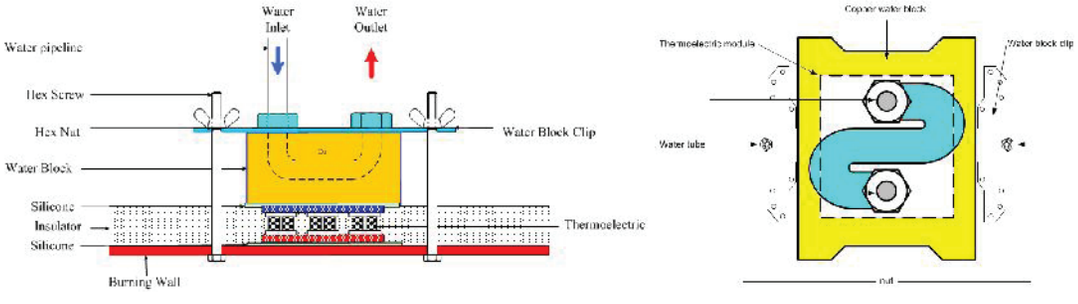
รูปที่ 3: วงจรไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้า

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้ทำการออกแบบได้ทำการติดตั้งไว้บริเวณผนังส่วนหลังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเนื่องจากบริเวณดังกล่าวสามารถติดตั้งได้ง่ายเนื่องจากมีพื้นผิวแบนราบและผนังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณดังกล่าวสามารถถอดออกเพื่อทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าได้สะดวกโดยมีรูปแบบและตำแหน่งการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าและระบบระบายความร้อนดังแสดงในรูปที่ 4



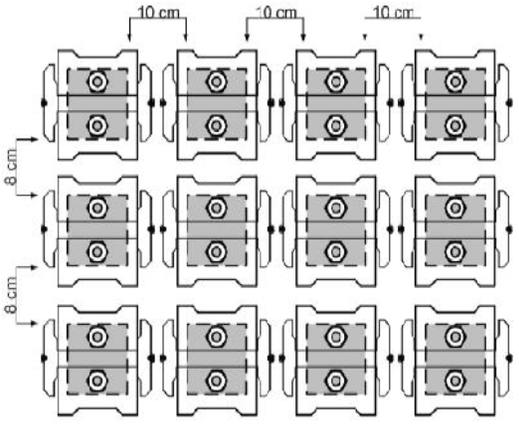
รูปที่ 4: การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าและระบบระบายความร้อน

ส่วนลักษณะการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าและชุดระบายความร้อนจากด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกใช้น๊อตและคลิปที่จำหน่ายมากับชุดทองแดงระบายความร้อนยึดติดเทอร์โมอิเล็กตริกไว้กับผนังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใช้ซีลิโคนทาผิวสัมผัส (หนา 1 mm) ระหว่างเทอร์โมอิเล็กตริกและผนังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดช่องว่างของอากาศและช่วยให้ การส่งผ่านความร้อนดีขึ้นและหุ้มฉนวนกันความร้อนจากด้านร้อนเพื่อลดการแผ่ความร้อนสู่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกแสดงแผนภาพการติดตั้งดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: แผนภาพการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าและชุดระบายความร้อน

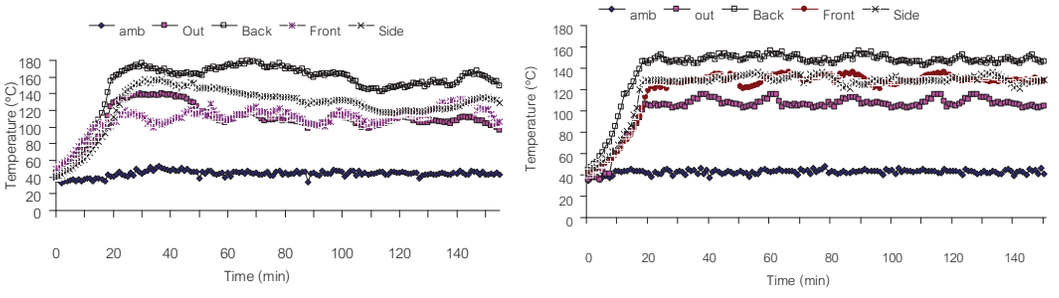
สำหรับการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าและชุดระบายความร้อนเนื่องจากพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้ามีขนาดจำกัดดังนั้นการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าและชุดระบายความร้อนจึงได้ทำการติดตั้งแบ่งเป็น 4 แถวแถวละ 3 ชุดโดยมีระยะห่างระหว่างเทอร์โมอิเล็กตริก 8 cm ภายในแถวและ10 cm ในแต่ละชุดแสดงแผนภาพด้านบน (top view) ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 :การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าและชุดระบายความร้อน

5. **ผลการทดลอง**

5.1.ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบ ในการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาอุณหภูมิผนังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ทำการทดลอง 2 ชุดโดยแบ่งเป็นมีการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ร้อยละ 100และการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ร้อยละ 50เพื่อศึกษาอุณหภูมิของผนังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องอบแห้ง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ตำแหน่งสำหรับติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าและขั้นตอนการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้า



ขวามือ: เมื่อนำอากาศร้อนกลับมาใช้ร้อยละ 100 ซ้ายมือ: เมื่อนำอากาศร้อนกลับมาใช้ร้อยละ 50

รูปที่ 6: อุณหภูมิผนังเตาเผาไหม้เฉลี่ย

รูปที่ 6 เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิผนังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกรณีมีการนำอากาศร้อนมาใช้ร้อยละ 100ขณะที่การทดลองได้ควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ให้อุณหภูมิ 80 ºCซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้สำหรับอบแห้ง [3]พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทุกด้านมีค่าระหว่าง 100 – 200 ºCโดยผนังด้านหลังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 185 ºCในการทดลองอบแห้งการอุ่นอากาศสำหรับอบแห้งให้ภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์เริ่มมีอุณหภูมิ 80 ºCใช้เวลาประมาณ 20 นาทีจากการสังเกตอุณหภูมิของผนังด้านหลังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดระหว่างการทดลอง 200 ºCซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉพาะบริเวณส่วนล่างของผนังด้านหลังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

5.2 การเลือกเทอร์โมอิเล็กตริกที่เหมาะสม จากการทดลองผลิตไฟฟ้าเพื่อเลือกเทอร์โมอิเล็กตริกที่เหมาะสมเมื่อนำผลการทดลองผลิตไฟฟ้าที่ได้มาวิเคราะห์ราคาพลังงานไฟฟ้า (energy cost) ที่ผลิตด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกสำหรับทำความเย็น MT2-1,6-127, TEC1-12708และเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้า TEP1-1264-3.4 โดยใช้วิธีการคำนวณจากอายุการใช้งานของเทอร์โมอิเล็กตริกกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้และราคาโมดูลเพื่อหาราคาพลังงานไฟฟ้าของระบบราคาพลังงานที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กตริกสามารถคำนวณได้จาก

ตารางที่ 2: ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กตริกตลอดอายุการใช้งาน

ข้อมูล	MT2-1,6-127	TEC1-12708	TEP1-1264-3.4
อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	100,000	100,000	100,000
กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Wh)	0.87	1.50	1.07
ราคาเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล (บาท)	297.5	280	2,100
ราคาพลังงาน (บาท / Wh)	3.42	1.87	19.63

จากตารางที่ 2 ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตสำหรับทำความเย็น TEC1-12708มีราคาพลังงาน 1.87 บาท/Wh ซึ่งต่ำสุดเมื่อเทียบกับเท่ากับราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กตริก MT2-1,6-127และ TEP1-1264-3.4ซึ่งมีราคาพลังงาน 3.42 บาท/Wh และ19.63 บาท/Whตามลำดับดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เทอร์โมอิเล็กตริก TEC1-12708สำหรับระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าเนื่องจากมีความสามารถในการผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 2.52 voltsและเมื่อเพิ่มความต้านทานไฟฟ้าที่ต่อให้กับเทอร์โมอิเล็กตริก TEC1-12708ที่ค่าต่างๆ แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ยังมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลอื่นๆหรือสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่อให้กับเทอร์โมอิเล็กตริก TEC1-12708มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าที่เทอร์โม อิเล็กตริกสามารถผลิตได้น้อยที่สุด

6. สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าเทอร์โมอิเล็กตริกที่เหมาะสมพบว่าเทอร์โมอิเล็กตริก TEC1-12708มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าจากความร้อนที่อุณหภูมิด้านร้อนประมาณ 200 $^{\circ}$Cเนื่องจากมีความสามารถผลิตไฟฟ้า 1.50 wattsซึ่งเป็นเทอร์โมอิเล็กตริกที่มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับรุ่นอื่นๆ ในการทดสอบและมีผลของความต้านทานไฟฟ้าต่อแรงดันไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กตริกผลิตได้น้อย

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าได้ออกแบบวงจรไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้การเชื่อมต่อของเทอร์โมอิเล็กตริกในแบบอนุกรมจำนวน 6 โมดูลเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามขนาดของพัดลมระบายอากาศที่ใช้ (12 W/ชุด) และเชื่อมต่อพัดลมระบายอากาศในแบบขนานจำนวน 2 ตัวต่อระบบหนึ่งชุดแต่เพื่อให้ได้ปริมาณลมร้อนเพียงพอต่อการอบแห้ง (9.56 m^3/s)ดังนั้นจึงต้องทำการติดตั้งชุดระบายความร้อนจำนวน 2 ชุด

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สุเมธรุจินินนาทและคณะ, 2545,“การอบแห้งผลไม้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบตู้ที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง,”วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย,9(1), 42-49.

[2] ฉันทนาพันธุ์เหล็ก, 2547,“การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องอบลำไยเพื่ออบแห้งผลิตผลทางการเกษตร,”วิทยานิพนธ์วทม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[3] Rida Y. Nuwayhid, Alan Shihadeh, NesreenGhaddar, 2005,“Development and testing of a domestic woodstove,”Energy Conversion and Management, Volume 46, Issues 9–10,1631-1643.

[4] R.Y. Nuwayhid, D.M. Rowe, G. Min, 2003,“Low cost stove-top thermoelectric generator for regions with unreliable electricity supply,” Renewable Energy, Volume 28, Issue 2, 205-222.

P-CP22

การวัดและศึกษาคุณภาพไฟฟ้าของกระแสโหลดชนิดต่างๆด้วย LabVIEW
A Measurement and Study Power Quality of various Loads with LabVIEW

องอาจ แสดใหม่[1]*

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
E-mail: ong-art.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้นำเสนอทฤษฎีและการวัดวิเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้นักศึกษาระดับปริญญาตรี ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้ศึกษารูปคลื่นสัญญาณของแรงดัน กระแส เพื่อเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นกระแส แรงดัน กับโหลดชนิดต่างๆ นอกเหนือจากความรู้พื้นฐานจากการเรียนวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การทดลองจะใช้ห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้า ต่อกับโหลดแสงสว่างชนิดต่างๆ ทดลองกับมอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 1 เฟส ผลการทดลองพบว่า รูปคลื่นของแรงดันจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่รูปคลื่นของกระแสจะพบว่ารูปคลื่นที่ได้จะไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการใช้งานของโหลด และทำให้ระบบไฟฟ้าเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในระบบ

การทดลองได้มีการใช้โปรแกรม LabVIEWมาวัดค่าแรงดันและกระแสของโหลดตัวอย่าง จำนวน 2 ชนิด คือหลอดไฟแบบ High Pressure Sodium 110W กับมอเตอร์ชนิดแยกเฟส1 เฟส ขนาด ¼ แรงม้า ผลการทดลองเพื่อวัดค่าสัญญาณไฟฟ้า พบว่าแรงดันขณะทำการจ่ายโหลดในเรื่องของรูปร่างและขนาดไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อทำการวัดแรงดันกับโหลดทั้งสองชนิด ขณะที่กระแสของหลอด High Pressure Sodium110W รูปคลื่นของกระแสมีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ มอเตอร์ชนิด 1 เฟส พบว่ารูปคลื่นกระแสไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และรูปคลื่นกระแสล้าหลังแรงดัน ตรงกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานเพื่อแสดงรูปคลื่นสัญญาณขณะจ่ายโหลด

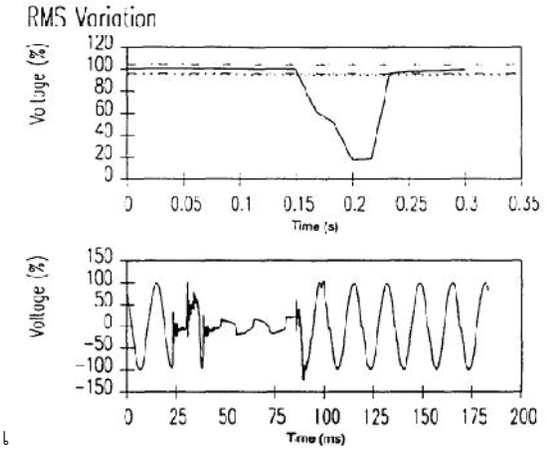
ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษานี้จะทำให้ ผู้ใช้งานได้เห็นรูปคลื่นกระแสที่เกิดขึ้นจริง เทียบกับทางทฤษฎี และจะทำให้การเรียนรู้เรื่องคุณภาพของระบบไฟฟ้าเป็นเรื่องที่เข้าใจง่ายขึ้น ต่อการศึกษาที่สูงขึ้น

คำสำคัญ: ห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้า, คุณภาพไฟฟ้า, LabVIEW

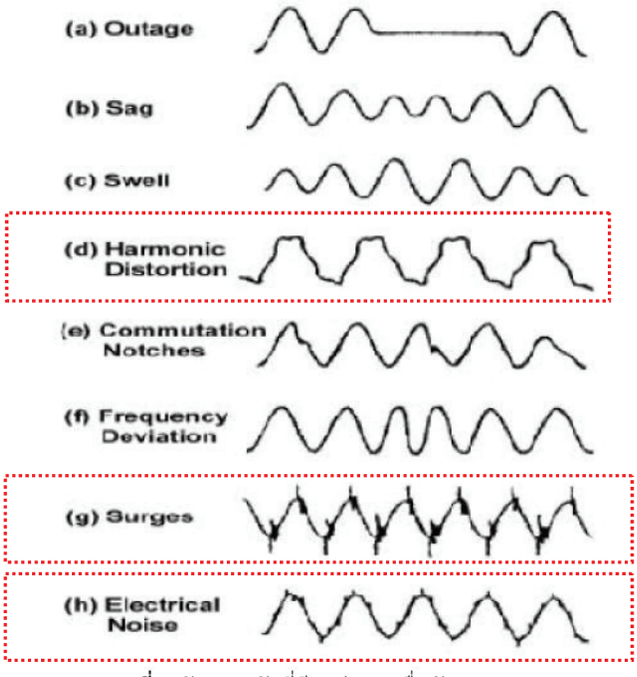
1. บทนำและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้า ได้มีการพัฒนาการจัดการทรัพยากรทางด้านการปฏิบัติการให้กับนักศึกษามาแล้วกว่า 3 ปี และต้องการพัฒนาสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดรูปคลื่นทางไฟฟ้า เพื่อแสดงให้นักศึกษาได้เห็นถึง การเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้าแบบ Real Time โดยเฉพาะรูปคลื่นของกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงกับโหลดที่มีค่าเหนี่ยวนำ หรือ Inductive Load เช่นมอเตอร์ หลอด Halogen Lamp 500Wและค่าเก็บประจุที่เรียกว่า Capacitive Loadโดยการนำเอาเครื่องมือในการทำวิจัยที่มีอยู่มาช่วยในการศึกษา และทำให้เกิดการศึกษา เรียนรู้คุณภาพไฟฟ้าเบื้องต้นได้ โดยอาศัยการพิจารณาเฉพาะรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าอย่างง่ายๆโดยวิธีการทางรูปภาพเท่านั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถศึกษาในระดับที่สูงขึ้นไปได้ โดยไม่ต้องใช้งบประมาณเพิ่มเติมในการจัดซื้อเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง และทำให้นักศึกษาเข้าใจและอธิบายปัญหาต่างๆของคุณภาพไฟฟ้าได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยการเปลี่ยนโหลดที่ต้องการศึกษาสำหรับปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง อาจจะพิจารณาได้จากรูปที่ 1, 2

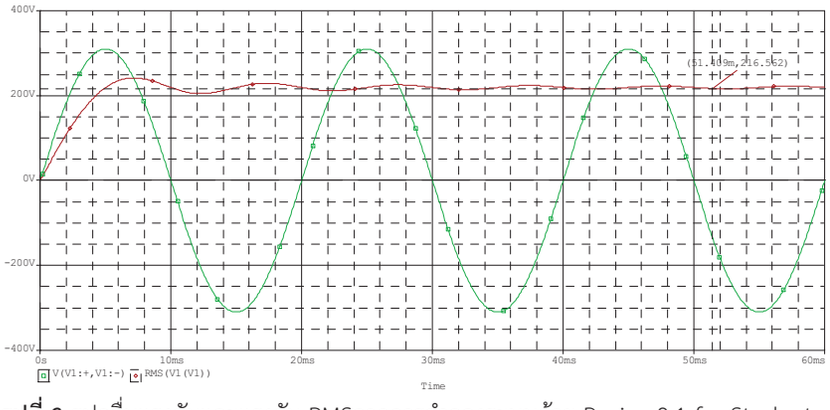
ปัญหาของระบบไฟฟ้ากำลัง อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ แรงดัน กระแสและความถี่ ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆทำงานผิดพลาดขึ้น การวัดคุณภาพไฟฟ้าจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น เวลา ขนาดของแรงดัน กระแส เวลาที่อาจจะเกิดขึ้นแบบทันที ทันใด โดยมีระยะเวลาเป็นตัวแปรสำคัญ



รูปที่ 1 ปัญหาจากการแรงดันตก หรือ Voltage Sag [1]



รูปที่ 2 ปัญหาหลักที่มีผลต่อรูปคลื่นสัญญาณ [2]



รูปที่ 3 รูปคลื่นแรงดันและแรงดัน RMSจากการจำลองระบบด้วย Pspice 9.1 for Student

จากรูปที่ 3 เป็นการจำลองวงจร RL ขนาน เพื่อต้องการสัญญาณรูปคลื่นแรงดัน ที่วัดได้จากแหล่งจ่ายขณะจ่ายโหลด ทั้งนี้ ก็เพื่อให้ทราบถึงรูปร่างของสัญญาณที่วัดได้จริง จากโปรแกรม สำหรับตัวอย่างปัญหาของระบบไฟฟ้า อาจจะเกิดจาก

1.1 ปัญหาแรงดันตก (Voltage Drop)

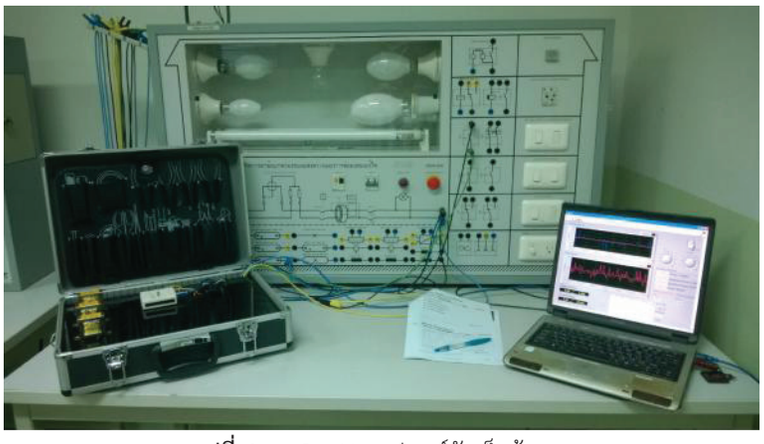
1.2 ปัญหาโหลดไม่สมดุล (Unbalanced Load)

1.3 ปัญหา Harmonics

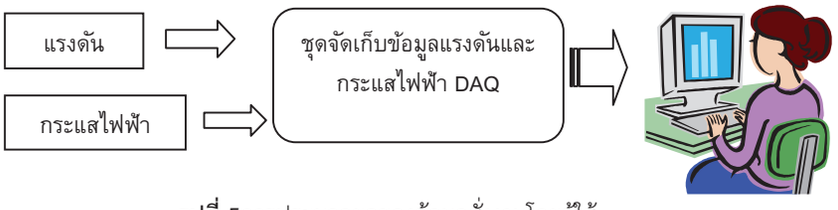
จากรูปที่ 1 ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นแรงดัน มักเกิดจากการผิดพร่องหรือลัดวงจรของระบบไฟฟ้า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของโหลดขนาดใหญ่ หรือการต่อของมอเตอร์ขนาดใหญ่เข้ามาในระบบ ทำให้รูปร่างของสัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป พิจารณาจากรูปที่ 1 ปัญหาที่เกิดจากการลัดวงจรของระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ SLG (Single Line to Ground Faults) พิจารณาจากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงปัญหาต่างๆที่ทำให้รูปคลื่นสัญญาณไม่เป็นรูปคลื่น Sine โดยบทความนี้เป็นการพิจารณาในโหลดชนิด 1 เฟส ที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดเล็กดังนั้นการทดลองนี้จะพิจารณาเฉพาะ Harmonics Distortion ที่ทำให้รูปคลื่นสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไป

2. การดำเนินการ

2.1 การออกแบบและการ Set up วิธีการวัด[3] การวัดแรงดันและกระแสการใช้งานของโหลด ซึ่งเป็นแรงดัน ชนิด 1 เฟส220V 50Hz กระแสที่ใช้งานของโหลดที่นำมาต่อมีขนาดไม่เกิน 50A อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของ หม้อแปลงกระแสที่นำมาใช้งาน แต่สามารถเพิ่มขนาดของกระแสโหลดได้ตามต้องการ โดยการเพิ่มขนาดของหม้อแปลงกระแส การวัดกระแสของโหลด ใช้หม้อแปลงกระแสขนาด 50/5A เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันกับอุปกรณ์ DAQ ได้แรงดันที่วัดผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณ DAQ โดยข้อกำหนดให้แรงดันเข้าขาของอินพุต ได้ไม่เกิน += 10V ใช้หม้อแปลงขนาด 220/6-0-6 Vเพื่อลดขนาดแรงดันให้เหมาะกับขาอินพุตของ DAQ



รูปที่ 4การ Set Up อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล



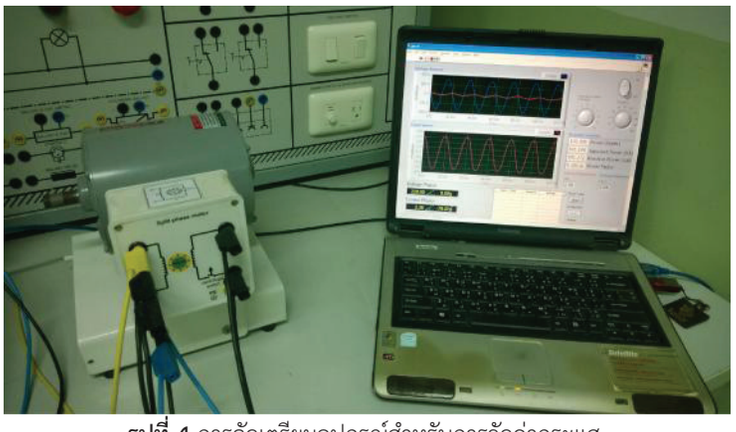
รูปที่ 5การประมวลผลของข้อมูลสั่งงานโดยผู้ใช้

รูปที่ 5 เป็นการสั่งงานโดยผู้ใช้ ที่ทำหน้าที่สั่งการให้คอมพิวเตอร์จัดเก็บข้อมูลกระแสและแรงดัน ไว้สำหรับประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ โดยจะแสดงรูปคลื่นสัญญาณทางหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบทันทีทันใด(Real Time) ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นสัญญาณกระแส ได้อย่างชัดเจนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับโหลด

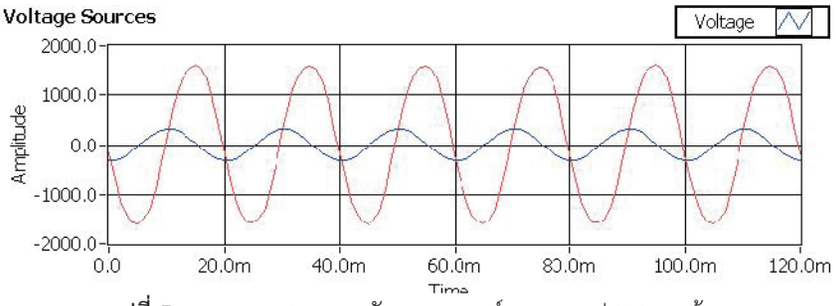
3. การวัดและการวิเคราะห์

การติดตั้งอุปกรณ์ (Setup) จากรูปที่ 4 เป็นการจัด เตรียมอุปกรณ์สำหรับ การจัดเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าเพื่อนำมาพิจารณา โดยประกอบไปด้วย กล่องรับสัญญาณจากภายนอก DAQ โหลดแสงสว่าง คอมพิวเตอร์ สำหรับการทดสอบครั้งแรกจะใช้หลอดไฟ HALOGEN 500W

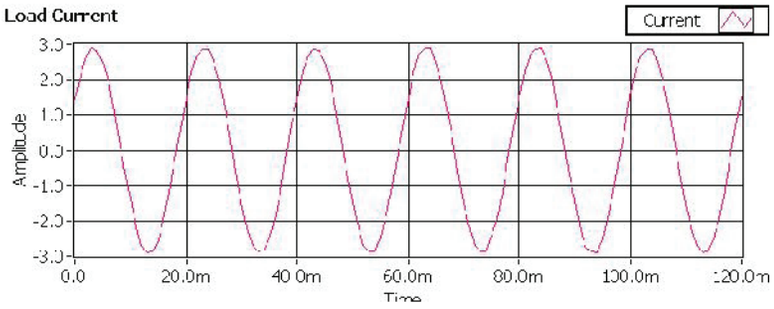
3.1 โหลดความต้านทาน (หลอดไฟชนิด HALOGEN LAMP 500 วัตต์) จากรูปเป็นการต่อเครื่องมือวัดสัญญาณทางไฟฟ้าทั้งแรงดัน และกระแส



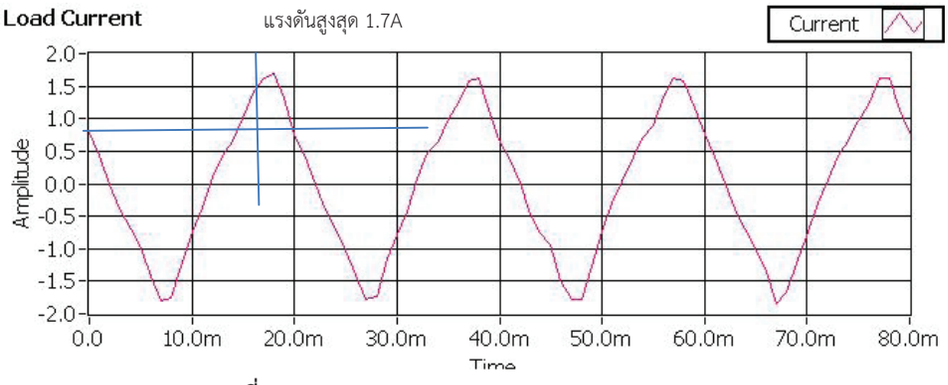
รูปที่ 4 การจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการวัดค่ากระแส



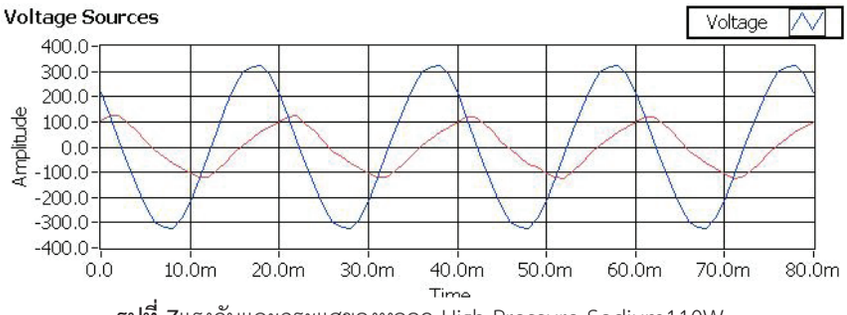
รูปที่ 5 ขนาดกระแสและแรงดันของมอเตอร์แบบแยกเฟส ¼ แรงม้า



รูปที่ 6รูปคลื่นกระแสของโหลดมอเตอร์ชนิด 1 เฟส

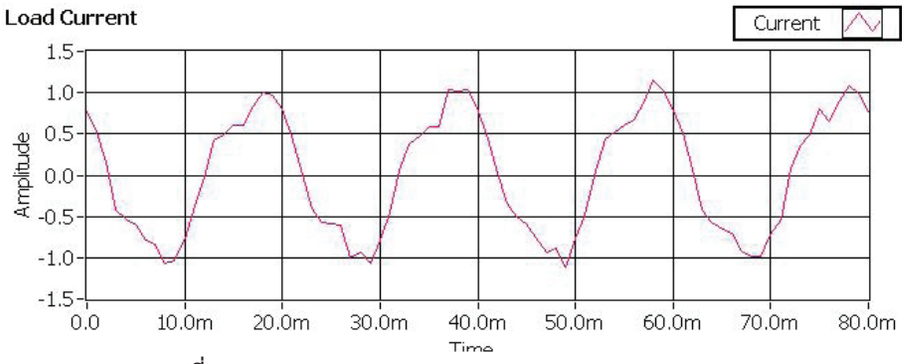


รูปที่ 6กระแสของหลอด High Pressure Sodium110W



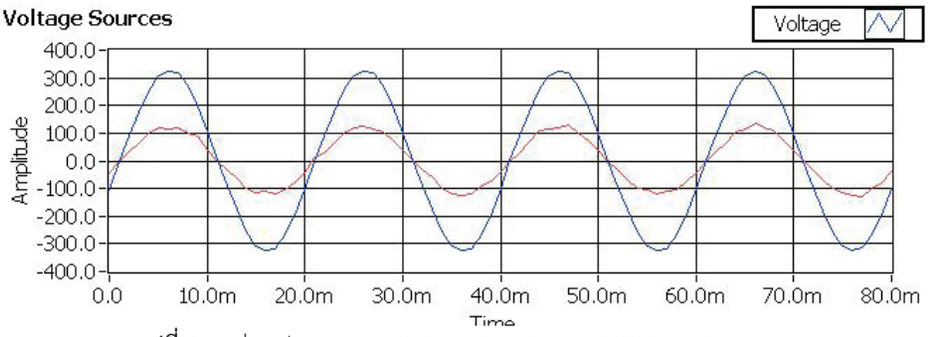
รูปที่ 7แรงดันและกระแสของหลอด High Pressure Sodium110W

จากรูปที่ 6 รูปคลื่นของกระแส ที่วัดได้จากหลอดไฟ ชนิด High Pressure Sodium 110W โดยมีแรงดันสูงสุด 1.7A หรือกระแส RMS 1.2A pf. 0.3 เมื่อทำการวัดด้วยมิเตอร์ พบว่าค่ากระแสที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน การใช้งานของหลอดไฟเมื่อทำการวัดค่าแรงดัน กับกระแสที่ได้พบว่าค่ากระแสลดลง pf.= 0.6 หรือมีค่ามากกว่าเดิม ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 8จากการทดลองดังกล่าว จะเห็นได้ว่า พฤติกรรมของหลอดชนิดนี้ เมื่อเริ่มจุดติดค่า pf. จะค่อนข้างต่ำ กระแสสูง จนเมื่อหลอดทำงานเต็มที่แล้ว จะเห็นได้ว่า ค่า pf. สูงขึ้น โดยมีค่า pf. แบบล้าหลัง พร้อมกับแสงสีเหลือง

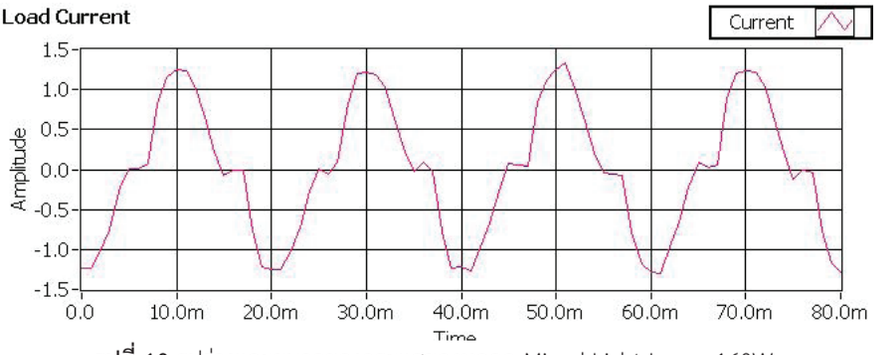


รูปที่ 8 กระแสของหลอดHigh Pressure Sodium 110W ลดลง

รูปที่ 9 การทดลองวัดค่าระแส และแรงดันของหลอด Mixed Light Lamp ซึ่งพบว่า มุมต่างเฟสของกระแสและแรงดัน จะมีมุมตามกัน หรือ Inphaseซึ่งเป็นคุณสมบัติของเหลอดประเภท หลอดไส้ ขนาดของกระแสเป็นการคูณด้วยค่าคงที่ เพื่อให้การแสดงผล สามารถพิจาณาและเห็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากขนาดของกระแส



รูปที่ 9 มุมต่างเฟสของหลอด Mixed Light Lamp 160Wแบบ Inphase



รูปที่ 10 รูปร่างและขนาดของกระแสของหลอด Mixed Light Lamp 160W

5. สรุป

โครงงานวิจัยนี้ ได้จัดทำเพื่อศึกษารูปแบบของรูปคลื่นกระแส และแรงดันของโหลดชนิดต่างๆ ให้นักศึกษาระดับปริญญาตรี ได้เห็นการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นจริง นอกจากการเรียนรู้จากทางทฤษฎี ซึ่งผลการทดลองจะทำให้เห็นรูปร่างของกระแสของโหลดชนิดต่างๆ ที่นำมาทดลอง

6. บรรณานุกรม

[1] IEEE Recommended Practice for Metering Electrical Power Quality, ieee std. 1159 – 1995

[2] L.A Schienbien, L. G Dstreese, 2002, “Distribution and Energy Resoures, Power Quality and Reliability - Background” Pacific Northwest National Laboratory.

[3] “DAQ USB-6008 (Data Acquisition),” www.ni.com/data-aquisition [20 มิถุนายน 2557].

[4] องอาจ แสดใหม่, สมชัย หิรัญวโรรม, 2554,"การทดสอบระบบเครื่องมือวัดการติดตามและเฝ้าดูการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโฟโตโวลตาอิก ชนิดต่อเชื่อมกับกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แบบออนไลน์," การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554”

P-CP23

ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมในประเทศไทย
Potential Assessment of Low Head Micro Hydropower in Thailand

ทิวา ตันสถิตย์[1*]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170 E-mail: tiwa4806@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมในแต่ละลำน้ำ ณ จุดที่มีสถานีตรวจวัด และหาศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมที่จุดเหล่านั้น โดยลุ่มน้ำหลักที่ผู้วิจัยสนใจคือ ลุ่มน้ำสาละวินและลุ่มน้ำแม่กลอง ซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันตกของประเทศไทย เนื่องจากสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูง ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไปไม่ถึง ทำให้ประชาชนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่สูงดังกล่าวต้องพึ่งพาตนเองในการจัดหาไฟฟ้ามาใช้เองในหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีและเงินที่มี ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาจาก สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของลำน้ำต่างๆในประเทศไทยทางด้านต้นน้ำโดยเครื่องมือวัดความเร็วของน้ำแบบลูกถ้วย ทำการประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการสร้าง Flow Duration Curve เพื่อหาปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบ (Q_d) ผลการวิจัยพบว่า ลุ่มน้ำสาละวินมีลำน้ำที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมอยู่มากมาย เฉพาะจุดที่มีสถานีตรวจวัดมีศักยภาพรวม 545.53 กิโลวัตต์ ส่วนลุ่มน้ำแม่กลองไม่สามารถหาข้อมูลได้เนื่องจากไม่มีสถานีตรวจวัดของหน่วยงานที่กล่าวข้างต้น

คำสำคัญ: ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำ, ไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อม.

1.บทนำ

แหล่งที่มาของพลังงานหลักที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยคือ ก๊าซธรรมชาติ, ถ่านหินและน้ำมันซึ่งส่วนมากนำเข้าจากต่างประเทศ การใช้พลังงานจากแหล่งฟอสซิลเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น ฝนกรด การเสื่อมสภาพของพื้นดิน ฯ ปัญหาเหล่านี้ทำให้ความต้องการในการพัฒนาพลังงานที่ไม่ได้มาจากแหล่งฟอสซิลเพิ่มขึ้นอย่างมากมายไฟฟ้าพลังน้ำเป็นหนึ่งในแหล่งที่มาของพลังงานที่ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่นๆ ที่ปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม กล่าวได้ว่ามีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดและให้ผลตอบแทนสูงที่สุดในระบบผลิตไฟฟ้าทั้งหมด [1]

ในประเทศไทยหน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่คือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ส่วนการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจะรับผิดชอบโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานนอกจากนั้นยังมีประชาชนบางส่วนซึ่งขาดแคลนไฟฟ้าใช้ เพราะอยู่ในที่ห่างไกลสายส่งไฟฟ้าไปไม่ถึง แต่พึ่งพาตนเองโดยเลือกระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมเป็นแหล่งพลังงานทดแทนให้กับบ้านและเพื่อนบ้านของตนเอง

ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมเป็นแหล่งพลังงานขนาดเล็ก ที่เหมาะกับบ้านหรือหมู่บ้านเล็กๆซึ่งอยู่ใกล้ลำน้ำที่มีความลาดชันและมีน้ำไหลตลอดปี การที่จะทราบว่าลำน้ำใดมีศักยภาพที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่าใดนั้น จะต้องใช้ข้อมูลการไหลของน้ำในลำน้ำหรือปริมาณน้ำฝนที่ตกในลุ่มน้ำที่เก็บในช่วงเวลาหลายปี นำมาวิเคราะห์ จึงจะสามารถสรุปได้อย่างถูกต้อง และนำมาใช้ประโยชน์ได้ [2]

Rojanamon P, Chaisomphob T, Bureekul T,(2009) ได้ใช้ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เทคโนโลยี (GIS) วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาของการเลือกสถานที่ตั้งของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย อาจมีปัญหาบางอย่างดังต่อไปนี้: การเข้าถึงได้ยากของสถานที่ตั้งของโครงการซึ่งส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในพื้นที่ชนบทและภูเขา ข้อมูลที่ต้องการมีจำนวนมาก และการขาดการมีส่วนร่วมของคนในท้องถิ่นที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง เศรษฐศาสตร์ พารามิเตอร์ทางสิ่งแวดล้อม รวมทั้งผลกระทบทางสังคมของแต่ละโครงการ ลุ่มน้ำน่านเป็นพื้นที่การศึกษาเลือกที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย สำหรับเกณฑ์ทางวิศวกรรม มีการค้นหาสถานที่ตั้งโครงการโดยใช้ GIS ในแพลตฟอร์ม Visual Basic, และจากนั้นจะดำเนินการการประเมินทางเศรษฐกิจของโครงการที่เลือก ถัดไปพารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อมถูกนำมาใช้ในการจัดอันดับโครงการด้วยคะแนนถ่วงน้ำหนักรวม ในที่สุดการศึกษาผลกระทบทางสังคมที่เว็บไซต์ที่มีศักยภาพจะดำเนินการตามกระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชนคือแบบสอบถามและการอภิปรายกลุ่ม

Hallett M, (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการส่งจ่ายไฟฟ้าในอัฟกานิสถานอันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศและการกระจายอย่างมากของประชากรในชนบท ทำให้ทราบถึงความท้าทายในการผลิตไฟฟ้าให้ได้มาตรฐานทางด้านนอกของเมืองใหญ่ ในหมู่บ้าน Padisaw ในเขตของจังหวัด Nurgaram Nuristan ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออัฟกานิสถาน, ทีมฟื้นฟูจังหวัด (Provincial Reconstruction Teams) ช่วยตั้งกองทุนจากการผลิตข้าวสาลี ก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว ขนาด7 กิโลวัตต์ขึ้นในปี 2007 โดยทำงานใกล้ชิดกับผู้นำหมู่บ้านในการก่อสร้าง ผู้รับเหมาที่ได้รับเลือกสำหรับโครงการเป็นพี่ชายของสมาชิกในหมู่บ้าน เขารู้จักหมู่บ้านและทำให้สามารถที่จะบูรณาการได้อย่างราบรื่น ผลจากโครงการนี้ทำให้แต่ละบ้านในตอนนี้มีหลอดไฟขนาดเล็กที่ติดตั้ง ระหว่าง 1 และ 4 หลอด ค่าใช้จ่าย 25,000 $ ในระบบพลังงานน้ำขนาดเล็กขนาด 7 กิโลวัตต์สามารถแบ่งออกเป็นสามส่วน : 15,000 $ สำหรับงานโยธา, $ 3300 สำหรับการทำงานของเครื่องจักรกลและ 6,300 $ สำหรับงานไฟฟ้า แม้ว่าโครงการนี้ช่วยให้ความสว่างประมาณ 35 ครัวเรือน ก็ไม่ได้ให้สิทธิ์สำหรับการใช้เครื่องไฟฟ้าอื่น ๆ ไม่มีการตัดวงจรตัดกระแสไฟฟ้าและสวิทช์ระหว่างสายไฟและหลอดไฟในบ้าน

Anyi M, Kirke B, Ali S, (2010) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการส่งจ่ายไฟฟ้าในซาราวัก, มาเลเซียซึ่งมีกรณีที่สายไฟฟ้าแรงสูงจากโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ผ่านหมู่บ้านห่างไกล แต่ค่าใช้จ่ายในการลดความต่างศักย์เพื่อให้บริการชุมชนเล็ก ๆ เหล่านี้มีราคาแพงเกินไปจนไม่สามารถที่จะส่งจ่ายไฟฟ้าให้กับชุมชนที่อยู่ห่างไกลได้ หน่วยงานท้องถิ่นได้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล ซึ่งต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพงซึ่งยากที่จะนำเข้ามาในพื้นที่ห่างไกล นอกจากนี้มันจะมีเสียงดังและต้องบำรุงรักษาบ่อยซึ่งมักจะถูกละเลยในพื้นที่ห่างไกลได้เนื่องจากทรัพยากรและความรู้ที่จำกัด พลังงานลมและแสงอาทิตย์ให้พลังงานไม่มั่นคงในภูมิภาคเขตร้อนชื้นที่มีความผันผวนของสภาพอากาศ หอสูงที่ติดตั้งอุปกรณ์จะดึงดูดฟ้าผ่าที่สามารถทำลายควบคุมอิเล็กทรอนิกส์, เชื้อราเจริญเติบโตบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และส่วนเชื่อมต่อไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสนิมไปในสภาพอากาศที่ร้อนชื้น ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในพื้นที่ภูเขา โรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวสูงขนาด 30 กิโลวัตต์และหัวต่ำขนาด 3 กิโลวัตต์ได้รับการสร้างขึ้นโดยใช้แรงงานในหมู่บ้านและวัสดุส่วนที่เกินและจะทิ้ง มีการดำเนินงานที่น่าพอใจ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วิเคราะห์ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมในแต่ละลำน้ำ ณ จุดที่มีสถานีตรวจวัด
2. วิเคราะห์ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อม ณ จุดที่มีสถานีตรวจวัด ในบางส่วนของประเทศไทย

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. จะวิเคราะห์เฉพาะลำน้ำที่มีสถานีตรวจวัดน้ำและมีน้ำไหลตลอดปีเท่านั้น
2. ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมไม่เกิน 100 กิโลวัตต์
3. หัวน้ำที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ในช่วง 1 – 5 เมตร
4. จะวิเคราะห์เฉพาะลำน้ำในลุ่มน้ำสาละวิน และลุ่มน้ำแม่กลองเท่านั้น

4.วิธีดำเนินการวิจัย

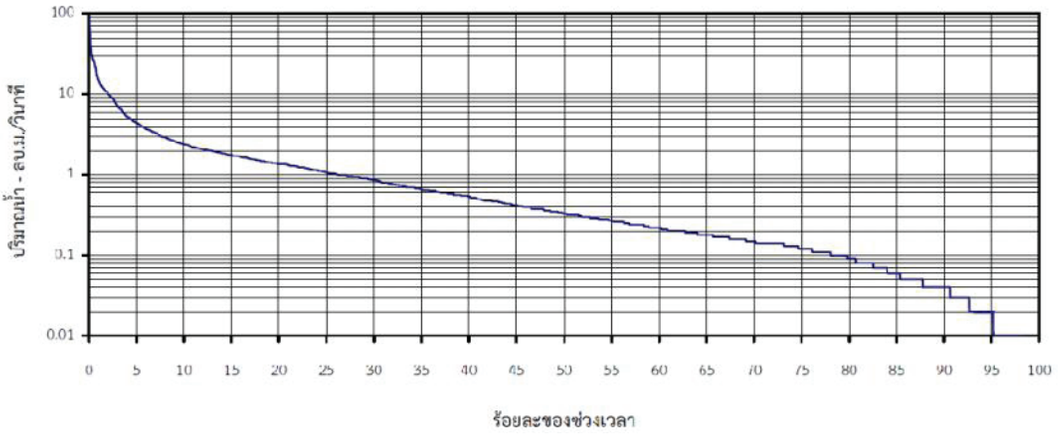
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยสนใจคือ ลุ่มน้ำสาละวิน และลุ่มน้ำแม่กลอง

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้คืออัตราการไหลของน้ำรายเดือนที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำ ได้รับความอนุเคราะห์จาก สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของลำน้ำต่างๆในประเทศไทย ทางด้านต้นน้ำ ส่วนกรมชลประทานมีข้อมูลของลำน้ำต่างๆในประเทศไทย ทางด้านปลายน้ำ ซึ่งนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ เนื่องจากลำน้ำทางด้านปลายน้ำมีความลาดชันน้อย ไม่อยู่ในขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การประมวลผลข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของคุณวาสนา ร้อยอำแพง [5] ในการสร้าง Flow Duration Curve (FDC) กราฟนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาหรือเปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมด กับข้อมูลอัตราการไหลที่เรียงกันเช่น ข้อมูลจากกราฟ Flow Duration Curve ในภาพที่ 1 เป็นอัตราการไหลเรียงจากมากไปน้อย บอกได้ว่าที่แกนเวลา 20% มีอัตราการไหลประมาณ 350 ลบ.ม.ต่อวินาที มีความหมายว่า 20% ของเวลาทั้งหมดมีอัตราไหลเกิดขึ้นมากกว่า 350 ลบ.ม. ต่อวินาที และ 80% ของเวลาที่มีอัตราไหลเกิดขึ้นน้อยกว่าหรือจะกล่าวในเทอมของความน่าจะเป็นได้ว่ามีโอกาส 20% ที่อัตราการไหลจะมีค่ามากกว่า350 ลบ.ม.ต่อวินาที กราฟนี้มีประโยชน์มากเมื่อต้องการคำนวณหาพลังงานที่ได้จากน้ำไหลในลำน้ำ เนื่องจากเป็นการแสดงว่าอัตราการไหลมีการกระจายในช่วงเวลาเช่น 1 ปีอย่างไร



ภาพที่ 1 กราฟ Flow Duration Curve [6]

เมื่อได้ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมในแต่ละลำน้ำจากกราฟซึ่งโดยปกติจะใช้ค่า Q_{90} หรืออัตราการไหลไม่น้อยกว่าเท่าไร ที่ไหล 90% ของช่วงเวลาทั้งหมด ก็จะนำค่าเหล่านี้ไปแทนค่า Q_d ในสมการที่ 1 จึงจะได้ค่ากำลังผลิตไฟฟ้าหรือศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมในลำน้ำเหล่านั้น

$$P = \gamma Q_d H \eta \quad (1)$$

เมื่อ P คือกำลังผลิตไฟฟ้า (kW), γ คือหน่วยน้ำหนักของน้ำ (9.806 kN/m^3), Q_d คือปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบ (m^3/s), H คือความสูงของน้ำที่มาปั่นกังหันน้ำ (m), η คือประสิทธิภาพรวมของระบบ (0.5) [2]

7. ผลการศึกษา

ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบ จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำในลุ่มน้ำสาละวิน จากสำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้วย Flow Duration Curve จะได้ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมเฉลี่ยในแต่ละลำน้ำดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบ

ลำดับที่	หมายเลขสถานี	ชื่อสถานี	ปริมาณการไหลของน้ำ (m^3/s)
1	010101	SALWIN MAE RIVER AT BAN MAE SAMLAEB	1175.00
2	010201	NAM MAE PAI AT BAN NA CHALONG	1.45
3	010204	HUAI MAE PING AT HUAI KAEO U.S.	0.20
4	010205	HUAI MAE YA AT SOP HUAI MAE YA U.S.	0.58
5	010206	NAM MAE KHONG AT BAN MAE TOENG NOK	0.73
6	010207	NAM MAE PAI AT BAN PA KHAM	1.53
7	010401	NAM KHONG AT BAN MAE SUYA	1.30
8	010501	NAM MAE PAI AT BAN PANG MU	13.67
9	010503	NAM MAE PAI AT SOP MAE SAMAT	15.95
10	010504	NAM MAE PAI AT DAM SITE (BAN PAENG)	2.43
11	010505	NAM MAE SA-NGA AT BAN YANG TOP SOK	1.12
12	010602	NAM MAE CHA AT BAN PHA BONG	0.29
13	010702	NAM MAE SURIN AT SOP MAE SURIN D/S	1.51
14	010901	NAM MAE LA LUANG AT MAE LA LUANG	1.91
15	010903	NAM MAE LA LUANG AT BAN HUA LA	1.62
16	01904	NAM MAE LA LUANG AT SOP HUAI MAE THO	0.98
17	011001	NAM MAE YUAM AT BAN SOP HAN	3.92
18	011002	NAM MAE YUAM AT BAN THA RUA PHA LAE	17.00
19	011003	NAM MAE SARIANG AT SOP MAE OM LONG	0.39
20	011701	HUAI MAE LAMAO AT BAN MAE LAMAO	3.53
21	011802	NAM MAE MOEI AT MAE RAMAT	10.94
22	011803	NAM MAE TAN AT BAN DAE PHA THO THA	0.15
23	011805	NAM MAE CHARAO AT BAN TEEN THAT	2.35

ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อม นำค่าปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมเฉลี่ยในแต่ละลำน้ำมาคำนวณหาศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อม

ลำดับที่	หมายเลขสถานี	ชื่อสถานี	ศักยภาพ (kW)
1	010101	SALWIN MAE RIVER AT BAN MAE SAMLAEB	34580.25
2	010201	NAM MAE PAI AT BAN NA CHALONG	42.67
3	010204	HUAI MAE PING AT HUAI KAEO U.S.	5.89
4	010205	HUAI MAE YA AT SOP HUAI MAE YA U.S.	17.07
5	010206	NAM MAE KHONG AT BAN MAE TOENG NOK	21.4
6	010207	NAM MAE PAI AT BAN PA KHAM	45.03
7	010401	NAM KHONG AT BAN MAE SUYA	38.26

ลำดับที่	หมายเลขสถานี	ชื่อสถานี	ศักยภาพ (kW)
8	010501	NAM MAE PAI AT BAN PANG MU	402.31
9	010503	NAM MAE PAI AT SOP MAE SAMAT	469.41
10	010504	NAM MAE PAI AT DAM SITE (BAN PAENG)	71.51
11	010505	NAM MAE SA-NGA AT BAN YANG TOP SOK	32.96
12	010602	NAM MAE CHA AT BAN PHA BONG	8.53
13	010702	NAM MAE SURIN AT SOP MAE SURIN D/S	44.44
14	010901	NAM MAE LA LUANG AT MAE LA LUANG	56.21
15	010903	NAM MAE LA LUANG AT BAN HUA LA	47.68
16	01904	NAM MAE LA LUANG AT SOP HUAI MAE THO	28.84
17	011001	NAM MAE YUAM AT BAN SOP HAN	115.37
18	011002	NAM MAE YUAM AT BAN THA RUA PHA LAE	500.31
19	011003	NAM MAE SARIANG AT SOP MAE OM LONG	11.47
20	011701	HUAI MAE LAMAO AT BAN MAE LAMAO	103.89
21	011802	NAM MAE MOEI AT MAE RAMAT	321.96
22	011803	NAM MAE TAN AT BAN DAE PHA THO THA	4.41
23	011805	NAM MAE CHARAO AT BAN TEEN THAT	69.16

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ามีลำน้ำ 13 ลำน้ำ ที่มีสถานีตรวจวัดสามารถติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมไม่เกิน 100 กิโลวัตต์ได้ 16 แห่ง ซึ่งงบลงทุนจะไม่เกิน 10 ล้านบาทในแต่ละแห่ง ส่วนลำน้ำลำดับที่ 1, 8, 9, 17, 18, 20 และ 21จะต้องติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดที่เกิน 100 กิโลวัตต์ ซึ่งอยู่นอกขอบเขตของการวิจัยในครั้งนี้

8. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยโดยการนำข้อมูลอัตราการไหลของลำน้ำจาก สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของลำน้ำต่างๆในประเทศไทยทางด้านต้นน้ำ มาวิเคราะห์ปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดย่อมในแต่ละลำน้ำ และศักยภาพของไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมตามขอบเขตของการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าในลุ่มน้ำสาละวินมีลำน้ำที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมอยู่มากมาย(สามารถก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมได้ตลอดลำน้ำ แต่ไม่มีข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ) เฉพาะจุดที่มีสถานีตรวจวัด 16 แห่ง ใน 13 ลำน้ำมีศักยภาพรวม 545.53 กิโลวัตต์ ส่วนลุ่มน้ำแม่กลองสภาพทั่วไปของลุ่มน้ำแม่กลองเป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ ซึ่งเป็นที่ราบเดียวกันกับที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ทางฝั่งตะวันตกตอนบนของลุ่มน้ำเป็นที่ราบเชิงเขาแต่มีระดับไม่สูงมากนัก ส่วนตอนกลางและตอนล่างเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกับที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำท่าจีน ทำให้มีสภาพไม่เหมาะกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อม อีกทั้งพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมคือเป็นลำน้ำบนเขาสูงชัน เป็นพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ทั้งสิ้น จึงไม่มีสถานีวัดน้ำของกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอยู่ในลุ่มน้ำนี้

9. การอภิปรายผล

ลุ่มน้ำสาละวินมีลำน้ำที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมอยู่มากมาย แต่ไม่สามารถระบุเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ เนื่องจากจำนวนและตำแหน่งของสถานีวัดน้ำของหน่วยงานราชการมีน้อยไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด อันเนื่องมาจากพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติและงบประมาณของแต่ละหน่วยงานมีจำกัด

ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการวิจัยนี้คือการนำค่าศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำหัวน้ำต่ำขนาดย่อมในแต่ละลำน้ำ ณ จุดที่มีสถานีตรวจวัดมาใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดหาไฟฟ้าให้กับประชาชนในเขตต่างจังหวัดและชนบทห่างไกลได้ใช้พลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่เพื่อชะลอการใช้เงินทุนด้านสายส่งไฟฟ้าออกไปในช่วงเวลาที่เหมาะสม

10. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณวาสนา ร้อยอำแพง ที่ให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์โปรแกรมที่ใช้วาด FDC ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ และท้ายที่สุดนี้ต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย

11. บรรณานุกรม

[1] Pannathat Rojanamon, Taweep Chaisomphob, Thawilwadee Bureeku, 2009, Application of geographical information system to site selection of small run-of-river hydropower project by considering engineering/economic/environmental criteria and social impact, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2336.

[2] Natural ResourcesCanada (NRCan), 2004, Micro-Hydropower Systems: A Buyer's Guide, Her Majesty the Queen in Right of Canada, 5-9.

[3] Michael Hallett, 2009, Distributed power in Afghanistan: The Padisaw micro-hydro project. Renewable Energy 34, 2847–2851.

[4] Martin Anyi, Brian Kirke, Sam Ali, 2010, Remote community electrification in Sarawak, Malaysia, Renewable Energy 35, 1609–1613.

[5] วาสนา ร้อยอำแพง, 2550, สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. โปรแกรมสำเร็จรูป

[6] กลุ่มงานวิจัยและอุทกวิทยาประยุกต์ ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2554, เส้นโค้งแสดงสภาพการไหลของน้ำ (Flow Duration Curve), 14

P-CP24

การวิเคราะห์ผลการออกแบบหม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่า โดยการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของการออกแบบ

Analysis of a designed solid state tesla transformer by computer simulation For studying the effective design

สุพจน์ วรธิพรหมมา* และ บุญยัง ปลั่งกลาง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110 E-mail: suphot_power2@yahoo.com

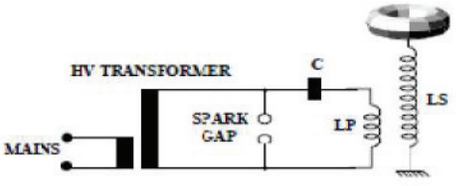
บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอ การวิเคราะห์ผลการออกแบบหม้อแปลงเทสล่าแบบสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์(Solid state tesla transformer) โดยเปรียบเทียบวงจรสวิตช์ 3 รูปแบบ คือ วงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์แบบสวิตช์โดยตรง วงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ และวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ เพื่อเลือกรูปแบบของวงจร ขนาดพิกัดแรงดัน และพิกัดกระแส ของอุปกรณ์สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ (IGBT) ที่เหมาะสม ในการสร้างหม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่า ขนาดพิกัด 150 kV 200 kHz โดยการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/Simulink ผลการจำลองระบบ พบว่าวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์แบบสวิตช์โดยตรง ต้องใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่พิกัด 1,800V 1,420 A สามารถสร้างไฟฟ้าแรงสูง 150 kV 160 kHz วงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่พิกัด 311 V ±75 A สามารถสร้างไฟฟ้าแรงสูง 145 kV 132 kHz และวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่พิกัด 311 V ±175 A สามารถสร้างไฟฟ้าแรงสูง 150 kV 145 kHz สำหรับการศึกษาครั้งนี้พบว่าวงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: หม้อแปลงเทสล่า, โซลิตสเตส, อินเวอร์เตอร์หม้อแปลงเทสล่า

1. บทนำ

หม้อแปลงเทสล่า เป็นหม้อแปลงแกนอากาศ ใช้สร้างไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูง จะอาศัยการเกิดปรากฏการเรโซแนนซ์ ในวงจร LC โดย L คือค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) ของขดลวด ของหม้อแปลงเทสล่า และ C คือค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance)



รูปที่ 1 วงจรพื้นฐานของหม้อแปลงเทสล่า

จากรูปที่ 1 เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงจ่ายแรงดันไฟฟ้า สปาร์คแกปเกิดการสปาร์ค จะมีการถ่ายทอดพลังงานที่สะสมระหว่างคาปาซิเตอร์ด้านแรงต่ำและขดลวดด้านแรงต่ำของหม้อแปลงเทสล่าในลักษณะออสซิเลชั่นที่ความถี่เรโซแนนซ์และเหนี่ยวนำให้เกิดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันด้านแรงดันสูงในลักษณะรูปคลื่นขบวนหน่วงด้วยความถี่เรโซแนนซ์ โดยค่าแอมพลิจูดของการออสซิเลชั่นจะมีค่าสูงสุดถ้าคลื่นทั้งสองฝั่งมีเฟสตรงกัน

1. การออกแบบหม้อแปลงเทสล่า

1.1 เงื่อนไขในการออกแบบ การออกแบบ เบื้องต้นต้องคำนึงถึงตัวเก็บประจุทางด้านแรงดันสูงเนื่องจากตัวเก็บประจุทางด้านแรงดันสูงมีผลต่อแรงดันและความถี่ที่จ่ายออกไป โดยจุดประสงค์ของการออกแบบหม้อแปลงเทสล่าก็เพื่อใช้ในการทดสอบลูกถ้วยฉนวน ที่มีแรงดันวาบไฟตามผิว140 kVและความถี่มาตรฐานที่กำหนดไม่น้อยกว่า 150 kHzจึงทำการกำหนดพิกัดในการออกแบบอยู่ที่ พิกัดแรงดันสูง 150 kV พิกัดความถี่ 200 kHz และใช้แรงดันป้อนเข้าที่ 4,000 V ตามพิกัดอุปกรณ์สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ (IGBT) ที่หาได้ เบอร์ MBN800H45E2-H มีพิกัดแรงดัน 4,500V พิกัดกระแส 800A

1.2 การออกแบบขดลวดด้านแรงดันสูง การออกแบบขดลวดด้านแรงดันสูง จะใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 6.5 นิ้ว และสูง 30 นิ้ว เมื่อนำความสูงของท่อหารด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดทองแดง เบอร์ 23 SWG จะได้**จำนวนรอบในการพันขดลวดเท่ากับ 1,250 รอบ แล้วนำจำนวนรอบที่ได้มาคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำจากสมการ**

$$L = \frac{N^2 R^2}{9R + 10H} \qquad (1)$$

เมื่อ L = ความเหนี่ยวนำของขดลวด (μH) N = จำนวนรอบของขดลวด R = รัศมีของขดลวด (นิ้ว)
H = ความสูงของขดลวด (นิ้ว) ได้ค่า L = 50.125mH

เมื่อนำลวดจำนวน 1,250 รอบ ที่ออกแบบไปทำการพันขดลวดพบว่าขดลวดมีความสูงเพิ่มขึ้นเป็น 32 นิ้ว และเมื่อทำการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดใหม่จะได้ค่าเท่ากับ 47.255 mH

1.3 การออกแบบตัวเก็บประจุด้านแรงดันสูง ตัวเก็บประจุทางด้านแรงดันสูงประกอบด้วย ตัวเก็บประจุของลูกถ้วยฉนวน ประมาณ 60 pF หาค่าความจุแฝงในขดลวด (Stray Capacitor) ด้วยสมการ

$$C_{st} = 0.29H + 0.41R + 1.94\sqrt{\frac{R^3}{H}} \qquad (2)$$

ได้ค่า C = 12.62 pF และหาค่าความจุของตัวเก็บประจุทอรอยด์จากสมการ

$$C_{tor} = 1.4(1.2781 - \frac{D_I}{D_o})\sqrt{\pi D_I (D_o - D_I)} \quad (3)$$

เมื่อ D_I = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของทอรอยด์(นิ้ว)

D_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของทอรอยด์(นิ้ว)

ในที่นี้จะออกแบบให้ทอรอยด์มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับท่อที่ใช้พันขดลวดทุติยภูมิคือ 6.5นิ้ว และมีเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอกเท่ากับ 19.5 นิ้ว จะได้ค่า C = 21.55 pF เมื่อนำค่า ของตัวเก็บประจุทั้ง 3 มารวมกันจะได้ค่าความจุของประจุไฟฟ้าด้านแรงสูง เท่ากับ 94.17 pF แล้วคำนวณหาค่าความถี่เรโซแนนซ์เบื้องต้น จากสมการ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \quad (4)$$

เมื่อคิดเฉพาะ ค่าประจุไฟฟ้าแฝงจะได้ความถี่เรโซแนนซ์ 206.094 kHz

คิดประจุแฝงรวมกับค่าประจุทอรอยด์ได้ความถี่เรโซแนนซ์ 125.248 kHz

คิดประจุทั้งสามรวมกัน ได้ความถี่เรโซแนนซ์ 75.446 kHz

1.4 การออกแบบตัวเก็บประจุทางด้านแรงดันต่ำ คำนวณหาค่าความจุของตัวเก็บประจุด้านแรงดันต่ำจากสมการ

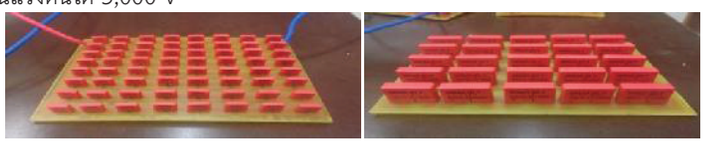
$$C_1 \approx \frac{1}{2\pi f Z} \quad (5)$$

ที่ความถี่เรโซแนนซ์ 125.248 kHz จะได้ค่าความจุประมาณ 0.033 μF

ที่ความถี่เรโซแนนซ์ 75.446 kHz จะได้ค่าความจุประมาณ 0.1 μF

สำหรับคาปาซิเตอร์ 0.033 μF เป็นค่าคาปาซิเตอร์ด้านแรงดันต่ำขณะไม่ต่อลูกถ้วยด้านแรงดันสูง จะใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 0.033 μF 680V อนุกรมกัน 8 ตัวแล้วขนานกัน 8 ชุด เพื่อให้ทนแรงดันได้ 5,040 V

และคาปาซิเตอร์ 0.01 μF เป็นค่าคาปาซิเตอร์ด้านแรงดันต่ำขณะต่อลูกถ้วยด้านแรงดันสูง จะใช้ค่าปาซิเตอร์ขนาด 0.1 μF 1,000V อนุกรมกัน 5 ตัวแล้วขนานกัน 5 ชุด เพื่อให้ทนแรงดันได้ 5,000 V



รูปที่ 2 คาปาซิเตอร์ขนาด 0.033 μF 5,040V และ 0.1 μF 1,000V ชนิดโพลีโพรไพลีน

1.5 การออกแบบขดลวดด้านแรงดันต่ำ

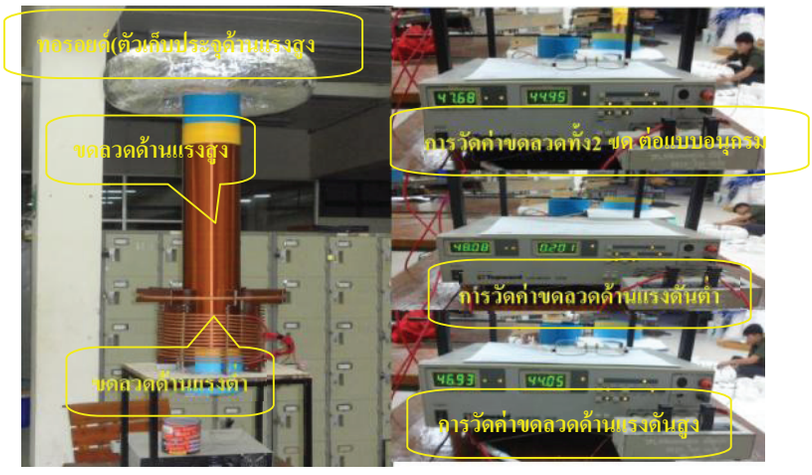
จากค่าความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้คำนวณในหัวข้อที่ 2.3 พบว่าหากต้องการนำหม้อแปลงเทสล่าไปใช้ในการทดสอบลูกถ้วย ความถี่เรโซแนนท์ จะอยู่ที่ 75.446 kHz และสามารถคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดแรงดันต่ำของหม้อแปลงเทสล่าได้จากสมการ

$$L_1 = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 C_1} \quad (6)$$

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.5 μH และในการจัดทำขดลวดแรงดันต่ำ จะพันในลักษณะทรงกระบอกเช่นเดียวกับขดลวดแรงดันสูง โดยขดลวด มีรัศมี R = 5.85 นิ้ว สูง H = 6 นิ้ว พันทั้งหมด 12 รอบ และแต่ละรอบห่างกัน 0.5 นิ้ว ใช้ท่อทองแดงขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว เมื่อคำนวณตามสมการที่ 1จะได้เท่ากับ 43.74 μH ซึ่งใกล้เคียงกับสมการที่ 6

2. การจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

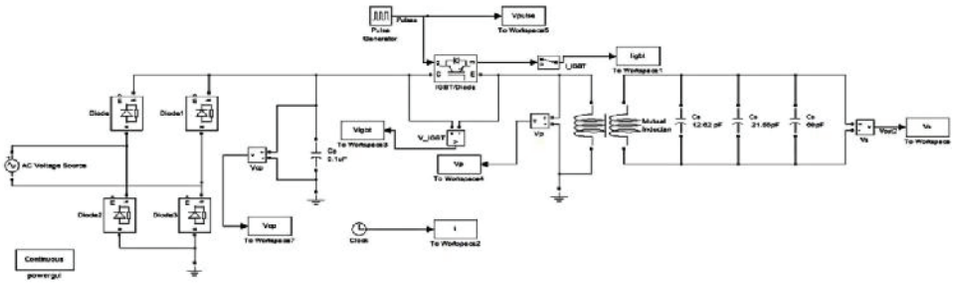
2.1ค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เพื่อให้การจำลองระบบมีความถูกต้องผู้วิจัยได้ทำการสร้างขดลวดหม้อแปลงเทสล่าแล้ววัดหาค่าเหนี่ยวนำของขดลวดและค่าความเชื่อมโยงทางแม่เหล็กได้ $L_1 = 48.08\mu H$ $L_2 = 46.93mH$ และ M=0.3509 mH



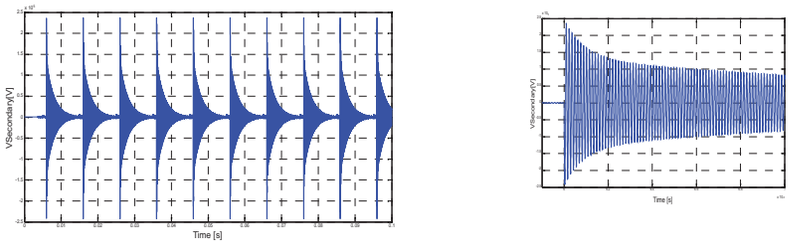
รูปที่ 3 การวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของหม้อแปลงเทสล่า

2.1 การจำลองระบบแบบใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ต่อโดยตรง

การจำลองระบบผู้เขียนบทความได้ทำการจำลองระบบสองรูปแบบคือแบบที่ต่อลูกถ้วยฉนวนและแบบไม่ต่อลูกถ้วยฉนวน แล้วทำการจูนโดยการควบคุมอุปกรณ์สวิตช์ให้ตัดต่อวงจรที่ยอดคลื่นไฟฟ้าที่ป้อนเข้า 220V 50Hz โดยทุก 10 ms จะตัดต่อ 1 ครั้งพบว่าที่ Duty cycle 10 % จะเกิดออสซิเลชั่นสูงสุด



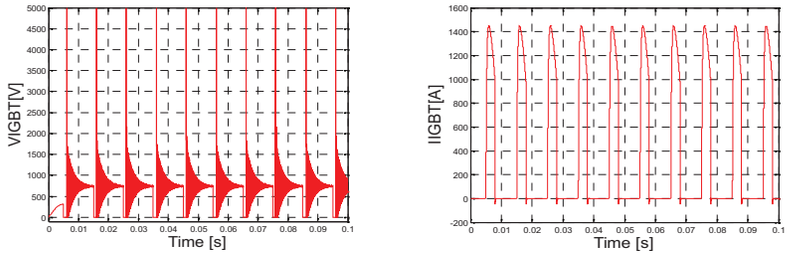
รูปที่ 4 วงจรที่ใช้ในการจำลองระบบ แบบสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 5 แรงดันจากการจำลองระบบแบบสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ แรงดัน 240 kV 160 kHz

ตารางที่ 3.1 แรงดันด้านแรงดันสูง, แรงดันตกคร่อมIGBT และกระแสไหลผ่านIGBT

Duty cycle (%)	ไม่มีลูกถ้วย			มีลูกถ้วย		
	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)
50	18	311	1,450	18	311	1,420
40	50	750	1,450	90	700	1,420
30	100	1,500	1,450	**150**	**1,800**	**1,420**
20	**250**	**3,000**	**1,450**	210	1,900	1,420
10	300	3,000	1,450	240	1,900	1,420

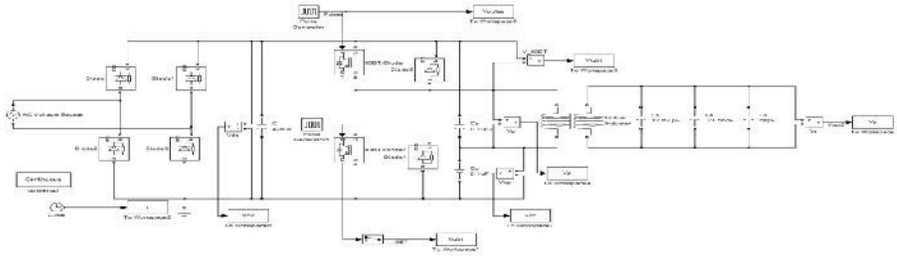


รูปที่ 6 แรงดันและกระแสของอุปกรณ์สวิตช์ที่ D=10%

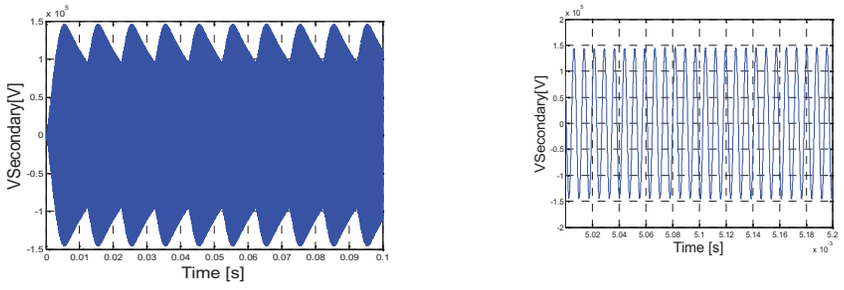
จากตารางที่ 3.1 และรูปคลื่นสัญญาณในรูปที่ 5 และ6 จะสังเกตุได้ว่า กรณีมีลูกถ้วย แรงดันเอาท์พุทสูงสุดจะอยู่ที่ 240 kV เมื่อปรับ Duty Cycle ที่ 10% มีค่าแรงดันตกคร่อม IGBTอยู่ที่ 1,900V และมีกระแสไหลผ่าน IGBT 1,420 Aเมื่อเพิ่ม Duty Cycle แรงดันและกระแสก็ยังมีค่าสูงอยู่

2.2 การจำลองระบบแบบใช้วงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์

การจำลองระบบผู้เขียนบทความได้ทำการควบคุมอุปกรณ์สวิตช์ที่ย่านความถี่เรโซแนนซ์ที่คำนวณได้แล้วจึงทำการปรับจูนให้ได้ความถี่ที่ถูกต้อง



รูปที่ 10 วงจรที่ใช้ในการจำลองระบบด้วยวงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์



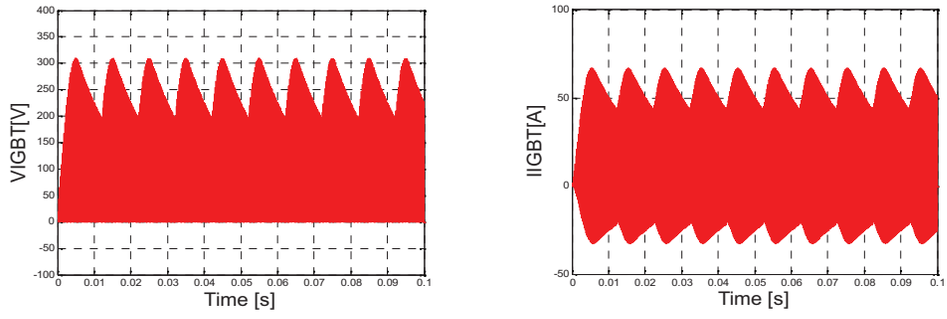
รูปที่ 11 แรงดันที่ได้จากการจำลองระบบที่ 132kHz Duty Cycle 20 % ไม่มีลูกถ้วย

ตารางที่ 3.2 แรงดันด้านแรงดันสูง แรงดันตกคร่อมIGBT และกระแสไหลผ่านIGBTที่ความถี่และ Duty cycle ค่าต่างๆ ของวงจรฮาฟบริดจ์แบบไม่มีลูกถ้วย

Duty cycle =40%				f=132kHz			
f(kHz)	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)	Duty cycle	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)
125	24	311	15	40	360	311	+150,-100
130	65	311	32	30	350	311	+140,-100
132	**360**	**311**	**+150,-100**	**20**	**145**	**311**	**+75,-25**
133	270	311	+125,-80	10	25	311	25

ตารางที่ 3.3 แรงดันด้านแรงดันสูง แรงดันตกคร่อมIGBT และกระแสไหลผ่าน IGBT ที่ความถี่และ Duty cycle ค่าต่างๆ ของวงจรฮาฟบริดจ์แบบมีลูกถ้วย

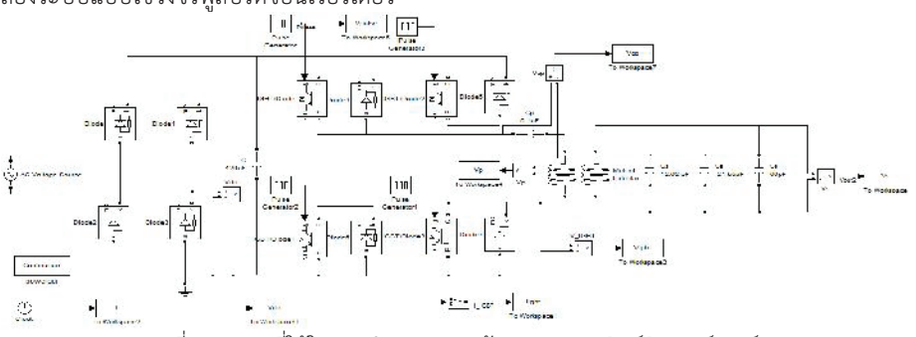
Duty cycle =40%				f=80kHz			
f(kHz)	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)	Duty cycle	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)
73	16	311	21	40	170	311	±125
75	21	311	20	**30**	**160**	**311**	**+125,-80**
80	**170**	**311**	**±125**	20	70	311	+70,-40
85	15	311	+37,-5	10	14	311	40



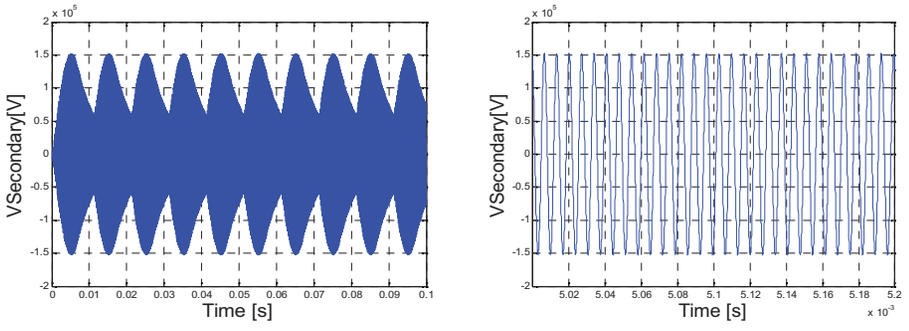
รูปที่ 12 แรงดันและกระแสของอุปกรณ์สวิตช์วงจรฮาฟบริดจ์ ที่ความถี่ 132kHz D 20%

จากตารางที่ 3.2 และรูปคลื่นสัญญาณในรูปที่ 11 และ12 จะสังเกตได้ว่ากรณีไม่มีลูกถ้วย ความถี่เรโซแนนซ์จะเกิดขึ้นที่ 132 kKz แรงดันที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 145 kV เมื่อปรับ Duty Cycle ของสัญญาณควบคุมที่ 20% มีค่าแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์สวิตช์(IGBT)อยู่ที่ 311V และกระแสไหลผ่านอุปกรณ์สวิตช์มีค่าเท่ากับ +75 A ถึง-25 A

2.3 การจำลองระบบแบบใช้วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์



รูปที่ 13 วงจรที่ใช้ในการจำลองระบบด้วยวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์



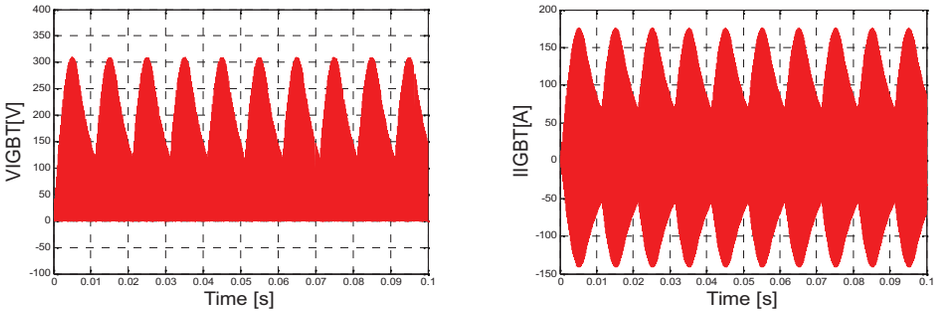
รูปที่ 14 แรงดันที่ได้จากการจำลองระบบที่ 145kHz Duty Cycle 20%ไม่มีลูกถ้วย

ตารางที่ 3.4 แรงดันด้านแรงดันสูง แรงดันตกคร่อมIGBT และกระแสไหลผ่านIGBT ที่ความถี่และ Duty cycle ค่าต่างๆ ของวงจรฟูลบริดจ์แบบไม่มีลูกถ้วย

Duty cycle =40%				f=145kHz			
f(kHz)	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)	D	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)
135	70	311	+50,-20	40	360	311	±400
140	125	311	+110,-75	30	350	311	±400
145	**360**	**311**	**±400**	**20**	**150**	**311**	**+175,-145**
150	70	311	±100	10	10	311	30

ตารางที่ 3.5 แรงดันด้านแรงดันสูง แรงดันตกคร่อมIGBT และกระแสไหลผ่านIGBTที่ความถี่และ Duty cycle ค่าต่างๆของวงจรฟูลบริดจ์แบบมีลูกถ้วย

Duty cycle =40%				f=85kHz			
f(kHz)	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)	Duty cycle	Vs(kV)	Vigbt(V)	Iigbt(A)
75	50	311	20	40	800	311	+1,100,-750
80	70	311	+70,-25	30	600	311	+750,-600
85	**800**	**311**	**+1,100, -750**	**20**	**175**	**311**	**+250,-200**
90	40	311	+110,-75	10	7.5	311	30

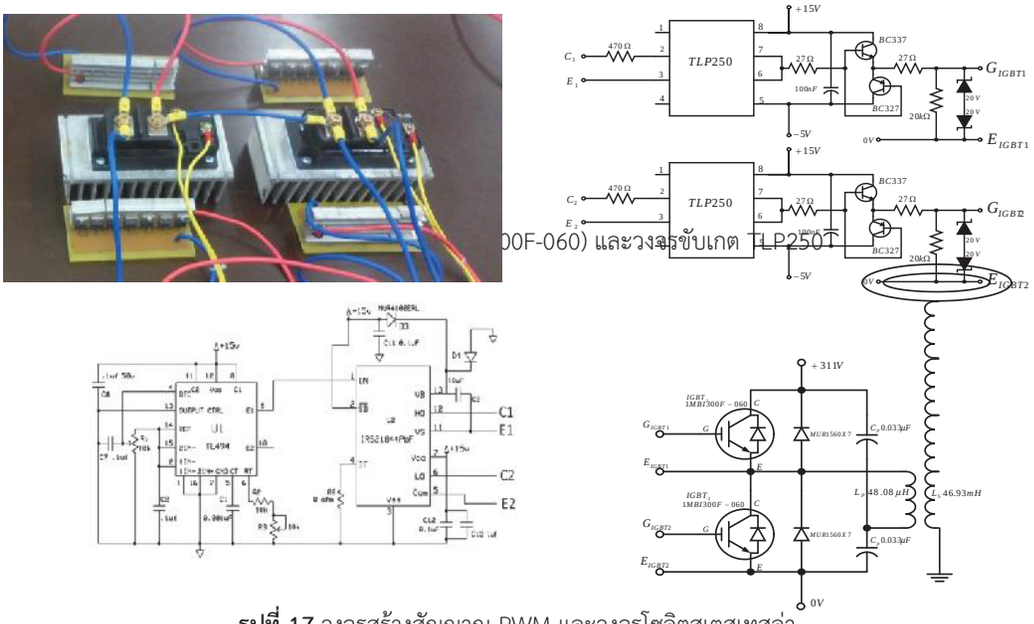


รูปที่ 15 แรงดันและกระแสของอุปกรณ์สวิตช์วงจรฟูลบริดจ์ ที่ความถี่ 145 kHz D 20%

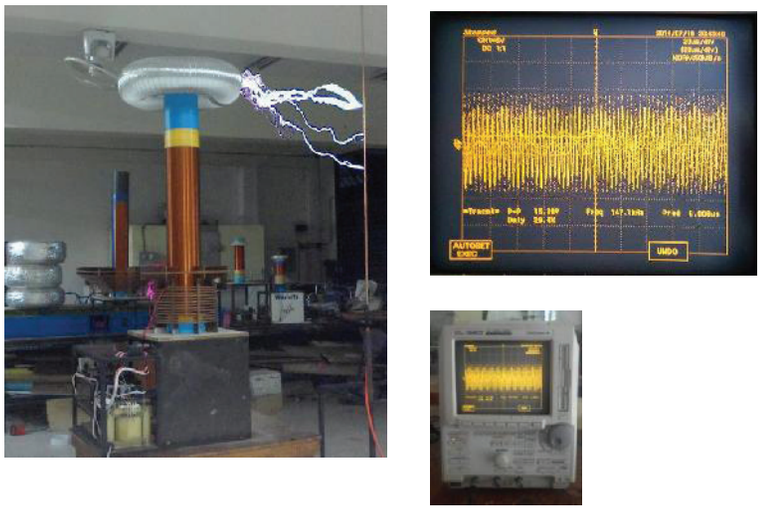
จากตารางที่ 3.4 และรูปคลื่นสัญญาณในรูปที่ 14 และ15 จะสังเกตได้ว่ากรณีไม่มีลูกถ้วย ความถี่เรโซแนนซ์จะเกิดขึ้นที่ 145 kKz แรงดันที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 150 kV เมื่อปรับ Duty Cycle ของสัญญาณควบคุมที่ 20% มีค่าแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์สวิตช์(IGBT)อยู่ที่ 311V และกระแสไหลผ่านอุปกรณ์สวิตช์มีค่าเท่ากับ +175 A ถึง-145 A

3. สร้างหม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่า

จากการจำลองระบบที่ได้ ผู้เขียนบทความได้นำข้อมูลไปใช้ในการเลือกขนาดพิกัดของอุปกรณ์สวิตช์ที่เหมาะสม และสร้างหม้อแปลง โซลิตสเตสเทสล่า ขนาดพิกัด 145 kV 132 kHz โดยใช้ IGBT เบอร์ 1MBI300F-060 พิกัดแรงดัน 600 V กระแส ±300 A ต่อแบบวงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ และเมื่อสร้างแล้วได้ขนาดพิกัด 152 kV 147 kHz



รูปที่ 17 วงจรสร้างสัญญาณ PWM และวงจรโซลิตสเตสเทสล่า



รูปที่ 18 หม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่าขนาดพิกัด 152 kV 147 kHz ที่สร้างขึ้น และคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านแรงสูง ที่วัดด้วยวิธี Voltage divider

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการดำเนินงานวิจัย ผู้เขียนบทความ ได้นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการออกแบบและค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดขดลวดของหม้อแปลงเทสล่าที่ได้จัดทำขึ้น นำไปจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/Simulink เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพ ของหม้อแปลงเทสล่าแบบสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้ง 3 รูปแบบ จากข้อจำกัด ของพิกัดอุปกรณ์สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ผลการจำลองระบบพบว่า สามารถหาค่าความเหมาะสมและรูปแบบของวงจรในการสร้างหม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่า จากพิกัดที่กำหนดในการออกแบบได้ จากการปรับค่าความถี่และ ค่า Duty Cycle ในการควบคุม โดยผู้เขียนบทความได้ดำเนินการสร้างหม้อแปลงโซลิตสเตสเทสล่า จากรูปแบบวงจรฮาฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ เนื่องจากมีค่าพิกัดอุปกรณ์ต่ำสุด ซึ่งผลการสร้างได้ค่าแรงดันและความถี่ใกล้เคียงกับการจำลองระบบ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Denicolai M, “Tesla Transformer for Experimentation and Research.” Helsinki University of Technology May 2001
[2] Tilbury M, “The ULTIMATE Tesla Coil Design AND CONSTRUCTION GUIDE ” The Mc Graw Hill Companies, 2008

O-CT01

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของการกระยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ

Economic Evaluation of Applying Anodized Aluminium as Solar Absorber in Evacuated Tube Collector (ETC)

พรนิภา นุโนชา[1*], ธวัช สุริวงษ์[1*]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

E-mail: pornnipa.n@gmail.com, tawats@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุนิกเกิลในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Ni-Al_2O_3) หรือแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ มาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนตำแหน่งของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ จากปกติที่เคลือบบนผิวด้านนอกของท่อแก้วชั้นในมาเป็นตำแหน่งของแผ่นอะลูมิเนียมเดิมที่ทำหน้าที่ในการนำความร้อนจากตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ไปยังท่อนำความร้อน (Heatpipe) ผลการทดลองพบว่าแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α) เท่ากับ 0.94 และต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด (η_o) มีค่าเท่ากับ 0.72 ผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยกำหนดให้อายุการใช้งานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์เท่ากับ 16 ปี สำหรับต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCC) พบว่าเงินลงทุนเริ่มต้นมีค่า 22,794 บาท ต้นทุนในการดำเนินงานมีค่า 1,055บาท มูลค่าซากปีสุดท้ายมีค่า 856บาททำให้ค่าต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตเท่ากับ 22,993บาท และสำหรับต้นทุนพลังงาน (LCOE) พบว่าค่าพลังงานรายปีมีค่า 1,207 kW*h เมื่อคำนวณต้นทุนพลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่าเท่ากับ 1.23 บาท/kW*h สรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ร่วมกับการนำความร้อนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศนั้นมีความเป็นไปได้ในทางเทคนิคและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับนำมาใช้ในระบบการผลิตน้ำร้อน

คำสำคัญ:ตัวเก็บรังสีอาทิตย์; อะลูมิเนียม; ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์; ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต; ต้นทุนพลังงาน

1.บทนำ

สถานการณ์พลังงานประเทศไทยปี 2556 รายงานว่ามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.6 น้ำมันสำเร็จรูปมีการใช้ในสัดส่วนที่สูงกว่าพลังงานชนิดอื่น คิดเป็นร้อยละ 47.8 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด สาขาอุตสาหกรรมเป็นสาขาเศรษฐกิจที่ใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงกว่าสาขาอื่นๆ ร้อยละ 36.4 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด[1]จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องจัดหาพลังงานทดแทนเพื่อใช้แทนน้ำมัน รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ โดยได้มีการปรับปรุงแผนพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน 15 ปี เป็นแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (2555-2564) เพื่อผลักดันให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น ในรูปไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ[2]

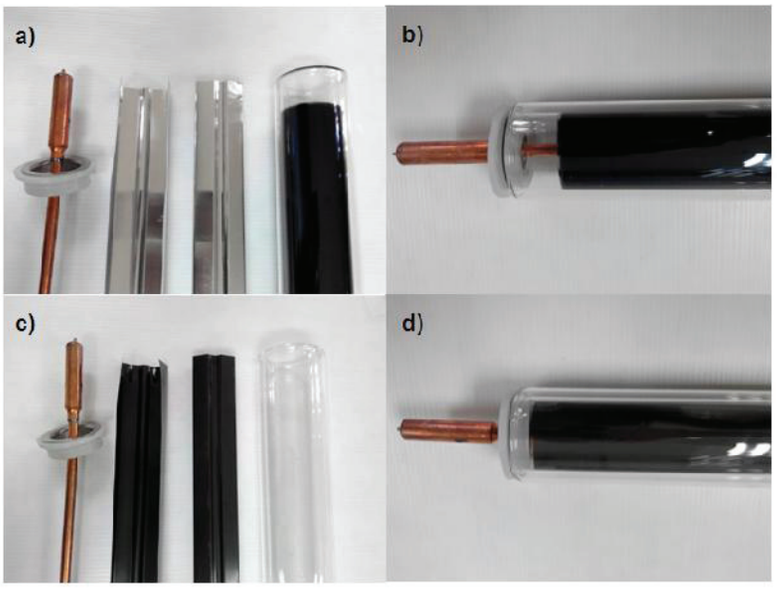
พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจากธรรมชาติที่มีความสะอาดปราศจากการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จำแนกเป็นสองด้านหลักๆ คือ การผลิตไฟฟ้าและการผลิตความร้อน โดยเทคโนโลยีการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์คือ การใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) มาผลิตน้ำร้อนเพื่อนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค สามารถจำแนกได้สองประเภทตามระดับอุณหภูมิที่ใช้งานคือ ระบบผลิตความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°Cและระบบผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการนำมาใช้ในประเทศไทยแล้วไม่น้อยกว่า 25 ปี ตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถจำแนกประเภทได้ตามการติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking) และแบบที่ไม่มีการติดตามดวงอาทิตย์ (Stationary Collectors) ในปัจจุบันตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบไม่ติดตามดวงอาทิตย์เป็นที่ยอมรับและได้มีการนำมาใช้ในการผลิตน้ำร้อนสำหรับบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล อย่างกว้างขวาง ที่นิยมใช้คือตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat-plate collector, FPC) และแบบท่อสุญญากาศ (Evacuated tube collector, ETC) อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทุกชนิดมีการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลักและผลิตเองในประเทศบางส่วน อีกทั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในประเทศยังคงมีราคาที่สูง [3-5]

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการใช้งานตัวเก็บรังสีอาทิตย์อย่างแพร่หลาย และหลากหลายประเภทอีกทั้งมีการคิดค้นออกแบบและพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบใหม่ขึ้นมากมาย เพื่อลดค่าใช้จ่าย ลดการสูญเสียความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานให้กับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เทคโนโลยีการเคลือบสารเลือกรับรังสีหลายวิธี เข้ามามีบทบาทเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ลดการสูญเสียความร้อนรวมไปถึงลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา แต่เนื่องด้วยเป็นเทคโนโลยีขั้นสูง จึงทำให้ราคาสูงตามไปด้วยจากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงทำการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์จากเดิมที่เคลือบบนผิว

ด้านนอกของท่อแก้วชั้นใน มาเป็นเคลือบบนแผ่นอะลูมิเนียมและใช้งานร่วมกับท่อแก้วสุญญากาศ 2 ชั้นเพื่อให้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ทำหน้าที่นำความร้อนจากท่อแก้วชั้นในไปยังท่อความร้อน (Heat pipe) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยไม่มีการเคลือบสารเลือกรับรังสีอาทิตย์บนท่อแก้ว ในงานวิจัยนี้มีการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Cost, LCC) และต้นทุนพลังงาน (Levelized Cost of Energy, LCOE) ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ

2.วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเป็นไปได้และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของการนำเอาแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุนิกเกิลในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Ni-Al_2O_3) มาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศสำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์มีส่วนประกอบหลักคือ ท่อนำความร้อน (heat pipe) แผ่นอะลูมิเนียม และท่อสุญญากาศสองชั้นที่มีการเคลือบสารเลือกรับรังสีอาทิตย์บนผิวด้านนอกของท่อแก้วชั้นใน (รูป1a) และเมื่อนำส่วนประกอบทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันทำให้ได้ท่อรับรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ (รูป1b) ในงานวิจัยนี้มีการเปลี่ยนตำแหน่งตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์จากผิวด้านนอกของท่อแก้วชั้นในมาที่แผ่นอะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุนิกเกิลลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์เพื่อให้มีสมบัติเป็นสารเลือกรับรังสีอาทิตย์หรือเรียกว่าแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ และใช้ท่อแก้วสุญญากาศสองชั้นแบบใส (รูป 1c) รูป1d แสดงการประกอบต้นแบบท่อรับรังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนตำแหน่งของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ นำต้นแบบท่อรับรังสีอาทิตย์จำนวน 15 ท่อ มาประกอบเข้ากับชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่เปลี่ยนตำแหน่งของการเคลือบสารเลือกรับรังสีอาทิตย์นี้ ตามมาตรฐาน ISO 9806-1 เพื่อหาสมการสมรรถนะเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และนำสมการสมรรถนะเชิงความร้อนมาคำนวณหาค่าพลังงานที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถผลิตได้ต่อปีและตลอดอายุการใช้งาน



รูปที่ 1: a-b) ส่วนประกอบและการประกอบท่อรับรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่มีการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์
c-d) ส่วนประกอบและการประกอบต้นแบบท่อรับรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่มีเปลี่ยนตำแหน่งตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

จากนั้นทำการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) เพื่อที่พิจารณาความเหมาะสมของโครงการโดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ได้ผลการศึกษาที่เป็นการวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้1) วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Benefit-Cost Analysis) โดยมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ที่คำนวณได้ในขั้นต้นเป็นราคาปีที่ 0 นำมาปรับมูลค่าเป็นราคาปัจจุบันสุทธิโดยการใช้อัตราดอกเบี้ยที่กำหนดโดยธนาคารกสิกรไทย[6]2) วิเคราะห์ความคุ้มค่าของของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Project Analysis)

โดยการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost, LCC)เป็นการประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุการใช้งานโดยในงานวิจัยนี้ทำการพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนอุปกรณ์ แรงงานในการติดตั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่เกิดตลอดช่วงชีวิตของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และกำหนดให้อายุการใช้งานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 16 ปีเท่านั้น[7]ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1[8, 9] และการประเมินต้นทุนพลังงาน (Levelized Cost of Energy, LCOE)เป็นการหาราคาพลังงานเฉลี่ยตลอดอายุการใช้งาน โดยนำต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานซึ่งในงานวิจัยนี้ มีการพิจารณาในส่วนของค่าใช้จ่ายในการลงทุนอุปกรณ์ แรงงานในการติดตั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา นำค่าใช้จ่ายทั้งหมดนี้มาปรับคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิเทียบกับพลังงานที่สามารถผลิตได้ทั้งหมดทำให้ได้ราคาเฉลี่ยของต้นทุนพลังงาน โดยถ้าค่าLCOE ต่ำแสดงว่า

ต้นทุนต่อราคาพลังงานมีค่าต่ำ และถ้ามีค่าต่ำกว่าต้นทุนพลังงานปัจจุบันแสดงว่ามีประสิทธิภาพสูงทั้งทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ สมการการคำนวณค่าLCOE แสดงในสมการที่2 [10-12]

$$LCC = C_C + \sum_{n=1}^{N} \frac{C_n}{(1+i)^n} - \frac{SV}{(1+i)^N} \quad (1)$$

$$LCOE = \frac{C_C + \sum_{n=1}^{N} \frac{C_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^{N} \frac{E_n}{(1+i)^n}} \quad (2)$$

เมื่อ C_C = เงินลงทุนเริ่มต้น (Initial capital cost) (บาท)

C_n = ต้นทุนในการดำเนินการ (Operating cost) ค่าซ่อมบำรุง เชื้อเพลิงและอื่นๆ ในแต่ละปี (บาท)

SV = มูลค่าซากปีที่สุดท้ายของโครงการ (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ย (Interest rate)หรือ อัตราคิดลด (Discount rate)

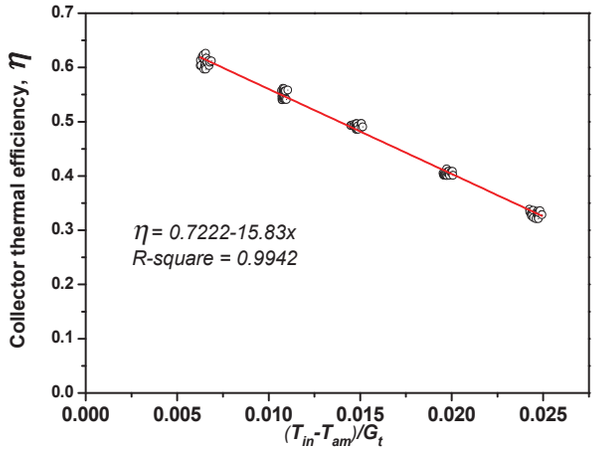
n = อายุการใช้งานโครงการ (Project period)

N = จำนวนปีที่สิ้นสุดโครงการ (Year at the end of project)

E_n = พลังงานที่สามารถผลิตได้ในแต่ละปี

3.ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนตำแหน่งของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ที่แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α) เท่ากับ 0.94ผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด(η_o) ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 2เมื่อพิจารณาว่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม (U_L) มีค่าคงที่และไม่เปลี่ยนแปลง พบว่าค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดที่อุณหภูมิน้ำขาเข้ามีค่าเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($\Delta T = T_i - T_a = 0$) มีค่าเท่ากับ 0.72 และมีค่าผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนกับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมหรือค่าการสูญเสียความร้อน ($-F_R U_L$)เท่ากับ -15.83 W/m^2•°C (ความชันของกราฟ) และมีสมการสมรรถนะทางความร้อนของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง คือ η=0.7222-15.83xเมื่อเปรียบเทียบ η_o ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์กับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและแบบท่อสุญญากาศจากงานวิจัย [13]ซึ่งη_o มีค่า 0.676และ 0.572 (second order equation) ตามลำดับ เห็นได้ว่าค่าη_o ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงกว่างานวิจัยที่มีผ่านมาสำหรับการพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ (η = 0.55-0.70)[13-15]



รูปที่ 2: ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ

การคำนวณค่าพลังงานรายปีของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์เก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ สามารถหาได้จากสมการสมรรถนะทางความร้อนของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ซึ่งคำนวณผ่านพารามิเตอร์ต่างๆ ในตารางที่ 1 อันได้แก่ G_t, T_a, T_iและT_oเมื่อคำนวณแล้วได้ค่าประสิทธิภาพ และ

คูณด้วยค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีของประเทศไทย (*E*)ค่าพลังงานรายปีของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1,117.9kWh/m^2เมื่อคูณด้วยพื้นที่ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 1.08 m^2ทำให้ได้ค่าพลังงานที่ต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์นี้สามารถผลิตได้ตลอดปีมีค่าเท่ากับ 1,207.3kWh หรือ 4,346.4MJการผลิตพลังงานความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) มีความสามารถในการผลิตพลังงานความร้อนน้อยกว่า500 kWh/m^2 2) มีความสามารถในการผลิตพลังงานความร้อนตั้งแต่ 501-899 kWh/m^2 3) มีความสามารถในการผลิตพลังงานความร้อนมากกว่า 900 kWh/m^2[16]เห็นได้ว่าต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีความสามารถในการผลิตพลังงานความร้อนอยู่ในช่วงที่สามที่สามารถผลิตได้มากกว่า 900 kWh/m^2ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถผลิคความร้อนได้สูงสุด

ตารางที่1:ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานรายปี [16]

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่าตัวแปร	หน่วย
ความเข้มรังสีอาทิตย์	G_t	800	W/m^2
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	T_a	30	°C
อุณหภูมิน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์	T_i	35	°C
อุณหภูมิน้ำออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์	T_o	60	°C
ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีของประเทศไทย[17]	*E*	1,800	$kWh/m^2 \cdot year$

ตารางที่ 2:ต้นทุนและผลประโยชน์ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์

รายละเอียด	มูลค่า(บาท)
ต้นทุน (Investment Cost)	
ค่าลงทุนอุปกรณ์ชุดผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ (ท่อไม่เคลือบสารเลือกรับรังสีอาทิตย์) (380 USD x 31.72)	**12,053.6**
ค่าอุปกรณ์แผ่นอะลูมิเนียม (30 x 0.81 USD x 31.72) [18, 19]	**770.80**
ค่าอากรขาเข้า ภาษีมูลค่าเพิ่ม	**3,078.00**
ค่าขนส่งจัดเก็บสินค้า	**6,060.00**
ค่า paper less	**307.00**
ค่า cargo ท่าเรือ	**155.00**
ค่าทำอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ สารเลือกรับรังสีอาทิตย์ รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม [20]	**369.79**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา(Operating and Maintenance Cost)	**1,054.64**
ผลประโยชน์ (Benefit)	
พลังงานที่สามารถผลิตได้	69,542.95 MJ
มูลค่าซากปีสุดท้ายของโครงการ[21]	855.67

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ มีการใช้ข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 มาทำการวิเคราะห์โดยใช้ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์คือต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCC)และการประเมินต้นทุนพลังงาน (LCOE)พิจารณาต้นทุนหรือรายจ่าย (Cost) ทางการเงินของโครงการประกอบด้วย ต้นทุน 2 ส่วน คือค่าลงทุนอุปกรณ์และแรงงานในการติดตั้งระบบ และค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ (0.5% ของเงินลงทุนเบื้องต้น)[7]มีการพิจารณาผลประโยชน์ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในรูปของพลังงานความร้อน โดยสามารถแสดงต้นทุนและผลประโยชน์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ในแต่ละส่วนในตารางที่ 2โดยพลังงานที่สามารถผลิตได้ตลอดวัฏจักรชีวิตเท่ากับ 69,543MJและมูลค่าซากเท่ากับ 855 บาท (10% ของเงินลงทุนเบื้องต้น)[21]สำหรับค่าของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตและการประเมินต้นทุนพลังงานแสดงในตารางที่ 3 โดยใช้เงินลงทุนเริ่มต้นและ ต้นทุนในการดำเนินโครงการ เท่ากับ 22,794 และ 1,055ตามลำดับ ผลการคำนวณค่าต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCC) มีค่าเท่ากับ22,993บาท

ซึ่งเป็นค่าต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตที่ต่ำกว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดที่มีราคาที่สูงกว่ามากเนื่องจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ ส่งผลให้ต้องใช้เงินลงทุนที่สูงตามไปด้วย

ตารางที่ 3: ตัวแปรและข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่าตัวแปร	หน่วย
เงินลงทุนเริ่มต้น	C_C	22,794.34	บาท
ต้นทุนในการดำเนินการ[7]	C_n	1,054.64	บาท
มูลค่าซากปีที่สุดท้าย[21]	SV	855.67	บาท
พลังงานที่สามารถผลิตได้ในแต่ละปี	E_n	1,207.97	kWh/ปี
อัตราดอกเบี้ย หรือ อัตราคิดลด [6]	i	6.75	ร้อยละ
อายุการใช้งานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์[7]	n	16	ปี
จำนวนปีที่สิ้นสุดการใช้งาน[7]	N	15	ปี

ผลจากการวิเคราะห์ค่าต้นทุนพลังงาน (LCOE) มีค่าเท่ากับ1.23 บาท/kWh และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานกับต้นทุนพลังงานชนิดอื่นๆ ในตารางที่ 4 พบว่าต้นทุนพลังงานของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์นี้ มีค่าต่ำกว่าต้นทุนพลังงานเชิงพาณิชย์ ได้แก่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและไฟฟ้า ซึ่งมีค่าต้นทุนพลังงานเท่ากับ 3.30และ3.93 บาท/kWh หรือมีต้นทุนพลังงานน้อยกว่า 62.72และ 68.70% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานทดแทนคือ แกลบ (0.18 บาท/kWh)พบว่าต้นทุนพลังงานของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์นี้มีค่าสูงกว่า เนื่องจากราคาแกลบที่นำมาคำนวณนี้ยังไม่มีการรวมค่าขนส่ง ปัจจุบันราคาแกลบในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยมีราคาไม่แน่นอนขึ้นกับค่าขนส่งเป็นหลัก และมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือเพื่อผลิตความร้อนอื่นๆ จากผลการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตและต้นทุนพลังงานของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ สรุปได้ว่าต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์นี้มีศักยภาพในการแข่งขันในเชิงพาณิชย์เพื่อใช้เป็นระบบผลิตน้ำร้อนในครัวเรือนหรือในโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4: ต้นทุนพลังงาน(LCOE) ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์เทียบกับชนิดพลังงานอื่นๆ

ชนิดพลังงาน	**LCOE (บาท/kWh)**
ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์	1.23
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ลิตร)	3.30
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	3.93
แกลบ (กก.)	0.18

4. สรุปผลการทดลอง

จากการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์สูงเข้าใกล้อุดมคติและประสิทธิภาพเชิงความร้อน(□)เท่ากับ 0.72ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบสุญญากาศมีต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCC) เท่ากับ 22,993บาท และต้นทุนพลังงาน (LCOE) เท่ากับ 1.23บาท/kWhเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานกับต้นทุนพลังงานเชิงพาณิชย์ชนิดอื่นๆ เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและไฟฟ้า พบว่าต้นทุนพลังงานของต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์นี้มีค่าต่ำกว่า62.72 และ 68.70% ตามลำดับ ดังนั้นต้นแบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีศักยภาพในการแข่งขันในเชิงพาณิชย์เพื่อใช้เป็นระบบผลิตน้ำร้อนในครัวเรือนหรือในโรงงานอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ)-ปริญญาโท ปี 2557และสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช) ที่สนับสนุนทุนวิจัยผ่านทุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยตลอดทั้งโครงการและขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำงานวิจัย และอุปกรณ์ทดสอบต่างๆ

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, 2556, "สถิติพลังงานของประเทศไทยปี 2556 (เบื้องต้น)," www.dede.go.th [7 สิงหาคม 2557].

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2555, "สถิติพลังงานของประเทศไทย(เบื้องต้น)," http://www.dede.go.th [7 เมษายน 2556].

[3] Kennedy, C.E., 2002, "Review of Mid-to High-Temperature Solar Selective Absorber Materials," National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado,.NREL/TP-520-31267.

[4] Kalogirou, S.A., 2004, "Solar thermal collectors and applications," Progress in Energy and Combustion Science, 30, p. 231-295.

[5] Wazwaz, A., J. Salmi, R. Bes, 2010, "The effects of nickel-pigmented aluminium oxide selective coating over aluminium alloy on the optical properties and thermal efficiency of the selective absorber prepared by alternate and reverse periodic plating technique," Energy Conversion and Management. 51(8): p. 1679-1683.

[6] บมจ.ธนาคารกสิกรไทย, "ดอกเบี้ยอ้างอิง ลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี ประเภทเงินกู้แบบมีระยะเวลา (Minimum Loan Rate)," http://www.kasikornbank.com [11 ธันวาคม 2556]

[7] กฤษณ์ คงเจริญ, ธันวา จิตต์สงวน, 2549, "การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนโครงการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ :กรณีศึกษา โรงพยาบาลแกลง จังหวัดระยอง (Economic Analysis of Project Investment on Hot WaterProduction from Integrated Solar Energy System : Case Study of Klang Hospital, Rayong Province)," กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , p. 644-651.

[8] ชลธิชา สุทธิบุตร, 2552, "การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ," วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[9] วราลักษณ์ มาลี, 2553, "การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของชุดหอเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน," วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[10] Hernandez Moro, J.J.M. Martinez Duart, 2013, "Analytical model for solar PV and CSP electricity costs: Present LCOE values and their future evolution," Renewable and Sustainable Energy Reviews. 20(0): p. 119-132.

[11] Branker, K., M.J.M. Pathak, J.M. Pearce, 2011, "A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity," Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15(9): p. 4470-4482.

[12] Kornbluth, K., J. Greenwood, E. Jordan, Z. McCaffrey, P.A. Erickson, 2012, "Economic feasibility of hydrogen enrichment for reducing NOx emissions from landfill gas power generation alternatives: A comparison of the levelized cost of electricity with present strategies," Energy Policy. 41(0): p. 333-339.

[13] Zambolin, E.D. Del Col, 2010, "Experimental analysis of thermal performance of flat plate and evacuated tube solar collectors in stationary standard and daily conditions," Solar Energy. 84(8): p. 1382-1396.

[14] Ma, L., Z. Lu, J. Zhang, R. Liang, 2010, "Thermal performance analysis of the glass evacuated tube solar collector with U-tube," Building and Environment. 45(9): p. 1959-1967.

[15] Yong, K.S. Taebeom, 2007, "Thermal performances comparisons of the glass evacuated tube solar collectors with shapes of absorber tube," Renewable Energy. 32(5): p. 772-795.

[16] ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงษ์, รัฐพร เงินมีศรี, นิพนธ์ เกตุจ้อย, วิสุทธิ์ แช่มสะอาด., 2555, "การประเมินค่าพลังงานความร้อนรายปีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ผลิตได้," Naresuan Univertsity journal. 20(1): p. 16-23.

[17] กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายแผนงานพัฒนาโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554, "แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542)," http://www3.egat.co.th [25 สิงหาคม 2557].

[18] ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด(มหาชน), "อัตราแลกเปลี่ยนประจำวัน," http://www.krungsri.com

[23 พฤศจิกายน 2556].

[19] HAINING SUNSHINE TRADE CO., L., 23 พฤศจิกายน 2556, "COMMERCIAL INVOICE," 122 LIANHONG RD, YUAN HUA TOWN, HAINING CITY, ZHEJIANG.

[20] พีระ โฆษิตวีรวัฒน์, 2557, "ราคาเคลือบสารเลือกรับรังสีอาทิตย์(อะโนไดซ์)," สมุทรปราการ: บริษัท แอลเมทไทย จำกัด.

[21] อนุรักษ์ ตรีเพ็ชร, พิชัย นามประกาย, 2553, "การศึกษาสมรรถนะเครื่องกลั่นน้ำรูปทรงพีระมิดที่เสริมด้วยแผงรับรังสีอาทิตย์แผ่นราบและหมุนวนน้ำด้วยวาล์วลอย (Study on performance of a pyramid-like solar still with an auxiliary flat-plate collector and circulating water by a floating valve)," Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference: Architecture and Engineering, 188-195.

O-CT02

ระบบอบแห้งสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊มไอน้ำ
Steam Jet Pump Applications in Vacuum Drying System

วรเชษฐ์ แสงสีดา[1*], ธนรัฐ ศรีวีระกุล[2]

[1]โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ 36000 โทร 044-815111 ต่อ 222 E-mail: w.sangsida@hotmail.com
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190 โทร 045-353309 E-mail: tsriveerakul@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบอบแห้งสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊มไอน้ำเพื่อศึกษาตัวแปรสภาวะเงื่อนไขทำงานที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะของเจ็ทปั๊มจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ตำแหน่งของหัวฉีดหลัก (NXP) ความดันปฐมภูมิ (Pp) อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านห้องอบแห้ง (Qs) และอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง (Ts) เกณฑ์ในการศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มไอน้ำที่ใช้ในการอบแห้งระบบสุญญากาศได้แก่ค่าความดันสุญญากาศ (Ps) การสร้างสุญญากาศเทียบกับเวลาและอัตราส่วนการเหนี่ยวนำ (Rm) พบว่าตำแหน่งปากทางออกของหัวฉีดและความดันปฐมภูมิมีผลต่อการสร้างสุญญากาศเมื่อเพิ่มความดันปฐมภูมิจะทำให้ความดันสุญญากาศภายในห้องอบแห้งจะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องโดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.8 bar (ความดันเกจ) ที่ความดันปฐมภูมิเท่ากับ 5 barตำแหน่งหัวฉีด 20 mmและใช้เวลาประมาณ 7 นาทีเมื่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านห้องอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2,500 L/minจะทำให้ความดันสุญญากาศมีแนวโน้มเพิ่มคิดเป็น 6 – 12 % เมื่อเทียบกับการที่ไม่ปล่อยอากาศให้ไหลผ่านห้องอบแห้ง

คำสำคัญ :เจ็ทปั๊ม; สุญญากาศ; อบแห้ง;

1. ที่มาและความสำคัญ

เจ็ทปั๊มคืออุปกรณ์ที่อาศัยหลักการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านคอคอดซึ่งเปลี่ยนความดันของของไหลที่ผ่านคอคอดให้เป็นความเร็วเพื่อเหนี่ยวนำของไหลอีกชนิดหนึ่งกล่าวคือเมื่อของไหลปฐมภูมิ (Primary fluid) ที่มีอุณหภูมิและความดันสูงพุ่งผ่านหัวฉีดหลักที่อยู่ภายในเจ็ทปั๊มและมีความเร็วสูงจะเกิดการเหนี่ยวนำของไหลทุติภูมิ (Secondary fluid) เข้ามาผสมกันภายในเจ็ทปั๊มและไหลออกจากเจ็ทปั๊มผ่านปากทางออกของเจ็ทปั๊มเป็นอันสิ้นสุดการทางานของเจ็ทปั๊ม

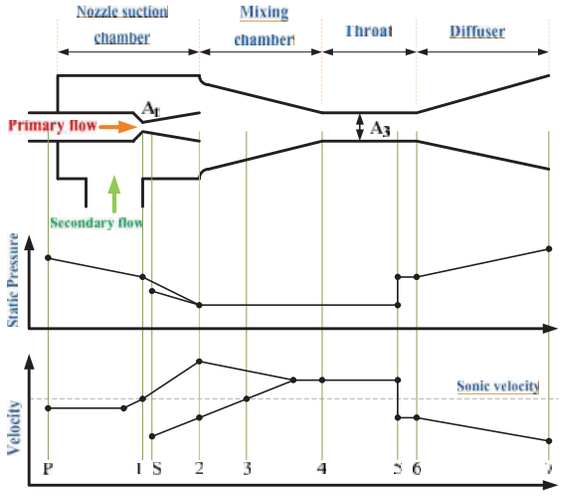
ปัจจุบันมีการนาเอาหลักการทางานของเจ็ทปั๊มมาประยุกต์ใช้งานในหลายด้านด้วยกันเช่นนำไปใช้ในระบบทาความเย็น [1] นำไปใช้ในการขนส่งอนุภาคของแข็งขนาดเล็กและในงานอุตสาหกรรมบางประเภท [2,3] ข้อดีของเจ็ทปั๊มอีกประการหนึ่งก็คือสามารถใช้พลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar energy) พลังงานคุณภาพต่ำ (Low grade heat) หรือความร้อนทิ้ง (Waste heat) มาขับเคลื่อนระบบได้ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลงเป็นอย่างมาก

การนำเอาเจ็ทปั๊มแบบไอน้ำมาประยุกต์ใช้กับการสร้างสุญญากาศนั้นเจ็ทปั๊มจะทำหน้าที่สร้างสุญญากาศให้กับห้องอบแห้งสุญญากาศโดยที่เจ็ทปั๊มไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ลดปัญหาการซ่อมบำรุงลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเดิมที่เคยใช้ปั๊มสุญญากาศ

จากหลักการและเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการทำงานของเจ็ทปั๊มไอน้ำที่ใช้ในการอบแห้งระบบสุญญากาศเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะการทางานของเจ็ทปั๊มซึ่งได้แก่ความดันปฐมภูมิตำแหน่งของหัวฉีดระยะเวลาในการสร้างสุญญากาศและอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและพัฒนาการสร้างสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊มต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

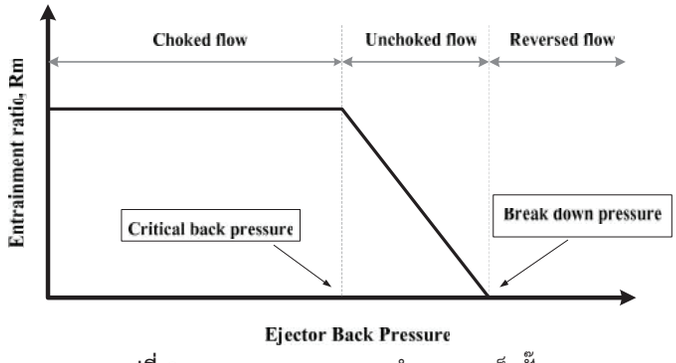
2.1.คุณลักษณะของการไหลภายในเจ็ทปั๊ม เมื่อของไหลปฐมภูมิที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ในตำแหน่ง P ได้ขยายตัวและพุ่งผ่านคอคอดของหัวฉีดที่ตำแหน่งที่ 1 ความดันสถิตย์ (Static pressure) ของของไหลปฐมภูมิจะแปรเปลี่ยนเป็นความดันพลวัต (Dynamic pressure) กล่าวคือ ความดันของของไหลปฐมภูมิจะลดต่ำลง แต่ความเร็วจะเพิ่มขึ้นจนมีความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง (Sonic velocity) ที่ตำแหน่งที่ 1และความเร็วจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีความเร็วสูงสุดที่ปากทางออกของหัวฉีด (ตำแหน่งที่ 2) ซึ่งมีความเร็วอยู่ในช่วงความเร็วเหนือเสียง (Supersonic velocity) ที่ตำแหน่งที่ 2 ความดันของของไหลปฐมภูมิลดลงจนมีค่าต่ำกว่าความดันของ



รูปที่ 1: คุณลักษณะการไหลภายในเจ็ทปั๊ม

ของไหลทุติยภูมิ (ตำแหน่ง S) จึงเกิดการเหนี่ยวนำของไหลในตำแหน่ง S เข้ามายังเจ็ทปั๊ม แต่ของไหลทั้งสองจะยังไม่ผสมกันในทันที ของไหลทั้งสองจะเริ่มผสมกันก็ต่อเมื่อความเร็วของของไหลทุติยภูมิมีความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง (ตำแหน่งที่ 3) และจะผสมกันโดยสมบูรณ์บริเวณปากทางเข้าช่วงคอคอดของเจ็ทปั๊ม (ตำแหน่งที่ 4) ในระหว่างที่เกิดการเหนี่ยวนำและผสมกันของของไหลทั้งสองชนิด ความดันภายในเจ็ทปั๊มจะมีค่าคงที่ และจากอิทธิพลของความดันด้านปากทางออกของเจ็ทปั๊มจึงทำให้เกิดปรากฏการณ์คลื่นกระแทก (Shock) ในตำแหน่งที่ 5 ซึ่งทำให้เกิดการอัดตัวของของไหลส่งผลให้ความดันของของไหลเพิ่มขึ้นและความเร็วลดลงจนมีค่าต่ำกว่าความเร็วเสียง (Subsonic velocity) อย่างรวดเร็ว เนื่องจากความดันทางปากทางออกของเจ็ทปั๊มมีค่าสูงจึงทำให้ความดันของของไหลภายในเจ็ทปั๊มในช่วงลู่ออกของเจ็ทปั๊ม (Diffuser) มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปากทางออกของเจ็ทปั๊ม (6 ถึง 7) [5,6]

2.2.สมรรถนะของเจ็ทปั๊ม แผนภาพสมรรถนะการทำงานของเจ็ทปั๊มในรูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนการเหนี่ยวนำและค่าความดันปากทางออกเจ็ทปั๊ม จากรูปจะสามารถแบ่งช่วงการทำงานของอีเจคเตอร์ ออกเป็น 3 ช่วง ตามลักษณะการไหลภายในเจ็ทปั๊ม ได้แก่ choked flow, unchoked flow และ reversed flow ซึ่งถูกแบ่งโดยค่าความดันวิกฤต (Critical back pressure) และค่าความดันย้อนกลับ (Break down pressure) ในช่วง choked flow คือ การไหลภายใต้ความดันปากทางออกของเจ็ทปั๊มที่ต่ำกว่าความดันวิกฤต เจ็ทปั๊มจะเหนี่ยวนำของไหลทุติยภูมิในอัตราส่วนคงที่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้อัตราส่วนการเหนี่ยวนำคงที่ ในช่วง unchoked flow คือ การไหลในช่วงค่าความดันปากทางออกเจ็ทปั๊มมีค่าระหว่างค่าความดันวิกฤตและค่าความดันย้อนกลับ เจ็ทปั๊มจะเหนี่ยวนำของไหลทุติยภูมิได้น้อยลงเป็นสาเหตุให้อัตราส่วนการเหนี่ยวนำลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วง reversed flow คือการไหลในช่วงที่ค่าความดันปากทางออกของเจ็ทปั๊มมีค่าสูงกว่าค่าความดันย้อนกลับ การไหลจะไหลย้อนกลับเข้าไปยังปากทางเข้าของของไหลทุติยภูมิเจ็ทปั๊มจึงไม่สามารถทำงานต่อได้[7,8]



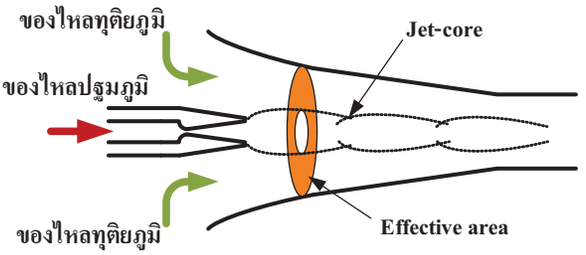
รูปที่ 2:แผนภาพสมรรถนะการทำงานของเจ็ทปั๊ม

ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้เป็นตัวชี้วัดค่าสมรรถนะของเจ็ทปั๊มที่ใช้ในการอบแห้งระบบสุญญากาศ คือ อัตราส่วนการเหนี่ยวนำ (Entrainment ratio, R_m) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของของไหลทุติยภูมิต่ออัตราการไหลเชิงมวลของของไหลปฐมภูมิ ดังแสดงในสมการที่ 1

$$R_m = \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_p} \quad (1)$$

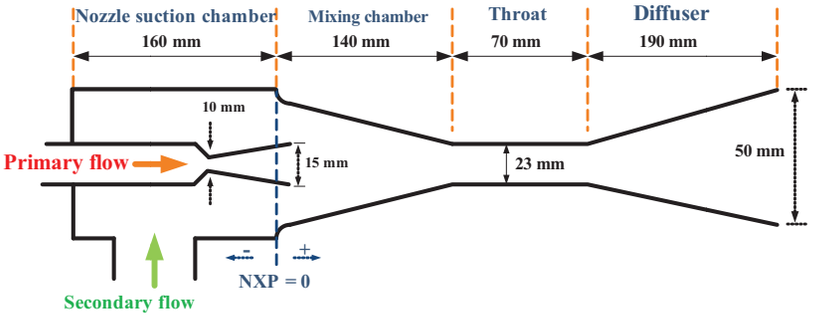
โดยที่ $\dot{m}_p$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของของไหลปฐมภูมิ และ $\dot{m}_s$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของของไหลทุติยภูมิ

2.3.พื้นที่ประสิทธิผล ในขณะที่ของไหลปฐมภูมิขยายตัวผ่านปากทางออกของเจ็ทปั๊มดังแสดงในรูปที่ 3 นั้น จะเกิดลำพุ่ง (Jet-core) ภายในเจ็ทปั๊ม ซึ่งขนาดและความเร็วของลำพุ่งนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามความดันปฐมภูมิและตำแหน่งของหัวฉีด [9] ได้นิยามการเคลื่อนที่ของของไหลปฐมภูมิที่เคลื่อนที่ผ่านคอคอดของหัวฉีดว่าเป็นการ choking ของของไหลทุติยภูมิ ส่วนพื้นที่หน้าตัดนอกเหนือจากลำพุ่งที่เกิดขึ้นภายในเจ็ทปั๊มคือ พื้นที่ประสิทธิผล (Effective area) ซึ่งจะบ่งบอกถึงบริเวณพื้นที่ที่เจ็ทปั๊มสามารถเหนี่ยวนำของไหลทุติยภูมิ



รูปที่ 3: พื้นที่ประสิทธิผลที่เกิดขึ้นภายในเจ็ทปั๊ม

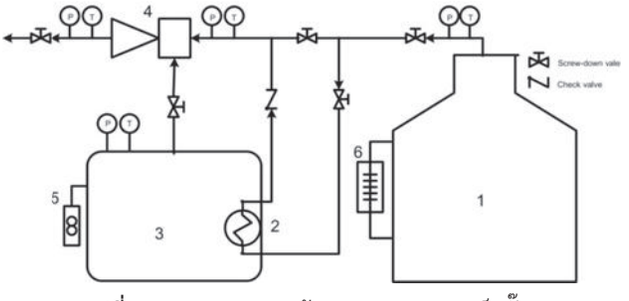
2.4.การออกแบบเจ็ทปั๊ม ในการอบแห้งระบบสุญญากาศ เจ็ทปั๊มถือได้ว่าเป็นหัวใจของระบบ ดังนั้นการออกแบบเจ็ทปั๊มจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสภาวะในการอบแห้ง เช่น ความดันของของไหลปฐมภูมิ(P_p)อุณหภูมิและความดันของของไหลทุติยภูมิ (P_s) และความดันที่ปากทางออกเจ็ทปั๊ม () ในการศึกษานี้เลือกใช้เจ็ทปั๊มชนิด Constant Pressure Mixing (CPM) และใช้หลักการออกแบบของ (ESDU, 1986) [10] ในการหาขนาดและรูปร่างของเจ็ทปั๊มที่เหมาะสมกับสภาวะการอบแห้ง ไอน้ำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอจะถูกใช้เป็นของไหลปฐมภูมิเพื่อเหนี่ยวนำเอาอากาศภายในห้องอบแห้ง (ของไหลทุติยภูมิ) ออกจากห้องอบแห้งเข้ามายังเจ็ทปั๊มและทำให้ห้องอบแห้งเกิดสุญญากาศขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้สรุปขนาดและรูปร่างพื้นฐานของเจ็ทปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4: ขนาดและรูปร่างพื้นฐานของเจ็ทปั๊ม

3. ชุดทดลองการสร้างสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊ม

แผนผังชุดทดลองห้องสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊มได้แสดงไว้ในรูปที่ 5 ซึ่งมีหลักการทำงาน ดังนี้ ไอน้ำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอน้ำ (1) จะถูกใช้เป็นของไหลปฐมภูมิของเจ็ทปั๊ม อัตราการไหลของไอน้ำวัดจากระดับน้ำภายในเครื่องกำเนิดไอที่หายไปซึ่งสังเกตได้จากหลอดแก้ว (sight glass) ที่ติดตั้งไว้ที่ด้านข้างของตัวเครื่องกำเนิดไอ (6) ไอน้ำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอแบบชีวมวลนอกจากจะใช้เป็นของไหลปฐมภูมิของเจ็ทปั๊มแล้ว ส่วนหนึ่งจะถูกใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องอบแห้ง เพื่อควบคุมอุณหภูมิของห้องอบแห้งสุญญากาศ (3) โดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (2) แล้วจึงเข้าสู่เจ็ทปั๊ม (4) เมื่อของไหลปฐมภูมิพุ่งผ่านหัวฉีดภายในเจ็ทปั๊ม จะเกิดการเหนี่ยวนำอากาศ(ของไหลทุติยภูมิ)ภายในห้องอบแห้งเข้าสู่เจ็ทปั๊มและทำให้เกิดความดันสุญญากาศขึ้นภายในห้องอบแห้ง โดยอัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งสามารถวัดได้จากมาตรวัดอัตราการไหลของอากาศ (5) การไหลของไอน้ำในทุกส่วนของชุดทดลองจะถูกควบคุมด้วยวาล์วทองเหลือง วัดค่าความดันและอุณหภูมิด้วยเกจวัดความดัน (Pressure gauge) และเทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) ตามลำดับ

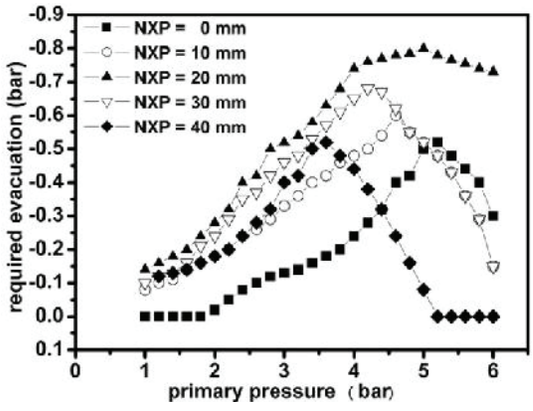


รูปที่ 5: ชุดทดลองการสร้างสุญญากาศแบบเจ็ทปั๊ม

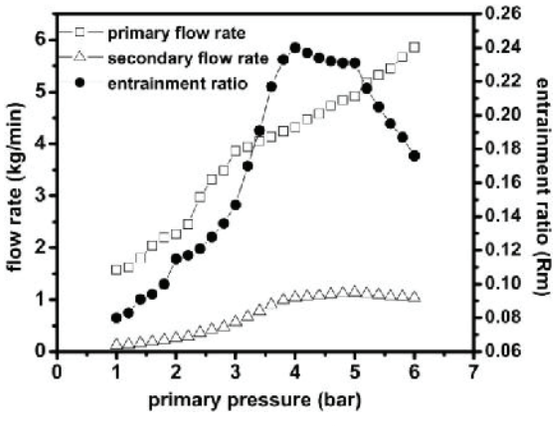
4. ผลการทดลอง

4.1 อิทธิพลของตำแหน่งหัวฉีด(*NXP*) ต่อค่าความดันสุญญากาศ (P_s) การศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งหัวฉีด (NXP) ที่มีต่อค่าความดันสุญญากาศ (Ps) จะทำการปรับตำแหน่งหัวฉีดที่0, 10, 20, 30และ40 mm เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมของหัวฉีดและศึกษาค่าความดันสุญญากาศในห้องอบแห้งที่เปลี่ยนไปในช่วงความดันปฐมภูมิที่1 – 6 bar (ความดันเกจ) จากรูปที่7พบว่าเมื่อเพิ่มความดันปฐมภูมิจะทำให้ความดันสุญญากาศจะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและลดลงต่ำที่สุดในช่วงความดันปฐมภูมิ3.5 – 5 bar แต่เมื่อเพิ่มความดันปฐมภูมิให้สูงขึ้นอีกค่าความดันสุญญากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าความดันสุญญากาศในห้องอบแห้งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.80 bar ที่ตำแหน่งหัวฉีด20 mm และความดันปฐมภูมิเท่ากับ5 bar

ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อความเร็วลำพุ่งของของไหลปฐมภูมิที่พุ่งผ่านหัวฉีดเพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันที่ปากทางออกของเจ็ทปั๊มลดต่ำลงและเหนี่ยวนำอากาศในห้องอบแห้งได้มากขึ้นทำให้ความดันภายในห้องอบแห้งมีค่าลดลงและในขณะที่ความเร็วของลำพุ่งเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากความดันปฐมภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือตำแหน่งหัวฉีด (NXP) ที่เข้าใกล้เข้าใกล้คอคอดของเจ็ทปั๊มมากเกินไปนั้นขนาดของลำพุ่ง (Jet core) ของของไหลปฐมภูมิก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วยเมื่อถึงจุดๆหนึ่งจึงทำให้มีพื้นที่ในการเหนี่ยวนำอากาศภายในห้องอบแห้งเข้ามายังเจ็ทปั๊มลดลงเป็นผลให้อัตราส่วนการเหนี่ยวนำลดลงดังแสดงในรูปที่8และทำให้ความดันภายในห้องอบแห้งสุญญากาศสุญญากาศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย [3]

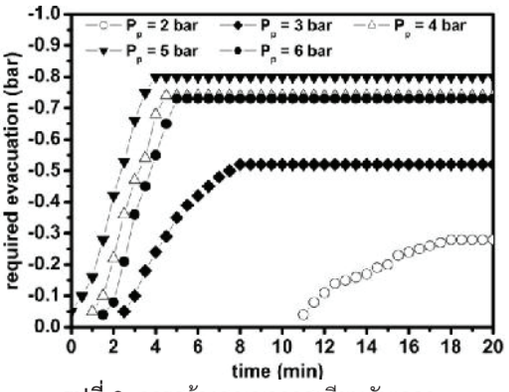


รูปที่ 7: ตำแหน่งของหัวฉีดที่มีผลต่อความดันสุญญากาศ



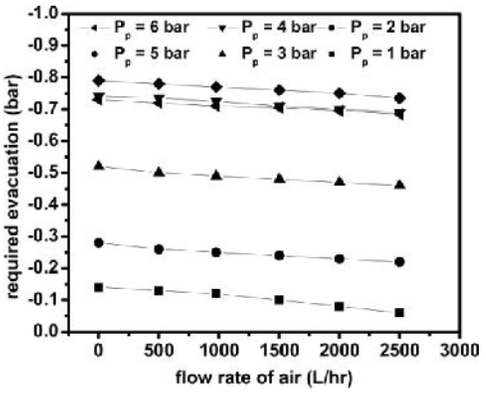
รูปที่ 8: อัตราส่วนการเหนี่ยวนำของเจ็ทปั๊มที่ตำแหน่งหัวฉีด 20 mm

4.2.อิทธิพลของความดันปฐมภูมิ (P_p) ต่อการสร้างความดันสุญญากาศ (P_s) การศึกษาอิทธิพลของความดันปฐมภูมิ (P_p) ที่มีต่อการสร้างความดันสุญญากาศจะทำการปรับตำแหน่งหัวฉีดที่ 20 mm เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าความดันสุญญากาศในห้องอบแห้งขนาด 2,000 ลิตรที่เปลี่ยนในแต่ละช่วงเวลาในช่วงความดันปฐมภูมิที่ 2 – 6 bar (ความดันเกจ) จากรูปที่ 9 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปจนความดันในห้องอบแห้งเริ่มเกิดสุญญากาศจากนั้นความดันสุญญากาศภายในห้องอบแห้งจะมีการลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความดันสุญญากาศลดลงต่ำที่สุดที่ความสามารถของเจ็ทปั๊มในแต่ละช่วงความดันปฐมภูมิสามารถทำได้ความดันสุญญากาศภายในห้องอบแห้งจะอยู่ในสภาวะคงที่โดยที่ความดันปฐมภูมิ 5 bar สามารถสร้างความดันสุญญากาศต่ำที่สุดได้ -0.80 bar โดยใช้เวลาประมาณ 4 นาที



รูปที่ 9: การสร้างสุญญากาศเทียบกับเวลา

4.3.อิทธิพลของการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องอบแห้งสุญญากาศ (Q_a) ต่อค่าความดันสุญญากาศ (P_s)



รูปที่ 10:อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องอบแห้งสุญญากาศต่อค่าความดันสุญญากาศ

โดยทั่วไปกระบวนการอบแห้งระบบสุญญากาศจะนำความชื้นที่มีอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์และห้องอบแห้งออกจากห้องอบแห้งสุญญากาศ โดยการนำเอาอากาศจากภายนอกไหลผ่านห้องอบแห้งสุญญากาศ เพื่อนำความชื้นที่มีอยู่ภายในห้องอบแห้งออกไปในการศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องอบแห้งสุญญากาศ (Q_a) ต่อค่าความดันสุญญากาศ (P_s) ทำได้โดยการนำอากาศจากภายนอกไหลผ่านห้องอบแห้งสุญญากาศด้วยอัตราการไหล 0 – 2,500 L/hrและศึกษาค่าความดันสุญญากาศที่เปลี่ยนไป โดยใช้ความดันปฐมภูมิในช่วง 1 – 6 bar (ความดันเกจ) ในการสร้างความดันสุญญากาศให้กับห้องอบแห้ง จากรูปที่ 10 พบว่า เมื่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านห้องอบแห้งเพิ่มขึ้น ความดันในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และทำให้ความดันสุญญากาศมีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีค่าลดลงประมาณ 6 – 12 %

ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราการไหลเข้าห้องอบแห้งของอากาศจากภายนอกมีค่ามากกว่าอัตราการเหนี่ยวนำอากาศออกจากอบแห้งโดยเจ็ทปั๊ม จึงทำให้ความดันในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของความดันภายในห้องอบแห้งยังมีค่าความดันอยู่ในช่วงความดันสุญญากาศ

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาตัวแปรของการอบแห้งสุญญากาศที่มีผลต่อสมรรถนะของเจ็ทปั๊มไอน้ำที่ใช้ในการอบแห้งระบบสุญญากาศ ซึ่งตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ความดันปฐมภูมิ ตำแหน่งของหัวฉีด อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านห้องอบแห้ง และอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง สมรรถนะของเจ็ทปั๊มที่ทำการศึกษา คือ อัตราส่วนการเหนี่ยวนำ จากการศึกษา พบว่า เมื่อความดันปฐมภูมิเพิ่มขึ้น ความดันสุญญากาศภายในห้องอบแห้งจะมีค่าลดลง โดยค่าความดันสุญญากาศในห้องอบแห้งมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ -0.80 bar ที่ความดันปฐมภูมิเท่ากับ 5 bar ตำแหน่งหัวฉีด 20 mm

ในการสร้างสุญญากาศ พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป จนความดันในห้องอบแห้งเริ่มเกิดสุญญากาศ จากนั้นความดันสุญญากาศภายในห้องอบแห้งจะมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งความดันสุญญากาศลดลงต่ำที่สุด ที่ความสามารถของเจ็ทปั๊มในแต่ละช่วงความดันปฐมภูมิสามารถทำได้ ความดันสุญญากาศภายในห้องอบแห้งจะอยู่ในสภาวะคงที่โดยที่ความดันปฐมภูมิ 5 bar สามารถสร้างความดันสุญญากาศต่ำที่สุดได้ -0.80 bar โดยใช้เวลาประมาณ 4 นาที

เมื่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 2,500 L/hr ความดันในห้องอบแห้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และทำให้ความดันสุญญากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 6 – 12 % เมื่อเทียบกับการที่ไม่ปล่อยอากาศไหลผ่านห้องอบแห้ง

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Aphornratana, S. "Theoretical Study of a Steam – Ejector Refrigerator" (1996), RERIC International Energy Journal.Vol 18 (1): pp. 61-74, 1996.

[2] สัมพันธ์ ไชยเทพ (2555)."รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การออกแบบและประเมินสมรรถนะระบบอบแห้งสุญญากาศแบบหัวฉีดน้ำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่", 2545.

[3] วรเชษฐ์ แสงสีดา ธนรัฐ ศรีวีระกุล ชญานนท์ แสงมณี และ กุลเชษฐ์ เพียรทอง (2555). การศึกษาสมรรถนะอีเจ็คเตอร์ไอน้ำที่ใช้ในการอบแห้งสุญญากาศ, วิศวกรรมสาร มข., ฉบับที่ 39(3), กรกฎาคม– กันยายน 2555, หน้า 291–299.

[4] Montgomery,S.W., Goldschmidt, V.W.andFranchek, M.A. (1998) "Vacuum Assisted Drying of Hydrophilic Plates: Static Drying Experiment", Journal of Heat Mass Transfer. Vol 415(41): pp. 735-744, 1998.

[5] Kyu Yong Seo, Anyang-Shi. Delta Medical Co. Ltd., Kyonggi–Do (KR). 2002

[6] Keenan, J.H. and E.P. Neumann. "A simple air ejector" (1942), Transactions of the ASME Journal ofApplied Mechanics.Vol 64: pp. 75-81, 1942.

[7] Keenan, J.H., E.P. Neumann and F. Lustwerk. (1950) "An investigation of ejector design by analysis and experiment", Transactions of the ASME Journal of Applied Mechanics.Vol 72: pp. 299-309, 1950.

[8] Sriveerakul, T., S. Aphornratana and K. Chunnanond. (2007) "Performance prediction of steam ejector using computational fluid dynamics: Part 1. Validation of the CFD results", International Journal of Thermal Sciences. Vol 46(8): pp. 812-822, 2007a.

[9] Sriveerakul, T., S. Aphornratana and K. Chunnanond. (2007) "Performance prediction of steam ejector using computational fluid dynamics: Part 2. Flow structure of a steam ejector influenced by operating pressures and geometries", International Journal of Thermal Sciences.Vol 46(8): pp. 823-833, 2007b.

[10] Ejector and jet pump Data item 86030, UK; ESDU International Ltd. 1985.

O-CT03

เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับชุมชน
The Low-cost Solar cooker for community

ไพฑูรย์ เหล่าดี[1*], สุขฤดี สุขใจ[1], อนันต์ พงศ์ธรกุลพานิช[1], ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงษ์[1] และยอดธง เม่นสิน[1]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 E-mail: Paitoon_l@hotmail.com, Paitoonl@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ จานสะท้อนแสงรูปโค้งทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์และสะท้อนรังสีไปรวมที่จุดรวมแสง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60 m และ 0.67 m เส้นรอบวงยาว 1.994 m พื้นที่เท่ากับ 0.316 m^2 มีพื้นที่สะท้อนแสง 0.266 m^2 และระยะโฟกัส 0.40 m ส่วนที่สองคือ ภาชนะ ทำการทดสอบด้วยการต้มน้ำที่มีปริมาตร 600 ml ผลการทดสอบพบว่า ช่วงเวลา 09:30 – 12:00 น. ประสิทธิภาพของจานรูปพาราโบลาเฉลี่ยเท่ากับ 71.79 %ประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 45.49 % ที่ค่ารังสีตรงเฉลี่ย 782.30 W/m^2 อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย 38.81 °C อุณหภูมิพื้นที่ผิวสะท้อนเฉลี่ย 27.86 °C อุณหภูมิพื้นที่ดูดกลืนรังสีเฉลี่ย 113.43 °C และอุณหภูมิของน้ำในภาชนะเฉลี่ย 92.84 °C ช่วงเวลา 13:20 – 15:00 น. ประสิทธิภาพของจานรูปพาราโบลาเฉลี่ยเท่ากับ 66.98 % ประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 51.61 % ที่ค่ารังสีตรงเฉลี่ย 796.28 W/m^2 อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย 37.63 °C อุณหภูมิพื้นที่ผิวสะท้อนเฉลี่ย 27.18 °C อุณหภูมิพื้นที่ดูดกลืนรังสีเฉลี่ย 114.27 °C และอุณหภูมิของน้ำในภาชนะเฉลี่ย 87.94 °C เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์มีข้อดีคือ ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ไม่ต้องใช้แก๊สหุงต้ม ใช้พลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญสามารถช่วยประหยัดค่า แก๊ส LPG ได้ประมาณ 540 บาทต่อเดือน และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 315 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ: เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์; จานรวมแสงรูปโค้งพาราโบลา; ต้นทุนต่ำ

1. ที่มาและความสำคัญ

การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ตามหลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน ประเภทแรกคือ พลังงานไฟฟ้าด้วยการใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ประเภทที่สอง พลังงานความร้อน เทคโนโลยีที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนคือ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และสามารถแยกตามอุณหภูมิของการใช้งานได้อีกคือ ความร้อนอุณหภูมิต่ำ เช่น ตัวรับเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ แบบหลอดแก้วศูนย์ญากาศ เป็นต้น และความร้อนอุณหภูมิสูง เช่น ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบราพาราโบลา แบบจานรวมแสง เป็นต้น จากการศึกษาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย โดยกรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับคณะวิทยาศาสาตร์มหาวิทยาลัยศิลปกร พบว่า การคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 18.47 MJ/m^2-day [1] จากข้อมูลแสดงถึงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปพลังงานความร้อนในประเทศไทยส่วนใหญ่แล้วใช้เพื่อการอบแห้ง เช่น อบพริก อบกล้วย เป็นต้น และการผลิตน้ำร้อน นอกจากนั่นยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ด้วยโดยใช้เทคโนโลยีรางพาราโบลา (Parabolic trough concentrator) จานรวมแสง (Parabolic dish concentrator) เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ใช้หลังการรวมแสงแล้วสะท้อนแสงไปยังจุดโฟกัส บริเวณจุดโฟกัสจะมีอุณหภูมิสูงซึ่งสามารถนำภาชนะไปวางที่ตำแหน่งโฟกัสส่งผลให้ภาชนะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อใส่น้ำหรืออาหารลงไปในภาชนะดังกล่าว จะมีผลทำให้น้ำเดือดและอาหารสุกได้ เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่ทำได้ง่าย วัสดุสามารถหาได้ตามท้องถิ่น ราคาถูก ที่สำคัญไม่ต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลต่อสภาวะเรือนกระจก ช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ช่วยลดรายจ่ายในครัวเรือน และถ้ามีการใช้งานแพร่หลายในประเทศก็จะช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศลงได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รังสีอาทิตย์บนพื้นโลก ดวงอาทิตย์ เป็นดาวฤกษ์ที่ให้พลังงานแก่โลก มีอุณหภูมิที่ผิวประมาณ 5,780 °C ซึ่งปริมาณของพลังงานนี้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เรียกว่า ค่าคงตัวสุริยะ (Solar constant) บนโลก มีค่าคงตัวสุริยะโดยเฉลี่ยที่ 1,370 W/m^2 ทว่าพลังงานที่โลกได้รับมีค่าน้อยลง ด้วยเพราะบรรยากาศโลกได้สกัดกั้นออกไป จนเหลือเพียง 1,000 W/m^2 [7] ผลรวมของค่ารังสีรวม (The total irradiance, I_{tot}) เท่ากับผลบวกของค่ารังสีตรง (The direct or beam radiation, I_b) กับค่ารังสีกระจาย (The diffuse radiation, I_{diff}) ดังสมการที่ (2) [6]

$$I_{tot} = I_b + I_{diff} \qquad (1)$$

2.2 อัตราส่วนความเข้มของการรวมแสง (Concentration ratio) การคำนวณหาอัตราส่วนความเข้มการรวมแสงทางเรขาคณิต C_R หาได้จากสมการ (2), [5]

$$C_R = \frac{A_{ap}}{A_{ab}} \qquad (2)$$

เมื่อ A_{ap} คือ พื้นที่ของจานจานพาราโบลา (Area of aperture, m^2)

A_{ab} คือ พื้นที่ของภาชนะ (Area of pot, m^2)

2.3 ประสิทธิภาพเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยการต้มน้ำ (Water boiling test) หมายถึง อัตราส่วนของค่าความร้อนที่สิ่งหุงต้มได้รับต่อความร้อนที่เกิดจากเชื้อเพลิง แต่ในกรณีของเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์เชื้อเพลิงที่ใช้คือ พลังงานแสงอาทิตย์ การทดลองโดยใช้วิธีต้มน้ำเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่นิยมนำมาใช้สาหรับการทดลองเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกใช้ทดสอบได้กับเตาหุงต้มทุกชนิด สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพได้ตามสมการเชิงความร้อน (3) ดังนี้ [2]

$$\eta = \frac{M_{W,i} C_p (T_b - T_i) + M_{W,evap} H_I}{DIN \times A_a} \qquad (3)$$

เมื่อ $M_{W,i}$ คือ น้ำหนักน้ำก่อนต้ม (kg)

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.22 kJ/kg)

$M_{W,evap}$ คือ น้าหนักน้ำที่ระเหย (kg)

DIN คือ ค่ารังสีตรง (kJ)

T_b คือ อุณหภูมิขณะน้ำเดือด ($^{\circ}$C)

T_i คือ อุณหภูมิน้ำก่อนต้ม ($^{\circ}$C)

H_I คือ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ (มีค่าเท่ากับ 2,265 kJ/kg)

A_a คือ พื้นที่สะท้อนแสงอาทิตย์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A.M.A. Khalifa, M. Akyurt, M.M.A. Taha [3] ออกแบบเครื่องทำอาหารสำหรับครัวเรือ เครื่องแรกมีชื่อว่า Mecca-1 ออกแบบด้วยหลักการท่อความร้อน (heat-pipe) มีจุดรวมแสงด้วยการหมุนติดตามดวงอาทิตย์ในแนวทิศตะวันออก – ทิศตะวันตก เครื่องที่สองมีชื่อว่า Mecca-2 เป็นแบบท่อความร้อนแผ่นเรียบ (flat-plat heat pipe) ท่อความร้อนทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แล้วถ่านโอนความร้อนไปยังห้องครัวและส่งไปยังหม้อที่หุ้มฉนวนบริเวณปลายท่อคอนเดนเซอร์ ผลจากการทดสอบต้มน้ำของทั้งสองเครื่องพบว่า Mecca-2 ที่ติดตั้งกระจก 3 ชั้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพถึง 19 % และสามารถต้มน้ำ 1 ลิตร เดือดในเวลา 27 นาที ที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 900 W/m^2

C.A. Taiwo, W.J. Batty, S.D. Probert [4] ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ Barbecuing reassessed พบว่า เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของกระบวนการนี้มีผลดีต่อคุณภาพของอาหารที่ปรุงสุก โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้รับการพิสูจน์ในประเทศไนจีเรีย

Mohammed S. Al-Soud, Essam Abdallah, Ali Akayleh, Salah Abdallah, Eyad S. Hrayshat [8] ศึกษาเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกนแบบอัตโนมัติ ทดสอบสามวันในปี 2008 ตั้งแต่เวลา 8:30 - 16:30 น. พบว่าอุณหภูมิน้ำข้างในท่อเครื่องทำอาหารมีอุณหภูมิถึง 90 °C ที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุด 36 °C พบว่า น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับพลังงานร้อนจากความเข้มรังสีอาทิตย์ที่เพิ่มสูงขึ้น และเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์กำลังเป็นที่นิยมของประเทศที่กำลังพัฒนาเป็นอย่างมาก สามารถที่จำนำมาใช้อุ่นอาหาร เครื่องดื่ม ฆ่าเชื่อโรคในน้ำหรือนมได้

N.M. Nahar, J.P. Gupta, P. Sharma [9] พัฒนาออกแบบการทดสอบเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่สำหรับอาหารสัตว์ที่ใช้วัสดุที่หาได้ตามท้องถิ่นและมีราคาถูก เช่น แกลบมุกข้าวฟ่าง และอุจจาระม้า ในเชิงพานิชย์วัสดุที่นำมาประดิษฐ์ใช้แผ่นกระจก มุมเหล็กอ่อน แผ่นไม่และแผ่นอลูมิเนียมเครื่องครัว เครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์มีดังกล่าวมีความสามารถที่ต้มอาหารสัตว์ได้ 10 kg ซึ่งเพียงพอสำหรับวัว 5 ตัวต่อวัน ประสิทธิภาพเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 12.8 % ราคาเครื่อง 1,200 รูปี หรือประมาณ 569 – 600 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.45 – 1.36 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงที่ใช้หุงต้ม ระยะเวลาคืนทุนสั้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ รวมทั้งยังสามารถช่วยประหยัดเชื้อเพลิงฟืน เศษมูลวัว และวัสดุทางการเกษตรอื่นๆ อีก

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบและคุณลักษณะเฉพาะดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

Description	Specification
Parabolic Solar Cooker	
Aperture Dimeter, D_{a1} (m)	0.60
Aperture Dimeter, D_{a2} (m)	0.67
Aperture area, A_{ap} (m^2)	0.316
Aperture Reflector area, A_{ar} (m^2)	0.266
Area of pot (m^2)	0.089

Description	Specification
Reflector material	Glass
Number of reflector sheets	166
Focal length (m)	0.40
Concentration ratio	41.79
Receiver diameter (m)	0.089
Receiver area (m^2)	0.0064

3.1 วิธีการทดลอง

3.1.1 ติดตั้งจานรูปโค้งพาราโบลา ดังรูปที่ 1

3.1.2 เตรียมภาชนะพร้อมใส่น้ำปริมาณ 0.6 ลิตร

3.1.3 วางภาชนะที่ใส่น้ำ ณ ตำแหน่งจุดรวมแสง ดังรูปที่ 1

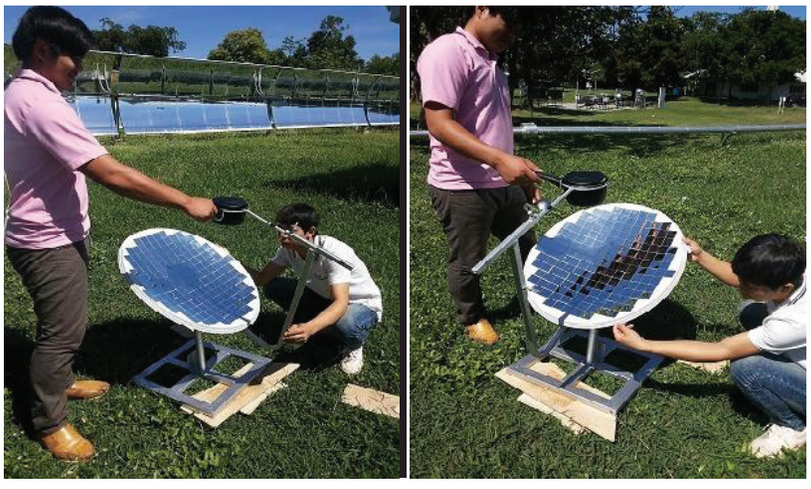
3.1.4 ติดตั้งสายเทอร์โมคับเปิ้ลพร้อมตั้งเครื่องบันทึกข้อมูล

3.1.5 วัดอุณหภูมิของน้ำในภาชนะ อุณหภูมิที่ผิวภาชนะ และอุณหภูมิที่ผิวสะท้อน

3.1.6 บันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที

3.1.7 วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผล

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ทำการทดสอบโดยการต้มน้ำปริมาตร 0.6 ลิตร บันทึกอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น และอุณหภูมิน้ำสุดท้าย น้ำหนักของน้ำที่ระเหย อุณหภูมิของน้ำขณะเดือด อุหภูมิอากาศแวดล้อม และค่ารังสีตรง จากนั่นทดสอบประสิทธิภาพตามขั้นตอนข้างต้นและบันทึกผลพร้อมทั้งวิเคราะห์สรุปผล

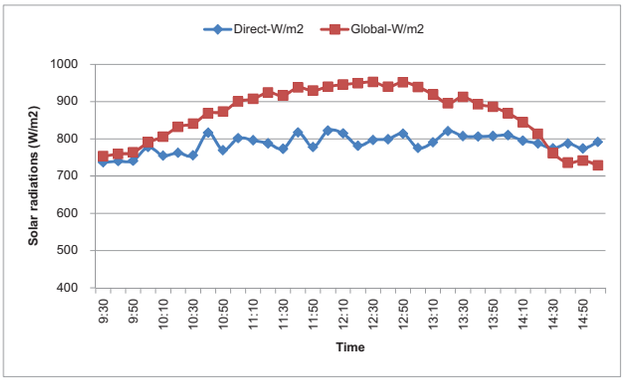


รูปที่ 1 แสดงลักษณะเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ค่ารังสีตรงและรังสีรวมรายวันเฉลี่ย ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

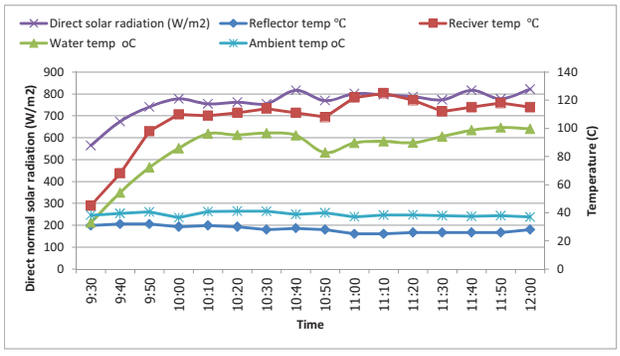
ผลของการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายวันพบว่า ค่ารังสีตรงคิดเป็นพลังงานเท่ากับ 4.33 kWh/m^2-day หรือประมาณ 15.59 MJ/m^2-day และค่ารังสีรวมคิดเป็นพลังงานเท่ากับ 4.78 kWh/m^2-day หรือประมาณ 17.20 MJ/m^2-day แสดงได้ดังรูปที่ 2



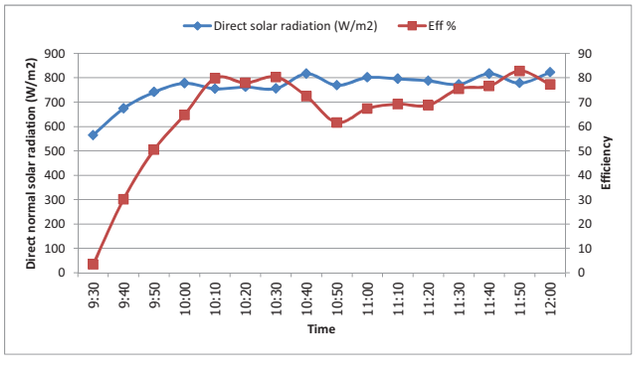
รูปที่ 2 แสดงผลของค่ารังสีตรงและรังสีรวมรายวันเฉลี่ย วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

4.2 ผลของค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำในภาชนะของช่วงเวลา 09:30 – 12:00 น.

ผลจากการทดสอบต้มน้ำ 0.6 kg อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 31 °C เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า รังสีอาทิตย์มีผลโดยตรงต่อการเดือดของน้ำ ความเข้มรังสีอาทิตย์มากส่งผลให้ใช้เวลาน้อยในการเดือนของน้ำปริมาณน้ำหายไป 0.292 kg ที่ค่ารังสีตรง ณ ช่วงเวลาเฉลี่ย 782.30 W/m^2 อุณหภูมิพื้นที่ผิวสะท้อนเฉลี่ย 27.86 °C อุณหภูมิพื้นที่ดูดกลืนรังสีเฉลี่ย 113.43 °C อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย 38.81 °C และอุณหภูมิน้ำในภาชนะเฉลี่ย 92.84 °C (ดังรูปที่ 3) ประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 71.79 % (ดังรูปที่ 4)



รูปที่ 3 แสดงผลของค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ ช่วงเวลา 09:30 – 12:00 น. วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

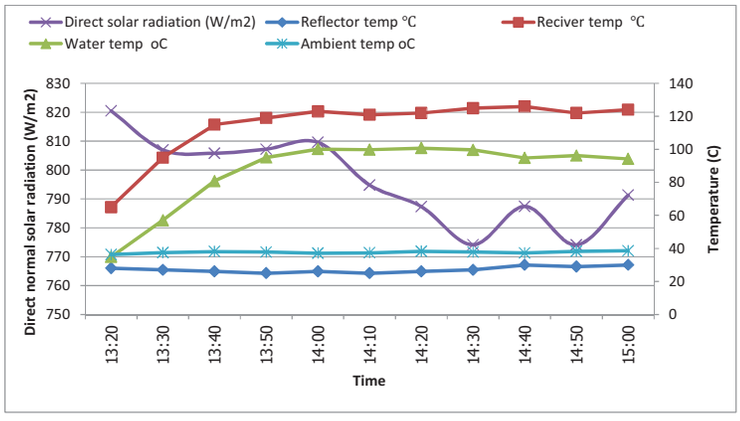


รูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการต้มน้ำ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

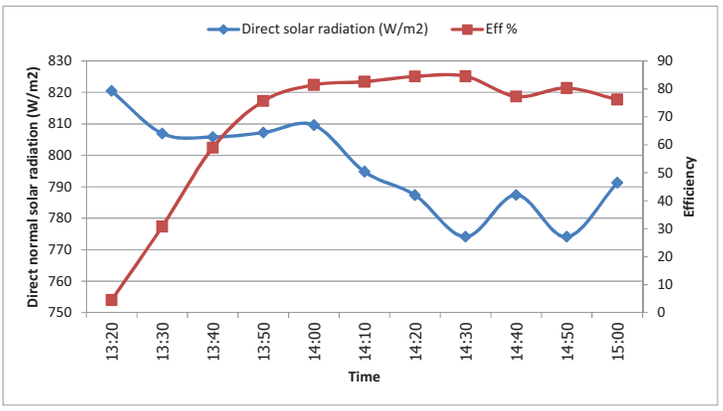
จากรูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการต้มน้ำ ณ ช่วงเวลาต่างๆ สามารถอธิบายความสัมพันธ์อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น 31 °C ณ เวลา 09:30 - 10:10 น. อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 97.65 °C และค่ารังสีตรง 754.80 W/m^2 สามารถต้มน้ำ 0.6 ลิตร เดือดใช้เวลา 40 นาที แสดงให้เห็นว่าค่ารังสีอาทิตย์มีผลโดยตรงต่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำ

4.3 ผลของค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำในภาชนะของช่วงเวลา 13:20 – 15:00 น.

ผลจากการทดสอบต้มน้ำ 0.6 kg อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 31 °C เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า รังสีอาทิตย์มีผลโดยตรงต่อการเดือดของน้ำ ความเข้มรังสีอาทิตย์มากส่งผลให้ใช้เวลาน้อยในการเดือนของน้ำปริมาณน้ำหายไป 0.235 kg ที่ค่ารังสีตรง ณ ช่วงเวลาเฉลี่ย 796.28 W/m^2 อุณหภูมิพื้นที่ผิวสะท้อนเฉลี่ย 27.18 °C อุณหภูมิพื้นที่ดูดกลืนรังสีเฉลี่ย 114.27 °C อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย 37.63 °C และอุณหภูมิน้ำในภาชนะเฉลี่ย 87.94 °C (ดังรูปที่ 5) ประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 66.98 % (ดังรูปที่ 6)



รูปที่ 5 แสดงผลของค่ารังสีรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่ออุณหภูมิน้ำ ช่วงเวลา 13:20 – 15:00 น. วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557



รูปที่ 6 แสดงประสิทธิภาพการต้มน้ำ ช่วงเวลา 13:20 – 15:00 น. วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

จากรูปที่ 6 แสดงประสิทธิภาพการต้มน้ำ ณ ช่วงเวลาต่างๆ สามารถอธิบายความสัมพันธ์อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น 31 $^{\circ}$C ณ เวลา 13:20 - 13:50 น. อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 97.50 $^{\circ}$C และค่ารังสีตรง 807.22 W/m^2 สามารถต้มน้ำ 0.6 ลิตร เดือดใช้เวลา 30 นาที แสดงให้เห็นว่าค่ารังสีอาทิตย์มีผลโดยตรงต่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำ

หากพิจารณาเปรียบเทียบการใช้เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์กับเชื้อเพลิงแก๊ส LPG และเตาไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงสำหรับการประกอบอาหาร

เชื้อเพลิง	กำลังไฟฟ้า/ ขนาด	ชั่วโมงการใช้งาน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
แก๊ส LPG	1 หัว	1	18.0
เตาไฟฟ้า	3,500 W	1	10.5
พลังงานแสงอาทิตย์	1 เครื่อง	1	0

หมายเหตุ * การใช้แก๊ส LPG เป็นเวลา 10 นาที จะสูญเสียก๊าซหุงต้มคิดเป็นเงิน 3.00 บาท

** ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.00 บาท

จากตารางที่ 2 ถ้าครัวประกอบอาหารโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG เป็นเวลา 30 ชั่วโมง/เดือน จะจ่ายเงินค่าแก๊ส เป็นจำนวนเงิน 540 บาทต่อเดือน หากใช้เตาไฟฟ้าประกอบอาหาร เป็นเวลา 30 ชั่วโมง/เดือน จะจ่ายเงินค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนเงิน 315 บาทต่อเดือน และถ้าใช้เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบอาหารก็ไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าเชื้อเพลิงแม้แต่สลึกเดียว สามารถช่วยลดรายจ่ายด้านพลังงานในครัวเรือน หากมีการใช้เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์แพร่หลายในประเทศไทย สามารถลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของประเทศลดลงได้อย่างมาก

5. อภิปรายผล

การทดสอบสมรรถนะทางด้านเทคนิคของเครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยการต้มน้ำปริมาตร 0.6 ลิตร พบว่า ประเด็นที่หนึ่ง เครื่องประกอบอาหารฯ สามารถทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิ 97.58 $^{\circ}$C ภายในเวลา 35 นาที ที่ค่ารังสีตรง 781.22 W/m^2 ประเด็นที่สอง ประสิทธิภาพการต้มน้ำตามสมการที่ (3) มีค่าเท่ากับ 77.75 % ประเด็นที่สาม ค่ารังสีตรงแปรผันตรงกับอุณหภูมิของน้ำในภาชนะ และค่า CR ตามสมการที่ (2) มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบ ยิ่งค่า CR มีค่ามากแสดงถึงพลังงานความร้อนที่ได้รับจะมีค่ามากเนื่องจากสูญเสียความร้อนน้อย ในงานวิจัยนี้ค่า CR เท่ากับ 41.79 แสดงให้เห็นว่ามีระบบมีการสูญเสียความร้อนมาก ถ้าเพิ่มสัดส่วนพื้นที่ของจานจานพาราโบลา A_{ap} มากกว่าพื้นที่ของภาชนะ A_{ab} สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการต้มน้ำได้ดียิ่งขึ้น การออกแบบจานโค้งรูปพาราโบลาจะออกแบบพื้นที่ของจานจานพาราโบลา A_{ap} และพื้นที่ของภาชนะ A_{ab} ให้มีค่า CR สูงสุด แต่ในงานวิจัยนี้ใช้จานดาวเทียมที่มีขายตามท้องตลาดมาประยุกต์ใช้งานพื้นที่รับแสงมีจำกัดตามขนาดของจาน

6. สรุปผล

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยพิจารณาประสิทธิภาพออกเป็นสองส่วนคือ ประสิทธิภาพของจานสะท้อนแสงที่รับรังสีอาทิตย์และถ่ายเทความร้อนให้กับภาชนะ และประสิทธิภาพรวมของจานสะท้อนแสงรวมกับความสามารถในการต้มน้ำเดือด สามารถสรุปได้ดังนี้

ทดสอบครั้งที่ 1 ช่วงเวลา 09:30 – 12:00 น. อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น 31 $^{\circ}$C ณ เมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 97.65 $^{\circ}$C และค่ารังสีตรง 754.80 W/m^2 ประสิทธิภาพของจานรูปพาราโบลาเฉลี่ยเท่ากับ 71.79% และประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 45.49 %

ทดสอบครั้งที่ 2 ช่วงเวลา 13:20 – 15:00 น. อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น 31 $^{\circ}$C ณ เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 97.50 $^{\circ}$C และค่ารังสีตรง 807.22 W/m^2 ประสิทธิภาพของจานรูปพาราโบลาเฉลี่ยเท่ากับ 66.98 % และประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 51.61 % ค่ารังสีตรงมีผล

ต่อประสิทธิภาพของโดยตรงต่อการทำงานของระบบ พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ของจานโค้งรูปพาราโบลามีผลต่อพลังงานความร้อนที่ผลิตได้ถ้าพื้นที่รับแสงมากความร้อนที่ผลิตได้ก็จะมาก ซึ่งจะมีสัดส่วนโดยตรงกับค่า CR (Concentrator ratio) ค่า CR = 41.79

เครื่องประกอบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำจากจานโค้งรูปพาราโบลามีความเหมาะสมนำไปใช้เพื่อประกอบอาหาร ราคาลงทุนต่ำประมาณ 1,500 บาท ที่สำคัญไม่ต้องเสียค่าเชื้อเพลิง เช่น ไฟฟ้า แก๊ส LPG สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน

7. กิติกรรมประกาศ

ขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดต่างๆ รวมทั้งสถานที่ใช้สำหรับทำการทดลอง ขอบคุณนายพงษ์ศกดิ์ ลองจำนงค์ และนายธนพงษ์ สายคำ นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ช่วยทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องประกอบอาหารพร้อมทั้งการบันทึกผลข้อมูล และขอขอบคุณนายเกดิษฐ์ กว้างตระกูล พร้อมด้วยว่าที่ร้อยตรีธานี โกสุม ที่ช่วยทำโครงสร้างฐานสำหรับตั้งรับจานรูปโค้งพาราโบลา และขอขอบคุณนายวิกานต์ วันสูงเนิน เจ้าหน้าที่วิจัยที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารและความเรียบร้อย

8. บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนที่พลังงานแสงอาทิตย์, ออนไลน์ : http://www.dede.go.th/

[2] มนตรี ใจเยี่ยม, วิกานต์ วันสูงเนิน, พิสิษฏ์ มณีโชติ. การพัฒนาห้องเผาไหม้เตาแก๊สชุมชนโดยใช้อิฐทนไฟกรุห้องเผา.การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 18 - 20 ธันวาคม 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

[3] A.M.A. Khalifa, M. Akyurt, M.M.A. Taha. Cookers for solar homes, *Applied Energy*, *Volume 24, Issue 2*, *1986*, *Pages 77-89*.

[4] C.A. Taiwo, W.J. Batty, S.D. Probert. Improving cooking efficiencies: Barbecuing reassessed, *Applied Energy*, *Volume 29, Issue 4*, *1988*, *Pages 263-297*.

[5] C.J. Winter,R.L.Sizmann,L.L.Vant – Hull, “Solar Power Plants fundamental, technology, Systems, Economics. Springer – Verlag Berlin, Heidelberg, 1991, pp.250-253.

[6] Maria Brogron, Optical efficiency of Low-concentrating solar energy system with Parabolic Reflectors. ACTA Universitatis Upsaliensis Uppsala 2004.

[7] Mohammed S. Al-Soud, Essam Abdallah, Ali Akayleh, Salah Abdallah, Eyad S. Hrayshat. A parabolic solar cooker with automatic two axes sun tracking system, Applied Energy, Volume 87, Issue 2, February 2010, Pages 463-470.

[8] N.M. Nahar, J.P. Gupta, P. Sharma. Design, development and testing of a large-size solar cooker for animal feed, *Applied Energy*, *Volume 48, Issue 4*, *1994*, *Pages 295-304.*

O-CT04

หวดนึ่งข้าวเหนียวรูปแบบใหม่ แบบประหยัดพลังงาน
A New Design of Huad-Sticky Rice Cooker for Energy Saving

ธิดารัตน์ สะแพงน้อย[1], ปวีณา สุวอเขียว[1] และสุรจิตร์ พระเมือง[2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000
E-mail da-330@hotmail.com, paweena_may32@hotmail.com, surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

หวดนึ่งข้าวเหนียวเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีลักษณะก้นแคบปลายกว้าง การถ่ายเทความร้อนจากก้นหวดสู่ปลาย จะเป็นลักษณะพุ่งออก ในการวิจัยครั้งนี้จะออกแบบหวดรูปทรงใหม่ที่มีลักษณะก้นกว้างปากแคบเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเป็นลักษณะลู่เข้า โดยสานหวด 3 ขนาดที่มีความสูงเท่ากัน 26 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฐานหวด 24 เซนติเมตรเท่ากัน แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยอดหวดเป็น 9.6 12 และ 16 เซนติเมตร ตามลำดับ เปรียบเทียบอุณหภูมิในการนึ่งข้าวกับหวดรูปแบบเดิมที่มีความสูง 23 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฐานหวด11.5 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางยอดหวด 22 เซนติเมตร สานหวดด้วยไม้ไผ่ขนาดเท่ากันและเป็นลายน้ำหนึ่งเหมือนกัน นำไปทดลองนึ่งข้าวเหนียวมวล 1 กิโลกรัม เปรียบเทียบระยะเวลาที่ข้าวเหนียวสุก อุณหภูมิ และลักษณะของข้าวเหนียวสุก พบว่า ระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียว 1 กิโลกรัม ของหวดรูปแบบใหม่ 3 ขนาด ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ใช้เวลา 23.50 29.00 และ 35.00 นาที ตามลำดับ เปรียบเทียบกับหวดดั้งเดิมใช้เวลา 37.50 นาที หวดรูปแบบใหม่มีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่า ความร้อนส่งผ่านจากด้านล่างขึ้นสู่ข้าบนได้เร็วกว่า และอุณหภูมิของไอน้ำที่บริเวณผิวข้าวด้านบนมีค่าสูงกว่าทำให้ประหยัดพลังงานได้คิดเป็นร้อยละ 36.6 ได้ข้าวเหนียวสุกที่สม่ำเสมอทั้งหวดไม่แฉะด้านล่างเหมือนหวดดั้งเดิม

คำสำคัญ หวดนึ่งข้าวเหนียว ประหยัดพลังงาน

1.ที่มาและความสำคัญ

วิถีชีวิตประชาชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือที่นิยมทานข้าวเหนียว จะใช้หวดเครื่องจักสานไม้ไผ่ ที่เป็นภูมิปัญญามาตั้งแต่อดีตสำหรับนึ่งข้าวเหนียว โดยมีรูปลักษณ์ที่ปากกว้าง ก้นแคบ และมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยยังไม่ได้มีการพัฒนารูปแบบหวดแต่อย่างใด ผู้ทำการวิจัยจึงสนใจคิดนำอุปกรณ์นึ่งข้าวเหนียวที่สามารถรับรองความต้องการของผู้ใช้ คือการทำให้ข้าวสุกเร็วขึ้น และประหยัดพลังงานในการนึ่งข้าวเหนียว โดยการพัฒนารูปทรงของหวดนึ่งข้าวแบบดั้งเดิมที่สานจากไม้ไผ่ซึ่งเครื่องจักสานไม้ไผ่ ออกแบบลักษณะของหวดให้มีการถ่ายเทความร้อนจากด้านล่างสู่ด้านบนโดยให้ความร้อนลู่เข้า ตามหลักของเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งคาดว่าจะช่วยลดเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวลงได้ และลดความยุ่งยากในการนึ่งที่ต้องคอยกลับข้างข้าวนึ่ง รวมถึงลดปัญหาข้างเหนียวด้านล่างแฉะเกินไปได้ จากการพาความร้อนด้วยไอน้ำ แผ่ความร้อนได้อย่างทั่วถึงทุกบริเวณในหวดอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ข้าวสุกเร็วและลดขั้นตอนการกลับข้าวได้ อีกทั้งทำให้ประหยัดพลังงานได้ซึ่งเป็นการพัฒนาหวดไม้ไผ่แบบเดิมที่เคยใช้ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ลักษณะทางกายภาพของหวด เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสุกของข้าว โดยอรทัย สิมพงษ์ [1] พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง มวล อุณหภูมิในการนึ่งข้าวเหนียว ความจุความร้อนจำเพาะของข้าวเหนียว ค่าพลังงานความร้อนของข้าวเหนียว และร้อยละของการสูญเสียความชื้นของข้าวเหนียว แปรผันตามขนาดของหวด ซึ่งหวดขนาดกลางใช้เวลาและพลังงานในการนึ่งข้าวน้อยที่สุด มีการสูญเสียความชื้นปานกลาง ในขณะที่ประสาร ไชยณรงค์ [2] และจิระศักดิ์ หวังยศ [3] ได้ศึกษาการถ่ายเทความร้อนของกระติบข้าวเหนียวไทยอิสาน ที่จะช่วยรักษาความร้อนของข้าวและการถ่ายเทความชื้นของข้าวในกระติบ พบว่าการถ่ายเทความร้อนและความชื้นเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งหมายถึง ความร้อนและความชื้นจะลดลงอย่างสม่ำเสมอตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการนึ่งข้าวเหนียวที่สุกพอดี จะช่วยรักษาคุณภาพของข้าวเหนียวให้น่ารับประทาน พร้อมๆกับการประหยัดพลังงาน จะเป็นสิ่งที่จะนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ต่อไป

2. การถ่ายเทความร้อนในหวดนึ่งข้าวเหนียว

การถ่ายเทความร้อน สามารถถ่ายเทได้ 3 วิธีคือ การนำความร้อนการพาความร้อนและการแผ่รังสี สำหรับการนึ่งข้าวเหนียว จะเกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนและการถ่ายเทมวลสารขึ้นพร้อมๆกัน ซึ่งเป็นการพาความร้อน จากไอน้ำเดือด ที่เกิดความดันไอจากหม้อนึ่งขึ้นไปยังหวด [4]

การนึ่ง เป็นวิธีการทำอาหารให้สุกด้วยการใช้ความร้อนจากไอน้ำร้อน ที่ได้จากการต้มน้ำเดือด ที่ความดันบรรยากาศปกติ อากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ จะมีอุณหภูมิอยู่ ระหว่าง 100 -105 องศาเซลเซียส โดยความร้อนจากไอน้ำจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหาร ด้วยการพาความร้อน และเข้าสู่ภายในชิ้นอาหารด้วยการนำความร้อน

อุปกรณ์สำหรับการนึ่งข้าวเหนียว มีประกอบสำคัญคือหม้อนึ่ง และหวด ที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว แหล่งความร้อนที่ให้กับหม้อนึ่งส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงที่จุดในเตาอั้งโล่ เมื่อน้ำในหม้อนึ่งเกิดการเดือด ความดันไอ จะทำให้ไอน้ำสามารถทะลุผ่านข้าวเหนียวขึ้นไป พร้อมกับการถ่ายเทความร้อนให้กับเมล็ดข้าว จนทำให้เกิดการสุก เนื่องจากความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลแป้งในเมล็ดข้าว ลักษณะของหวดแบบดั้งเดิมจะเป็นก้นเล็ก ปากกว้าง เป็นรูปกรวย ไอน้ำที่ทะลุผ่านข้าวขึ้นมาจะมีลักษณะบานออก (diverge) ฟลักซ์ของความร้อนด้านล่างหรือบริเวณก้นหวด จึงมีค่ามากกว่าบริเวณปากหวด ข้าวบริเวณก้นหวดจึงสุกก่อน เป็นอุปสรรคสำคัญไม่ให้ไอน้ำทะลุขึ้นมาข้างบนได้ง่ายๆ และทำให้ข้าวบริเวณก้นหวดได้รับไอน้ำเดือดมากจนแฉะ จึงจำเป็นให้ต้องกลับข้าวจากข้างล่างขึ้นข้างบน ฟลักซ์ความร้อนบริเวณปากหวดที่น้อยกว่ามาก ส่งผลให้ข้าวสุกช้า จึงเกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้น

3. การออกแบบและการทดลอง

แนวคิดในการออกแบบหวด อาศัยหลักการพาความร้อนให้เป็นแบบลู่เข้า (converge) จากก้นหวดสู่ปลายหวด เพื่อให้ฟลักซ์ความร้อนบริเวณปลายหวดมากกว่าบริเวณก้นหวด โดยยังคงใช้วัสดุ รูปแบบการจักสาน และความสูงของหวด เกือบเท่าๆกับหวดแบบดั้งเดิม โดยได้สานหวด 3 ขนาด ๆ ละ 3 อัน ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางก้นหวดเป็น 22 เซนติเมตร สูง 26 เซนติเมตร ปากหวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน ได้แก่ 9.6 12 และ 16 เซนติเมตร รูปแบบการสานเป็นลายขัด หรือลายหนึ่ง เหมือนกับรูปแบบการสานหวดทั่วไป (รูปที่ 1 :ก) เปรียบเทียบกับหวดแบบดั้งเดิมที่มีความสูงเท่า ๆ กัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางก้นหวด 11.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางปากหวด 22 เซนติเมตร

การทดลอง จะนึ่งข้าวเหนียว 1กิโลกรัม ที่แช่ตามกรรมวิธีดั้งเดิม ใช้น้ำสำหรับนึ่ง 1 ลิตรเท่ากัน ให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าที่ทราบกำลังไฟฟ้า จับเวลาในการนึ่งเพื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ วัดอุณหภูมิด้านบนหวด ด้านข้างหวด และด้านล่างหวด (ก้นหวด) ด้วย digital thermometer ใช้สังเกตและการชิม สำหรับการสุกและคุณลักษณะของข้าวสุก (รูปที่ 1 ข) ในการทดลองจะทดลอง 3 ครั้งแล้วนำหาค่าเฉลี่ยของหวดขนาดเดียวกัน



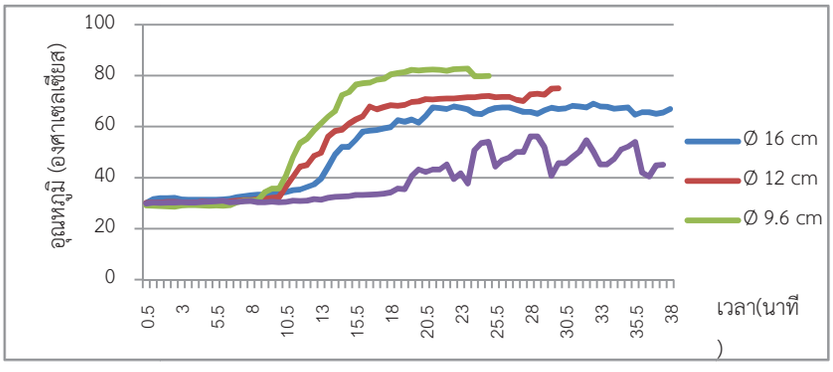
รูปที่ 1 (ก) ลักษณะของหวดที่ออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปากหวด 16 เซนติเมตร (ข) การทดลอง

4. ผลการทดลอง

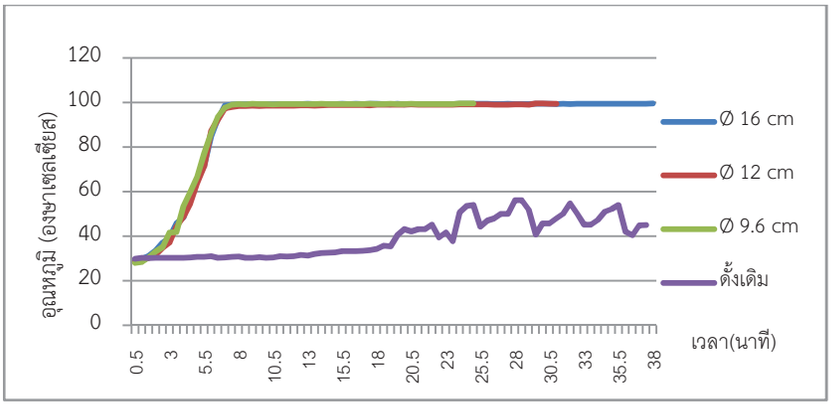
น้ำหนักข้าวก่อนแช่น้า 1 กิโลกรัม น้ำหนักข้าวหลังแช่ 1.5 กิโลกรัม และน้ำหนักข้าวสุก 1.5 กิโลกรัม ระยะเวลาที่ข้าวสุก ของหวดแต่ละขนาดแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 และอุณหภูมิที่วัดด้านบน ด้านข้าง และก้นหวด แสดงในรูปที่ 2 – 4 และเมื่อคำนวณพลังงานที่ใช้ในการนึ่งจากระยะเวลาของการนึ่งข้าว จะได้ค่าพลังงานดังรูปที่ 5

ตารางที่ 1 ระยะเวลาของการนึ่งข้าวจนสุก

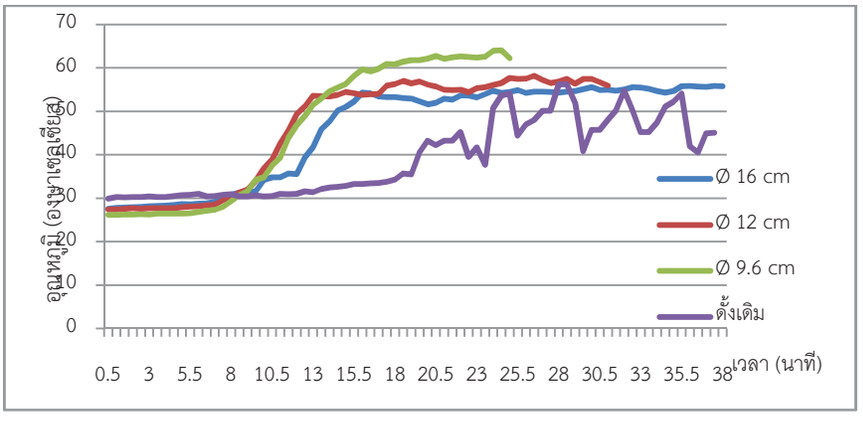
ชนิด/ขนาดของหวด	เวลาที่ข้าวสุก (นาที)
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปลายหวด 9.6 เซนติเมตร	23.5
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปลายหวด 12 เซนติเมตร	29.0
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปลายหวด 16 เซนติเมตร	35.0
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปลายหวด 11.5 เซนติเมตร (ดั้งเดิม)	37.5



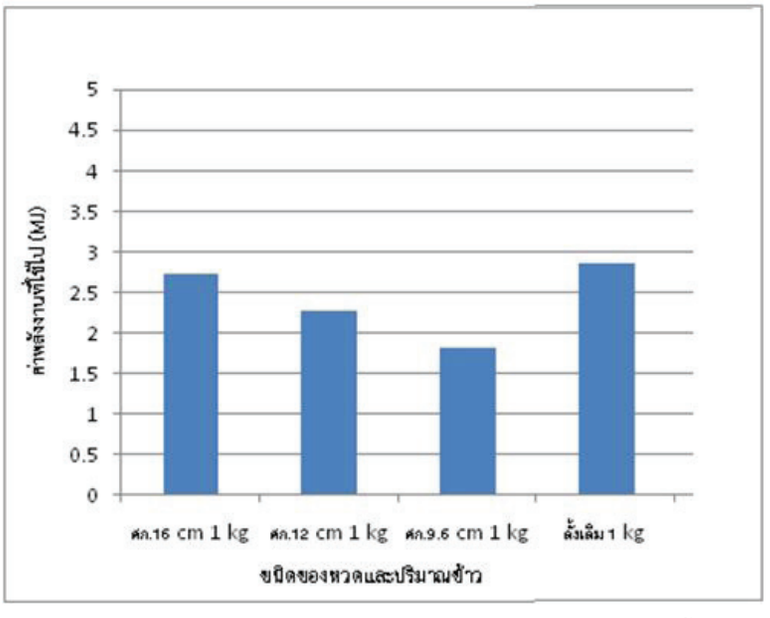
รูปที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยของไอน้ำบริเวณปากหวดของหวด 3 ขนาดเทียบกับหวดดั้งเดิม



รูปที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยของก้นหวดบริเวณปากหม้อนึ่งของหวด 3 ขนาดเทียบกับหวดดั้งเดิม



รูปที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ยด้านข้างหวดของหวด 3 ขนาดเทียบกับหวดดั้งเดิม



รูปที่ 5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อนึ่งข้าว 1 ด้วยหวด 3 ขนาดเทียบกับหวดดั้งเดิม

5. สรุปผลการวิจัย

หวดนึ่งข้าวเหนียวที่ออกแบบให้มีลักษณะทางกายภาพเป็นด้านล่างกว้าง ด้านบนแคบ เทียบกับหวดแบบดั้งเดิมที่เป็นก้นแคบและปากกว้าง จะพบว่าหวดแบบใหม่จะใช้เวลาในการนั่งข้าวเหนียวสั้นกว่าแบบดั้งเดิม โดยขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยที่สุด ส่งผลให้หวดแบบใหม่ประหยัดพลังงานได้ดีกว่าหวดดั้งเดิมเฉลี่ยร้อยละ 36.6 และคุณภาพของข้าวนึ่งสุกแฉะน้อยกว่าการใช้หวดแบบดั้งเดิม รวมทั้งไม่จำเป็นต้องกลับข้าวในขณะที่นึ่ง การถ่ายเทความร้อนจากก้นหวดไปปลายหวดของหวดแบบใหม่ จะดีกว่า โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิด้านบนและก้นหวดจะสูงขึ้นเร็วกว่าแบบดั้งเดิม จึง

ส่งผลให้ความร้อนถ่ายเทได้ดีกว่า ในขณะที่การสูญเสียความร้อนออกไปด้านข้างหวดแบบใหม่ จะสูงกว่าแบบดั้งเดิมเล็กน้อย ซึ่งเมื่อมีการปรับปรุงรูปแบบและความหนาของหวดจะทำให้การสูญเสียความร้อนด้านข้างน้อยลงไปได้

6.บรรณานุกรม

[1] อรทัย สิมพงษ์. **กายภาพของ “หวด” ที่มีผลต่อการสุกของข้าวเหนียว**. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, พ.ศ. 2551

[2] ประสาร ไชยณรงค์. **รายงานการวิจัย การศึกษาการสืบสานภูมิปัญญา “กระติบข้าว” ไทย อีสานเชิงฟิสิกส์.** อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. พ.ศ. 2531.

[3] จีระศักดิ์ หวังยศ. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระติบข้าว.** อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. พ.ศ.2555.

[4] ธนายุทธ ถอนโพธิ์ และ วีระศักดิ์ บุญสู่. **การอบแห้งข้าวเหนียวนึ่งสึกด้วยลมร้อนและไอน้ำยวดยิ่ง**. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2548.

O-CT05

ผลของดีกรีร้อนยวดยิ่งที่มีต่อประสิทธิภาพวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ชนิดซีโอโทรปิก
Effect of Degree of Superheat on Zeotropic Organic Rankine CycleEfficiency

ธรณิศวร์ ดีทายาท[1*],ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[2] จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล[3]

[1]สาขาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก
E-mail: thoranisdee@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของดีกรีร้อนยวดยิ่งในเครื่องระเหยของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพของวัฏจักร สารทำงานที่ใช้เป็นสาร R245fa/R152a ซึ่งเป็นสารซีโอโทรปิก โดยผสมที่สัดส่วนต่างๆและเปรียบเทียบผลกับวัฏจักรที่ใช้ R245fa อย่างเดียว น้ำร้อนอุณหภูมิ 120°C จะเป็นแหล่งความร้อนของวัฏจักร โดยอุณหภูมิเครื่องระเหยของวัฏจักร100°C และดีกรีร้อนยวดยิ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5-10°C

จากการศึกษาพบว่าอัตราการไหลของสารทำงานในระบบมีค่าลดลง เมื่อสารทำงานอยู่ในสภาวะไอร้อนยวดยิ่ง โดยจะส่งผลให้ขนาดของระบบ ORC มีขนาดเล็กลงด้วย

สำหรับสารเดี่ยว R245fa สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่งก่อนเข้ากังหัน ให้ประสิทธิภาพของวัฏจักรไม่แตกต่างจากกรณีสภาวะไออิ่มตัว แต่สำหรับสารซีโอโทรปิกพบว่า เมื่อดีกรีร้อนยวดยิ่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของวัฏจักรจะเพิ่มขึ้นด้วยทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มดีกรีร้อนยวดยิ่งของสารผสมจะช่วยลดค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้ ในขณะที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนและสารทำงานในเครื่องระเหย

และพบว่าเมื่อสัดส่วน R152a เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่สัดส่วนของ R152a ไม่ควรเกิน30% เนื่องจากเป็นสารที่ติดไฟง่ายและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) ค่อนข้างสูง

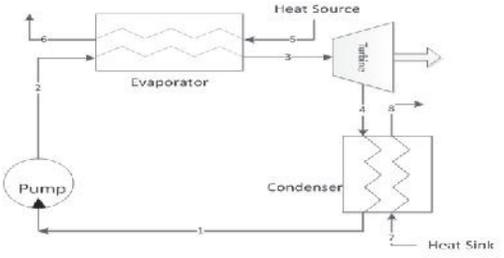
คำสำคัญ: วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์,สารทำงานซีโอโทรปิก, ดีกรีร้อนยวดยิ่ง

1. บทนำ

การผลิตไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรไอน้ำยังเป็นวิธีหลักวิธีหนึ่งในปัจจุบัน โดยแหล่งความร้อนส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางอากาศ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) มีเทน (CH4) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NOx) และการเกิดสภาวะโลกร้อน การทำลายชั้นโอโซนและฝนกรด ในระหว่างปี ค.ศ.2008-2011 [1] พบว่าการใช้พลังงานด้านไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด ซึ่งก๊าซดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักของปรากฏการณ์เรือนกระจก

จากเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย ภายในปี ค.ศ.2021 [2] มีการส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนโดยมีสัดส่วนเป็น 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมด รัฐบาลส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์, พลังน้ำและชีวมวลค่อนข้างสูง อีกทั้งยังมุ่งเน้นผลิตไฟฟ้าระดับหมู่บ้านให้แก่ราษฎรที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ โดยสนับสนุนการก่อสร้างโครงการไฟฟ้าระดับชุมชน โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือชุมชนเจ้าของพื้นที่มีส่วนร่วมเป็นเจ้าของโครงการ สามารถบริหารงานและบำรุงรักษาเองได้ในอนาคต

วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (Organic Rankine Cycle) ดังรูปที่ 1 เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก เนื่องจากวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ มีระบบโครงสร้างเหมือนวัฏจักรแรงคิน (Rankine Cycle) โดยมีลักษณะโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและบำรุงรักษาง่าย มีการใช้สารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำเป็นสารทำงาน ซึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัวหรือไอร้อนยวดยิ่งเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิไม่สูงมากทำให้สามารถใช้แหล่งความร้อนได้หลายชนิด เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากชีวมวล รวมถึงความร้อนทิ้งจากอุตสาหกรรมอีกด้วย [3-5]

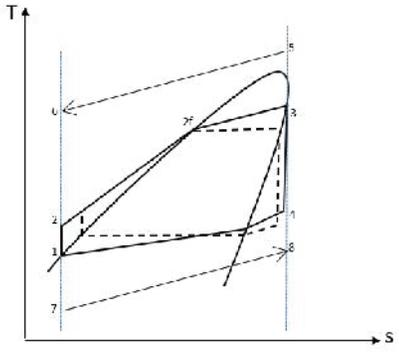


รูปที่ 1 วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์

ประสิทธิภาพโดยรวมของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์โดยทั่วไปนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแหล่งความร้อนและอุณหภูมิแหล่งระบายความร้อน สมรรถนะของอุปกรณ์ในวัฏจักรและสมบัติของสารทำงาน ซึ่งวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์จะใช้สารทำงานที่เป็นสารเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ แต่ปัญหาที่พบคือ กระบวนการการระเหยและการควบแน่นที่เกิดขึ้นในวัฏจักรจะดำเนินตามอุณหภูมิคงที่ ทำให้เส้นอุณหภูมิที่แลกเปลี่ยนกันระหว่างแหล่งความร้อน

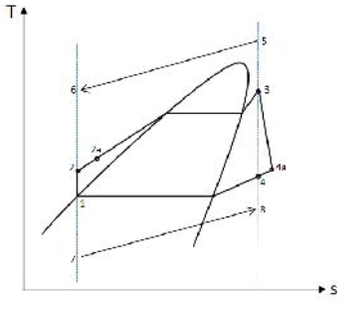
และเครื่องทำระเหย หรือแหล่งระบายความร้อนและเครื่องควบแน่นนั้น มีค่าแตกต่างกันก่อให้เกิดค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้ที่เครื่องทำระเหย และเครื่องควบแน่นขณะที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูง ทำให้ศักยภาพในการผลิตงานมีค่าลดลง

วิธีการหนึ่งซึ่งจะช่วยลดค่าภาพย้อนกลับไม่ได้คือการใช้สารทำงานผสมแบบซีโอโทรปิคโดยสารอินทรีย์ผสม ในช่วงที่มีการเปลี่ยนเฟส จะมีอุณหภูมิไม่คงที่โดยมีการเลื่อนตัวของอุณหภูมิ ทำให้ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของสารทำงานผสมและอุณหภูมิของแหล่งความร้อนและแหล่งระบายความร้อนที่แลกเปลี่ยนกันในเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นใกล้เคียงกันมากขึ้น ลดการเกิดค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้ในอุปกรณ์ ทำให้ประสิทธิภาพรวมของวัฏจักรเพิ่มขึ้น เทียบกับการใช้สารเดี่ยวดังรูปที่ 2Chys et al., 2012 [6] ได้ศึกษาผลการใช้สารผสมเฮกเซน/เพนเทนเปรียบเทียบกับสารเดี่ยวเพนเทนในวัฏจักร ORC พบว่าผลของการใช้สารผสม จะช่วยลดค่าย้อนกลับไม่ได้ขณะที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกันในเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่น ทำให้ได้งานสุทธิเพิ่มขึ้นเทียบกับการใช้สารเดี่ยว

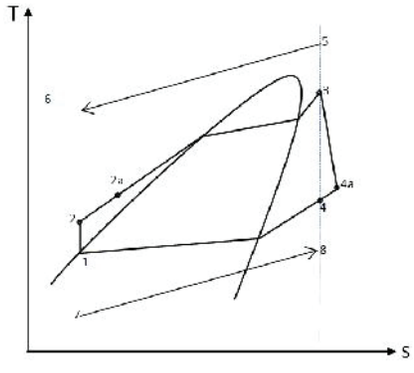


รูปที่ 2 แผนภาพอุณหภูมิ-เอนโทรปีที่สภาวะต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างของไหลที่เป็นสารเดี่ยว (เส้นประ) และของไหลที่เป็นสารผสม (เส้นทึบ)

การเพิ่มประสิทธิภาพวัฏจักรอีกวิธีหนึ่งคือการเพิ่มอุณหภูมิของสารทำงานที่ได้รับความร้อนภายในเครื่องระเหย ทำให้สารทำงานเปลี่ยนสถานะเป็นไอร้อนยวดยิ่งที่มีอุณหภูมิสูงมากขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มความดันภายในเครื่องระเหยส่งผลให้งานสุทธิเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 3 Magoet al.(2008) [7] ทำการศึกษาเปรียบเทียบวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ระหว่างสภาวะสารทำงานก่อนเข้าเทอร์เป็นไออิ่มตัวและไอร้อนยวดยิ่งโดยใช้สารทำงานแบบสารเดี่ยวที่เป็นของไหลแห้งพบว่าเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิสารทำงานก่อนเข้าเทอร์ไบน์ จนอุณหภูมิกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่ง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบค่อนข้างคงที่ หรือค่อยๆต่ำลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิทางเข้าเทอร์ไบน์



รูปที่ 3 แผนภาพอุณหภูมิ-เอนโทรปี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ เมื่อสารทำงานที่เป็นสารเดี่ยวอยู่ในสถานะไอร้อนยวดยิ่ง



รูปที่ 4 แผนภาพอุณหภูมิ-เอนโทรปี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ เมื่อสารทำงานที่เป็นสารผสมซีโอโทรปิคอยู่ในสถานะไอร้อนยวดยิ่ง

ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของดีกรีร้อนยวดยิ่งในเครื่องระเหยของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพของวัฏจักร สารทำงานที่ใช้เป็นสาร R245fa/R152a ซึ่งเป็นสารซีโอโทรปิก โดยผสมที่สัดส่วนต่างๆและเปรียบเทียบผลกับวัฏจักรที่ใช้ R245fa อย่างเดียว น้ำร้อนอุณหภูมิ 120°C จะเป็นแหล่งความร้อนของวัฏจักร โดยอุณหภูมิเครื่องระเหยของวัฏจักร100°C และดีกรีร้อนยวดยิ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5-10°C

2. ทฤษฎี

2.1 วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ มีระบบโครงสร้างเหมือนวัฏจักรแรงคิน (Rankine Cycle) แต่มีลักษณะโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ใช้สารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำเป็นของไหลทำงาน ซึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัวหรือไอร้อนยวดยิ่งเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำเช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากชีวมวล วัฏจักรพื้นฐานประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ตัว คือ ปั๊ม เครื่องระเหย (Evaporator) เทอร์ไบน์(Turbine) และเครื่องควบแน่น (Condenser) ดังรูปที่ 1 และแบบจำลองของอุปกรณ์ต่างๆ จะพิจารณาจากสมการเทอร์โมไดนามิกส์ดังต่อไปนี้

ปั๊ม:

$$\dot{W}_p = \frac{\dot{m}_R v_1 (P_2 - P_1)}{\eta_P} \quad (1)$$

$$\dot{W}_p = \dot{m}_R (h_{2a} - h_1). \quad (2)$$

เครื่องระเหย:

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_R (h_3 - h_{2a}). \quad (3)$$

เทอร์ไบน์:

$$\dot{W}_T = \dot{m}_R (h_3 - h_4)\eta_T. \quad (4)$$

เครื่องควบแน่น:

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_R (h_{4a} - h_1). \quad (5)$$

ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 1:

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_T - \dot{W}_P}{\dot{Q}_E}. \quad (6)$$

ค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้:

เครื่องระเหย:

$$I = \dot{m}_w[(h_5 - h_{6a}) - T_0(s_5 - s_{6a})] \dot{m}_R[(h_3 - h_{2a}) - T_0(s_3 - s_{2a})]. \quad (7)$$

เครื่องควบแน่น:

$$I = \dot{m}_R[(h_{4a} - h_1) - T_0(s_{4a} - s_1)] \dot{m}_w[(h_8 - h_7) - T_0(s_8 - s_7)]. \quad (8)$$

ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 2:

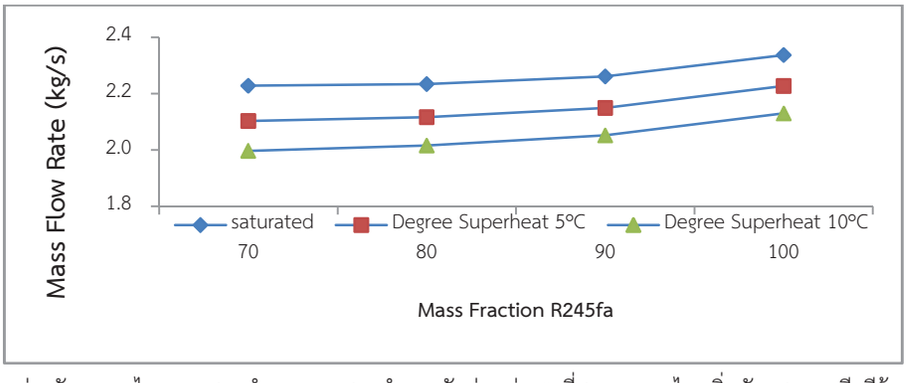
$$\eta_{II} = \frac{\dot{m}_R[(h_3-h_4)-(h_2-h_1)]}{\dot{m}_{WI}[(h_5-h_{6a})-T_0(s_5-s_{6a})]}. \quad (9)$$

เงื่อนไขของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ และขอบเขตสำหรับการประมวลผล มีดังนี้

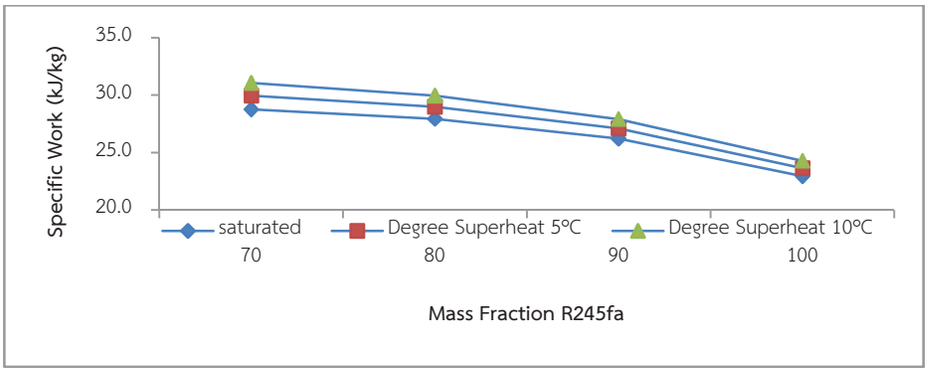
1. อุณหภูมิเครื่องระเหย100°C
2. อุณหภูมิเครื่องควบแน่นเท่ากับ 40°C
3. อุณหภูมิแหล่งน้ำร้อนเท่ากับ 120°C อัตราการไหล 5 kg/s
4. ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของเทอร์ไบน์เท่ากับ 0.8
5. ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกของปั๊มเท่ากับ0.85
6. สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม REFPROP [8].
7. อุณหภูมิพินช์(ΔTPP) ระหว่างการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นคือ 5°C and 3°C ตามลำดับ
8. อัตราส่วนผสมของ R245fa/R152a คือ 90/10, 80/20และ 70/30โดยมวล

3. ผลการศึกษา

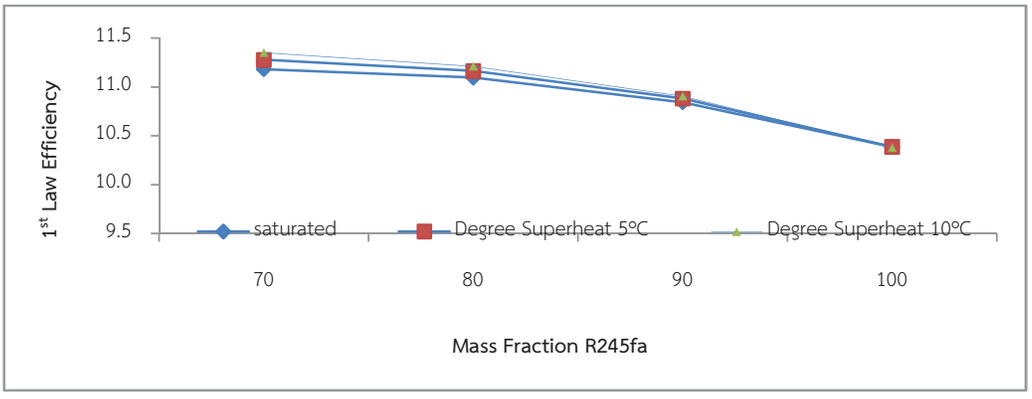
จากรูปที่ 5, 6และ 7เมื่อทำการประมวลผล พบว่าอัตราการไหลของสารทำงานในระบบระหว่าง R245fa และ R245fa/R152a ที่สัดส่วนต่างๆ โดยเปรียบเทียบที่สภาวะของไหลอิ่มตัว, สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C ก่อนเข้ากังหัน พบว่าอัตราการไหลของสารทำงานในระบบมีค่าลดลง เมื่อสารทำงานอยู่ในสภาวะไอร้อนยวดยิ่ง และดีกรีร้อนยวดยิ่งเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสารทำงานที่สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C เข้าใกล้อุณหภูมิแหล่งความร้อนมากขึ้นโดยเมื่ออัตราการไหลของสารทำงานมีปริมาณลดลงจะส่งผลให้ขนาดของระบบ ORC มีขนาดเล็กลงด้วย และเมื่อเทียบเป็นงานจำเพาะหรืองานต่อกิโลกรัม จะพบว่าสารผสมจะได้งานจำเพาะจากวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์มากกว่าสารเดี่ยว โดยเมื่อดีกรีร้อนยวดยิ่งเพิ่มจาก 5°C เป็น 10°C ความร้อนจำเพาะจะสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 1 ของสารผสมสูงกว่าสารเดี่ยวด้วยเช่นกัน สำหรับสารเดี่ยว R245fa สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่งก่อนเข้ากังหัน ให้ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 1 ของวัฏจักรไม่แตกต่างจากกรณีสภาวะไออิ่มตัว



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารทำงานและสารทำงานสัดส่วนต่างๆ ที่สภาวะของไหลอิ่มตัว, สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C ก่อนเข้ากังหัน



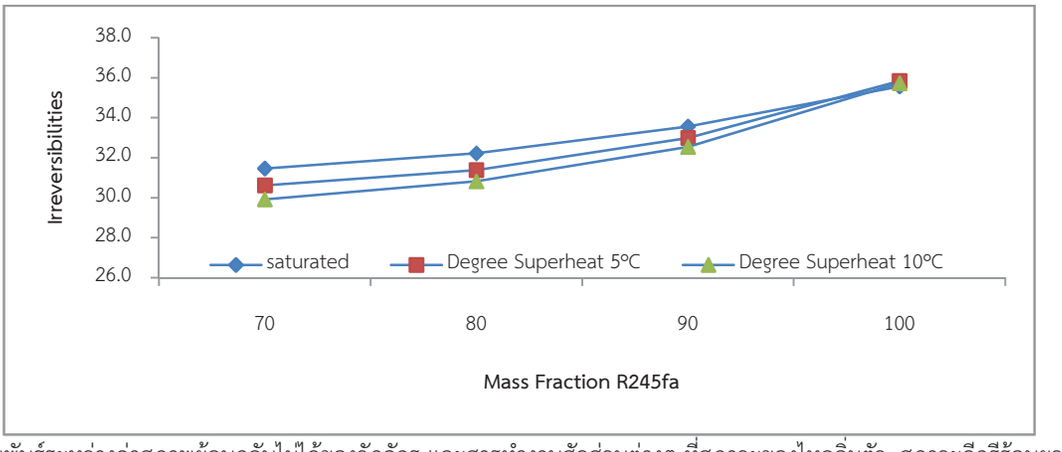
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างงานจำเพาะและสารทำงานสัดส่วนต่างๆ ที่สภาวะของไหลอิ่มตัว, สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C ก่อนเข้ากังหัน



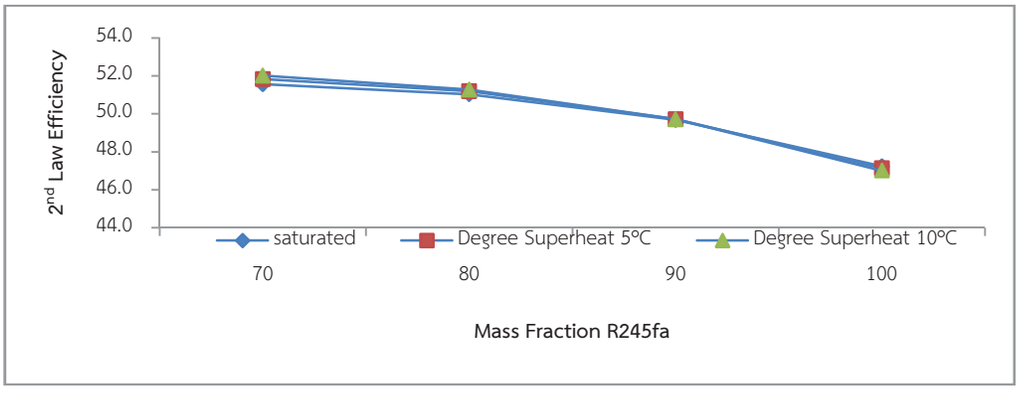
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของวัฏจักรตามกฎข้อที่ 1 และสารทำงานสัดส่วนต่างๆ ที่สภาวะของไหลอิ่มตัว, สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C ก่อนเข้ากังหัน

จากรูปที่ 8และ 9ประสิทธิภาพของวัฏจักรตามกฎข้อที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง R245fa และ R245fa/R152a ที่สัดส่วนต่างๆ พบว่าเมื่อมีการผสม R152a เพิ่มมากขึ้น ค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้ในวัฏจักรจะลดลงส่งผลให้ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 2 เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสารเดี่ยว เนื่องจากเมื่อสารทำงานอยู่ในสภาวะไอร้อนยวดยิ่ง และดีกรีร้อนยวดยิ่งเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพก็จะสูงกว่าสภาวะไออิ่มตัว เนื่องจากสารผสมมีการเลื่อนตัวของอุณหภูมิ ทำให้ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของสารทำงานผสมและอุณหภูมิของแหล่งความร้อนและแหล่งระบายความร้อนที่แลกเปลี่ยนกันในเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นใกล้เคียงกันมากขึ้นอย่างไรก็ตามสัดส่วนสารผสม R152a ไม่ควรเกิน 30% เนื่องจากเป็นสารที่ติดไฟง่ายและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) ค่อนข้างสูง

สำหรับสารเดี่ยว R245fa สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่งก่อนเข้ากังหัน ให้ประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 2 ของวัฏจักรไม่แตกต่างมากนักจากกรณีสภาวะไออิ่มตัว



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้ของวัฏจักร และสารทำงานสัดส่วนต่างๆ ที่สภาวะของไหลอิ่มตัว, สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C ก่อนเข้ากังหัน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของวัฏจักรตามกฎข้อที่ 2 และสารทำงานสัดส่วนต่างๆ ที่สภาวะของไหลอิ่มตัว, สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่ง 5-10°C ก่อนเข้ากังหัน

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา พบว่าการเพิ่มดีกรีร้อนยวดยิ่งในเครื่องระเหยของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพของวัฏจักร โดยเฉพาะสารทำงานที่ใช้เป็นสารผสม เช่นR245fa/R152a การผสมที่สัดส่วนต่างๆและเปรียบเทียบผลกับวัฏจักรที่ใช้ R245faพบว่าอัตราการไหลของสารทำงานในระบบมีค่าลดลง เมื่อสารทำงานอยู่ในสภาวะไอร้อนยวดยิ่ง จะส่งผลให้ขนาดของระบบ ORC มีขนาดเล็กลงด้วย

สำหรับสารผสม เมื่อดีกรีร้อนยวดยิ่งเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิสารทำงาน จะเข้าใกล้อุณหภูมิแหล่งความร้อนมากขึ้น และประสิทธิภาพของวัฏจักรจะเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มดีกรีร้อนยวดยิ่งของสารผสมจะช่วยลดค่าสภาพย้อนกลับไม่ได้ ในขณะที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนและสารทำงานในเครื่องระเหย และเมื่อสัดส่วน R152a เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของวัฏจักรเพิ่มขึ้นด้วย แต่สัดส่วนของ R152a ไม่ควรเกิน 30% เนื่องจากเป็นสารที่ติดไฟง่ายและค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) ค่อนข้างสูง

สำหรับสารเดี่ยว R245fa ที่สภาวะดีกรีร้อนยวดยิ่งก่อนเข้ากังหัน ประสิทธิภาพของวัฏจักรเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากกรณีสภาวะไออิ่มตัว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านพลังงานสะอาดและการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืน ภายใต้โครงการการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน (2554) “แผนพัฒนาพลังงานทดแทน (2554-2573).” http://www.eppo.go.th/encon/ee-20yrs/EEDP_Thai.pdf [2557,7 กรกฎาคม].

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2554)” แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (2555-2565).” http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf [2557, 15 มิถุนายน].

[3] Thawonngamyingsakul C., Kiatsiriroat T. Potential of a solar organic Rankine cycle with evacuated-tube solar collectors as heat source for power generation in Thailand. Energy Science and Technology, 4(2), 2012, pp. 25-35.

[4] Hung T. C. Waste Heat Recovery of Organic Rankine Cycle Using Dry Fluids. Energy Conversion and Management, 42, 2001, pp. 539-553.

[5] Drescher U., Bruggemann D. Fluid Selection for the Organic Rankine Cycle (ORC) in Biomass Power and Heat Plants.Applied Thermal Engineering, 27, 2007, pp. 223–228.

[6] Chys M., van de Broek M., Vanslambrouck B., De Paepe M. (2012) “Potential of zeotropic mixtures as working fluids in organic Rankine cycles”, Energy, 44 : 623-632.

[7] Mago P.J., Chamra L.M., Srinivasan K., Somayaji C. (2008) “An examination of regenerative organic Rankine cycles using dry fluids”, Applied Thermal Engineering, 28 : 998-1007.

[8] National Institute of Standard and Technology (NIST). REFPROP Version 9, Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures Software. 2013.

O-CT06

เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ

A Dryer Using Solar Collector of U-Groove Flat Plate Combined with Recirculation Air System

ไพโรจน์ จันทร์แก้ว*, อภิรักษ์ ขัดวิลาศ, อนุรัตน์ เทวตา, ประสาท เจาะบำรุง และ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก *E-mail: phairoac9@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์รูปแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ห้องอบแห้งขนาด 0.7 × 0.5 × 1.0 m^3 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูมีพื้นที่ผิวขนาด1.45 × 1.37 m^2 สำหรับใช้เพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนในการอบแห้ง ระบบอากาศคืนกลับมาใช้ใหม่ ใช้พัดลมขับด้วยมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ ร่วมกับแบตเตอรี่ พร้อมตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลม และระบบอากาศมีวาล์วปล่อยอากาศทิ้งได้บางส่วน การทดสอบทำการอบแห้งพริกชี้ฟ้าในเครื่องอบแห้งโดยควบคุมอัตราการไหลอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.0308 m^3/s และอากาศกลับมาใช้ใหม่ 94% ใช้พริกชี้ฟ้าจำนวน 400 g ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 264.25 ± 0.33 % dry basis และอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 5.10 ± 1.09 % dry basis ทำการทดสอบใน ช่วง 2-7 กุมภาพันธ์ 2557 (เวลา 9.00 - 17.00) นอกจากนั้นทำการอบแห้งพริกชี้ฟ้าด้วยวิธีตากแดดธรรมดาสำหรับเปรียบเทียบระยะเวลาการอบแห้งพบว่าการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่ตากแดดธรรมดาใช้เวลา 32 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งพริกชี้ฟ้าในเครื่องอบแห้ง ใช้เวลาในการอบแห้งในช่วงมีแสงอาทิตย์ 24 ชั่วโมง ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 53.29 ± 8.31 % ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งเฉลี่ย 29.52 ± 3.65 % อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 2.98 g/h และคุณภาพด้านด้านสีของพริกอบแห้ง มีสีคล้ำน้อยกว่าพริกชี้ฟ้าที่ขายในท้องตลาด

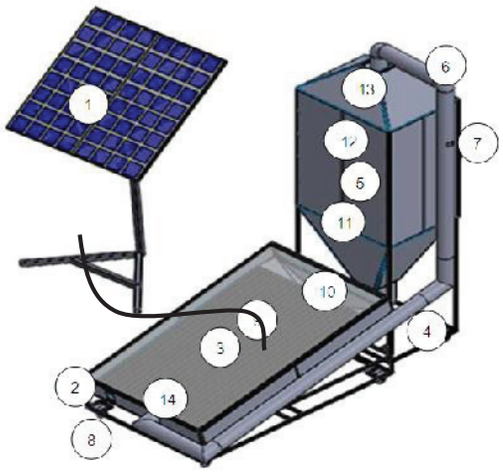
คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง, ตัวเก็บรังสีอาทิตย์, ระบบอากาศเวียนกลับบางส่วน, พริก

1. บทนำ

ปัจจุบันการแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรมีการพัฒนาหลายรูปแบบ การอบแห้งได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ และรักษาคุณสมบัติด้านสี ตลอดจนคุณค่าทางอาหารให้คงอยู่มากที่สุด อีกทั้งการอบแห้งยังช่วยการเพิ่มเวลาในการจัดเก็บหรือการขนส่งให้มีความสะดวกมากขึ้น ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งขึ้นมามากมายสำหรับตอบสนองต่อกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ตลอดจนลดต้นทุนและลดเวลาการผลิตลง แต่ก็พบว่ามีการใช้แหล่งพลังงานในการอบแห้งเช่น ไฟฟ้า ก๊าซ และฟืน ซึ่งเป็นต้นทุนของการผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งถึง 20-60 % [1] นอกจากจะเป็นต้นทุนที่สูงแล้วยังพบว่าพลังงานเหล่านี้ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลกอีกด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการใช้พลังงานจึงได้มีการคิดค้นใช้พลังงานจากธรรมชาติที่ไม่ทำให้เกิดมลภาวะ ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยลดปัญหาโลกร้อนนั้นก็คือพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่จัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งด้วยอาทิตย์ในประเทศไทย พบว่า สามารถแบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ได้ 3 แบบ คือ รับรังสีอาทิตย์โดยตรง, โดยอ้อม และแบบผสม มีลักษณะการหมุนเวียนอากาศภายใน 2 ลักษณะ คือหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Passive system) และหมุนเวียนแบบบังคับ (Active system) โดยปัจจัยหลักของการเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ คือ อุณหภูมิ, ความเร็ว และความชื้นของอากาศในระบบ [2-3] นอกจากนี้ลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ มีผู้ศึกษาในรูปแบบแผ่นเรียบ แบบร่องตัววี [4] และแผ่นเรียบรูปแบบต่างๆร่วมกับครีบ [5] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูซึ่งลักษณะเหมือนลอนสังกะสีสำหรับใช้มุงหลังคาซึ่งจะหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดเป็นแหล่งจ่ายความร้อนร่วมกับระบบอากาศคืนกลับที่ใช้พัดลมจากแหล่งจ่ายของระบบแผงโซล่าเซลล์

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 อุปกรณ์ทดลอง เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ คือ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบแบบร่องตัวยู ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีพื้นที่ผิวขนาด 11.45 × 1.37 m^2 ซึ่งทาสีด้วยสีดำ และด้านล่างมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนเอียงทำมุมกับแนวราบ 17 องศา ใช้มอเตอร์พัดลมกระแสตรง 12 V, 4 Amp (48 W) สำหรับให้อากาศไหลเวียนในห้องอบแห้ง ห้องอบแห้งมีขนาด 70 × 50 ×100 cm^3 โดยมีระยะห่างระหว่างชั้น 20 cm เพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสมกับตัวรับรังสีอาทิตย์ และสามารถเพิ่มชั้นวางได้อีก ท่ออากาศไหลคืนกลับ ใช้ท่ออลูมิเนียมแบบยืดได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10.16 cm ช่องวาล์วปล่อยอากาศทิ้งบางส่วน และแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์เอียงทำมุมกับแนวราบ 17 องศา ขนาด 120 Watt ร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 32 Ah พร้อมตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลม ตามรูปที่ 1 สำหรับวัสดุที่ใช้ทดสอบคือ พริกชี้ฟ้า (ซื้อมาจากตลาดตาก จังหวัดตาก) มีความชื้นเริ่มต้น 264.85 ± 2.14 % dry basis



1 แผงโซล่าเซลล์; 2 วาล์วเปิดอากาศเข้า; 3 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบร่องตัวยู; 4 มอเตอร์พัดลม 12 V; 5 ห้องอบแห้ง; 6 ท่ออากาศไหลคืนกลับ; 7 วาล์วปล่อยอากาศทิ้งบางส่วนและตำแหน่งวัดความชื้นสัมพัทธ์ออกห้องอบแห้ง(RH_i); 8 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม(T_{amb},RH_{amb}); 9 อุณหภูมิตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์(T_{coll}) และตำแหน่งวัดความเข้มรังสีอาทิตย์(I_T); 10 อุณหภูมิอากาศออกจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์($T_{coll,out}$); 11 อุณหภูมิอากาศห้องอบแห้งชั้นล่าง($T_{drying,1}$);12 อุณหภูมิอากาศห้องอบแห้งชั้นบน ($T_{drying,2}$); 13 อุณหภูมิอากาศทางออกห้องอบแห้ง($T_{drying,3}$) และ14 อุณหภูมิอากาศทางออกท่อไหลกลับ(T_{RC})

รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ

2.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

2.1.1 นำพริกชี้ฟ้าจำนวน 400 g วางบนถาดจำนวน 4 ถาดถาดละ 100 g และปิดตู้อบแห้งให้สนิท ขณะเดียวกันนำพริกชี้ฟ้ามาทดสอบตากแดดธรรมดาโดยไม่ใช้ตู้อบแห้ง

2.2.2 เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับทำการควบคุมอัตราการไหลอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.0308 m^3/s และอากาศกลับมาใช้ใหม่ 94 %

2.2.3 ติดตั้งชุดแผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 Watt ร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 32 Ah พร้อมตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลมเพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับชุดมอเตอร์พัดลม

2.2.4 ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล ตามจุดต่างๆสำหรับวัดอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในรูปที่ 1 และใช้ Data logger รุ่น ID8-K120บันทึกอุณหภูมิ ใช้ solar power meter รุ่น DT-1307 วัดความเข้มรังสีอาทิตย์ และใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อK bokles รุ่น BK 8621C สำหรับตรวจสอบความชื้นอากาศ ทำการบันทึกผลการตรวจวัดทุกๆ 30 นาทีตั้งแต่เวลา 9.00น. – 17.00 น. ส่วนน้ำหนักพริกใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลยี่ห้อ Huaji รุ่น DJ1002C จะเก็บข้อมูลที่เวลา 17.00 น ของทุกวันเท่านั้นเพื่อลดการสูญเสียความร้อนออกจากเครื่องอบแห้ง และเก็บข้อมูลจนพริกมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 5.10 ± 1.09 % dry basis สำหรับมาตรฐานพริกแห้งจะต้องมีความชื้นไม่เกิน 13 % [6]

2.2.5 นำพริกอบแห้งมาตรวจสอบคุณภาพด้านสี ใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Miniscan XE Plus ซึ่งค่าสีที่วัดได้แสดงด้วยค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง (Redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness, b*) ในระบบ CIE LABโดยเปรียบเทียบกับพริกสดและพริกที่ขายในท้องตลาด

2.3 การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องอบแห้ง ได้นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผลมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง และอัตราการอบแห้ง

2.3.1 ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Collector efficiency, η_{coll}) หาได้จาก

$$\eta_{coll} = \frac{\dot{Q}_{coll}}{I_T A_c} = \frac{\dot{m}_a C_p (T_{coll,out} - T_{coll,in})}{I_T A_c} \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{Q}_{coll}$ คือ อัตราความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์, $\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลของมวลอากาศ, C_p คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, $T_{coll,out}$ คือ อุณหภูมิของอากาศออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์, $T_{coll,in}$ คือ อุณหภูมิของอากาศเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์, I_T คือค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ และ A_c คือพื้นที่รับแสงของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

2.3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง (Dryer efficiency, η_{dryer})

$$\eta_{dryer} = \frac{\dot{Q}_{dryer}}{I_T A_c} = \frac{\dot{m}_a C_p (T_{drying,1} - T_{coll,in})}{I_T A_c} \quad (2)$$

เมื่อ $\dot{Q}_{dryer}$ คือ อัตราความร้อนของเครื่องอบแห้ง, $T_{drying,1}$ คือ อุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องอบแห้ง

2.3.3 อัตราการอบแห้ง (Drying rate) สามารถหาได้จากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้งหารด้วยเวลาที่ใช้

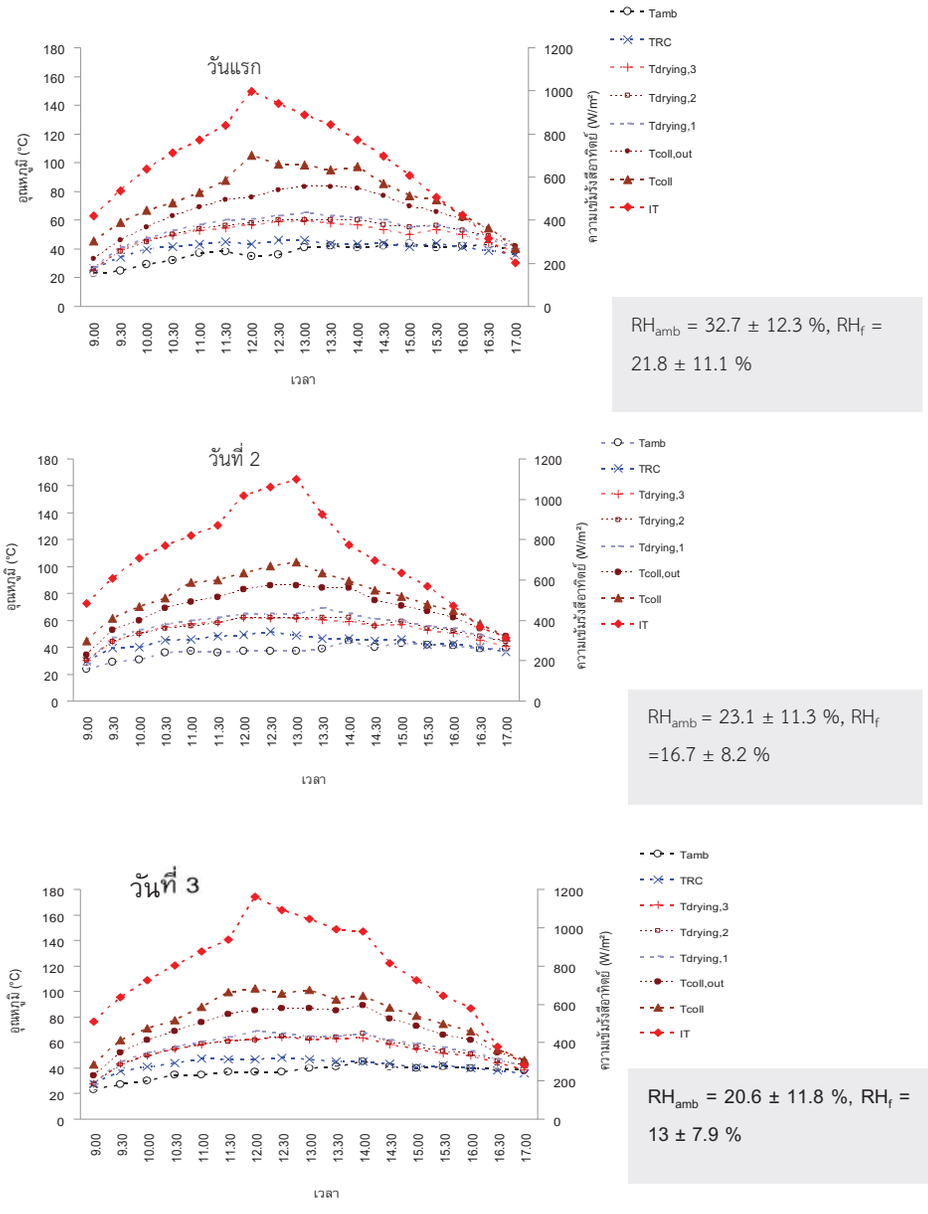
3. ผลและวิจารณ์

ผลจากการอบแห้งพริกชี้ฟ้าโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ ความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่สามารถควบคุมได้ซึ่งจะแปรเปลี่ยนตามเวลาในช่วงมีแสงแดด และอาจมีเมฆบัง รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดของอุณหภูมิ และความเข้มรังสีอาทิตย์ พบว่าวันที่ 1 ความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 202 – 998 W/m^2 เฉลี่ย 653.8 W/m^2 สามารถทำให้อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งชั้นล่างเฉลี่ย 53.5 $^{\circ}$C วันที่ 2 ความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 315 – 1099 W/m^2 เฉลี่ย 716 W/m^2 สามารถทำให้อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งชั้นล่างเฉลี่ย 56.5 $^{\circ}$C และวันที่ 3 ความเข้มรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 283 – 1162 W/m^2 เฉลี่ย 775 W/m^2 สามารถทำให้อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งชั้นล่างเฉลี่ย 56.3 $^{\circ}$C

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของอากาศเวียนกลับมาใช้ใหม่จะเห็นว่า ในช่วงประมาณ 9.00 – 14.00 น มีค่าสูงกว่าอากาศแวดล้อมอย่างเห็นได้ชัดทั้ง 3 วัน แต่ภายหลังจากเวลา 14.00 น ไปแล้วจะเห็นความแตกต่างน้อยมาก เนื่องจากความร้อนที่ออกจากห้องอบแห้งสูญเสียไปกับผนังท่ออลูมิเนียมยืดและผนังของระบบท่อทาง

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศที่ห้องอบแห้งชั้นล่าง ($T_{drying,1}$) พบว่าต่ำกว่า อุณหภูมิอากาศออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์($T_{call,out}$) เนื่องจากความร้อนบางส่วนสูญเสียไปกับโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง และอีกส่วนสูญเสียไปกับผนังห้องอบแห้ง

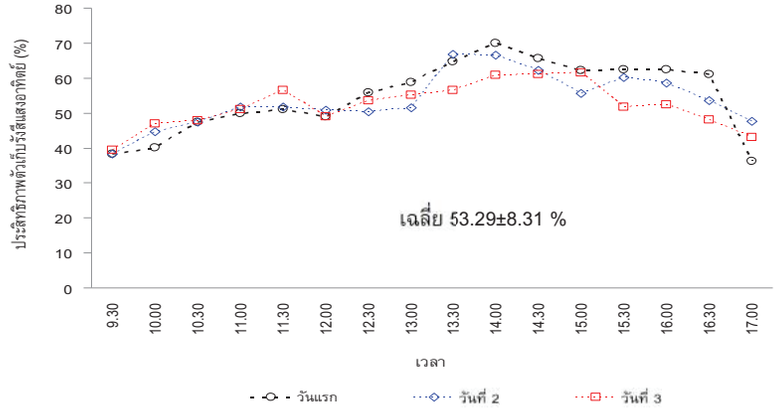
ส่วนอุณหภูมิอากาศที่ห้องอบแห้งชั้นล่าง ($T_{drying,1}$) สูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่ห้องอบแห้งชั้นบน ($T_{drying,2}$) หรือถาดชั้นที่ 4 เพราะว่า ความร้อนถูกใช้ในการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่ถาดชั้นล่างถึงถาดชั้นที่ 3 และบางส่วนสูญเสียไปกับโครงสร้าง รายละเอียดอุณหภูมิที่จุดอื่นๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2



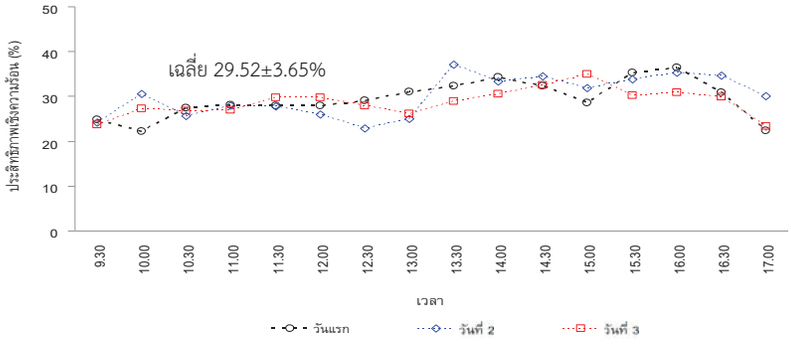
รูปที่ 2 อุณหภูมิที่จุดตำแหน่งต่างๆสำหรับเครื่องอบแห้งและความเข้มรังสีอาทิตย์สัมพันธ์กับระยะเวลาการอบแห้ง ช่วง2-7กุมภาพันธ์ 2557 (เวลา 9.00 - 17.00)

จากรูปที่ 3 แสดงผลของสมรรถนะของเครื่องอบแห้งด้านประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ย 53.29 ± 8.31 % ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 66 % ที่เวลา 14.00 น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Momtero *et al*. (2010) [7] ที่ใช้ตัวเก็บรังสีแผ่นเรียบโดยมีพัดลมสำหรับเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ ใช้ระบบอากาศแบบเปิด พบว่าในช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ 980 W/m^2 ที่อัตราการไหลของอากาศเชิงมวล 0.06 kg/s ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีประสิทธิภาพประมาณ 48 % นอกจากนั้น ธีรศักดิ์ หุดากร (2552) [1] ศึกษาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบขนาด 3 x 1 m^2 ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องรูปตัววี ใช้อัตราการไหลของอากาศเชิงมวล 0.04 kg/s พบว่าในช่วงเวลา 9.00 - 17.00 น. ของวันที่มีท้องฟ้าแจ่มใสอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 47.0 ℃ มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 54.10 ℃ และประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สูงสุดที่ 56.23 %

รูปที่ 4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง พบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ย 29.52 ± 3.65% ทั้งนี้มีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เนื่องจาก ความร้อนส่วนหนึ่งมีการสูญเสียไปในโครงสร้าง ผนังเครื่องอบแห้ง และระบบท่อทางของอากาศที่นำอากาศไหลเวียนกลับมาใช้ใหม่

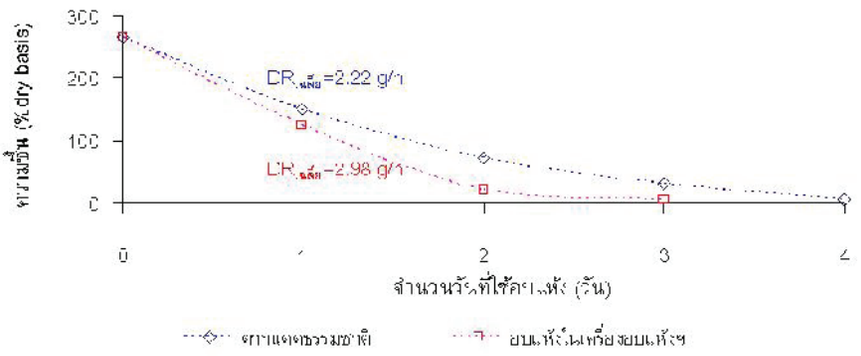


รูปที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ตามระยะเวลาการอบแห้ง ช่วง 2-7 กุมภาพันธ์ 2557 (เวลา 9.00 - 17.00)



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งตามระยะเวลาการอบแห้ง ช่วง 2-7 กุมภาพันธ์ 2557 (เวลา 9.00 - 17.00)

พิจารณาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อบแห้ง ในด้านการลดลงของความชื้นของพริกชี้ฟ้าพบว่า การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง ใช้เวลาช่วงมีแสงแดด 24 ชั่วโมง มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 2.98 g/h ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่า การตากแดดตามธรรมชาติ 8 ชั่วโมงโดยการตากแดดตามธรรมชาติมีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 2.22 g/h ตามรูปที่ 5 ดังนั้นเครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูง ซึ่งผลิตภัณฑ์อบแห้งจะมีอัตราการอบแห้งสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น [8] และเมื่อพิจารณาคุณภาพด้านสี รูปที่ 6 แสดงลักษณะสีของพริกชี้ฟ้าที่เวลาการอบแห้งต่างๆ จากตารางที่ 1การวิเคราะห์สีในค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง(Redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness, b*) ของพริกชี้ฟ้า พบว่าค่าความสว่างมีค่าลดลง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพริกสด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพริกชี้ฟ้าอบแห้งจากเครื่องอบแห้ง กับพริกชี้ฟ้าอบแห้งที่ขายในท้องตลาด พบว่าค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของเครื่องอบแห้ง มีค่าน้อยกว่าพริกชี้ฟ้าอบแห้งที่ขายในท้องตลาด ซึ่งสีพริกจากเครื่องอบแห้งจะออกสีคล้ำน้อยกว่า



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นพริกตามจำนวนวันที่ใช้อบแห้งระหว่างตากแดดธรรมชาติกับการอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับ



พริกชี้ฟ้าสด อบแห้ง 8 h (วันแรก) อบแห้ง 16 h (วันที่ 2) อบแห้ง 24 h (วันที่ 3)

รูปที่ 6 ลักษณะของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งโดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบร่องตัวยู

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสีด้วยค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง (Redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness, b*) ของพริกชี้ฟ้า

รายการ	L*	a*	b*
ก่อนอบ	76 ± 6.4 [a]	7.7 ±2.9 [a]	2.4 ± 1.1 [a]
เครื่องอบแห้งฯ	51.9 ± 5.3 [b]	11.4 ± 3.5 [b]	4.5 ± 2.2 [b]
ตลาดขาย	50.3 ± 5.4 [b]	14.2 ± 4.3 [c]	6.3 ± 2.5 [c]

[a-c] หมายถึง การเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันที่ $p< 0.05$

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องอบแห้งแบบใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบแบบร่องตัวยูร่วมกับระบบอากาศคืนกลับจากความร้อนที่เหลือออกจากห้องอบแห้งสำหรับทำให้อุณหภูมิที่ออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีพื้นที่ผิวขนาด 1.45 × 1.37 m^2และเอียงทำมุมกับแนวราบ 17 องศา มีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น โดยระบบไหลเวียนอากาศได้ออกแบบใช้พัดลมมอเตอร์กระแสตรง 12 V ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจาก แผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 Watt เอียงทำมุมกับแนวราบ 17 องศา ร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 32 Ah ซึ่งมีอุปกรณ์สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลมได้ สภาวะการทดสอบสำหรับหาสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ได้ทำการควบคุมอัตราการไหลอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.0308 m^3/s และควบคุมอากาศกลับมาใช้ใหม่ 94% ใช้พริกชี้ฟ้าจำนวน 400 g ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 264.25 ± 0.33 % dry basis และอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 5.10 ± 1.09 % dry basis ทำการทดสอบใน ช่วง 2 – 7 กุมภาพันธ์ 2557 (เวลา 9.00 - 17.00) นอกจากนั้นทำการอบแห้งพริกตากแดดธรรมดาสำหรับเปรียบเทียบระยะเวลาการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งพริกตากแดดธรรมดาใช้เวลา 32 ชั่วโมง (4 วัน) มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 2.22 g/h ส่วนการอบแห้งพริกในเครื่องอบแห้ง ใช้เวลาในการอบแห้งในช่วงมีแสงอาทิตย์ 24 ชั่วโมง (3 วัน) มีประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 53.29 ± 8.31 %ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งเฉลี่ย 29.52 ± 3.65 % อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 2.98 g/h และคุณภาพด้านด้านสีของพริกอบแห้ง มีค่าความสว่าง (L*) 51.9 ± 5.3 ค่าความเป็นสีแดง(a*) 11.4 ± 3.5 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 4.5 ± 2.2

ข้อเสนอแนะระบบท่อทางสำหรับให้อากาศไหลเวียนกลับมาใช้ใหม่ควรใส่ฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่จะออกจากเครื่องอบแห้ง ควรเพิ่มปริมาณพริกชี้ฟ้าในการอบแห้งซึ่งจะทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่เอื้ออำนวยสถานที่และเครื่องมือวัด ในการศึกษาและวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ธีรศักดิ์ หุดากร “การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววีสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปกร พ.ศ. 2552

[2] Jareanjit, J., “A Solar Dryer Technology and Its Development,” KKU Res. J., 17(1), pp.110-124, 2012.

[3] Belessiotis, V. and Delyannis, E., “Solar drying,” Solar Energy, 85, pp. 1665–1691, 2011.

[4] Karim, M.A. and Hawlader, M.N.A., “Performance evaluation of a v-groove solar air collector for drying applications,” Applied Thermal Engineering, 26, pp.121–130, 2006.

[5] Hussain, F. Othman, M.Y.H. Sopian, K. Yatim, B. Ruslan, H. and Othman, H., “Design development and performance evaluation of photovoltaic/thermal(PV/T) air base solar collector,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, pp. 431–441, 2013.

[6] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ “กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: พริกแห้ง” เล่ม ๑๒๗ ตอนพิเศษ ๑๕๐ ง ราชกิจจานุเบกษา พ.ศ. 2553

[7] Montero, I. Blanco, J. Miranda, T. Rojas, S. and Celma, A.R., “Design, construction and performance testing of a solar dryer for agro industrial by-products,” Energy Conversion and Management, 51, pp. 1510–1521, 2010.

[8] Chunkaew, P., Achariyaviriya, A., Achariyaviriya, S., James, C. M. and Sriwattana, S., “Operating parameters effects on drying kinetics and salted sunflower seed quality utilizing a fluidized bed,” International Journal of Advanced Research in Engineering & Technology (IJARET), 4 (6), pp. 256-268, 2013.

O-CT07

ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์
Solar Hot Water Production Types of Cement Panel Heating

ธีรเดช ใหญ่บก[1*], ปาตีเมาะ ดีสะเอะ[1], ธเนศ ไชยชนะ[1]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ93110
โทร: 0847486332 E-mail: teeradui@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทำแผงรับความร้อนและศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านแผงรับความร้อนว่ามีอิทธิพลต่ออุณหภูมิขาออกของน้ำร้อนจากเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์ โดยที่แผงรับรังสีอาทิตย์ผลิตจากปูนซีเมนต์ มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร มีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทรายเท่ากับ 1:2, 0.5:1 และ 0.5:2 ต่อน้ำหนัก ทำการศึกษาอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่ไหลผ่านแผงรับรังสีอาทิตย์ 4 อัตราการไหล คือ 0.05, 0.03, 0.016 และ 0.013 กิโลกรัมต่อวินาที พบว่าแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ชนิดปูนซีเมนต์สามารถผลิตน้ำร้อนที่ได้ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเมื่อผ่านแผงรับรังสีได้สูงสุด 12 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเท่ากับ 0.05 กิโลกรัมต่อวินาที และมีค่าลดลงเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของน้ำลดลง ในการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์มีค่าเท่ากับ 4.72% ทั้งนี้พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทรายไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อน

คำสำคัญ: อัตราการไหลเชิงมวล, แผงรับรังสีอาทิตย์, ปูนซีเมนต์

1. ที่มาและความสำคัญ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูงและเป็นพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษ สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ในปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายพื้นที่ของโลกและยังมีศักยภาพในการผลิตพลังงานมากกว่าการบริโภคพลังงานของโลกหลายเท่า การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ต้องพิจารณาหลักการนำไปใช้เพื่อให้เกิดความเหมาะสม เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงได้หลายรูปแบบ เช่นเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเพื่อผลิตความร้อน หรือแม้กระทั่งระบบทำความเย็นสำหรับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรที่ละติจูด 5 องศา 30 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดาเหนือ และลองติจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดาตะวันออกถึง 105 องศา 30 ลิปดาตะวันตก จึงทำให้ประเทศไทยได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดทั้งปี ความเข้มของรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ยในแต่ละวันในประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร[1] ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การประดิษฐ์ตัวรับรังสีอาทิตย์ เพื่อเก็บพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์เพื่อใช้งานและต่อเข้ากับอุปกรณ์ประเภทต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ที่ได้ทำการศึกษาเครื่องทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนให้เพิ่มขึ้น จึงได้นำตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนจากปูนซีเมนต์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมรรัตน์ ลิ้มมณี[4] ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ และนำระบบที่พัฒนาได้ไปประยุกต์ใช้งานกับหน่วยงานของรัฐ โรงงานอุตสาหกรรม และบ้านพักอาศัย ซึ่งมีระยะเวลาดำเนินงานโครงการทั้งสิ้น 4 ปี โดยเริ่มดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบการใช้งานร่วมกันระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนกระทั่งปัจจุบันสามารถนำระบบที่ได้จากการพัฒนาดังกล่าวไปติดตั้งเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนสำหรับใช้ในหน่วยงานต่างๆได้

ภาณุศักดิ์ มูลศรี และคณะ(2551) [3]ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนวงจรชีวิตของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า และระบบผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อต้มน้ำร้อน จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตและสถานประกอบการที่ติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าและระบบผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อต้มน้ำร้อน โดยทำการวิเคราะห์ผลจากการศึกษาของ โรงงแรมแห่งหนึ่งขนาด 100 ห้อง ที่อุณหภูมิน้ำร้อน 60 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า ต้นทุนวงจรชีวิต เฉลี่ยในช่วงระยะเวลา 15 ปี ของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า และระบบผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อต้มน้ำร้อนที่อยู่ที่ 1,020,110 บาท 397,669 บาท และ 569,646 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วต้นทุนวงจรชีวิตของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อนจะมีต้นทุนวงจรชีวิต ต่ำกว่าทุกระบบตลอดอายุการใช้งาน และระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงกว่าทุกระบบ แต่จะสูงกว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าจนถึงปีที่ 7 เท่านั้น จากนั้นในปีต่อไปต้นทุน วงจรชีวิตของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะต่ำกว่า เนื่องจากมีต้นทุนในการดำเนินงานต่ำกว่า ดังนั้นหากมีการบำรุงรักษาระบบอยู่เป็นประจำจะทำให้ต้นทุนวงจรชีวิตของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีความคุ้มค่ามากขึ้นหากมีการบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำ

เยาวลักษณ์ รัตนพันธ์ (2553)[2] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบหลอดสุญญากาศ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาเข้าและขาออก พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 40.8 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิน้ำขาออกสูงสุด โดยเฉลี่ย 2 วัน ของเงื่อนไขที่มีแผ่นสแตนเลสรองรับ ตั้งแต่เวลา 08.00- 18.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิน้ำขาออกสูงสุด ของเงื่อนไขทีมีการปล่อยน้ำเข้า โดยเฉลี่ย 2 วัน วันละ 3 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 12.00-15.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 36.9 องศาเซลเซียส และ 37.1องศาเซลเซียส จากการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้า และอุณหภูมิขาออกจะแตกต่าง

อยู่ ประมาณ 10 องศาเซลเซียส สำหรับค่าพลังงานความร้อนที่เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตและเก็บสะสมไว้มีค่าเท่ากับ 2,006.4 kJ ค่าของประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.88 และค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 19.59%

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ดำเนินการสร้างแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนแบบปูนซีเมนต์ โดยใช้ท่อทองแดงเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว เป็นท่อสำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในแผ่นปูนซีเมนต์

2. ทำการผสมปูนซีเมนต์กับทรายในอัตราส่วนที่กำหนด เพื่อเทเป็นแผงรับรังสีอาทิตย์ขนาด 30 เซนติเมตรยาว 40 เซนติเมตรหนา 5 เซนติเมตร และวางท่อทองแดงให้อยู่บริเวณตรงกลางของแผงรับรังสีอาทิตย์ ทั้งหมด 3 อัตราส่วนผสม

แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ 1 มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย โดยปริมาตรเป็น 1 : 2

แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ 2 มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย โดยปริมาตรเป็น 0.5 : 2

แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ 3 มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย โดยปริมาตรเป็น 0.5 : 1



รูปที่ 1 แสดงท่อทองแดง (ซ้าย) ที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนภายในแผงรับรังสีอาทิตย์(ขวา)

3. ประกอบแผงรับรังสีอาทิตย์เข้ากับชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์

4. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ เพื่อทำการวัดอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผงรับรังสี อุณหภูมิน้ำออกจากแผงรับรังสี อุณหภูมิแวดล้อม โดยหัววัดอุณหภูมิที่ใช้คือ สายเทอร์โมคัปเปิ้ล Type K

5. ทำการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ บริเวณท่อน้ำก่อนจะเข้าแผงรับรังสี เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของน้ำในแต่ละแผงรับรังสี

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

1. นำชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์ มาวางในที่โล่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดวัน

2. เปิดมอเตอร์สูบน้ำ เพื่อน้ำได้ไหลผ่านไปยังแผงรับรังสีอาทิตย์ ทำการปรับการไหลของน้ำในท่อให้เท่ากับ 2.5ลิตรต่อนาที

3. ทำการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิน้ำบริเวณต่างๆ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยทำการบันทึกค่าทุกๆครึ่งชั่วโมง ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 9:30 น. จนถึงเวลา 17:00 น.

4. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของน้ำก่อนเข้าแผงเป็น 2, 1.5 และ 1 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ

5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการศึกษา

4.ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณลักษณะเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีปูนซีเมนต์

ได้ทำการทดสอบการผลิตน้ำร้อนจากชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์โดยใช้แผงรับความร้อนปูนซีเมนต์ที่มีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับทรายโดยปริมาตรเป็น1:2, 0.5:2 และ0.5:1และได้ทำการปรับอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่ไหลผ่านยังแผงรับรังสีอาทิตย์ออกเป็น 4 ระดับ ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีปูนซีเมนต์

อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kq/s)	แผงรับรังสี	อัตราส่วนผสมโดยปริมาตร	อุณหภูมิน้ำ(องศาเซลเซียส)						ความเข้มรังสีอาทิตย์ (W/m^2)
			ก่อนเข้าแผง	ออกจากแผง	ผลต่าง	SD	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	
0.05	แผงที่1	1:2	25.00	37.23	12.23	4.74	19.10	4.00	631.58
	แผงที่2	0.5:2	25.00	37.30	12.30	4.94	18.90	3.90	631.58
	แผงที่3	0.5:1	25.00	37.49	12.49	5.23	20.20	3.90	631.58
0.03	แผงที่1	1 :2	28.94	38.61	9.67	4.82	19.00	2.90	741.96
	แผงที่2	0.5:2	28.94	38.82	9.88	4.71	19.10	3.00	741.96
	แผงที่3	0.5: 1	28.94	38.18	9.24	3.90	18.00	3.70	741.96
0.016	แผงที่1	1 : 2	28.06	36.16	8.10	4.82	14.40	0.30	579.68
	แผงที่2	0.5:2	28.06	36.31	8.24	4.73	14.80	0.30	579.68
	แผงที่3	0.5:1	28.06	32.98	4.92	2.76	9.70	1.40	579.68
0.013	แผงที่1	1:02	28.44	33.42	4.98	3.11	12.40	0.70	562.13
	แผงที่2	0.5:2	28.44	33.13	4.69	2.95	11.40	0.60	562.13
	แผงที่3	0.5:1	28.44	33.94	5.51	2.84	11.40	1.20	562.13

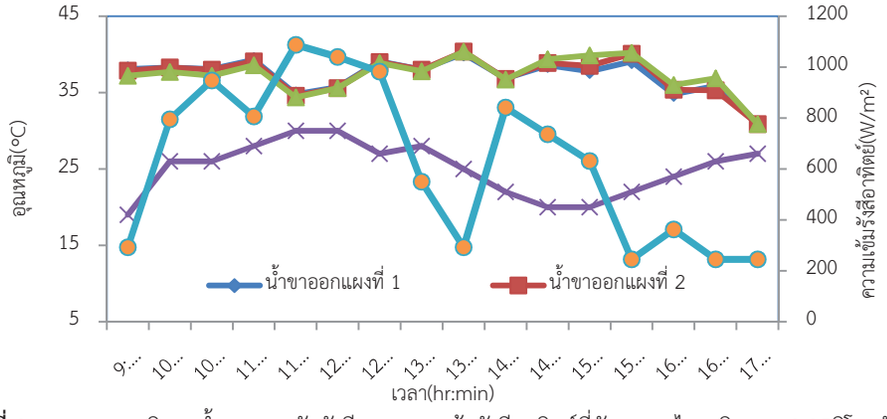
จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่ 0.05 กิโลกรัมต่อวินาที อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้งสามแผงมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อวัดอุณหภูมิน้ำที่ออกจากแผงแต่ละแผงพบว่ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันโดยที่แผงที่ 3 มีอุณหภูมิออกจากแผงสูงที่สุดอยู่ที่ 37.49องศาเซลเซียส มีผลต่างอยู่ที่ 12.49 องศาเซลเซียส ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.23

เมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของน้ำอยู่ที่0.03 กิโลกรัมต่อวินาที อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้งสามแผงมีอุณหภูมิอยู่ที่28.94องศาเซลเซียส และเมื่อวัดอุณหภูมิน้ำที่ออกจากแผงแต่ละแผงพบว่ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันโดยที่แผงที่2 มีอุณหภูมิออกจากแผงรับรังสีสูงที่สุดอยู่ที่ 38.82 องศาเซลเซียส มีผลต่างอยู่ที่ 9.88 องศาเซลเซียส ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.82 ค่าสูงสุด

เมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของน้ำอยู่ที่0.016กิโลกรัมต่อวินาที อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้งสามแผงมีอุณหภูมิอยู่ที่28.06องศาเซลเซียส และเมื่อวัดอุณหภูมิน้ำที่ออกจากแผงแต่ละแผงพบว่ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันโดยที่แผงที่1 มีอุณหภูมิออกจากแผงรับรังสีสูงที่สุดอยู่ที่ 36.16องศาเซลเซียส มีผลต่างอยู่ที่ 8.24 องศาเซลเซียส ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.82

เมื่ออัตราการไหลเชิงมวลที่ 0.013 กิโลกรัมต่อวินาที พบว่าอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผงรับรังสีแผงที่ 1 แผงที่ 2 และแผงที่ 3 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 28.44องศาเซลเซียส และแต่ละแผงมีอุณหภูมิน้ำออกจากแผงที่ต่างกัน แผงที่ 3 มีอุณหภูมิออกจากแผงสูงที่สุดอยู่ที่ 33.94 องศาเซลเซียส มีผลต่างอยู่ที่ 4.98 องศาเซลเซียส ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.11 ค่าสูงสุด 12.40 ค่าต่ำสุด 0.60

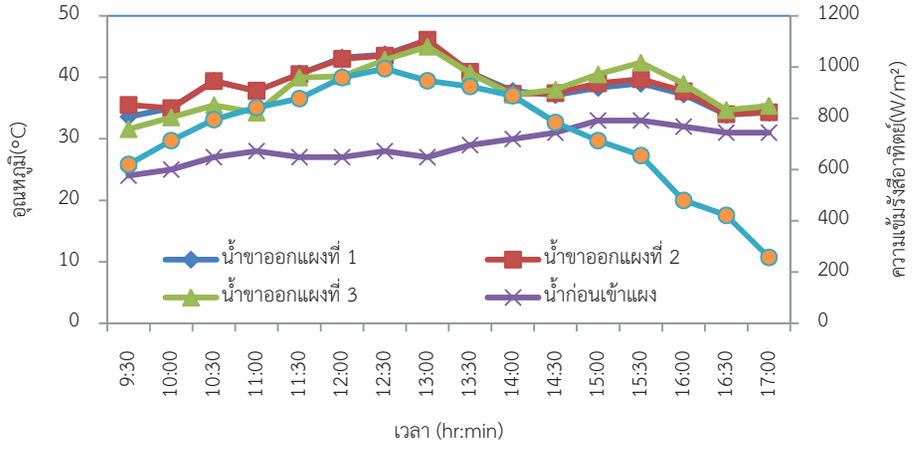
4.2 การผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.05กิโลกรัม ผลการทดสอบผลการผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.05 กิโลกรัมต่อวินาที จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าระหว่าง 30-40องศาเซลเซียส และพบว่าผลต่างของระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้า น้ำออก จะมีค่าสูงในช่วงเวลาประมาณ 13:00-15:30 นาฬิกา ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ใน1วันมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 250-1000 W/m^2ดัง แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิของน้ำของแผงรับรังสีและความเข้มรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.05กิโลกรัมต่อวินาที

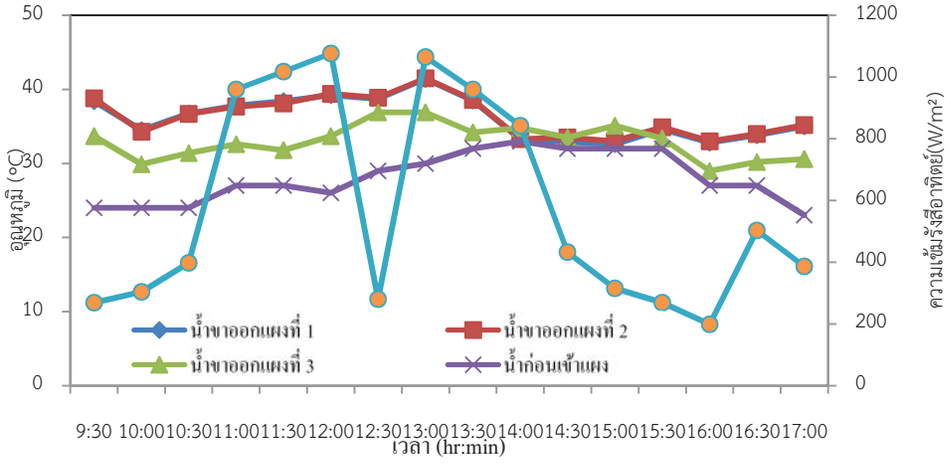
รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิของน้ำของแผงรับรังสีและความเข้มรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.05กิโลกรัมต่อวินาที

4.3การผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.03กิโลกรัม ผลการทดสอบผลการผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.03กิโลกรัมต่อวินาที จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าระหว่าง 30-45องศาเซลเซียส และพบว่าผลต่างของระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้า น้ำออก จะมีค่าสูงในช่วงเวลาประมาณ 11:30-13:30 นาฬิกา ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ใน 1 วันมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 250-1000 W/m^2ดังแสดงในรูปที่ 4



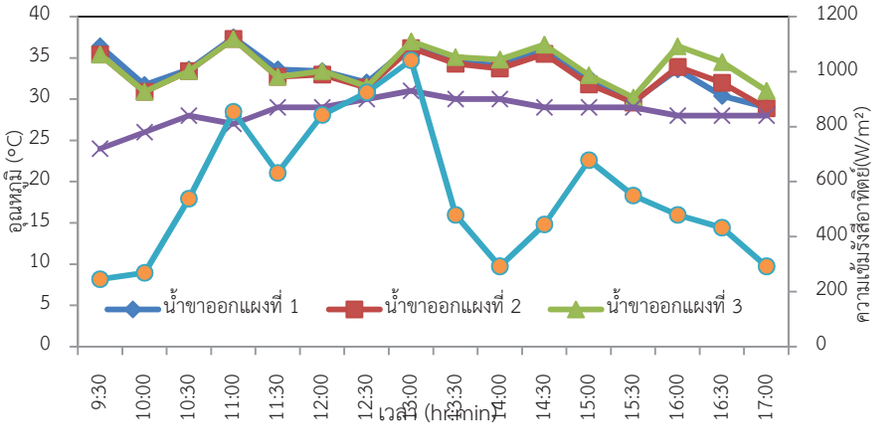
รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิของน้ำของแผงรับรังสีและความเข้มรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.03กิโลกรัมต่อวินาที

4.4 การผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.016กิโลกรัม ผลการทดสอบผลการผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.016กิโลกรัมต่อวินาที จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าระหว่าง 30-41องศาเซลเซียส และพบว่าผลต่างของระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้า น้ำออก จะมีค่าสูงในช่วงเวลาประมาณ 10:30-13:00 นาฬิกา ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ใน 1 วันมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 200-1000 W/m^2ดังแสดงในรูปที่ 5



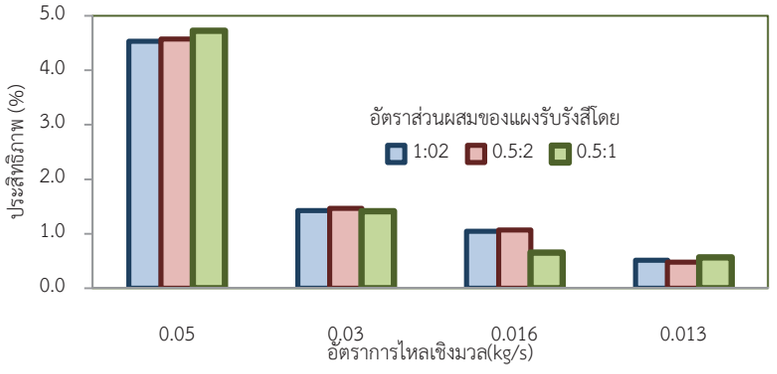
รูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิของน้ำของแผงรับรังสีและความเข้มรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.016กิโลกรัมต่อวินาที

4.4 การผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.013กิโลกรัม ผลการทดสอบผลการผลิตน้ำร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.013 กิโลกรัมต่อวินาที จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าระหว่าง 30-38องศาเซลเซียส และพบว่าผลต่างของระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้า น้ำออก จะมีค่าสูงในช่วงเวลาประมาณ 10:30-11:30 นาฬิกา ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ใน 1 วันมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 200-1050 W/m^2ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิของน้ำของแผงรับรังสีและความเข้มรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.013กิโลกรัมต่อวินาที

4.2 ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีปูนซีเมนต์



จากรูปที่ 7สังเกตได้ว่าที่อัตราการไหลเชิงมวล0.05 กิโลกรัมต่อวินาที ที่อัตราส่วนผสม(ปูนซีเมนต์:ทราย)0.5:1มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 4.72 % ที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.03 กิโลกรัมต่อวินาที ที่อัตราส่วนผสม(ปูนซีเมนต์:ทราย)0.5:2มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 1.47 % ที่อัตราการไหลเชิงมวล0.016กิโลกรัมต่อวินาที ที่อัตราส่วนผสม(ปูนซีเมนต์:ทราย)0.5:2มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 1.07 % และที่ที่อัตราการไหลเชิงมวล0.013 กิโลกรัมต่อวินาที ที่อัตราส่วนผสม(ปูนซีเมนต์:ทราย)0.5:1มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 0.57 % โดยที่อัตราส่วนผสมของแผงรับรังสีอาทิตย์ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประสิทธิภาพ

5. สรุปผล

5.1 สรุปผลการศึกษา จากการศึกษาชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์พบว่า แผงรับความร้อนชนิดแผงปูนซีเมนต์ทั้งสามส่วนผสมพบว่า แผงรับรังสีอาทิตย์สามารถทำอุณหภูมิน้ำทางออกจากแผงได้สูงกว่ากว่าน้ำทางเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์เป็น 12.49 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มของรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ 631.58 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยที่ส่วนผสมของซีเมนต์และทรายซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการทำแผงรับรังสีอาทิตย์ไม่ได้แปรผันตรงหรือแปรผกผันอย่างชัดเจนในการทำอุณหภูมิน้ำร้อน เมื่อศึกษาถึงอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่ไหลผ่านแผงรับรังสีพบว่า เมื่อมีอัตราการไหลเชิงมวลที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย พบว่าชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ 4.72 % ที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในแผงรับรังสีอยู่ที่ 0.05 กิโลกรัมต่อวินาที และอัตราส่วนผสมของแผงรับรังสีอาทิตย์ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประสิทธิภาพอย่างชัดเจน

5.2ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาชุดทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผงรับความร้อนปูนซีเมนต์เป็นการทดลองในสภาวะแวดล้อมแท้จริง ทำให้ไม่สามรถควบคุมตัวแปรที่ส่งผลต่อการทำรับรังรีอาทิตย์ของแผงปูนซีเมนต์ได้ ไม่ว่าจะเกิดจากการบดบังแสงอาทิตย์ของเมฆ และการเก็บข้อมูลในการนำมาวิเคราะห์ได้มีการเก็บข้อมูลแบบเป็นช่วงเวลา จึงทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่สามารถเปรียบเทียบข้อมูลได้โดยตรงทั้งหมด จึงควรมีการเก็บข้อมูลให้มีระยะเวลายาวนานกว่านี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] “พลังงานแสงอาทิตย์”. www.energy.go.th/index.php?q=node/375. [24 มีนาคม2557].

[2] ภาณุศักดิ์ มูลศรี,2551,“การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบต้นทุนวงจรชีวิตทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตน้ำร้อนแบบต่างๆ”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีกรุงเทพมหานคร.

[3] เยาวลักษณ์ รัตนพันธ์, 2553,“การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบหลอดสุญญากาศ”, รายงานโครงงานวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[4] อมรรัตน์ ลิ้มมณี,2554,“พัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”, รายงานโครงงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ศูนย์เทคโนโลยีอิเลคทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ NECTEC, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. .

O-CT08

การทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้

The performance test of a small biomass gas stove using centrifugal blower for combustion

ฟลอริดา คล้ายแจ้ง[1],ฐิติพร เจาะจง[2*],และ พิสิษฏ์ มณีโชติ[3]

[1,2]สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[3]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
Corresponding author email: titiporn_ant@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก ที่ใช้หลักการแก๊สซิไฟเออร์ ที่อาศัยพัดลมเพื่อช่วยในการเพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนของระบบเตาที่ใช้ในการทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผาไหม้เท่ากับ 10 เซนติเมตร มีความสูงของห้องเผาไหม้เท่ากับ 12 เซนติเมตร และใช้พัดลมหอยโข่ง (Blower) ช่วยในการเผาไหม้ โดยพัดลมที่ใช้ทดสอบจะมี 3 ขนาด คือ 3 โวลต์ 6 โวลต์ และ 9 โวลต์ โดยมีความเร็วลมเท่ากับ 7.17 เมตรต่อวินาที 10.05 เมตรต่อวินาที และ 12.94 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และทดสอบประสิทธิภาพอย่างละสามครั้งด้วยวิธีการต้มน้ำเดือด (WBT) โดยใช้แท่งไม้ไผ่ที่มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ความยาว 11 เซนติเมตร เป็นเชื้อเพลิง โดยแต่ละครั้งของการทดสอบใช้เชื้อเพลิงน้ำหนัก 0.300 กิโลกรัมการทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลแบบใช้พัดลมหอยโข่ง ที่ความเร็วลมต่างๆ โดยจะเริ่มใช้พัดลมหอยโข่งตั้งแต่เริ่มกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิน้ำที่อุณหภูมิแวดล้อม จนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิน้ำลดมาจนถึงอุณหภูมิแวดล้อมปกติ จากผลการทดลองการหาประสิทธิภาพจากการต้มน้ำเดือดของเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก พบว่าที่ความเร็วลม เท่ากับ 7.17 เมตรต่อวินาที 10.05 เมตรต่อวินาที และ 12.94 เมตรต่อวินาที มีประสิทธิภาพเท่ากับ 15.44% 13.38%และ11.47% ตามลำดับ ซึ่งจะมีความสามารถทำให้น้ำเดือดที่เวลาเท่ากับ14 นาที 11 นาที และ 9 นาที ตามลำดับจากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งนั้นแปรผกผันต่อสมรรถนะทางด้านความร้อนที่สามารถทำให้น้ำเดือดและการใช้พัดลมที่ใช้ไฟฟ้า ขนาด 3 โวลต์ ที่มีความเร็วลมเท่ากับ 7.17 เมตรต่อวินาที จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดและมีความสามารถในการทำให้น้ำเดือดช้าที่สุด

คำสำคัญ เตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กประสิทธิภาพ สมรรถนะ พัดลมหอยโข่ง

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย ปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมนุษย์อย่างมากและจะยิ่งทวีความสำคัญมากขึ้น ประกอบกับการที่ประชากรเพิ่มมากขึ้นทำให้ความต้องการพลังงานมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากและมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในทุกๆปีรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดสภาวะที่กำลังขาดแคลนพลังงานซึ่งส่งผลโดยตรงต่อรายจ่ายของประชาชนเนื่องจากราคาก๊าซหุงต้มและราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นปัจจุบันก๊าซหุงต้มมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 18 - 22 บาทและมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากการแบ่งตลาดนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในด้านการขนส่ง ทำให้มีความต้องการเพิ่มขึ้น[1]เหตุนี้เตาแก๊สชีวมวลซึ่งสามารถใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เช่น เศษไม้ ถ่าน หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการส่งเสริมลงไปใช้ในชุมชนเพื่อใช้ทดแทนแก๊สแอลพีจี (LPG) ในการประกอบอาหาร

เตาแก๊สชีวมวลในปัจจุบันเหมาะสำหรับการใช้ในครัวเรือนและร้านอาหารเนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ไม่เหมาะสมกับการพกพา ในขณะที่การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ได้มีการรณรงค์ไม่ให้ก่อกองไฟซึ่งจะนำมาสู่ปัญหาไฟไหม้ป่า การพัฒนาเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กจึงเป็นอีกแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในการส่งเสริมให้นักท่องเที่ยวลดการก่อไฟในป่าเขาได้ ผู้วิจัยจึงมีความต้องการการพัฒนาเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก ที่จะสามารถพกพาได้สะดวก และใช้งานง่าย ซึ่งเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้จะใช้วัสดุเป็นสแตนเลสแทนแผ่นเหล็กเพื่อความแข็งแรง คงทนและเพิ่มอายุการใช้งาน

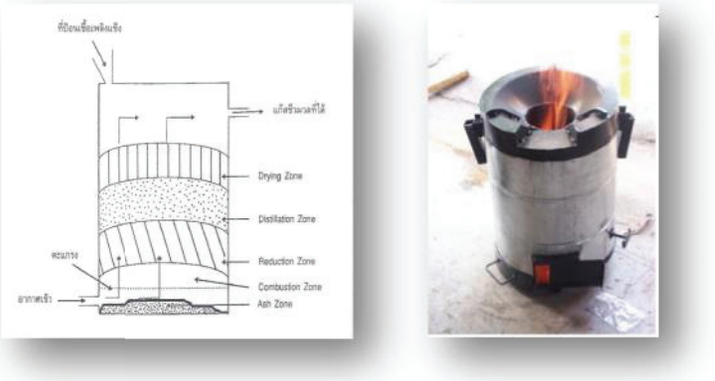
จากการทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ไม่มีพัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้จะพบว่ามีระยะเวลาในการทำให้น้ำเดือดที่ยาวนานถึง 38 นาที [2] ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการคิดที่จะนำพัดลมหอยโข่งมาช่วยลดระยะเวลาในการทำให้น้ำเดือดเพื่อความรวดเร็วในการใช้งาน โดยในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานจริงในชีวิตประจำวันได้

2.ทฤษฎี

2.1 ความหมายของเตาแก๊สชีวมวล[3] เป็นเทคโนโลยีสำหรับการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงหรือจำกัดอากาศให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิง โดยกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่านไม้ ถ่านหิน แกลบ และวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถติดไฟได้ ให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่มีออกซิเจนอยู่อย่างจำกัดซึ่งแก๊สที่ได้มีส่วนประกอบหลักคือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน และสารระเหยต่างๆ

2.2 ชนิดของเตาแก๊สชีวมวล[4] จะแบ่งตามการไหลของแก๊ส ความเหมาะสมของการใช้งาน วัตถุดิบที่ใช้และคุณสมบัติของแก๊สที่ได้ มี 4 ประเภท ประกอบไปด้วย เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลขึ้น (Up-draft Gasifier) เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง (Down-draft Gasifier) เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลตัดขวาง (Cross-draft Gasifier) และเตาแก๊สชีวมวลแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Gasifier) ซึ่งเตาแก๊สชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบจะใช้หลักการเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลขึ้น

2.2.1 เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลขึ้น(Up-draft Gasifier)



รูปที่ 1 เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลขึ้น

หลักการทำงาน เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเตาและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่างบริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไป จะมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเราเรียกบริเวณส่วนนี้ว่าโซนสันดาปหรือฮาร์ทโซน เมื่ออากาศผ่านเข้าไปบริเวณโซนสันดาปจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แก๊สร้อนที่ผ่านจากโซนเผาไหม้จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยังโซนรีดักชั่น ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณของคาร์บอนมากเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน ซึ่งสามารถเผาไหม้ได้ แก๊สที่ได้จะลอยตัวขึ้นมาและเกิดการเผาไหม้โดยจะมีออกซิเจนทางปากปล่องช่วยให้เกิดกระบวนการเผาไหม้

2.3 การหาประสิทธิภาพของเตาหุงต้มโดยการทดสอบการเดือดของน้ำ (Water Boiling Test, WBT)[5] เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่เรียกว่า การทดสอบการเดือดของน้ำ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ง่ายและสั้นของกระบวนการหุงต้มมาตรฐาน การทดสอบการเดือดของน้ำได้รับการยอมรับในการวัดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้อย่างถูกต้องและเวลาที่ต้องการ สำหรับการจำลองการหุงต้มที่ใช้ไฟฟ้าสูงและไฟต่ำของการทดสอบสอดคล้องกับประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มและการทอดรวมทั้งการอุ่นอาหาร ประสิทธิภาพของเตาหุงต้มสามารถคำนวณได้จากการทดสอบการเดือดของน้ำ ซึ่งสามารถหาประสิทธิภาพได้ด้วยสมการ (1)

(1)
$$\eta = \frac{m_i c_p (T_b - T_i) + m_e L}{(m_f \times C_f) + (m_c \times C_c) + E_F} \times 100$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)
m_i คือ มวลของน้ำเริ่มต้น (กิโลกรัม)
C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส)
T_b คือ อุณหภูมิที่น้ำเดือด (องศาเซลเซียส)
T_i คือ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)
m_e คือ มวลที่น้ำระเหย (กิโลกรัม)
L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
m_f คือ มวลของเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)
C_f คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
m_c คือ มวลของถ่าน (กิโลกรัม)
C_c คือ ค่าความร้อนของถ่าน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
E_F คือ พลังงานที่ได้จากพัดลม (กิโลจูล)

3.วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้ เตาแก๊สชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบจะมีขนาดของเสื้อนอก ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตร ห้องเผา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร ใช้วิธีการทดสอบการเดือดของน้ำ (WBT) โดยจะมีการทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเชื้อเพลิง หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง หาค่าพลังงานไฟฟ้าของพัดลมหอยโข่งหาค่าความเร็วลมจากแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์พัดลม โดยปรับพัดลมไปที่แรงดันขนาด3 โวลต์ 6 โวลต์ และ 9 โวลต์ จะมีความเร็วลมเท่ากับ 7.17 เมตรต่อวินาที 10.05 เมตรต่อวินาที และ 12.94 เมตรต่อวินาทีและประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้ ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ตอนที่1 การทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเชื้อเพลิง

1. นำตัวอย่างไม้ไผ่ 1 กรัม ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่งโมง



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 2 (ก) การอบเชื้อเพลิง (ข) เชื้อเพลิงหลังอบ (ค) ใส่ในโถดูดความชื้นหลังจากอบเสร็จ (ง) ชั่งน้ำหนักหลังอบ

2. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังสมการต่อไปนี้

$$\%Mc_d = \frac{W - d}{d} \quad (2)$$

เมื่อ $\%Mc_d$ คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐาน
W คือ น้ำหนักก่อนอบ
d คือ น้ำหนักหลังอบ

ตอนที่ 2 การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

1. นำตัวอย่างไม้ไผ่ 0.3 กรัม ไปทำการทดสอบหาค่าความร้อนโดยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์เป็นเวลา 8 นาที

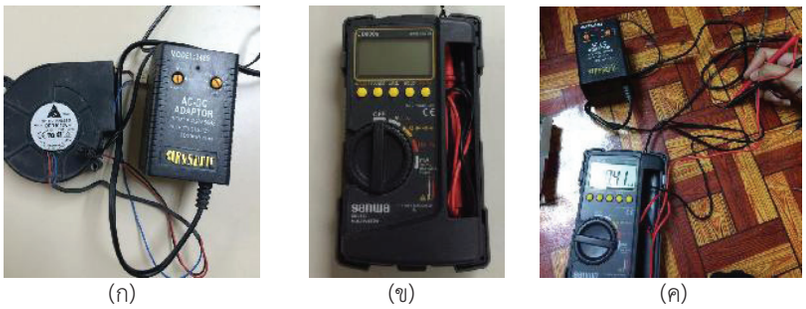


(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 3 (ก) เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (ข) นำตัวอย่างไม้ไผ่ใส่ภาชนะ (ค) บรรจุเชื้อเพลิงลงในลูกบอมบ์ (ง) นำลูกบอมบ์ใส่เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

ตอนที่ 3 การหาค่าพลังงานไฟฟ้าของพัดลมหอยโข่ง

1. วัดกระแสไฟฟ้าของพัดลมขนาด 3 โวลต์ 6 โวลต์ และ 9 โวลต์โดยใช้มัลติมิเตอร์ในการวัด



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4 (ก) พัดลมหอยโข่ง (ข) มัลติมิเตอร์ (ค) วัดกระแสไฟฟ้าของพัดลมหอยโข่ง 3 ขนาด

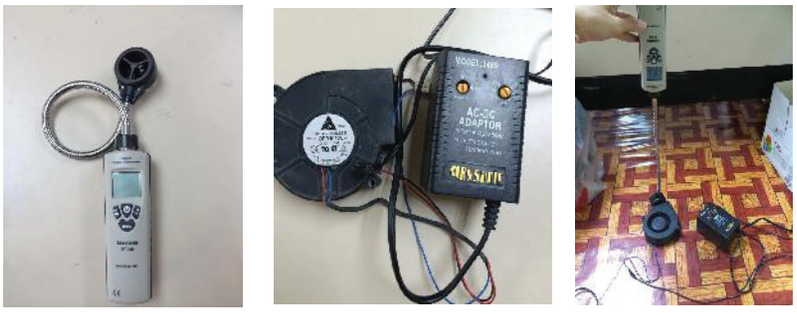
2. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าได้จากสมการ

(3)

$$E = IVh$$

เมื่อ E คือ พลังงานไฟฟ้า หน่วย กิโลวัตต์ชั่วโมง
V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วย โวลต์
I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์
h คือ จำนวนชั่วโมง หน่วย ชั่วโมง

ตอนที่ 4 การหาค่าความเร็วลมจากแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์พัดลมโดยปรับพัดลมไปที่แรงดันแต่ละขนาดและใช้เครื่องวัดความเร็วลมในการวัด



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 5 (ก)เครื่องวัดความเร็วลม (ข) พัดลมหอยโข่ง (ค) วัดความเร็วลมของพัดลมแต่ละขนาด

ตอนที่ 5 การหาประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้

1. ชั่งมวลน้ำ 1 กิโลกรัม
2. ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง 300 กรัมและนำเชื้อเพลิงบรรจุลงห้องเผา
3. ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วย สายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค เป็นตัววัดอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆและส่งข้อมูลมายังเครื่องบันทึก ข้อมูลโดยต่อสายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค เข้ากับเครื่องวัดและบันทึกข้อมูล
4. วัดอุณหภูมิของน้ำในภาชนะก่อนต้มน้ำและบันทึกข้อมูล
5. จุดเตาเมื่อไฟลุกติดเชื้อเพลิงแล้ว ทำการป้อนเชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบและเริ่มจับเวลา
6. อุณหภูมิของน้ำที่เหลือในภาชนะและบันทึกข้อมูล
7. หาประสิทธิภาพจากสมการที่(1)



(ก) (ข) (ค) (ง)



(จ) (ฉ) (ช)

รูปที่ 6 (ก) ชั่งมวลน้ำ 1 กิโลกรัม (ข)ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง 300 กรัม(ค) นำเชื้อเพลิงบรรจุลงห้องเผา

(ง)แสดงตำแหน่งต่างๆที่ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (จ) การวัดอุณหภูมิของน้ำ (ฉ) การวัดอุณหภูมิแก๊สของเตา (ช) การวัดอุณหภูมิห้องเผา

4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบค่าความชื้นของเชื้อเพลิง พบว่า น้ำหนักก่อนอบมีค่า1.010 กรัมน้ำหนักหลังอบที่ความชื้นเป็นศูนย์มีค่า 0.888 กรัม ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเชื้อเพลิงเท่ากับ 13.971 เปอร์เซ็นต์ จากการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ได้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 16,987.562 กิโลจูลต่อกิโลกรัมจากการวัดกระแสไฟฟ้าของพัดลมขนาด 3 โวลต์ 6 โวลต์ และ 9 โวลต์ และหาค่าความเร็วลมจากแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์พัดลมโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมในการวัดพบว่า ที่พัดลมขนาด 3โวลต์ มีกระแสไฟฟ้า 0.00015 แอมแปร์ มีความเร็วลม 7.17 เมตรต่อวินาที ที่พัดลมขนาด 6 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้า 0.0003 แอมแปร์ มีความเร็วลม10.05 เมตรต่อวินาที และที่พัดลมขนาด9 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้า 0.00041 แอมแปร์มีความเร็วลม 12.12 เมตรต่อวินาที

จากการทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้ของพัดลมแต่ละขนาด จำนวน 3 ครั้ง โดยการทดสอบการเดือดของน้ำแสดงผลดังตารางที่ 1และตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก

ตารางที่ 1แสดงผลการทดลองการต้มน้ำเดือด (WBT) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้

ขนาดพัดลม (V)	ครั้งที่	พลังงานที่ได้จากพัดลม (kJ)	มวลเชื้อเพลิง (ไม้) (kg)	มวลน้ำเริ่มต้น (kg)	อุณหภูมิน้ำเดือด (°C)	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (°C)	มวลที่น้ำระเหย (kg)	มวลเถ้า (kg)	ระยะเวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ (%)
3	1	0.004	0.300	1	100	29.5	0.22	0.010	14	15.278
	2	0.004	0.300	1	100	33.7	0.25	0.010	14	16.241
	3	0.004	0.300	1	100	35.4	0.22	0.010	14	14.799
	เฉลี่ย	**0.004**	**0.300**	**1**	**100**	**32.86**	**0.23**	**0.010**	**14**	**15.439**
6	1	0.016	0.300	1	100	30.8	0.18	0.010	11	13.537
	2	0.016	0.300	1	100	34.9	0.19	0.010	12	13.536
	3	0.016	0.300	1	100	35.4	0.18	0.010	11	13.061
	เฉลี่ย	**0.016**	**0.300**	**1**	**100**	**33.7**	**0.183**	**0.010**	**11**	**13.378**
9	1	0.032	0.300	1	100	33.4	0.15	0.010	10	11.920
	2	0.032	0.300	1	100	35.6	0.14	0.010	9	11.307
	3	0.032	0.300	1	100	37	0.14	0.010	9	11.194
	เฉลี่ย	**0.032**	**0.300**	**1**	**100**	**35.3**	**0.14**	**0.010**	**9**	**11.474**

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองการต้มน้ำเดือด (WBT) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก [2]

มวลเชื้อเพลิง(ไม้) (kg)	มวลน้ำเริ่มต้น (kg)	อุณหภูมิน้ำเดือด (°C)	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (°C)	มวลที่น้ำระเหย (kg)	ระยะเวลาที่ทำให้น้ำเดือด (นาที)	ประสิทธิภาพ (%)
0.300	1	100	35	0.29	38	18.003

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ไม่ติดพัดลมที่มีประสิทธิภาพเท่ากับ 18.003 เปอร์เซ็นต์ [2] กับเตาแก๊สชีวมวลที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้ ที่ขนาดพัดลม 3, 6 และ 9 โวลต์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 15.439, 13.378 และ 11.474 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า เตาแก๊สชีวมวลที่ไม่ติดพัดลมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเนื่องจาก ไม่มีการสูญเสียความร้อนไปสู่อากาศและไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการเผาไหม้ ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้ต่อเนื่องได้นานกว่าทำให้น้ำเดือดนานกว่าจึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาที่ทำให้น้ำเดือดจะนานกว่าเตาแก๊สชีวมวลที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่ใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการเผาไหม้ที่มีขนาดพัดลม 3 และ 6 โวลต์ พบว่า อุณหภูมิของน้ำในช่วงนาทีที่ 0-9 อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและนาทีที่ 10-20 อุณหภูมิของน้ำเริ่มเดือด และหลังจากนาทีที่ 20 นั้นอุณหภูมิลดลงมาอย่างต่อเนื่อง ระยะเวลาที่ทำให้น้ำเดือด 10 นาที ซึ่งขนาดพัดลม 3 โวลต์จะมีประสิทธิภาพเท่ากับ 15.44%และที่ขนาดพัดลม 6 โวลต์จะมีประสิทธิภาพเท่ากับ 13.38%ขนาดพัดลม 9 โวลต์พบว่า อุณหภูมิของน้ำในช่วงนาทีที่ 0-11 อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและนาทีที่ 12-30 อุณหภูมิของน้ำเริ่มเดือด และหลังจากนาทีที่ 31 นั้นอุณหภูมิลดลงมาอย่างต่อเนื่อง ระยะเวลาที่ทำให้น้ำเดือด 18 นาที จะมีประสิทธิภาพเท่ากับ 11.47%จะเห็นได้ว่าที่พัดลมขนาด 3 โวลต์จะมีความเร็วลมที่น้อยจึงทำให้ปฏิกิริยาในการเผาไหม้เป็นไปอย่างช้าๆทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดและสามารถนำมาใช้งานจริงได้

6. สรุปผลการวิจัย

เมื่อทดสอบเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กที่กำหนดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3 โวลต์ 6 โวลต์ และ 9 โวลต์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ15.44% 13.38% และ 11.47% และสามารถทำให้น้ำเดือดได้ในเวลา 14 นาที 11 นาที และ 9 นาที ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็กแปรผกผันกับสมรรถนะความร้อน ถ้าต้องการให้น้ำเดือดเร็วต้องยอมสูญเสียประสิทธิภาพลง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เตาแก๊สชุมชนบ้านเมืองเชียงใหม่. 2(17 มกราคม 2553).
[2] ฟลอริดา คล้ายแจ้ง ฐิติพร เจาะจง และพิสิษฎ์ มณีโชติ“การทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลขนาดเล็ก” วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเพรชบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4หน้า 102-105พ.ศ. 2557
[3] ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้“เทคโนโลยีเตาแก๊สชีวมวล”เข้าถึงได้จาก: www.clinictech.most.go.th. (ม.ป.ป.)(วันที่สืบค้นข้อมูล 26 สิงหาคม 2557)
[4] อนุตรจำลองกุล”พลังงานหมุนเวียน” บริษัทโอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ หน้า 131-140 พ.ศ. 2545
[5] ธีรพจน์ พุทธิกีฏกวีวงศ์“เตาหุงต้มชีวมวล” หน้า 24 พ.ศ. 2550

O-CT09

สมรรถนะทางความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบนที่ใช้ผงคาร์บอนผสมน้ำเป็นสารทำงาน

Thermal Performance of Flat Two Phase Closed Thermosyphon Air preheater with carbon nanoparticles mixed water as working fluid

วสันต์ ศรีเมือง[*1] การัณย์ หอมชาติ[1], วิชัย กนกพิทยากร[1] และไพรัชต์ ดิฐคณารักษ์กุล[1]
[*1]ห้องปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
Email: wasan.sr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบน (FTPCT) ที่ใช้น้ำผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนเป็นสารทำงาน ท่อทองแดงมาตรฐานหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 mm ยาว 980 mm ถูกบีบในแม่พิมพ์เพื่อลดพื้นที่หน้าตัดให้เป็นท่อหน้าตัดแบน ซึ่งมีค่าความแบนเป็น y= 15 mm การทดลองได้นำส่วนทำระเหยของ FTPCT จุ่มในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ T_b = 80°C ใช้อากาศอุณหภูมิห้องทดลอง (29 ± 1°C) และความเร็ว 1.0 m/s เพื่อระบายความร้อนออกจากส่วนควบแน่น ผลการทดลองพบว่าเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCTนี้ สามารถเพิ่มอุณหภูมิของอากาศได้สูงถึง ΔT = 26.80°Cค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)สูงสุดของ FTPCT คือ 370.22 W/m^2 °Cซึ่งต่ำกว่าค่าในรายงานวิจัยของ Ongและคณะค่าความต้านทานความร้อนของ FTPCT ลดลง 43.43%เมื่อผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนเข้ากับน้ำซึ่งใช้เป็นสารทำงานค่าประสิทธิผลของ FTPCTกรณีใช้น้ำผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโน, กรณีใช้น้ำ และกรณีไม่เติมสารทำงานมีค่าเป็น 0.73, 0.68 และ 0.19 ตามลำดับ

ความสำคัญ: ท่อความร้อน, อนุภาคนาโน, ประสิทธิผล, เครื่องอุ่นอากาศ

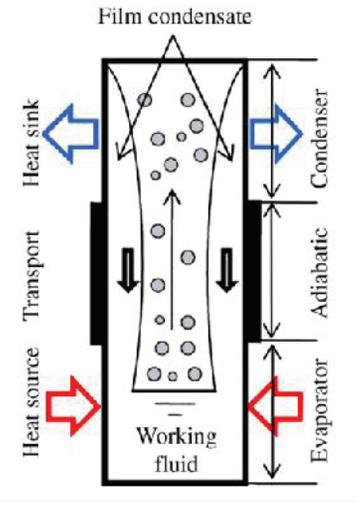
Abstract

This research presents thermal performance of flat two phase closed thermosyphon (FTPCT) air preheaterwith carbon nanoparticles-water mixture as working fluid. A circular standard copper tube with inside diameter of 25 mm and the length of 980 mmwas reformed its cross sectional area for flattened tube, is y = 15 mm.The experiments were performed with the evaporator was immersed in hot water with T_b =80°C, and ambient air in the test room with temperature of 29 ± 1°C was used for cooling of the condenser with constant velocity of 1.0 m/s.The results indicated that the FTPCT air preheater can be warmed the air up to ΔT = 26.80°C. The maximum values of overall heat transfer coefficient (U) of the FTPCT air preheater was 370.22 W/m^2°C, which is lower than the value in research of Ong et al. The thermal resistance of FTPCT isreduced by added the carbon nanoparticles in liquid water that apply for working fluidaround 43.43%.The effectiveness of the FTPCT with carbon nanoparticles-water, with water, and without working fluid were 0.73,0.68 and 0.19, respectively.

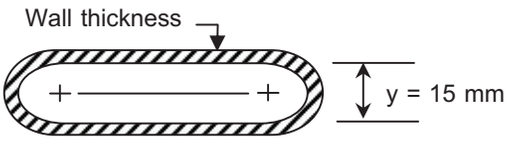
Keyword: heat pipe, nanoparticles, effectiveness, air preheater

1. บทนำ

เทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบน (Flat Two Phase Closed Thermosyphon, FTPCT)หรือท่อความร้อนที่ไม่มีไส้ (Wickless heat pipe) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้สำหรับการระบายความร้อนจากอุปกรณ์ที่ต้องการระบายความร้อนหรือใช้กับระบบที่ต้องการให้มีการกระจายอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ FTPCT ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนทำระเหย (evaporator section) ส่วนกันความร้อน (adiabatic section) และส่วนควบแน่น (condenser section) FTPCT ทำงานโดยอาศัยหลักการดูดรับความร้อนจากแหล่งความร้อนสูงถ่ายเทเข้าสู่สารทำงานที่บรรจุภายในส่วนทำระเหย หากสารทำงานดังกล่าวได้รับความร้อนเพียงพอแล้วจะกลายเป็นไอ ซึ่งสารทำงานที่กลายเป็นไอจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน (ส่วนระบายความร้อน หรือส่วนควบแน่นผ่านส่วนกันความร้อน) จากนั้นสารทำงานที่เป็นไอจะถูกถ่ายเทความร้อนออกไปยังแหล่งความร้อนต่ำที่นำมาระบายความร้อน เช่น น้ำหรืออากาศ ไอดังกล่าวนี้จะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลวไหลตกลงมาสู่ส่วนทำระเหยเพื่อรับความร้อนอีกครั้ง



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ FTPCT [1]
(ก) การทำงานของเทอร์โมไซฟอน (ข) หน้าตัดของ FTPCT

ปัจจุบันประเทศไทยมีการประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอนไม่มากนักและผู้เขียนสังเกตพบว่าเทอร์โมไซฟอนมีขีดจำกัดในการทำงานเนื่องจากการไหลสวนทางระหว่างไอของสารทำงานที่พุ่งขึ้นไปเพื่อระบายความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าขาดข้อมูลทางเทคนิค (technical data) ที่ใช้ในการออกแบบ (design) จึงทำให้มีนักวิจัยหลายท่านสนใจศึกษาเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของเทอร์โมไซฟอนด้วยวิธีการต่างๆ มากมาย รวมทั้งพยายามนำเสนอข้อมูลทางเทคนิคเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนแบ่งการนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็นสามประเด็นหลักๆดังนี้

ประเด็นแรกคือการนำผงโลหะที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนมาเป็นส่วนผสมกับสารทำงานที่เป็นของเหลวซึ่งรายละเอียดมีดังนี้ Paisarnและคณะ [2] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของท่อความร้อนโดยการใช้ของผสมระหว่างผงไทเทเนียมอนุภาคนาโนผสมกับสารทำความเย็น 11 (Titanium nanoparticles-R11) เป็นสารทำงาน โดยอนุภาคนาโนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 nm ผสมกับ R11 ด้วยเครื่อง Ultrasonic homogenizer สิ่งที่น่าสนใจในงานวิจัยนี้คือ การใช้สารทำงานที่เป็นของผสมระหว่างผงไทเทเนียมอนุภาคนาโนผสมกับสารทำความเย็น 11 นั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับท่อความร้อนได้มากกว่าการใช้ R11 อย่างเดียวถึง 1.4 เท่า งานวิจัยในลักษณะเดียวกัน Guoและคณะ [3] ศึกษาเชิงทดลองคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนขนาดเล็กโดยใช้ของผสมระหว่างผงทองแดงออกไซด์อนุภาคนาโนกับน้ำ(copper oxide nanoparticles-water) เป็นสารทำงาน ซึ่งเติมสารทำงาน 50% ของปริมาตรส่วนทำระเหย จากการทดลองของ[3] มีประเด็นน่าสนใจคือ การใช้ของผสมระหว่างผงทองแดงออกไซด์อนุภาคนาโนกับน้ำเป็นสารทำงานให้ค่าความต้านทานความร้อน (R) มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำอย่างเดียวเป็นสารทำงาน ซึ่งนั่นหมายความว่า สารทำงานที่เป็นของผสมระหว่างผงทองแดงออกไซด์อนุภาคนาโนกับน้ำเป็นผลให้ความร้อนสามารถถ่ายโอนเข้าและออกจากท่อความร้อนได้มากกว่าการใช้น้ำ Parametthanuwat และคณะ [4] ได้ทำการทดลองเพื่อสร้างสมการสหสัมพันธ์ของอัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดกลม (Conventional Two Phase Closed Thermosyphon, CTPCT) ที่ใช้ของผสมระหว่างผงเงินอนุภาคนาโนกับน้ำ(silvernanoparticles-water) เป็นสารทำงาน ความน่าสนใจงานวิจัยนี้คือ คุณสมบัติของสารทำงานนั้นมีผลอย่างยิ่งต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนของFTPCT และอีกงานวิจัยหนึ่งที่น่าสนใจ คืองานวิจัยของ Zhen และคณะ [5] ซึ่งได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อนของท่อความร้อนแบบ vapor chamber ซึ่งภายในท่อความร้อนถูกทำเป็นร่อง (groove) และใช้ของผสมระหว่างผงทองแดงอนุภาคนาโนผสมกับน้ำกลั่นเป็นสารทำงาน โดยใช้ผงทองแดงอนุภาคนาโนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 และ 20 nm ปริมาณความเข้มข้นของจำนวนอนุภาคนาโนเท่ากับ 0.5, 1.0 และ 1.2 wt% ผลการทดลองที่สำคัญพบว่าการใช้ผงทองแดงอนุภาคนาโนขนาดเส้นผ่านศูนย์เท่ากับ 20 nm และมีปริมาณความเข้มข้นของจำนวนอนุภาคนาโนเท่ากับ 1.0wt% นั้น มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) สูงสุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นที่สองคือ การศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ FTPCTนั้น Srimuangและคณะ[6] ได้ศึกษาด้วยทดลองหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของ FTPCT ที่มีขนาดความแบน 2.6, 4.6 และ 6.6 mm โดยทำการเปรียบเทียบกับ CTPCT ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.6 mm และใช้น้ำบริสุทธิ์, สารทำความเย็น 123 และเอทานอลเป็นสารทำงาน ซึ่งเติมสารทำงานในอัตราส่วน 20, 40, 60 และ 80% ของปริมาตรทั้งหมด จากการทดลองสรุปได้ว่าอัตราส่วนการเติมสารทำงานมีผลต่อฟลักซ์ความร้อน ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนสนทัศน์เป็นผลให้ฟลักซ์ความร้อนลดลง รวมทั้งการเปลี่ยนชนิดของสารทำงานก็ส่งผลต่อฟลักซ์ความร้อนเช่นกัน กล่าวคือ โดยการใช้สารทำความเย็น123 เป็นสารทำงาน

นั้นให้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุด และถ้าหากเปลี่ยนจากเอทานอลเป็นน้ำบริสุทธิ์จะให้ค่าฟลักซ์ความร้อนลดลง สิ่งที่สำคัญยังพบอีกว่า FTPCT ที่มีขนาดความแบน 4.6 mmที่เติมสารทำงาน 20% นั้น ให้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดเท่ากับ 32.5 kW/m^2 ซึ่งในขณะที่ค่าฟลักซ์ความร้อนของ CTPCT ที่อัตราการเติมสารทำงาน 60% ให้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดเพียงแค่ 27.5 kW/m^2 เท่านั้น และงานวิจัยในลักษณะใกล้เคียงกันเสนอโดยAmatachayaและ Srimuang[1] ซึ่งได้ศึกษาคุณลักษณะทางความร้อนของ CTPCT เปรียบเทียบกับ FTPCT โดยที่ CTPCT ทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 mm ยาว 980 mm ซึ่งFTPCT ทำจากท่อกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน และบีบท่อในแม่พิมพ์ให้มีขนาดความแบน (y) แตกต่างกันสามระดับ กล่าวคือ y เท่ากับ 7, 13 และ 17 mm แล้วเติมสารทำงาน (น้ำ) ปริมาณ 30, 60 และ 90% ของปริมาตรส่วนทำระเหย ในการทดลองได้จ่ายฟลักซ์ความร้อนเข้าส่วนทำระเหย 6-18 kW/m^2 และใช้น้ำอุณหภูมิบรรยากาศปกติ (26-29°C) เพื่อระบายความร้อนออกจากส่วนควบแน่นด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 200 LPM ผลการทดลองมีประเด็นน่าสนใจคือ FTPCT ที่มี y = 7 mm มีการกระจายอุณหภูมิที่ผิวสูงที่สุดและมีค่าการถ่ายโอนความร้อนออกสูงกว่าCTPCT

ประเด็นที่สามการประยุกต์ท่อความร้อนเพื่อนำพลังงานเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste heat recovery) โดยเฉพาะในกรณีการนำความร้อนจากน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เพื่ออุ่นอากาศก่อนไหลเข้าห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำนั้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้ได้ประโยชน์สองประการคือ ประการแรกทำให้ลดการใช้พลังงาน และประการที่สองทำให้ลดการปล่อยคาร์บอนมอนอ็อกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม ปัจจุบันเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบธรรมดา เช่น ท่อ-ครีบ (Fin and tube) หรือท่อ-ถัง (shell and tube) ถูกใช้เพื่อนำเอาความร้อนเหลือทิ้งจากไอเสียกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีค่าประสิทธิผลค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 0.30-0.50) และยังจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบสำหรับขับของไหลเพิ่มอีก ดังนั้นหากมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดอื่นที่มีประสิทธิผลทางความร้อนสูงมาแทนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนแบบเดิม ก็จะส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้สูงขึ้นได้การประยุกต์ใช้ท่อความร้อนเพื่อนำเอาความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่นั้นมีนักวิจัยหลายท่านที่ให้ความสนใจ มีดังนี้ Noie S. H. and Majidian G. R. [7] ได้ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบCTPCTสำหรับห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ชุดทดลองของเขาประกอบไปด้วยฮีตเตอร์ขนาด 1500 W และกำหนดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบCTPCTเท่ากับ 2.3 m/s จากงานวิจัยนี้เขาพบว่ามีประสิทธิผลเท่ากับ 0.16 ซึ่งผู้เขียนเห็นว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ ต่อมา Yangและคณะ [8]ได้ทำการศึกษาโดยการทดลองนำเอาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT ไปประยุกต์ใช้สำหรับนำเอาความร้อนปล่อยทิ้งไปกับไอเสียกลับมาใช้สำหรับอุ่นอากาศในห้องผู้โดยสาร เขาได้ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิของไอเสียไหลผ่านส่วนทำระเหยอยู่ในช่วง 100-300°C จากการศึกษานี้พบว่าCTPCT มีประสิทธิผล 0.28 จากนั้น Lukitubudiและคณะ [9]ได้ทำการออกออกแบบ สร้างและทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT เพื่อนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งจากไอเสียของปล่องควันมาใช้สำหรับการผลิตเบเกอรี่ ซึ่งทำงานอยู่ในระดับอุณหภูมิปานกลาง (ต่ำกว่า 300°C)เขาได้ทดลองในสภาวะความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านCTPCT ระหว่าง 1.5-5 m/s และความร้อนที่จ่ายให้กับส่วนทำระเหยระหว่าง 4-20 kW จากการทดลองของ[9] พบว่าประสิทธิผลทางความร้อนอยู่ระหว่าง 0.18-0.63 ต่อมา Habeebullah และคณะ [10] ได้เสนอรายงานวิจัยจากการนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งจากไอเสียของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CHP ในการทดลองของ[10] ได้กำหนดอุณหภูมิไอเสีย 300°Cเพื่อไหลผ่านส่วนทำระเหยของ CHPจากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าสามารถนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ใหม่ได้ 70-93% นอกจากนี้ Riffat and Gan[11] ได้รายงานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะทางความร้อนของ CHPต่างกันสามชนิดที่ใช้สำหรับการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ [11] ได้รายงานดังนี้ ความเร็วที่ไหลผ่านCHPมีความสำคัญมากต่อประสิทธิผล ซึ่งการเพิ่มความเร็วที่ไหลผ่าน CHP ทำให้ประสิทธิผลลดลง และค่าประสิทธิผลนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของครีบและการจัดเรียงของท่อความร้อนด้วย ต่อมา Noie[12] ได้ทำการตรวจสอบสมรรถนะทางความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อนกับอากาศเย็น [12] ได้ทดลองในเงื่อนไขดังนี้ อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลผ่านส่วนทำระเหยคือ 100-250°C ในขณะที่ความร้อนที่จ่ายให้กับส่วนทำระเหยเท่ากับ 18-72 kW และความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นเป็น 0.5-5.5 m/s ผลการทดลองเขาพบว่า ประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ CTPCT มีค่าเป็น 0.37-0.65

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT ที่ใช้น้ำผสมผงคาร์บอนระดับอนุภาคนาโนเป็นสารทำงานซึ่งเน้นการประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์นำความร้อนที่เหลือทิ้งจากน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้เพื่ออุ่นอากาศป้อนเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องกำเนิดไอน้ำซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการนำเอาความร้อนที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ให้ได้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการลดสภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วยรวมทั้งเพิ่มข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้งาน FTPCT สำหรับอุ่นอากาศด้วย

2. ทฤษฎี

2.1 ฟลักซ์ความร้อนถ่ายเทออกจาก FTPCT

บริเวณภายนอกท่อของส่วนควบแน่นของFTPCT ถูกสวมด้วยกระเปาะอากาศระบายความร้อน (cooling jacket) และภายนอกกระเปาะอากาศนี้ถูกหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนสูญเสีย อากาศอุณหภูมิห้องทดลองถูกบังคับให้ไหลภายในกระเปาะอากาศโดยใช้พัดลม (หรือกล่าวได้ว่า

อากาศนี้ไหลสัมผัสผนังด้านนอกของส่วนควบแน่น) ดังนั้นสารทำงานภายในส่วนควบแน่นของFTPCTซึ่งลอยมาจากส่วนทำระเหย จะเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศดังกล่าว จากนั้นสารทำงานที่เป็นไอจึงเกิดการกลั่นตัวที่บริเวณส่วนควบแน่น ฟลักซ์ความร้อน (q_{out}) ที่อากาศได้รับหรือสารทำงานถ่ายเทออก สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q_{out} = \frac{\dot{m}C_p\left(T_{air,out} - T_{air,in}\right)}{A_c} \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศระบายความร้อน (kg/s), C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kg°C), $T_{air,in}$ คือ อุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าของส่วนควบแน่น (°C) $T_{air,out}$ คือ อุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกของส่วนควบแน่น (°C) และAcคือพื้นที่ถ่ายเทความร้อนส่วนควบแน่น (m^2)

2.2 ความต้านทานความร้อนรวม (R_t)

ความต้านทานความร้อนรวม (R_t) เป็นค่าต้านทานการถ่ายเทความร้อนระหว่างแหล่งจ่ายความร้อนและแหล่งรับความร้อน ถ้าค่า R_t มาก แสดงว่า การถ่ายเทความร้อนภายใน FTPCT ไม่ดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า มีความต้านทานความร้อนสูง ในทางกลับกัน หากว่าค่า R_tต่ำ หมายถึงความร้อนเกิดการถ่ายเทจากส่วนทำระเหยไปยังส่วนควบแน่นได้ดี ดังนั้นการปรับปรุงลักษณะต่างๆ ของ FTPCT แล้วส่งผลให้ FTPCT มีค่า R_tต่ำนั้นเป็นสิ่งที่นักวิจัยหลายท่านต้องการในกรณีนี้นำ FTPCTมาใช้ถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำร้อนไปยังอากาศเย็น ค่า R_tคำนวณได้จากสมการ

$$R_t = \frac{T_{e,av} - T_{c,av}}{q_{out}} \quad (2)$$

เมื่อ $T_{e,av}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยผิวนอกท่อส่วนทำระเหย (°C), $T_{c,av}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยผิวนอกท่อส่วนควบแน่น (°C)และ q_{out} คือ ฟลักซ์ความร้อนถ่ายเทออกจากส่วนควบแน่น (kW/m^2)

2.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

Ongและ Alalhi[13]นำเสนอสมการสำหรับคำนวณหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของCTPCT ที่ใช้โอนถ่ายความร้อนจากน้ำร้อนไปยังน้ำเย็นอุณหภูมิห้องทดลองซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นท่อความร้อนเป็นแบบFTPCT ที่ถูกใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นเครื่องอุ่นอากาศที่รับความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำร้อนคอนเดนเสท (น้ำร้อน) ดังนั้นชุดทดลองจึงถูกออกแบบให้FTPCTระบายความร้อนออกจากส่วนควบแน่นด้วยอากาศอุณหภูมิห้องทอดลอง แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบสมการที่ใช้ในการคำนวณหา U สำหรับ FTPCT ดังนั้นในงานวิจัยนี้ยังคงใช้สมการเช่นเดียวกับสมการของ [13] ดังนี้

$$U = \frac{q_{out}}{(T_b - T_c)} \quad (3)$$

เมื่อ q_{out} คือ ฟลักซ์ความร้อนออกถ่ายเทออกจากส่วนควบแน่นของอุ่นอากาศ (kW/m^2), U คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($kW/m^{2o}C$), T_bคืออุณหภูมิของน้ำในอ่างน้ำร้อน (°C), T_cคืออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ส่วนควบแน่น (°C) โดยหาได้จากสมการ $T_c = (T_{air,out} - T_{air,in}) / 2$ เมื่อ$T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$ คืออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าและออกจากกระเปาะระบายความร้อน (°C) ของส่วนควบแน่น (°C) ตามลำดับ

2.4 ประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT

ประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ถ่ายเทได้จริงกับอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ ในกรณีที่ FTPCT ทำงานระหว่างน้ำร้อนอุณหภูมิคงที่กับอากาศอุณหภูมิห้องนั้น ยังไม่มีสมการที่แน่ชัดที่ใช้ในการคำนวณประสิทธิผล แต่อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยนี้งานวิจัยก่อนหน้านี้ Azad และ Geoola [14] ได้นำเสนอสมการสำหรับหาประสิทธิผลที่ส่วนทำระเหยของ CTPCT กรณีจำนวนชั้นของเครื่องอุ่นอากาศเท่ากับ1 ชั้น (หรือท่อเดียว) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้สมการของ [14] มาใช้ในการคำนวณ ซึ่งสมการเป็นดังนี้

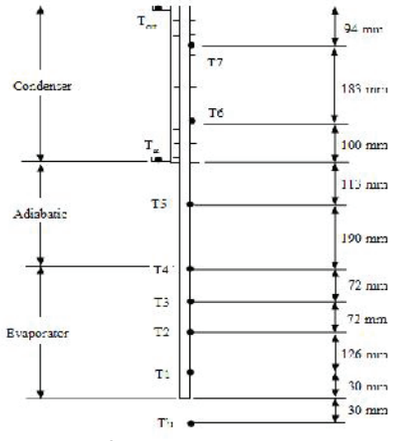
$$\varepsilon_1 = 1\text{-}\exp(\text{-}NTU) \quad (4)$$

เมื่อ ε_1 คือประสิทธิผลที่ส่วนทำระเหย, $NTU = UA / \dot{m}C_p$, U คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W/m^{2o}C$), A คือพื้นที่ของท่อความร้อนที่ส่วนระเหย(m^2), $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศไหลผ่านส่วนควบแน่น (kg/s),และ C_pคือค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (kJ/kg^oC)

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 ท่อความร้อนแบบ FTPCT

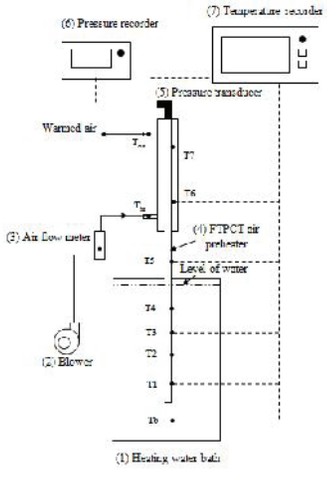
ผู้ทำวิจัยได้สร้างเครื่องอุ่นอากาศแบบFTPCTโดยที่ทำจากท่อทองแดงมาตรฐานหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 mm ยาวทั้งหมด980 mm ในความยาวดังกล่าวถูกจัดแบ่งเป็นส่วนทำระเหย L_e = 300 mm ส่วนกันความร้อน L_a = 300 mm ส่วนควบแน่น L_c = 380 mm ท่อดังกล่าวถูกบีบในแม่พิมพ์เพื่อลดพื้นที่หน้าตัดให้เป็นท่อหน้าตัดแบน ซึ่งมีค่าความแบนเป็น y= 15 mmบริเวณผิวนอกท่อของส่วนควบแน่นได้ติดครีบแบบวงแหวนหนา 1 mm จากนั้นสร้างกระเปาะสำหรับให้อากาศระบายความร้อนไหลผ่านส่วนควบแน่น ทำสุญญากาศก่อนเติมสารทำงาน ติดสายเทอร์โมคัปเปิ้ลจุดต่างๆ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ

3.2 ชุดทดสอบและอุปกรณ์

ท่อความร้อนแบบ FTPCT ทำงานระหว่างน้ำร้อนซึ่งเป็นแหล่งจ่ายความร้อน และอากาศเย็นในห้องทดลองซึ่งเป็นแหล่งรับความร้อน ชุดทดสอบสมรรถนะของ FTPCTแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรชุดทดสอบสมรรถนะของ FTPCT

ในรูปที่ 3 ประกอบไปด้วย 1. อ่างทำน้ำร้อน(Heating water bath), 2. พัดลมเป่าอากาศ (Blower) 3. เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ (Air flow meter) 4. เครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT 5. เครื่องวัดภายใน FTPCT แบบทรานสดิวเซอร์ (Pressure transducer) 6. เครื่องบันทึกค่าความดัน (pressure recorder) และ 7. เครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ (Temperature recorder) ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น DX200 ขนาด 24 ช่องสัญญาณ มีความแม่นยำ ± 0.1°C

3.3การทดลอง

เพื่อป้องกันความร้อนสูญเสียออกจาก FTPCTจึงได้ทำการหุ้มฉนวนบริเวณภายนอกของส่วนกันความร้อนและกระเปาะระบายอากาศไว้เป็นอย่างดี การทดลองเริ่มต้นด้วยเปิดพัดลมระบายความร้อนโดยให้อากาศไหลผ่านกระเปาะระบายอากาศด้วยความเร็วคงที่ V = 1.0 m/s จากนั้นเปิด

สวิทช์อ่างน้ำร้อนและปรับตั้งอุณหภูมิน้ำร้อนให้คงที่ 80°C ในงานวิจัยนี้ ได้พิจารณาพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็นพารามิเตอร์ควบคุมและเปลี่ยนแปลง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ควบคุมและเปลี่ยนแปลง

พารามิเตอร์ควบคุม	
	• ความเร็วไหลอากาศเย็นระบายความร้อนส่วนควบแน่น V=1.0 m/s • อุณหภูมิของอากาศระบายความร้อนประมาณ 29 ± 1°C • อัตราการเติมสารทำงานเท่ากับ 50% ของปริมาตรส่วนทำระเหย • ปริมาณความเข้มข้นระหว่าง Carbon nanoparticles-water เท่ากับ 1w/v% • อุณหภูมิน้ำร้อนที่ส่วนทำระเหยจุ่ม T_b= 80°C • ครีบแบบวงแหวนหนา 1 mmติดผนังท่อด้านนอกส่วนควบแน่น
พารามิเตอร์เปลี่ยนแปลง	
	• ชนิดสารทำงาน (1) ไม่เติมสาร (2) น้ำและ (3) Carbon nanoparticles-water

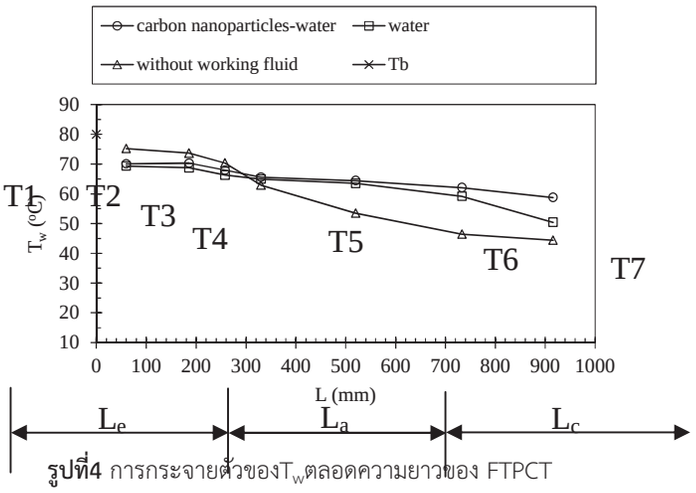
4. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองหาสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT นั้น ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 5 หัวข้อ ดังนี้ (1) การกระจายอุณหภูมิตามผิว (T_w) ตลอดความยาวของ FTPCT, (2) ฟลักซ์ความร้อน (q_{out}) ออกจาก FTPCT,(3)ความต้านทานความร้อนรวม (R_t), (4) อุณหภูมิอากาศอุ่น(T_{out}) ที่ได้จากเครื่องอุ่นอากาศ (5) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(U)และ (6)ค่าประสิทธิผลเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT

4.1 การกระจายอุณหภูมิตามผิว (T_w) ตลอดความยาวของ FTPCT

รูปที่4 แสดงการกระจายตัวของT_wตลอดความยาวของ FTPCT จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิช่วงความยาวส่วนทำระเหยมีค่าค่อนข้างคงที่ (T1-T4) ซึ่งลดลงเล็กน้อย จากนั้นอุณหภูมิ(T4-T7) จะลดลงมากขึ้นเนื่องจากบริเวณนี้อยู่ใกล้กับทางเข้าของอากาศระบายความร้อน จากรูปที่ 4 พบว่าจุดT7 มีอุณหภูมิต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นบริเวณส่วนบนสุดของส่วนควบแน่น ซึ่งความร้อนส่วนมากจะถูกถ่ายเทผ่านผนังของ FTPCT ที่ส่วนควบแน่นออกไปให้กับอากาศระบายความร้อนบ้างแล้ว หากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกรณีเติม carbon nanoparticles-water กับเติมน้ำเป็นสารทำงานพบว่าลักษณะการกระจายอุณหภูมิคล้ายกันมากซึ่งกรณีเติม carbon nanoparticles-water เป็นสารทำงาน มีค่าอุณหภูมิT_wของแต่ละจุดสูงกว่ากรณีเติมน้ำเพียงเล็กน้อย ลักษณะการกระจายตัวของT_wตลอดความยาวของ FTPCTกรณีไม่เติมสารทำงานนั้นพบว่ามีความชันมากที่สุด ค่าความแตกต่างระหว่างT1 กับ T7ในกรณีเติมcarbon nanoparticles-water, เติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงานมีค่าต่างกันเป็น 11.31°C, 18.90°Cและ 30.78°C ตามลำดับ

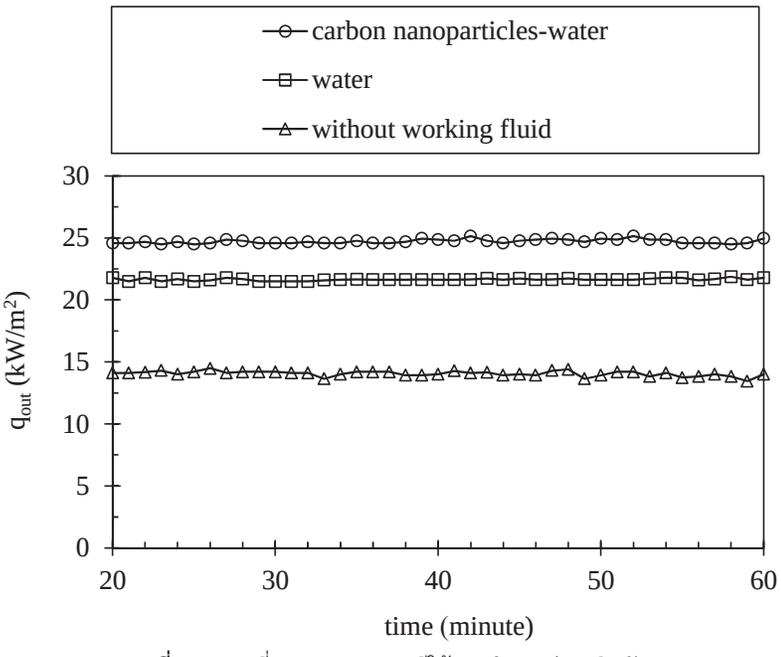
เมื่อนำผลการทดลองจากงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับผลงานวิจัยของ Ongและ Alalhi[13]พบว่าค่าการกระจาย T_wจากงานวิจัยนี้มีลักษณะคล้ายกัน ถึงแม้เงื่อนไขในการทดลองจะแตกต่างกันก็ตาม



รูปที่4 การกระจายตัวของT_wตลอดความยาวของ FTPCT

4.2 ฟลักซ์ความร้อน (q_{out}) ออกจาก FTPCT

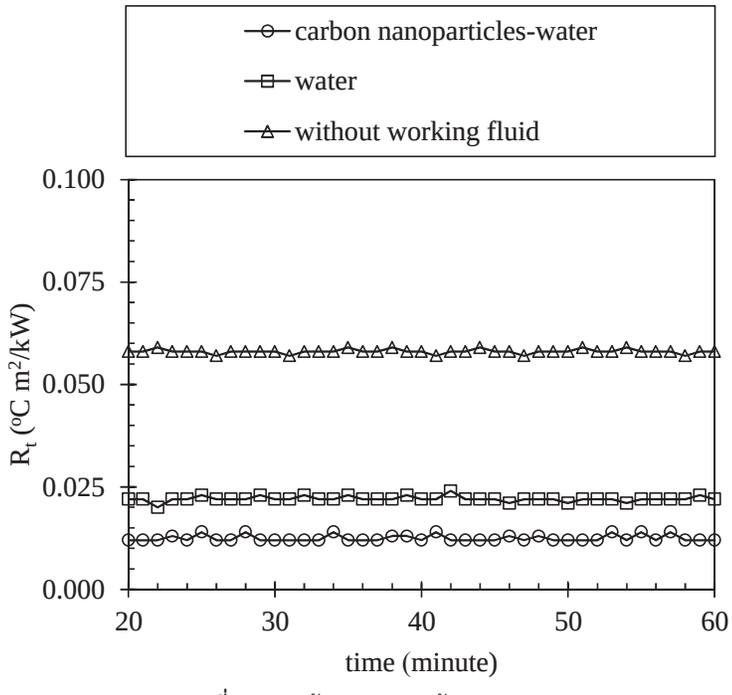
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เช่น ค่าของอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ระบายความร้อนที่ไหลเข้าส่วนควบแน่น (T_{in}) และออกจากส่วนควบแน่น (T_{out}) และพื้นที่ถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่นสามารถนำมาคำนวณหาค่าฟลักซ์ความร้อน (q_{out}) ที่ถ่ายเทออกจาก FTPCTได้โดยใช้สมการ (1) การเปลี่ยนแปลงq_{out}กรณีใช้สารทำงานต่างชนิดกันแสดงดังรูปที่ 5ผลการทดลองพบว่า กรณีเติมcarbon nanoparticles-water, เติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงาน นั้นให้ค่าq_{out}เฉลี่ยเป็น 24.72kW/m^2, 21.63kW/m^2 และ14.03kW/m^2ตามลำดับ



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงq_{out}กรณีใช้สารทำงานต่างชนิดกัน

4.3 ความต้านทานความร้อนรวม (R_t)

ฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากส่วนควบแน่น, อุณหภูมิเฉลี่ยส่วนทำระเหย และอุณหภูมิส่วนควบแน่น ถูกนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_t) ของ FTPCTรูปที่ 6 แสดงค่า R_tในกรณีเติมสารทำงานต่างชนิดกัน ซึ่งพบว่ากรณีที่เติมcarbon nanoparticles-water, เติมน้ำ, และไม่เติมสารทำงาน มีค่าR_tเป็น 0.012, 0.022และ 0.058°C m^2/kW ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่า การใช้ผงคาร์บอนผสมในน้ำที่เป็นสารทำงานใน FTPCT นั้น ให้ค่า R_tลดต่ำลงกว่ากรณีใช้น้ำอย่างเดียวเท่ากับ 43.43%



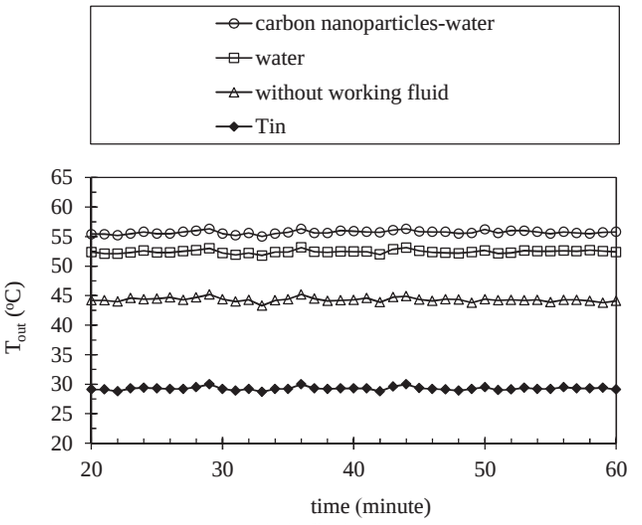
รูปที่ 6 ความต้านทานความร้อนรวม (R_t)

4.4 อุณหภูมิอากาศอุ่น (T_{out}) ที่ได้จากเครื่องอุ่นอากาศ

รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นที่ได้จากเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCTกรณีที่เติมcarbon nanoparticles-water, กรณีเติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงาน ซึ่งพบว่าอากาศอุณหภูมิ 29 ± 1°Cสามารถเพิ่มเป็น 56.80, 53.63 และ 45.10°C ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่าเครื่องอุ่นอากาศนี้ทำให้อากาศอุณหภูมิห้องทดลองเพิ่มขึ้นประมาณ 26.80, 23.63 และ 15.10°Cตามลำดับ

อุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะมีผลอย่างยิ่งต่อความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เนื่องจากว่าการอุ่นอากาศโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งอุณหภูมิ 26.80°C ที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นค่าที่ค่อนข้างสูงมาก โดยจะส่งผลต่อการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้นนั้นจะส่งผลต่อการปล่อยมลภาวะออกสู่สิ่งแวดล้อม และเป็นที่รู้จักกันดีว่าการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอ็อกไซด์ต่ำ

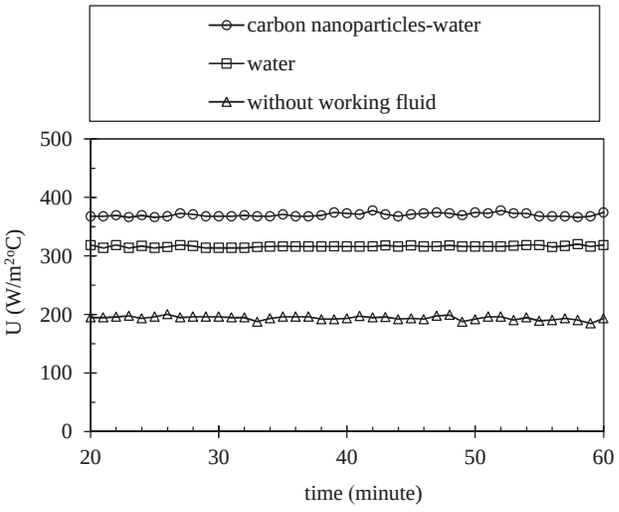
แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้เก็บข้อมูลของควันไอเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรทำวิจัยเพิ่มในประเด็นนี้เพื่อให้มีผลที่ชี้ได้ชัดเจนว่าเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้นมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 7 อุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นที่เครื่องอุ่นอากาศสามารถทำได้

4.5 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

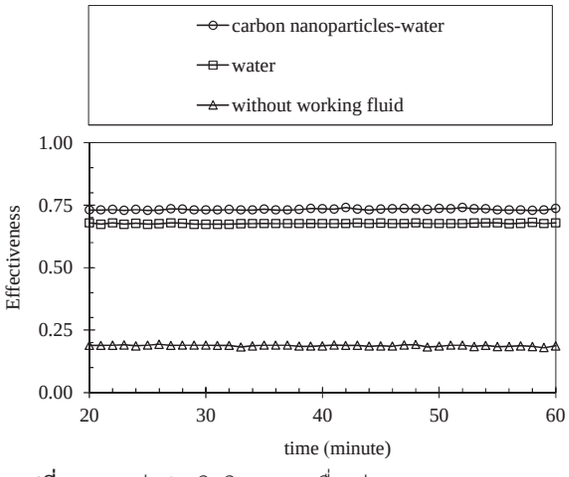
รูปที่8 แสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) กรณีใช้สารทำงานต่างชนิดกัน ซึ่งค่า U คำนวณจากสมการ (3) ผลการทดลองพบว่า FTPCT กรณีไม่เติมสารทำงาน, กรณีใช้น้ำ และกรณีใช้ carbon nanoparticles-waterเป็นสารทำงาน มีค่า U เป็น 193.69, 316.67 และ 370.22 W/m^2 °Cตามลำดับ และถ้าพิจารณากรณีเติมผงคาร์บอนลงในน้ำที่ใช้เป็นสารทำงาน พบว่าค่า U เพิ่มขึ้นจากกรณีเติมน้ำอย่างเดียวเป็นประมาณ 14.60% ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากผงคาร์บอนมีคุณสมบัติในการนำความร้อนสูง ซึ่งผงคาร์บอนผสมในน้ำที่ใช้เป็นสารทำงานมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงภายใน FTPCT ดังนั้นเป็นผลให้สารทำงานสามารถรับและคายความร้อนได้เพิ่มขึ้น อีกเหตุผล ถ้าหากพิจารณามวลของผงคาร์บอนและมวลของน้ำแล้วซึ่งมวลของผงคาร์บอนมีน้ำหนักมากกว่าและจะสะท้อนความจริงง่ายๆว่า ผงคาร์บอนจะตกจากส่วนควบแน่นมาสู่ส่วนทำระเหยได้เร็วกว่าน้ำ



รูปที่ 8 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

4.6 ค่าประสิทธิผลเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT

ในงานวิจัยนี้ได้นำสมการของ Azad และ Geoola [14] มาใช้สำหรับคำนวณหาประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศ โดยในสมการ (4) จะต้องใช้ค่า NTU ซึ่งผู้ทำวิจัยได้นำสมการที่ใช้หาค่า Uจากงานวิจัยของ Ongและ Alalhi [13] รูปที่ 9 แสดงค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCTซึ่งพบว่ากรณีเติมcarbon nanoparticles-waterเป็นสารทำงาน มีค่าประสิทธิผลสูงที่สุดคือ 0.73 ซึ่งมีประสิทธิผลสูงกว่ากรณีเติมน้ำเป็นสารทำงานประมาณ 8.39%



รูปที่ 9 แสดงค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCT

5. สรุปผล

จากการศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบเทอร์โมไซฟอนหน้าตัดแบน (FTPCT) ที่ทำงานระหว่างน้ำร้อนอุณหภูมิ80°C และอากาศอุณหภูมิห้อง29 ± 1°Cความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่น1 m/s โดยทำการทดลองในกรณีเติมcarbon nanoparticles-water, กรณีเติมน้ำ และ กรณีไม่เติมสารทำงานสามารถสรุปได้ดังนี้

- กรณีไม่เติมสารทำงาน, เติมน้ำ และเติม carbon nanoparticles-water เป็นสารทำงาน มีค่าการกระจายอุณหภูมิ T_w ต่างกัน ซึ่งกรณีเติมน้ำ และเติม carbon nanoparticles-water เป็นสารทำงาน มีลักษณะการกระจายอุณหภูมิคล้ายกันมาก โดยที่การเติม carbon nanoparticles-water มีความชันต่ำกว่ากรณีเติมน้ำ
- ฟลักซ์การถ่ายเทความร้อนที่ส่วนควบแน่น กรณีเติมcarbon nanoparticles-water, กรณีเติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงาน มีค่า q_{out}เฉลี่ยเท่ากับ 24.72 kW/m^2, 21.63 kW/m^2 และ 14.03 kW/m^{2}ตามลำดับ
- กรณีที่เติม carbon nanoparticles-water, กรณีเติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงาน มีค่าความต้านทานความร้อนรวม(R_t)เป็น 0.012, 0.022 และ 0.058 °Cm^2/kW ตามลำดับ

- เครื่องอากาศแบบ FTPCT กรณีที่เติมcarbon nanoparticles-water, กรณีเติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงาน สามารถอุ่นอากาศจากอุณหภูมิห้อง29 $\pm$ 1°Cเป็น 26.80, 23.63 และ 15.10°Cตามลำดับ
- FTPCT กรณีใช้ carbon nanoparticles-water,กรณีเติมน้ำ, และกรณีไม่เติมสารทำงานมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)เป็น370.22, 316.67 และ 193.69W/m^2°Cตามลำดับ
- เครื่องอุ่นอากาศแบบ FTPCTมีค่าประสิทธิผลการถ่ายเทความร้อนสงสุด 0.73 โดยการใช้ carbon nanoparticles-water เป็นสารทำงาน ให้ค่าประสิทธิผลสูงกว่ากรณีเติมน้ำเท่ากับ 8.39%

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Amatachaya, P. and Srimuang, W., **Comparative heat transfer characteristics of a flat two-phase closed thermosyphon (FTPCT) and a conventional two-phase closed thermosyphon (CTPCT).** International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(2010),293-98.

[2] Paisarn, N., Dithapong, T., and Pichai, A. **Heat pipe efficiency enhancement with refrigerant-nanoparticles mixtures**. Energy Conversion and Management, 50(2009), 772-76.

[3] Guo, S. W., Bin, S., and Zhen, H. L.,**Operation characteristics of cylindrical miniature grooved heat pipe using aqueous CuOnanofluids**. Experimental Thermal and Fluid Science, 34 (2010), 1415-1421.

[4] Parametthanuwat, T., Rittidech, S., and Pattiya, A.,**A correlation to predict heat-transfer rates of a two-phase closed thermosyphon (TPCT) using silver nanofluid at normal operating conditions**. International Journal of Heat and Mass Transfer, 53(2010), 4960-65.

[5] Zhen, H. L., Yuan, Y. L., and Ran, B.,**Compositive effect of nanoparticle parameter on thermal performance of cylindrical micro-grooved heat pipe using nanofluids**.International Journal of Thermal Sciences, 50 (2011), 558-68.

[6] Srimuang, W., Rittidech, S., and Bubphachot, B.,**Heat transfer characteristics of a vertical flat thermosyphon (VFT)**. Journal of Mechanical Science and Technology, 23(2010), 2548-54.

[7] Noie, S. H. and Majidian, G. R., **Waste heat recovery using heat pipe heat exchanger for surgery room in hospitals**, Applied Thermal Engineering, 20 (14), (2000), 1271-82.

[8]Yang, F., Yuan, X. and Lin, G., **Waste heat recovery using heat pipe heat exchanger for heating automobile using exhaust gas**, Applied Thermal Engineering, 23 (2003), 367-72.

[9] Lukitobudi, A. R., Akbarzadeh, A., Johnson, A. W., and Hendy P., **Design, construction and testing of a thermosyphon heat exchanger for medium temperature heat recovery in bakeries**, Heat Recovery Systems, 15 (5) (1995), 481-91.

[10] Habeebullah, M. H., Akyurt, M., Najjar, Y. S. H. and El-Kalay, A. K., **Experimental performance of a waste heat recovery and utilization system with a looped water in steel heat pipe**, Applied Thermal Engineering, 18 (1998), 595-07.

[11] Riffat, S. B. and Gan, G., **Determination of effectiveness of heat-pipe heat recovery for naturally-ventilated buildings**, Applied Thermal Engineering, 18 (1998), 121-30.

[12] Noie, S. H., **Investigated the thermal performance of an air to air thermosyphon heat exchanger**, Applied Thermal Engineering, 26 (2006), 559-67.

[13] Ong, K. S. and Alalhi, Md. H. E. **Performance of a R-134a-filled thermosyphon**. Applied ThermalEngineering, 23 (2003), 2373-2381.

[14] Azad, E. and Geoola, F. **A design procedure for gravity assisted heat pipe heat exchanger**. Heat Recovery System, 2 (1984), 101-11.

O-CT10

การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง

Performance Improvement of Solar Green House Dryer: Case study Thung Bo Paen Village Enterprise Group Hang Chat District Lampung.

วรานนท์ อินต๊ะธรรม[1*], วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ [1], รวิภา ยงประยูร [2]

[1]สถาบันพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ติดต่อ E-Mail: Waranon.intatam@gmail.com,เบอร์โทรศัพท์ 053 - 885-871, เบอร์โทรสาร 053 - 885-871

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตชุมชนเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้งานเครื่องอบแห้งที่ถูกออกแบบและติดตั้ง ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ซึ่งมีรูปร่างเป็นพาราโบลากว้าง 1.50 เมตร ความยาว 2 เมตร สูง 0.50 เมตร พื้นของเครื่องอบเทด้วยคอนกรีตเพื่อป้องกันไม่ให้มีความชื้นระเหยจากพื้นดิน โดยเครื่องอบแห้งดังกล่าวคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตซึ่งเป็นวัสดุโปร่งใสเพื่อทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก พร้อมทั้งติดตั้งพัดลมดูดอากาศโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาเซลล์ขนาด 12 วัตต์ เพื่อช่วยในการระบายความชื้นซึ่งเป็นพัดลมแบบ DC FAN SLEEVE BEARING 12 V-DC ขนาด 8x8 เซนติเมตร จำนวน 6 ตัว

ผลการวิจัยจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งที่พัฒนาแล้วนั้น พบว่าสามารถอบแห้งเห็ดนางฟ้าสดมวล 5 กิโลกรัม ให้เหลือเพียง 0.5 กิโลกรัม ด้วยระยะเวลาเพียง 6 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติโดยการตากแดดแบบธรรมชาติและการตากด้วยเครื่องอบที่ยังไม่พัฒนา ซึ่งใช้เวลา 12 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอบมีค่าเท่ากับ 26 % มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งเดิมก่อนที่จะทำการพัฒนาขึ้นใหม่ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นมานี้จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานอบแห้งของผู้ประกอบการในการแปรรูปเห็ดต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง, พลังงานแสงอาทิตย์, เรือนกระจก

1.บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมากไม่ว่าจะเป็นพลังงานไฟฟ้า น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและอื่นๆ พลังงานเหล่านี้ได้จากวัตถุดิบจากธรรมชาติที่ทับถมมากกว่า 40 ล้านปีซึ่งในอนาคตอาจจะหมดไปดังนั้น จึงมีผู้ที่มีความรู้จำนวนมากคิดค้นหาพลังงานทดแทนวัตถุดิบธรรมชาติดังกล่าว เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งความร้อนขนาดใหญ่ของโลกมนุษย์ ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มากมายหลายรูปแบบ ทั้งที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น หอรวมแสงเพื่อผลิตไฟฟ้า หรือแม้แต่ไม่พึ่งพาเทคโนโลยีเลย เช่น การตากแห้งโดยตรงจากแสงอาทิตย์ การอบแห้งหรือการตากแห้ง ถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ที่เก่าแก่มากวิธีการหนึ่งและมักจะใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่อดีตมนุษย์ มักจะไม่คำนึงรูปแบบ หรือต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้ง ทำให้พืชผลทางการเกษตร หรือวัตถุดิบที่ต้องการตากแห้ง ต้องใช้เวลานานกว่าจะใช้ประโยชน์ได้ และบางครั้งอาจเกิดความเสียหายแก่พืชผลทางการเกษตรเสียด้วยซ้ำ และบางฤดูกาลไม่สามารถตากแห้งได้ ก่อเกิดความเสียหายให้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาการของอาชีพการเพาะเห็ดในชุมชนบ้านทุ่งบ่อแป้นนั้น เกิดขึ้นตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2531 จากผู้ใหญ่บ้านถาวร มณียศ โดยผู้ใหญ่ได้ผ่านการอบรมการสร้างอาชีพเสริมด้วยการเพาะเห็ด จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำความรู้ที่ได้มาสร้างโรงเพาะเห็ดที่บ้านของตน ในช่วงปีแรกนั้นอาศัยแรงงานจากสมาชิกในครอบครัว ซึ่งต่อมาเมื่อเกิดผลกำไรจากการเพาะเห็ดจึงมีลูกบ้านสนใจที่จะเรียนรู้การเพาะเห็ดจากผู้ใหญ่บ้านถาวร มากขึ้น จนกลายเป็นกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น โดยในปัจจุบันมีหัวหน้ากลุ่มวิสาหกิจเพาะเห็ด คือ นายอรุณ ปินใจ และสมาชิกจำนวน 21 ครัวเรือน เฉลี่ยครัวเรือนละ 5 โรงเรือนที่การประกอบเพาะเห็ด ซึ่งระยะเวลาและประสบการณ์ที่ชุมชนมีต่อการเพาะเห็ดเท่ากับ 24 ปี ด้วยการเพาะเห็ด 5 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดขอนขาว เห็ดนางลม เป็นต้น

ตารางที่ 1 รายละเอียดผลผลิตเห็ดในชุมชน

ชนิดของเห็ด	ราคาขายต่ำสุด(บาท)	ราคาขายสูงสุด(บาท)	กำไรต่ำสุด(บาท)	กำไรสูงสุด(บาท)
เห็ดขอนขาว	32,000	50,000	-13,185	10,614
เห็ดขอนดำ	24,000	48,000	-13,185	10,614
เห็ดนางฟ้าขาว	24,000	45,000	-13,766	10,233
เห็ดนางฟ้าดำ	32,000	50,000	-13,766	7,233
เห็ดเป๋าฮื้อ	20,000	38,500	-17,842	4,157

จากตารางที่ 1 แสดงชนิดของเห็ดที่เพาะโดย กลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง มีจำนวน 5 ชนิด โดยมีราคาขายและกำไรที่แต่งต่างกันไปปริมาณของเห็ดที่ผลิตได้ตามฤดูกาล ทั้งนี้ กำไรจากการขายเห็ดนางฟ้าดำมีค่าต่ำที่สุด จากการขายผลผลิต

ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการแปรรูปเห็ดนางฟ้าขาวและนางฟ้าเห็ดดำ ด้วยเป้าหมายในการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มความหลากหลายให้กับเห็ดซึ่งเป็นผลิตผลหลักของกลุ่มวิสาหกิจ ด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและคุณลักษณะของสินค้า ลดปัญหาสินค้าเกษตรกินเนื้อที่มากและเน่าเสียง่าย อันเป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะในการแข่งขัน และถูกนำเสนอเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าเห็ดโดยใช้เทคโนโลยีซึ่งเป็นการหาทางออกร่วมกันระหว่างชุมชนและนักวิชาการด้วยการทำงานร่วมกันจนทำให้เกิดการแปรรูปเห็ดนางฟ้า 2 รูปแบบได้แก่ “เห็ดสมุนไพร” และ “เห็ดสวรรค์”

จากการใช้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ภายหลังการเปลี่ยนวัสดุคลุมเครื่องอบเป็นแผ่นโพลีคาร์บอนเนต และยังพบข้อบกพร่องในประเด็นของอุณหภูมิและการระบายความชื้นของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อใช้อบแห้งเห็ดในกระบวนการแปรรูปเป็นเห็ดสวรรค์ และเห็ดสมุนไพร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังกล่าวเพื่อให้สอดรับกับลักษณะการใช้งานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปางต่อไป

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตชุมชน ทดสอบสมรรถนะทางเทคนิคและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

3. ขอบเขตการวิจัย

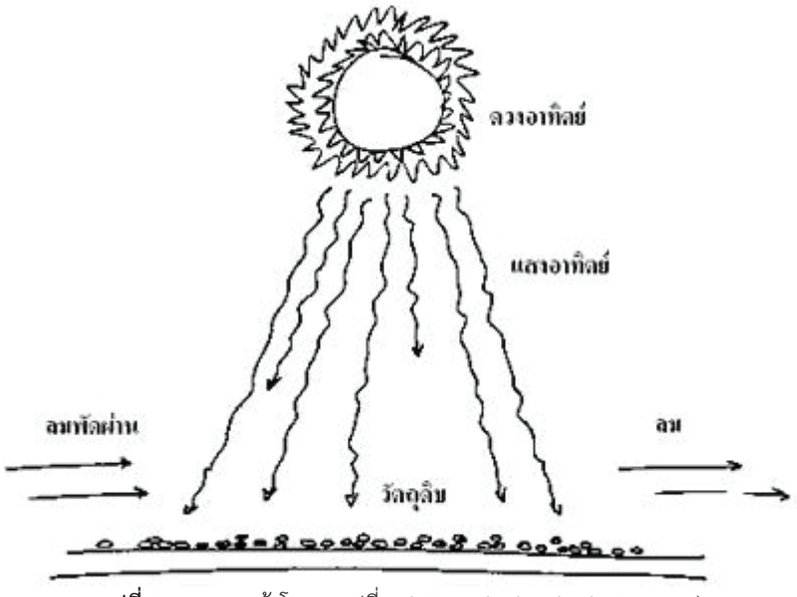
ศึกษาและพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปกยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง

4. ทฤษฎี สมมุติฐาน

การอบแห้ง เป็นการแยกน้ำออกจากวัตถุชื้น (moist material) โดยการทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำโดยอาศัยความร้อน สำหรับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรมักเป็นการอบแห้งแบบการพาความร้อน (convective drying) โดยจะเป่าอากาศร้อนผ่านผลิตผลที่เป็นวัตถุชื้น ความร้อนจากอากาศจะถูกถ่ายเทไปยังวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำในวัตถุจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและระเหยออกมา การถ่ายเทมวลของน้ำจากวัตถุชื้นไปยังอากาศจะหยุดเมื่อความดันไอน้ำที่ผิววัตถุเท่ากับความดันไอน้ำที่ผิววัตถุเท่ากับความดันไอน้ำในอากาศ

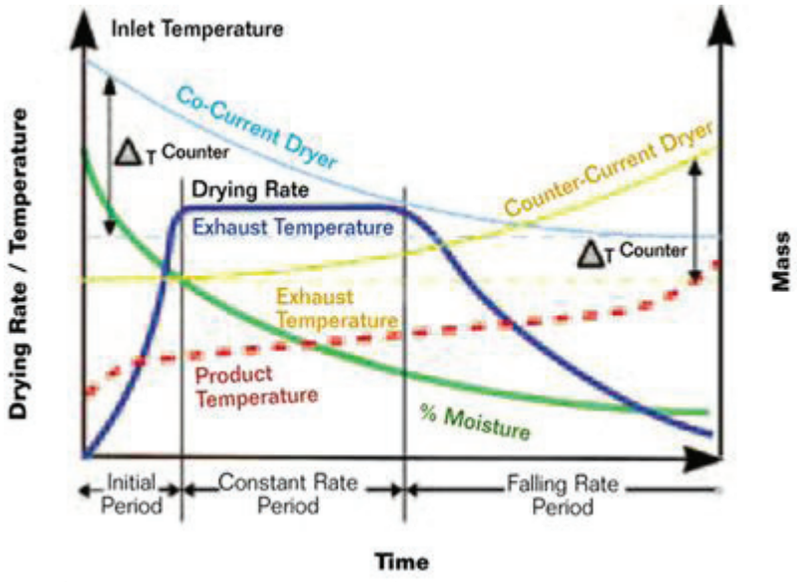
ดังนั้น การพัฒนาระบบการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย ลงทุนน้อย หรือแม้แต่ใช้งานได้ทุกฤดูกาล จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ เพื่อให้ผู้ผลิต หรือเกษตรกรของไทยได้มีผลผลิตที่มีคุณภาพ และขายได้ราคา และยังส่งผลต่อเศรษฐกิจโดยรวมของไทยด้วย

หลักการอบแห้ง (Drying)



รูปที่ 1 การตากแห้งโดยตรง (ที่มา:http://thailandindustry.com)

แนวกรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้จะปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตชุมชน เป็นกระบวนกำจัดความชื้น หรือน้ำ ในผลิตภัณฑ์ให้ลดลง ซึ่งอาหารหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน การกำจัดความชื้นในผลิตภัณฑ์ สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีการ และเครื่องอบแห้ง ของผู้ออกแบบ กระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง (Drying Curve) ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่ เช่น มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้งจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน และส่วนใหญ่เป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงเส้นกราฟของการอบแห้ง (ที่มา http://www.process-heating.com)

จากกราฟ ในรูปที่ 2 การอบแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Initial Period) ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) และช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period)

ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Initial Period) ของการอบแห้ง ช่วงนี้ วัสดุที่ใช้ในการอบแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่มาก ผิวของวัสดุจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อน ดังนั้น ช่วงเวลานี้ ความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งจึงไปเพิ่มอุณหภูมิให้กับวัสดุ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) จะเป็นช่วงที่สองของการอบแห้งอุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ ประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลม พลังงานความร้อนที่วัสดุได้รับจะใช้ในการระเหยความชื้นของวัสดุเท่านั้น ทำให้อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็น

สัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง ดังนั้น ช่วงนี้อัตราการระเหยจะคงที่ (Constant Drying Rate) การคำนวณอัตราการอบแห้งในช่วงนี้ สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$R_c = \frac{h_v}{\lambda}(T_v - T_i)$$ (สมการที่ 1)

เมื่อ RC คือ อัตราการอบแห้งในช่วงความเร็วคงที่

hv คือ สัมประสิทธิ์การเทความร้อน, W/m2 OC

Tv คือ อุณหภูมิของลมร้อน, OC

Ti คือ อุณหภูมิที่ผิวชิงวัสดุ เท่ากับ TW, OC

ช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period) ช่วงนี้ความชื้นที่ผิวของวัสดุจะเริ่มค่อย ๆ หมดไป เพราะ การถ่ายเทความชื้นจากด้านในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของความชื้นที่ผิวของวัสดุ ดังนั้น ที่ผิวของวัสดุจะเริ่มค่อย ๆ แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งของช่วงนี้จะค่อย ๆ ลดลงนั่นเอง การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของวัสดุลดลงถึงค่าความชื้นสมดุล ซึ่งความชื้นของวัสดุจะไม่ลดลงอีก ถึงแม้จะใช้เวลาในการอบแห้งนานเท่าไดก็ตาม

การคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนาระจก

จากสูตร $$\eta = \frac{m_w L}{A H_T N_D} x100$$ (สมการที่ 2)

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (%)

m_w คือ มวลของน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ (kg)

H_T คือ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเครื่องอบ (Kwh/m^2)

L คือ ความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำ (J/kg)

A คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)

N_D คือ จำนวนวันที่ต้องการใช้การอบแห้งแต่ละครั้ง (day)

4.1 การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Solar Drying)

เนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมีศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 18.2 MJ/m2-day และสืบเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พืชผลทางการเกษตรมากมาย ส่วนหนึ่งก็จำหน่ายในรูปของสด และบางส่วนก็ทำการอบแห้ง หรือตากแห้ง เพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการจัดเก็บ หรือความสะดวกต่อการขนส่ง การอบแห้งหรือตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกที่ของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลือกใช้ เนื่องจาก ต้นทุนต่ำ และง่าย มีอุปกรณ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

ปัจจุบันประเทศไทย หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ให้ความสำคัญกับการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เนื่องจากกระแสการอนุรักษ์พลังงาน และลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีรูปแบบพัฒนาหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น เครื่องอบแห้งแบบธรรมชาติ แบบบังคับ หรือแบบมีตัวรับรังสี แต่ยังไม่ได้รับความนิยมมากนักในระดับเกษตรกร ครัวเรือน หรือระดับชุมชน

เนื่องจากปริมาณการอบยังมีปริมาณน้อย ขาดการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสม และความไม่แน่นอนของปริมาณแสงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ตาม การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ยังข้อดีกว่าการใช้แหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น ๆ ซึ่งสามารถแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบการใช้การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น

รายการ	ความร้อนจากแสงอาทิตย์	เชื้อเพลิงน้ำเตา	ไฟฟ้า
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	ไม่มี	ราคาถูก(แนวโน้มเพิ่มขึ้น)	ราคาแพง
เงินลงทุนเครื่องอบแห้ง	ราคาแพง	ราคาปานกลาง	ราคาต่ำ
ระยะเวลาในการคุ้มทุน	ระยะเวลายาว แต่คุ้มทุน	ปานกลาง	ต่ำ
อายุการใช้งาน	ยาวนาน	ปานกลาง	ต่ำ
ค่าความร้อน-หน่วย	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
ความสะดวกในการใช้งาน	ง่ายและสะดวก	ปานกลาง	สะดวก
การประหยัดพลังงาน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	ปานกลาง	สิ้นเปลืองพลังงาน

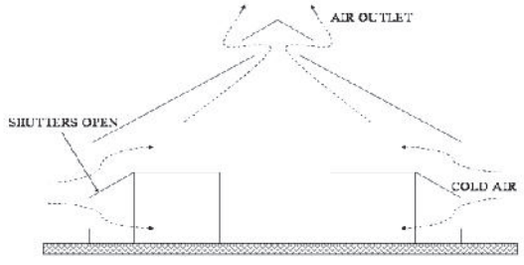
พื้นที่ในการติดตั้ง	ใช้พื้นที่มาก การติดตั้งยาก	ปานกลาง	น้อย
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ไม่มีผลกระทบ	ปานกลาง	น้อย

กระบวนในการอบแห้งหรือตากแห้งเป็นการระเหยน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไปให้เหลือปริมาณที่เหมาะสมซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสุดท้ายไม่เท่ากัน โดยอาศัยพลังงานความร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหย หรืออาจกล่าวได้ว่า พลังงานจากดวงอาทิตย์มีความร้อนอยู่ในแสงอาทิตย์ โดยปกติแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกจะประกอบด้วยรังสีต่าง ๆ 3 ช่วง คือ อัลตราไวโอเลต (UV) เป็นช่วงรังสีที่ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ และจะทำให้สีซีดจาง อัตราไวโอเลตมีประมาณ 3% ของแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์สามารถบ้างได้ตามลักษณะการไหลได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. อบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural-convection solar dryer) เครื่องอบแห้งแบบนี้ยังสามารถแบ่งได้ เป็น 2 ประเภท

ก. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (direct mode)

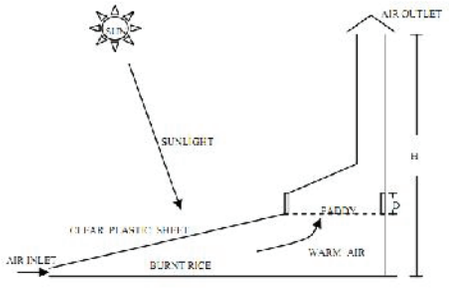
เครื่องอบแห้งแบบนี้ รังสีดวงอาทิตย์จะตกลงบนผลผลิตที่ต้องการอบแห้งโดยตรง ความชื้นจากผลิตผลจะถูกพาขึ้นไปด้านบนโดยการไหลของอากาศที่เกิดจากการพาความร้อนตามธรรมชาติ รังสีดวงอาทิตย์จะส่งผ่านวัตถุโปร่งแสง ซึ่งอาจเป็นพลาสติกหรือกระจกก็ได้ แผ่นโปร่งแสงดังกล่าวทำหน้าที่ปกป้องกันสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ทั้งยังป้องกันฝุ่นละออง ฝน และแมลงรบกวนต่าง ๆ ด้วย



รูปที่ 3 แสดงเรื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง (ที่มา: Sodha et al.,1987)

ข. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งทำงานโดยอาศัยการพาความร้อน แบบธรรมชาติ (Natural Convection) อากาศร้อนที่ได้จะลอยตัวและไหลผ่านผลผลิตที่ต้องการอบแห้ง

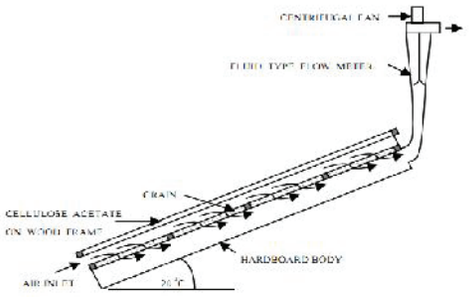


รูปที่ 4 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (ที่มา: Bala, 1998)

2. อบแห้งแบบร้อนโดยบังคับอากาศ (Forced-convection solar dryer)

ก. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง

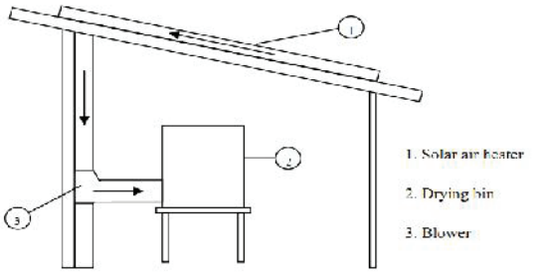
เครื่องอบแห้งแบบนี้ผลผลิตที่ต้องการอบแห้งจะรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อากาศร้อนจะถูกดูดผ่านผลิตผลโดยอาศัยพัดลมดังตัวอย่างในรูป 6.6



รูปที่ 5 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและใช้พัดลม (ที่มา: Sodha et al.,1987)

ข. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (indirect mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบซึ่งทำหน้าที่ผลิตอากาศร้อนแล้วเป่าหรือดูดผ่านส่วนที่บรรจุผลิตผล ซึ่งอยู่แยกส่วนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมและใช้พัดลมดูดอากาศ
(ที่มา: Thongprasert et al., 1985)

5. ผลงานวิจัยและการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมา

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว[1] และคณะได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่สามารถอบแห้งกระดาษจากการทดลองอบแห้งกระดาษสาและทำการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40°C ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32°C ความเร็วอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.45m/s ที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 740 W/m2 โดยที่กระดาษสามีความชื้นเริ่มต้น 900% มาตรฐานแห้ง ลดลงเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 6.5 มาตรฐานแห้ง และใช้เวลาในการอบแห้ง 2 ชั่วโมงซึ่งใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการตากแห้งแบบตั้งประมาณ 2 ชั่วโมง จากการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์พบว่ามีค่าเท่ากับ 53.14 %



รูปที่ 7 อบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์

วุฒิชัย เพียรโคตร[2] ได้ทำการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับอบแห้งกระชายดำในท้องที่ชนบทจังหวัดขอนแก่น เครื่องอบแห้งที่ได้พัฒนาขึ้นมีพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 1.25 ตารางเมตร ปิดทับด้วยกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร ปิดทับแผงรับแสงอาทิตย์ เอียงทำมุม 16 องศาเทียบกับแนวระดับ และฐานของเครื่องอบแห้งใช้หินกรวดขนาด 10-15 มิลลิเมตร เพื่อที่จะช่วยปรับปรับการดูดซับความร้อน ผนังทั้ง 2 ข้างของเครื่องอบแห้งปิดด้วยกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่รับแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงรับ

แสงอาทิตย์แบบถาดราบและทดสอบโดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบถาดเอียงโดยใช้หินเป็นแหล่งดูดซับความร้อนทั้ง 2 กรณี แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งแบบถาดราบสามารถอบกระชายดำ 0.3 kg จากความชื้นเริ่มต้น 65.41 % มาตรฐานเปียก ถึงความชื้นสุดท้าย 8.1% มาตรฐานเปียกภายในเวลา 8 ชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของระบบมีค่าเท่ากับ 20.49% ส่วนในกรณีการทดสอบโดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบถาดเอียงอบกระชายดำสด 0.3 kg ถูกทำให้แห้งจากความชื้นเริ่มต้น จากความชื้นเริ่มต้น 65.83 % มาตรฐานเปียก ถึงความชื้นสุดท้าย 8.08% มาตรฐานเปียกภายในเวลา 8 ชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของระบบมีค่าเท่ากับ 20.43% ผลการทดสอบทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน การตากแดดแบบธรรมชาติใช้เวลาถึง 3 วัน ดังนั้นเครื่องอบแห้งที่ได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

นางสาวกสิณา หน่อไชย และ นางสาววราภรณ์ จันตาคำ [3] ได้พัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาพัฒนากระบวนการแปรรูปเห็ดของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก เพื่อแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดเพิ่มมูลค่าผลผลิต โดยนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการตากเห็ดนางฟ้าซึ่งเป็นกระบวนการในการแปรรูปเห็ดสวรรค์และเห็ดสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ต.ปงยางคก อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก 2 ชั้น พบว่าการตากเห็ดนางฟ้าแบบธรรมชาติใช้เวลานานเพื่อพัฒนาศักยภาพในการแปรรูปเห็ดโดยพิจารณาจากศักยภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก เปรียบเทียบระหว่างตากแบบธรรมชาติและการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก อีกทั้งเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้แสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการแปรรูปเห็ดนางฟ้าด้วย พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจะใช้เวลาน้อยกว่าการตากแบบธรรมชาติจากเดิมใช้ 12 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 8 ชั่วโมง ส่วนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก พบว่ามีค่าประมาณ 2% และได้ทำการเผยแพร่โดยการติดตั้งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกไว้ที่บ้านผู้ประกอบการ เพื่อให้ผู้ประกอบได้ใช้เครื่องอบแห้งนี้ ทำผลิตภัณฑ์อบแห้ง เครื่องอบแห้งดังกล่าวได้รับการยอมรับจากผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถทำผลิตภัณฑ์อบแห้งในเชิงพาณิชย์ได้และส่งเสริมให้ชุมชนมีรายได้เสริมจากการแปรรูปเห็ด ส่วนการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเห็ดแปรรูป พบว่าเมื่อมีการลงทุนสำหรับประยุกต์ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก มียอดขายส่งอยู่ที่ 140 บาทหรือยอดขายปลีกอยู่ที่ 40 บาท มีระยะคืนทุนในราคาส่งอยู่ที่ 361.35 วัน และมีระยะคืนทุนในราคาปลีกอยู่ที่ 244.55 วัน/ตามลำดับด้วยเงินลงทุน 8,000 บาท และได้รับเงินสดสุทธิรายปีในราคาส่งอยู่ที่ 97,644 บาท/ปี ในขณะที่ราคาปลีก 145,644 บาท/ปี เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกใช้ระยะเวลาคืนทุนเร็วเพราะมีการลงทุนต่ำจึงใช้ระยะเวลาคืนทุนเร็ว ลักษณะของเครื่องอบแห้งแสดงไว้ในรูปที่ 9

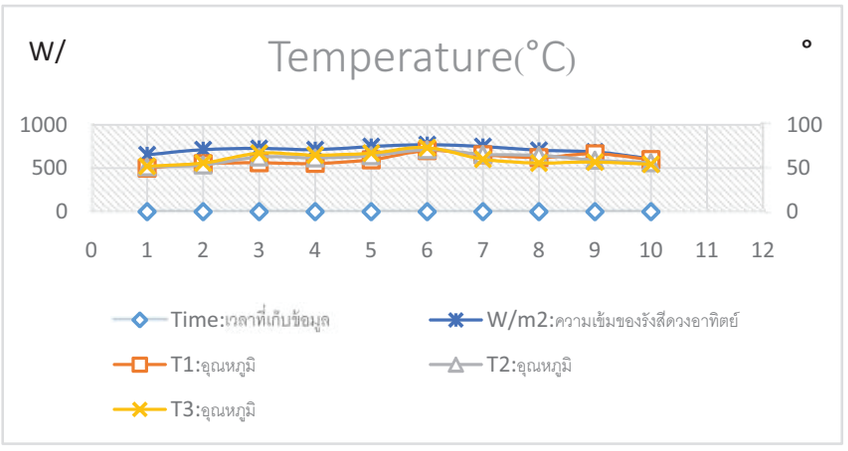


รูปที่ 8 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

6. ผลการดำเนินงานวิจัย

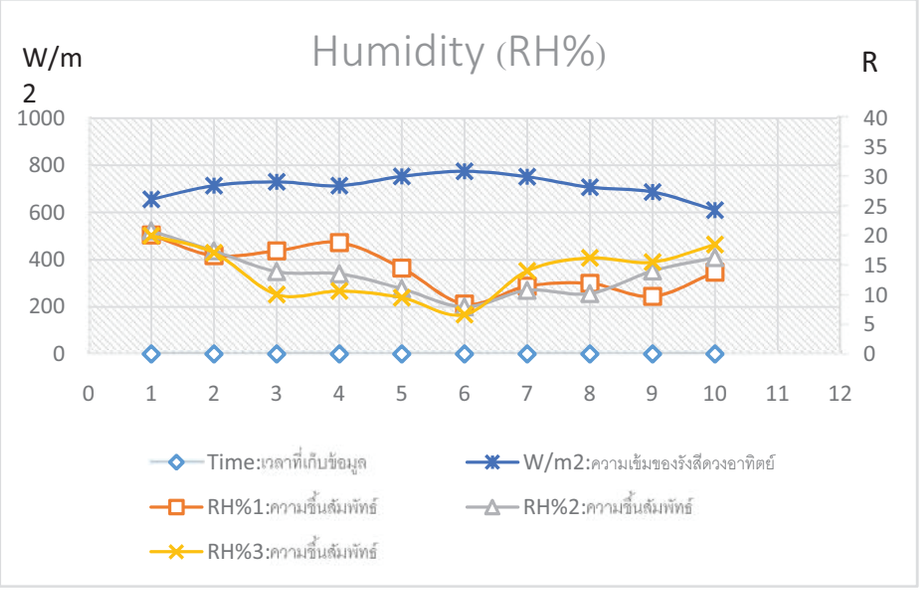
6.1.ผลการทดลองเมื่อไม่มีภาระ

ในการทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้ง แสดงผลการทดลอง ได้ดังนี้



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ แต่ละตำแหน่งต่างๆ และความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา

จากกราฟได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ แต่ละตำแหน่งต่างๆ และระหว่างค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก มีอุณหภูมิ 50.1°C - 74.0°C ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. โดยบริเวณกึ่งกลางอบแห้งจะมีอุณหภูมิที่สูงสุด 74.0°C เนื่องจากพลังงานที่ตกกระทบลงบนแผ่นโพลีคาร์บอเนตซึ่งเป็นวัสดุโปร่งใสเพื่อทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก พร้อมทั้งติดตั้งพัดลมดูดอากาศโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาเซลล์ขนาด 12 วัตต์ เพื่อช่วยในการระบายความชื้นซึ่งเป็นพัดลมแบบ DC FAN SLEEVE BEARING 12 V-DC ในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงความชื้นสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตำแหน่งต่างๆ และความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา

ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ แต่ละตำแหน่งต่างๆ และค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของวัน พบว่าความเข้มแสงของรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก มีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 24..2% - 0.80% ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในบริเวณกึ่งกลางอบแห้งจะมีอุณหภูมิที่สูงสุด 74.0°C จะทำให้ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว

6.2. ผลการทดลองอบแห้งแบบเรือนกระจกด้วยเห็ดนางฟ้า

ผลการทดลองนั้น พบว่าสามารถอบแห้งเห็ดนางฟ้าสดมวล 5 กิโลกรัม ให้เหลือเพียง 0.5 กิโลกรัม ด้วยระยะเวลาเพียง 6 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติโดยการตากแดดแบบธรรมชาติและการตากด้วยเครื่องอบที่ยังไม่พัฒนา ซึ่งใช้เวลา 12 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งเดิมก่อนที่จะทำการพัฒนาขึ้นใหม่ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นมานี้จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานอบแห้งของผู้ประกอบการในการแปรรูปเห็ดดังรูปที่ 12 – 13



รูปที่ 12 เริ่มการอบแห้ง

รูปที่ 13 หลังจากการอบแห้ง

7. ผลการวิเคราะห์

ผลการทดลองอบแห้งแบบเรือนกระจกด้วยเห็ดนางฟ้า 10 กิโลกรัม ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยให้น้ำหนักรวมอยู่ที่ 0.50 กรัม ในช่วงเวลา 1 วัน วันละ 10 ชั่วโมง ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนพัดลมดูดอากาศโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาเซลล์ เพื่อช่วยในการระบายความชื้นซึ่งเป็นพัดลมแบบ DC FAN SLEEVE BEARING 12 V-DC ขนาด จำนวน 6 ตัว ตัวละ 1.5 วัตต์ ดังนั้นในการอบแห้งจะมีการใช้พลังงานทั้งหมด 0.409 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง และการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกในช่วงเวลาค่าเฉลี่ยประมาณ 26% ดังนั้นในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบเรือนกระจกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยประมาณ 10% ต่อการอบแห้งแต่ละครั้ง

8. สรุปผลการวิจัย

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตชุมชน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้งานเครื่องอบแห้งที่ถูกออกแบบและติดตั้ง ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ซึ่งมีรูปร่างเป็นพาราโบลากว้าง 1.50 เมตร ความยาว 2 เมตร สูง 0.50 เมตร พื้นของเครื่องอบเทด้วยคอนกรีตเพื่อป้องกันไม่ให้มีความชื้นระเหยจากพื้นดิน โดยเครื่องอบแห้งดังกล่าวคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตซึ่งเป็นวัสดุโปร่งใสเพื่อทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก พร้อมทั้งติดตั้งพัดลมดูดอากาศโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาเซลล์ขนาด 12 วัตต์ เพื่อช่วยในการระบายความชื้นซึ่งเป็นพัดลมแบบ DC FAN SLEEVE BEARING 12 V-DC ขนาด 8x8 เซนติเมตร จำนวน 6 ตัว ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งที่พัฒนาแล้วจากการคำนวณ

พบว่าสามารถอบแห้งเห็ดนางฟ้าสดมวล 5 กิโลกรัม ให้เหลือเพียง 0.5 กิโลกรัม มีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 710 W/m^2 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก มีอุณหภูมิ 50.1°C - 74.0°C ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. โดยบริเวณกึ่งกลางอบแห้งจะมีอุณหภูมิที่สูงสุด 74.0°C ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของเห็ดสดลดลงอย่างรวดเร็วระหว่าง 24..2% - 0.80% ด้วยระยะเวลาเพียง 6 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติโดยการตากแบบธรรมชาติและการตากด้วยเครื่องอบที่ยังไม่พัฒนา ซึ่งใช้เวลา 12 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอบมีค่าประมาณ 26% มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งเดิมก่อนที่จะทำการพัฒนาขึ้นใหม่ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นมานี้จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานอบแห้งของผู้ประกอบการในการแปรรูปเห็ดต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และได้รับทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม(พวอ.) รุ่นที่ 2 ประจำปี 2557 กองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

[1] ฉัทนา พันธุ์เหล็ก และคณะ “การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องอบแห้งลำไยโดยการติดตั้งแผงรังแสงอาทิตย์”รายงานโครงการคณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548

[2] อนิรุทธิ์ ต่ายขาวและคณะ “ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์”รายงานโครงการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2548

[3] วุฒิชัย เพียรโคตร “การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก”รายงานโครงการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553

O-CT11

การประเมินอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Assesment the temperature under the concrete roof tile by mathematical model

จิระศักดิ์ พุกดำ[1*], วิทยา พวงสมบัติ[1]

[1] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

E-mail:Jirasak_tee@windowslive.com, Withaya.pua@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต โดยหลังคาคอนกรีตที่ใช้ในการประเมินนั้นเป็นหลังคากระเบื้องคอนกรีต 2 แบบ คือ หลังคากระเบื้องคอนกรีตแบบเรียบ และหลังคากระเบื้องคอนกรีตแบบลอน การประเมินแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการเปลี่ยนแปลงมุมหลังคา 4 มุม คือ 10, 20, 30 และ 40 องศา ตามแนวระดับ อุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตมีค่าสูงสุดประมาณ 75°C ที่มุม 10 องศา และมีค่าต่ำสุดประมาณ 70°Cที่มุม 40 องศา จากผลการประเมินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตมีอุณหภูมิสูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

คำสำคัญ: “หลังคาคอนกรีต”; “อุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้อง”; “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์”

1. ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีค่อนข้างสูง รังสีอาทิตย์เหล่านั้นที่ส่องมายังโลกเมื่อตกลงมากระทบลงบนผิววัตถุชนิดต่างๆก็มักจะเกิดการสะสมความขึ้น มองย้อนกลับมายังที่อยู่อาศัยของเรานั้น หลังคาจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาคารบ้านเรือน เพราะได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยตรงและส่งผ่านความร้อนนั้นเข้ามายังผิวกระเบื้องหลังคา จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อน และถ่ายเทความร้อนเหล่านั้นเข้าไปสู่ตัวอาคาร บ้านเรือนนิรันดร์วัชโรดมและวิทยาพวงสมบัติ[1] ได้ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหลังคารับรังสีอาทิตย์ ซึ่งหลังคาชั้นบนเป็นคอนกรีตด้านล่างเป็นแผ่นยิปซั่ม มีช่องว่าอากาศ 10 เซนติเมตร และทำมุมรับรังสีอาทิตย์ที่ระดับ 30 องศา โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมผ่านผิวด้านบนของหลังคาตั้งแต่ 1.0,1.5และ2.0m/s ทำให้อุณหภูมิใต้หลังคาลดลง 3°Cอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านช้องว่างมีค่าลดลงประมาณ 5 m^3/hrทำให้ค่าความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านลดลงด้วย ต่อมา บัญญัติ พงษ์พิริยะเดชะ และ สักการ ราษีสุทธิ์[2] ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเร็วลมผ่านช่องว่างใต้แผ่นของหลังคาเหล็กเคลือบโลหะเทียบกับหลังคาเหล็กรีดแบบธรรมดาและแบบที่ติดฉนวนความร้อนด้วยหุ่นจำลองขนาดกว้าง0.80 xยาว2.00 xสูง0.70 m.หลังคาเหล็กรีดมีทั้งหมด5 แบบติดตั้งที่มุมเอียง10องศาแบบที่หนึ่งเป็นหลังคาเหล็กรีดธรรมดาแผ่นเดียวแบบที่สองเป็นหลังคาเหล็กรีดติดฉนวน PE COOL แนบลอนหลังคาแบบที่สามเป็นหลังคาเหล็กรีดติดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์สะท้อนรังสีความร้อนด้านล่างแบบที่สี่เป็นหลังคาเหล็กรีดติดซ้อนกันสองชั้นให้เกิดช่องว่างระบายอากาศแบบที่ห้าเป็นหลังคาเหล็กรีดติดซ้อนชั้นให้มีช่องว่างอากาศสูงขึ้นโดยเพิ่มฉนวนโฟมโพลีสไตรีน หนา50 mm.ระหว่างแผ่นผลการทดลองพบว่าหลังคาเหล็กรีดแบบที่ 5 เป็นแบบที่ลดการถ่ายเทความร้อนดีที่สุดในช่วงเวลากลางวันเมื่อเทียบกับหลังคาเหล็กรีดแบบที่ 1หลังคาเหล็กรีดแบบที่ 5สามารถลดอุณหภูมิใต้หลังคาได้มากสุดร้อยละ77.33 ปรีดา จันทวงษ์ และคณะ [3]ศึกษาการระบายอากาศตามธรรมชาติของบ้านด้วยปล่องหลังคาคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของบ้าน จำลองภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของกรุงเทพมหานครโดยทำการทดสอบกับที่ติดตั้งหลังคาทั่วไปและบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RCSC จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยบนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในบ้าน และห้องใต้หลังคาของบ้านที่ติดตั้งหลังคาทั่วไป จะมีค่าที่สูงกว่าบ้านที่ติดตั้งปล่องหลังคา RCSC และปล่องหลังคา RCSC ช่วยระบายอากาศจากในบ้านเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้นต่อมา ปรีดา จันทวงษ์ และบุญชอบ โสตประวัติ[4]ศึกษาทดสอบการลดภาระความร้อนและเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนระหว่างหลังคาคอนกรีตทั่วไปกับหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์ระบายอากาศห้องใต้หลังคาร่วมกับพดลมไฟฟ้ากระแสตรงทั้งสองแบบเพื่อศึกษาการป้องกันและลดภาระความร้อนและมวลความชื้นเข้าสู่ภายในตัวบ้านระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังคาคอนกรีตทั่วไปSRC และบ้านจำลองที่ติดตั้งหลังหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์ระบายอากาศห้องใต้หลังคาร่วมกับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงRSCAV1-2 โดยพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงของบ้านจำลองทั้งสองแบบได้รับพลังงานมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิอากาศและมวลความชื้นที่สะสมภายในห้องใต้หลังคาของบ้านSRC มีค่าสูงกว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคา RSCAV1-2อีกทั้งหลังคาRSCAV1-2ยังช่วยลดความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านได้ดีกว่าหลังคาSRC ประมาณร้อยละ38.4,56.45

บทความนี้ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของหลังคารับรังสีอาทิตย์โดยการปรับเปลี่ยนมุมเอียงของหลังคาที่ 10, 20, 30 และ 40 องศา ที่ทำมุมกับแนวระดับ

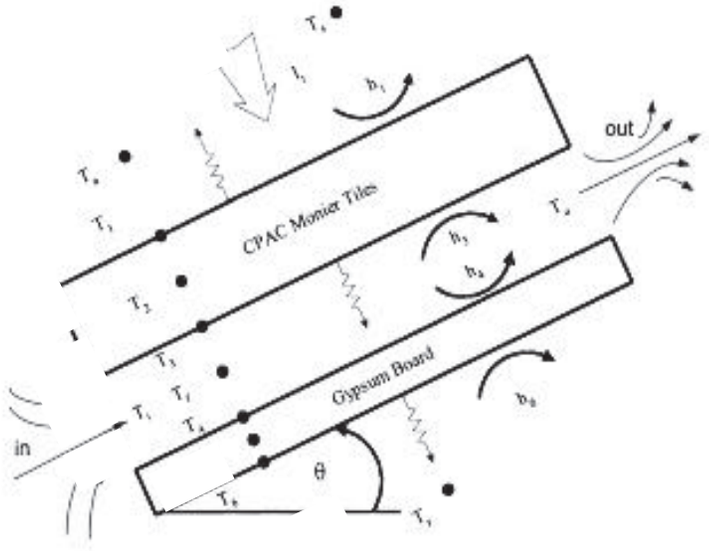
2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1.แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหลังคารับรังสีอาทิตย์

แบบจำลองสำหรับหลังคารับรังสีอาทิตย์ประกอบด้วย หลังคาชั้นบนเป็นหลังคากระเบื้องคอนกรีตและหลังคาชั้นล่างเป็นแผ่นยิปซั่ม ดังแสดงใน"รูปที่ 1" ซึ่งมีสมมติฐานในการสร้างแบบจะลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

- หลังคารับรังสีดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากันทั้งแผ่น
- ลมพัดผ่านตลอดหลังคารับรังสี
- การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบไม่คงที่
- ไม่คิดถึงฝุ่นละอองที่ติดบนหลังคา
- สมมติฐานการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบ 1 มิติ

T_a



รูปที่ 1: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หลังคารับรังสีอาทิตย์

จากสมมติฐานสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ ของการถ่ายเทความร้อนได้ดังนี้

2.2.กระเบื้องหลังคาคอนกรีต

$$\alpha_m I_t + h_w(T_a - T_1) + \varepsilon_n \sigma\left(T_s^4 - T_1^4\right) + k_m \frac{\partial T}{\partial X_n} = \rho_n c_n \frac{\Delta x_n}{2} \frac{\partial T_1}{\partial t} \quad (1)$$

เมื่อ I_t คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบหลังคา W/m^2

α_m คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนของกระเบื้องคอนกรีต

h_w คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลม$W/m^2 K$

ε_m คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของกระเบื้องคอนกรีต

σ คือ ค่าคงที่สเตฟันโบลท์มันต์$5.669x10^{-8} W/m^2 K^{-4}$

k_m คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน $W/m K$

ρ_m คือ ค่าความหนาแน่นของกระเบื้องคอนกรีตkg/m^3

c_m คือ ค่าความร้อนจำเพาะของกระเบื้องคอนกรีต $J/kg K$

Δx_m คือ ความหนา m

T_a คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม K

T_s คือ อุณหภูมิท้องฟ้า K

T_1 คือ อุณหภูมิด้านนอกกระเบื้องคอนกรีต K

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากลมที่ผิว ของกระเบื้องคอนกรีตสามารถคำนวณได้จาก [5]

$$h_w = 2.8 + 3.0 \times V_w \quad (2)$$

เมื่อ V_w คือ ความเร็วลม m/s^2

สำหรับการถ่ายเทความร้อนในเนื้อกระเบื้องคอนกรีต

$$\frac{1}{\alpha_m}\frac{\partial T_m}{\partial t} = \frac{\partial^2 T_m}{\partial x_m^2} \quad (3)$$

เมื่อ T_m คือ อุณหภูมิในเนื้อคอนกรีต K

t คือ เวลา s

ที่ด้านล่างของกระเบื้องคอนกรีต

$$k_n \frac{\partial T}{\partial X_n} + h_{c,3}(T_f - T_3) + \sigma \frac{(T_3^4 - T_4^4)}{\frac{1}{\varepsilon_m}+\frac{1}{\varepsilon_g}+1} = \rho_n c_n \frac{\Delta x}{2}\frac{\partial T_3}{\partial t} \quad (4)$$

เมื่อ ε_g คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของยิปซั่ม

$h_{c,3}$ คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านในของหลังคาคอนกรีต W/m^{2}K

T_f คือ อุณหภูมิที่อากาศไหลผ่านหลังคา K

T_3 คือ อุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของกระเบื้องคอนกรีต K

T_4 คือ อุณหภูมิด้านในของแผ่นยิปซั่มK

2.3.อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง

อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างสามารถสมดุลสมการพลังงานได้ดังนี้

$$h_{c,3}(T_3 - T_f) + h_{c,4}(T_4 - T_f) = \frac{\dot{m}_f c_p}{A_c}(T_o - T_i) \quad (5)$$

เมื่อ $h_{c,4}$ คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านนอกของแผ่นยิปซั่มW/m^{2}K

$\dot{m}$ คือ อัตราไหลเชิงมวล kg/s

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ J/kg.K

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน m^2

T_i คือ อุณหภูมิที่อากาศเข้าหลังคา K

T_o คือ อุณหภูมิที่อากาศออกหลังคา K

2.4.แผ่นยิปซั่ม

ที่ด้านบนของแผ่นยิปซั่ม

$$h_{c,4}(T_f - T_4) + \sigma \frac{(T_3^4 - T_4^4)}{\frac{1}{\varepsilon_m}+\frac{1}{\varepsilon_g}+1} + k_g \frac{\partial T_g}{\partial X_g} = \rho_g c_g \frac{\Delta x_g}{2}\frac{\partial T_4}{\partial t} \quad (6)$$

เมื่อ k_g คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นยิปซั่มW/m K

ρ_g คือ ความหนาแน่นของแผ่นยิปซั่มkg/m^3

c_g คือ ค่าความร้อนจำเพาะของแผ่นยิปซั่มJ/kg K

สำหรับการถ่ายเทความร้อนในเนื้อแผ่นยิปซั่ม

$$\frac{1}{\alpha_g}\frac{\partial T_g}{\partial t} = \frac{\partial^2 T_g}{\partial x_g^2} \quad (7)$$

เมื่อ α_g คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนของกระเบื้องคอนกรีต

T_g คือ อุณหภูมิในเนื้อยิปซั่มK

ที่ด้านล่างของแผ่นยิปซั่ม

$$h_{c,6}(T_f - T_6) + \varepsilon_g \sigma(T_r^4 - T_6^4) + k_g \frac{\partial T_g}{\partial X_g} = \rho_g c_g \frac{\Delta x_g}{2} \frac{\partial T_6}{\partial t} \quad (8)$$

อัตราการไหลของอากาศผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จาก

$$q_u = \frac{\dot{m} c_p}{A} (T_o - T_i) \quad (9)$$

เมื่อ q_u คือ อัตราการไหลของอากาศ kg/s

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ J/kg.°C

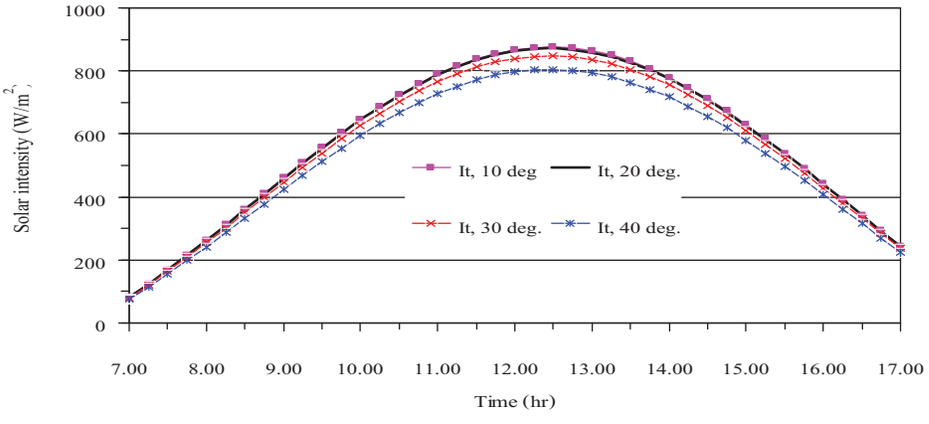
A คือ พื้นที่หน้าตัด m^2

T_i คือ อุณหภูมิที่อากาศเข้าหลังคา °C

T_o คือ อุณหภูมิที่อากาศออกหลังคา °C

3.ผลการทดลองและวิจารณ์

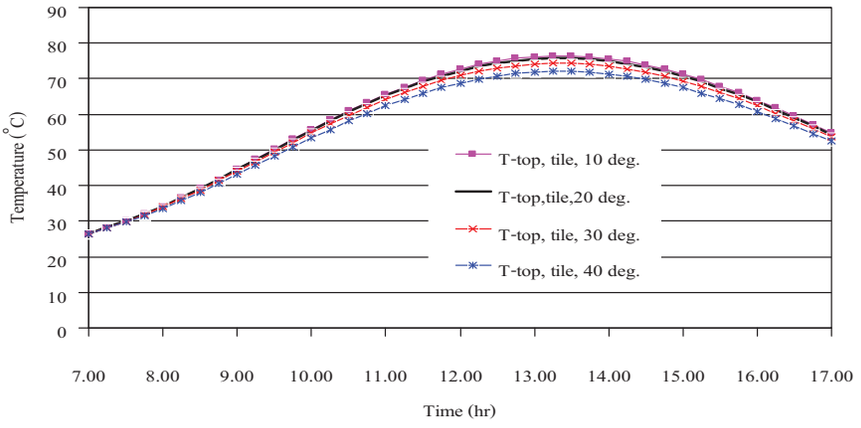
ผลการประเมินอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นโดยการเปลี่ยนแปลงมุมหลังคา 4 มุม คือ 10, 20, 30 และ 40 องศา ตามแนวระดับและช่องว่างอากาศเท่ากับ 5 cm ซึ่งผลจากการการประเมินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จาก"รูปที่ 2"จะเห็นได้ว่าค่ารังสีอาทิตย์ จะมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.30น.-13.30น. และมุมหลังคาที่เอียงทำมุมรับค่ารังสีอาทิตย์ได้ดีที่สุดคือ 10 องศา และที่มุม 40 องศา เป็นมุมที่เอียงรับค่ารังสีอาทิตย์ได้น้อยที่สุด



รูปที่ 2: แสดงค่ารังสีอาทิตย์

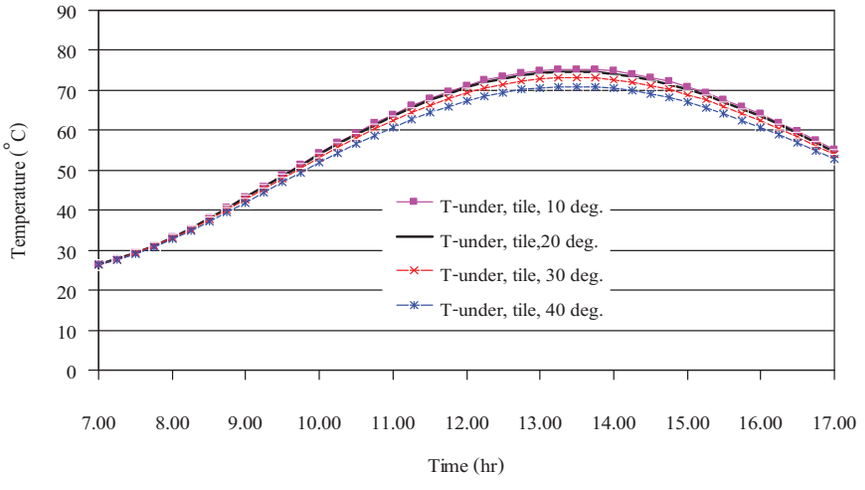
3.1. อุณหภูมิกระเบื้องคอนกรีต

จะเห็นได้ว่าเมื่อค่ารังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวด้านบนของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้นดัง"รูปที่ 3" ซึ่งแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตแปรผันตามไปด้วยเช่นกัน โดยผิวด้านบนของหลังคากระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตที่ทำมุมรับรังสีอาทิตย์ที่มุม 10 องศา มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 76.37°Cที่มุม 20 องศามีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 75.78°Cที่มุม 30 องศามีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 74.33°Cและที่มุม 40 องศามีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 72.08°Cตามลำดับ



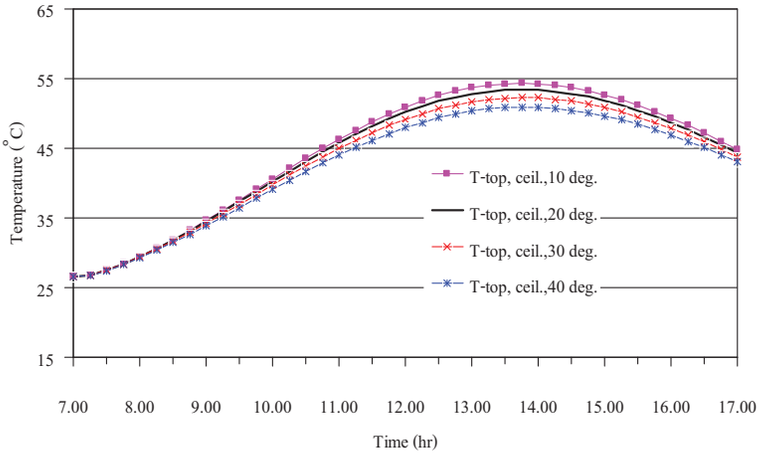
รูปที่ 3: อุณหภูมิผิวด้านบนของกระเบื้องคอนกรีต

"รูปที่ 4"แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบสู่ผิวด้านบนของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตแล้วส่งความร้อนมายังพื้นที่ผิวด้านล่าง ซึ่งแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตแปรผันตามไปด้วยเช่นกัน โดยผิวด้านล่างของหลังคากระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตที่ทำมุมรับรังสีอาทิตย์ที่มุม 10 องศา มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 74.28°Cที่มุม 20 องศามีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 73.46°Cที่มุม 30 องศามีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 72.08°Cและที่มุม 40 องศามีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 69.88°Cตามลำดับ



รูปที่ 4: อุณหภูมิผิวด้านล่างของกระเบื้องคอนกรีต

3.2 อุณหภูมิที่แผ่นยิปซั่มบอร์ด

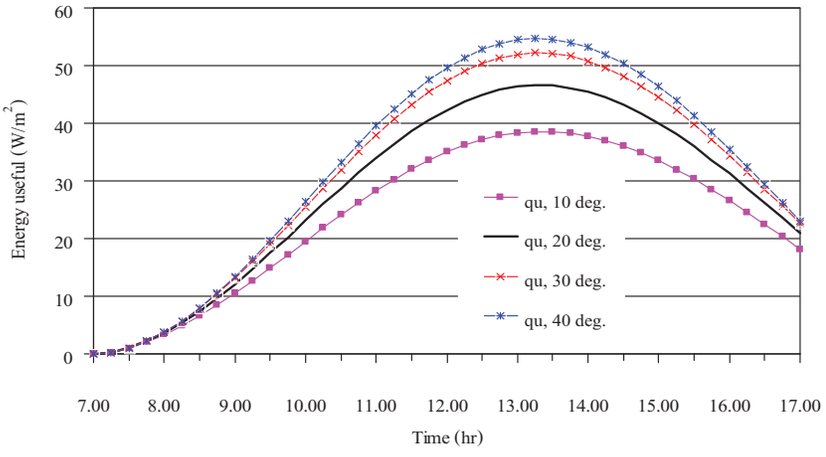


รูปที่ 5: อุณหภูมิที่แผ่นยิปซั่มบอร์ด

เมื่อค่ารังสีอาทิตย์ที่ถูกส่งผ่านกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตซึ่งเกิดการสะสมความร้อน และระบายความร้อนของอากาศในช่องว่างอากาศระหว่างพื้นที่ผิวด้านล่างของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตกับพื้นที่ผิวด้านบนของแผ่นยิปซั่มบอร์ด ทำให้อุณหภูมิที่ผิวด้านบนของแผ่นยิปซั่มที่ค่าความร้อน ดัง"รูปที่ 5" โดยที่มุม 10 องศา มีค่าอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 54.92°C ที่มุม 20 องศา มีค่าอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 53.41°C ที่มุม 30 องศา มีค่าอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 52.29°Cและที่มุม 40 องศา มีค่าอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 50.93 °Cตามลำดับซึ่งทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านบนของแผ่นยิปซั่มบอร์ดยังมีค่าสูงอยู่มากถึงแม้จะมีการลดค่าความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตและช่องว่างอากาศ

3.3 พลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์

จากการสะสมความร้อนของอุณหภูมิที่ใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต สามารถนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ได้ดัง"รูปที่ 6"โดยที่มุม 10 องศา มีค่าพลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์สูงสุดประมาณ 38.55 W/m^{2}ที่มุม 20 องศา มีค่าพลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์สูงสุดประมาณ 46.52 W/m^2 ที่มุม 30 องศา มีค่าพลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์สูงสุดประมาณ 52.19 W/m^{2}และที่มุม 40 องศา มีค่าพลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์สูงสุดประมาณ 54.57 W/m^{2}ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าสัดส่วนของค่าพลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์นั้นจะมีค่ามาก เมื่อมีพื้นที่มุมเอียงรับรังสีอาทิตย์มากขึ้น



รูปที่ 6: พลังงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์

4.สรุปผลการทดลอง

จากการประเมินอุณหภูมิการใต้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการเปลี่ยนแปลงมุมหลังคา 4 มุม คือ 10, 20, 30 และ 40 องศา ตามแนวระดับ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิใต้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตมีมีเกิดการสะสมความร้อนขึ้น มีค่าสูงสุดประมาณ 75°C ที่มุม 10 องศา และมีค่าต่ำสุดประมาณ 70°Cที่มุม 40 องศา ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงแล้วยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

[1] นิรันดร์ วัชโรดม, วิทยา พวงสมบัติ , 2553, "การประเมินอุณหภูมิใต้หลังคารับรังสีอาทิตย์โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์," การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งปะเทศไทย ครั้งที่ 24

[2] บัญญัติ พงษ์พิริยะเดชะ, สักการ ราษีสุทธิ์, 2553, "การศึกษาโดยการทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเร็วลมผ่านช่องว่างของหลังคาเหล็กเคลือบโลหะ," วารสารวิชาการคณะสาถาปัตยกรรมสาศตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 9

[3] ปรีดา จันทวงษ์, บวร อิศรางกูร ณ อยุธยา, โยธิน อึ้งกูล, 2555, "การระบายอากาศตามธรรมชาติของบ้านด้วยปล่องหลังคาคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของบ้าน จำลองภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของกรุงเทพมหานคร,"วารสารวิทยาศาสตร์ มข., ปีที่ 40 ฉบับที่ 1, หน้าที่83-94

[4] ปรีดา จันทวงษ์, บุญชอบ โสตประวัติ, 2556, "การศึกษาทดสอบการลดภาระความร้อนและเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนระหว่างหลังคาคอนกรีตทั่วไปกับหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์ระบายอากาศห้องใต้หลังคาร่วมกับพดลมไฟฟ้ากระแสตรงทั้งสองแบบ," วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง., ปีที่ 22ฉบับที่ 1, หน้าที่ 54-70

[5] Jongjit Hirunlabh, Sopin Wachirapuwadon, Niran Pratinthong and Joseph Khedari, 2001, "New configurations of a roof solar collector maximizing natural ventilation," Building and Environment, Vol. 36, pp.383-391.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

O-CT12

การถ่ายเทความร้อนของรังผึ้งชนิดรูเกลียวของเตาอั้งโล่

Heat Transfer of Spiral Hole Woven Hive for the Cooking Stove

สุดารัตน์ บรรพลา[1] อรพรรณ เหมะธุลิน[1] และสุรจิตร์ พระเมือง[2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000

Email: pumsudarat1992@gmail.com, youki_a09@hotmail.com, Surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

เตาอั้งโล่เป็นเตาหุงต้มที่ใช้ในครัวเรือนโดยใช้ฟืนหรือถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีราคาถูกกว่าเตาประหยัดพลังงานซุปเปอร์อั้งโล่ที่ได้รับการส่งเสริมจากกระทรวงพลังงาน จึงมีการใช้อย่างแพร่หลาย รังผึ้งของเตาเป็นส่วนประกอบสำคัญในการถ่ายเทอากาศและพลังงานความร้อนภายในเตา การวิจัยนี้ได้ออกแบบรังผึ้งของเตาอั้งโล่เป็นชนิดรูเกลียว โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร หนา 4 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับชนิดรูตรงที่ใช้ทั่วไป ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร ด้วยการต้มน้ำและวัดอุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน

ผลการวิจัยพบว่า รังผึ้งชนิดรูเกลียว ใช้เวลาต้มน้ำจนเดือดนาน 20 นาที ในขณะที่รังผึ้งชนิดรูตรงใช้เวลา 29 นาที ส่งผลให้ประหยัดถ่านไม้มากกว่า 27.6% อุณหภูมิภายในเตาของรังผึ้งชนิดรูเกลียวจะสูงกว่ารังผึ้งชนิดรูตรงประมาณ 3.8% ในขณะอุณหภูมิภายนอกเตาที่ระยะห่างจากขอบเตา 10 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิอากาศเหนือเตาในแนวดิ่งของรังผึ้งชนิดรูเกลียว จะถ่ายเทความร้อนขึ้นไปได้สูง 60 เซนติเมตร ในขณะที่รังผึ้งชนิดรูตรงสูง 50 เซนติเมตร สรุปได้ว่ารังผึ้งชนิดรูเกลียวที่ใช้ในเตาอั้งโล่ มีความเหมาะสมในการส่งเสริมนำไปใช้ควบคู่กับเตาประหยัดพลังงานซุปเปอร์อั้งโล่ต่อไป

คำสำคัญ รังผึ้งเตาอั้งโล่ เตาหุงต้มประหยัดพลังงาน การถ่ายเทความร้อน

1.ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันเตาอั้งโล่ที่มีวางขายตามท้องตลาดมีปั้นเตาโดยการนำดินเหนียวเป็นวัตถุดิบหลัก ผสมกับกับแกลบดำ ขึ้นรูปแล้วนำไปเผาในเตาที่มีอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำมาตกแต่งใส่สังกะสีและหูหิ้ว ส่วนรังผึ้งของเตาก็ใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกัน เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เตาอั้งโล่แบบนี้จะมีราคาถูกกว่าเตาอั้งโล่ประหยัดพลังงานที่กระทรวงพลังงานส่งเสริมที่เรียกว่าเจาซุปเปอร์อั้งโล่ จึงเป็นที่นิยมของประชาชนทั่วไป แม้ว่าประสิทธิภาพของเตาจะต่ำกว่าเตาซุปเปอร์อั้งโล่ก็ตาม ดังนั้นการพัฒนารังผึ้งเตาอั้งโล่ ที่มีลักษณะคล้ายกับเตาซุปเปอร์อั้งโล่ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ช่วยประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตและจำหน่ายเตาสามารถซื้อขายเตาในราคาเท่าเดิม ซึ่งการวิจัยนี้ ผู้ทำวิจัยได้ใช้หลักการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีมาใช้ประกอบในการประดิษฐ์รังผึ้งของเตาอั้งโล่ เพื่อให้มีการถ่ายเทความร้อนที่ดี ประหยัดเชื้อเพลิงและที่สำคัญใช้ในการประกอบอาหารได้นานโดยที่ไม่ต้องคอยเติมเชื้อเพลิงบ่อย ๆ โดยการเลือกวัตถุดิบที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีคือแกลบ โดยผู้จัดทำวิจัยได้ประดิษฐ์รังผึ้งเตาขึ้นมาใหม่ ให้มีรูปแบบเป็นรังผึ้งรูเกลียวจากของเดิมที่เป็นรังผึ้งรูตรง และได้เปรียบเทียบระยะเวลาในการต้มน้ำ และการประหยัดถ่าน และคาดว่าจะเป็นรังผึ้งรูปแบบใหม่ที่จะวางขายในท้องตลาดต่อไป

2.การถ่ายเทความร้อนในเตาอั้งโล่

การถ่ายเทความร้อน คือ การถ่ายเทพลังงานระหว่าง 2 บริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อย ๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ

2) การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ

3) การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงหรือถ่านในเตาอั้งโล่ จะเกิดการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ โดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นจากบริเวณรังผึ้งไปสู่ก้นภาชนะที่วางบนเตา การนำความร้อนเกิดขึ้นจากความร้อนถ่ายเทออกไปตามผนังเตา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการสูญเสียความร้อนทิ้ง และการพาความ

ร้อนเกิดขึ้นเมื่ออากาศ จากด้านนอกเตาไหลเข้ามาทางปากเตาแล้วผ่านรังผึ้งนำออกซิเจนไปช่วยการเผาไหม้แล้วส่งผ่านขึ้นไปด้านบน จึงเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในเตาอั้งโล่มากที่สุด

สมดุลความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ จะพิจารณาได้จากสมการ

ความร้อนจากการเผาไหม้ (Q_t) = ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (Q_u) + ความร้อนที่สูญเสียออกจากเตา (Q_L)

โดย ความร้อนจากการเผาไหม้ ได้แก่ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของมวลของเชื้อเพลิง และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ความร้อนที่นำไปใช้เพื่อทำให้น้ำเดือดหรือการกลายเป็นไอ ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของมวลของน้ำ ค่าความจุความร้อนจำเพาะและความร้อนแฝงของน้ำ และผลต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิน้ำเดือด ส่วนความร้อนที่สูญเสียออกจากเตา ได้แก่ ความร้อนจากการนำความร้อนบริเวณผนังเตา การพาความร้อนของลมร้อนออกไปจากเตา และการแผ่รังสีออกไปนอกเตา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาสร้างเตา ลักษณะของรังผึ้ง และสภาพแวดล้อมขณะเกิดการลุกไม้

จากการศึกษาประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ของ เดชอนันต์ โกมาสถิต [1] โดยทดสอบประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแล้วเลือกชนิดและขนาดของเตาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาปรับปรุง ซึ่งออกแบบไว้ 15 รูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น ความกว้างปากเตา ขนาดและจำนวนรูของรังผึ้ง ขนาดช่องลมเข้า ระยะห่างของรังผึ้งกับปากเตา เป็นต้น ในขณะที่ กุลธร ศิลปะบรรเลง และคณะ [2] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องปั้นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงแบบกึ่งอัตโนมัติและเครื่องผลิตรังผึ้งเพื่อนำมาใช้ในการผลิตแทนการปั้นด้วยมือ พบว่าการควบคุมที่อุณหภูมิสูงจะมีความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิน้อยลง และ Koopmans [3] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาถ่านและเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเตาถ่าน โดยเตาที่ใช้ทดสอบเป็นเตาอั้งโล่ที่ใช้ตามครัวเรือนทั่วไป ซึ่งตัวแปรที่นำมาศึกษาคือ ระยะห่างระหว่างรังผึ้งกับหม้อพื้นที่ของรูในรังผึ้ง ขนาดของช่องที่ไอเสียออกสู่บรรยากาศและขนาดของห้องเผาไหม้จากผลการทดลองพบว่า ระยะห่างระหว่างรังผึ้งกับหม้อต้องมีขนาดที่เหมาะสมคือ อยู่ในช่วง 9-9.5 เซนติเมตร จึงจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงและเวลาในการต้มน้ำให้เดือดน้อย ซึ่งพบว่าระยะห่างระหว่างรังผึ้งกับหม้อที่เหมาะสมที่สุดคือ 9.25 เซนติเมตร

3. การสร้างและทดสอบรังผึ้ง

รังผึ้งที่สร่งขึ้นใช้วัสดุเป็นดินเหนียวผสมแกลบดำเช่นเดียวกับรังผึ้งที่ผลิตจำหน่ายทั่วไป โดยมี ขนาดแผ่นรังผึ้งและขนาดรูเท่ากัน แต่ความหนาแตกต่างกัน รังผึ้งชนิดรูตรงจะหนา 2.5 เซนติเมตร ส่วนรังผึ้งชนิดรูเกลียวหนา 4 เซนติเมตร การเจาะรูรังผึ้งแบบรูตรงใช้ปุ่มเจาะรูที่ช่างทำเตาใช้ แต่การเจาะรูเกลียวจะใช้น็อตที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เจาะให้มีจำนวนรูและตำแหน่งเดียวกันกับแบบรังรังผึ้งทั่วไป ซึ่งกระบวนการผลิตจะเริ่มจากการผสมวัตถุดิบ ขึ้นรูปเป็นกลม เจาะรู ผึ่งลมให้แห้ง และนำเข้าเตาเผา จากนั้นนำรังผึ้งทั้งสองรูปแบบมาทดสอบกับเตาอั้งโล่ โดยการต้มน้ำ การวัดอุณหภูมิเหนือเตา ข้างเตา และในเตาจากการลุกไหม้ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิดเค และชั่งมวลถ่านที่ใช้ในการลุกไหม้ ด้วยเครื่องเครื่องชั่งละเอียดจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ในแต่ละครั้งจะใช้ถ่านไม้ไผ่ 250 กรัม น้ำ 1.5 ลิตรใส่ในหม้ออลูมิเนียม วัดอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งน้ำเดือด แล้วจึงชั่งมวลของถ่านที่ใช้ การวัดอุณหภูมิของเตาด้านข้างเตา ในเตา และเหนือเตา จะใช้ถ่านจำนวน 250 กรัมจุดไฟจนทั่วทุกก้อน ทำการวัดอุณหภูมิของถ่านขณะลุกไหม้ ในเตาที่ระยะกึ่งกลางเตา ขอบเตา ด้านข้างเตา 3 จุดแต่ละจุดห่างกัน 10 เซนติเมตรเพื่อหาการสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีด้านข้างเตา การวัดอุณหภูมิของอากาศเหนือเตา จะวัดที่ระยะกึ่งกลางเตาขึ้นไปในแนวดิ่ง วัดสูงขึ้นไปจนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เพื่อหาระยะความสูงที่ความร้อนแผ่ขึ้นไปสูงสุด ข้อมูลที่วัดได้จำนำมาหาค่าเฉลี่ย เขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สนใจ โดยเปรียบเทียบระหว่างรังผึ้งชนิดรูตรงกับรังผึ้งชนิดรูเกลียว ลักษณะของรังผึ้งที่นำมาทดลองดังแสดงในรูปที่ 1

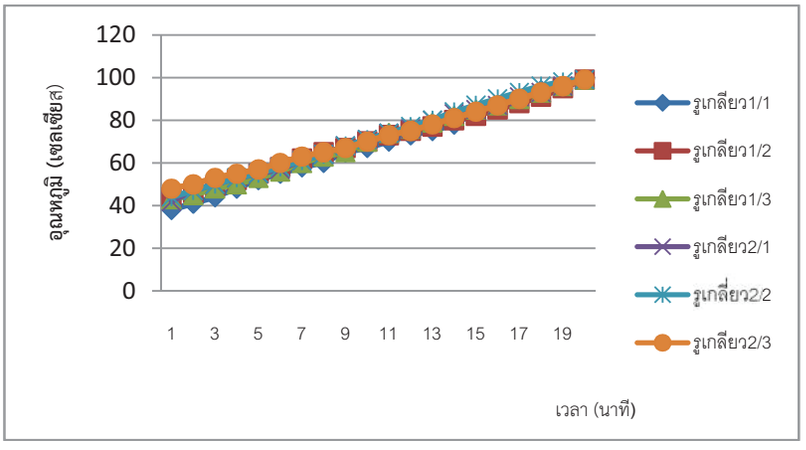


รูปที่ 1 รังผึ้งชนิดรูตรง (ซ้าย) และชนิดรูเกลียว (ขวา) ที่นำมาทดลอง

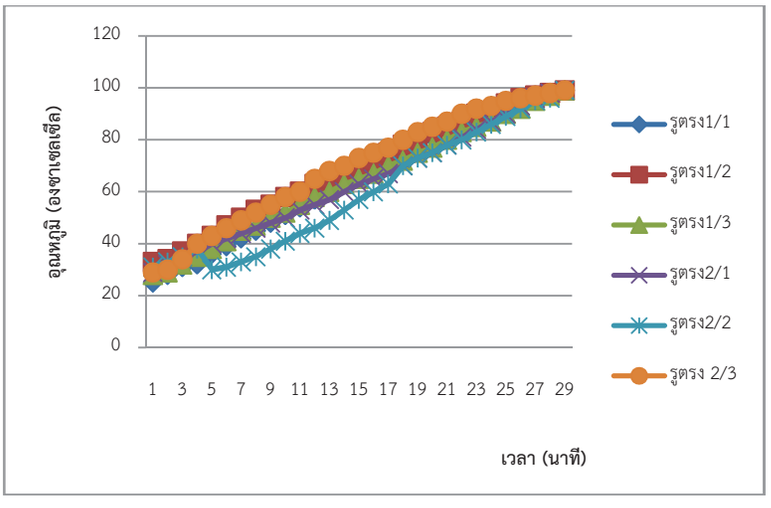
4. ผลการทอลอง

4.1 ผลการวัดอุณหภูมิน้ำ

จากการทดลองแผ่นรังผึ้งชนิดเดียวกัน 2 แผ่น ๆ ละ 3 ครั้ง จะได้อุณหภูมิของน้ำจากอุณหภูมิห้องไปจนน้ำเดือดสำหรับรังผึ้งชนิดรูเกลียว ได้ดังรูปที่ 2 และชนิดรูตรงได้ดังรูปที่ 3



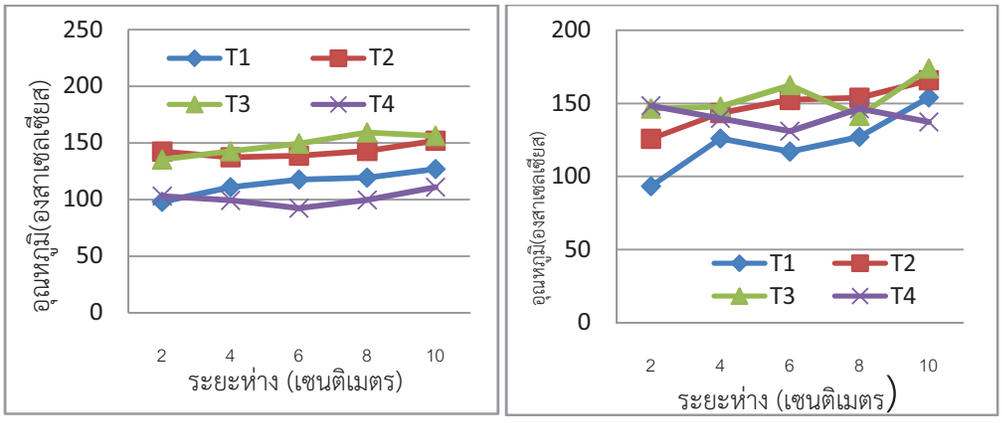
รูปที่ 2 อุณหภูมิของการต้มน้ำสำหรับรังผึ้งชนิดรูเกลียว



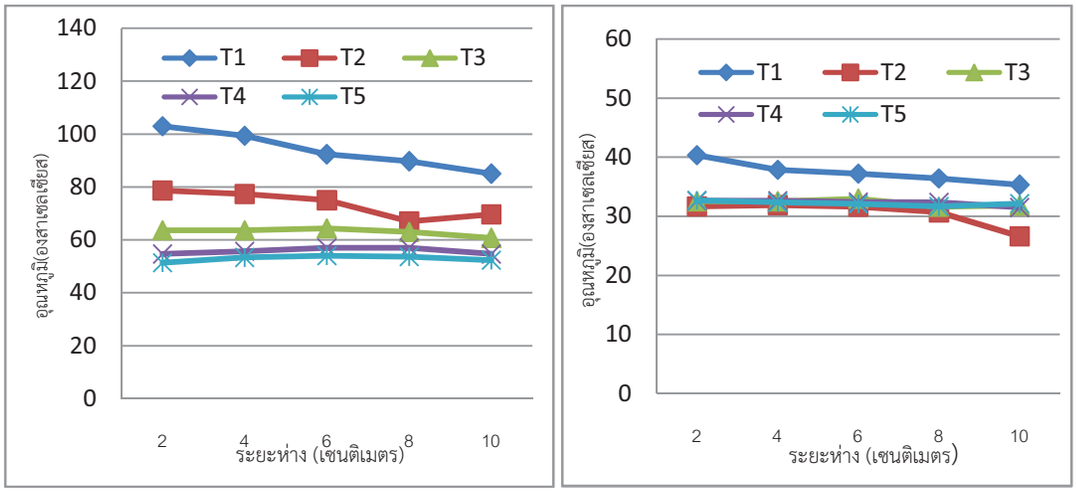
รูปที่ 3 อุณหภูมิของการต้มน้ำสำหรับรังผึ้งชนิดรูตรง

4.2 ผลการวัดอุณหภูมิของเตาและอากาศที่เกิดจากการแผ่ความร้อนของรังผึ้งชนิดรูเกลียว และรูชนิดตรง

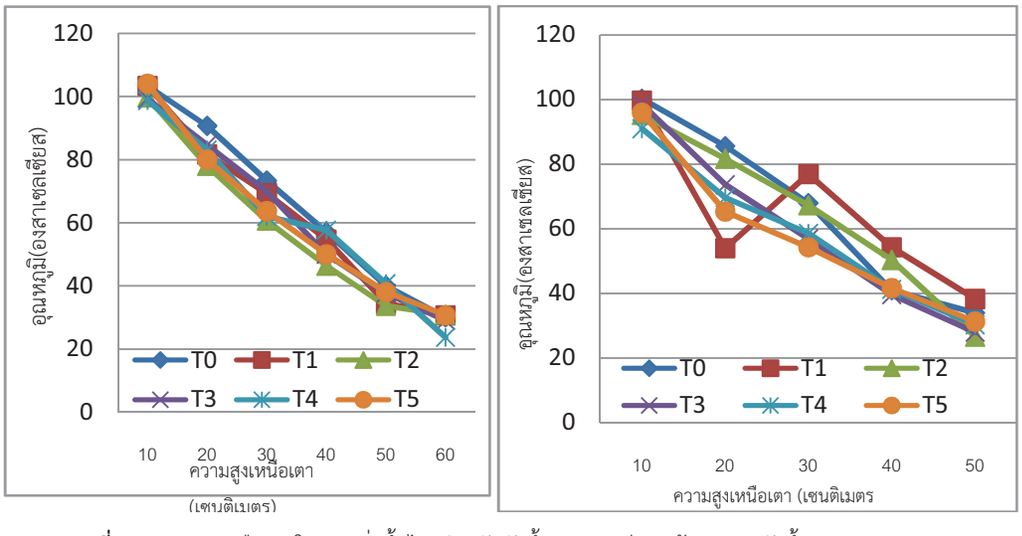
ในการทดลองจะใช้ถ่านไม้ไผ่หนัก 250 กรัม เท่ากัน เมื่อถ่านลุกไหม้ครบทุกก้อน จะทำการวัดอุณหภูมิของอากาศ ที่เกิดจากการแผ่ความร้อนภายในเตาจำนวน 4 จุด (T_1 – T_4) รอบเตาที่ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางเตาเป็น 2 4 6 8 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ ของรังผึ้งชนิดรูเกลียว ดังรูปที่ 4 ผลการวัดอุณหภูมิด้านข้างเตาจำนวน 5 จุด (T_1 – T_5) รอบเตาระยะห่างจากขอบเตา 2 4 6 8 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 และผลการวัดอุณหภูมิที่ความสูงเหนือเตาตามแนวดิ่งทีละ 10 เซนติเมตร จำนวน 6 จุด (T_o – T_5) จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ได้ผลดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 อุณหภูมิด้านในเตาที่ระยะจากกึ่งกลางเตา เมื่อใช้รังผึ้งชนิดรูเกลียว (ซ้าย) และรังผึ้งชนิดรูตรง (ขวา)



รูปที่ 5 อุณหภูมิด้านข้างเตาที่ระยะจากผนังเตา สำหรับรังผึ้งชนิดรูเกลียว (ซ้าย) และรังผึ้งชนิดรูตรง (ขวา)



รูปที่ 6 อุณหภูมิเหนือเตาในแนวดิ่งขึ้นไป สำหรับรังผึ้งชนิดรูเกลียว (ซ้าย) และรังผึ้งชนิดรูตรง (ขวา)

จากผลการวัดอุณหภูมิอากาศบริเวณด้านในเตาที่จุดต่าง ๆ เปรียบเทียบกันจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิอากาศด้านข้างเตาตั้งโล่ที่ใช้รูเกลียวจะมีอุณหภูมิสูงกว่ามากเป็น 2 เท่า และอุณหภูมิอากาศเหนือเตาสำหรับชนิดรูเกลียว จะให้ความร้อนขึ้นไปได้สูงกว่าชนิดรูตรง

5. สรุปผลการวิจัย

รังผึ้งรูตรงใช้เวลาในการเดือดของน้ำ 29 นาที ใช้ส่วนรังผึ้งรูเกลียวใช้เวลาในการเดือดของน้ำเป็นเวลา 20 นาที และใช้ถ่านประหยัดกว่ารังผึ้งรูตรง เฉลี่ย 27.65 % การทดสอบการแผ่รังสีความร้อนภายในเตา ภายนอกเตา โดยชนิดรูเกลียวมีอุณหภูมิสูงกว่าชนิดรูตรง จะพบว่าอุณหภูมิลดลงใกล้เคียงกัน อุณหภูมิตามความสูงเหนือเตา รังผึ้งชนิดรูตรงจะแผ่ความร้อนขึ้นไปได้สูงสุดที่ระยะ 50 เซนติเมตร ส่วนรังผึ้งชนิดรูเกลียวจะแผ่ความร้อนไปได้สูงสุด ที่ระยะ 60 เซนติเมตร ในขณะที่การสูญเสียความร้อนจากเตาจากการใช้รังผึ้งทั้ง 2 แบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นรังผึ้งชนิดรูเกลียว จึงช่วยลดเวลาในการประกอบอาหาร และช่วยลดการใช้ถ่านที่ส่งผลดีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

[1] เดชอนันต์ โกมาสถิต การปรับปรุงรูปแบบเตาอั้งโล่ปากยื่นเดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน. รางานวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2545”

[2] กุลธร ศิลปะบรรเลง และคณะ. การศึกษาพัฒนาออกแบบระบบเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง. [online]: http://rir.nrct.go.th/drupal-ir/node/81171 พ.ศ. 2542.

[3] Koopmans การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเตาถ่าน. [online]: http://www.teacher.ssru.ac.th/reudee_ni/file/efficiency.stove-9chapter5.pdf. พ.ศ.2546

O-CT13

การเพิ่มสมรรถนะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระดาษทรายสีดำ

Enhancement of Solar Dryer Performance using the Black Sand Paper

คมเพ็ชร อินลา,ปฏิวัติ วรามิตร และบัณฑิต กฤตาคม*

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000

E-mail: bundit.kr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสมรรถนะดีกว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยรุ่น SD - 050 ตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบแผ่นเรียบซึ่งเลือกใช้กระดาษทรายสีดำเป็นตัวดูดซับความร้อน และโครงสร้างของตู้อบแห้งจะไม่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ ในการวิจัยจะดำเนินการ 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะทดสอบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของกระดาษทรายสีดำจำนวน 3 เบอร์ ได้แก่ เบอร์ 30,40 และ 60 เพื่อหากระดาษทรายสีดำที่มีคุณสมบัติในการรับรังสีความร้อนได้สูงสุด จากการทดลองพบว่า กระดาษทรายสีดำเบอร์ 40 (NO#40) มีอุณหภูมิสูงสุด ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ NO#40 สำหรับขั้นตอนที่ 2 จะทำการติดตั้ง NO#40 ในตู้อบแห้งและทำการเปรียบเทียบกับตู้อบแห้ง รุ่น SD - 050 ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำสูงกว่ารุ่น SD - 050 ทุกช่วงเวลาการทดลอง เนื่องจากอิทธิพลการรับรังสีและการแผ่รังสีที่ดีกว่าของกระดาษทรายสีดำ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้กล้วยน้ำหว้า พบว่าการลดลงของค่าอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) ในกรณีตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำใช้เวลาเร็วกว่ากรณีตู้อบแห้ง รุ่น SD - 050 ซึ่งแสดงถึง ความสามารถในการอบแห้งที่ดีกว่า

คำสำคัญ: ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์, กระดาษทรายสีดำ, การถ่ายเทความร้อน

1. บทนำ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการที่พบมากที่สุดที่ใช้ในการเก็บรักษาสินค้าเกษตรเนื่องจากมีราคาถูกและง่ายต่อการใช้งานแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ จึงมีนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรหลายท่าน [1-5] ได้วิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ [6]ได้แก่ 1) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดูดกลืนทางตรง 2) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบทางอ้อมหรือแบบการพาความร้อนและ 3) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมพลังงานทางตรงและทางอ้อม สำหรับประเภทแรก ผลิตภัณฑ์ถูกทำให้ร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ประเภทที่สองคือผลิตภัณฑ์จะสัมผัสอากาศที่อุ่นและให้ความร้อนโดยการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์หรือการแลกเปลี่ยนความร้อน และประเภทสุดท้ายเป็นการรวมกันของสองวิธีโดยที่ผลิตภัณฑ์จะสัมผัสกับดวงอาทิตย์และการไหลของอากาศอุ่น

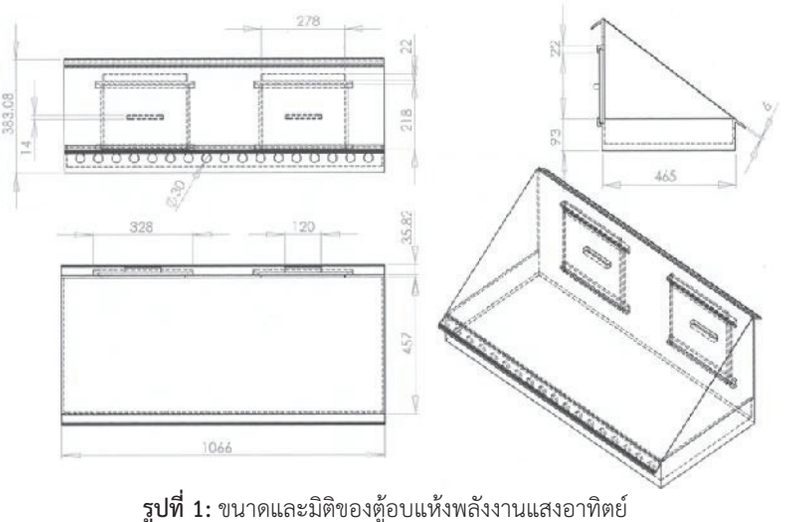
จากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบในงานวิจัยนี้จึงสนใจตู้อบแห้งแบบที่ 2 ซึ่งตู้อบแห้งสามารถแบ่งประเภทตามรูปแบบของการไหลของอากาศในตู้อบแห้งได้ 2แบบคือ แบบการพาความร้อนแบบบังคับและการพาความร้อนตามธรรมชาติ จากข้อดีที่ตู้อบแห้งแบบการพาความร้อนตามธรรมชาติไม่ต้องใช้พลังงานจากแหล่งใดมาช่วยนำพาอากาศเข้าสู่ตู้อบแห้งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึงได้ทำการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนตามธรรมชาติขึ้นมาและนำ ออกจำหน่ายให้กับผู้สนใจเพื่อนำไปใช้งานภายในครัวเรือนได้จริง จำนวน 3 รุ่น ได้แก่ รุ่น SD-025ขนาด 45x 57 เซนติเมตร,รุ่น SD-050 ขนาด 45x 108 เซนติเมตร และ รุ่น SD-165 ขนาด 110x 150 เซนติเมตร [8] ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของ กฟผ. นี้แม้ว่ามีความทนทาน เนื่องจากทำมาจากสแตนเลส เคลื่อนย้ายได้สะดวก แต่ก็ยังมีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำและมีราคาค่อนข้างสูงสำหรับเกษตรกร

จากข้อเสียดังกล่าวข้างต้นกลุ่มผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญและปัญหาจึงมีแนวคิดที่จะสร้างและออกแบบตู้อบแห้งเอนกประสงค์พลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดปริมาณการใช้พลังงาน ประหยัดต้นทุนการผลิตให้ลดน้อยลง และมีราคาถูกสามารถหาซื้อหรือสร้างเองได้อย่างสะดวก ด้วยเหตุนี้กระดาษทรายสีดำ จึงถูกนำมาใช้เพื่อตัวรับรังสีความร้อน หรือกักเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขนาดและโครงสร้างของตู้อบเท่ากับตู้อบแห้งรุ่น SD-050 ของ กฟผ. นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้งานจริง ซึ่งเป็นการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับตู้อบ รุ่น SD-050ของ กฟผ. เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการอบแห้งของตู้อบที่สร้างขึ้น

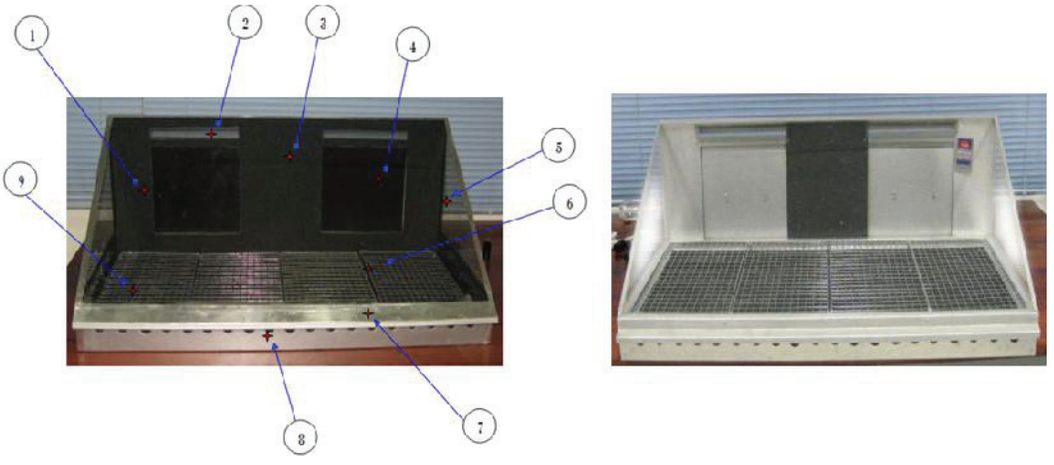
2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงขนาดและมิติของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น SD-050 ของ กฟผ. เพื่อให้เข้าใจในการศึกษาครั้งนี้ ภาพถ่ายและรายละเอียดของโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำ ได้แสดงในรูปที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้ 1) กระจกป้องกันฝุ่นละอองและการสูญเสียความร้อน 2) ช่องระบายความชื้น3) แผ่นรับรังสีจากดวงอาทิตย์ 4) ช่องใส่ผลิตภัณฑ์ 5) กระจกด้านข้างดังพื้น 6) กระดาษทรายสีดำเป็นตัวรับพลังงานจาดแสงอาทิตย์ 7) กันสาด 8) ช่องอากาศภายนอกไหลเข้า และ 9) ตะแกรงสำหรับวางวัตถุดิบ ในที่นี้คือ กล้วยน้ำหว้า



รูปที่ 1: ขนาดและมิติของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



(ก) (ข)

รูปที่ 2: รายละเอียดของตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำและตู้อบแห้ง รุ่น SD- 050ของ กฟผ.

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกการทดสอบการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ของกระดาษทรายจำนวน 3 เบอร์ ได้แก่ เบอร์ 20, 30และ 40เพื่อหากระดาษทรายสีดำที่มีสมบัติในการรับรังสีความร้อนได้สูงสุดขั้นตอนที่ 2 จะทำการติดตั้งกระดาษทรายในตู้อบแห้งซึ่งเลือกเบอร์ที่มีความสามารถรับรังสีความร้อนได้สูงสุด พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตู้อบกับตู้อบแห้งรุ่น SD- 050 ของกฟผ. และขั้นตอนสุดท้ายทำการอบแห้งกล้วยน้ำหว้า เพื่อค้นหาความสามารถในการอบแห้งของตู้อบแห้งนี้ โดยจะใช้กล้วยน้ำหว้าจำนวน 10 ลูกต่อการอบหนึ่งครั้ง ให้มีมวลสุดท้ายของการอบแห้งประมาณ20 กรัม ซึ่งเป็นมวลโดยเฉลี่ยของกล้วยอบแห้งที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป

3 อัตราส่วนความชื้น (MR)

เพื่อระบุการทำงานของอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำและตู้อบแห้งรุ่น SD-050 (กฟผ.) ค่าอัตราส่วนความชื้น (MR) ในการอบแห้งพื้นฐานถูกนำมาใช้และเขียนใหม่ไดคือ [9]

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} \quad (1)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้นในเวลาที่กำหนด

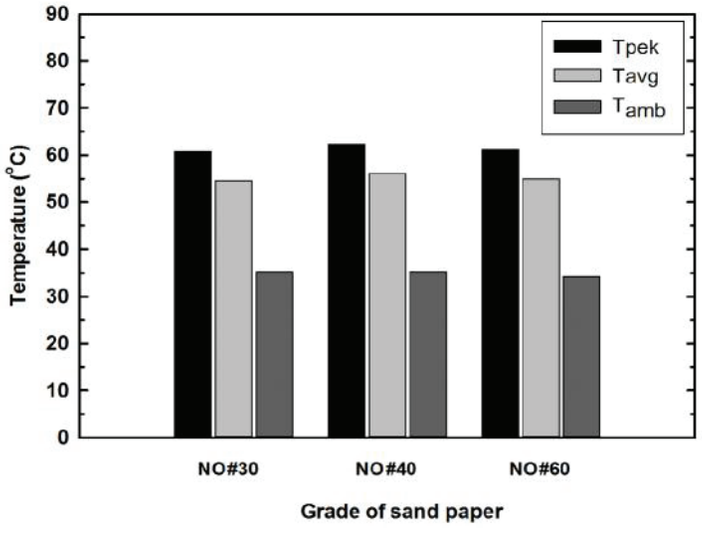
M_e คือ ปริมาณความชื้นสมดุล

M_i คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น

4. ผลการทดลอง

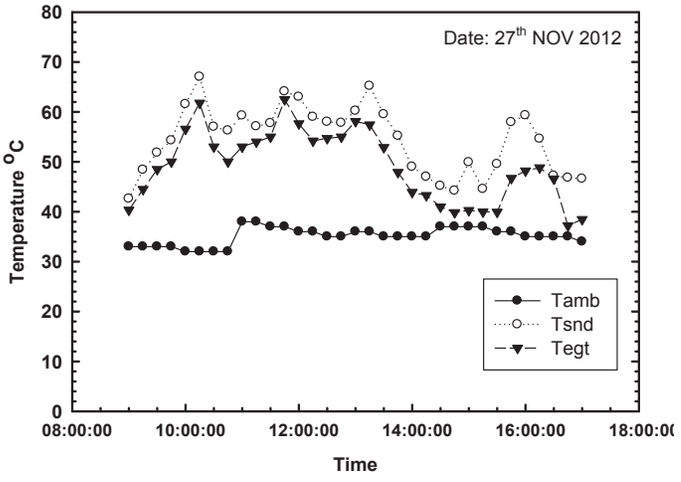
4.1 วิธีการเลือกกระดาษทรายสีดำ

รูปที่ 3แสดงการเปรียบเทียบของกระดาษทรายสีดำที่ใช้ในการทดสอบรับพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 3 เบอร์ ได้แก่ #30 #40 และ #60 ตามลับดับ โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในช่วงระหว่างวันที่ 19 ถึง 25 พฤศจิกายน 2555 จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงสุด (T_{peak}) และอุณหภูมิเฉลี่ย (T_{avg})ตลอดวันจากทั้ง 7 วันของกระดาษทราย NO#40จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 62.3 และ 52.3 °C ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 7 วัน คืออยู่ในช่วง30 – 37 °Cดังนั้นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำจึงเลือกใช้กระดาษทรายสีดำ NO#40เป็นตัวรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์



4.2อุณหภูมิเฉลี่ยภายในของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

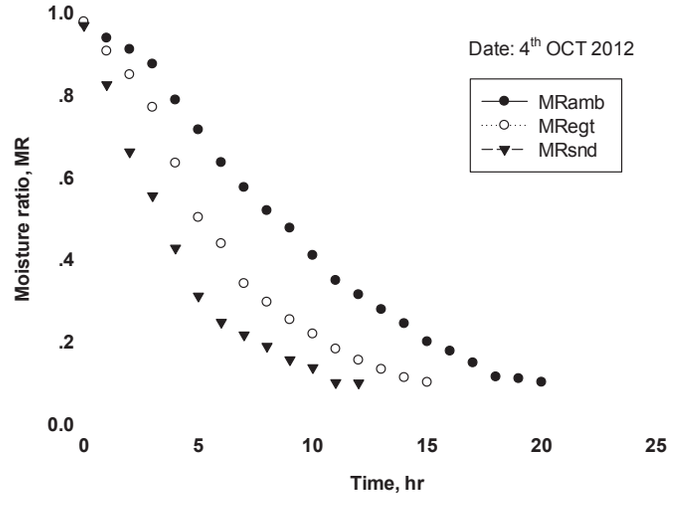
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ย ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำและตู้อบแห้งรุ่น SD-050ของ กฝผ.ในวันที่27พฤศจิกายน2555ซึ่งจะใช้เวลาในการทดลองตั้งแต่ 9.00–17.00 นาฬิกา ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดวันประมาณ 12.28MJ/m^2 และมีอุณหภูมิของบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) ในวันดังกล่าว อยู่ในช่วง32 - 38°Cรูปที่4พบว่าอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทราย (T_{sand}) มีระดับสูงกว่าอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น SD-050 (T_{egat}) ทุกช่วงเวลา สามารถอธิบายได้ด้วยความสามารถและอิทธิพลการรับรังสีที่ดีกว่าของกระดาษทรายสีดำที่ติดตั้งในตู้อบแห้ง ส่งผลให้มีการถ่ายเทความร้อนโดยเฉพาะการแผ่รังสีได้มากกว่าตู้อบแบบ SD-050 และช่วงเวลาที่ตู้อบแห้งด้วยกระดาษทรายสีดำมีอุณหภูมิสูงสุดของวันที่ 27 กันยายน 2555 อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 10.00-14.00 นาฬิกา ผลเช่นนี้เป็นไปตามปรากฏการณ์ธรรมชาติของดวงอาทิตย์ กล่าวคือเป็นช่วงเวลาที่รังสีแสงอาทิตย์มีความเข้มสูงสุด



รูปที่ 4: อุณหภูมิเฉลี่ยภายในของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ณ วันที่27พฤศจิกายน 2555

4.3 อัตราส่วนความชื้น (MR) ในกระบวนการอบแห้งของกล้วยน้ำหว้า

รูปที่ 5แสดงแสดงอัตราส่วนความชื้น (MR) ที่เปลี่ยนไปของกล้วยน้ำหว้าเมื่อเทียบกับเวลา (ข้อมูลของวันที่ 4 ธันวาคม 2555) พบว่า MR ของทั้ง 3 กรณี จะลดลงตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งทั้ง 3 กรณี จะเห็นได้เด่นชัดว่าอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าด้วยตู้อบแห้งกระดาษทรายสีดำ (MR_{sand}) ลดลงรวดเร็วที่สุด ตามมาด้วยอัตราส่วนความชื้นจากตู้อบแห้งรุ่นSD-050 (MR_{egat}) และอัตราส่วนความชื้นจากการตากแห้งตามธรรมชาติ (MR_{amb}) ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอบแห้งได้เร็วและดีกว่าของตู้อบแห้งที่ใช้กระดาษทรายสีดำเป็นตัวช่วยรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 5: อัตราส่วนความชื้น (MR) ที่เปลี่ยนไปของกล้วยน้ำหว้าเทียบกับเวลา

4.4 การเปรียบเทียบกายภาพและสมรรถนะของตู้อบแห้ง

ตารางที่1แสดงการเปรียบเทียบกายภาพและสมรรถนะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง2แบบซึ่งพบว่าตู้อบแห้งชนิดกระดาษทรายสีดำจะมีข้อดีกว่าตู้อบแห้งรุ่นSD-050ได้แก่มีราคาต่ำกว่ามีอุณหภูมิสูงสุด (Peak temperature) ภายในตู้อบที่สูงกว่า

ตารางที่ 1: การเปรียบเทียบระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำกับตู้อบแห้งรุ่น SD-050

รายการ	ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำ	ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น SD-050 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต
1. ราคาการผลิต	2,327 Bath Thai	3,400 Bath Thai
2. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง	55.4°C	49.9°C

5.สรุปผลการทดลอง

1. อุณหภูมิเฉลี่ย (T_{avg}) และอุณหภูมิสูงสุด (T_{pek}) ของกระดาษทรายสีดำเบอร์ 40(NO#40) ที่ทำการวัดในช่วงเวลา 9.00 –17.00 นาฬิกา เป็นเวลา 7 วัน มีค่าสูงกว่ากระดาษทรายทุกเบอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 40(NO#40) เป็นตัวรับรังสีความร้อนหรือพลังงานแสงอาทิตย์

2. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งสูงกว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นSD–050 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและการตากแห้งตามธรรมชาติทุกช่วงเวลาเนื่องจากอิทธิพลการรับรังสีที่ดีกว่าของกระดาษทรายสีดำที่ติดตั้งในตู้อบแห้ง

3. อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งกล้วยน้ำหว้าด้วยตู้อบแห้งกระดาษทรายสีดำ (MR_{sand}) ลดลงรวดเร็วที่สุดตามมาด้วยอัตราส่วนความชื้นจากตู้อบแห้งรุ่นSD-050 (MR_{egat}) และอัตราส่วนความชื้นจากการตากแห้งตามธรรมชาติ (MR_{amb}) ตามลำดับ

4. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดกระดาษทรายสีดำจะมีต้นทุนในการจัดสร้างต่ำกว่าตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นSD–050ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและส่วนประกอบของโครงสร้างตู้อบชนิดกระดาษทรายจะไม่มีการใช้โลหะ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้และสาขาวิชาวิศวกรรมแปรสภาพหลังการเก็บเกี่ยว ที่ได้อนุเคราะห์ให้ยืมตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต รุ่น SD-050 เพื่อใช้ทำการทดลองและสถานีทดลองใช้น้ำประปาเขต 3 (ห้วยบ้านยาง) ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวทางด้านอุตุนิยมวิทยา นอกจากนี้ขอขอบนายสุวัฒน์ ป้องนอก นายสมพงษ์ ชิดสูงเนิน และนายดนุพล พินิจมนตรี นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งอยู่ภายในห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน (Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory, DiTo-Lab) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้ช่วยเก็บข้อมูลการทดลองบางส่วนจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์,2531,“การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และตัวรับรังสี. กรุงเทพมหานครสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี”

[2] ทนงศักดิ์วัฒนา,2554,“การอบแห้งและการประยุกต์ใช้งานเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”.จาก http://thailandindustry.com/guru/view.php?id= 13208&section =9&rcount=Y[25 ตุลาคม2554]

[3] บงกชประสิทธิ์, อนันต์พงศ์ธรกุลพานิช, 2550, “การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษเยื่อกล้วย”การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่3, 23-25 พฤษภาคม2550 โรงแรมใบหยกสกายจังหวัดกรุงเทพฯ, ENETT2550-010.

[4] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2554, “ส่วนประกอบของกระดาษทราย”จากhttp:// www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php[25ตุลาคม2554]

[5] สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร, 2553, “โรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผา” จากhttp://www.rubberthai.com/rubberthai/ index.php?option=com_content&view=article&id =11390:-11072554&catid=10:2010-05-04-03-57-14[25ตุลาคม2554]

[6] เสริม จันทร์ฉาย, พูลศักดิ์อินทวี, จำนงธำรงมาศ, ยงยุทธ์สวัสดิสวนีย์, วาสนาคำวงศ์สา, ประสานปานแก้วและคณะ, 2550, “สมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบม. ศิลปากรในการอบแห้งขิง: การทดลองที่ประเทศไทยและประเทศ Sierra Leone ทวีปแอฟริกา”. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่3, 23-25พฤษภาคม2550โรงแรมใบหยกสกายจังหวัดกรุงเทพฯ, ENETT2550-140.

[7] สุขฤดี สุขใจ, 2535, “สมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนและแบบต่อเนื่อง”วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธรบุรี

[8] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย , 2554, “ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์” จาก http://www2.egat.co.th/re/egat_business/egat_dryer/egat_dryer.htm [25 ตุลาคม2554]

[9] Strumillo, C.,Kudra T., 1986, “Drying Principles,” Applications and Design. Gordon and Breach, New York.

P-CT14

การศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลในจังหวัดลำปาง
Study of Biomass Energy Potential in Lampang

วราคม วงศ์ชัย[1*], อดิศร ถมยา[1], อนุชา พรมวังขวา[2]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
E-mail: dolic45@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของชีวมวลในจังหวัดลำปาง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในอุตาสาห-กรรมเซรามิกโดยใช้วิธีการสำรวจเชิงพื้นที่และใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลต่างๆ เช่น สำนักงานจังหวัดลำปาง สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง ศูนย์อนุรักษ์ช้างไทยจังหวัดลำปาง กลุ่มชีวมวลที่ทำการศึกษาได้แก่ เศษจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป เศษขี้เลื่อยจากการเพาะเห็ด เศษจากการเพาะปลูกข้าวโพด หญ้าเลี้ยงช้าง และเศษจากงานหัตถกรรมจากไม้ โดยทำการศึกษาในบริเวณจังหวัดลำปาง ในรัศมีระยะทาง 50 กิโลเมตรจากอำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง การศึกษานี้ใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประเมินความเป็นไปได้ในการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในกระบวนการเผาเซรามิก ผลการศึกษาพบว่า ศักยภาพพลังงานชีวมวลต่อปีของ ขี้เลื่อยและเศษไม้จากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป มีค่าเท่ากับ 66,126.0 GJ หรือ 1,565.3 toe เศษขี้เลื่อยจากการเพาะเห็ดของกลุ่มเพาะเห็ด มีค่าเท่ากับ 9,535.2 GJ หรือ 225.7 toe ซังข้าวโพดและลำต้น (ต้น ยอด ใบ) มีค่าเท่ากับ 404,456.3 GJ หรือ 9,574.3 toe หญ้าเลี้ยงช้าง (หญ้าบาน่า) มีค่าเท่ากับ 41,292.0 GJ หรือ 977.5 toe และขี้เลื่อยและเศษไม้จากงานหัตถกรรมจากไม้ มีค่าเท่ากับ 1,833.3 GJ หรือ 43.4 toe รวมศักยภาพพลังงานชีวมวลทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 523,242.8 GJ หรือ 12,386.2 toe

คำสำคัญ: ศักยภาพพลังงานชีวมวล, จังหวัดลำปาง

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเซรามิกลำปาง จัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมดั้งเดิมที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานมากว่า 50 ปีปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกลำปาง ทำรายได้สูงถึง 3,500 ล้านบาทต่อปี และจำนวนนี้เป็นรายได้จากการส่งออกประมาณ 2,000 ล้านบาท ก่อให้เกิดการสร้างงานในท้องถิ่นถึง 10,000 คน ขณะนี้ในจังหวัดลำปางมีโรงงานเซรามิก ประมาณ 200 แห่ง โดยส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและเล็ก เนื่องจากชาวจังหวัดลำปางเน้นระบบเศรษฐกิจพอเพียง เป็นปรัชญาที่ชี้แนวทาง การดำรงอยู่ และปฏิบัติตน ที่เน้นการผลิตประเภท ของชำร่วย เครื่องประดับ โมบาย เป็นต้น ส่วนผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีจำนวนไม่มากจะมุ่งผลิตสินค้าประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเพื่อการส่งออกเป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิกในครัวเรือน (OTOP จ.ลำปาง) [1] ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ประกอบการที่ไม่มีการขึ้นทะเบียนกับหน่วยงานหรือองค์กรใดๆ กลุ่มดังกล่าวเป็นกลุ่มที่เน้นระบบเศรษฐกิจพอเพียงเป็นหลักแนวทางในการดำรงชีพ และมีบทบาทต่อธุรกิจเซรามิกในจังหวัดลำปางช่วยสร้างชื่อเสียงให้จังหวัดและสร้างเอกลักษณ์อันดีงามด้านการจัดทำเซรามิกมายาวนาน โดยในกระบวนการผลิตเซรามิก พบว่า อุตสาหกรรมเกือบทั้งหมดมีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)[2]

จากสถานการณ์ปัจจุบันทั้งราคาก๊าซเชื้อเพลิงเหลวที่เพิ่มขึ้นผนวกกับค่าแรงที่เพิ่มสูงด้วย ส่งผลทำให้ต้นทุนของอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิกเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย กำไรลดน้อยลง และยิ่งไปมากกว่านั้นผู้ประกอบการบางแห่งถึงขั้นต้องปิดตัวลงไปเนื่องจากสู้ต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นไม่ได้ [2] พลังงานทดแทนถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากชีวมวลมีอยู่ทั่วไป หากมีการใช้ประโยชน์ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงซึ่งจะไม่เสียต้นทุนค่าขนส่งมากนัก นับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก และยังสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่น นอกจากนี้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะสามารถลดต้นทุนด้านพลังงานลงได้ และยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม [3]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวล 5 ประเภทได้แก่ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป กลุ่มเพาะเห็ด ข้าวโพด หญ้าเลี้ยงช้าง และงานหัตถกรรมจากไม้ ในรัศมีระยะทาง 50 กิโลเมตรห่างจากอำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้และข้อจากัดของการใช้ชีวมวล เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในอุตาสาหกรรมเซรามิกในจังหวัดลำปาง

2. วิธีการศึกษาและข้อมูล

ในงาวิจัยนี้ทำการศึกษาชีวมวล 5 ประเภทได้แก่ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป กลุ่มเพาะเห็ด ข้าวโพด หญ้าเลี้ยงช้าง และงานหัตถกรรมจากไม้ ในรัศมีระยะทาง 50 กิโลเมตรห่างจากอำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง โดยทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลชีวมวลของกลุ่มเป้าหมายจากฐานข้อมูลต่างๆ เช่น สำนักงานจังหวัดลำปาง สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง ศูนย์อนุรักษ์ช้างไทยจังหวัดลำปาง รวมถึงการสำรวจเชิงพื้นที่ด้วย

3.การประเมินศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวล

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลชีวมวลโดยการสำรวจเชิงพื้นที่และใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลต่างๆ แล้วทำการคำนวณศักยภาพด้านพลังงาน โดยใช้ค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด

3.1 แหล่งชีวมวลและประเภทชีวมวลที่ทำการศึกษา ในการศึกษาศักยภาพชีวมวลของจังหวัดลำปางครั้งนี้ ทำการศึกษาแยกตามประเภทของชีวมวล โดยมีรายละเอียดดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งชีวมวลและประเภทของชีวมวล

แหล่งชีวมวล	ประเภทของชีวมวลที่ทำการศึกษา
1. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป	ขี้เลื่อยและเศษไม้
2. กลุ่มเพาะเห็ด	เศษขี้เลื่อยจากการเพาะเห็ด
3. ข้าวโพด	ซังข้าวโพดและลำต้น (ต้น ยอด ใบ)
4. หญ้าเลี้ยงช้าง	ลำต้นและใบ
5. งานหัตถกรรมจากไม้	ขี้เลื่อยและเศษไม้

3.2 ค่าความร้อนของชีวมวล

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนของชีวมวล

ประเภทชีวมวล	ค่าความร้อน (MJ/kg)	แหล่งอ้างอิง
ขี้เลื่อย	10.88	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, (2543).[5]
เศษไม้	14.98	
ซังข้าวโพด	11.30	
ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	11.70	
หญ้าเลี้ยงช้าง (หญ้าบาน่า)	18.60	Hong Cui, Scott Q Turn and Thai Tran,(2010). [4]

ค่าความร้อนของชีวมวลของ ขี้เลื่อย เศษไม้ ซังข้าวโพดและลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด ใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [5] และในส่วนของหญ้าเลี้ยงช้าง (หญ้าบาน่า) ใช้ข้อมูลจาก งานวิจัยของ Hong Cui, Scott Q Turn and Thai Tran. [4]

4.ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของชีวมวล

4.1 อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูปทั้งหมดจำนวน 12 แห่งตั้งอยู่ใน อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมนี้ประกอบด้วย เฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่งภายในบ้าน อุปกรณ์เครื่องครัว ไม้แปรรูป ฯลฯ ทำให้เกิดเศษเหลือใช้เป็นขี้เลื่อยและเศษไม้จำนวนมา จากตารางที่ 3 เศษเหลือใช้ของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป ที่เป็นขี้เลื่อยมีจำนวน 2,856 ตันต่อปี คิดเป็นพลังงาน 31,073.3 GJ ต่อปีและที่เป็นเศษไม้มีจำนวน 2,340 ตันต่อปี คิดเป็นพลังงาน 35,053.2 GJ ต่อปี รวมทั้งหมดมีจำนวน 5,196 ตันต่อปี คิดเป็นพลังงานทั้งสิ้น 66,126.5 GJ ต่อปี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ศักยภาพพลังงานชีวมวลของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป

บริษัท/โรงเรื่อย	จำนวน	เศษเหลือใช้ (ตัน/ปี)		ศักยภาพพลังงานต่อปี (GJ)		
		ขี้เลื่อย	เศษไม้	ขี้เลื่อย	เศษไม้	รวม
บริษัท พาราวู้ด 1993 จำกัด	1	600	360	6,528.0	5,392.8	11,920.8
บริษัท ถาวรลำปาง จำกัด	1	420	540	4,569.6	8,089.2	12,658.8
บริษัท บี พี เอส มิลคอม จำกัด	1	72	720	783.4	10,785.6	11,569.0
โรงเลื่อย	9	1,764	720	19,192.3	10,785.6	29,977.9
รวม	12	2,856	2,340	31,073.3	35,053.2	66,126.5

4.2 กลุ่มเพาะเห็ด กลุ่มอาชีพเพาะเห็ดที่ทำการศึกษาตั้งอยู่ในอำเภอห้างฉัตรและอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง จำนวน 77 ครัวเรือนชนิดเห็ดที่เพาะปลูกได้แก่ เห็ดนางฟ้า เห็ดขอน เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดหูหนู และเห็ดหอม ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดจะมีอายุการเก็บเกี่ยวไม่เท่ากัน โดยเห็ดนางฟ้ามีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน เห็ดขอนมีอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน เห็ดเป๋าฮื้อมีอายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน เห็ดหูหนูมีอายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือน และเห็ดหอมมีอายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน

จากการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ยของก้อนเห็ดเริ่มต้นพบว่าพบว่ามีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 กิโลกรัม และมีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 30.9% และก้อนเห็ดหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าน้ำหนักค่าเฉลี่เท่ากับ 0.45 กิโลกรัม และมีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 27.3% โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวน้ำหนักของก้อนเห็ดและอายุการเก็บเกี่ยวของเห็ดแต่ละชนิด

ชนิดเห็ด	อายุการเก็บเกี่ยว (เดือน)	ปริมาณก้อนเห็ด (ตัน)	
		เริ่มต้น	หลังเก็บเกี่ยว
เห็ดนางฟ้า	6	442.9	199.3
เห็ดขอน	4	282.7	127.2
เห็ดเป๋าฮื้อ	12	69.4	31.2
เห็ดหูหนู	6	33.7	15.1
เห็ดหอม	8	538.9	242.5
รวม		1,367.5	615.4

ตารางที่ 5 ศักยภาพพลังงานชีวมวลของขี้เลื่อย จากการเพาะเห็ด

ชนิดเห็ด	ปริมาณก้อนเห็ด (ตัน)			ศักยภาพพลังงานต่อปี (GJ)
	หลังเก็บเกี่ยวต่อครั้ง	หลังเก็บเกี่ยวต่อปี		
	ความชื้น 27.3%	ความชื้น 27.3%	ความชื้น 0%	
เห็ดนางฟ้า	199.3	398.6	289.8	3,152.6
เห็ดขอน	127.2	381.6	277.5	3,018.7
เห็ดเป๋าฮื้อ	31.2	31.2	22.7	247.1
เห็ดหูหนู	15.1	30.3	22.0	239.6
เห็ดหอม	242.5	363.8	264.4	2,877.2
รวม	615.4	1,205.5	876.4	9,535.2

จากตารางที่ 4 และ 5 ปริมาณก้อนเห็ดเริ่มต้นทั้งหมดมีจำนวน 1,367.5 ตันต่อปี ที่ความชื้นเฉลี่ย 30.9% คิดเป็นปริมาณก้อนเห็ดหลังเก็บเกี่ยวต่อปี 1,205.5 ตัน ที่ความชื้นเฉลี่ย 27.3% หรือคิดเป็น 876.4 ตัน ที่ความชื้น 0% คิดเป็นศักยภาพพลังงานทั้งหมด 9,535.2 GJ ต่อปี

4.3 ข้าวโพด ข้อมูลการสำรวจปริมาณผลผลิตข้าวโพดต่อไรเชิงพื้นที่ ที่ทำการศึกษาในรัศมีระยะทาง 50 กิโลเมตร ห่างจากอำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง ประกอบด้วย อำเภอเมืองลำปาง อำเภอเกาะคา อำเภอแม่ทะ และอำเภอห้างฉัตร จำนวน 76 ครัวเรือนโดยทั้ง 76 ครัวเรือน รวมพื้นที่เพาะปลูกมี 1,171 ไร่ ได้ผลผลิต 865,546 กิโลกรัม คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 738 กิโลกรัมต่อไร่ ดังตารางที่ 6

จากข้อมูลการเพาะปลูกข้าวโพดของสำนักงานเกษตรจังหวัดลำปางในปี พ.ศ. 2555 พบว่าอำเภอเมืองลำปาง มีจำนวน 15,886 ไร่ อำเภอเกาะคา มีจำนวน 815 ไร่ อำเภอแม่ทะ มีจำนวน 26,456ไร่ และอำเภอห้างฉัตร มีจำนวน 424ไร่ รวมทั้งหมด 43,581 ไร่ คิดเป็นผลผลิต 32,162.8 ตัน เศษวัสดุเหลือใช้จำแนกออกเป็น ลำต้น 28,689.2 ตัน คิดเป็นศักยภาพพลังงาน 335,778.4 GJ และซัง 6,078.8 ตัน คิดเป็นศักยภาพพลังงาน 68,677.9 GJ รวมทั้งหมดคิดเป็นศักยภาพพลังงาน 404,456.3 GJ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ข้อมูลสำรวจเชิงพื้นที่ ผลผลิตข้าวโพดต่อไร่

ข้อมูลที่สำรวจ	จำนวน (ครัวเรือน)	พื้นที่เพาะปลูก(ไร่)	ผลผลิต (กิโลกรัม)	เฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่)
ข้อมูลสำรวจเชิงพื้นที่	76	1,171	865,546	738

ตารางที่ 7 ศักยภาพพลังงานชีวมวลของข้าวโพด

อำเภอ	พื้นที่เพาะปลูก(ไร่)	ผลผลิตโดยเฉลี่ย (ตัน)	เศษวัสดุเหลือใช้ (ตัน)		ศักยภาพพลังงานต่อปี (GJ)		
			ลำต้น	ซัง	ลำต้น	ซัง	รวม
เมือง	15,886	11,723.9	10,457.7	2,215.8	122,396.8	25,034.2	147,431.0
เกาะคา	815	601.5	536.5	113.7	6,279.3	1,284.3	7,563.7
แม่ทะ	26,456	19,524.5	17,415.9	3,690.1	203,835.4	41,691.2	245,526.6
ห้างฉัตร	424	312.9	279.1	59.1	3,266.8	668.2	3,935.0
รวม	43,581	32,162.8	28,689.2	6,078.8	335,778.4	68,677.9	404,456.3

หมายเหตุ: ค่าอัตราส่วนเหลือใช้ต่อผลผลิตของ ลำต้นเท่ากับ 0.892 ซังเท่ากับ 0.189 [6]

4.4 หญ้าเลี้ยงช้าง จากการสำรวจเชิงพื้นที่เกี่ยวกับหญ้าเลี้ยงช้าง (หญ้าบาน่า) ในจังหวัดลำปาง พบว่ามีการปลูกที่ บ้านแม่ตาลน้อย ตำบลเวียงตาล อำเภอห้างฉัตร เพื่อขายให้กับศูนย์อนุรักษ์ช้างไทยสำหรับเป็นอาหารช้าง ราคากิโลกรัมละ 1.50 บาท โดยจำนวนเกษตรกรและพื้นที่การ

เพาะปลูกจะถูกบริหารจัดการโดยศูนย์อนุรักษ์ช้างไทย อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปางปัจจุบันพบว่าจำนวนเกษตรกรมีทั้งหมด 132 ครัวเรือน รวมพื้นที่เพาะปลูก 740 ไร่ ผลผลิตโดยเฉลี่ยต่อไรต่อปีเท่ากับ 10 ตัน รวมทั้งหมดเท่ากับ 7,400 ตัน

หญ้าเลี้ยงช้างดิบ อายุ 2 เดือน โดยเฉลี่ยแล้วมีความชื้น 70% และเมื่อนำไปอบให้แห้งจนไม่มีความชื้นจะมีค่าความร้อนเท่ากับ 18.60 MJ/kg[4]หญ้าบาน่าดิบทั้งหมดมี 7,400 ตัน คิดเป็นหญ้าแห้ง 2,220 ตัน ประเมินเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 41,292 GJ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ศักยภาพพลังงานชีวมวลของหญ้าเลี้ยงช้าง

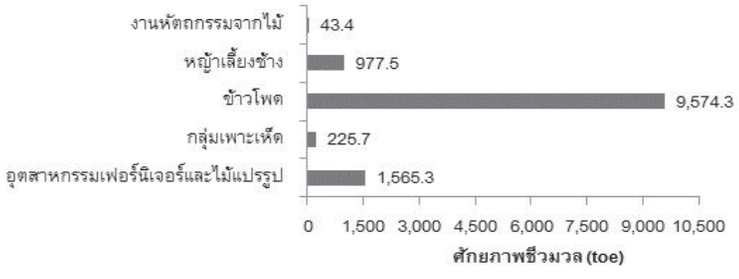
จำนวนเกษตรกร (ครัวเรือน)	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่ต่อปี (ตัน)	ผลผลิตรวมทั้งหมด (ตัน)		ศักยภาพพลังงานต่อปี (GJ)
			หญ้าดิบ	หญ้าแห้ง	
132	740	10	7,400	2,220	41,292.0

4.5 งานหัตถกรรมจากไม้ กลุ่มงานหัตถกรรมจากไม้ในจังหวัดลำปางที่ประกอบกันเป็นอาชีพส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในอำเภอ แม่ทะ และอำเภอห้างฉัตร โดยผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากไม้ ได้แก่ งานแกะสลัก ของตกแต่งภายในบ้าน อุปกรณ์เครื่องใช้ครัวเรือน ของใช้เอกประสงค์

จากการสำรวจเชิงพื้นที่ในอำเภอแม่ทะ และอำเภอห้างฉัตร พบว่ามีเกษตรกรที่ประกอบอาชีพนี้ทั้งหมด 30 ครัวเรือน โดยเศษเหลือใช้แบ่งออกเป็น ขี้เลื่อย 69.4 ตัน คิดเป็นศักยภาพพลังงาน 755.1GJ เศษไม้ 99.1 ตัน คิดเป็นศักยภาพพลังงาน 1,078.2 GJ รวมทั้งหมดคิดเป็นศักยภาพพลังงาน 1,833.3 GJ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ศักยภาพพลังงานชีวมวลของขี้เลื่อยและเศษไม้จากงานหัตถกรรมจากไม้

จำนวนเกษตรกร (ครัวเรือน)	เศษเหลือใช้ (ตัน/ปี)		ศักยภาพพลังงานต่อปี (GJ)		
	ขี้เลื่อย	เศษไม้	ขี้เลื่อย	เศษไม้	รวม
30	69.4	99.1	755.1	1,078.2	1,833.3



รูปที่ 1 ศักยภาพชีวมวลจำแนกตามชนิด

จากรูปที่ 1 ศักยภาพพลังงานชีวมวลของจังหวัดลำปางของ ขี้เลื่อยและเศษไม้จากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป มีค่าเท่ากับ 66,126.0 GJ หรือ 1,565.3 toe เศษขี้เลื่อยจากการเพาะเห็ดของกลุ่มเพาะเห็ด มีค่าเท่ากับ 9,535.2 GJ หรือ 225.7 toe ซังข้าวโพดและลำต้น (ต้นยอด ใบ) มีค่าเท่ากับ 404,456.3 GJ หรือ 9,574.3 toe หญ้าเลี้ยงช้าง (หญ้าบาน่า) มีค่าเท่ากับ 41,292.0 GJ หรือ 977.5 toe และขี้เลื่อยและเศษไม้จากงานหัตถกรรมจากไม้ มีค่าเท่ากับ 1,833.3 GJ หรือ 43.4 toe รวมศักยภาพพลังงานชีวมวลทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 523,242.8 GJ หรือ 12,386.2 toe ศักยภาพชีวมวลของข้าวโพดมีค่าสูงสุดเนื่องจากในจังหวัดลำปาง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการประกอบอาชีพปลูกข้าวโพด [7]

5. สรุปผลการศึกษา

โครงการศึกษาศักยภาพของชีวมวลในจังหวัดลำปาง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในอุตาสาหกรรมเซรามิก โดยใช้วิธีการสำรวจเชิงพื้นที่และใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลต่างๆกลุ่มชีวมวลที่ทำการศึกษาได้แก่ เศษจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป เศษขี้เลื่อยจากการเพาะเห็ด เศษจากการเพาะปลูกข้าวโพด หญ้าเลี้ยงช้าง และเศษจากงานหัตถกรรมจากไม้ โดยทำการศึกษาในบริเวณจังหวัดลำปาง ในรัศมีระยะทาง 50 กิโลเมตรจากอำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง พบว่าศักยภาพพลังงานชีวมวลต่อปีของ ขี้เลื่อยและเศษไม้จากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้แปรรูป มีค่าเท่ากับ 66,126.0 GJ หรือ 1,565.3 toe เศษขี้เลื่อยจากการเพาะเห็ดของกลุ่มเพาะเห็ด มีค่าเท่ากับ 9,535.2 GJ หรือ 225.7 toe ซังข้าวโพดและลำต้น (ต้นยอด ใบ) มีค่าเท่ากับ 404,456.3 GJ หรือ 9,574.3 toe หญ้าเลี้ยงช้าง (หญ้าบาน่า) มีค่าเท่ากับ 41,292.0 GJ หรือ 977.5 toe และขี้เลื่อยและเศษไม้จากงานหัตถกรรมจากไม้ มีค่าเท่ากับ 1,833.3 GJ หรือ 43.4 toe รวมศักยภาพพลังงานชีวมวลทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 523,242.8 GJ หรือ 12,386.2 toe

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานที่สนับสนุนเงินทุนในโครงการวิจัยนี้ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา พรมวังขวา ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือเป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] โครงการพัฒนาหัวเผาไหม้ประสิทธิภาพสูงสำหรับเตาเผาเซรามิก, สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2552.

[2] โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในเตาเผาและกระบวนการผลิตเซรามิก, สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2555.

[3] โครงการพัฒนาเชื้อเพลิงแก๊สจากชีวมวลสำหรับอุตสาหกรรมเผาอุณหภูมิสูง (เซรามิก), สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2556.

[4] Hong Cui, Scott Q Turn and Thai Tran. Biomass Pretreatment for Gasification. The 8th International Symposium on Gas Cleaning at High Temperatures, China, 2010.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.“พลังงานชีวมวล”,Available: http://www2.dede.go.th/renew/bio p.htm, 2543.

[6] พงษ์ศิริ จรุยนนท์. “การสำรวจชนิดและแหล่งชีวมวลประเทศไทย”, Available: http://lib3.dss.go.th/Fulltext/Glass/Glass Annual_Meeting_Handout/2011/Biomass_resoures_survay_in_Thailand.pdf, 2553.

[7] สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง, Available: http://www.lampang.doae.go.th/.

P-CT15

โครงงาน: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ

A new invention of Low-Cost Direct Passive Solar Dryer

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์*

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี 76120

E-mail: phisit@su.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ (Invention) สำหรับใช้ในการถนอมอาหารหรือแปรรูปอาหาร ประเภทเนื้อสัตว์ ผักและผลไม้โดยทำให้แห้งนอกจากนี้ยังสามารถใช้อบแห้งสมุนไพรต่างๆได้ด้วย ในการอบแห้งของเครื่องอบแห้งฯใช้หลักการไหลเวียนอากาศร้อน เพื่อระบายความชื้นโดยวิธีธรรมชาติ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านเครื่องอบแห้งฯ พื้นวัสดุสีดำภายในเครื่องอบแห้งฯจะดูดกลืนความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เก็บสะสมไว้ เมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งฯสูงขึ้น ประมาณ 45-60 องศาเซลเซียส อากาศร้อนในเครื่องอบแห้งฯจะถ่ายเทความชื้นที่มีอยู่ในอาหารหรือสมุนไพรให้ระเหยออกมา ลอยตัวสูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านบนของเครื่องอบแห้งฯ อากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมที่อยู่ส่วนล่างทางด้านหน้าของเครื่องอบแห้งฯแทนที่อากาศร้อน เป็นการถ่ายเทความชื้นภายในอาหารสู่ภายนอกเครื่องอบแห้งฯ ในการออกแบบเครื่องอบแห้งฯดังกล่าว เครื่องอบแห้งฯดังกล่าวนั้นออกแบบให้ใช้งานและบำรุงรักษาได้โดยง่าย มีพื้นที่ฐานในการอบแห้ง 45 x 57 เซนติเมตร ตัวเครื่องอบแห้งฯมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบาและเคลื่อนย้ายสะดวกตลอดจนต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งฯต่ำ เครื่องอบแห้งฯดังกล่าวจะทำให้การถนอมอาหารและสมุนไพรถูกสุขลักษณะ สามารถลดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และแมลงรบกวน ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แปรรูปอาหาร, อบแห้งสมุนไพร

1. บทนำ

ปัญหาด้านอาหารที่พบมากที่สุดในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่มาจากการที่ไม่สามารถเก็บรักษาผลผลิตอาหารในที่นี้หมายถึงผลผลิตทางการเกษตรที่มีมากจนล้นตลาดในระดับภูมิภาค ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรโดยปกติแล้วนั้นเป็นที่ต้องการในการบริโภค แต่ความต้องการในการบริโภคนั้นมีจำกัด จึงทำให้เกิดของเสียจากผลผลิตทางการเกษตรที่ล้นตลาดจำนวนมากในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิต วิธีการอบแห้งนั้นเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรหรือแปรรูป เพื่อเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรได้ยาวนานขึ้น ซึ่งพบว่าเทคนิคการอบแห้งนั้นนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากสำหรับผลผลิตทางการเกษตรประเภทพืชเมืองร้อน

การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมนั้นรู้จักกันในนาม การตากแห้ง(Sun drying) เป็นวิธีการอย่างง่ายโดยการวางผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรลงบน เสื่อ หลังคาหรือพื้นสำหรับการตากแห้ง ซึ่งปัญหาหลักของวิธีการดังกล่าวคือการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจากฝุ่นละออง นก หนูและแมลง ซึ่งบางส่วนของผลิตภัณฑ์นั้นจะมีเปอร์เซ็นต์การเสียหายและสูญหายเกิดขึ้น นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวนั้นยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เพราะการอบแห้งโดยวิธีการตากแห้งนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์และลม ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ทั้งนี้การอบแห้งโดยการตากแห้งใช้ต้นทุนต่ำในการลงทุน วิธีการอบแห้งดังกล่าวเป็นที่นิยมใช้กันและประสบความสำเร็จสำหรับผลผลิตทางการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนา

วิธีการที่เป็นทางเลือกที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคนอกเหนือจากวิธีการตากแห้ง(Open sun drying) นั่นคือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar dryer) วิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงกว่านอกจากนี้ผลผลิตทางการเกษตรที่อบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพสูงกว่า แต่มีต้นทุนในเบื้องต้น ถ้าเงื่อนไขที่สำคัญในการอบแห้งคือสภาพภูมิอากาศและแหล่งอาหาร นั้นถือว่าเป็นวิธีการที่น่าสนใจเพราะเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งสะอาดและมีคุณภาพ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ คือเครื่องมือที่ใช้ในการถนอมอาหารที่ลดความชื้นออกจากวัตถุดับสามารถป้องกันความเสียหายจาก นก แมลงและฝนได้บางส่วน อาหารที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวใช้พลังงานความร้อนนั้นจะมีความชื้นต่ำ สะอาดถูกหลักสุขลักษณะ โดยพื้นฐานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสามารถจำแนกออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1) เครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer) วัตถุดิบที่ใช้อบแห้งจะอยู่ภายในวัสดุโปร่งใส เช่น แก้ว หรือพลาสติก พลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์จะทำให้วัตถุดิบแห้งและภายในเครื่องอบแห้งจะเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (green house effect) ภายในเครื่องอบแห้งจะมีสีดำเพื่อดูดซับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อให้เกิดความร้อนสะสมมากที่สุด

2) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect solar dryer) สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รังสีดวงอาทิตย์ไม่ได้ส่งผ่านความร้อนกับวัตถุดิบโดยตรงแต่ จะมีอุปกรณ์สะสมความร้อนหรือแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และถ่ายเทอากาศไปยังห้องอบแห้ง

3) เครื่องอบแห้งแบบผสม (Mix Mode type) สำหรับเครื่องอบแห้งแบบผสมเป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงไปยังวัตถุดิบร่วมกับอากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุโปร่งใส

4) เครื่องอบแห้งระบบ Hybrid (Hybrid solar dryer) สำหรับเครื่องอบแห้งแบบ Hybrid ถึงแม้ว่าจะใช้รังสีดวงอาทิตย์ในการทำให้ผลผลิตหรือวัตถุดิบแห้ง แต่ก็มีการนำเทคโนโลยีอื่นๆมาใช้ในการให้เกิดการไหลเวียนของอากาศในเครื่องอบ เช่น การใช้พัดลมซึ่งอาศัยไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (solar cell) [1]

ในปัจจุบันที่ประเทศไทยเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหาร ตลอดจนสมุนไพรต่างๆ ถ้ามีการนำเทคโนโลยีการอบแห้งมาใช้ในการถนอมอาหาร แปรรูปอาหาร ตลอดจนวัตถุดิบต่างๆ เป็นวิธีการที่ทำให้อาหาร หรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งสะอาด ถูกสุขลักษณะ มีความชื้นตามมาตรฐานที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจึงเป็นที่มาของโครงงาน: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ ซึ่งสามารถสร้างขึ้นมาโดยง่ายอีกทั้งยังง่ายต่อการบำรุงรักษา

2. วิธีการวิจัย

2.1กระบวนการอบแห้ง

กระบวนการในการทำให้แห้ง(Dehydration) ประกอบด้วยการนำเอาความชื้นออกจากวัตถุดิบโดยอาศัยความร้อน โดยควบคุมการไหลเวียนของอากาศ ปริมาณน้ำในวัตถุดิบ อาหารและสมุนไพรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-25 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ การอบแห้งที่ประสบความสำเร็จนั้นขึ้นอยู่กับ

1) ความร้อนที่เพียงพอในการทำให้ความชื้นหรือน้ำระหายออกจากวัตถุดิบ

2) อากาศที่แห้ง (Dry air) พอที่จะดูดซับความชื้นที่ปล่อยออกมาจากวัตถุดิบและ

3) การหมุนเวียนของอากาศในห้องอบ

สำหรับวัตถุดิบประเภทอาหารเมื่ออาหารที่ผ่านการอบแห้งนั้นแห้งสนิท ซึ่งวัตถุประสงค์ในการอบแห้งที่ต้องการนำความชื้นออกจากอาหารอย่างรวดเร็วเท่าที่อุณหภูมิไม่มีผลต่อ รสชาติ(Flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และสี (color) ของอาหาร [1]

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ ประกอบไปด้วย แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) สีดำ ปากกา คัตเตอร์ ปืนยิงกาว กาวแท่ง ซิลิโคนซีลแลนท์ชนิดใสไร้กรด มุ้งฟ้า เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และไม้บรรทัด

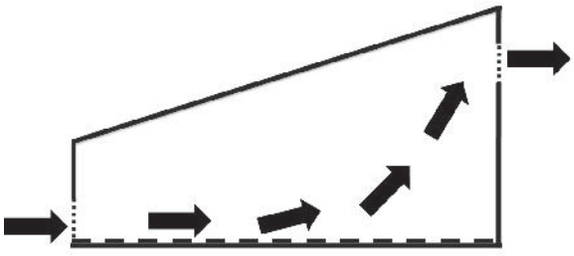
2.3 วิธีการ

หลักการของเครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer) ได้นำมาใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำโครงงาน โดยมีหลักดังนี้

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯจะออกแบบให้รังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะส่งผ่านความร้อนวัสดุโปร่งใสที่เข้ามายังวัตถุดิบโดยตรง ความร้อนสะสมในห้องอบเกิดจากปรากฏการเรือนกระจกและบางส่งผ่านไปยังแผงรับรังสีดวงอาทิตย์สีดำด้านล่างของวัตถุดิบเพื่อสะสมความร้อนมีผลทำให้อากาศภายในห้องอบร้อนและขยายตัวเพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่อยู่ภายในห้องอบมีค่าอยู่ระหว่าง 45-60 องศาเซลเซียส อากาศร้อนจะส่งผ่านความร้อนทำให้วัตถุดิบได้รับพลังงานความร้อนจนน้ำภายในวัตถุดิบระเหยกลายเป็นไอเมื่ออากาศภายในร้อนจะขยายตัวซึ่งมีช่องเปิดด้านบนของห้องอบให้อากาศร้อนและความชื้นไหลออกและอากาศเย็นไหลเข้าสู่ส่วนล่างของห้องอบ ทำให้อากาศมีการหมุนเวียนจากกระบวนการพาความร้อน (Convection) และการระเหย (Evaporation)

การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ

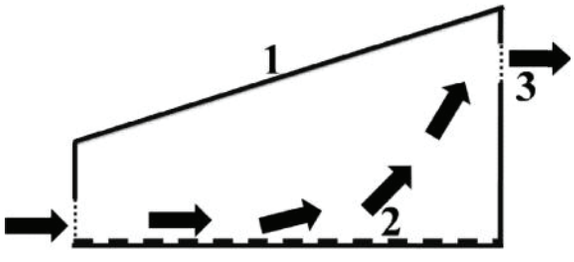
ในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ โดยใช้อาศัยหลักการทำงานของเครื่องเครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer) ดังรูปในที่นี้จะออกแบบให้มีการไหลของอากาศเย็นเข้าห้องอบโดยอยู่ต่ำสุดเป็นทางเข้าและส่วนบนเป็นส่วนที่ให้อากาศที่ร้อนและขยายตัวออกโดยใช้หลักการพาความร้อน ในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้องการให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดขึ้นส่วนบนและส่วนข้างของเครื่องอบแห้งจึงเป็นวัสดุโปร่งใสให้รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านเข้ามาในห้องอบและส่วนล่างสุดจะเป็นวัสดุสีดำเพื่อสะสมพลังงานงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 1: หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโดยตรง (Direct solar dryer)

การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ

วัสดุและอุปกรณ์สำหรับใช้ในการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำประกอบด้วย แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส แผ่นโพลีโพรพิลีนสีดำ ปากกา คัตเตอร์ ปืนยิงกาว กาวแท่ง ซิลิโคนซีลแลนท์ชนิดใสไร้กรด มุ้งฟ้า เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และไม้บรรทัด สำหรับเครื่องอบแห้งที่นำเสนอในบทความนี้เป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ออกแบบให้มีขนาดเล็กเหมาะสมกับอุตสาหกรรมระดับครัวเรือน และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวได้ผ่านทดลองในงานวิจัยอบแห้งสับปะรด กรณีศึกษาในเขตอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2557 ในการประดิษฐ์เครื่องอบแห้งฯจากรูปที่ 2 จะสร้างห้องอบให้มีช่องเปิดสำหรับให้อากาศเย็นไหลเข้าและอากาศร้อนไหลออก ส่วนบนของห้องอบส่วนบนทั้งหมด จะสร้างประกอบขึ้นจากแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส ในที่นี้ขนาดในท้องตลาดจะมีขนาด 65×80 ตารางเซนติเมตร แผ่นโพลีโพรพิลีนมีความหนา 3 มิลลิเมตร เครื่องอบแห้งฯออกแบบให้มีวิธีการทำงานที่สะดวกต่อการใช้งานเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีขนาดมิติ กว้าง ยาว สูง เท่ากับ 45 57 37 เซนติเมตรตามลำดับ ทั้งนี้ได้ออกแบบให้มุมเอียงส่วนบนสุดของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ ทำมุม 30 องศากับแนวระดับ มีพื้นที่ฐานในการอบแห้ง 45 x 57 เซนติเมตร ทำด้วยแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) สีดำ และวางด้วยเหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) เพื่อใช้ในการวางวัตถุดิบ



รูปที่ 2: แสดงโครงสร้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ

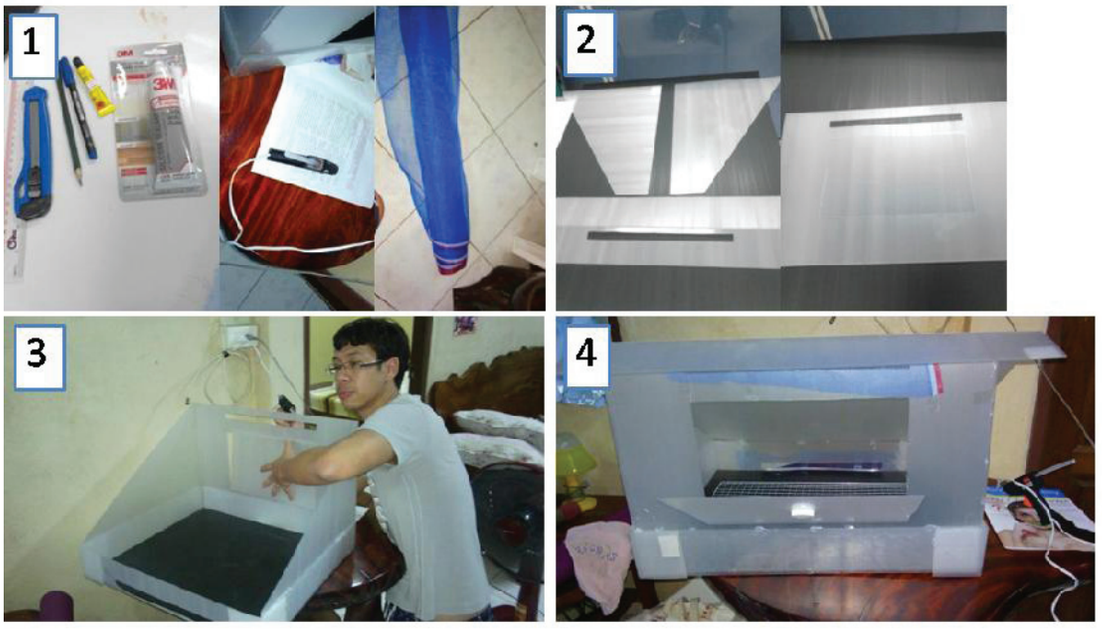
1. แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส 2. เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และ3. ช่องสำหรับอากาศร้อนและความชื้นจากวัตถุดิบไหลออก

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ แผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใส แผ่นโพลีโพรพิลีนสีดำ ปากกา คัตเตอร์ ปืนยิงกาว กาวแท่ง ซิลิโคนซีลแลนท์ชนิดใสไร้กรด มุ้งฟ้า เหล็กไวร์เมช (Wire Mesh) และไม้บรรทัดดังรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 2 ตัดแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ชนิดใสสำหรับส่วนที่เป็นห้องอบและตัดแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) สีดำสำหรับเป็นแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้นดังรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 ประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกันเป็นลักษณะตู้อบโดยใช้ปืนยิงกาวแท่งในการติดวัสดุแผ่นโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) จนขึ้นโครงสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 4 ติดมุ้งฟ้าทางเข้าออกของอากาศเย็น (ด้านล่าง) อากาศร้อนร้อน (ด้านบน) และความชื้นเพื่อป้องกันแมลงและสัตว์อื่นๆ เข้ามาทำให้วัตถุดิบเสียหายหรือสูญหาย จากนั้นใช้ซิลิโคนซีลแลนท์ชนิดใสไร้กรด ยาแนวป้องกันช่องเปิดโดยรอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อป้องกันไม่ให้ เกิดช่องว่างสำหรับแมลงและป้องกันฝนได้บางส่วนขณะอบถ้ามีฝนตก จะได้เครื่องอบแห้งที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานดังรูปที่ 4



รูปที่ 3: ขั้นตอนการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 4: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ

อ้างอิงจากผลงานวิจัยของ Suvarnaphaet (2014) ที่ได้วิจัยทดสอบสิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำระบบดังกล่าวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2557 กรณีศึกษา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรีพบว่าสับปะรดที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ สำหรับการทดสอบได้นำตัวอย่างสับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวียหั่นเป็นแผ่น หนา 5 มิลลิเมตร(± 1.5 มิลลิเมตร) เพื่อทำการทดสอบเครื่องอบแห้งฯ ซึ่งทดสอบการอบแห้งสับปะรดด้วยเครื่องอบแห้งฯ จำนวน 500 กรัม และตากแห้งด้วยวิธีดั้งเดิม 500 กรัม พบว่าความชื้นภายหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งฯนั้นมีค่า 15.2% (w.b.) ใช้เวลาในการอบแห้ง 3 วัน ขณะที่การตากโดยวิธีดั้งเดิมด้วยการตากแห้งมีความชื้นอยู่ที่ 22.6% ใช้เวลาในการอบแห้ง 3 วัน ซึ่งพบว่าสับปะรดอบแห้งที่ได้จากการอบด้วยเครื่องอบแห้งฯนั้นมีคุณภาพ [2] ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: สับปะรดอบแห้งที่ผ่านการอบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ

3. สรุปผลการวิจัย

จากโครงงาน: สิ่งประดิษฐ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายต้นทุนต่ำ ที่ได้สร้างสรรค์ออกแบบและสร้างไว้นั้นมีประสิทธิภาพ ใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำสามารถหาซื้อวัสดุอุปกรณ์ได้ในท้องถิ่นทำได้โดยง่ายใช้ได้จริง สามารถซ่อมบำรุงได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้เทคนิควิธีการที่ซับซ้อนอีกทั้งเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรมครัวเรือนให้กับเกษตรกรหรือกลุ่มผู้ที่ต้องการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งสามารถเป็นช่องทางหนึ่งในการแปรรูปผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต เพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานและป้องกันการปนเปื้อนของวัตถุดิบจาก ฝุ่นละออง นก หนู แมลงและฝนที่ตกลงมาในเบื้องต้นขณะที่ทำการอบแห้ง ซึ่งต้นทุนที่ใช้ในการสร้างเครื่องอบแห้งฯมีมูลค่าเพียง 200 บาท เป็นข้อมูลราคาวัสดุที่อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 จากร้านวัสดุก่อสร้างในชุมชนเขตพื้นที่ชะอำ หัวหิน

4. บรรณานุกรม

[1] Ogunkoya A.K., Ukoba K.O., and Olunlade B.A., 2011. Development of a low cost solar dryer. The Pacific Journal of Science and Technology, 12(01), 98-101.

[2] Suvarnaphaet, K., Suvarnaphaet, P., 2014, "Performance of a Low-Cost Direct Passive Solar Dryer for Pineapple Drying: Case Study of Cha-Am District, Petchaburi Province, Thailand" Abstract of The 5th Rajamangala University of Technology International Conference (5th RMUTIC) “Technology and Innovation towards ASEAN”,112.

O-CF01

การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขาม
An investigation on green fuel production from tamarind waste

กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์[1*], พิสิษฏ์ มณีโชติ[1] และวันชัย วิหงสา[2]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[2]สำนักงานพลังงานจังหวัดเพชรบูรณ์ ศาลากลาง ชั้น 4 อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
E-mail: puntuwanitst@gmail.com, renewaboy@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขามมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสานผ่านกระบวนการอัดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็น รวมทั้งศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในรูปของค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และค่าคาร์บอนคงตัว วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เปลือกมะขาม; ใยมะขาม; เมล็ดมะขาม และแกลบ โดยนำมาผสมกับแป้งมันและน้ำในอัตราส่วนต่างๆ จากการศึกษา พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 3,764 – 3,542 kcal/kg ที่ความชื้น 3.96 – 9.75%โดยที่ค่าความชื้นจะแปรผกผันกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง การทดลองได้ทำการผสมเชื้อเพลิงเขียวเป็น 3 อัตราส่วน ได้แก่ อัตราส่วน A, B, C และ D เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้ในอัตราส่วน Bมีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด คือ มีความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย และสามารถอัดเป็นแท่งขึ้นรูปได้ง่ายมีปริมาณสารระเหยและปริมาณเถ้ามากที่สุดเท่ากับ 10.41 % และ 4.50 % ตามลำดับ และมีความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.96 % เมื่อนำมาทดลองใช้เปรียบเทียบกันระหว่างการใช้กับเตาอั้งโล่และการใช้กับเตาแก๊สชีวมวล ผลปรากฏว่าการนำเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าการใช้กับเตาอั้งโล่ จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เปลือกมะขามสามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านจากไม้ฟืนที่ใช้ในครัวเรือน และควรมีการส่งเสริมให้มีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขามไว้ใช้เองในครัวเรือน เป็นการช่วยลดปัญหาขยะและมลพิษที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขามอีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงเขียว, วัสดุเหลือทิ้งจากมะขาม, อัดรีดเย็น

1. ที่มาและความสำคัญ

จากสถิติของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน รายงานว่าในช่วง 11 เดือนของปี 2556 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่ากว่า 1,190 พันล้านบาท โดยมีการนำเข้าน้ำมันดิบมากที่สุดและมีการใช้พลังงานปริมาณ 68,935 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 2.8 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,698 พันล้านบาท และมีการใช้พลังงานทดแทน 7,495 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.2 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ถ่านหิน/ลิกไนต์ ร้อยละ 20.7 น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลร้อยละ 2.9 ที่เหลือเป็นพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.9 โดยการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสาขาเศรษฐกิจ เช่น ภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย ธุรกิจการค้าและขนส่ง ซึ่งภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงกว่าภาคอื่นๆ โดยมีสัดส่วนการใช้ร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด การขยายตัวของภาคธุรกิจการผลิตพลังงานทดแทนซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษและส่งผลดีต่อสภาพแวดล้อมของโลกลดปัจจัยการเกิดภาวะโลกร้อน ทั้งยังสามารถลดต้นทุนการผลิตในด้านเศรษฐกิจสาขาต่างๆ ได้ ทำให้ประเทศเราไม่ผูกขาดกับแหล่งพลังงานใดเพียงแหล่งเดียว ประเทศมีการพัฒนาศักยภาพแบบยั่งยืนต่อไป [1]

ประเทศไทยจัดว่าเป็นแหล่งปลูกมะขามเปรี้ยวและมะขามหวานที่ใหญ่ที่สุด มีการปลูกมะขามหวานกันมานานแล้วในภาคเหนือของไทยโดยเฉพาะที่อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดมะขามหวานพันธ์หมื่นจง สีทอง และอินทผลัมที่มีชื่อที่สุด นอกจากนั้นยังพบในบางจังหวัดทางภาคอีสานมะขามหวานเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในดินทุกชนิด อีกทั้งยังเป็นพืชเอกลักษณ์และพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่สร้างรายได้ให้แก่ผู้ปลูกเป็นอย่างมากจากข้อมูลสถานการณ์ด้านการเพาะปลูกมะขามหวาน ในปี พ.ศ. 2553 – 2554 ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกมะขามหวานจำนวนกว่า 49,945 ไร่ ให้ผลผลิตราว 47,000 ตัน มูลค่าราว 1,400 ล้านบาท ราคาผลผลิตโดยเฉลี่ยกิโลกรัมละ 80 - 120 บาท[2] ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ โดยมะขามหวานที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดมีอยู่ 2 แบบ คือ จำหน่ายทั้งฝักกับนำแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งจากการที่นำมะขามมาแปรรูปจะทำให้มีเศษวัสดุเหลือใช้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ เปลือก ใย และเมล็ด เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปกองทิ้งไว้โดยไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากเศษวัสดุเหลือใช้จากมะขาม ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว ได้แก่ เปลือกมะขาม ใยมะขาม และเมล็ดมะขาม เป็นต้น โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงของเศษวัสดุเหลือใช้จากมะขาม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และคณะ [3] วิจัยการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลผสม 2 คู่ คือ แกลบ-ผักตบชวา และชานอ้อย-ฟาง โดยนำชีวมวลทั้ง 4 ชนิดไปตากแดด แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆจากนั้นชีวมวลแต่ละคู่ไปผสมกันที่อัตราส่วน 20 : 80, 40 : 60 และ 80 : 20 (โดยมวล) โดยใช้แป้ง มันสำปะหลังเป็นตัวประสาน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเข้ากระบวนการอัดแท่งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมรรถนะในการเผาไหม้จากผลการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้อยู่

ในช่วง 185 - 223 kg/m^3 จากผลการทดสอบการเผาไหม้ พบว่า ชีวมวลผสมระหว่างแกลบและผักตบชวา ที่อัตราส่วนผสม 60 : 40 ให้อุณหภูมิก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้สูงสุด สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วง 1 - 15 ppm

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม ซึ่งย่อยให้มีขนาดประมาณ 1 mm และ 3 mm ตามลำดับ แล้วอัดแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น ที่ระดับความชื้นประมาณ 13%dbด้วยแรงอัด 10 MPa นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้นี้มาศึกษาสมบัติทางกายภาพ และค่าศักยภาพทางพลังงานความร้อนจากปาล์มในภาคใต้ ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงทั้ง 8 สูตรผสมค่าความร้อนระหว่าง 8.54±0.36 MJ/kg ถึง 11.81±0.42 MJ/kg และมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 14.0±1.1 %db ถึง 60.1±5.5 %dbโดยแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ด้วยสูตรผสมเส้นใย ทะลายปาล์ม แกลบและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วน 3:2:3:2 ตามลำดับสามารถให้ค่าความร้อนสูงสุด

เสริฐ เขียนนอก [5] ทำการศึกษาเปรียบเทียบพลังงานของถ่านไม้กับถ่านผักตบชวา โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน ในการศึกษาพบว่า ค่าพลังงานที่ได้จากถ่านไม้มีค่าพลังงานอยู่ในช่วง 15372.666 – 28878 จูลต่อกรัม ซึ่งพลังงานที่ได้จากถ่านไม้ยางให้ค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ถ่านไม้สะแก ถ่านไม้รัง ถ่านไม้สักทอง และถ่านไม้มะขาม ตามลำดับ และพลังงานที่ได้จากผักตบชวาอยู่ในช่วง 9457.666 – 15841.666 จูลต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ได้จากผักตบชวากับค่าพลังงานที่ได้จากถ่านไม้พบว่า ค่าพลังงานที่ได้จากถ่านไม้มีค่ามากกว่าพลังงานที่ได้จากผักตบชวา

3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ อุปกรณ์

1) เปลือกมะขาม 2) เศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกมะขาม 3) แกลบ 4) แป้งมันสำปะหลัง 5) น้ำ 6) เครื่องอัดแบบสกรูเกลียว 7) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง 8) ตู้อบ (hot air oven) 9) โถดูดความชื้น 10) Electric muffle Furnace ปรับอุณหภูมิได้ 950°C 11) เครื่อง Bomb Calorimeter 12) ถ้วนทนไฟพร้อมฝาปิด 13) หม้อต้มน้ำ

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ ตามวิธีมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) ได้แก่

3.2.1.1 การวิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture Content) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104 - 110 องศาเซลเซียสที่เวลา 72 ชั่วโมง เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{A-B}{A} x100 \quad (1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)
B = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากอบแห้ง (กรัม)

3.2.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานASTM D5832 – 95 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 ± 20 องศาเซลเซียส ในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที วิเคราะห์แล้วคำนวณปริมาณสารระเหยจากการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง

$$\text{น้ำหนักที่สูญเสีย (\%)} = \frac{A-B}{A} x100 \quad (2)$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)
B = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

$$\text{สารระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = C - M - A \quad (3)$$

เมื่อ C = ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสีย
M = ร้อยละความชื้น
A = ร้อยละเถ้า

3.2.1.3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash Content) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานASTM D 3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6ชั่วโมง ซึ่งปริมาณเถ้าของตัวอย่างคิดจากส่วนที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ ภายในอุณหภูมิ เวลา ความดัน และน้ำหนักของตัวอย่างที่กำหนด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาแล้ว

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{A-B}{C}x100 \quad (4)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของ Crucible และเถ้า (กรัม)
B = น้ำหนักของCrucible (กรัม)
C = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

3.2.1.4 การวิเคราะห์หาค่าคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon) ตามมาตรฐานASTM D 3172 ในการหาปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่สามารถหาได้จากการคำนวณดังนี้

ปริมาณคาร์บอนคงที่ (%) = 100 - % ความชื้น - % เถ้า - % สารระเหย (5)

3.2.1.5 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating Value) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D1989 โดยนำตัวอย่างไปเผาอย่างสมบูรณ์ใน Bomb ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณเกินความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของ Jacket สูงขึ้น และสามารถคำนวณหาความร้อนที่เกิดขึ้นได้ และทำการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละครั้งซ้ำกัน 2 ครั้ง

3.2.1.6 ประสิทธิภาพในการให้ความร้อนของเชื้อเพลิง

1. ชั่งเชื้อเพลิงตัวอย่างละ 120, 168 และ 187 กรัมตามลำดับ
2. ชั่งน้ำ 300 กรัม ใส่หม้อต้มน้ำและวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม
3. วัดอุณหภูมิน้ำในหม้อโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ขนาด 100 องศาเซลเซียส โดยระวังไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับส่วนของหม้อ
4. ใช้แท่งเชื้อเพลิงชุบ แอลกอฮอล์ติดไฟประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรวางในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงติดไฟ
5. วางแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือในเตาอย่างโปร่งๆให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ประมาณ 3 ใน 4 ของเตาแล้วจุดไฟจนไฟติด
6. นำหม้อที่เตรียมไว้ตั้งบนเตา บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที
7. เมื่อน้ำเดือดถึง 100 องศาเซลเซียสให้เปลี่ยนหม้อใหม่ จดอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำไม่เพิ่มขึ้นอีก

3.2.1.7 คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิง โดยใช้สูตร

$$\mu = \sum \frac{ms(t_2 - t_1) \pm ms(t_3 - t_1) \times 100\%}{wq} \quad (6)$$

เมื่อ μ = ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิง (%)
W = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (g)
Q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (cal/g)
M = น้ำหนักของน้ำในหม้อ (g)
s = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 cal/g °C)
t_1 = อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มแรก (°C)
t_2 =อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)
t_3 = อุณหภูมิของน้ำสุดท้ายของหม้อ(°C)

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม โดยทำการผสมระหว่างเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม

3.2.2.1 การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขาม

1. นำเปลือกมะขาม 1 กิโลกรัม มาผสมกับแป้งมัน 40 กรัม และน้ำ 400 กรัม
2. นำส่วนผสมที่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนดไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรูเกลียว
3. นำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ไปตากแห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 10 %
4. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวตามข้อ 3.2.1

3.2.2.2 การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม

1. นำเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม ได้แก่ เปลือก ใย และเมล็ด 1 กิโลกรัม มาผสมกับแป้งมัน 40 กรัม และน้ำ 400 กรัม
2. นำส่วนผสมที่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนดไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรูเกลียว
3. นำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ไปตากแห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 10 %
4. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวตามข้อ 3.2.1

3.2.2.3 การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามกับแกลบ

1. นำเปลือกมะขาม 0.9 กิโลกรัม มาผสมกับแกลบ 0.1 กิโลกรัม, แป้งมัน 40 กรัม และน้ำ 400 กรัม
2. นำส่วนผสมที่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนดไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรูเกลียว
3. นำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ไปตากแห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 10 %
4. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวตามข้อ 3.2.1

4. ผลการทดลอง

4.1. ผลการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม แบ่งการทดลองออกเป็น 4 อัตราส่วน ดังนี้

1. อัตราส่วน A คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขาม: น้ำ:แป้งมันเป็น 1.5: 1: 0.5
2. อัตราส่วน B คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขาม: น้ำ:แป้งมันเป็น 1: 0.4: 0.04
3. อัตราส่วน C คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือก, ใย และเมล็ด: น้ำ:แป้งมันเป็น 1: 0.4: 0.04
4. อัตราส่วน D คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขาม: แกลบ: น้ำ:แป้งมันเป็น 0.9: 0.1: 0.4: 0.04

ตารางที่1 แสดงค่าคาร์บอนคงตัว สารที่ระเหยได้ ความชื้น และเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%)	ปริมาณสารที่ระเหยได้ (%)	ความชื้น (%)	ปริมาณเถ้า (%)
A	82.31	5.94	9.75	2.00
B	81.13	10.41	3.96	4.50
C	82.68	5.70	9.35	2.27
D	83.74	5.94	7.93	2.39

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามมีปริมาณสูงมากกว่า 80% ทุกอัตราส่วน เนื่องจากเปลือกมะขามมีค่าความร้อนสูง โดยมีอัตราส่วนในการผสมเชื้อเพลิงเท่ากับเปลือกมะขามมากกว่า 90% ต่อแป้งมันน้อยกว่า 5% ในงานวิจัยนี้จะไม่คิดปริมาณน้ำเนื่องจากหลังจากการอัดแท่งแล้วจะต้องทำการอบแห้งเพื่อให้เหลือความชื้นไม่เกิน 10% รวมถึงปริมาณสารที่ระเหยได้, ความชื้น และปริมาณเถ้ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราส่วน B มีปริมาณสารระเหยและปริมาณเถ้ามากที่สุดเท่ากับ 10.41% และ 4.50% ตามลำดับ และมีความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.96%

ตารางที่2 แสดงค่าความร้อนและความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	ค่าความร้อน(kcal/kg)	ความชื้น (%)
A	3,657	9.75
B	3,764	3.96
C	3,669	9.35
D	3,542	7.93

จากตารางที่ 2จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน มีค่าอยู่ระหว่าง 3,764 – 3,542 kcal/kg ในขณะที่ค่าความชื้นจะแปรผกผันกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง คือ เมื่อเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความชื้นน้อยจะทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าความชื้นมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ตารางที่3 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	ลักษณะของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้(หลังจากแห้งแล้ว)		
	ไม่เปราะ แตกง่าย	อัดเป็นแท่งได้ง่าย	แข็งแรง
A	✓	✓	✓
B	✓	✓	✓
C	✗	✗	✗
D	✓	✗	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง ใช่ ✗ หมายถึง ไม่ใช่

เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้อัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ A และ B แต่ที่อัตราส่วน B ให้ค่าความร้อนได้ดีที่สุด

แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากอัตราส่วน C จะเปราะแตกง่ายขาดความแข็งแรงและอัดเป็นแท่งได้ยาก เนื่องจากใยมะขามติดอยู่ในห้องอัดเชื้อเพลิงทำให้ขึ้นรูปได้ยาก

แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากอัตราส่วนD จะเปราะแตกง่าย เนื่องจากแกลบมีความพรุนสูงทำให้หลังจากที่เชื้อเพลิงแห้งแล้วมีการเปราะแตกได้ง่าย

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อนของเชื้อเพลิง

ตารางที่4 แสดงประสิทธิภาพของเตาชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงเขียวชนิดต่างๆเป็นเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วน	ประสิทธิภาพ(ร้อยละ)
A	26.69
B	30.61
C	28.45
D	36.43

จากตารางที่ 4เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามเป็นเชื้อเพลิง พบว่า อัตราส่วน D มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด เนื่องจากมีแกลบเป็นส่วนผสมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และที่อัตราส่วน A มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุด เนื่องจากเชื้อเพลิงเขียวที่ได้มีความชื้นสูงจึงทำให้จุดติดไฟได้ยาก

5. สรุปผลการทดลอง

1. การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม พบว่า ส่วนผสมในอัตราส่วน Bมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด คือ มีความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย และสามารถอัดเป็นแท่งขึ้นรูปได้ง่าย

2. ค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามมีปริมาณสูงมากกว่า 80% ทุกอัตราส่วน เนื่องจากเปลือกมะขามมีค่าความร้อนสูง โดยมีอัตราส่วนในการผสมเชื้อเพลิงเท่ากับเปลือกมะขามมากกว่า 90% ต่อแป้งมันน้อยกว่า 5% ในงานวิจัยนี้จะไม่คิดปริมาณน้ำเนื่องจากหลังจากการอัดแท่งแล้วจะต้องทำการอบแห้งเพื่อให้เหลือความชื้นไม่เกิน 10% รวมถึงปริมาณสารที่ระเหยได้, ความชื้น และปริมาณเถ้ามีค่าใกล้เคียง โดยเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากเปลือกมะขามผสมกับแป้งมันและน้ำ ในอัตราส่วน B มีปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้ามากที่สุดเท่ากับ 10.41 % และ 4.50 % ตามลำดับ และมีความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.96 %

3. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน มีค่าอยู่ระหว่าง 3,764 – 3,542 kcal/kg ในขณะที่ค่าความชื้นจะแปรผกผันกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงคือ เมื่อเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความชื้นน้อยจะทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าความชื้นมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

4. เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามเป็นเชื้อเพลิง พบว่า อัตราส่วน D มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด เนื่องจากมีแกลบเป็นส่วนผสมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และที่อัตราส่วน A มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุด เนื่องจากเชื้อเพลิงเขียวที่ได้มีความชื้นสูงจึงทำให้จุดติดไฟได้ยาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพลังงานจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับทำการวิจัย

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2557. จากwww.dede.go.th/ dede/images/ stories/ stat_dede/sit_56/frontpage_nov.pdf

[2] จับตามะขามหวาน 2 สายพันธุ์ใหม่ สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม2557, จาก http://news.sanook.com /1430127/

[3] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, ชัชวาล ภาโนมัย, อรวรรณ เที่ยงกระโทก และรัตนา แซ่จู. (2528). การศึกษาการทำเชื้อเพลิงเขียวจากพืชบางชนิด. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ฉัตร ผลนาค ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ และพชิตา เปล่าเล. (2549). สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[5] เสริฐ เขียนนอก และพัฒนสุข ชำนินอก. (2544). การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานของถ่านไม้กับผักตบชวา. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

O-CF02

การผลิตถ่านไม้ไผ่สำหรับเป็นสารดูดซับความชื้น
Production of Bamboo Charcoal for Adsorbing Moisture Content

จุฑาธรณ์ เวชไธสง[1] ยุทธศาสตร์ โสดวิลัย[1] และ สุรจิตร์ พระเมือง[2*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อ.เมือง จ.เลย 42000
Email: dominic_dong@hotmail.com, newlagocyber@hotmail.com surajitr@lru.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านจากไม้ไผ่ด้วยเตาเผาถ่านที่มีอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียส ขึ้นไป จะได้ถ่านคุณภาพใกล้เคียงถ่านกัมมันต์ซึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุไส้กรองน้ำและอากาศได้ โดยการวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ 3 ชนิด ซึ่งผ่านการเผาในเตาเผาถ่านอุณหภูมิ 800 - 900 องศาเซลเซียส ได้แก่ ไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่ซางหม่น ซึ่งเป็นไม้ไผ่ที่มีอยู่มากในท้องถิ่น นำถ่านไม้ไผ่มวล 50 100 200 และ 400 กรัมมาทดสอบการดูดซับความชื้น ในห้องปฏิบัติการ วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขวดทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเริ่มต้นร้อยละ 99.9 เท่ากัน พบว่าร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศของการดูดซับความชื้นของไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่ซางหม่น ถ่านมวล 50 กรัม ลดลงเป็นร้อยละ 36 42 และ 51.3 ถ่านมวล 100 กรัม ลดลงเป็นร้อยละ 11.2 18.7 และ 22.9 ถ่านมวล 200 กรัม ลดลงเป็นร้อยละ 6.6 11.7 และ 14.3 และถ่านมวล 400 กรัม ลดลงเป็นร้อยละ 3.8 7.9 และ 8 ตามลำดับ จะได้ว่า ถ่านไผ่รวกมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ถ่านไม้ไผ่ ดูดซับความชื้น ไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่ซางหม่น

1. บทนำ

ถ่านไม้เป็นคาร์บอน (Carbon) มนุษย์เรารู้จักคาร์บอนมาแต่แต่สมัยดึกดำบรรพ์ เชื่อว่ามนุษย์ยุคแรกรู้จักถ่านไม้จากใบไม้กิ่งไม้ที่ถูกเผา นอกจากใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงแล้ว คาร์บอนยังถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกเช่น ตัวนำไฟฟ้า ตัวนำความร้อน ผลิตถ่านไฟฉาย ผลิตแบตเตอรี่บางชนิดถูกนำไปทำเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และก็ยังมีคาร์บอนชนิดหนึ่งที่ถูกพัฒนามาจากถ่านไม้ทั่ว ๆ ไปเรียกว่า ถ่านกัมมันต์ เป็นถ่านที่มีรูพรุนมาก ซึ่งรูพรุนทำให้เกิดพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น มีคุณสมบัติดูดซับสิ่งต่าง ๆ ทั้งอยู่ในของเหลวหรือก๊าซได้ในปริมาณสูง

การผลิตถ่านไม้ไผ่เพื่อสุขภาพในประเทศไทย แตกต่างจากการเผาถ่านทั่วไปรู้จัก เนื่องจากเป็นการเผาถ่านไม้ไผ่ในอุณหภูมิที่สูงกว่า 1,000 เซลเซียส พบว่าลักษณะของถ่านประเภทนี้ เมื่อเคาะถ่านจะมีเสียงดังกังวานคล้ายเสียงเคาะกระเบื้องดินเผา เมื่อหักดูจะเห็นสีดำมันวาว และเมื่อใช้นิ้วถูที่บริเวณรอยหักของถ่านจะไม่มีสีดำติดที่นิ้วเลย ส่วนที่ผิวถ่านอาจจะมีสีดำติดบ้างเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของเปลือกไม้ เมื่อนำไปให้เป็นเชื้อเพลิงจะจุดติดไฟได้ยาก แต่เมื่อติดแล้วจะให้ความร้อนที่สูงมาก มอดดับช้า ถ่านไม่แตกปะทุ และควันน้อยมาก ถ่านไม้ไผ่มีรูพรุนเป็นจำนวนมาก มีคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) สูงมากกว่าร้อยละ 85 มีสารระเหยง่ายต่ำ มีแร่ธาตุมาก และค่าความต้านทาน (Resistance) ไม่เกิน 100 โอห์ม [1] ดังนั้นถ่านไม้ไผ่ที่ผลิตได้จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในระบบกรองน้ำ บำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยา ก้นกรองบุหรี่ ใช้ผลิตชิ้นส่วนของแบตเตอรี่ และถ่านไฟฉาย เป็นต้น ถ่านถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน และใช้ดูดกลิ่นและความชื้นในบ้าน ในห้องปรับอากาศ ในรถยนต์ ใส่ในถังข้าวสารเพื่อดูดความชื้นจากข้าว ใช้ดูดความชื้นใต้ถุนบ้าน ใช้ในการเกษตร เช่น ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ใช้ช่วยในการทำปุ๋ยหมัก ใช้รักษาผลผลิตทางการเกษตรไว้ให้สดนานขึ้น ใช้ในการปศุสัตว์ เช่น ใช้รองพื้นคอกปศุสัตว์ ใช้ผสมในอาหารสัตว์ เป็นต้น นอกจากนั้นกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่เพื่อสุขภาพ ยังทำให้เกิดผลพลอยได้จากการผลิตถ่าน คือ น้ำส้มควันไม้ไผ่ (Bamboo vinegar) ซึ่งเกิดจากการควบแน่นของควันในขณะเผาถ่าน มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไม้ หากผ่านการกลั่นจะมีสีเหลืองใส ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำเกษตรอินทรีย์

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยเฉพาะจังหวัดเลยนิยมปลูกไผ่ตง ไผ่ซางหม่น และไผ่รวก และมีไผ่ตามธรรมชาติเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยมีความสนใจถ่านไม้ไผ่เพื่อดูดซับความชื้น เมื่อเผาด้วยอุณหภูมิสูงก็จะมีรูพรุนมากกว่าถ่านไม้โดยทั่วไป จึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติการดูดซับความชื้นของไม้ไผ่ 3 ชนิด เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในครัวเรือนต่อไป

2. กระบวนการเผาถ่านไม้ไผ่

การเผาถ่าน เป็นกระบวนการเปลี่ยนไม้ให้เป็นถ่านโดยการเผาไหม้แบบอับอากาศ มี 4 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 การไล่ความชื้น เป็นช่วงแรกของการเผา ในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 250 องศาเซลเซียส ขั้นที่ 2 การเปลี่ยนจากไม้ให้เป็นถ่าน เมื่อความชื้นในไม้มีน้อยมาก อุณหภูมิตั้งแต่ 250 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะทำให้ไม้เกิดการลุกไหม้ได้เอง โดยมีอุณหภูมิตั้งแต่ 250 – 500 องศาเซลเซียส ขั้นที่ 3 การทำให้ถ่านบริสุทธิ์ เป็นขั้นที่ต้องการอุณหภูมิในการลุกไหม้สูงมากกว่า 800 องศาเซลเซียส เพื่อขับน้ำมันดิน (Tar) ขั้นที่ 4 การเย็นตัวของถ่าน เป็นช่วงที่ปิดเตาเพื่อให้ถ่านค่อยๆเย็นตัวกลายเป็นถ่านไม่ที่สมบูรณ์ ซึ่งร้อยละของผลผลิตถ่าน (% yield) ที่ได้ จะแปรผกผันกับอุณหภูมิในการเผาถ่าน คุณสมบัติของถ่านไม้ไผ่ จะมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็ก ๆ มากมาย โดยความชื้นหรือกลิ่นต่าง ๆ จะแพร่เข้ารูพรุน หากถ่านมีรูพรุนมาก ๆ ก็จะทำให้ดูดซับกลิ่นได้มากตามไปด้วย ถ่านไม้ไผ่ ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยอุณหภูมิภายในเตามากกว่า 1,000 ºC มีลักษณะพิเศษ ดังนี้ [1]

1) มีรูพรุนมากกว่า หากนำมาแผ่กระจายออกเป็นพื้นที่จะได้พื้นที่มากถึง 300 ถึง 700 ตารางเมตร/กรัม เทียบกับถ่านไม้ทั่วไป มีพื้นที่ประมาณ 50 ตารางเมตร/กรัม

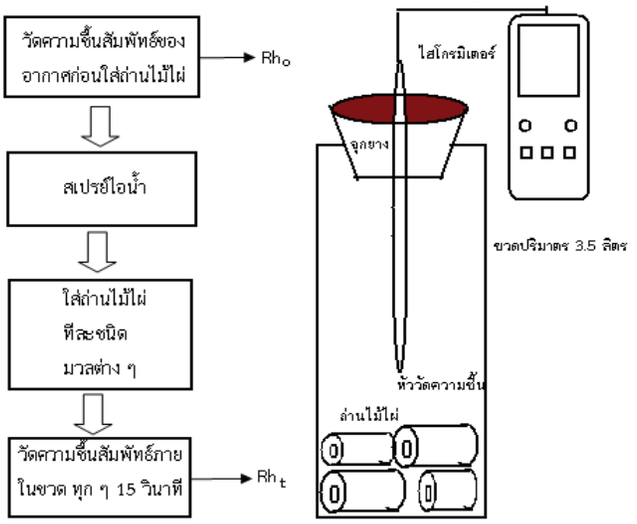
2) มีค่าความด้านทานไฟฟ้า (Resistance) ต่ำ (ไม่เกิน 100 โอห์ม)

3) มีแร่ธาตุต่าง ๆ จากการวิจัยถ่านไม้ไผ่ ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยอุณหภูมิภายในเตามากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส พบว่ามีคุณสมบัติพิเศษ สามารถให้กำเนิดและปลดปล่อยประจุลบ (Negative Ions) และ อินฟาเรดยาว (Far infrared ray) จึงถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในหลากหลายรูปแบบ เช่น ใช้เป็นวัสดุตบแต่งบ้านเรือน (Decorate) ช่วยฟอกอากาศ ดูดกลิ่น (Deodorizing) ความชื้น (Moisture) ปลดปล่อยประจุลบ (Negative Ions) ทิ้งลงในแม่น้ำลำคลองลดการเน่าเสียของน้ำ ช่วยบำบัดน้ำเสีย เพิ่มแร่ธาตุ แคลเซี่ยม โพตัสเซี่ยม แมกเนเซี่ยม แช่ในถังน้ำดื่ม ช่วยดูดซับคลอรีน และสิ่งที่มีพิษ

จากผลการศึกษาของสามารถ ตวยกระโทก [2] ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านไม้ไผ่ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และศึกษาผลอัตราการไหลของน้ำทิ้งที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งของโรงเชือดไก่ด้วยถังกรองจำลองที่มีถ่านไม้ไผ่เป็นวัสดุดูดซับ โดยใช้แบบจำลองถังกรองที่ทำจากท่อพีวีซีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 60 เซนติเมตร มีท่อระบายน้ำทิ้ง ที่ระดับความสูง 50 เซนติเมตร ภายในบรรจุถ่านไม้ไผ่ชนิดเกล็ดขนาด 2-4 มิลลิเมตร ใช้อัตราการไหลของน้ำทิ้ง 15, 30 และ 45 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 311.24 มิลลิกรัมต่อกรัม มีพื้นที่ผิวจำเพาะในการดูดซับเมทธิลีนบูล 8.46 ตารางเมตรต่อกรัมไอโซเทอร์มของการดูดซับสารอินทรีย์ ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพและผลของอัตราการไหลของน้ำทิ้งที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้แบบจำลองที่อัตราการไหลของน้ำทิ้ง 15 30 และ 45 ลิตรต่อชั่วโมง จากการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน น้ำมันและไขมัน และสี จุดสิ้นสภาพการดูดซับของถ่านไม้ไผ่ในอัตราการไหลของน้ำทิ้ง 15, 30, และ 45 ลิตรต่อชั่วโมง มีระยะเวลาเป็น 4, 3 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ สรุปได้ว่าที่อัตราการไหลของน้ำทิ้งที่ทดลองประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปซีโอดีคิดเป็นร้อยละ 42.29 ค่าบีโดดีคิดเป็นร้อยละ 60.37 ของแข็งแขวนลอยคิดเป็นร้อยละ 60.37 ไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 33.06 น้ำมันและไขมันคิดเป็นร้อยละ 78.57 และสีคิดเป็นร้อยละ 46.91 ตามลำดับ และหากเพิ่มอัตราการไหลของน้ำทิ้งให้สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงเชือดไก่ของถ่านไม้ไผ่จะลดลง ส่วนแสนสุรีย์ เชื้อวังคำ [3] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านแกลบในการดูดซับโลหะ โดยเตรียมถ่านแกลบจากการเผาที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ใช้สมบัติการดูดซับพื้นผิวของค่าไอโอดีน จากเมทธิลีนบลู วิเคราะห์หาพื้นผิวจำเพาะการดูดซับด้วยเทคนิคสเปกโตรสโคปี ได้ไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 311.237 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าพื้นผิวจำเพาะเท่ากับ 17.9036 ตารางเมตร สามารถดูดซับไอออนโลหะ Fe^{2+} Cd^{2+} Cu^{2+} Pb^{2+} และ Mn^{2+} ร้อยละ 97.89 97.45 95.49 89.68 และ 61.15 ตามลำดับ

3. การเตรียมถ่านไม้ไผ่และการทดลองการดูดซับความชื้น

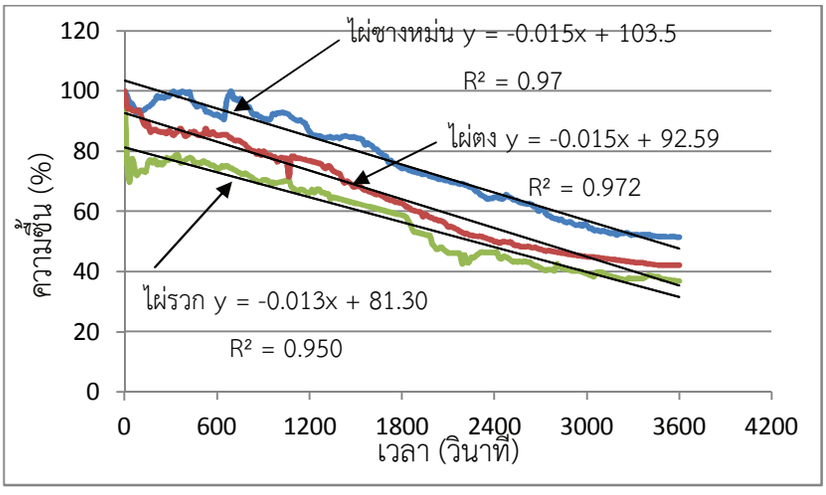
ขั้นแรกจะเตรียมถ่านไม้ไผ่ โดยนำไม้ไผ่ทั้ง 3 ชนิดที่ตัดจากกอไผ่พร้อมกัน ไปเผาในเตาเผาถ่านแบบอิวาเตะประยุกต์ ที่สามารถเผาถ่านที่อุณหภูมิสูงสุด 900 องศาเซลเซียส ซึ่งได้พัฒนาโดยสุรจิตร์ พระเมือง [4] ใช้เวลาในการเผา 3 วัน โดยวัดอุณหภูมิในการเผาด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ชนิดเคหัววัดแบบเซรามิกส์ เมื่อเปิดเตาถ่านไม้ไผ่จะถูกเก็บในภาชนะที่ถูกปิดมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นและก่อนนำไปทดลองการดูดซับความชื้น จะทำการอบไล่ความชื้นออกจากถ่านด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของไม้ไผ่แต่ละชนิดด้วยเครื่องชั่งละเอียดแบบจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง เท่ากับ 50 100 200 และ 400 กรัม ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดทดลองวัดการดูดซับความชื้น ทำการฉีดไอน้ำขวดฟ็อกกี้ (foggy) เข้าไปในขวดทดลองขนาด 3.5 ลิตร แล้ววัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนและหลังใส่ถ่านไม้ไผ่แต่ละชนิดลงไปในขวด ด้วยไฮโกรมิเตอร์ ทุก ๆ 15 วินาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทดลองซ้ำ 3 รอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังรูปที่ 1



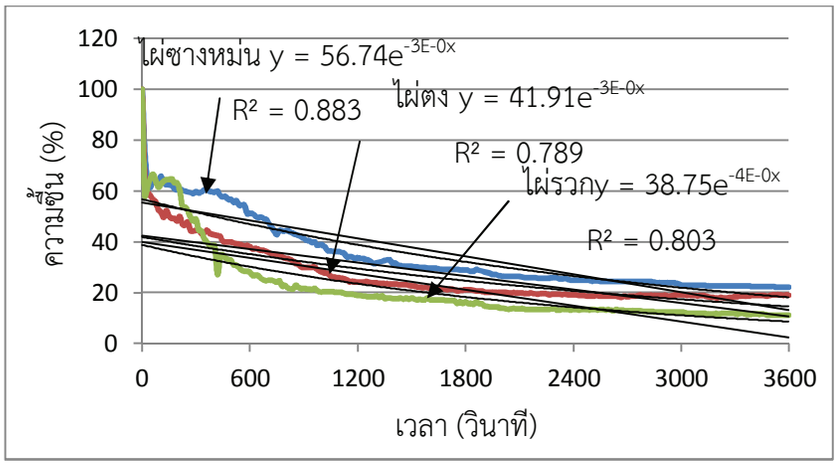
รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดลองวัดการดูดซับความชื้นในชุดการทดลองในห้องปฏิบัติการ

4. ผลการวิจัย

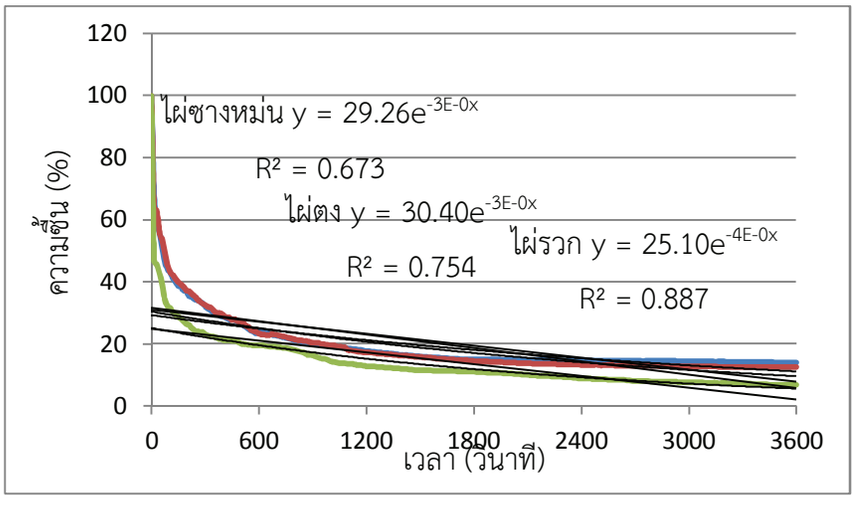
เมื่อเปรียบเทียบการดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่รวก ถ่านไม้ไผ่ตง และถ่านไม้ไผ่ซางหม่น น้ำหนัก 50 100 200 และ400 กรัม ตามลำดับ โดยความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 99.4 และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขวดทดลองค่อยๆลดลงตามเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2 – 4



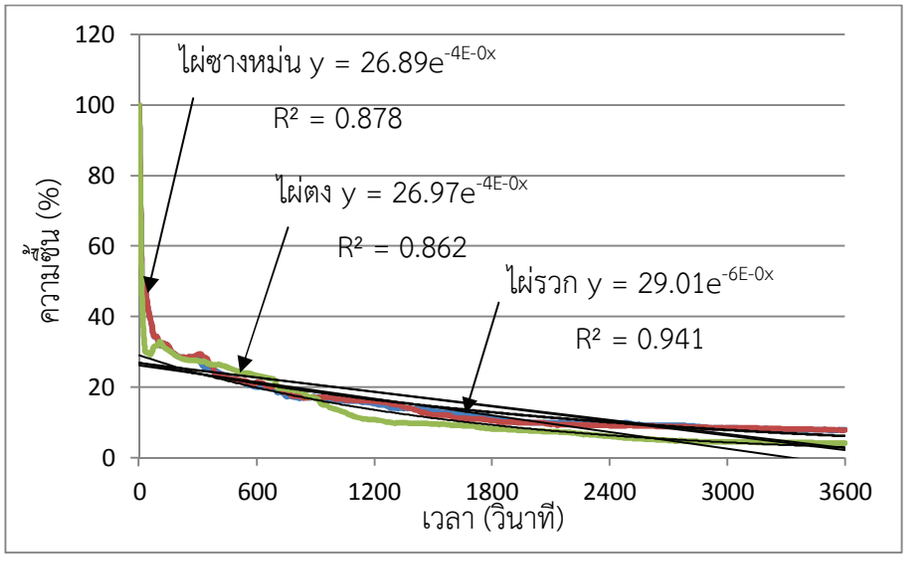
รูปที่ 2 การดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ซางหม่น ไผ่ตง ไผ่รวก น้ำหนัก 50 กรัม



รูปที่ 3 การดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ซางหม่น ไผ่ตง ไผ่รวก น้ำหนัก 100 กรัม



รูปที่ 4 การดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ซางหม่น ไผ่ตง ไผ่รวก น้ำหนัก 200 กรัม



รูปที่ 5 การดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ซางหม่น ไผ่ตง ไผ่รวก น้ำหนัก 400 กรัม

5. สรุปผลการวิจัย

ถ่านไม้ไผ่ไม้ไผ่รวกมีความสามารถในการดูซับความชื้นได้ดีที่สุด รองลงมาคือถ่านไม้ไผ่ตง และถ่านไม้ไผ่ซางหม่นดูดซับความชื้นได้น้อยที่สุด การดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ชนิดเดียวกันน้ำหนักเดียวกัน ความสามารถในการดูดซับความชื้นแตกต่างกันน้อยมาก ถ่านไม้ไผ่ต่างชนิดกันน้ำหนักเท่ากันความสามารถในการดูดซับความชื้นมีความแตกต่างกันไม่มาก การดูดซับความชื้นของถ่านไม้ไผ่ชนิดเดียวกันน้ำหนักต่างกัน

6. บรรณานุกรม

[1] บริษัท ภูมิไทย สมุนไพร จำกัด. ถ่านไม้ไผ่ดูดสารพิษ. [Online]: http://www.phoemthai.com/content/5/1. (สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2556) พ.ศ. 2550.

[2] สามารถ ตวยกระโทก ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และอัตราการไหลของน้ำทิ้งที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของโรงเชือดไก่ด้วยถังกรองจำลองที่มีถ่านไม้เป็นวัสดุดูดซับ. รายงานการวิจัย : 2552.

[3] แสนสุรีย์ เชื้อวังคำ. การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านแกลบในการดูดซับโลหะหนัก [Online]: http://www.kmutt.ac.th/public_htm/general_search.php?Textsearch (สืบค้น 22 พฤศจิกายน 2556) พ.ศ. 2552.

[4] สุรจิตร์ พระเมือง เตาเผาถ่านเอนกประสงค์ รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย พ.ศ. 2556.

O-CF03

การสำรวจศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพในตำบลนาบอน จังหวัดกาฬสินธุ์
Potential Surveying of Biomass and Biogas Energy in Tambol Nabon, Kalasin

อนุสรณ์ แสงประจักษ์[1]*, สกุลรัตน์ ใจชื่น[1], ณัฐจารี เสือโคร่ง[1], มราภรณ์ สารปรัง[1], อานนท์ เหนือเกษ[1]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150
E-mail: arnusorn.s@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพในตำบลนาบอน จังหวัดกาฬสินธุ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพในพื้นที่ทั้งเชิงปริมาณและความเหมาะสมของเทคโนโลยี ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานในชุมชนต่อไป การสำรวจศักยภาพพลังงานชีวภาพและชีวมวลนั้น ได้ดำเนินการสำรวจโดยใช้เครื่องมือในการสำรวจคือแบบสอบถาม โดยใช้แบบสอบถามทั้งสิ้น 1,300 ชุด จำนวน 11 หมู่บ้านของตำบลนาบอน ในแบบสอบถามประกอบไปด้วยประเภทของพืชที่ทำการเพาะปลูก ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี ข้อมูลการทำปศุสัตว์ ปริมาณขยะครัวเรือนและปริมาณน้ำเสียจากนั้นทำการประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพที่สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานได้มีดังนี้ ปริมาณชีวมวลมีทั้งสิ้น 20,823 ตันต่อปี โดยจำแนกเป็นชีวมวลจากอ้อย ข้าวและมันสำปะหลังและสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ 330 ล้านเมกะจูลต่อปี ส่วนปริมาณชีวภาพจากมูลสัตว์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้เท่ากับ 5 ล้านเมกะจูลต่อปีโดยจำแนกเป็นพลังงานจากโค กระบือ สุกร ไก่ และเป็ดปริมาณชีวภาพจากขยะมีค่าระหว่าง 450 – 1,253 ตันต่อปีมีค่าพลังงานระหว่าง 4-12 ล้านเมกะจูลต่อปีและปริมาณชีวภาพจากน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 25,919 ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีค่าพลังงานจากน้ำเสียเท่ากับ 0.185 ล้านเมกะจูลต่อปีผลการศึกษาวิจัยพบว่าพลังงานที่มีศักยภาพด้านพลังงานมากที่สุดก็คือพลังงานชีวมวลที่ได้จากอ้อย ข้าว และมันสำปะหลังส่วนพลังงานชีวภาพที่ได้จากขยะและน้ำเสียยังมีศักยภาพที่ต่ำ

คำสำคัญ: ชีวมวล ชีวภาพ ศักยภาพ พลังงาน

1. บทนำ

ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งอยู่ใกล้กับเทือกเขาภูพานทางตะวันออก มีลักษณะเป็นที่ราบสูงเชิงเขา สลับกับพื้นที่ราบลุ่มตามลำห้วยสายต่างๆ ซึ่งใช้ทำนาปลูกข้าว ส่วนที่ดอนเป็นที่อยู่อาศัยและปลูกพืชไร่ ตำบลนาบอนมีทั้งหมด 11 หมู่บ้าน มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 1,275 ครัวเรือน การประกอบอาชีพของชาวบ้านส่วนใหญ่จะเป็นอาชีพทางด้านการเกษตร ทำนาปลูกข้าวโดยเน้นการปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือนมากกว่าการจำหน่าย ซึ่งหากมีเหลือก็อาจจะนำไปขายบ้าง สำหรับการทำไร่ในปัจจุบันมีการปรับปรุงพื้นที่การเกษตรให้เป็นพื้นที่ทำไร่ปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เพื่อส่งขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ใกล้เคียง [1]

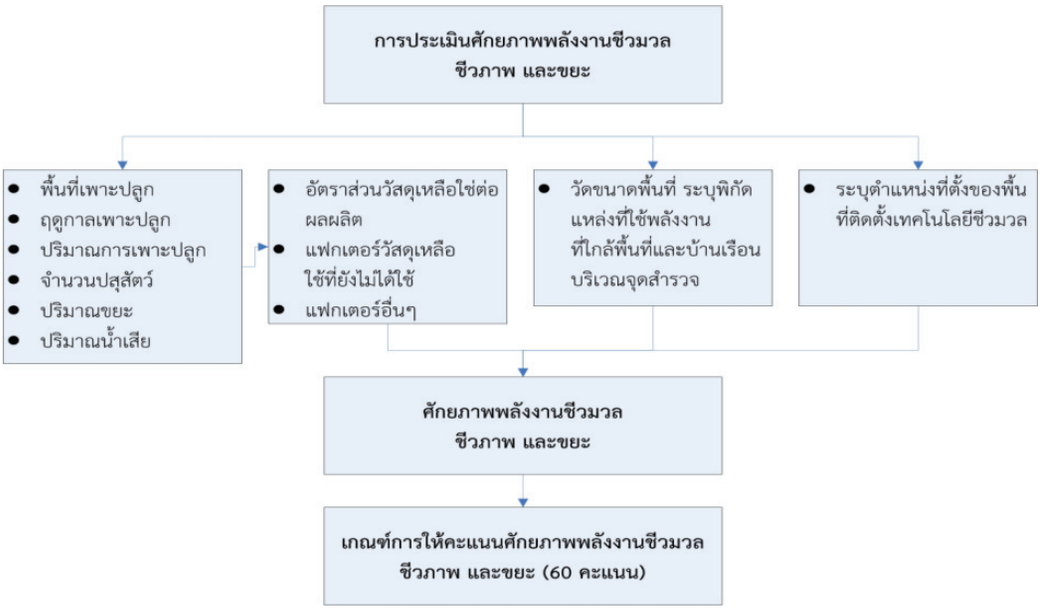
ในด้านการใช้พลังงานของตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นการใช้พลังงานของผู้บริโภค ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ขั้นสุดท้ายโดยไม่มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่นอีกหรือใช้แล้วหมดไป จากการสำรวจฐานข้อมูลความพร้อมเบื้องต้นด้านการใช้พลังงานทดแทนในตำบลนาบอนมีโครงการที่ส่งเสริมโดยบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) โครงการรักษ์ป่าสร้างคน 84 ตำบลวิถีพอเพียง ประจำตำบลนาบอน [2] พบว่า มีการส่งเสริมให้เกิดการพึ่งพาตนเองทางด้านพลังงานในตำบลในรูปแบบของครัวเรือนพอเพียงอาสา เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในชีวิตประจำวันและส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่เคยได้รับการส่งเสริมในโครงการดังกล่าว ได้แก่ บ่อหมักแก๊สชีวภาพ เตาเผาถ่าน 200 ลิตร กังหันลมสูบน้ำ เตาซุปเปอร์อั้งโล่ เตานึ่งเห็ดประสิทธิภาพสูง กิจกรรมการใช้พลังงานทดแทนในชุมชนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ชุมชนให้ความสนใจกับการใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนในชีวิตประจำวัน และมีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนบางประเภทเป็นอย่างดี

เนื่องจากพื้นที่ของตำบลมีการปลูกอ้อย ข้าวและมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่อีกทั้งมีการทำปศุสัตว์บ้างในบางหมู่บ้าน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาศักยภาพด้านพลังงานชีวมวลและชีวภาพเป็นหลักการศึกษาศักยภาพพลังงานดังกล่าวจะทำให้ทราบถึงแนวทางและความเป็นไปได้ในโครงการหรือกิจกรรมพลังงานทดแทนด้านพลังงานชีวมวลและชีวภาพในพื้นที่ให้ชัดเจนขึ้น เพื่อวิเคราะห์และประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพในพื้นที่ตำบลนาบอน ทั้งเชิงชนิด ปริมาณและความเหมาะสมของต้นทุนวัตถุดิบ เทคโนโลยี ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานในชุมชนต่อไป การศึกษาวิจัยศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพ ณ ตำบลนาบอน (จำนวน11 หมู่บ้าน) อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยลงพื้นที่สำรวจข้อมูล ปริมาณ และแหล่งของวัตถุดิบศึกษาศักยภาพชีวมวลและชีวภาพทั้งจากเกษตรและฟาร์มปศุสัตว์ ในพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ เช่น เชื้อเพลิงชนิดเหลวหรือก๊าซชีวภาพรวมถึงศักยภาพขยะชุมชน ศึกษาและวิเคราะห์ศักยภาพและเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านทางเลือกพลังงานและเทคโนโลยีที่ควรจะส่งเสริม

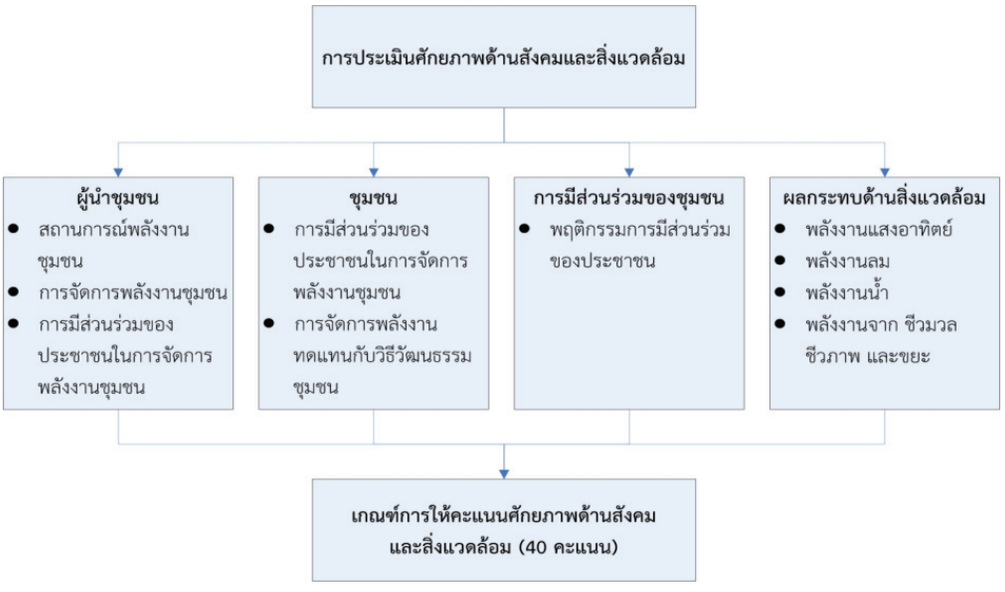
2. กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

การสำรวจข้อมูลศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพในชุมชนได้แบ่งคะแนน ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ได้แก่ คะแนนด้านการสำรวจศักยภาพพลังงานชีวมวล ชีวภาพ และขยะ คะแนนเต็ม 60 คะแนน พิจารณาจากพื้นที่ ฤดูกาล ประเภทและปริมาณการเพาะปลูก ชนิด จำนวนของสัตว์เลี้ยง ปริมาณน้ำเสียจากชุมชน จำนวนหลังคาเรือนใกล้จุดสำรวจ กรอบแนวคิดการดำเนินงานด้านการสำรวจศักยภาพพลังงานชีวมวล ชีวภาพ และขยะ ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนที่ 2 ได้แก่ คะแนนด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมในชุมชน คะแนนเต็ม 40 คะแนนพิจารณาจาก ข้อมูลด้านผู้นำชุมชนหรือ

แกนนำชุมชน ลักษณะของชุมชนการมีส่วนร่วมของชุมชนและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับชุมชนจากการดำเนินงานด้านพลังงานทดแทนประเภทต่างๆโดยมีกรอบแนวคิดการดำเนินงานด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการดำเนินงานด้านการสำรวจศักยภาพพลังงานชีวมวล ชีวภาพ และขยะ



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการดำเนินงานด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

โดยการพิจารณาระดับศักยภาพพลังงาน จะพิจารณาจากผลรวมของคะแนนจากทั้งสองส่วน โดยจำแนกระดับศักยภาพพลังงานจากช่วงคะแนนรวมที่ได้ต่างๆ ดังนี้

- **ศักยภาพระดับสูง** จำแนกโดยพิจารณาจากคะแนนรวมมากกว่า 70 คะแนนขึ้นไป
- **ศักยภาพระดับปานกลาง** จำแนกโดยพิจารณาจากคะแนนรวมระหว่าง 30 - 70 คะแนน
- **ศักยภาพระดับต่ำ** จำแนกโดยพิจารณาจากคะแนนรวมน้อยกว่ากว่า 30 คะแนน

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลของการศึกษา แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจำแนกเป็น 2 รูปแบบได้แก่ แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งข้อมูลเก็บรวบรวมได้จากแหล่งที่มาโดยตรง โดยได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ ประเมินและสำรวจพื้นที่ ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบปลายเปิด-ปลายปิด และแบบสังเกต เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลพื้นที่เป้าหมายใน ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ และแหล่งข้อมูลอีกประเภทหนึ่งได้แก่

แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่หน่วยงานหรือองค์กรได้เก็บรวบรวมไว้แล้ว ซึ่งได้จากรายงานหรือบทความจากหน่วยงานรัฐบาลหรือ เอกชน เช่น หนังสือ ตำรา เอกสารหรือบทความทางวิชาการ ข้อมูลด้านการสืบค้นทางอินเตอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทน

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การศึกษาครั้งนี้ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในชุมชนตำบลนาบอนอำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 11 หมู่บ้าน จำนวนทั้งสิ้น 1,275 ครัวเรือน โดยเป็นชุมชนที่มีการใช้พลังงานทดแทน (Alternative Energy) และ พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ร่วมกับพลังงานสิ้นเปลืองอื่นๆ หรือประหยัดพลังงาน ซึ่ง เป็นชุมชนที่มีการดำเนินการมาระยะหนึ่ง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บข้อมูลนั้นผู้ศึกษาได้ออกแบบแบบสอบถาม (Questionnaires) ซึ่งประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์แบบสำรวจและแบบประเมิน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินการเก็บข้อมูลการพิจารณาจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการสุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนของประชาชนทั้งหมด โดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน่ (Taro yamane) ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \qquad (1)$$

โดย n คือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง N คือ ขนาดของประชากร e คือ ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการศึกษา โดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1.ติดต่อขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ทำการศึกษา ทั้งโดยวิธีการสัมภาษณ์และการแจกแบบสอบถาม รวมทั้งการเข้าดำเนินการวัดค่าข้อมูลพลังงานต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

2.นัดหมายกลุ่มตัวอย่างที่จะสัมภาษณ์และดำเนินการสัมภาษณ์ตามวันเวลาและสถานที่นัดหมายพร้อมทั้งได้บันทึกคำสัมภาษณ์ลงในเครื่องบันทึกเสียง

3.นำแบบสอบถามไปให้กลุ่มตัวอย่างและประสานเรื่องวันเวลา ในการเก็บรวบรวมแบบสอบถามคืน

4.ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ในการตอบและคัดเลือกแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.วิเคราะห์ข้อมูลศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพแต่ละประเภท

6.นำเสนอข้อมูลศักยภาพพลังงานสู่ประชาคมตำบลนาบอน และประเมินศักยภาพด้านสังคม

7.ทำการสรุปผลการศึกษา

4. ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปของครัวเรือน

กลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 52 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาสูงสุดอยู่ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เมื่อพิจารณาทางด้านอาชีพ ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรคิดเป็นร้อยละ 86 ชาวบ้านร้อยละ 82 อาศัยอยู่ในตำบลนาบอนมากกว่า 30 ปี อนุมานได้ว่า ชาวบ้านทราบภูมิหลังของชุมชนเป็นอย่างดี สำหรับสถานภาพส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่าง มีสถานภาพเป็นประชาชนทั่วไปในชุมชน

ในส่วนของข้อมูลด้านการใช้พลังงานนั้นข้อมูลทั่วไปของการใช้พลังงาน พบว่า ในตำบลนาบอนร้อยละ 87 มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0 – 500 บาท/เดือน มีข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงพบว่าการใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ยอยู่ที่ 0 – 500 บาท/เดือน น้ำมันเบนซิน เฉลี่ยอยู่ที่ 0 – 500 บาท/เดือน ก๊าซหุงต้มปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 0 - 500 บาท/เดือน ไม้ฟืนเฉลี่ยอยู่ที่ 0 - 500 บาท/เดือน และถ่านไม้เฉลี่ยอยู่ที่ 1- 3 กิโลกรัม/วัน

การสำรวจข้อมูลในเรื่องของความสนใจและทักษะทางพลังงานทดแทนในชุมชน โดยรวบรวมผลคะแนนตั้งแต่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จากการรวบรวมคะแนนจากแบบสอบถาม แสดงให้เห็นว่า ชาวบ้านมีความสนใจหรือประสบการณ์ ทางด้านพลังงานทดแทนอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้จากการประเมินเกี่ยวกับความเข้าใจด้านพลังงานทดแทน “ ดังแสดงในรูปที่ 3” พบว่าชาวบ้านมีความเข้าใจด้านพลังงานอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง และจากการประเมินศักยภาพเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการใช้พลังงานทดแทนของชาวบ้าน พบว่าชาวบ้านมีส่วนร่วมในกิจกรรมพลังงานทดแทนอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง และในส่วนของการประเมินเทคโนโลยีพลังงานทดแทนกับความสอดคล้องของวิถีชุมชน โดยรวบรวมผลคะแนนตั้งแต่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยผลคะแนนจากแบบสอบถาม พบว่าชาวบ้านมีการนำเทคโนโลยีมาสอดคล้องกับวิถีในชุมชนอยู่ในระดับปานกลาง



รูปที่ 3 ทำการประเมินความพร้อมของแกนนำในพื้นที่

4.2 ข้อมูลศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของพืชแต่ละประเภทได้ถูกนำไปประเมินหาปริมาณชีวมวลจากภาคการเกษตรที่สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานได้ โดยผลการประเมินแสดงไว้ใน “ตารางที่ 1” จากตารางแสดงให้เห็นว่า ปริมาณชีวมวลที่เหลือใช้สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานได้ มีทั้งสิ้น 20,823 ตันต่อปี โดยจำแนกเป็นชีวมวลจากอ้อย ข้าว และมันสำปะหลัง ร้อยละ 88 ร้อยละ 7 และร้อยละ 5 ตามลำดับ และในการประเมินศักยภาพพลังงานขยะนั้น พบว่า ปริมาณขยะมีค่าระหว่าง 450-1,253 ตันต่อปี และเมื่อทำการประเมินหาค่าพลังงานจากการเผารายปีแล้วพบว่า มีค่าพลังงานระหว่าง 4-12 ล้านเมกะจูลต่อปี และค่าพลังงานจากการเปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซชีวภาพ ประมาณ 0.7-2.0 ล้านเมกะจูลต่อปี โดยพลังงานความร้อนรวมที่ได้จากขยะมีค่าเท่ากับ 5-14 ล้านเมกะจูลต่อปี คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า 1.2-3.4 ล้านเมกะจูลต่อปี จัดได้ว่าขยะที่มีในชุมชนมีศักยภาพทางพลังงานต่ำ ดังแสดงผลใน “ตารางที่ 2” และในส่วนของการประเมินหาค่าพลังงานชีวภาพจากน้ำเสีย [3] พบว่า สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 7,716 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็นค่าพลังงานชีวภาพจากน้ำเสียในตำบลเท่ากับ 0.185 ล้านเมกะจูลต่อปี ดังแสดงใน “ตารางที 3” ผลการประเมินพบว่า ปริมาณชีวมวลและชีวภาพมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก ในขนาด ไม่เกิน 1.0 เมกะวัตต์ โดยเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเภทของเชื้อเพลิงในตำบลนาบอน ได้แก่ โรงไฟฟ้าชีวมวลแบบฟลูอิดไดซ์เบด และโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบแก๊สซิฟิเคชั่นขนาดเล็ก [4]

ตารางที่ 1 ปริมาณชีวมวลจากภาคการเกษตร ที่สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานได้

ชนิด	**ผลผลิตต่อปี (ตัน)**	**ชีวมวล**	**อัตราส่วนชีวมวล**	**ปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้น (ตัน)**	**ค่าความร้อน**
1. อ้อย	51135	ชานอ้อย ยอดและใบ	0.29 0.30	14880.29 15442.77	14.40 17.39
2. ข้าว	3470.5	แกลบ ฟางข้าว	0.23 0.45	798.22 1551.31	14.27 10.24
3. มันสำปะหลัง	7259	ลำต้นมัน	0.09	638.79	18.42
4. ข้าวโพด	4.5	ซังข้าวโพด	0.27	1.23	18.04
ชนิด	**ผลผลิตต่อปี (ตัน)**	**ชีวมวล**	**ปริมาณเหลือใช้ (ตัน)**	**ปริมาณเหลือใช้ที่ยังไม่ได้ใช้งาน (ตัน)**	**พลังงาน (เทราจูล)**
1. อ้อย	51135	ชานอ้อย ยอดและใบ	11800.07 0.00	3080.22 15226.57	44.36 264.79
2. ข้าว	3470.5	แกลบ ฟางข้าว	404.70 0.00	393.52 1061.10	5.62 10.87
3. มันสำปะหลัง	7259	ลำต้นมัน	0.00	259.99	4.79
4. ข้าวโพด	4.5	ซังข้าวโพด	0.24	0.82	0.01

ตารางที่ 2 ค่าพลังงานจากขยะครัวเรือนในตำบลนาบอน

ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ปี)	ซีโอดี (มก./ลิตร)	ภาระบรรทุกซีโอดี (กก./ปี)	ซีโอดีถูกจำกัด (กก./ปี)	ก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม./ปี)	พลังงาน (ล้านเมกะจูล)
77,161	250	19,290	15,432	7,716	0.185

ตารางที่ 3 การประเมินพลังงานชีวภาพจากน้ำเสียในครัวเรือน ตำบลนาบอน

ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	สัดส่วนอินทรีย์สาร (%)	ปริมาณอินทรีย์สาร (ตัน/ปี)	ค่าความร้อน (เมกะจูล/ก.ก.)	พลังงานจากการเผาขยะ (ล้านเมกะจูล)
450 (จากการสำรวจ)	55.34	24,916.88	4.2	
1,245 (จากการคำนวณ)	55.34	694	16.88	11.7
ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	**สัดส่วนที่ฝังกลบ(%)**	**ปริมาณขยะที่ฝังกลบ (ตัน/ปี)**	**ก๊าซชีวภาพที่เกิด (ล้าน ลบ.ม.)**	**พลังงานจากก๊าซชีวภาพ (ล้านเมกะจูล)**
450 (จากการสำรวจ)	85	382	0.04	0.74
1,245 (จากการคำนวณ)	85	1,066	0.10	2.07

5. สรุป

การศึกษาศักยภาพพลังงานทดแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ได้เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557 รวมระยะเวลาในการศึกษา 4 เดือน โดยภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ร่วมกับส่วนพลังงานชุมชน ฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ได้ร่วมกันลงพื้นที่เพื่อสำรวจศักยภาพพลังงานของหมู่บ้านในตำบลนาบอน จำนวน 11 หมู่บ้าน การเก็บข้อมูลได้อาศัยแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลศักยภาพของชุมชน กลุ่มแกนนำและชาวบ้านในตำบล ข้อมูลพลังงานทดแทนแต่ละประเภท ได้แก่ พลังงานชีวมวล ชีวภาพ ขยะและน้ำเสีย ได้ทำการประเมินค่าศักยภาพพลังงานเป็นรายไป โดยอาศัยข้อมูลการตรวจวัดจากแหล่งข้อมูลใกล้เคียงที่น่าเชื่อถือได้ ผลการศึกษาในแง่ของชุมชน พบว่ากลุ่มแกนนำและประชาชนในพื้นที่มีความสนใจและเข้าใจในด้านพลังงานทดแทนในระดับสูง แกนนำมีศักยภาพในการนำชุมชนในระดับสูง ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่าความเข็มแข็งของกลุ่มแกนนำอยู่ในระดับปานกลาง และชาวบ้านในตำบลมีการนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนมาใช้ให้สอดคล้องกับวิถีชุมชนในระดับปานกลาง

ในส่วนของผลการศึกษาด้านศักยภาพพลังงานทดแทนนั้น พลังงานจากชีวมวลและชีวภาพ มีค่าพลังงานเท่ากับ 330 ล้านเมกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 27 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และจากการประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนจำแนกตามปริมาณพลังงานในหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี พลังงานชีวมวลและชีวภาพได้คะแนนในส่วนของศักยภาพพลังงานเท่ากับ 27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน

นอกจากนี้ จากการนำเสนอข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทข้อมูลเชิงเทคนิคของเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ที่สอดคล้องกับศักยภาพพลังงานที่มีในตำบล รวมทั้งต้นทุนในการติดตั้งระบบและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของระบบพลังงานรูปแบบต่างๆ ให้แก่ประชาชนตำบลนาบอนได้รับทราบ พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ในตำบลได้ให้คะแนนด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 17 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน โดยชุมชนให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชน และมีความสะดวกในการจัดการหรือดูแลรักษาระบบในระยะยาว

เมื่อพิจารณาคะแนนส่วนของศักยภาพพลังงานชีวมวลและชีวภาพร่วมกับคะแนนด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม พบว่า พลังงานชีวมวลและชีวภาพได้คะแนนรวมเท่ากับ 44 คะแนน จาก 100 คะแนนเต็ม จึงจัดพลังงานงานชีวมวลและชีวภาพในตำบลมีศักยภาพพลังงานในระดับปานกลาง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณชาวบ้านตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ศึกษาวิจัยและขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามส่วนพลังงานชุมชน ร่วมกับฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ได้ร่วมกันลงพื้นที่เพื่อสำรวจศักยภาพพลังงานของหมู่บ้านในตำบลทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การบริหารส่วนตำบลนาบอน, 2011, “ป่าชุมชนตำบลนาบอน,” http://www.nb.go.th/index.php?mod=blog&path=blog&id_sub=192 . [Online; accessed 19 - December-2013].

[2] ปตท., 2011, “รักษ์ป่า สร้างคน 84 ตำบล วิถีพอเพียง,” http://www.84tambonsforking.com/th/4sector_inner3.aspx . [Online; accessed 19-December-2013].

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2011, “ศักยภาพพลังงานชีวมวล,” http://www2.dede.go.th/renew/bio_p.htm . [Online; accessed 19-December-2013].

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2012b, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล, กระทรวงพลังงาน.

O-CF04

การศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันปาล์มและเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์

ธวัชชัย บัวทิพย์ [1*], อรรถโส ขำวิจิตร[2]

[1] สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 80161

โทร 086-2725846 E-mail: np_121133@hotmail.com

[2] สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 80161

โทร 081-6767244 โทรสาร 075-672399 E-mail: kattaso@wu.ac.th

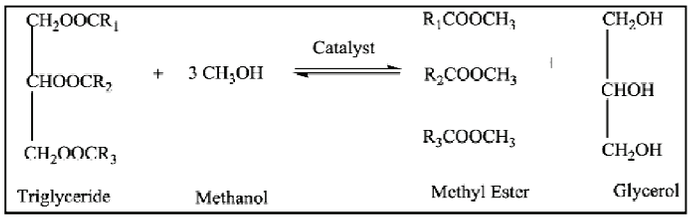
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันปาล์มและเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีเคลือบฝังตัวแบบแห้งจากสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 25, 35, 45 และ 50 โดยน้ำหนัก ภาพถ่ายแสดงสัณฐานวิทยาจากการส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงพบการกระจายตัวของผลึกโซเดียมคาร์บอเนตที่สม่ำเสมอบนพื้นผิวเซรามิกริงค์ซึ่งมีความเป็นรูพรุน ผลการทดลองประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นระหว่างน้ำมันปาล์มและเมทานอลที่สัดส่วน 18:1 โดยโมล และมีปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำมัน ควบคุมอุณหภูมิคงที่ 64 องศาเซลเซียส ที่อัตราการกวน 600 รอบ/นาที พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นสามารถเพิ่มร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับระบบควบคุมที่ไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยร้อยละผลได้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่เข้าใกล้ค่าคงที่หรือลดลงเล็กน้อยที่เวลาของการเกิดปฏิกิริยามากกว่า 5 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ (ร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก) สามารถให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ (%Conversion) สูงสุดที่ร้อยละ 96.11 ที่ระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง อันดับของปฏิกิริยาเทียบกับน้ำมันและเมทานอล คือ 0.75, 0 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล; ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น; โซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์

1. บทนำ

จากวิกฤตการณ์น้ำมันที่แพงขึ้นในปัจจุบันและภาวการณ์ขาดแคลนน้ำมันซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงมีแนวโน้มว่าในอนาคตอันใกล้ของเราจะมีปริมาณน้ำมันไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากรทั่วโลกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นในขณะนี้หลายประเทศทั่วโลกรวมทั้งหลายๆหน่วยงานในประเทศไทยกำลังตื่นตัวในการหาแหล่งพลังงานแหล่งใหม่เพื่อทดแทนน้ำมันที่กำลังจะหมดไป ทั้งนี้เนื่องจากมีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติด้านพลังงานน้อย นักวิจัยใหม่ๆจึงคิดค้นหาแหล่งพลังงานทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียมที่กำลังลดลง โดยแหล่งพลังงานที่เป็นที่สนใจและกล่าวถึงมากที่สุดในขณะนี้คือ น้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันพืชชนิดต่างๆหรือน้ำมันสัตว์และเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดีเซล โดยในปัจจุบันวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลคือ ปาล์มน้ำมัน เพราะปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายสามารถที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยผ่านกระบวนการปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นระหว่างเมทานอลปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 1 (Ayhan , 2003) และตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิสูงเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันให้เป็นเมทิลเอสเทอร์ (Biodiesel) สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ (Heterogeneous) คือ โซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์มีข้อดีคือช่วยลดความซับซ้อนในการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์และลดขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ไบโอดีเซลปัจจุบันพบว่างานวิจัยหลายงานจึงมุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยได้ทำการวิจัยผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยวิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นจากน้ำมันสบู่ดำด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคือโพแทสเซียมไนเตรตที่ความเข้มข้นต่างๆบนอลูมินา พบว่าได้ปริมาณไบโอดีเซลสูงสุดร้อยละ 91.3 (นิดา, 2006) มีนักวิจัยได้ใช้โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) บนตัวรองรับอะลูมินา (Al_2O_3) พบว่าสามารถให้ร้อยละไบโอดีเซลสูงถึง 90 ภายในเวลาเพียง 5 นาทีที่ภาวะปกติ (ศิตา, 2006) มีนักวิจัยได้ใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่ใช้กับน้ำมันถั่วเหลืองโดยการให้ความร้อนจากไมโครเวฟ ผลการศึกษาพบว่าสามารถให้ไบโอดีเซลสูงสุดถึงร้อยละ 96.6 (Ming-Chien, 1967)



รูปที่ 1: ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นสรุปได้ว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการใช้ตัวเร่งเบสชนิดของแข็ง โดยน้ำมันที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวจะไม่ต้องผ่านการล้างน้ำ จึงเป็นการลดปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ยังสามารถแยกออกจากน้ำมันไบโอดีเซลได้ง่ายโดยการกรอง รวมทั้งยังสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์นั้นกลับมาใช้งานซ้ำได้ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ โดยคุณสมบัติของตัวรองรับเซรามิกริงค์แบบมีรูพรุนเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับกรองน้ำในตู้ปลาที่มีความเป็นรูพรุนสูง เฉื่อยต่อปฏิกิริยาที่ต้องการ มีความแข็งทนทานต่อการกระแทก ทนต่อการกัดกร่อนและไม่เปลี่ยนโครงสร้างเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ อีกทั้งข้อดีของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้สามารถหาได้งาน ราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูงสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยวิธีการเคลือบฝังตัวแบบแห้ง (Dry impregnation) อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลดังกล่าว

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. สารเคมี

เมทานอล 99.9% ใช้เป็นวัตุดิบตั้งต้นในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล, กรดซัลฟิวริก 98% ใช้สำหรับกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่น ,ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ใช้เป็นสารเพื่อหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์ม, ฟีนอล์ฟทาลีนใช้เป็นอินดิเคเตอร์, เฮกเซน 99% ใช้เป็นตัวละลายน้ำมันปาล์ม, เมทิลปาล์มมิเตท ≥97% ใช้เป็นสารมาตราฐานในการตรวจเทียบปริมาณไบโอดีเซล, โซเดียมไฮดรอกไซด์ ≥97% ใช้หาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์ม, โซเดียมคาร์บอเนต 99.9% ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา, เซรามิกริงค์ใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา, น้ำมันปาล์มใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลองค์ประกอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แสดงองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม (Barnwal, 2005)

Fatty acid	Systematic name	Structure	Formula	%
Myristic	Tetradecanoic	14:0	$C_{14}H_{28}O_2$	0.2
Palmitic	Hexadecanoic	16:0	$C_{16}H_{32}O_2$	45.0
Stearic	Octadecanoic	18:0	$C_{18}H_{36}O_2$	4.5
Oleic	Cis-9-Octadecanoic	18:1	$C_{18}H_{34}O_2$	40.2
Linoleic	Cis-9,cis-12-Octadecatrionic	18:2	$C_{18}H_{32}O_2$	10.1

2.2. วิเคราะห์กรดไขมันอิสระ

น้ำมันปาล์มตัวอย่าง 5 กรัม ไอโซโพรพิล 25 มิลลิลิตร และหยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3-5 หยด เขย่ารวมกันในขวดรูปชมพู่เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล บิวเรทพร้อมเปิดไล่อากาศออกเพื่อให้พร้อมใช้งาน จดค่าเริ่มต้นเอาไว้หยดสารละลายด่างในขวดรูปชมพู่พร้อมเขย่าให้เข้ากันหยดจนกว่าน้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือสีม่วง อ่านจุดสิ้นสุดของบิวเรทไว้สูตรที่ใช้คำนวณแสดงดังสมการที่ 1 (Hong, 2005)

$$\%FFA = \frac{\text{สารละลายด่างที่ใช้ไป X ความเข้มข้นของสารละลายด่าง X มวลโมเลกุลของกรดไขมัน X 100}}{\text{น้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง}} \quad (1)$$

ลดปริมาณกรดไขมันอิสระโดยผ่านกระบวนการเอสเตอริฟิเคชั่นใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเท่ากับ 15:1 ร่วมกับกรดซัลฟิวริกร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิคงที่ 64 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้แยกชั้นในกรวยแยกไขชั้นล่างออกเพื่อทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น

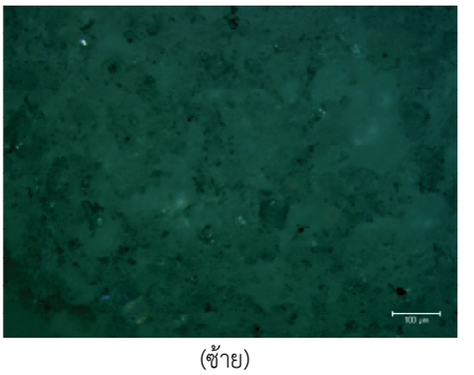
ต่อไป (ธวัชชัย, 2013) ซึ่งค่าที่ได้ควรจะมีค่าน้อยกว่า 1% (Kusdiana, 2001) เพราะสามารถเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสอย่างสมบูรณ์ได้

2.3. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

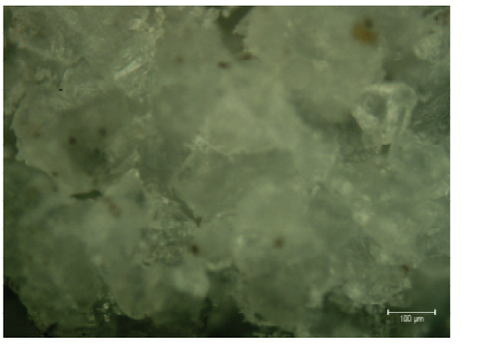
ตัวเร่งปฏิกิริยาเบสที่ใช้ในการศึกษานี้เตรียมด้วยวิธีเคลือบฝั่งตัวแบบแห้ง (Dry impregnation) ภายหลังการเผา (Calcinations) ตัวรองรับ(เซรามิกริค์) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่อาจปนเปื้อนอยู่ นำมาผสมในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆค่อยๆทำการระเหยตัวทำละลาย (น้ำ) ออกจนหมด นำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 5 ชั่วโมงตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จะนำไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น (Disiccator) ก่อนนำมาทดสอบปฏิกิริยา (ศิตา , 2006)

2.4. การศึกษาสัณฐานวิทยาของตัวเร่งปฏิกิริยา

ภาพถ่ายแสดงสัณฐานวิทยา (Morphology) ของตัวเร่งปฏิกิริยาจากการส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope) ที่กำลังขยาย 100 ไมโครเมตรพบการกระจายตัวของผลึกโซเดียมคาร์บอเนตที่สม่ำเสมอบนพื้นผิวเซรามิกริงค์ซึ่งมีความเป็นรูพรุนดังแสดงรูปที่ 2



(ซ้าย)

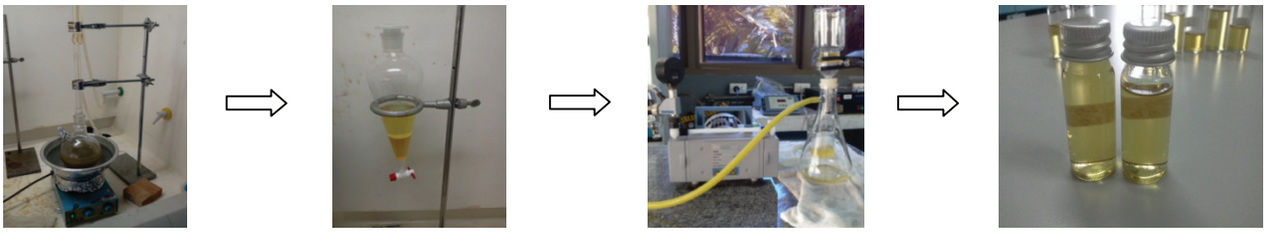


(ขวา)

รูปที่ 2: ภาพแสดงสัญฐานวิทยาของพื้นผิวเซรามิกริงค์ (ซ้าย) แสดงพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ (45 wt%)

2.5. การทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น

ตัวเร่งที่สังเคราะห์ได้ถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอลในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยใช้ขวดก้นกลม 3 คอขนาด 250 มิลลิลิตร ติดตั้งเครื่องกวนและเครื่องควบแน่น ควบคุมอุณหภูมิด้วยอ่างน้ำร้อน สัดส่วนโดยโมลของเมทานอลกับน้ำมันปาล์ม 18:1 (Prafulla, 2011) ผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำมันที่ความเข้มข้นร้อยละ 25, 35, 45 และ 50 โดยน้ำหนัก ควบคุมอุณหภูมิคงที่ 64 องศาเซลเซียลที่เวลาต่างๆกันแสดงขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลดังรูปที่ 3 ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรอลด้วยกรวยแยก จากนั้นนำไปกรองตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเครื่องกรองแบบสูญญากาศ



รูปที่ 3: ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นในระบบปฏิกรณ์แบบกะ

2.6. การวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์

การวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี : Thermo Finnigan Trace GC รุ่น AS2000 เป็นเทคนิคสำหรับการแยกสารตัวอย่างที่เป็นสารผสมเหมาะกับสารที่สามารถระเหยเป็นก๊าซได้เมื่อถูกความร้อนโดยอาศัยหลักการพาผ่านเข้าไปยังคอลัมน์โดยใช้ปริมาณน้ำมันตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตรผสมกับเฮกเซน 2 มิลลิลิตรใส่ในขวด vial เขย่าให้เข้ากันจากนั้นนำไปฉีดเข้าเครื่องก๊าซโครมาโต

กราฟฟี โดยใช้สารมาตรฐานเมทิลปาล์มมิเตท (Methyl palmitate) ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ (%conversion) สามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟเทียบกับสเปกตรัมของสารอ้างอิง (Su, 2010) สำหรับสูตรที่ใช้คำนวณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ แสดงดังสมการที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

$$C_{methly_palmitate} = \frac{Area_{sample} \times Conc._{std.} \times V_{Hexane}}{Area_{std.} \times V_{sample} \times 1000 \times MW_{std.}} \quad (2)$$

$$C_{reacted_palmitic_acid} = \frac{C_{methylpalmitate}}{3} \quad (3)$$

$$\%\ Conversion = \left(\frac{C_{18:0-used}}{C_{18:0_feed}} \right) \times 100 \quad (4)$$

2.7. โมเดลศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล
โดยมีกรณีต่างๆดังตารางที่ 2 (Prafulla, 2011)

Rate Law

$$r = -kC_{triglyceride}^{\alpha} C_{methanol}^{\beta}$$

$$-\frac{dC_{Triglyceride}}{dt} = kC_{Triglyceride}^{\alpha} C_{Methanol}^{\beta}$$

$$C_A = C_{A0}(1-X)$$

$$C_B = C_{A0}(\theta_B - 3X)$$

$$\theta_B = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$

Nomenclature

- α reaction order w.r.t. triglyceride
- β reaction order w.r.t. methanol
- C_{AO} initial concentration of triglyceride (g/L)
- C_{BO} initial concentration of methanol (g/L)
- C_A concentration of triglyceride after time t (g/L)
- C_B concentration of methanol after time t (g/L)
- θ_B ratio of C_{BO} to C_{AO}
- k rate constant (min)
- x conversion (%)

ตารางที่ 2: แสดงโมเดลกรณีศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น

กรณีศึกษา	โมเดล
กรณีที่ 1 : α=0, β=0	$C_{A0}X = kt$
กรณีที่ 2 : α=1, β=0	$\ln\left[\frac{1}{1-X}\right] = kt$
กรณีที่ 3 : α=0, β=1	$-\frac{1}{3}\left[\ln\frac{\theta_B - 3X}{\theta_B}\right] = kt$
กรณีที่ 4 : α=1, β=1	$\frac{1}{(\theta_B - 3)}\ln\left[\frac{(\theta_B - 3X)}{(1-X)\theta_B}\right] = kC_{A0}t$
กรณีที่ 5 : α=2, β=0	$\frac{X}{(1-X)} = kC_{A0}t$
กรณีที่ 6 : α=0, β=2	$\frac{X}{(\theta_B - 3X)\theta_B} = kC_{A0}t$
กรณีที่ 7 : α=2, β=1	$\frac{1}{(\theta_B - 3)}\left\{\frac{X}{1-X} - \frac{3}{(\theta_B - 3)}\ln\left[\frac{(\theta_B - 3X)}{(1-X)\theta_B}\right]\right\} = kC_{A0}^{2}t$
กรณีที่ 8 : α=1, β=2	$\frac{1}{(3-\theta_B)}\left\{\frac{3X}{(\theta_B - 3X)\theta_B} - \frac{1}{(3-\theta_B)}\ln\left[\frac{(1-X)\theta_B}{(\theta_B - 3X)}\right]\right\} = kC_{A0}^{2}t$
กรณีที่ 9 : α=0.75, β=0	$\frac{1}{0.25}C_{A0}^{0.25}\left(1-(1-X)^{0.25}\right) = kt$

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1. ปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับ

หลังจากผ่านปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น พบว่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มลดลงเหลือ 0.19% ซึ่งเป็นไปตามงานวิจัยของ (Kusdiana, 2001) สามารถเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสอย่างสมบูรณ์ได้ ผลจากการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณของโซเดียมคาร์บอเนตที่ถูกเคลือบลงบนพื้นผิวของตัวรองรับ (เซรามิกริงค์) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: แสดงปริมาณของโซเดียมคาร์บอเนตที่ถูกเคลือบลงบนพื้นผิวของตัวรองรับเซรามิกริงค์

สารผสมเริ่มต้น (100 กรัม)			**สารผสมสุดท้าย (100 กรัม)**			**%Na_2CO_3 load**
ปริมาณ	Na_2CO_3 (g)	Ceramic ring (g)	ปริมาณ	Na_2CO_3 (g) + Ceramic ring (g)	Na_2CO_3 ที่เหลือ (g)	
25%	25	75	25%	94.67	5.33	(94.67-75)/75 = 26.23
35%	35	65	35%	90.16	9.84	(90.16-65)/65 = 38.71
45%	45	55	45%	82.81	17.19	(82.81-55)/55 = 50.57
50%	50	50	50%	75.72	24.28	(75.72-50)/50 = 51.44

3.2. ปริมาณเมทิลเอสเทอร์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟีในการวิเคราะห์หาร้อยละเมทิลเอสเทอร์ (%Conversion) พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นมามีประสิทธิภาพในการเพิ่มร้อยละเมทิลเอสเทอร์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับระบบควบคุมที่ไม่มีการเติมตังเร่งปฏิกิริยาโดยร้อยละเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่เข้าใกล้ค่าคงที่หรือลดลงเล็กน้อยที่เวลาของการเกิดปฏิกิริยามากกว่า 5 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก สามารถให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดที่ 96.11 ที่ระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง

3.3. กรณีศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล

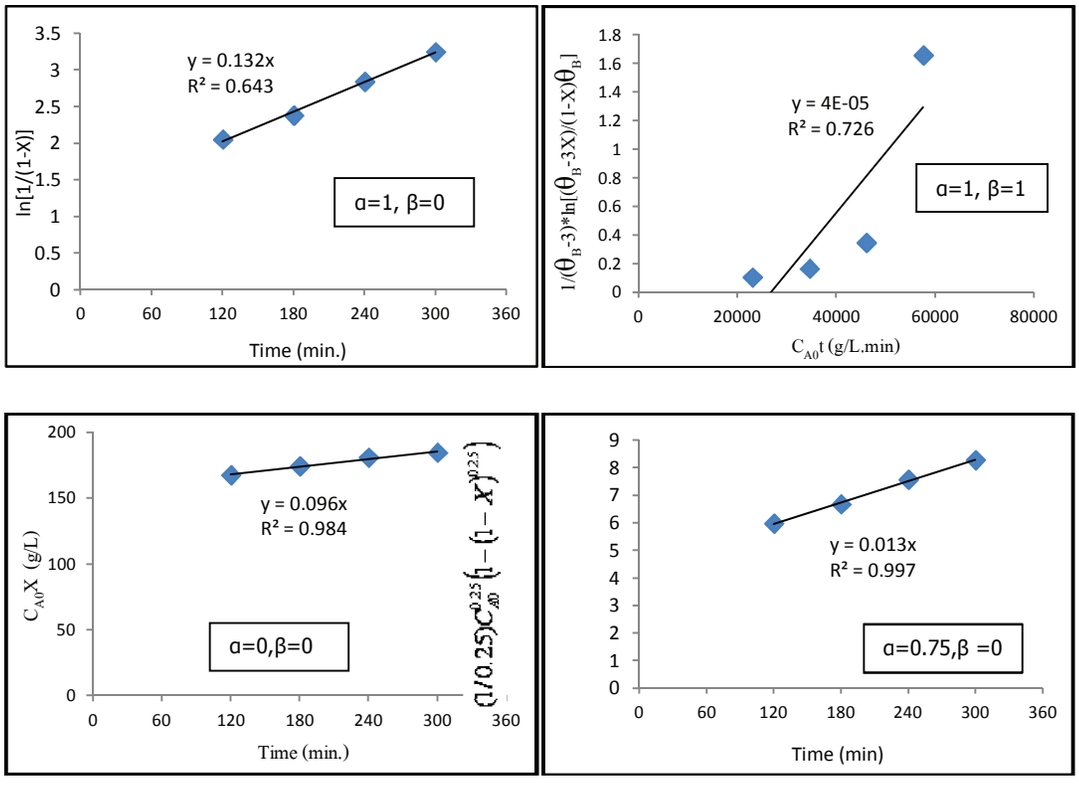
ผลการทดลองร้อยละเมทิลเอสเทอร์จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟีและอัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate law) ดังตารางที่ 4 และตัวอย่างโมเดลการศึกษาแสดงผลดังรูปที่ 4 โดยใช้หลักการความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุด (Least square method) ซึ่งโมเดลที่เหมาะสมที่สุดให้ค่า R^2=0.997

ตารางที่ 4: แสดงผลการทดลองร้อยละเมทิลเอสเทอร์ (%conversion) และอัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate law)

Sample 0.2ml	**GC results**			**Rate Law**		
Haxane 2ml						
Sample name	concentration of methly ester 10^4 (mg/L)	concentration of reacted fatty acid 10^{-2} (mol/L)	%conversion (X)	Case	R^2	Rate constant (k)
Std# C16:0	200	0.02	-	Case 1: α=0, β=0	0.984	0.096 (g/L).min^{-1}
120 min	16.75	20.64	87.17	Case 2 : α=1, β=0	0.643	0.132 min^{-1}
180 min	17.43	21.48	90.74	Case 3: α=0, β=1	0.809	0.01 min^{-1}

ตารางที่ 4: แสดงผลการทดลองร้อยละเมทิลเอสเทอร์ (%conversion) และอัตราการเกิดปฏิกิริยา (rate law) ต่อ

Sample 0.2ml	GC results			Rate Law		
Haxane 2ml						
240 min	18.09	22.29	94.16	Case 4: α=1, β=1	0.726	0.00004 $(g/L).min^{-1}$
300 min	18.46	22.76	96.11	Case 5: α=2, β=0	0.958	0.0005 $(g/L).min^{-1}$
360 min	18.36	22.62	95.55	Case 6: α=0, β=2	0.608	0.011 $(g/L).min^{-1}$
420 min	17.71	21.83	92.18	Case 7: α=2, β=1	0.674	0.00005 $(g/L)^2.min^{-1}$
480 min	16.23	20.00	84.47	Case 8: α=1, β=2	0.604	0.001 $(g/L)^2.min^{-1}$
Esterified Oil#1	19.21	23.68	-	Case 9: α=0.75,β =0	0.997	0.013 $(g/L)^{0.25}min^{-1}$



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างโมเดลกรณีศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น

จากตารางที่ 4 กรณี α=0.75, β =0 เป็นกรณีที่ให้ค่า R^2 = 0.997 ซึ่งเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นอันดับของปฏิกิริยาที่เหมาะสมกับระบบนี้คือ อันดับของปฏิกิริยาเทียบกับน้ำมันปาล์มและเมทานอล คือ 0.75, 0 ตามลำดับ

4. สรุปผลการวิจัย

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันปาล์มและเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มร้อยละเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ

ปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับระบบควบคุมที่ไม่มีการเติมตังเร่งปฏิกิริยาโดยร้อยละเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่เข้าใกล้ค่าคงที่หรือลดลงเล็กน้อยที่เวลาของการเกิดปฏิกิริยามากกว่า 5 ชั่วโมง การศึกษาพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมคาร์บอเนตบนตัวรองรับเซรามิกริงค์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก สามารถให้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์สูงสุดที่ 96.11 ที่ระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอลพบว่า ชุดการทดลองที่ 9 มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับระบบปฏิกิริยาที่ทำการศึกษาโดยจากสมการดังกล่าวเมื่อทำการสร้างกราฟพบว่า จะได้ค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 0.013 $((g/L)^{0.25} .min^{-1})$ และค่า $R^2 = 0.997$

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Ayhan D. 2003, "Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterification and other methods a survey", Energy Conversion and Management, 44, 2093–2109.

[2] นิดา เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา, 2551, "การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยใช้โพแทสเซียมไนเตรตบนตัวรองรับอลูมินาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] ศิตา เบ็ญจพรกุลพงศ์, 2549, "Heterogeneous catalytic transesterification of palm kernel oil", การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, วันที่ 25-26 มกราคม พ.ศ.2549.

[4] Ming-Chien H, Chin-Chiuan L, Yung-Hung C, 2011, "Microwave irradiation-assisted transesterification of soybean oil to biodiesel catalyzed by nanopowder calcium oxide". Fuel, 90, 1963-1967.

[5] Barnwal and Sharma, 2005, "Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India". Renewable and Sustainable Energy, 9, 363-378.

[6] Hong R, Chun I, 2005, "Kinetics of adsorption of free fatty acids from water-degummed and alkali-refined soy oil using regenerated clay". Separation and Purfication Technology, 44, 258–265.

[7] ธวัชชัย บัวทิพย์, 2556, "Process Development of Biodiesel production from Palm Oil Using Na_2CO_3 Catalysts with microwave - aiding heating, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการวลัยลักษณ์วิจัยครั้งที่ 5, วันที่ 1-2 สิงหาคม พ.ศ. 2556 อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและพัฒนานวัตกรรม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

[8] Kusdiana and Saka, 2001, "Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated in supercritical methano", Fuel, 80, 693–698.

[9] Prafulla, P., Veera, G., Saireddy, P and Shuguang, D., 2011, "Transesterification kinetics of Camelina sativa oil on metal oxide catalysts under conventional and microwave heating conditions", Chemical Engineering Journal,168, 1296–1300.

[10] Su, Z., Yuan-Gang, Z., Yu-jie, F., Meng, L., Dong-Yang, Z., and Thomas, E ., 2010, "Rapid microwave – assisted transesterification of yellow horn oil to biodiesel using a heteropolyacid solid catalyst", Bioresource Technology, 101, 931-936.

O-CF05

การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะ
Biogas production from septic tank waste

กัญญา สอนสนิท[1*], กฤษฎา คูหาพิทักษ์ธรรม[1], ญาณิกา วัชรเทวินทร์กุล[1], บุญธง วสุริย์[1], วิเชียร กิจปรีชาวนิช[2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000
[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10900
E-mail: jkanya@windowslive.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะ โดยใช้การหมักของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับวัชพืช 2 ชนิด ได้แก่ ผักตบชวา และธูปฤาษี และเชื้อ *Bacillus* sp. โดยใช้ส่วนผสมในการหมักในอัตราส่วนที่แตกต่างกันในถังหมักขนาด 9 ลิตร ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน และทำการหมักแบบกะ (Batch fermentation) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 วัน วัดปริมาณก๊าซด้วยการแทนที่น้ำ และตรวจวัดปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นโดยการจุดติดไฟ ผลการวิจัยพบว่า การเกิดก๊าซชีวภาพที่ดีที่สุด คือ ชุดทดลองที่มีอัตราส่วนผสมคิดเป็นร้อยละของของเสียจากบ่อเกรอะ: ธูปฤาษี: เชื้อ *Bacillus* sp. เป็น 85: 15: 0 เนื่องจากใช้เวลาในการเกิดก๊าซชีวภาพเร็วกว่าในชุดการทดลองอื่น คือ เริ่มผลิตก๊าซชีวภาพในวันที่ 3 ของการหมัก โดยการสังเกตจากความสามารถในการจุดติดไฟได้ดี มีเปลวสีน้ำเงิน ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นการเกิดก๊าซชีวภาพจะใช้เวลาในการผลิตนานกว่า โดยพบว่าชุดทดลองที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 30 ของการหมัก คือ การหมักโดยใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับธูปฤาษี (85: 15: 0) ที่รองลงมา ได้แก่ การหมักโดยใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับธูปฤาษี และเชื้อ *Bacillus* sp. (80: 15: 5) และการหมักโดยใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับผักตบชวา และเชื้อ *Bacillus* sp. (85: 10: 5) ตามลำดับ โดยที่ชุดควบคุม คือ ของเสียจากบ่อเกรอะ (100%) ไม่พบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพ

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ ของเสีย บ่อเกรอะ วัชพืช การหมัก

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานเริ่มเปลี่ยนจากการใช้พลังงานสิ้นเปลืองไปเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น การใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ ลม หรือพลังงานจากชีวมวล ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่นับวันจะเพิ่มมากขึ้น ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) โดยแบคทีเรียหลายชนิดเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม ก๊าซชีวภาพจัดเป็นพลังงานสะอาด ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณร้อยละ 50-70 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณร้อยละ 30-50 ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ การผลิตก๊าซชีวภาพสามารถผลิตได้โดยวัตถุดิบหลายประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานสุรา/เบียร์ โรงงานผลิตภัณฑ์อาหาร โรงงานแป้งมันสำปะหลัง [1] ผลิตจากของเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น จากเปลือกและเศษผักผลไม้ กาก สับปะรด กากมันสำปะหลัง ต้นข้าวโพด [2] ผลิตจากของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มสุกร และจากของเหลือ/ของเสียจากชุมชน เช่น เศษอาหาร [3] นมหมดอายุ [4] อย่างไรก็ตาม ของเสียจากชุมชนอย่างหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ของเสียจากบ่อเกรอะ โดยของเสียในส่วนที่เป็นชั้นตะกอน (sludge layer) ที่อยู่ก้นถังเกรอะนั้น จะเป็นกากตะกอนของเสียโมเลกุลใหญ่ มีน้ำหนักและจมอยู่ก้นบ่อ ซึ่งจะมีการสะสมทุกวันที่มีการถ่ายของเสียลงไป และจะเพิ่มปริมาณหนาขึ้น ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นของเสียที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่น เช่น ผักตบชวา ธูปฤาษี ที่เป็นวัชพืชที่พบได้ทั่วไป จึงน่าจะมีความเป็นไปได้มากขึ้นในการนำของเสียจากบ่อเกรอะมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะ เพื่อเป็นการเพิ่มช่องทางการสร้างพลังงานทดแทนโดยนำของเสียในครัวเรือนมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่า

2. วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

การทดลองนี้ใช้ของเสียจากบ่อเกรอะในชุมชนบ้านพักภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ลักษณะของเสียเป็นตะกอนที่มีลักษณะหยาบและละเอียด วัชพืชที่ใช้ร่วมในการหมัก ได้แก่ ผักตบชวาและธูปฤาษี โดยนำผักตบชวาและธูปฤาษีมาหั่นให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ ½ นิ้ว นำไปผึ่งลมให้นิ่มก่อนนำมาใช้ เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ผสมลงในวัสดุหมัก ได้แก่ *Bacillus* sp. (10^7 cfu/mL) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Nutrient broth (NB) นาน 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์ที่ใช้ในการหมัก ได้แก่ ขวดแก้วปริมาตร 1 ลิตร พร้อมจุกยางที่เจาะรู สายยางใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ เซนติเมตร ถังพลาสติกขนาด 9 ลิตร ถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร สายยางใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว วาล์วเปิด-ปิด สำหรับเก็บ-ปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้น

2.2 เงื่อนไขการทดลอง

นำของเสียจากบ่อเกรอะหมักร่วมกับผักตบชวาและเชื้อ *Bacillus* sp. โดยจัดเป็น 2 การทดลอง การทดลองละ 3 ชุดทดลอง รวมเป็น 6 ชุดทดลอง การทดลองแรกมีอัตราส่วนผสมของของเสียจากบ่อเกรอะ : ผักตบชวา ดังนี้ 95: 5, 90: 10 และ 85: 15, และไม่มีการใส่เชื้อ *Bacillus* sp. ลงในถังหมัก การทดลองที่ 2 มีอัตราส่วนผสมของของเสียจากบ่อเกรอะ : ผักตบชวา ในแต่ละชุดการทดลองเช่นเดียวกับในการทดลองแรก แต่ใส่เชื้อ *Bacillus* sp. ลงไปร่วมในกระบวนการหมักด้วย ร้อยละ 5 หรือเท่ากับ 40 มิลลิลิตร สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับธูปฤาษี จัดชุดทดลองเช่นเดียวกับการทดลองกับผักตบชวา แต่เปลี่ยนวัชพืชเป็นธูปฤาษีแทน ส่วนชุดควบคุม ได้แก่ ของเสียจากบ่อเกรอะร้อยละ 100 และขี้หมูร้อยละ 100 เพื่อใช้เปรียบเทียบการเกิดก๊าซชีวภาพและการติดไฟ

2.3 การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพ

การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะนั้น ทำการทดลองในขวดแก้วขนาด 1 ลิตร โดยจัดชุดทดลองตามที่กำหนดในเงื่อนไขการทดลอง ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส) ด้วยวิธีการหมักแบบกะ (Batch) ที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยการปิดปากขวดแก้วให้แน่นด้วยจุกยางที่เจาะรูและใส่ท่อแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อ สำหรับเป็นท่อทางเดินก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น วัดปริมาณก๊าซด้วยการแทนที่น้ำ ตรวจวัดปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นด้วยการจุดติดไฟ ทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน เมื่อได้ผลการทดลองเบื้องต้นแล้วทำการเพิ่มปริมาณการหมักให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะโดยใช้ถังหมักพลาสติกขนาดความจุ 9 ลิตร เจาะรูที่ฝาเพื่อใส่วาล์วปิดเปิด เพื่อปล่อยก๊าซจากถังหมักเข้าสู่ถังเก็บก๊าซขนาดความจุ 5 ลิตร ที่คว่ำอยู่ในถังพลาสติกใส่น้ำ โดยที่ก้นถังเก็บก๊าซจะเจาะรูไว้ 2 รู ใส่วาล์วสำหรับเปิดรับก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากถังหมักขนาด 9 ลิตร ส่วนอีกวาล์วหนึ่งปิดไว้ (รูปที่ 1) โดยจะเปิดเมื่อต้องการเก็บก๊าซเพื่อนำไปทดสอบความสามารถในการติดไฟของก๊าซที่เกิดขึ้น ทำการหมักเป็นเวลา 30 วัน โดยจัดชุดทดลองตามที่กำหนดในเงื่อนไขการทดลอง วัดค่าความเป็นกรดด่างในวันแรกของการหมัก และวันสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการหมัก



รูปที่ 1 ลักษณะการต่อชุดถังหมัก

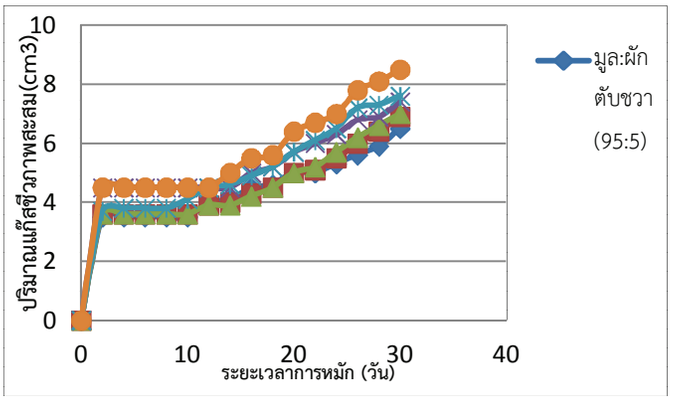
2.4 การตรวจสอบการสร้างก๊าซมีเทน

ตรวจสอบการสร้างก๊าซมีเทนโดยการเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดฉีดยาพลาสติก นำไปฉีดผ่านเปลวไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์ที่มีเปลวไฟปกติ สังเกตการณ์ติดไฟโดยจะเกิดเปลวไฟสีน้ำเงินพุ่งตามแรงฉีดก๊าซ

3. ผลและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 การทดสอบเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียจากบ่อเกรอะในถังหมักแก้วขนาด 1 ลิตร

จากการหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับวัชพืช 2 ชนิด คือ ผักตบชวา และธูปฤาษีในถังหมักแก้วขนาด 1 ลิตร ที่ใช้อัตราส่วนต่างๆ กัน ด้วยการหมักแบบกะ ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าอัตราการเกิดก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-3 ในทุกชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วน 85: 15 และใส่ *Bacillus* sp. ลงไป 40 มิลลิลิตร จะให้ปริมาณก๊าซในวันที่ 3 ของการหมักสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ คือ ประมาณ 4.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่หลังจากวันที่ 3 ไปจนถึงวันที่ 12 ของการหมักปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ และเริ่มมีการสะสมเพิ่มขึ้นของก๊าซหลังจากวันที่ 12 จนเพิ่มสูงสุดกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ในวันที่ 30 ของการหมัก (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับผักตบชวาเป็นเวลา 30 วัน

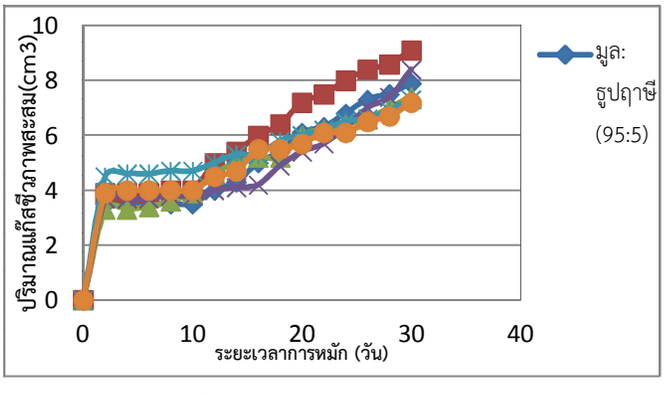
การที่ใน 3 วันแรกของการหมักพบว่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการสร้างก๊าซอย่างรวดเร็วทุกชุดการทดลองนั้น อาจเป็นเพราะในของเสียจากบ่อเกรอะนอกจากจะมีกากตะกอนที่เป็นสารอินทรีย์แล้ว ยังพบว่ามีหนอนขนาดเล็กปนอยู่ด้วยจำนวนมาก และผักตบชวาที่ใส่ผสมลงไปหมักร่วมยังค่อนข้างสด (รูปที่ 3) เนื่องจากยังมีอากาศลงเหลืออยู่ในถังหมักในส่วนพื้นที่เหนือสับสเตรท จึงน่าจะยังคงเกิดการหายใจของหนอนที่ปนอยู่ในกาก

ตะกอนได้ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จึงเป็นผลให้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 3 วันแรก หลังจากนั้นอัตราการสร้างก๊าซค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 12 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลังจาก 3 วันหนอนตาย และเซลล์พืชไม่สามารถดำเนินกิจกรรมของเซลล์ต่อได้ เนื่องจากออกซิเจนหมด ดังนั้นภายในถังหมักจึงมีสภาพเป็นไร้ออกซิเจน เหมาะกับการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ดังนั้นจึงปรากฏก๊าซสร้างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากวันที่ 12 และเมื่อนำไปทดสอบการติดไฟของกาซที่เก็บได้พบว่าสามารถจุดไฟติดทุกชุดการทดลองยกเว้นการทดลองที่ใช้ของเสียจากบ่อเกรอะเพียงอย่างเดียว

ส่วนการหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับธูปฤาษีในถังหมักแก้วขนาด 1 ลิตร ที่ใช้อัตราส่วนต่างๆ กัน ด้วยการหมักแบบกะ ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าอัตราการเกิดก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-3 ในทุกชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วน 90: 10 และใส่ *Bacillus* sp. ลงไป 40 มิลลิลิตร จะให้ปริมาณก๊าซในวันที่ 3 ของการหมักสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ คือ ประมาณ 4.7 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่หลังจากวันที่ 3 ไปจนถึงวันที่ 12 ของการหมักปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ชุด 90: 10 ไม่ใส่เชื้อจะเริ่มมีการสะสมเพิ่มขึ้นของก๊าซหลังจากวันที่ 12 จนเพิ่มสูงสุดกว่าชุดการทดลองอื่นๆ คือ มีปริมาณก๊าซ 9 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในวันที่ 30 ของการหมัก และได้ปริมาณก๊าซสูงกว่าการหมักที่ใช้ผักตบชวาร่วม (รูปที่ 4) และเกือบทุกชุดการทดลองสามารถจุดติดไฟ ยกเว้นชุดที่ใช่แต่ของเสียจากบ่อเกรอะในการหมักก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3 ซากหนอนเกาะตายข้างขวดหมัก



รูปที่ 4 ปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับผักธูปฤาษีเป็นเวลา 30 วัน

3.2 การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียจากบ่อเกรอะในถังหมักพลาสติกขนาด 9 ลิตร

การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียจากบ่อเกรอะที่หมักร่วมกับผักตบชวา และธูปฤาษีในถังหมักพลาสติกขนาด 9 ลิตร ทุกชุดการทดลองเป็นการหมักขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น (รูปที่ 6) เพื่อศึกษาการจุดติดไฟ เนื่องจากต้องการปริมาณก๊าซมีเทนมากขึ้น ผลการจุดติดไฟของทุกชุดการทดลองหลังจากหมัก 30 วัน ดังรูปที่ 7-11



รูปที่ 6 การหมักในถังพลาสติกขนาด 9 ลิตร



a b c

รูปที่ 7 การติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะ: ผักตบชวา

a = 95: 5, b = 90 : 10, c = 85 : 15



a b c

รูปที่ 8 การติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะ: ผักตบชวา + *Bacillus* sp.

a = 95: 5 + เชื้อ, b = 90 : 10 + เชื้อ, c = 85 : 15 + เชื้อ



a b c

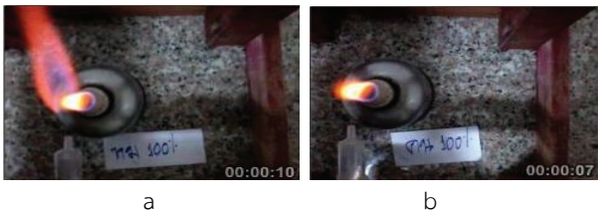
รูปที่ 9 การติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะ: ธูปฤาษี

a = 95: 5, b = 90 : 10, c = 85 : 15



รูปที่ 10 การติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะ: ธูปฤาษี + *Bacillus* sp.

a = 95: 5 + เชื้อ, b = 90 : 10 + เชื้อ, c = 85 : 15 + เชื้อ



a b

รูปที่ 11 การติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

a = มูลสุกร 100%, b = ของเสียจากบ่อเกรอะ 100%

จากรูปที่ 7-11 จะเห็นได้ว่าเมื่อหมักของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับผักตบชวา ธูปฤาษี และไม่ใส่ *Bacillus* sp. หรือใส่ *Bacillus* sp. ในถังหมักพลาสติกขนาดใหญ่ 9 ลิตร ด้วยการหมักแบบกะ สภาวะไม่มีออกซิเจน เป็นเวลา 30 วัน เกือบทุกชุดการทดลองได้ก๊าซที่สามารถติดไฟได้ดีใกล้เคียงกับการหมักโดยใช้มูลสุกรร้อยละ 100 เป็นวัตถุดิบในการหมัก ยกเว้นในชุดทดลองที่ใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร้อยละ 100 เป็นวัตถุดิบในการหมัก และของเสียจากบ่อเกรอะ : ธูปฤาษี + *Bacillus* sp. ในขณะที่ทำการหมักในขวดแก้วขนาด 1 ลิตร ก๊าซที่ได้จากชุดทดลองของเสียจากบ่อเกรอะ : ธูปฤาษี + *Bacillus* sp สามารถติดไฟได้ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากเกิดการรั่วไหลออกของก๊าซในระหว่างที่เก็บตัวอย่างจึงทำให้ไม่แสดงผลการติดไฟ

อย่างไรก็ตามการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าของเสียจากบ่อเกรอะมีศักยภาพในการใช้ผลิตก๊าซชีวภาพเมื่อใช้ร่วมกับวัชพืช เช่น ผักตบชวา หรือธูปฤาษี หรืออาจใช้วัชพืชน้ำอื่นๆ ได้ด้วย การที่จำเป็นต้องใช้ของเสียจากบ่อเกรอะร่วมกับวผักตบชวา หรือธูปฤาษี ในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้น เนื่องจากผักตบชวา และธูปฤาษีที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ หรือจุลินทรีย์ที่ใส่เพิ่มลงไปนั้น จะเพิ่มค่า C/N [5] ให้แก่ของเสียจากบ่อเกรอะให้มีมากพอจนสามารถสร้างมีเทนได้ นอกจากนี้เมื่อทำการทดลองหมักผักตบชวา และธูปฤาษีร้อยละ 100 กับน้ำ พบว่าไม่สามารถสร้างก๊าซที่ติดไฟได้

4. บทสรุป

ของเสียจากบ่อเกรอะสามารถนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับเป็นเชื้อเพลิงได้ เมื่อหมักร่วมกับผักตบชวา หรือธูปฤาษี โดยอัตราส่วนในการผสมผักตบชวา หรือธูปฤาษีแล้วให้ผลการติดไฟที่ดี คือ ใช้ผักตบชวา หรือธูปฤาษีร้อยละ 10-15 ส่วนการเติมแบคทีเรีย *Bacillus* sp. ลงไปในน้ำหมักไม่มีความจำเป็นทั้งนี้เพราะมีจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบตามธรรมชาติอยู่แล้ว

5. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม “คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม (Biogas)” 340 หน้า พ.ศ. 2553

[2] ชนกพร วงษ์วัน และคณะ “การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมของต้นข้าวโพดที่ปรับสภาพเบื้องต้นร่วมกับของเสียกลีเซอรอล” การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 หน้า 1837-1844

[3] สมจินตนา ลิ้มสุข และคณะ “การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารร่วมกับกลีเซอรีนดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล”วิศวกรรมศาสตร์ มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 หน้า 101-110 พ.ศ. 2554

[4] บุญสม จิตโสภณปัญญา และคณะ “การผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุ” ว. วิทย์. กษ. ฉบับที่ 44(2) (พิเศษ) หน้า 373-376 พ.ศ. 2556

[5] สุจิตรา รวดหมวน และคณะ “การผลิตเอทานอลจากวัชพืชน้ำโดยเชื้อ *Candida shehatae* TISTR 5843 ด้วยกระบวนการหมักแบบกะและกึ่งกะ” วารสารวิชาการ Veridian E-Journal ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 หน้า 935-948 พ.ศ. 2556

O-CF06

การวิเคราะห์ไบโอดีเซลอย่างง่ายด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC)

A Simple Analysis of Biodiesel by Thin Layer Chromatography (TLC)

วุฒิชัย รสชาติ[1*], เทอดเกียรติ แก้วพวง[1], บุญญาวัณย์ อยู่สุข[2], วินิช พรมอารักษ์[1]

[1] สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[2] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: roschat1@gmail.com

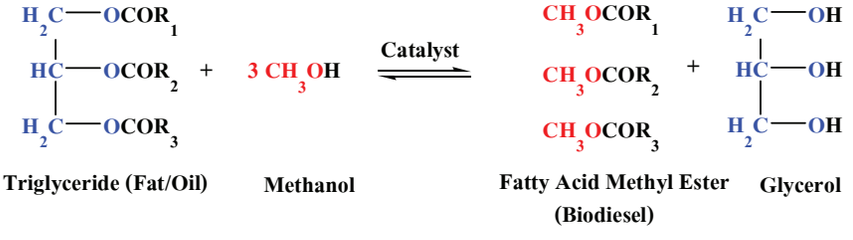
บทคัดย่อ

ปัจจุบันการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลสามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคขั้นสูงต่าง ๆ เช่น แก๊สโครมาโทกราฟี (GC) โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) และเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) โดยที่เทคนิคเหล่านี้ต้องทำในห้องปฏิบัติการขั้นสูงและมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่สูงมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลอย่างง่ายด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และประหยัด ในการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล โดยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพด้วยการเทียบค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของสารต่อระยะการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (R_f) ของไบโอดีเซลมาตรฐานและไบโอดีเซลตัวอย่าง และการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยการคำนวณตามสมการ $y = 205x - 76$ เมื่อ y คือร้อยละเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล x คือค่า R_f โดยสมการนี้เป็นสมการเส้นตรงและมีค่า $R^2 = 0.994$ เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) นี้นอกจากสามารถวิเคราะห์ร้อยละไบโอดีเซลทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณแล้ว ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบการดำเนินไปของปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลได้ด้วย ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับการผลิตไบโอดีเซลทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขนาดกลาง วิสาหกิจชุมชน การศึกษาวิจัยและการพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลอีกด้วย

คำสำคัญ: เมทิลเอสเทอร์, ไบโอดีเซล, เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC)

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกได้มีการศึกษาวิจัยและส่งเสริมการใช้น้ำมันไบโอดีเซลอย่างกว้างขวาง รวมทั้งภาครัฐของไทยได้มีการส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้น้ำมันไบโอดีเซลภายในประเทศ ทั้งในส่วนระดับวิสาหกิจชุมชนและระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เพื่อเป็นการลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงปิโตรเลียมจากต่างประเทศที่มีราคาสูง และเป็นการส่งเสริมให้มีการพึ่งพาตนเองในด้านพลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายทางด้านเศรษฐกิจและแผนพัฒนาประเทศ โดยที่น้ำมันไบโอดีเซลนั้นเป็นสารเคมีจำพวกอัลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty Acid Alkyl Ester) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาเคมีของสารไตรกลีเซอร์ไรด์ (น้ำมันพืชและไขมันสัตว์) กับสารแอลกอฮอล์โมเลกุลขนาดเล็ก (นิยมใช้เมทานอลหรือเอทานอล) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา (อาจเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทด่าง กรด เอนไซม์ หรือของแข็ง) ที่เรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอ-ริฟิเคชัน (Transesterification reaction) โดยเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะได้น้ำมันไบโอดีเซลและกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By Product) ตามสมการสมเคมีดังนี้ [1-4]



รูปที่ 1 แสดงสมการเคมีการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

การผลิตและการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในปัจจุบันเป็นที่แพร่หลายทั่วโลก ทั้งในประเทศยุโรป อเมริกา แอฟริกา และเอเชีย โดยมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำมันไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ได้แก่ มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ASTM D6751 และมาตรฐานของสหภาพยุโรป EN14124 [5, 6] สำหรับประเทศไทยมีการผลิตและใช้ไบโอดีเซลอย่างแพร่หลายทั้งในภาคการขนส่งและภาคการเกษตร แต่การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลในกระบวนการผลิตทั้งในระดับอุตสาหกรรมและระดับชุมชน ที่ไม่มีห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล และไม่มีเงินทุนมากพอที่จะส่งตัวอย่างเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซล ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน เรื่องการกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550 [7] ที่เป็นค่าตัวเลขสำคัญที่สุดที่จะมีผลต่อคุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำมันไบโอดีเซล เช่น ค่าความหนืด จุดวาบไฟ และเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นต้น ปัญหาน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่ได้มาตรฐานจะส่งผลต่อเนื่องไปถึงการนำไปใช้ประโยชน์กับเครื่องยนต์ที่อาจทำให้เครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้

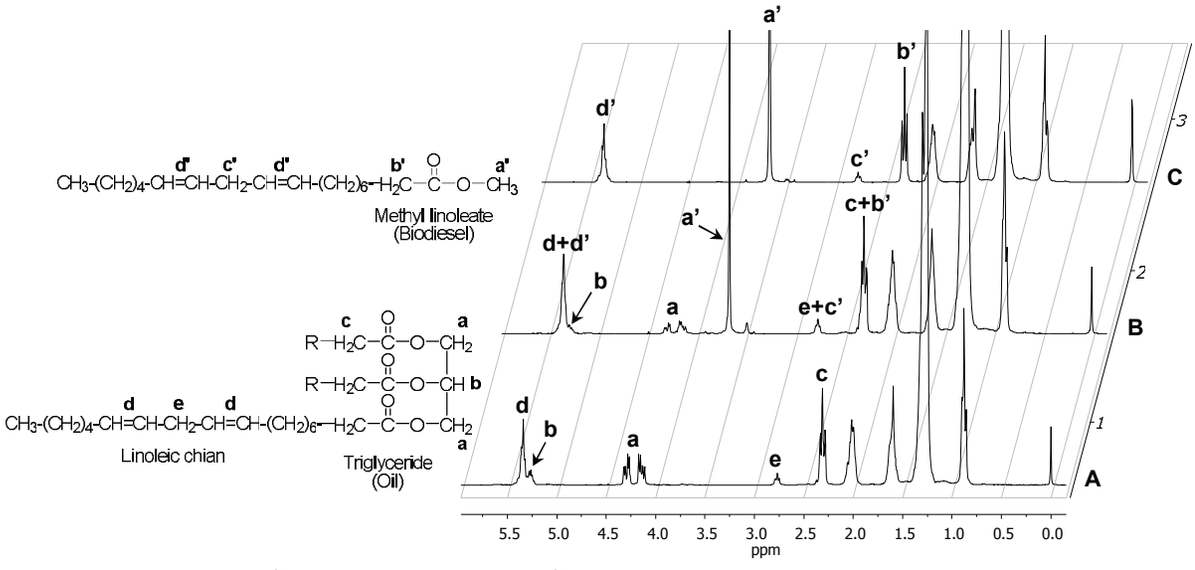
ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ไบโอดีเซลอย่างง่ายด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ที่เป็นการทดสอบค่าปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลประเภทอัลคิลเอสเทอร์ที่สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลได้อย่างง่าย สะดวก รวดเร็ว

และมีราคาถูก และสามารถประยุกต์ใช้ในการติดตามการเกิดปฏิกิริยาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล การทดสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลได้ทั้งในระดับอุตสาหกรรม วิสาหกิจชุมชน และการศึกษาวิจัยในด้านต่าง ๆ อีกด้วย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลจะสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคและเครื่องมือขั้นสูง เช่น วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography (GC)) ตามมาตรฐาน EN1410 และกำหนดให้ค่ามาตรฐานร้อยละโดยน้ำเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 96.5 โดยเทคนิคนี้จะใช้สารเมทิลเฮปตะเดคะโนเอท (methyl hepta decanoate) หรือสาร C_{17} เป็นสารมาตรฐานอ้างอิง [8] เทคนิคและวิธีการวิเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลนี้เป็นที่ยอมรับของมาตรฐานสากลทั่วโลก เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์น้อยมากประมาณ ± 2%

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปคโตรสโคปี (Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR)) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “เทคนิคโปรตอนเอ็นเอ็มอาร์ (^{1}H-NMR)” เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ โดยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ จากพีคของหมู่เมทิลีน (methylene group, α - CH_2) ในโครงสร้างของเอสเทอร์ของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ (ไตรกลีเซอไรด์) พบค่าเคมิคัลชิฟต์ (chemical shift, δ) ที่ 2.3 ppm ลักษณะพีคเป็นตริปเปต (trippet peak) และพีคของหมู่เมทอกซิล (methoxyl group, - OCH_3) ในเอสเทอร์หลังจากเกิดปฏิกิริยาพบค่าเคมิคัลชิฟต์ที่ 3.7 ppm ลักษณะพีคเป็นซิงเกล็ต (singlet peak) ซึ่งพีคนี้ใช้ในการติดตามการเกิดปฏิกิริยา ค่าเคมิคัลชิฟต์และลักษณะพีคของโปรตอนในโครงสร้างของน้ำมันไบโอดีเซลแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: สเปกตรัม ^{1}H-NMR ของ (A) น้ำมันปาล์มที่เป็นวัตถุดิบ (B) น้ำมันไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่ ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ (C) น้ำมันไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์

A_{OCH_3}

$$\%Yield \cdot of \cdot FAME = 100x\left(\frac{2A_{OCH_3}}{3A_{\alpha-CH_2}}\right) \qquad (1)$$

เมื่อ %Yield of FAME : ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์ $A_{\alpha-CH_2}$ คือ พื้นที่ใต้พีคของเมทิลีนโปรตอนในโครงสร้างไตรกลีเซอไรด์ (α - CH_2, 2.3 ppm, trippet) A_{OCH_3} คือ พื้นที่ใต้พีคของโปรตอนในโครงสร้างของเมทิลเอสเทอร์ (- OCH_3, 3.7 ppm, singlet) และค่าแฟคเตอร์ 2 และ 3 : จำนวนโปรตอนที่สร้างพันธะกับเมทิลีนคาร์บอน (methylene carbon) และเมทอกซิลคาร์บอน (methoxyl carbon) ตามลำดับ [6, 9] อย่างไรก็ตามแม้เทคนิค ^{1}H-NMR จะเป็นเทคนิควิธีที่สะดวก รวดเร็ว ในการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของน้ำมันไบโอดีเซล แต่ด้วยข้อจำกัดด้านเครื่องมือเนื่องจากเครื่อง NMR มีราคาสูงมากทำให้ต้นทุนในการวิเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลด้วยเทคนิคและวิธีการนี้จึงมีต้นทุนสูงตามไปด้วย นอกจากเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) และเทคนิค ^{1}H-NMR แล้วนั้น การวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High-performance liquid chromatography (HPLC)) และการวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูเรียทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Fourier transforms infrared spectroscopy (FT-IR)) เป็นเทคนิคและวิธีการที่ได้มีการนำมาใช้ในการวิเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลอีกด้วย [10, 11]

เทคนิคและวิธีการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือดังกล่าวทั้งหมดข้างต้นนั้น ต้องใช้ระยะเวลาและความชำนาญของผู้ที่จะวิเคราะห์สูงมาก ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ที่มีราคาสูง และวิธีการดังกล่าวข้างต้นไม่สามารถใช้เพื่อการติดตามตรวจสอบการดำเนินไปของการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของการเปลี่ยนสารตั้งต้นน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลได้อย่างรวดเร็วได้ ปัญหาดังกล่าวเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการผลิตไบโอดีเซลอย่างมากทั้งในระดับอุตสาหกรรมและชุมชน เนื่องจากไม่สามารถกำหนดได้ว่าควรหยุดการทำปฏิกิริยาที่เวลาใด ซึ่งบางครั้งการทำปฏิกิริยาที่ใช้เวลาน้อยเกินไปปฏิกิริยาอาจเกิดไม่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้อาจจะไม่ผ่านมาตรฐาน เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์อาจทำให้เกิดการเสียหายได้ หรือถ้ามีการทำปฏิกิริยาที่ใช้เวลานานเกินไปจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่มากขึ้น เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลสูงขึ้นตามไปด้วย

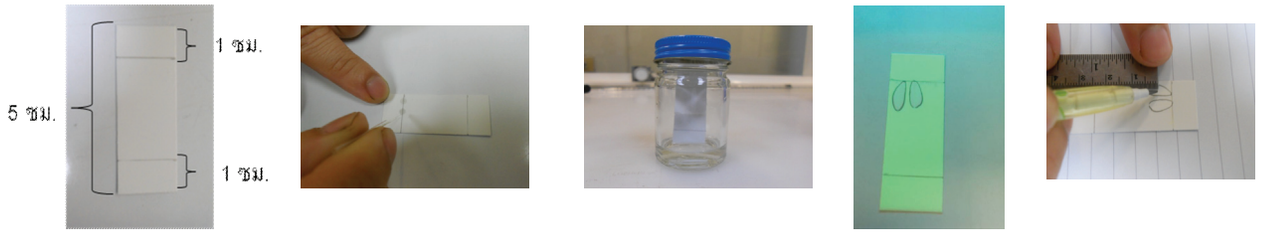
3. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี

ภาชนะบรรจุสารผสมที่ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) สารประกอบอินทรีย์แอซิโตน (acetone) และสารประกอบกรดอะซิติก (acetic acid) ในอัตราส่วนผสม 9:3:1 ที่เป็นสารละลาย แผ่นทิลเล-เยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) หลอดรูเล็ก (capillary tube) หลอดรังสียูวี (UV-Lamp) เฮกเซน (hexane) น้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐาน ไม้บรรทัด ดินสอ

3.2. วิธีการทดลอง

ตัดแผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ให้ได้ขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 2 ซม. และ 5 ซม. ตามลำดับ ***(1)*** จากนั้นใช้ไม้บรรทัดและดินสอขีดเส้นจากขอบบนและขอบล่างตามความยาวด้านละ 1 ซม. ***(2)*** ทำการหยดน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างและหยดน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานลงในแผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ที่ขีดเส้นไว้โดยใช้หลอดรูเล็ก (capillary tube) และล้างหลอดรูเล็กด้วยสารละลายเฮกเซน ***(3)*** จากนั้นนำแผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ที่หยดน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างและน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานใส่ลงในภาชนะที่บรรจุสารผสมที่ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) สารประกอบอินทรีย์แอซิโตน (acetone) และสารประกอบกรดอะซิติก (acetic acid) ที่เป็นสารละลายในอัตราส่วนผสม 9:3:1 ที่มีสารในปริมาณความสูงประมาณ 0.5 ซม. โดยวางแผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ด้านที่หยดน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างและน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานไว้ด้านล่าง ***(4)*** จากนั้นเมื่อสารผสมที่เป็นตัวทำละลายเคลื่อนที่จนถึงขีดด้านบนของแผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ให้นำแผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) ออกจากภาชนะรอให้แผ่นทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) แห้งและนำไปส่องด้วยหลอดรังสียูวี (UV-lamp) จะปรากฏสีของน้ำมันไบโอดีเซลเป็นสีชมพูอ่อน ๆ ขีดรอบจุดด้วยดินสอ ***(5)*** จากนั้นวัดระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (น้ำมันไบโอดีเซล) และระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่เพื่อคำนวณหาค่า R_f และปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลต่อไป



รูปที่ 2: ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) และรังสียูวี (CV)

$$R_f = \frac{A_{cm}}{B_{cm}} \qquad (2)$$

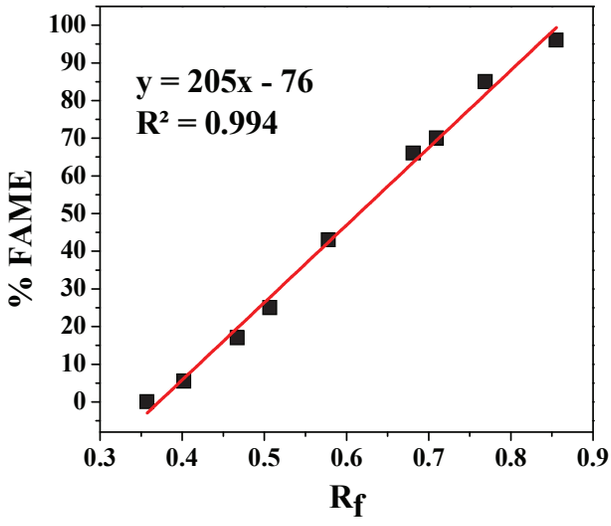
เมื่อ A คือ ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ได้โดยวัดจากจุดกึ่งกลางของสารที่ใช้ดินสอขีดไว้รอบมีหน่วยเป็นเซนติเมตรและ B คือ ระยะของสารผสมที่เป็นตัวทำละลายเคลื่อนที่ได้มีหน่วยเป็นเซนติเมตรเช่นเดียวกัน

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานที่ทราบค่าปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่แน่นอนโดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) [8] และเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปคโตรสโคปี (^{1}H-NMR) [9-11] นำมาทดลองหาค่าร้อยละเมทิลเอสเทอร์ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) และรังสียูวี (CV) พบว่าเมื่อนำค่า R_f ของน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานที่มีค่าปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ต่าง ๆ ที่ได้มาสร้างเป็นกราฟจะได้กราฟเส้นตรงที่มีค่า R^2 = 0.994 และได้ค่าสมการเส้นตรงคือ

$$y = 205x - 76 \qquad (3)$$

เมื่อ y คือ ค่าปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซล และ x คือ ค่า R_f ของน้ำมันไบโอดีเซล



รูปที่ 3: แสดงกราฟเส้นตรงและสมการเส้นตรงที่ได้จากการนำค่า Rf ของน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานที่ทราบปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่แน่นนอนนำมาทดสอบด้วยเทคนิคทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี(TLC) และรังสียูวี (CV)

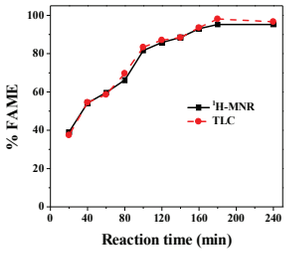
การทดสอบน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเทคนิคทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) และรังสียูวี (CV) สามารถวิเคราะห์ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยที่ในเชิงปริมาณสามารถทำการทดสอบวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของน้ำมันไบโอดีเซลและระยะทางการเคลื่อนที่ของสารผสมที่เป็นสารละลายแล้วคำนวณค่า R_f จากนั้นทำการคำนวณปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลตามสมการ (3) และการวิเคราะห์ร้อยละเมทิลเอสเอทร์ของน้ำมันไบโอดีเซลเชิงคุณภาพสามารถทำได้โดยการเทียบค่า R_f กับน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานที่มีปริมาณร้อยละเมทิลเอส-เทอร์มากกว่าร้อยละ ๙๖.๕ โดยค่า R_f ที่คำนวณได้ต้องไม่น้อยกว่า ๐.๘๓๐ และไม่มากกว่า ๐.๘๖๐



1 **2**

รูปที่ 4: **(1)** แสดงน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง (a) คำนวณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ตามสูตรจากสมการเส้นตรงด้วยเทคนิค TLC ได้ 95.18 % ค่าที่วิเคราะห์ได้จริงจาก ^{1}H-NMR ได้ 96.0 % และค่า R_f = 0.835 (b) น้ำมันไบโอ-ดีเซลมาตรฐาน; **(2)** แสดงผลการติดตามความก้าวหน้าของปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลโดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TLC
(ตัวอย่างที่ 1 ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ ในขณะที่ตัวอย่างที่ 2 3 และ 4 ปฏิกิริยาเกิดยังไม่สมบูรณ์)

เมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปคโตรสโคปี (^{1}H-NMR) เปรียบเทียบกับเทคนิคทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) และรังสียูวี (CV) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากโดยผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อน ± ๓ %



รูปที่ 5: แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปคโตรสโคปี (^{1}H-NMR) กับเทคนิคทิลเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) และรังสียูวี (CV)

5. สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ไบโอดีเซลอย่างง่ายด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟฟี (TLC) และรังสียูวี (UV) นี้เป็นเทคนิคที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และประหยัด ที่สามารถวิเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลได้ทั้งในเชิงคุณภาพด้วยการเทียบค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของสารต่อระยะการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (R_f) ของน้ำมันไบโอดีเซลมาตรฐานและไบโอดีเซลตัวอย่าง ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณสามารถคำนวณตามสมการ $y = 205x - 76$ เมื่อ y คือร้อยละเมทิลเอสเทอร์หรือเปอร์เซ็นต์ไบโอดีเซล เมื่อ x คือค่า R_f โดยสมการนี้เป็นสมการเส้นตรงและมีค่า $R^2 = 0.994$ โดยที่เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) นี้นอกจากสามารถวิเคราะห์ร้อยละไบโอดีเซลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณแล้ว ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบการดำเนินไปของปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลได้ด้วย สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการผลิตไบโอดีเซลทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขนาดกลาง วิสาหกิจชุมชน การศึกษาวิจัยและการพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซลอีกด้วย และค่าการวิเคราะห์ที่ได้เมื่อเปรียบกับวิธีมาตรฐาน เช่น การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) และการวิเคราะห์ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปคโตรสโคปี (NMR) ให้ค่าผลการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละเมทิลเอสทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง ± 3 %

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST 01-55-011) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7. บรรณานุกรม

[1] J. Boroa, D. Deka, A.J. Thakurb, A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production, Renew and Sustain Energy Rev 16 (2012) 904–910.

[2] A. Kawashima, K. Matsubara, K. Honda, Development of heterogeneous base catalysts for biodiesel production, Bioresource Technol 99 (2008) 3439–3443.

[3] J. Boroa, D. Deka, A.J. Thakurb, A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production, Renew and Sustain Energy Rev 16 (2012) 904–910.

[4] H. Liu, L. Su, Y. Shao, L. Zou, Biodiesel production catalyzed by cinder supported CaO/KF particle catalyst, Fuel 97 (2012) 651-657.

[5] M. Morshed, K. Ferdous, M.R. Ferdous, M.S.I. Mazumder, M.A. Islam, Md.T. Uddin, Rubber seed oil as a potential source for biodiesel production in Bangladesh. Fuel 90 (2011) 2981–2986.

[6] W. Roschat, M. Kacha, B. Yoosuk, T. Sudyoadsuk, V. Promarak, Biodiesel production based on heterogeneous process catalyzed by solid waste coral fragment. Fuel 2012; 98; 194-202.

[7] BIOTOP. “มาตรฐานไบโอดีเซล,” มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน พ.ศ. 2549 ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน สำหรับเครื่องยนต์การเกษตร และมาตรฐานไบโอดีเซล B100 ระดับอุตสาหกรรมพ.ศ. 2548 ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน. www.biotop99.com/biodiesel_standards_t.html. 6 สิงหาคม, 2557.

[8] B. Yoosuk, P. Krasae, B. Puttasawat, P. Udomsap, M. Viriya-empikul, K, Faungnawakij, Magnesia modified with strontium as a solid base catalyst for transesterification of palm olein, Chem. Engin. J. 162 (2010) 58-66.

[9] C. M. Garcia, S. Teixeira, L. L. Marciniuk, U. Schuchardt, Transesterification of soybean oil catalyzed by sulfated zirconia. Bioresource Technol 99 (2008) 6608–6613.

[10] G. J. Suppes, M. A. Dasari, E. J. Doskocil, P. J. Mankidy, M. J. Goff, Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts. Applied Catalysis A: General 257 (2004) 213–223.

[11] S. O’Donnell, I. Demshemino, M. Yahaya, I. and Linus Okoro, A review on the Spectroscopic Analyses of Biodiesel. European International Journal of Science and Technology 2 (2013) 137-146.

O-CF07

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Catalyzed by CaO as a Catalyst Performed at Room Temperature

วุฒิชัย รสชาติ[1*], เทอดเกียรติ แก้วพวง[1], บุญญาวัณย์ อยู่สุข[2], วินิช พรมอารักษ์[1]

[1] สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[2] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: roschat1@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตไบโอดีเซลโดยทั่วไปจะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 – 70 °C โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (NaOH, KOH) หรือแบบวิวิธพันธ์ (CaO, SrO) โดยในงานวิจัยนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องและใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลคือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำมัน อัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล และใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) และแอซิโตน (acetone) เป็นสารละลายผสม (co-solvent) โดยระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพบว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ที่ระยะเวลาประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ร้อยละไบโอดีเซล (% yield) ที่ได้มากกว่าร้อยละ 90 จากการนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214) พบว่าผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลจากกระบวนการผลิตนี้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานหลัก เช่น ค่าความหนืด ค่าความเป็นกรด จุดวาบไฟ การทนต่อสภาวะออกซิเดชัน และการกัดกร่อนแผ่นโลหะทองแดง จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำมันโอดีเซลนี้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแทนน้ำมันปิโตรเลียมดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, น้ำมันที่ใช้แล้ว, อุณหภูมิห้อง, แคลเซียมออกไซด์

1. ที่มาและความสำคัญ

ไบโอดีเซลจัดเป็นพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพเหลวที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ โดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอ-ริฟิเคชัน (transesterification) ที่เป็นกระบวนการทางเคมีด้วยการเปลี่ยนสารไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กด้วยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โมเลกุลเล็ก เช่น เมทานอลหรือเอทานอลในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์ วิวิธพันธ์ และเอนไซม์ [1-3]

ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอกพันธ์ NaOH และ KOH เป็นที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบัน แต่ด้วยมีข้อเสียหลายประการ เช่น ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้ต้องผ่านกระบวนการล้างน้ำเพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาออกทำให้เกิดน้ำเสียในกระบวนการผลิต ในการผลิตไบโอดีเซลวัตุดิบที่ใช้ต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid (FFA)) น้อยกว่าร้อยละ 0.5 และปริมาณน้ำหรือความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 1 เนื่องจากอาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงกลายเป็นสบู่ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ และตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ ซึ่งในกระบวนการผลิตต้องมีการควบคุมค่าความเป็นกรด ความเป็นเบส (pH) อุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งมีความยุ่งยากในกระบวนการผลิตทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลสูงตามด้วย ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารต้นและผลิตภัณฑ์สามารถแยกออกจากระบบเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงด้วยการกรองอย่างง่าย มีความเสถียรต่อปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระในน้ำมันวัตถุดิบมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์และตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซ้ำในกระบวนการผลิตอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์จึงได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลต่อไป [4, 5]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องและใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและสามารถนำไปปรับใช้ได้จริงทั้งในระดับอุตสาหกรรม และวิสาหกิจชุมชน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบันได้มีการศึกษาพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เพื่อให้ได้ตัวเร่งที่มีความว่องไวสูง มีเสถียรภาพ และราคาถูก ตัวอย่างตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ เช่น X. Liu และคณะ ได้ทำการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ SrO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการศึกษาพบว่า SrO มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยามาก โดยที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 3 %w/w เทียบกับน้ำหนักน้ำมัน อัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 12 โมล อุณหภูมิ 65 °C เวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 30 นาที ปริมาณร้อยละไบโอดีเซล (% yield) 95% และสามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซ้ำได้ปริมาณ 10 ซ้ำ [6] แต่อย่างไรก็ตาม SrO มีราคาสูงมากทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย

CaO ถือได้ว่าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นที่นิยมนำมาศึกษาวิจัยในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาถูก การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาทำได้อย่างง่าย มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยาที่สูงพอสมควร มีความเสถียรสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง [7-9] แม้ว่า CaO จะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลยังจำเป็นต้องมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 – 65 °C เพื่อให้โมเลกุลของสารตั้งต้นมีพลังงานมากพอที่จะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ซึ่งต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการให้ความร้อนนี้ ทำให้การผลิตไบโอดีเซลมีต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1: แสดงการเปรียบสภาวะการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทริฟิเคชันในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

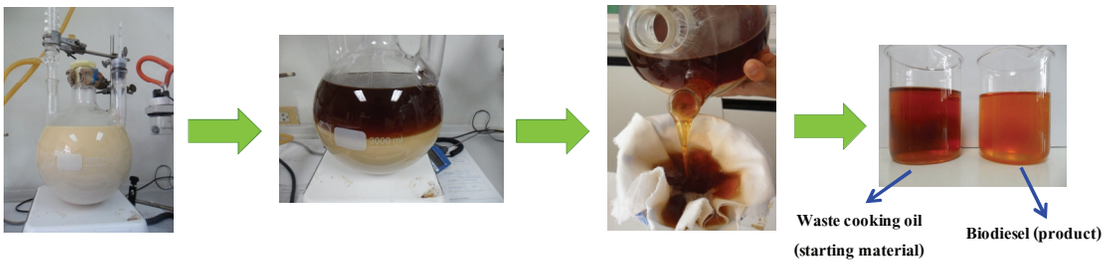
Catalyst	Transesterification parameters				
	% FAME	Catalyst Content (wt.%)	Temperature (°C)	MeOH:Oil (molar ratio)	Reaction Time
CaO from Dolomite [10]	98	6	**60**	30	3 h
CaO [9]	95	8	**65**	12	3 h
CaO/NaY [11]	95	3	**65**	9	3 h
Nano CaO [12]	85	1.1	**Room temperature**	9	24 h

จากข้อมูลงานวิจัยที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่าในการทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ Nano CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยาที่สภาวะอุณหภูมิห้อง แต่ด้วยระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่นานมาก (24 h) ทำให้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลสูงเช่นกันกับการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้อุณหภูมิสูง (60 – 65 °C)

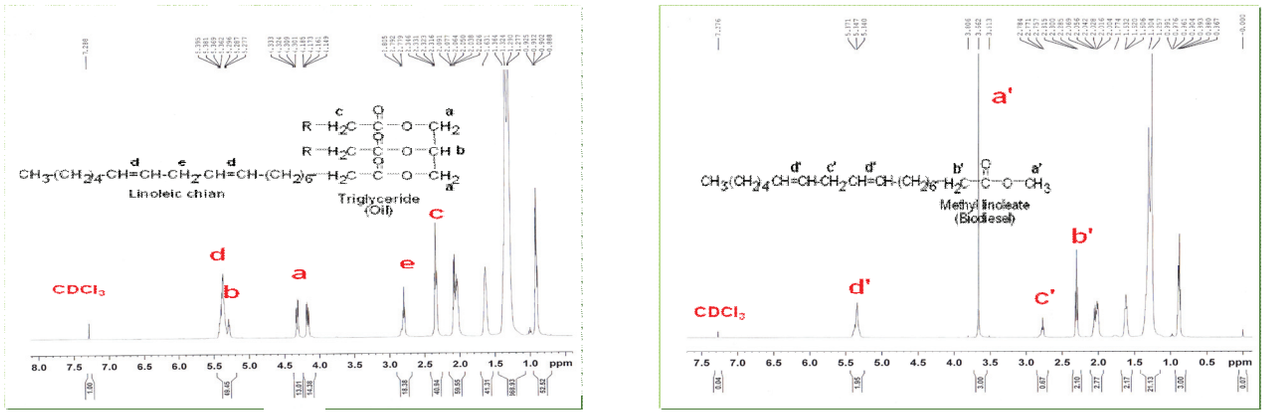
3. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี สารแคลเซียมออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงประสิทธิภาพ ($CaO_{_mod}$), สารแคลเซียมออกไซด์ธรรมดา ($CaO_{_com}$), เมทานอล 99% (methanol), น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วและมีค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) 1.5 %wt (3.0 mg KOH/g oil) สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) และแอซิโตน (acetone)

3.2. วิธีการทดลอง ในการทดลองนี้ใช้ขวดก้นกลมขนาด 3 ลิตร ที่ต่อกับ condenser และใช้ magnetic stirrer เป็นตัวกวนสารผสมในขวดก้นกลม โดยขั้นตอนในการทำปฏิกิริยา ***(1)*** ชั่งตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อน้ำมันพืชที่ใช้แล้วลงในขวดก้นกลม จากนั้นเติมเมทานอลอัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเท่ากับ 15 : 1 โมล และใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) หรือแอซิโตน (acetone) เป็นสารละลายผสม (co-solvent) โดยใช้ในอัตราส่วน 10 %v/v ทำการกวนผสมสารตั้งต้นดังกล่าวให้ผสมกันเป็นเวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นทำการเทน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้น้ำมันในการทำปฏิกิริยา 1.5 ลิตร ***(2)*** เก็บตัวอย่างผสมในถังปฏิกรณ์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) ***(3)*** เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงนำไบโอดีเซลที่ได้ไปกรองตัวเร่งปฏิกิริยาและนำตัวอย่างไบโอดีเซลที่ได้ไปทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214)



รูปที่ 1: แสดงขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วโดยใช้ CaO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและสภาวะอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง

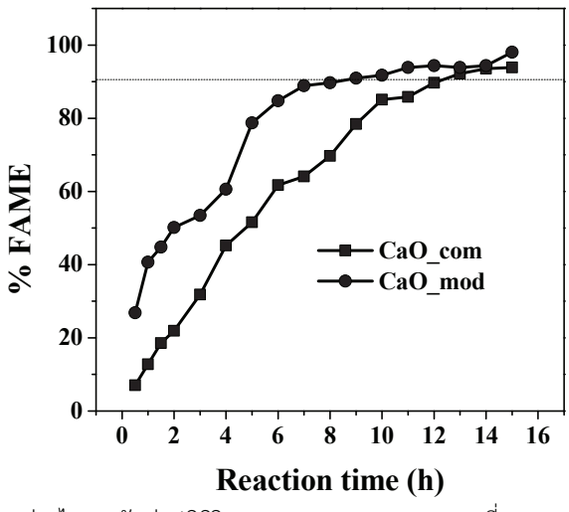


A B

รูปที่ 2: แสดงโปรตอนที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (^{1}H-NMR) ของ (A) สารตั้งต้นน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (B) น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1. การทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา $CaO_{_mod}$ และ $CaO_{_com}$



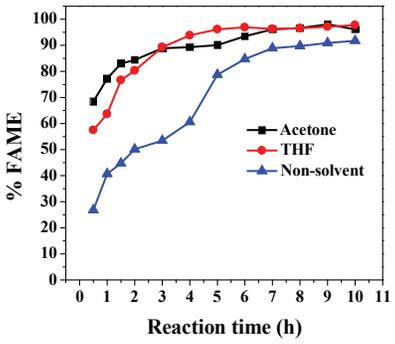
รูปที่ 3: แสดงการทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา $CaO_{_mod}$ และ $CaO_{_com}$ ที่สภาวะการทดลองอุณหภูมิห้องตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา $CaO_{_mod}$ และ $CaO_{_com}$ ที่สภาวะเดียวกันและทำการทดลองปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิห้อง (รูปที่ 2) พบว่า $CaO_{_mod}$ มีความว่องไวในการเร่งปฏิกิริยามากกว่า $CaO_{_com}$ เกือบ 1 เท่า โดยที่ $CaO_{_mod}$ สามารถเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิห้องโดยเปลี่ยนสารตั้งต้นน้ำมันพืชที่ใช้แล้วไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซลมากกว่า 90% ที่ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 6 - 7 ชั่วโมง ในขณะที่ $CaO_{_com}$ ต้องใช้เวลาในการเร่งปฏิกิริยา 10 - 11 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการวิจัยของ C. Reddy และคณะ [12] พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง $CaO_{_mod}$ และ $CaO_{_com}$ มีความว่องไวมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Nano CaO ที่ใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยามากถึง 24 ชั่วโมง ผลการทดลองดังกล่าวเกิดจากสภาวะการทำปฏิกิริยาที่แตกต่างกันทั้งปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้และปริมาณเมทานอลต่อน้ำมันที่ใช้ โดยที่ในงานวิจัยนี้พบว่าที่สภาวะการทดลองใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิห้อง

4.2. การทดลองเปรียบเทียบการเติมสารละลายผสม (co-solvent)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา $CaO_{_mod}$ และ $CaO_{_com}$ แม้จะได้ผลการทดลองการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องของตัวเร่งปฏิกิริยา $CaO_{_mod}$ ที่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Nano CaO ถึง 3 เท่า แต่ยังใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่นานประมาณ 6 – 7 ชั่วโมง ซึ่งถ้าสามารถลดระยะเวลาการทำปฏิกิริยาลงได้ย่อมหมายถึงการลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลได้เช่นกัน ดังนั้นการเติมสารละลายอินทรีย์บางอย่างลงไปเพื่อให้เมทานอลที่มีความเป็นขั้วมากและน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่เป็นสารมีขั้วน้อยละลายหรือผสมกันดีขึ้น ย่อมส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เกิดเร็วขึ้น [13] โดยจากงานวิจัยของ M. K. Lam และ K. T. Lee [14] พบว่าการใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) ให้ผลการทดลองที่สามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ดีขึ้น แต่ด้วยสารตัวทำละลาย THF มีราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวทำละลายแอซิโตน (acetone) ที่มีราคาถูกกว่ามาทำการศึกษาเปรียบเทียบด้วย

จากผลการทดลองเปรียบเทียบพบว่าการใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์ทั้งสารเตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) และตัวทำละลายแอซิโตน (acetone) เป็นสารผสม (co-solvent) ในอัตราส่วน 10 %v/v เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ตัวทำละลาย พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่สภาวะการทดลองที่อุณหภูมิห้องมีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น โดยสารตัวทำละลายอินทรีย์ THF มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เร็วกว่าสารตัวทำละลายอินทรีย์แอซิโตน ซึ่งสารละลาย THF มีความมีขั้วที่เหมาะสมที่สามารถช่วยให้เมทานอลและน้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่มีขั้วต่างกันละลายกันได้ดีขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มมากขึ้น ส่วนตัวทำละลายแอซิโตนแม้จะช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นน้อยกว่า THF แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ตัวทำละลาย (Non-solvent) พบว่าการใช้แอซิโตนสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างมาก โดยการเติม THF และแอซิโตนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องสามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลมากกว่า 90% ที่ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง



รูปที่ 4: แสดงการทดลองเปรียบเทียบการไม่ใช้ตัวทำละลายกับการใช้สารตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF), ตัวทำละลายแอซิโตน (acetone) เป็นสารผสม (co-solvent) ในอัตราส่วน 10 %v/v ในปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $CaO_{_mod}$

4.3. การทดสอบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้ $CaO_{_mod}$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 2: แสดงการเปรียบคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซล*โดยใช้ $CaO_{_mod}$* เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214)

Fuel properties [a]	Unit	Standard	Guo[16] / Boey[17] / Baroutian[18]	This work
Density @15°C	Kg/m^3	860-900	883/ 884 /877	874
Kinematic viscosity @ 40 ºC	mm^2/s	3.5-5.0	4.2/4.2/5.16	4.32
Flash point [d]	ºC	>120	170/-/188	183
Acid number [e]	mg KOH/g	<0.5	0.16/-/0.33	0.32
Water content [f]	%w/w oil	<0.050	- /-/-	0.026
Copper strip corrosion	-	Number 1	- / - / -	Number 1
Methyl ester content [g]	%	96.5	95/98.8/ -	98.43
Oxidation number [h]	hour	>6	- / - / -	14.23

[a] Preformed by biodiesel testing unit, the National Science and Technology Development Agency, Thailand.

จากการนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องและใช้ $CaO_{_mod}$ นำมาทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการผลิตนี้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานหลัก เช่น ค่าความหนืด ค่าความเป็นกรด จุดวาบไฟ การทนต่อสภาวะออกซิเดชัน และการกัดกร่อนแผ่นโลหะทองแดง จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำมันโอดีเซลนี้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแทนน้ำมันปิโตรเลียมดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดลองนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยที่ใช้สภาวะการทดลองอุณหภูมิสูงประมาณ 60 – 65 ºC พบว่าค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้สภาวะอุณหภูมิห้องในการทำปฏิกิริยามีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ใช้สภาวะอุณหภูมิสูงในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นการใช้สภาวะอุณหภูมิห้องในการทำปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลจึงเป็นการลดพลังงานและลดต้นทุนในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวิจัยการผลิตไบโอดีเซลที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แคลเซียมออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงประสิทธิภาพ (CaO_mod) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำปฏิกิริยาคือปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 10% โดยน้ำหนักต่อน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว โมลเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 15 : 1 โมล และเติมสารละลายผสม (co-solvent) ตัวทำละลายอินทรีย์เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) หรือตัวทำละลายอินทรีย์แอซิโตน (acetone) ที่มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของการเปลี่ยนน้ำมันพืชที่ใช้แล้วไปเป็นไบโอดีเซลประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง ไบโอดีเซลที่ได้มากกว่า 90% และเมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ไปวิเคราะห์ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานและมาตรฐานสากล (EN 14214) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการนี้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานหลัก ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวนี้บ่งชี้ได้ว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องและใช้ $CaO_{_mod}$ มีมาตรฐานที่สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป และกระบวนการผลิตไบโอดีเซลดังกล่าวนี้เป็นกระบวนการประหยัดพลังงาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST 01-55-011) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7. บรรณานุกรม

[1] Z. Helwani, M.R. Othman, N. Aziz, J. Kim, W.J.N. Fernando, Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: a review, Appl Catal A: Gen 363 (2009) 1–10.

[2] J. G. Suppes, A.D. Mohanprasad, J.D. Eric, J.M. Pratik, J.M. Michael, Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts, Appl catal A: Gen 257 (2004) 213-223.

[3] J. Boroa, D. Deka, A.J. Thakurb, A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production, Renew and Sustain Energy Rev 16 (2012) 904–910.

[4] G. Vicente, M. Martines, J. Aracil, Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems, Bioresource Technol 92 (2004) 297–305.

[5] L.C. Meher, D. VidyaSagar, S.N. Naik, Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review, Renew and Sustain Energy Rev. 10 (2006) 248–268.

[6] X. Liu, H. He, Y. Wang, S. Zhu, Transesterification of soybean oil to biodiesel using SrO as a solid base catalyst, Catal Commun 8 (2007) 1107–1111.

[7] N. Viriya-empikul, P. Krasae, W. Nualpaeng, B. Yoosuk, K. Faungnawakij, Biodiesel production over Ca-based solid catalysts derived from industrial wastes, Fuel 92 (2012) 239–244.

[8] W. Roschat, M. Kacha, B. Yoosuk, T. Sudyoadsuk, V. Promarak, Biodiesel production based on heterogeneous process catalyzed by solid waste coral fragment, Fuel 98 (2012) 194–202.

[9] X. Liu, H. He, Y. Wang, S. Zhu, X. Piao, Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst, Fuel 87 (2008) 216–21.

[10] C. Ngamcharussrivichai, P. Nunthasanti, S. Tanachai, K. Bunyakiat, Biodiesel production through transesterification over natural calciums, Fuel Process Tech 91 (2010) 1409–1415.

[11] H. Wu, J. Zhang, Q. Wei, J. Zheng, J. Zhan, Transesterification of soybean oil to biodiesel using zeolite supported CaO as strong base catalysts Fuel Process Technol 109 (2013) 13–18.

[12] C. Reddy, V. Reddy, R. Oshel, J.G. Verkade, Room-temperature conversion of soybean oil and poultry fat to biodiesel catalyzed by nanocrystalline calcium oxides, Energy Fuels 20 (2006) 1310–1314.

[13] W. Cao, H. Han, J. Zhang, Preparation of biodiesel from soybean oil using supercritical methanol and co-solvent, Fuel 84 (2005) 347–351.

[14] M. K. Lam and K. T. Lee, Catalytic transesterification of high viscosity crude microalgae lipid to biodiesel: Effect of co-solvent, Fuel Processing Technology 110 (2013) 242–248.

[15] L. T. Thanh, K. Okitsu, Y. Sadanaga, N. Takenaka, Y. Maeda, H. Bandow, A new co-solvent method for the green production of biodiesel fuel Optimization and practical application, Fuel 103 (2013) 742–748.

[16] Guo F, Peng ZG, Dai JY, Xiu ZL. Calcined sodium silicate as solid base catalyst for biodiesel production. Fuel Processing Technology 2010;91:322–328.

[17] Boey PL, Maiam GP, Hamid SA. Performance of calcium oxide as a heterogeneous catalyst in biodieselproduction: A review. Chemical Engineering Journal 2011;168:15–22.

[18] Baroutian S, Aroua MK, Raman AAA, Sulaiman NMN. Potassium hydroxide catalyst supported on palm shell activated carbon fortransesterification of palm oil. Fuel Processing Technology 2010;91:1378–1385.

O-CF08

การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากซังข้าวโพดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้ แป้งมันและปูนขาวเป็นตัวประสาน

Briquette fuel producing from coconut shell by extrusion technique using cassava starch and lime as binder

อดิศร ถมยา[1*] วราคม วงศ์ชัย[1]

[1]สาขาเทคโนโลยีพลังงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง52100โทร 080-4965738E-mail: adisorn2@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้คือศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่ง ด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็น โดยใช้ผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านไม้เนื้อแข็งเป็นวัตถุดิบ และใช้แป้งมันสำประหลังกับปูนขาวเป็นตัวประสานโดยอัตราส่วนที่ได้ทำการทดสอบนั้นสามารถอัดออกเป็นถ่านอัดแท่งที่สมบูรณ์มาได้ 3 สูตรและสูตรที่ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวจากวิสาหกิจชุมชนซึ่งศึกษาถึงผลของสัดส่วนตัวประสานที่มีต่อการผลิตและสมบัติ ทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ จากการทดลองพบว่าอัตราการผลิต และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วน การผสมผงแป้งมันสำปะหลังกับปูนขาว โดยสูตร3 ค่าความร้อนสูงที่สุดถึง 6,142 cal/g ซึ่งมีค่าความร้อนมากกว่าค่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่งกำหนดค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g จากการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งผลิตออกมาได้พบว่าค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5 – 8 %โดยมวลยอมรับได้ตามมาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 254 – 293 kg/m3ค่าความทนทานต่อแรงกดทั้ง 3 สูตรอยู่ในช่วง 0.54 – 1 MPa ซึ่งสูงกว่าค่าที่ ยอมรับได้เชิงพาณิชย์ที่ 0.375 MPaจากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนที่ 5,682 กิโลกรัม

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง, ถ่านซังข้าวโพด,เอ็กซ์ทรูชัน

1. บทนำ

จากการศึกษาวิถีชีวิตในชนบท พบว่า ถ่านยังเป็นเชื้อเพลิงหลักสาหรับการหุงต้มประกอบอาหาร ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำวิจัย เพื่อช่วยกาจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยการถ่านอัดแท่ง แล้วรณรงค์ให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของการกาจัดเศษซังข้าวโพดเหลือทิ้งจำนวนมหาศาลให้ถูกวิธี เพื่อลดปัญหามลภาวะทางอากาศแทนการเผาทิ้ง งานวิจัยนี้ได้เน้นการศึกษาในเขตเทศบาลตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดสำหรับเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก

ผู้วิจัยได้เริ่มศึกษาด้วยการวิเคราะห์ปริมาณซังข้าวโพดเหลือทิ้ง สมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากซังข้าวโพด จากนั้นจึงนำเสนอวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งดังกล่าวให้แก่ชาวบ้าน เพื่อให้ชาวบ้านหันมาสนใจผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด สำหรับการใช้งานในครัวเรือนและอาจสามารถนำไปขายเพื่อเพิ่มรายได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการทำถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกข้างโพด
2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ทำจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกข้างโพด
2.3 เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนของการทำถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกข้างโพด

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

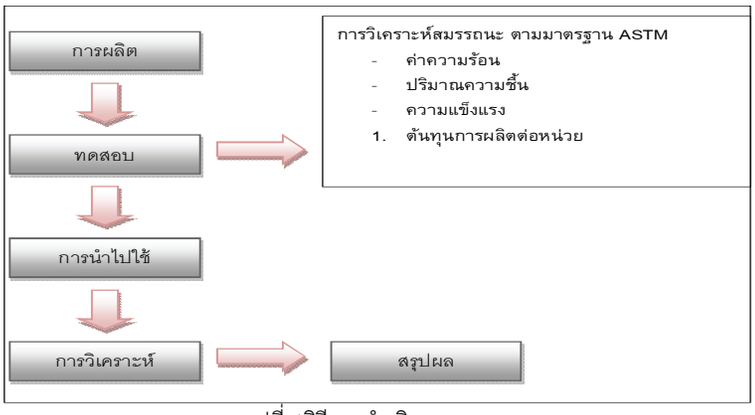
3.1 กำหนดสัดส่วนของถ่านอัดแท่งและขั้นตอนการทดสอบและทำถ่านอัดแท่ง

การทดสอบนี้เพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะซังข้าวโพดซึ่งเป็นของที่เหลือทิ้งจากการเพาะปลูกมาเผาเป็นถ่านซังข้าวโพดและทำการบดเป็นผงถ่าน เพื่อใช้ประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย ในโครงงานนี้จะทดสอบโดยใช้เครื่องผลิตถ่านอัดทำการผลิตถ่านจากซังข้าวโพด และส่วนผสมที่ใช้ในการทำถ่านอัดแท่งได้แก่ ผงถ่านซังข้าวโพด,ผงถ่านไม้เนื้อแข็ง ปูนขาว แป้งมัน และน้ำ โดยทำการผสมทั้งหมด 3สูตรและนำมาเปรียบเทียบกับ สูตรที่4 คือถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวจากวิสาหกิจชุมชน

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการอัดทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ

สูตรที่	ผงถ่านซังข้าวโพด (กิโลกรัม)	ผงถ่านไม้เนื้อแข็ง (กิโลกรัม)	ปูนขาว (กิโลกรัม)	แป้งมัน (กิโลกรัม)	น้ำ (ลิตร)
1	5	5	0.5	1	2.5
2	10	-	0.5	1	2.5
3	10	-	0	1	2.5

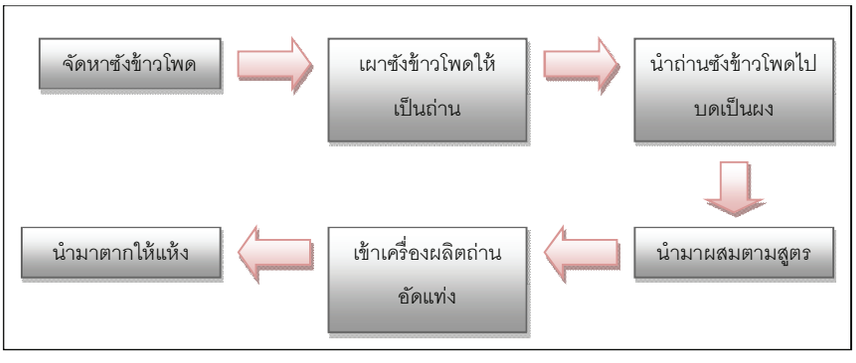
การทดสอบนี้จะทำการหาตัวประสานที่เหมาะสมกับการทำถ่านซังข้าวโพด ทั้งนี้ในการทำถ่านอัดแท่งควรมีปริมาณของผงคาร์บอนอยู่ 2 ใน 3 ส่วน (มาตรฐานถ่าน, 2545) และการอัดแท่งจะใช้น้ำกับแป้งมันเป็นตัวประสาน เนื่องจากวัตถุดิบหาง่ายและมีราคาไม่แพงมากนักวิธีการดำเนินการทดสอบของการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดจะแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การผลิต การทดสอบ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่1



รูปที่ 1วิธีการดำเนินการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

การทดสอบการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การจัดหาซังข้าวโพด, เผาซังข้าวโพดให้เป็นถ่าน, นำมาผสมตามสูตร, การนำส่วนผสมไปอัดแท่ง และการอบไล่ความชื้นหรือตากแห้งดังแผนภาพที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

3.2 การทดสอบแรงกด

ในการทดสอบแรงกดโดย เครื่อง Soil Testing machine-ขนาด 680 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการทดสอบแบบทำลาย ในการทดสอบจะค่อยๆ เพิ่มแรงจนกระทั่งเกิดถ่านการแตกหักและอ่านค่าผลของแรงสูงสุดสังเกตจากเกจวัดแรง และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ [1]ซึ่งแรงกดที่ได้ก่อนถ่านอัดแท่งจะแตกหักจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.375 MPa วิธีการทดสอบแรงกดของถ่านอัดแท่งแสดงในรูปที่



รูปที่ 3 การทดสอบแรงกดถ่านอัดแท่ง

3.3 การทดสอบค่าความร้อนของถ่าน

บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งการวัดพลังงานภายในนี้จะเกี่ยวข้องกับพลังงานอิเล็กตรอนโดยตรง สสารเคมีที่มีพลังงานอิเล็กตรอนในระดับสูงย่อมจะมีพลังงานภายในสูงตามไปด้วย เมื่อธาตุสองตัว เช่น ไฮโดรเจน กับออกซิเจน ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นน้ำ (2.H2 + O2 =>2.H2O) พลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมาและจะทำให้อุณหภูมิของน้ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในที่เกิดขึ้นแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

3.4 การทดสอบวัดค่าความชื้นของถ่าน

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแบบร้อนแห้ง มีลักษณะคล้ายกับตู้บ่มทั้งรูปร่างภายนอกและภายใน ต่างกันตรงที่ตู้อบลมร้อนจะมีวิธีการให้กำเนิดความร้อนแบบเดียว คือให้ความร้อนจากด้านใต้หรือผนังห้องบ่ม (เปรียบได้กับตู้บ่มชนิด Dry wall) โดยจะใช้เพื่อช่วยในการอบไล่ความชื้นของถ่านอัดแท่งให้มีประสิทธิภาพ สะดวกและรวดเร็วความชื้นมาตรฐานแห้ง เป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักที่เป็นของแข็งของผลิตภัณฑ์ สามารถที่ (1)

$$\%MC_{db} = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ $\%MC_{db}$คือ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานกแห้ง

M_wคือ น้ำหนักของน้ำในถ่านอัดแท่ง

M_sคือน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง

3.5 จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆ บางครั้งต้องการจะทราบว่าจำนวนผลผลิตที่จะผลิตคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อช่วยในการตัดสินใจจุดคุ้มทุน (Breakeven Analysis) คือจุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน นั่นคือกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง โดยกำหนดให้

C คือ ต้นทุนรวมในการผลิต, F คือ ต้นทุนคงที่, V คือ ต้นทุนแปรผัน, N* คือ จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน, N คือ จำนวนการผลิตที่จุดใด ๆ, v คือ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย, R คือ รายได้, P คือ กำไร, p คือ ราคาขายต่อหน่วย

รายได้ (R) = p N

กำไร (P) = รายได้ (R) – ต้นทุนรวม (C)

กำไร (P) = p N – (F + v N)

N* = F / (p – v)

$$\text{จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย}} \qquad (2)$$

4. ผลการตรวจวัดการใช้พลังงาน

4.1 ผลการทดสอบแรงกด

หลังจากผลิตแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมต่างๆ และได้นำมาทดสอบแรงกดจนได้ผลการทดสอบตามอัตราส่วนต่างๆแสดงในตารางที่

ตารางที่ 1ผลทดสอบแรงกดของถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	แรงกดของถ่าน (MPa)
1	0.8
2	0.57
3	0.54
4	1

จากตารางที่ 1 ความต้านทานแรงกดของถ่านอัดแท่งที่เป็นสูตรผสมกะลามะพร้าวจะมีอนุภาคใหญ่กว่าและแข็งแรงกว่าถ่านที่ได้จากถ่านซังข้าวโพดผสมถ่านไม้เนื้อแข็ง และถ่ายจากซังข้าวโพด แต่จากการทดลองพบว่าทุกอัตราส่วนจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์

4.2 การทดสอบค่าความร้อนของถ่าน

การทดสอบคาความร้อนของถ่านอัดแท่งโดย oxygen bombcalorimeter พบวาคาความร้อนถ่านอัดแท่งจะมีค่าเปลี่ยนไปตามปริมาณของถ่านอัดแท่งเนื่องจากถ่านจากซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านจากไม้เนื้อแข็ง และจากการทดลองทำให้เห็นว่าทุกๆอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่งกำหนดค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g

ตารางที่ 1 ผลทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	พลังงานรวม (cal/g)
1	5,250
2	5,471
3	6,142
4	4,941

4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ข้อมูลที่ใช้ในการการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนประกอบด้วย ราคาเครื่องรีดถ่านอัดแท่ง35,000บาทกำลังการผลิตที่ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคาขายแท่งเชื้อเพลิง 15บาทต่อกิโลกรัม ค่าไฟฟ้าในการในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง 0.09 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนวัตถุดิบ 3.5 บาทต่อกิโลกรัม ชั่วโมงการผลิต 8 ชั่วโมงต่อวัน ค่าแรง 300 บาทต่อวัน ค่าแรงในการผลิต0.25 บาทต่อกิโลกรัม

จากข้อมูลประกอบข้างต้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนโดยอาศัยสมการที่ 2 จะได้ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนที่ 5,682 กิโลกรัม

5. สรุปผลการศึกษา

การทดสอบนั้นสามารถผลิตถ่านอัดแท่งที่สมบูรณ์มาได้ 3 สูตรซึ่งศึกษาถึงผลของสัดส่วนตัวประสานที่มีต่อการผลิตและสมบัติ ทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ จากการทดลองพบว่าอัตราการผลิต และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วน การผสมผงแป้งมันสำปะหลังกับปูนขาว โดยสูตรที่ 3 ค่าความร้อนสูงที่สุดถึง 6,142 cal/g ซึ่งมีค่าความร้อนมากกว่าค่ามาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่งกำหนดค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g จากการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดที่ผลิตออกมาได้พบว่าค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5 – 8 %โดยมวลยอมรับได้ตามมาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 254 – 293 kg/m3ค่าความทนทานต่อแรงกดทั้ง 3 สูตรอยู่ในช่วง 0.54 – 1 MPaซึ่งสูงกว่าค่าที่ ยอมรับได้เชิงพาณิชย์ที่ 0.375 MPaจากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนที่ 5,682 กิโลกรัม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยในเรื่องนี้จนเป็นผลสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] S. R. Richards, 1990, “Physical testing of fuel briquettes”,Fuel Processing Technology,Vol 25,Issue 2 pp.89-100

[2] ทองทิพย์ พูลเกษม. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542.

[3] สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสากรรม (สมอ.) ,2547,“ประกาศมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง”

O-CF09

การวิเคราะห์คุณภาพถ่านด้วยเทคนิคจุลทรรศ์อิเล็กตรอน
The Charcoal Quality by EDX Spectrometer Analysis

วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ [1*] ฐิติชญาน์ สิงห์แก้ว[1] และ ณัฐธิดา สมพงศ์[2]

[1]หน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150
[2]สำนักงานรัฐมนตรี กระทรวงพลังงาน 10900
[*]E-mail : wutthisat.c@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพถ่านด้วยเทคนิคจุลทรรศ์อิเล็กตรอน(SEM: Scanning Electron Microscope) ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณธาตุและเชิงคุณภาพของถ่าน โดยตัวอย่างถ่านที่นำมาวิเคราะห์ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดู-เลนซิส จากเตาเผาถ่าน 3 ประเภทที่มีการใช้งานแพร่หลายทั่วไปคือ เตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร เตาเผาถ่านแบบอิฐก่อ และเตาเผาถ่านอิวาเตะ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ตัวอย่างถ่านจะถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนร่วมกับการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยบอมม์แคลอริมิเตอร์ ผลการศึกษาด้วยเทคนิคจุลทรรศ์อิเล็กตรอนในการวิเคราะห์เชิงปริมาณธาตุพบว่า ถ่านที่ผลิตด้วยเตาเผาถ่านอิวาเตะ มีปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน(C)สูงสุดมีค่า 89.40 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถ่านที่ผลิตจากเตาเผาถ่านอิฐก่อและเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร โดยมีปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน(C) 81.09 และ 76.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณออกซิเจนมีพบมากที่สุดในถ่านจากเตาเผา 200 ลิตรมีปริมาณ 22.93 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียม (Ca)พบมากในถ่านจากเตาอิวาเตะมีปริมาณ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน(N) พบในถ่านจากเตาอิฐก่อมีค่า 6.65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านที่ได้จากเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรและเตาอิวาเตะไม่พบปริมาณไนโตรเจน ปริมาณโพแทสเซียม(K)พบมากในถ่านจากเตาอิฐก่อมีค่า เผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรมีค่าสูงสุด 0.65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับถ่านจากเตาอิวาเตะและเตาอิฐก่อมีค่าเท่ากันคือ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยบอมบ์แคลอริมิเตอร์พบว่า ถ่านจากเตาอิวาเตะมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสูงสุดมีค่า 67.11 กิโลแคลอรีต่อกรัม รองลงมาคือถ่านจากเตาแบบอิฐก่อและเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรมีค่า 62.40 และ 47.57 กิโลแคลอรีต่อกรัมตามลำดับ แสดงให้เห็นค่ามีความสอดคลองระหว่างปริมาณคาร์บอน(C)กับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ถ่านด้วยเทคนิคจุลทรรศ์อิเล็กตรอนจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการวิเคราะห์ถ่านเพื่อเพิ่มมูลค่าของถ่านจากเงื่อนไขขององค์ประกอบของปริมาณธาตุและการผลิตที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: คุณภาพถ่าน, จุลทรรศ์อิเล็กตรอน, EDX

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเปลี่ยนชีวมวลเป็นพลังงานชีวมวลมีอยู่ด้วยกันหลายเทคโนโลยี แต่ละเทคโนโลยีรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์ก็แตกต่างกัน ถ่านถือว่าเป็นภูมิปัญญาตั้งแต่อดีต ซึ่งในอดีตเราไม่ได้คำนึงถึงประสิทธิภาพของถ่านและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด เพียงรู้ว่าถ่านมีค่าความร้อนสูงมากกว่าฟืนเมื่อเทียบกับน้ำหนักหรือปริมาตรที่เท่ากันส่งผลให้ค่าพลังงานที่ต้องได้จากเชื้อเพลิงประเภทนี้มีค่าน้อยและมีกลิ่นของถ่านบางชนิดติดมากับอาหารอีกด้วย ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการผลิตถ่านให้มีประสิทธิภาพสูง ไม่ว่าจะเป็น เตาเผาถ่านที่ใช้ระยะเวลาในการเผาน้อยลง ถ่านอัดแท่งที่ติดไฟง่ายและให้ค่าพลังงานเพิ่มมากขึ้น [1]

ถ่านประกอบได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ โพแทสเซียม โดยธาตุหลักๆ ของถ่านที่ให้ค่าพลังงานสูงคือ คาร์บอน และ ไฮโดรเจน ส่วนธาตุอื่นๆ มีผลทำให้เกิดกลิ่นและปริมาณเถ้า กลิ่นและปริมาณเถ้าที่มากเกิดจากองค์ประกอบของปริมาณ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ โพแทสเซียม ปนอยู่มาก คุณภาพของถ่านเกิดจากปัจจัยหลายด้านตั้งแต่วัตถุดิบ เทคโนโลยีเตาเผาถ่านที่ใช้ อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านและเวลาที่ใช้ในการเผา ถ่านที่ได้จึงมีคุณภาพแตกต่างกันตามเงื่อนไขดังกล่าว การประกันคุณภาพถ่านในปัจจุบันใช้เพียงความรู้สึก การมองดูด้วยตาเปล่าจากการเผาไหม้และควันที่เกิดขึ้น การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของถ่านสามารถทำได้ ด้วยการตรวจสอบองค์ประกอบของถ่านด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Transmission electron microscope: TEM) ผ่านวิธีการ Energy Dispersive Spectroscopy (EDS/EDX)[4] ค่าที่ได้สามารถบ่งชี้ถึงร้อยละองค์ประกอบของธาตุในถ่าน ควบคู่กับการตรวจสอบค่าความร้อนของถ่านโดยใช้ Bomb Calorimeter ซึ่งค่าที่ได้สามารถนำมาใช้ในการประกันคุณภาพของถ่านที่ได้

2. คุณภาพของถ่าน [2-3]

ถ่านไม้จะมีคุณภาพดีมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักๆ 2 ปัจจัย คือ

ชนิดของไม้ที่ใช้ในการผลิตถ่าน โดยทั่วไปไม้เนื้อแข็งจะกลายเป็นถ่านไม้ที่มีคุณภาพดี ส่วนไม้เนื้ออ่อนก็จะมีคุณภาพรองลงมา

กรรมวิธีการผลิต หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตถ่านและอุณหภูมิภายในเตาถ่าน ถ้าใช้เวลาในการเผาถ่านเร็ว คือโหมเร่งไฟหน้าเตามากความร้อนจะเข้าไปในเตาเร็วและมากทำให้ไม้ฟืนในตัวเตาลุกติดไฟและเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ผลผลิตถ่านก็จะได้น้อยและคุณภาพไม่ดี จะมีปริมาณก๊าซจากเนื้อไม้มาก ถ่านจึงไม่แกร่ง แต่ถ้าควบคุมอากาศและไฟหน้าเตาให้ค่อยเป็นค่อยไป ปริมาณก๊าซจากไม้ฟืนในเตาจะน้อยและทำให้ถ่านมีคุณภาพดี

ปัจจุบันถ่านไม้ที่ผลิตได้แบ่งเป็นออกได้ 2 ประเภท คือ

ถ่านดำ (Black of Soft Charcoal) โดยทั่วไปแล้วถ่านสีดำจะนุ่มและมีเปลือกไม้ติดอยู่ ถ่านสีดำติดไฟง่ายและมีพลังงานความร้อนในการเผาผลาญพอที่จะหลอมละลายโลหะและเหล็กได้ ถ่านเกือบทั้งหมดที่มีการผลิตทั่วโลกจะมีความคล้ายคลึงกันกับถ่านนี้ โดยที่อุณหภูมิของเตาเผาอยู่ระหว่าง 500 ถึง 700 องศาเซลเซียส

ถ่านขาว (White of Hard Charcoal) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าถ่านแข็ง การแข็งของถ่านเกิดจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตถ่านจะเปิดปากเตาเพื่อให้อากาศเข้าเตาจำนวนมาก ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงส่งผลต่ออุณหภูมิภายในเตาสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียสหรือกว่านั้น ขณะเดียวกันก็จะนำถ่านที่กำลังลุกไหม้อยู่นั้นออกจากเตาทันทีเพื่อนำมาดับด้วยขี้เถ้าผสมกับเศษดิน และน้ำประมาณ 10-20% มาโรยทับถ่านที่นำออกจากเตา ผงฝุ่นที่ใช้ดับถ่านจะจับตัวที่ผิวของถ่านไม้เห็นเป็นสีเทาหรือขาวเรียกถ่านนี้ว่า ถ่านขาว ผงฝุ่นที่จับอยู่ที่ผิวของถ่านจะเป็นตัวช่วยให้จุดติดไฟได้ง่าย โดยปกติแล้วถ่านขาวจะจุดติดไฟยาก แต่เมื่อติดแล้วจะอยู่ได้นาน และระหว่างการติดไฟถ้ามีการโหมไฟช่วยอาจทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้สูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส เมื่อหยุดการโหมไฟจะลดลงอยู่ที่ประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส เนื้อของถ่านขาวจะแกร่ง โดยทุกส่วนของถ่านจะผ่านขั้นตอนกลายเป็นถ่านเท่าๆ กันอย่างสม่ำเสมอเมื่อทดลองหักถ่านดู จะเห็นผิวหน้าที่เรียบและแข็ง ถ้านำถ่านนี้ไปเคาะดูจะได้ยินเสียงกังวานเหมือนโลหะ

คุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้ เนื่องจากถ่านไม้คือผลผลิตที่ได้หลังจากไม้ถูกสลายตัวด้วยความร้อน และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิด และกระบวนการผลิตถ่าน ถ่านไม้ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon)	ไม่น้อยกว่า	75	%
มีสารระเหยได้ (Volatile)	ไม่เกิน	25	%
มีขี้เถ้า(Ash)	ไม่เกิน	4	%
มีถ่านป่น(Fine)	ไม่เกิน	10	%
มีความชื้น (Moisture)	ไม่เกิน	10	%
มีค่าความร้อน (Heating Value)	ไม่เกิน	7,000	กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
มีค่าความแข็ง (Hardness)	ไม่น้อยกว่าระดับ	5	%
ต้องมีความพรุน (Porosity)	มีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 200 ตารางเมตร/กรัม		
มีความต้านทานไฟฟ้า	ต่ำ		
มีความเป็นด่างสูง pH	ประมาณ	8 - 9	



เตา 200 ลิตร

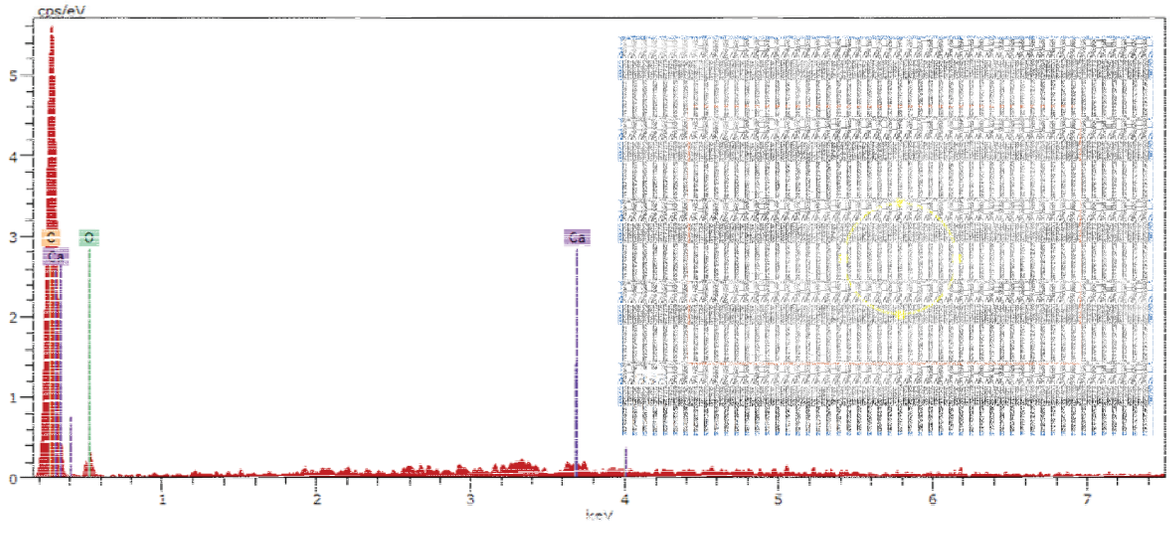


เตาอิฐก่อ

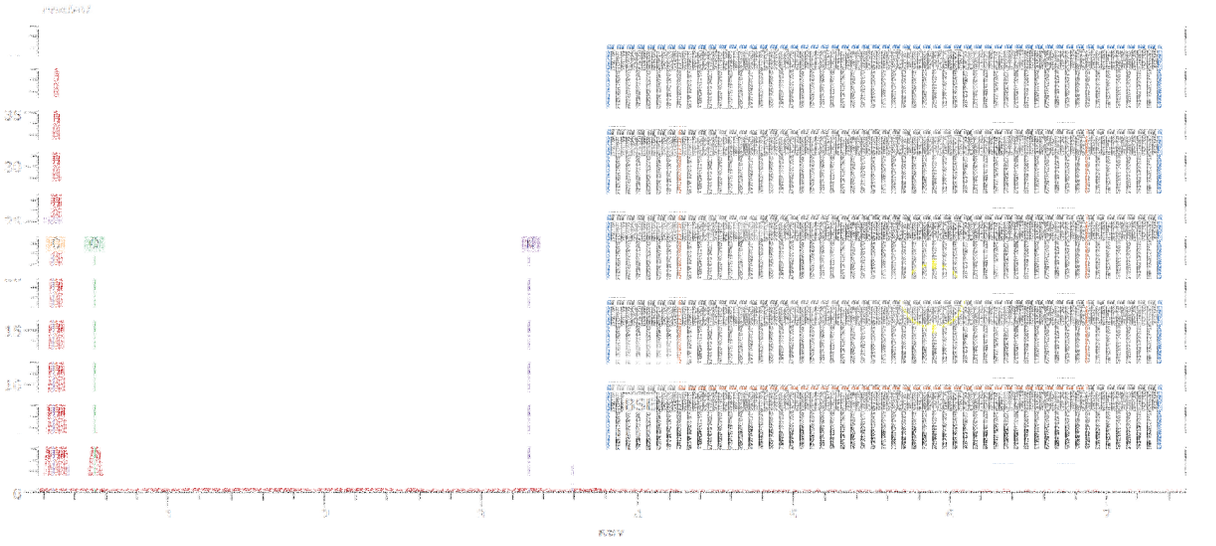


เตาอิวาเตะ

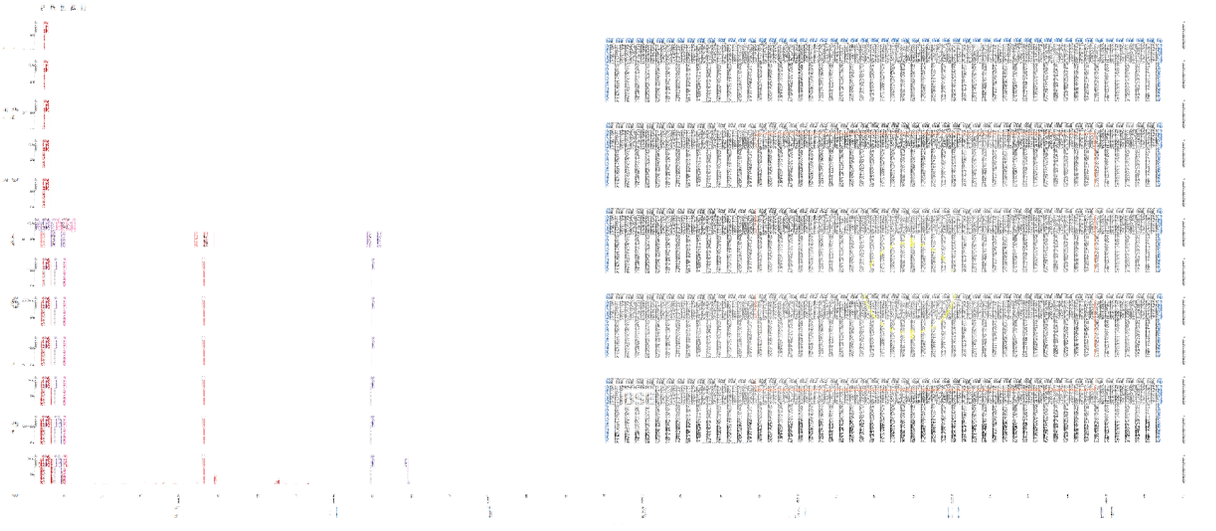
รูปที่ 1 เตาเผาถ่านประเภทต่างๆ



รูปที่ 2 ภาพถ่ายถ่านจากเตา 200 ลิตร



รูปที่ 3 ภาพถ่ายถ่านจากเตาอิฐก่อ



รูปที่ 4 ภาพถ่ายถ่านจากเตาอิวาเตะ

4. วิธีการศึกษา

การศึกษาคุณภาพถ่านจากกระบวนการผลิตถ่านด้วยเตา 3 ประเภท ประกอบด้วย เตา 200 ลิตร เตาอิฐก่อ และเตาอิวาเตะ จำนวนถ่านที่นำมาทดสอบได้จากวิธีการสุ่มตัวอย่างถ่านจากเตาเผาถ่านละ 3 ตัวอย่าง นำมาวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุและองค์ประกอบโครงสร้างจุลภาคของถ่านด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอน โดยใช้เทคนิคการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (Energy dispersive analysis of x-rays, EDX) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-6460 LV ผลิตโดยบริษัท JEOL Lid, Tokyo, Japan ควบคู่กับการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ตารางที่ 1 ร้อยละองค์ประกอบของธาตุและค่าความร้อนของถ่าน

ชนิดเตาเผาถ่าน	เตา 200 ลิตร	เตาอิฐก่อ	เตาอิวาเตะ
องค์ประกอบของธาตุ	เปอร์เซ็นต์		
คาร์บอน (Carbon; C)	74.22-76.88	80.16-81.09	86.19-89.40
ออกซิเจน (Oxygen; O)	21.65-22.93	13.15-19.70	6.97-10.32
แคลเซียม (Calcium; Ca)	0.00-3.47	0.00-0.14	0.00-0.28
ไนโตรเจน (Nitrogen; N)	-	0.00-5.48	0.00-6.56

ตารางที่ 1 ร้อยละองค์ประกอบของธาตุและค่าความร้อนของถ่าน (ต่อ)

ชนิดเตาเผาถ่าน	เตา 200 ลิตร	เตาอิฐก่อ	เตาอิวาเตะ
องค์ประกอบของธาตุ	เปอร์เซ็นต์		
โพแทสเซียม (Potassium; K)	0.19-0.65	0.00-0.28	0.00-0.28
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	กิโลแคลอรีต่อกรัม		
	46.02-49.13	60.38-64.41	63.09-70.53

5. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาร้อยละองค์ประกอบของธาตุและค่าความร้อนของถ่านเป็นดังตารางที่ 1 พบว่าถ่านที่ผลิตด้วยเตาเผาถ่านอิวาเตะ มีปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน(C)สูงสุดมีค่า 89.40 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถ่านที่ผลิตจากเตาเผาถ่านอิฐก่อและเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร โดยมีปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน(C) 81.09 และ 76.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณแคลเซียม(Ca)พบมากในถ่านจากเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรมีค่าสูงสุด 3.47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถ่านจากเตาอิวาเตะและเตาถ่านอิฐก่อมีค่า 0.28 และ 0.14 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจน(N)พบในถ่านจากเตาเผาถ่านอิวาเตะและเตาอิฐก่อมีค่า 6.65 และ 5.48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนถ่านที่ได้จากเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรไม่พบปริมาณไนโตรเจน ปริมาณโพแทสเซียม(K)พบมากในถ่านจากเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรมีค่าสูงสุด 0.65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับถ่านจากเตาอิวาเตะและเตาอิฐก่อมีค่าเท่ากันคือ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยบอมบ์แคลอริมิเตอร์พบว่า ถ่านจากเตาอิวาเตะมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสูงสุดมีค่า 70.53 กิโลแคลอรีต่อกรัม รองลงมาคือถ่านจากเตาแบบอิฐก่อและเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตรมีค่า 64.41 และ 49.13 กิโลแคลอรีต่อกรัมตามลำดับ

6. สรุป

การวิเคราะห์คุณภาพถ่านด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนโดยใช้เทคนิคการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ พบว่าถ่านจากเตาเผาถ่านอิวาเตะมีปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน(C)สูงสุด รองลงมาคือถ่านที่ผลิตจากเตาเผาถ่านอิฐก่อและเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคลองระหว่างปริมาณคาร์บอน(C)ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ถ่านด้วยเทคนิคจุลทรรศ์อิเล็กตรอนจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการวิเคราะห์ถ่านเพื่อเพิ่มมูลค่าของถ่านจากเงื่อนไขขององค์ประกอบของปริมาณธาตุและการผลิตที่แตกต่างกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ประกอบการถ่านจังหวัดมหาสารคามที่มอบถ่านไม้ตัวอย่างในการทดสอบ ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. คู่มือการผลิตถ่านคุณภาพและน้ำส้มควันไม้เพื่อใช้ในครัวเรือน. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปกรม. มหาวิทยาลัยศิลากร. พ.ศ. 2551.

[2] วินัย ปัญญาธัญญะ. เทคโนโลยีการผลิตถ่านสำหรับชนบท. สำนักงานวิชาการ กรมป่าไม้, กรุงเทพ, พ.ศ. 2541.

[3] นิยม จันทร์เทพา. คู่มือการก่อสร้างเตาผลิตถ่านและวิธีการผลิตถ่านตามแบบของกองวิจัยผลิตผลป่าไม้. กรมป่าไม้ ศูนย์ฝึกอบรมพลังงาน กองเศรษฐกิจการพลังงาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ. กรุงเทพ. พ.ศ. 25457.

[4] Graham L. Scanning Electron Microanlysis. John Wiely & Sons Ine., New York., 1987: 1-103.

O-CF10

การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน
Development of thermal efficiency of the 200 Liters Charcoal Kiln by using insulate enveloped

ปองพล รักการงาน[1*], กังสดาล สกุลพงษ์มาลี[1], จุติพร อินทะนิน[1] และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี[1]

[1] สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000
E-mail: ballkmutt8@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาเผาถ่านชีวมวล ขนาด 200 ลิตร ที่ใช้สำหรับผลิตถ่านชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยใช้หลักการให้ความร้อนไปไล่ความชื้นในเนื้อวัสดุ ทำให้วัสดุกลายเป็นถ่าน เรียกว่า กระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) ซึ่งปัญหาของกระบวนการเผาถ่านโดยเตาชีวมวล 200 ลิตร คือ ใช้เวลาเผาเป็นเวลานานและมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเผาเนื่องจากการสูญเสียความร้อนในการเผาถ่านทางผนังของเตาในแต่ละด้าน งานวิจัยนี้จึงได้นำฉนวนกันความร้อนหุ้มบริเวณผนังของเตา โดยทดลองเปรียบเทียบเตาเผาถ่านชีวมวล ขนาด 200 ลิตร แบบติดตั้งฉนวนกันความร้อน และแบบไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน จากการศึกษาโดยทดลองจากการให้ความร้อนจากถ่านชีวมวลที่ทำจากไม้สะแก ในปริมาณ 5 กิโลกรัม ซึ่งจากการศึกษาอุณหภูมิบริเวณผนังด้านนอกของเตาเผา 200 ลิตร พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดที่ 240 องศาเซลเซียส ซึ่งในส่วนของเตาเผาถ่านชีวมวลที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ มีอุณหภูมิบริเวณผนังด้านนอกอยู่ที่ 750 องศาเซลเซียส โดยลดการสูญเสียความร้อนจากเตาเผาชีวมวล ทำให้เตาลดการสูญเสียความร้อนและลดระยะเวลาในการเผาของเตาชีวมวลได้ อีกทั้งยังเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นทำให้กำจัดน้ำมันดิบ ออกจากเนื้อไม้ได้มากขึ้นและส่งผลให้ถ่านที่ได้จากการเผาของเตาชีวมวลมีความบริสุทธิ์มากขึ้นอีกด้วย

คำสำคัญ: เตาเผาถ่าน 200 ลิตร, ประสิทธิภาพทางความร้อน, ฉนวนกันความร้อน, เซรามิกซ์ไฟเบอร์

1. บทนำ

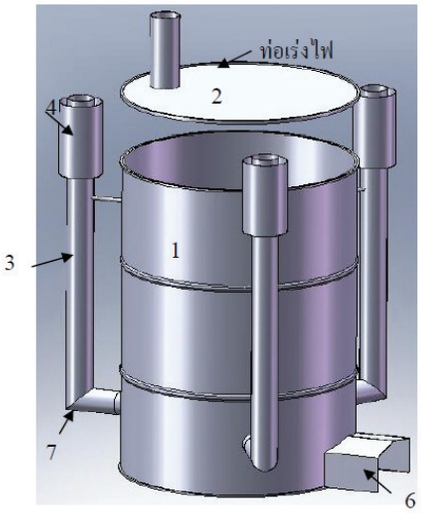
พลังงานเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในโลกปัจจุบันและทวีความสำคัญขึ้นเมื่อโลกมีการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น มนุษย์จึงนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ทำให้เกิดความต้องการทางด้านพลังงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งพลังงานที่นำมาใช้เส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากฟอสซิล ซึ่งมีจำนวนลดลงทุกวัน และเป็นพลังงานที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโลก และในปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานชีวมวลกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด หาง่าย และเป็นภูมิปัญญาของมนุษย์มาตั้งแต่อดีต โดยเฉพาะการผลิตถ่านจากการเผาไม้ด้วยเตาเผาแบบต่าง ๆ พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทางเลือกที่สามารถนำมาทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลได้ ซึ่งได้มีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลาย โดยพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ รวมไปถึงกากของเสียอื่นๆ เช่น เศษไม้ ใบไม้ มูลสัตว์ และขยะชุมชนของเสียจากการแปรรูปทางการเกษตร

จากการศึกษาเตาเผาถ่านชุมชนส่วนใหญ่จะมีปัญหาเรื่องการเผาถ่านต้องใช้เวลานานและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อีกทั้งค่าประสิทธิภาพทางความร้อนยังมีค่าต่ำ เนื่องจากมีการสูญเสียความร้อนจากเตาเผาสู่ภายนอกเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงมีแนวความคิดการศึกษาชนิดของฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียความร้อนของเตาเผาถ่าน ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเตาเผาชีวมวล จากโครงการของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ได้จัดทำโครงการพลังงานเพื่อชุมชนสนองพระราชดาริ เศรษฐกิจพอเพียง ขึ้นในปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับชุมชน และมีหลายชุมชนเลือกนามาใช้เป็นโครงการนำร่องด้านพลังงานเพื่อใช้ในชุมชนของตนเอง พบว่ามีเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับชุมชน และมีหลายชุมชนเลือกนามาใช้เป็นโครงการนำร่องด้านพลังงานเพื่อใช้ในชุมชนของตนเอง นั่นคือ เทคโนโลยีการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ใกล้กับชีวิตของประชาชน จึงมีชุมชนที่เข้าร่วมการจัดทำแผนพลังงานเลือกนำไปใช้ โดยที่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตร เป็นการนำเอาถังเหล็ก ขนาดความจุ 200 ลิตร มาตัด เจาะตัวถัง และประกอบเข้ากับท่อใยหิน แล้วใช้ดินกลบหลังเตาเพื่อให้เป็นฉนวนในการป้องกันความร้อนหลุดออกไปจากเตา การเผาจะเป็นการจุดไฟที่หน้าเตา และอบให้ไม้มีความร้อนสะสม และติดไฟเอง โดยที่ไม้ไม่ได้ถูกเผาด้วยไฟโดยตรง จึงทาให้คุณสมบัติของถ่านที่ได้มีความร้อนสูงกว่าการใช้เตาเผาถ่านแบบฝังกลบทั่วไป อีกทั้งปริมาณถ่านที่ได้จากการเปลี่ยนไม้เป็นถ่าน มีอัตราส่วนสูงกว่าด้วย จึงทำให้ได้ถ่านในปริมาณที่มากขึ้น เนื่องจากใช้หลักการความร้อนเข้าไปเผาไม้ให้ไหม้เท่านั้น โดยไม้ไม่ได้ถูกกับเปลวไฟโดยตรง ทำให้มีโอกาสการกลายเป็นเถ้าต่ำ จึงได้ปริมาณถ่านมาก อีกทั้งการเผาถ่านด้วยวิธีนี้ พบว่า สามารถไล่น้ำมันดิน ที่มีสารทาซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ที่มีอยู่ในเนื้อไม้ ให้ออกไปได้ โดยใช้ความร้อนพาออกไป จึงทำให้ถ่านที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผา 200 ลิตร นี้ ไม่มีสารก่อมะเร็งเป็นถ่านบริสุทธิ์ เมื่อนาไปใช้ก็มีความปลอดภัยมากขึ้น อีกทั้งถ่านที่ได้จะมีความแกร่ง ให้ความร้อนได้สูง อยู่ได้นานกว่า ไม่แตก เมื่อจุดไฟ ถ่านที่ได้จึงเรียกอีกชื่อว่าเป็นถ่านประสิทธิภาพสูง อีกทั้งวิธีการเผาถ่านนี้ไม่ต้องใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง และไม่ต้องใช้น้ำในการดับไฟ ทำให้เป็นการประหยัดชีวมวลและพลังงานน้ำ ซึ่งปัญหาของการเผาชีวมวลของเตา 200 ลิตร ด้านการใช้เวลาค่อนข้างนานในการเผาเนื่องมาจาก การสูญเสียความร้อนของผนังเตา ซึ่งการนำฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ ที่สามารถทนความร้อนสูงติดตั้งบริเวณผนังของเตาชั้นใน เพื่อลดการสูญเสียความร้อนของเตา 200 ลิตร

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. เตาเผาถ่าน 200 ลิตร การเผาถ่านในอดีต จะทำโดยวิธีการที่เรียกว่าเตาหลุมผีหรือเตาแกลบ โดยจะขุดดินให้เป็นหลุมลึกประมาณ 30 เซนติเมตร จากนั้นก็เอาไม้ไปกองไว้อย่างเป็นระเบียบแล้วก็เอาดิน ฟางข้าวใบไม้ หรือแกลบ คลุมกลบแล้วเผาวัสดุเหล่านี้ ทางด้านบน จากนั้นก็ใช้น้ำดับ ถ่าน ไม้ที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำ ได้ปริมาณถ่านน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไม้ที่ใช้ และที่สำคัญคือเตาประเภทนี้ ไม่สามารถเผากิ่งไม้ขนาดเล็กได้ เตาเผาถ่าน 200 ลิตร เป็นเตาที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาเผาแบบอดีต เตาประเภทนี้ อาศัยความร้อนไล่ความชื้นใน เนื้อไม้ที่มีอยู่ในเตา ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน หรือเรียกว่า กระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น นอกจากนี้ โครงสร้างลักษณะปิดทำให้สามารถควบคุมอากาศได้ จึงไม่มีการลุกติดไฟของ

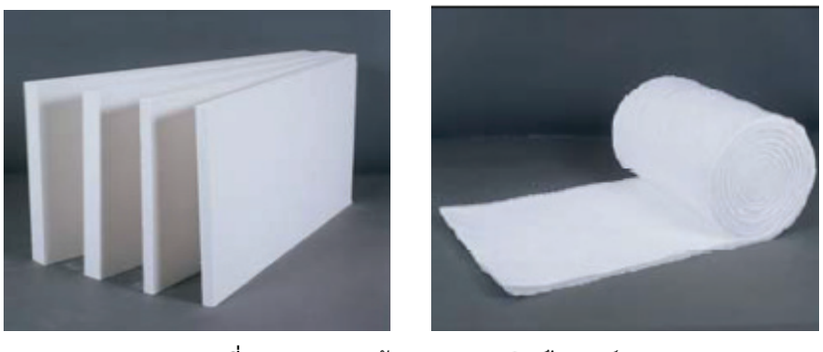
เนื้อไม้ ผลผลิตที่ได้จึงเป็นถ่านที่มีคุณภาพ ขี้เถ้าน้อยและผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านอีกอย่างหนึ่งคือน้ำส้มควันไม้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรได้ เตาเผาถ่าน 200 ลิตร [1] มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาแบบดั้งเดิม เตาประเภทนี้อาศัยความร้อนไล่ความชื้นในเนื้อไม้ที่อยู่ในเตา ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน เรียกว่า กระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) โครงสร้างเป็นระบบปิด สามารถควบคุมอากาศได้ จึงไม่มีการลุกติดไฟของเนื้อไม้ ดังนั้นถ่านที่ได้จึงมีคุณภาพสูง เกิดขี้เถ้าน้อย และผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านอีกอย่างหนึ่งคือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar)



รูปที่ 1 ลักษณะของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร [1]

จากรูปที่ 1 เตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบแนวตั้งมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้คือ 1.ตัวเตาผลิตจากถังขนาด 200 ลิตร, 2.ฝาเตา, 3.ท่อเร่งไฟ, 4.ท่อควัน , 5.ส่วนควบแน่นน้ำส้มควันไม้, 6. ช่องเชื้อเพลิง, 7.รูเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยข้อดีของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร คือในด้านวัตถุดิบ สามารถหาไม้มาทำเชื้อเพลิงได้ง่าย และใช้ไม้ต่างชนิดกันได้ และใช้เชื้อเพลิงน้อย ประมาณ 4 กิโลกรัมต่อการเผา 1 ครั้ง ในด้านการผลิตใช้เวลาในการเผาสั้นประมาณ 16 ชั่วโมง หรือน้อยกว่านั้นหากไม่ต้องการเก็บน้ำส้มควันไม้ สามารถควบคุมอากาศในการเผาไหม้ได้ และยังเกิดขี้เถ้าน้อย ประมาณ 0.1 กิโลกรัมต่อครั้ง (กรณีเผาไหม้แบบสมบูรณ์) และด้านการผลิตคือได้ถ่านคุณภาพสูง ประมาณร้อยละ 20-23 โดยน้ำหนักของปริมาณไม้ที่นำมาเผา และได้น้ำส้มควันไม้ประมาณ 0.5-1 ลิตรต่อครั้ง โดยขึ้นอยู่กับความชื้นและชนิดของไม้ อีกทั้งยังใช้เงินลงทุนน้อยอีกด้วย

2.2. ฉนวนความร้อน ฉนวนความร้อนแบบ เซรามิกซ์ไฟเบอร์ เป็นฉนวนที่มีความแข็งแรงทนทาน ยืดหยุ่นสูง ทำจากเส้นใยเซรามิคที่มีขนาดยาวนำมาถักเข้าด้วยกัน เซรามิกซ์ไฟเบอร์มีประสิทธิภาพความเป็นฉนวนดีเยี่ยม และมีค่าการนำความร้อนต่ำ คืออยู่ที่ 0.179 วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิล และมีความหนาแน่นต่ำ [6] อีกทั้งยังป้องกันการเกิด Thermal shock

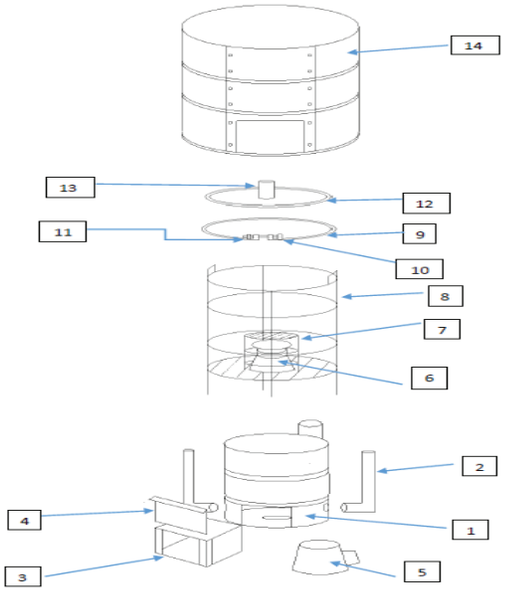


รูปที่ 2. ฉนวนความร้อนแบบ เซรามิกซ์ไฟเบอร์

เซรามิกซ์ไฟเบอร์ ทนต่อการกัดกร่อนทุกชนิด ยกเว้น กรดโฟสฟอริค (Phosphoric acids) กรดไฮโดรฟลูออริค (Hydrofluoric acids) และสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง นอกจากนี้ยังป้องกันการเกิด oxidation และ reduction และสามารถกันไฟได้เป็นอย่างดี เซรามิกซ์ไฟเบอร์ เหมาะกับงานอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูง เช่น งานเตาหลอม, เตาอบ เป็นต้น เซรามิคชนิดม้วนคุณภาพสูง ผลิตด้วยกรรมวิธีอันทันสมัย สามารถใช้ งานได้ อุณหภูมิ 1000 - 1400 องศาเซลเซียส สามารถใช้งานได้ทนนาน เนื่องจากเนื้อเซรามิคมีด้ายเซรามิค ป้องกันการหลุดร่วงของเส้นใย เมื่อใช้งาน เป็นเวลานาน เซรามิกซ์ไฟเบอร์ เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นฉนวน หุ้มผนังของเตา ทำให้เกิดการสะสมความร้อนของผนังเตาน้อยลง อีกทั้งยังมีความทนทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และสามารถคืนสภาพเชิงกลได้ดี

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1. การสร้างเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบแนวตั้ง จากการศึกษาถึงปัญหาในการเผาเชื้อเพลิงชีวมวลของเตาเผา 200 ลิตร แบบแนวตั้ง ซึ่งปัญหาในการใช้เวลาในการเผาที่ค่อนข้างนาน อันเกิดจากสาเหตุการสูญเสียความร้อนของเตาเผา ในงานวิจัยการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาเผาถ่านชีวมวล ขนาด 200 ลิตร นี้ จึงได้ทำการพัฒนาในส่วนของห้องเผาไหม้เพื่อลดการสูญเสียความร้อนโดยการติดตั้งฉนวน [2] โดยในการสร้างเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ต้องเลือกสถานที่ในการสร้างเตา โดยควรเป็นที่ดอนและโล่งควรอยู่ห่างจากบ้านเรือนอย่างน้อย 50 เมตร เพื่อป้องกันควันที่เกิดจากการเผารบกวนการดำเนินชีวิต จะมีหลังคาคลุมก็ได้อายุงานจะนานขึ้น อยู่ใกล้แหล่งไม้ฟืนหรือวัตถุดิบ ที่สำคัญคือต้องปล่อยควันออกสู่ที่โล่งได้สะดวก บริเวณรอบๆ ควรมีต้นไม้เยอะๆ เพื่อดูซับควัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเตาเผาชีวมวลขนาด 200 ลิตร คือมีผนังสองชั้นโดยที่ผนังชั้นในทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนประเภทเซรามิกซ์ไฟเบอร์ ตามส่วนประกอบในภาพที่ 3



หมายเลข	ส่วนประกอบ
1	ห้องเผาไหม้
2.	ท่อปล่อยควัน
3.	กล่องเติมเชื้อไฟ
4.	ฝาปิดกล่องเติมเชื้อไฟ
5.	กรวยเลี้ยงไฟด้านล่าง
6.	กรวยเลี้ยงไฟไส้กลาง
7.	กรงเหล็กชั้นใน
8.	กรงเหล็กวางวัสดุที่จะเผา
9.	ที่รัดถัง
10	Nut M.16
11.	Bolt M.16
12.	ฝาถัง
13.	ปล่องเร่งไฟ
14.	ถังนอก

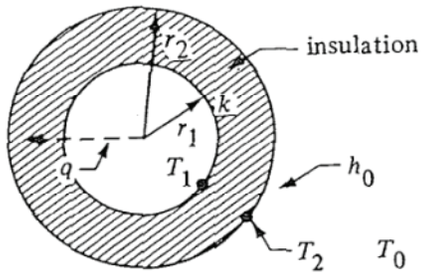
รูปที่ 3 ส่วนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร

3.2. การติดตั้งฉนวนเพื่อลการสูญเสียความร้อน ในการศึกษาวิจัยการการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อนแบบเซรามิกซ์ไฟเบอร โดยการติดตั้งฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ จะทำการหุ้มบริเวณผิวด้านนอกของห้องเผาไหม้ (หมายเลข 1) โดยที่ฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ มีความหนา 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4 การติดตั้งฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์รอบเตาเผาถ่าน 200 ลิตร

การพิจารณาทรงกระบอก (ตันหรือกลวง) ที่ทาจากวัสดุความต้านทานต่ำที่มีฉนวนหุ้ม และฉนวนนั้นถูกล้อมรอบด้วยของไหล รัศมีภายในท่อ r_1 อุณหภูมิ T_1 หุ้มด้วยฉนวนมีค่า thermal conductivity (k) รัศมีภายนอก r_2 อุณหภูมิผิวด้านนอกของฉนวนที่หุ้มท่อมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ T_2 และมีการพาความร้อนออกสู่บรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 5

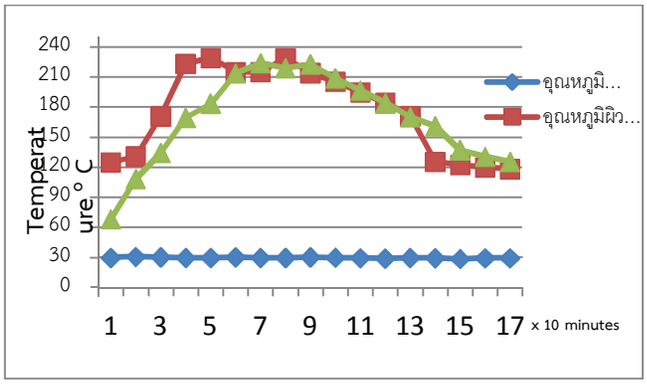


รูปที่ 5 ความหนาวิกฤติของฉนวนบุท่อ [5]

3.3. ขั้นตอนการทดลอง ในขั้นตอนการทดลองจะใช้เตาเผาชีวมวลขนาด 200 ลิตรที่สร้างขึ้น 2 เตา [3] โดยที่เตาแรกเป็นแบบปกติ ส่วนเตาที่สอง ทำการหุ้มฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ ที่บริเวณห้องเผาไหม้ ในหมายเลขที่ 1 ของรูปที่ 3 ซึ่งในงานวิจัยจะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน ซึ่งสร้างภาระความร้อนให้กับเตาเผาโดยการใช้ความร้อนจากถ่านที่ทำจากไม้สะแก ที่มีค่าความร้อน 7,412 แคลอรี่ต่อกรัม [7] ในปริมาณ 5 กิโลกรัม โดยทำการทดลองจากเตาแรกเป็นแบบปกติ ส่วนเตาที่สอง ทำการหุ้มฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ ที่บริเวณห้องเผาไหม้

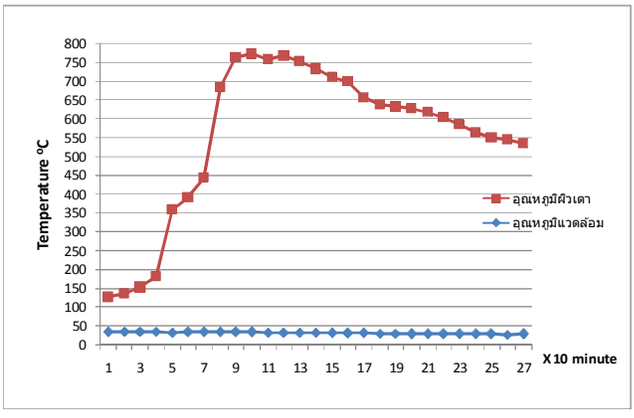
4. ผลการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อนแบบเซรามิกซ์ไฟเบอร์ โดยการทดลองจะใช้เตาเผาชีวมวลขนาด 200 ลิตรที่สร้างขึ้น 2 เตา โดยที่เตาแรกเป็นแบบปกติ ส่วนเตาที่สอง ทำการหุ้มฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ ที่บริเวณห้องเผาไหม้



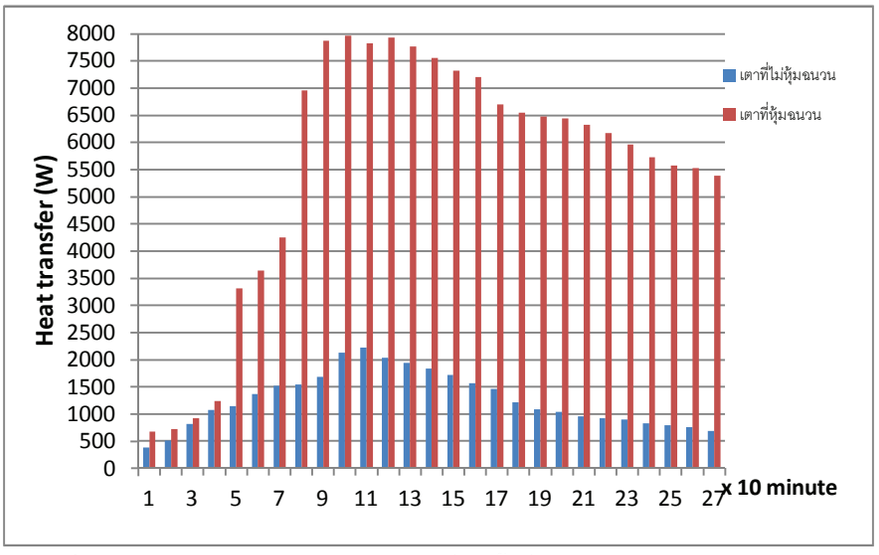
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวเตาต่อเวลา ที่ให้ความร้อนเตาเผา 200 ลิตร

จากรูปที่ 6 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่บริเวณผิวเตาด้านข้าง ผิวเตาด้านบน และอุณหภูมิแวดล้อม ต่อเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่เตา 200 ลิตร โดยที่อุณหภูมิแวดล้อมขณะที่ทำการทดลองอยู่ที่ ประมาณ 30 องศาเซลเซียส โดยเมื่อเริ่มให้ความร้อนแก่เตาในช่วงแรก อุณหภูมิบริเวณผนังเตาทั้งด้านข้างและด้านบนจะเริ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิผนังเตาด้านข้างจะมีอุณหภูมิสูงกว่าผนังด้านบน ซึ่งจากการเพิ่มอุณหภูมิโดยการให้ความร้อนภายในเตาเผา 200 ลิตร พบว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 230 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นอุณหภูมิภายในเตาจะเข้าสู่สภาวะคงที่และลดลงตามลำดับ ซึ่งจากการข้อมูลของอุณหภูมิที่บริเวณผิวเตาด้านข้าง ผิวเตาด้านบน ของเตาเผาชีวมวล 200 ลิตร จะเห็นได้ว่าเกิดปัญหาการสูญเสียความร้อนบริเวณของผนังทุกด้านของเตา จึงทำให้อุณหภูมิของเตาลดลง



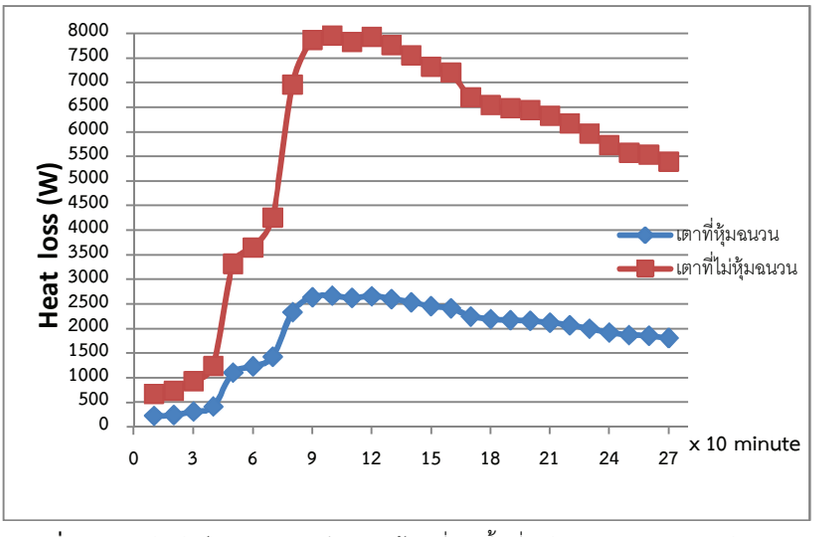
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวเตาต่อเวลา ที่ให้ความร้อนเตาเผา 200 ลิตรที่หุ้มฉนวน

จากรูปที่ 7 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่บริเวณผิวด้านนอกและอุณหภูมิแวดล้อม ต่อเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่เตา 200 ลิตร ที่หุ้มฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ โดยทำการทดลองเงื่อนไขเดียวกับเตา 200 ลิตรที่ไม่หุ้มฉนวน ซึ่งจากการทดลองพบว่าเมื่อทำการหุ้มฉนวนบริเวณห้องเผาไหม้ของเตาเผาชีวมวลขนาด 200 ลิตร ทำให้อุณหภูมิที่ผิวเตาด้านนอกสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเริ่มให้ความร้อน โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 750 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังทำให้เตาเผาชีวมวลสามารถรักษาอุณหภูมิที่ประมาณ 500 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลาค่อนข้างนานอีกด้วย



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผนังเตาเผา 200 ลิตร ต่อเวลา

รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผนังเตาเผา 200 ลิตร ที่หุ้มฉนวนและไม่หุ้มฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ เมื่อทำการหุ้มฉนวนบริเวณห้องเผาไหม้ของเตาเผาชีวมวลขนาด 200 ลิตร ทำให้อุณหภูมิที่ผิวเตาด้านนอกสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเริ่มให้ความร้อนและมีอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นบริเวณผนังทุกๆของเตาสูงสุด ประมาณ 7.5 กิโลวัตต์ ซึ่งมีความแตกต่างจากเตาที่ไม่ได้หุ้มฉนวนกันความร้อน ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนมาก โดยความร้อนที่ผนังของเตา 200 ลิตร ที่ไม่หุ้มฉนวนกันความร้อน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผนังเตาเผา 200 ลิตร ต่อเวลา

จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผนังเตาเผา 200 ลิตร ทั้งแบบที่หุ้มฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ และแบบที่ไม่หุ้ม ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อติดตั้งฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์บริเวณผนังชั้นนอกของห้องเผาไหม้เตาเผา 200 ลิตร พบว่า ความร้อนที่สูญเสียออกจากบริเวณผนังห้องเผาไหม้เกิดสูงสุดประมาณ 2600 วัตต์ ซึ่งน้อยกว่าห้องเผาไหม้ของเตา 200 ลิตร ที่ไม่ได้หุ้มฉนวนค่อนข้างมาก และยังสามารถรักษาอุณหภูมิภายในเตาเผา 200 ลิตร ได้มาก

5. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อนแบบเซรามิกซ์ไฟเบอร์ ที่บริเวณผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้ พบว่าความร้อนจากการเผาเชื้อเพลิงชีวมวลที่เผาโดยเตาเผาขนาด 200 ลิตร นั้นสูญเสียความร้อนออกบริเวณผนังทุกด้านของห้องเผาไหม้ของเตาในเป็นปริมาณความร้อนที่มากสูงสุด ประมาณ 8,000 วัตต์ ซึ่งส่งผลให้ใช้เวลามากในการเผาชีวมวล ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา และเมื่อติดตั้งฉนวนเซรามิกซ์ไฟเบอร์ที่บริเวณผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้ ทำให้เตาลดการสูญเสียความร้อนและลดระยะเวลา ตลอดจนลดการใช้พลังงาน ในการเผาของเตาชีวมวลได้ อีกทั้งยังเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นทำให้กำจัดน้ำมันดิบ ออกจากเนื้อไม้ได้มากขึ้นและส่งผลให้ถ่านที่ได้จากการเผาของเตาชีวมวลมีความบริสุทธิ์มากขึ้นอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินงานศึกษาวิจัยในครั้ง

7. บรรณานุกรม

[1] ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2548, คู่มือการการใช้งานเตาเผาถ่านถัง 200 ลิตร (แบบตั้ง), ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[2] บรรยเวกษก์ สงฤทธิ์, 2551, การศึกษาการลดการสูญเสียพลังงานจากการสะสมความร้อนในผนังเตาเผาเหล็ก โดยใช้เซรามิกไฟเบอร์, วิทยานิพนธ์ (วศ.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สุทธิพร เนียมหอม, นิติรงค์ พงษ์พานิช, และเอนก สุขเจริญ, 2555, "การพัฒนาประสิทธิภาพของเตาชีวมวลโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ," การประชุมวิชาการแห่ง ชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9, 1750-1757.

[4] สุพิน จอดนอก, กุลเชษฐ์ เพียรทอง และจริง ตินเชิดชู, 2554. คุณลักษณะการเผาไหม้และสมรรถนะของเตาชีวมวลทรงกระบอก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 หน้า 52-61.

[5] Frank P. Incropera,David P. DeWitt, “Introduction to Heat Transfer” Third Edition ,John Wiley & Sons,1996

[6] ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนอี หน้า 5-25.

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550. ค่าความร้อนของฟืนและถ่านไม้. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนอี หน้า 5-25.

O-CF11

การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด EFI ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ E10, E20 และ E85 เป็นเชื้อเพลิง
Performance Test of EFI Engine Run on E10, E20 and E85 Fuel

ประพนธ์ ชูประเสริฐ* และ บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว

ห้องปฏิบัติการการเผาไหม้และพลังงานแสงอาทิตย์ (CASE Lab.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
E-mail: praphon@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์เบนซินจุดระเบิดด้วยประกายไฟ เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สโซฮอล์ 91(E10) เปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิง E20 และ E85 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นเครื่องยนต์เบนซินระบบหัวฉีด EFI4 สูบ ยี่ห้อ Nissan รุ่น QG 15 DE ขนาด 1,497 ซีซี อัตราส่วนการอัด 9.9:1 การทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้ Hydraulic Dynamo meter test เป็นเครื่องวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการทดสอบพบว่า ที่รอบเครื่องยนต์เท่ากับ 4500 rpm น้ำมัน E10 ให้ แรงบิดสูงสุดและ กำลังเบรคสูงที่สุด เท่ากับ 65.8 N.m และ 31.01 kW ซึ่งสูงกว่า E20 และ E85 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วมีค่าสูงกว่าเท่ากับ 7.5% และ 10.6% ตามลำดับ น้ำมันE10 มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคต่ำที่สุดเท่ากับ 0.214 kg/kWh ซึ่งต่ำกว่า E20 และ E85 เท่ากับ 10.9% และ 38.1% ตามลำดับ น้ำมัน E85 ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 41.8% ซึ่งสูงกว่า E20 และ E10 เท่ากับ 8.7% และ 2.9% ตามลำดับ

คำสำคัญ : สมรรถนะเครื่องยนต์ เชื้อเพลิง E85

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลักจากข้อมูลในปี 2554 มาพบว่ากว่า 60 %ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นมาจากการนำเข้าโดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึง 80 % ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศและยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งานการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น[1]

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของรถยนต์ขนาด 1500 cc ซึ่งได้มีใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน และในปัจจุบันได้มีการสนใจในการใช้พลังงานทางเลือกมากขึ้น แต่ยังไม่ได้ทำการทดลองกันอย่างแพร่หลายนัก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การหาสมรรถนะเครื่องยนต์ [2,3]

2.1.1 แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque)

แรงบิดของเครื่องยนต์คือแรงหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงภายในเครื่องยนต์ ซึ่งจะส่งกำลังของเครื่องยนต์ไปขับเกียร์ เพลาและล้อให้รถเคลื่อนที่ไปได้ ซึ่งในเครื่องยนต์แต่ละรุ่นจะมีการออกแบบให้แรงบิดสูงสุดไม่เท่ากัน และในอัตราความเร็วรอบที่แตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน

$$T = FR \qquad (1)$$

เมื่อ T = แรงบิด (N.m)
F = แรงตามแนวเส้นสัมผัส (N)
R = แขนของแรง (m)

2.1.2 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake power)

กำลังเบรกคือค่าที่บอกกำลังของเครื่องยนต์ ค่า BHP (Brake Horse Power) หมายถึง กำลังของเครื่องยนต์ ที่ถูกหักด้วยแรงเสียดทานภายในถ้ามีการนำค่ามาเขียนลงกราฟแสดงรอบเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่า แรงม้าสูงสุดของเครื่องจะอยู่ในตำแหน่งรอบเครื่องที่สูงกว่า แรงบิดสูงสุด

$$W_B = 2\pi Tn / 60 \qquad (2)$$

เมื่อ WB = กำลังเบรก (kW)
T = แรงบิด (N.m)
n = ความเร็วรอบ (rpm)

2.1.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake. specific. fuel. consumption, bsfc) หมายถึงปริมาณหรือมวลเชื้อเพลิงที่ใช้หมดไปต่อแรงม้าเบรกหรือกำลังเบรกที่ได้ดังสมการ

$$bsfc = \frac{m_F}{W_B} \times 3600 \qquad (3)$$

เมื่อ bsfc =อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/kWh)
mf = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

2.1.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake thermal efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่เครื่องยนต์ส่งออก กับ พลังงานที่เกิดขึ้นจากการสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ไม่สามารถนำไปใช้ได้หมด เนื่องมาจากต้องสูญเสียความร้อนให้กับ ระบบระบายความร้อน จากการคายไอเสีย หรือเสียไปกับระบบหล่อลื่น

$$\text{eff} = \frac{W_B}{LHV \times m_F} \times 100\% \qquad (4)$$

เมื่อ eff = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (%)

LHV = ค่าความร้อนจำเพาะ (kJ/kg)

2.2 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากค่าออกเทนนัมเบอร์ (RON) มีผลต่อการน็อคของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ตารางที่ 1: แสดงคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง [4]

Fuel Blend	Vol. % Ethanol	LHV KJ/g	Density g/cc	Wt.% Water	RON
ASTM	D5501	D240	D4052	E203	D2699
E0*	0	43.397	.7426	0.013	90.8
EEE#	0	42.890	.742	0	96.8
E10	10.46	41.47	.7449	.1289	95.6
E20	21	39.53	.7512	.2373	99.7
E50	49.7	34.38	.7666	.4947	104
E85	82.2	29.2	.7854	.7653	106
E85C	82.8	29.16	.7856	.8179	(-)
E100 x	96.6	26.7	.794	0.9	(-)
* 91 RON (87 (R+M)/2) Test fuel M52642 -Gage products					
# EPA TIER II EEE – Haltermann Products					
x Ethanol feed stock includes 2% denaturant					

น้ำมัน E10, E20 และ E85 มีค่า RON เท่ากับ 95.6, 99.7 และ 106 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า RON สูงกว่า เบนซิน 91

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบหัวฉีดอิเล็คทรอนิคส์ EFI ยี่ห้อ นิสสัน รุ่น QG 15 DE 4 สูบ มาติดตั้งบนเครื่องทดสอบไฮดรอลิคส์ไดนาโมมิเตอร์ขนาด 120 kW

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดสอบ

3.1.1 เครื่องยนต์ (Engine) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

Description	Specification
Engine	Nissan QG-15 DE
Cylinder	Inline 4 Cylinder
Borex Stroke	73.6 mm x 88.0 mm
Size	1,497 CC.
Compression ratio	9.9 : 1

3.1.2 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้ Dynamometer แบบ Hydraulic ซึ่งอาศัยของเหลวในการสร้างภาระ (Load) ให้กับเครื่องยนต์ดังแสดงในรูป



รูปที่ 1: ชุดทดสอบเครื่องยนต์แบบไฮดรอลิคส์ไดนาโมมิเตอร์

3.2 การดำเนินการทดสอบ

การทดสอบจะกระทำโดยติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับไดนาโมมิเตอร์ดังรูปที่ 1 โดยทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิง E10, E20 และ E85ตามลำดับ

ทำการศึกษาตัวแปรที่สนใจคือ แรงบิดของเครื่องยนต์กำลังเบรกเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพทางความร้อนซึ่งทดสอบที่รอบของเครื่องยนต์ 3000, 3500, 4000, 4500 และ 5000 รอบต่อนาทีซึ่งมีการทดสอบดังนี้

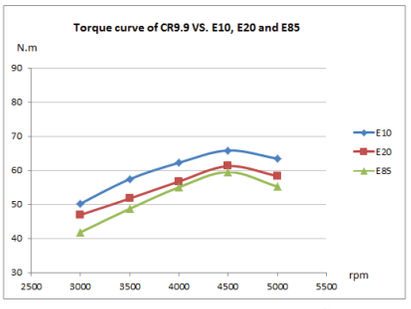
การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ทำการเดินเครื่องให้อุณหภูมิของชิ้นส่วนเครื่องยนต์อุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิทำงานแล้วทำการปรับรอบเครื่องยนต์ให้ได้ตามต้องการ แล้วเพิ่มภาระโดยหมุนไฮดรอลิคส์ไดนาโมมิเตอร์เพื่อเพิ่มแรงบิดจนได้ค่าแรงบิดสูงสุด ทำการบันทึกค่าของแรงบิดที่ได้จากหน้าจอแสดงผลทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 3000, 3500, 4000, 4500 และ 5000 รอบต่อนาทีทำการบันทึกค่าของแรงบิดที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบซึ่งค่าที่ได้จากการบันทึกนำไปคำนวณหากำลังของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นน้ำมัน E10, E20 และ E85 ตามลำดับ

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้น้ำมันเติมที่หลอดแก้วในเครื่องทดสอบปริมาตร 200 cc. ทำการเดินเครื่องจนน้ำมันเชื้อเพลิงหมดหลอดแก้ว แล้วทำการบันทึกเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมันไปทั้งหมด โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นน้ำมัน E10, E20 และE85 ตามลำดับซึ่งหลังจากทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจะทำการเดินเครื่องยนต์ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 5 นาที เพื่อให้เชื้อเพลิงเดิมที่ค่างในระบบหมดไป แล้วจึงทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

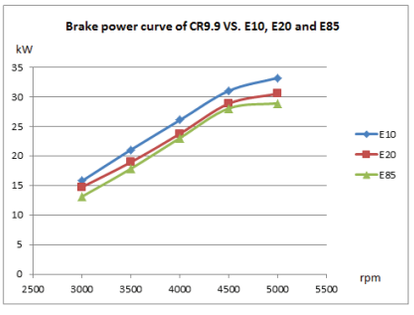
4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 แรงบิดและกำลังเบรกของเครื่องยนต์

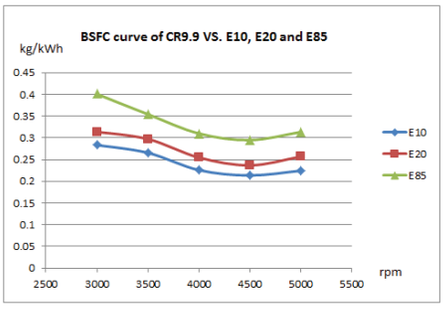
การทดสอบเดินเครื่องยนต์ทำการเปรียบเทียบโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง E10, E20 และ E85



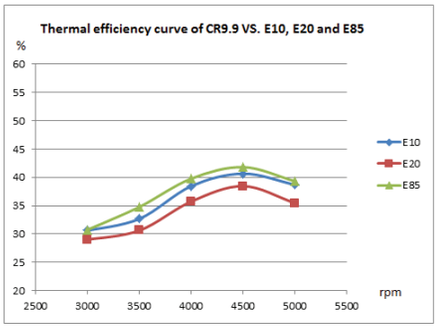
เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่าจะให้แรงบิดสูงสุด เมื่อใช้น้ำมัน E10, E20 และ E85 จะให้แรงบิดสูงสุด เท่ากับ 65.8 N.m, 61.2 N.m และ 59.5 N.m ตามลำดับ จากการทดสอบ E10 ให้แรงบิดมากกว่า E20 และ E85 เนื่องจากมีค่าความร้อนจำเพาะ มากที่สุด



เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมัน E10, E20 และ E85 จะให้กำลังเบรค เท่ากับ 31.01 kW, 28.84 kW และ 28.04 kW ตามลำดับจากการทดสอบ E10 ให้กำลังเบรคมากกว่า E20 และ E85 เนื่องจาก มีค่าความร้อนจำเพาะ มากที่สุดเช่นเดียวกัน



เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมัน E10,E20 และ E85 จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) เท่ากับ 0.214 kg/kWh, 0.237 kg/kWh และ 0.295 kg/kWh ตามลำดับจากการทดสอบ E85มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมากกว่า E10 และ E20เนื่องจาก มีค่าความร้อนจำเพาะ น้อยที่สุด



เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมัน E10,E20 และ E85 จะให้ประสิทธิภาพทางความร้อน เท่ากับ 40.7%, 38.5% และ 41.8% ตามลำดับจากการทดสอบ E85 มีประสิทธิภาพทางความร้อน มากกว่า E10 และ E20 เนื่องจาก มีค่าความร้อนจำเพาะน้อยที่สุด

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เปรียบเทียบ ระหว่าง E10, E20 และ E85 จากการทดสอบพบว่า E10 ให้ Maximum torque และ Brake power สูงที่สุด เท่ากับ 65.8 N.m และ 31.01 kW ซึ่งสูงกว่า E20 และ E85 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วมีค่าสูงกว่าเท่ากับ 7.5% และ 10.6% ตามลำดับและมีอัตรา bsfcต่ำที่สุดเท่ากับ 0.214 kg/kWh ซึ่งต่ำกว่า E20 และ E85 เท่ากับ 10.9% และ 38.1% ตามลำดับ เนื่องจากมีค่าความร้อนจำเพาะมากที่สุด

E85 ให้ Thermal efficiency สูงที่สุดเท่ากับ 41.8% ซึ่งสูงกว่า E20 และ E10 เท่ากับ 8.7% และ 2.9% ตามลำดับ ตามลำดับ เนื่องจากมีค่าความร้อนจำเพาะน้อยที่สุด

6. บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน, พ.ศ.2555-2564,“แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564),” www.eppo.go.th/e-learning.php [24 กุมภาพันธ์ 2557]

[2] YUNUS A. CEGEL and MICHAEL A. BOLES., 1994, “Thermodynamics an Engineering Approach,”

[3] ธีรยุทธ สุวรรณประทีป 2532, “วิศวกรรมยานยนต์”, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] Wayne Moore, Matthew Foster and Kevin Hoyer (2011). Engine Efficiency Improvements Enabled by Ethanol Fuel Blends in a GDi VVA Flex Fuel Engine, paper presented in the SAE International 2011, USA.

O-CF12

น้ำหวานจากสำหรับการผลิตเอทานอล
Nipa Sap for Ethanol Production

พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 84100
E-mail: ball_biot@hotmail.com

บทคัดย่อ

ต้นจาก (*Nypa fruticans*) เป็นพืชที่ให้เอทานอลต่อไร่สูง (1,037-2,496 ลิตรต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น เช่น มะพร้าว มันสำปะหลัง และอ้อย โดยที่ต้นจากให้ปริมาณเอทานอลมากกว่าอ้อย (536-1,072 ลิตรต่อไร่) ถึงสองเท่า ดังนั้นหากได้รับการพัฒนาการผลิตน้ำหวานจาก (Nipa sap) ที่เหมาะสมอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงยามขาดแคลนได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการผลิตน้ำหวานจากสำหรับการผลิตเอทานอล โดยศึกษาต้นจากจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ จากผู้และจากเมีย จากการทดลอง พบว่า สายพันธุ์ทั้งสองให้ปริมาณน้ำหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ปริมาณน้ำหวานจากที่ได้เมื่อจำนวนวันตีงวงจากต่างกัน ผลที่ได้พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยจากผู้ให้ปริมาณน้ำหวานจากที่จำนวนวันตีงวงจาก 0, 10, 15 และ 20 วัน เท่ากับ 0, 119.67, 552.33, 981.67 และ 991.33 มิลลิลิตรต่อต้น ตามลำดับ และจากเมียให้ปริมาณน้ำหวานจากที่จำนวนวันตีงวงจาก 0, 10, 15 และ 20 วัน เท่ากับ 0, 116.35, 550.65, 979.33 และ 992.00 มิลลิลิตรต่อต้น ตามลำดับ โดยจำนวนวันตีงวงจากที่ให้ปริมาณน้ำหวานจากมากที่สุด คือ เวลา 20 วัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกันกับเวลา 15 วัน พบว่าไม่มีต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกจำนวนวันตีงวงจากที่เวลา 15 วัน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการผลิตน้ำหวานจากสำหรับใช้ในการผลิตเอทานอลต่อไป

คำสำคัญ: ต้นจาก, น้ำหวานจาก, เอทานอล

1. ที่มาและความสำคัญ

ในอดีตผู้อาศัยอยู่ชายฝั่งทะเลได้ใช้ประโยชน์ของต้นจากอย่างกว้างขวาง อาศัยใบจากทำฝาบ้าน มุงหลังคา มวนบุหรี่ ทำภาชนะชนิดต่างๆ เช่น หมวก ภาชนะตักน้ำ ไม้กวาด ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้เป็นอาหารได้แก่ ผล ยอดอ่อน และน้ำหวานจากต้นจากเพื่อใช้ทำน้ำตาล น้ำส้มสายชู เอทานอล เครื่องดื่ม เรียกได้ว่าเป็นไม้คู่ชีวิตของคนที่อาศัยบริเวณชายฝั่ง ต่อมาเมื่อสภาพสังคมและเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลง ทรัพยากรประจำท้องถิ่นก็ถูกแทนที่ ดังนั้นการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนในยุคที่พลังงานมีราคาสูงจึงมีความจำเป็น ต้นจากจึงเป็นแหล่งของพลังงานทางเลือกอีกทางหนึ่ง เพราะเป็นพืชให้น้ำตาลและสามารถหมักเป็นเอทานอลได้ดีมีประสิทธิภาพสูง ประกอบด้วยพื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทยมีความเหมาะสมกับพืชชนิดนี้อยู่แล้ว เพียงแต่ทุกฝ่ายให้ความสนใจอย่างจริงจัง โดยทำการศึกษา หาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคนิคการปลูก การให้ปุ๋ย การจัดการก่อนปาดน้ำหวาน และการจัดการไร่จากและเทคนิคการผลิตเอทานอลที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

ต้นจากเป็นพืชที่ให้เอทานอลต่อไร่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่น เช่น มะพร้าว มันสำปะหลัง และอ้อย ดังนั้นหากได้รับการพัฒนาที่เหมาะสมอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงยามขาดแคลนได้ดี โดยที่ 1 ก้านทะลายผล สามารถปาดเป็นชิ้นเล็กๆ ให้น้ำหวานเฉลี่ยวันละ 0.7 ลิตร หรือคิดเป็นผลผลิตน้ำตาลปี๊บ 165 กก.ต่อไร่ต่อเดือน โดยมีการประเมินว่าต้นจากสามารถให้น้ำตาลได้ถึง 20 ตันต่อแฮกตาร์ หรือ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และคิดเป็นเอทานอล 90 บาร์เรล หรือ 14,300 ลิตรต่อแฮกตาร์ หรือ 2,288 ลิตรต่อไร่ต่อปี ซึ่งมากกว่าอ้อยถึงสองเท่า (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2540) ดังนั้นการนำน้ำหวานจากมาผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มด้วยกระบวนการหมักจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน อีกทั้งเป็นการลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของประเทศและยังช่วยลดมลภาวะสิ่งแวดล้อมของโลกที่เป็นปัญหาสำคัญของโลกอีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการผลิตน้ำหวานจากเพื่อใช้สำหรับการผลิตเอทานอล

2.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำหวานของจากมีน้ำตาลซูโครส (sucrose) ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ (Purseglove, 1972) ในขณะที่บางพื้นที่รายงานว่า มีน้ำตาล 6-17 เปอร์เซ็นต์ (FAO,1994) ขึ้นอยู่กับพันธุ์จาก พื้นที่ปลูก น้ำในดิน ความเค็ม และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ นอกจากนี้ Burkill (1996) รายงานว่าน้ำตาลจาก 454 ลิตร จะให้น้ำตาลปี๊บ 52 กิโลกรัม และใน 1 ไร่ จะได้น้ำตาล 480 กิโลกรัมต่อฤดูการผลิต ส่วนการเตรียมก้านทะลายผลก่อนปาด ผลการวิจัยของ Tran Van Ba (1999) พบว่าทะลายที่มีอายุมากกว่า 3 เดือนแล้วใช้จำนวนวันกระตุ้น หรือ เคาะก้านหลายวันจะให้น้ำหวานมากกว่าทะลายที่มีอายุน้อยและเคาะด้วยจำนวนวันที่น้อยกว่า การศึกษาที่อำเภอปากพนังยังพบว่า มีความสัมพันธ์กันระหว่างวิธีการเคาะก้านและอัตราการไหลของน้ำหวานรวมทั้งความชื้นในดิน และพบว่าน้ำหวาน 100 ลิตรให้น้ำตาล 20.83 กิโลกรัม (Bamroongrugsa et.al, 2004)

Matsui และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ปลูกต้นจากที่ ตำบลขนาบนาก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้ก้านผลเพื่อปาดเอาน้ำหวาน จำนวนเพียง 60 ก้าน จากก้านทั้งหมด 2,000 ก้าน และ ในพื้นที่ต้นจาก 5 แปลง ได้ทำการสุ่ม ก้านผลที่ปาดเอาน้ำหวานมา 32 ก้าน เพื่อตรวจหาปริมาตรน้ำหวาน ปริมาณน้ำตาล และ ระยะเวลาทั้งหมดในการปาดแต่ละก้าน พบว่าปริมาณน้ำตาล ที่วัดจากน้ำหวาน 679 ตัวอย่าง มีปริมาณสม่ำเสมอคือ เฉลี่ย 20.1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหวาน 100 ลิตร ได้น้ำตาล 20.1 กิโลกรัม) ปริมาตรน้ำหวานเฉลี่ยแต่ละวัน (คือใช้เวลา 30 วัน) จากการปาดแต่ละก้านคือ 589 มิลลิลิตร อาจกล่าวได้ว่า เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ต้นจากจะสามารถผลิตเอทานอลได้ 4,011 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 แฮกตาร์ (6.25 ไร่) ซึ่งสูงใกล้เคียงกับอ้อย สำหรับระยะเวลาปาดน้ำหวานและปริมาตรน้ำหวานแต่ละวันมีความผันแปร ตามสภาพของก้านและสภาพแปลง อนึ่งเมื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆในต้นจาก พบว่าค่าเฉลี่ยทุกส่วนมี เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในช่วง 28.9-45.6 เปอร์เซ็นต์ และ 21.8- 26.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแต่ละส่วนของพืชจะมีความเด่นต่างกัน และสามารถใช้ประโยชน์เป็นแหล่งของลิกโนเซลลูโลส สำหรับเป็นเชื้อเพลิงและสารเคมีได้ดี (Tamunaidu and Saka, 2011)

Tamunaidu และ Saka (2013) ศึกษาศักยภาพน้ำตาลจากต้นจาก (Nipa sap) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอล จากการศึกษาพบว่า ต้นจากที่ทำการทดลองมีศักยภาพในการผลิตน้ำตาลประมาณ 0.4 ถึง 1.2 ลิตรต่อต้น โดยมีองค์ประกอบของน้ำตาลทั้งหมด 159 ถึง 214 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุโซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม รวมกันประมาณ 5 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำน้ำตาลจากไปผลิตเอทานอลโดยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถผลิตเอทานอลได้ภายใน 30 ถึง 48 ชั่วโมง ในสภาวะที่ไม่มีและมีการเติมสารอาหารเพิ่ม พบว่า สามารถผลิตเอทานอลได้ 96.9 และ 95.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

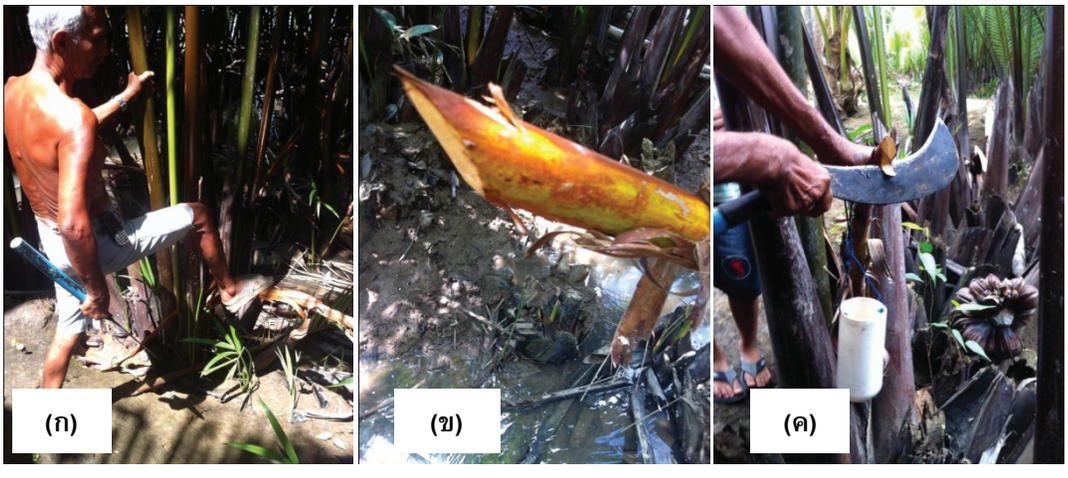
3.วิธีการทดลอง

3.1. ศึกษาเทคนิคการผลิตน้ำหวานจาก

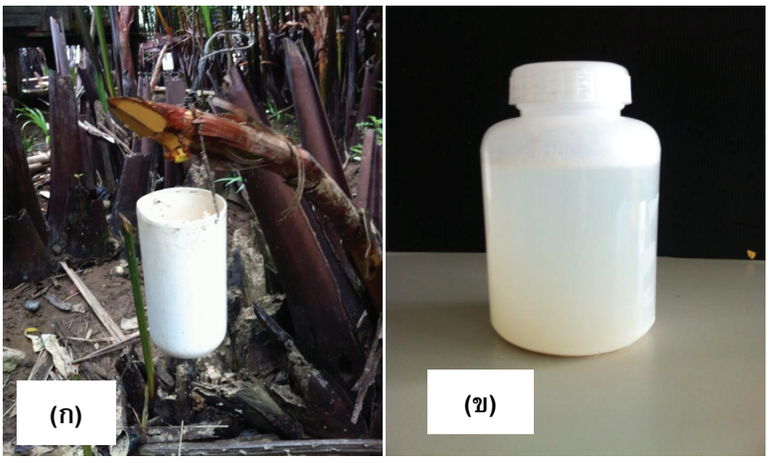
สำรวจพื้นที่ผลิตน้ำตาลจาก ณ บริเวณพื้นที่ปลูกต้นจาก ชุมชนในบาง อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อใช้ในการศึกษาสำหรับการผลิตเอทานอล เมื่อได้พื้นที่ที่ผลิตน้ำหวานจากแล้ว ทำการศึกษาเทคนิคการผลิตน้ำหวานจาก ได้แก่ สายพันธุ์ การตีงวงจาก การปาดงวงจาก เวลาในการปาด โดยเลือกทะลายจากหรือกอจากที่สมบูรณ์ โดยดูจากความหนาแน่นของกอจากต่อพื้นที่ปลูก ซึ่งในการทดลองนี้มีจำนวน 50 กอต่อไร่ เมื่อเลือกกอที่สมบูรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การเตรียมก้านทะลายผลก่อนปาดโดยจะเลือกทะลายที่มีอายุมากกว่า 3 เดือน (รูปที่ 1) จำนวน 3 ทะลายต่อสายพันธุ์ แล้วศึกษาจำนวนวันสำหรับตีงวงจากหรือเคาะก้านช่อผล (กระตุ้นน้ำหวาน) ที่เวลา 0, 10, 15 และ 20 วัน โดยทำการเคาะจำนวน 20 ครั้ง แล้วใช้เท้าเขย่าอีก 5 ครั้ง ทำทุกวัน ๆ ละ 1 ครั้งในช่วงเวลา 16.00 น. – 17.00 น. (รูปที่ 2) หลังจากตีงวงจากหรือเคาะก้านช่อผลครบตามจำนวนวันแล้ว ก็ตัดทะลายหรือผลทิ้งเหลือแต่ก้านทะลาย หรืองวงจากเท่านั้น โดยการตัดก้านทะลายเป็นชิ้นแว่นบางๆ หนาเพียง 1-2 มิลลิเมตร โดยใช้มีดพร้าปาด 2-3 ครั้ง ดึงเข้าหาตัวซึ่งจะปาดในเวลา 17.00 น. และเก็บน้ำหวานเวลา 06.00 น. ซึ่งตอนกลางคืนน้ำหวานจากมีอัตราการไหลดีกว่าตอนกลางวัน โดยที่ 1 ก้าน จะปาดหมดในเวลา 1-3 เดือน หรือขึ้นอยู่กับความยาวของก้านทะลาย แล้วเอากระป๋องพลาสติกใส่เกล็ดไม้เคี่ยม 2-3 เกล็ดรองรับน้ำหวาน (เพื่อป้องกันการเน่าเสีย) นำไปแขวนรับน้ำหวานที่งวงจาก (รูปที่ 3) น้ำหวานที่รับได้ในกระป๋องนำไปเก็บในภาชนะที่ปิดฝา ระหว่างขนส่งน้ำหวานจากไปยังห้องปฏิบัติการเก็บโดยแช่ในน้ำแข็ง และเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ศึกษาในการผลิตเอทานอลต่อไป



รูปที่ 1 ทะลายจากที่มีอายุมากกว่า 3 เดือน



รูปที่ 2 การตีงวงจาก (ก) การตัดทะลายทิ้ง (ข) และ การปาดน้ำหวานจาก (ค)



รูปที่ 3 ภาชนะรองรับน้ำหวานจาก (ก) และน้ำหวานจาก (ข)

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1. การสำรวจพื้นที่การผลิตน้ำหวานจาก

จากการสำรวจพื้นที่ผลิตน้ำหวานจาก ณ บริเวณพื้นที่ปลูกต้นจากชุมชนในบาง อำเภอเมือง จังหวัด สุราษฎร์ธานี พบว่า ณ บ้านเลขที่ 63 หมู่ที่ 1 ตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้ผลิตน้ำหวานจาก โดยทำการผลิตน้ำหวานจากวันละ 15 ลิตรต่อก้านช่อผล 25 ก้าน เฉลี่ยได้น้ำหวานจากประมาณ 0.6 ลิตรต่อต้น ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของนพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2540) โดยที่ 1 ก้านทะลายผล สามารถปาดเป็นชิ้นเล็กๆ ให้น้ำหวานเฉลี่ย 0.7 ลิตรต่อต้น การเตรียมก้านทะลายผลก่อนปาด โดยจะเลือกทะลายที่มีอายุมากกว่า 3 เดือน แล้วศึกษาจำนวนวันสำหรับตีงวงจากหรือเคาะก้านช่อผล (กระตุ้นน้ำหวาน)

โดยพื้นที่ที่ศึกษาได้ผลิตน้ำหวานจาก โดยทำการผลิตน้ำหวานจากวันละ 15 ลิตรต่อก้านช่อผล 25 ก้าน ซึ่งมีพื้นที่ปลูกต้นจากทั้งหมด 3 ไร่ จะปาดน้ำหวานได้ตลอดปี และในการผลิตน้ำหวานจากนั้นนิยมปาดก้านช่อผล (infructescence) มากกว่าใช้ก้านช่อดอก (inflorescence) เพราะก้านดอกมักให้น้ำหวานน้อยกว่า เหมือนกับการผลิตน้ำหวานจากที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544) จากการศึกษาเทคนิคการผลิตน้ำหวานจาก โดยเลือกทะลายจากหรือกอจากที่สมบูรณ์ โดยดูจากความหนาแน่นของกอจากต่อพื้นที่ปลูก ซึ่งในการทดลองนี้มีจำนวน 50 กอต่อไร่ โดยความหนาแน่นของกอจากที่ศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณน้อยกว่าความหนาแน่นของกอจากในป่าจากเพื่อทำน้ำตาลที่ประเทศฟิลิปปินส์ใช้ความหนาแน่น 62 กอต่อไร่ และมาเลเซียใช้ความหนาแน่น 116 กอต่อไร่ แต่มากกว่าที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้ความหนาแน่น 42 กอต่อไร่ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความหนาแน่นของกอจากต่อการผลิตน้ำหวานจาก คือ 42-116 กอต่อไร่ ดังนั้นความหนาแน่นของกอจากต่อไร่ที่ศึกษาในครั้งนี้มีความเหมาะสมต่อการผลิตน้ำหวานจาก นอกจากนี้การให้ปริมาณน้ำหวานจากยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ปลูก ความชื้นในดิน ความเค็มของดิน และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544)

4.2. ศึกษาเทคนิคการผลิตน้ำหวานจาก

จากการทดลองได้ศึกษาต้นจากจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ จากผู้และจากเมีย (รูปที่ 4) และมีคุณลักษณะของต้นจากทั้งสองสายพันธุ์ดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 4 ลักษณะของจากผู้ (ก) และจากเมีย (ข)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของต้นจากทั้งสองสายพันธุ์

คุณลักษณะ	สายพันธุ์ต้นจาก	
	จากผู้	จากเมีย
ความสูงของทางจาก	10-12 เมตร	5-7 เมตร
ขนาดของกอ	ใหญ่	เล็ก
ระยะห่างระหว่างใบ	ใบห่าง	ใบติดกัน
ความยาวของก้านช่อผล	90-120 เซนติเมตร	40-70 เซนติเมตร
ขนาดของทางจาก	ใหญ่	เล็ก

ซึ่งจากการทดลอง พบว่า สายพันธุ์ทั้งสองให้ปริมาณน้ำหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4) แต่ปริมาณน้ำหวานจากที่ได้เมื่อจำนวนวันตีงวงจากต่างกัน ผลที่ได้พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยจากผู้ให้ปริมาณน้ำหวานจากที่จำนวนวันตีงวงจาก 0, 10, 15 และ 20 วัน เท่ากับ 0, 119.67, 552.33, 981.67 และ 991.33 มิลลิลิตรต่อต้น ตามลำดับ และจากเมียให้ปริมาณน้ำหวานจากที่จำนวนวันตีงวงจาก 0, 10, 15 และ 20 วัน เท่ากับ 0, 116.35, 550.65, 979.33 และ 992.00 มิลลิลิตรต่อต้น ตามลำดับ โดยจำนวนวันตีงวงจากที่ให้ปริมาณน้ำหวานจากมากที่สุด คือ เวลา 20 วัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกันกับเวลา 15 วัน พบว่าไม่มีต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกจำนวนวันตีงวงจากที่เวลา 15 วัน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการผลิตน้ำหวานจาก

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำหวานจากที่จำนวนวันตีงวงจากต่างกันของจากทั้งสองสายพันธุ์

จำนวนวันที่ตีงวงจาก	ปริมาณน้ำหวานจาก (มิลลิลิตรต่อต้น)	
	จากผู้	จากเมีย
0	0	0
5	119.67 ± 4.51^{a}	116.35 ± 7.09^{a}
10	552.33 ± 13.58^{b}	550.65 ± 18.50^{b}
15	981.67 ± 12.58^{c}	979.33 ± 19.01^{c}
20	991.33 ± 9.87^{c}	992.00 ± 10.58^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5. สรุปผลการทดลอง

สายพันธุ์ทั้งสองให้ปริมาณน้ำหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จำนวนวันตีงวงจากที่เหมาะสมคือ เวลา 15 วันให้ปริมาณน้ำหวานจาก เท่ากับ 0.98 ลิตรต่อต้น และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 15 Brix โดยจะเลือกศึกษาสายพันธุ์จากผู้ เนื่องจากมีก้านช่อผลที่ยาวกว่าทำให้สามารถผลิตน้ำหวานได้มากกว่าสายพันธุ์จากเมีย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ หมวดเงินรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 และขอขอบพระคุณ นายนิยม พิณเกตุ ที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่ปลูกจาก

7. บรรณานุกรม

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2540. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาด้านนิเวศวิทยา ประโยชน์ใช้สอย และการขยายพันธุ์ต้นจากในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544. ต้นจาก... พืชเศรษฐกิจของป่าชายเลน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ : บริษัทเฟื่องฟ้าพริ้นติ่ง จำกัด.

Bamroongrugsa,N., Purintavarakul, C., Kato, S., & Stargardt, J. 2004. Production of Sugar – Bearing Sap from Nipa palm in Pak Phanang Basin, Southern Thailand. Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan, 58(3).

Burkill, I.H. 1996. A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula. 2 vols. Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture and Cooperatives.

FAO. 1994. Mangrove forest management guideline. FAO Forestry Paper.Matsui, N., Bamroongrugsa, N., Morimune, K., Miyasakiand, H., & Okimori, Y. 2011. Nypa Palm, A potential alternative source for bioethanol ประมวลผลงานวิจัย การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 14 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพ 7-8 กันยายน 2011 หน้า 319-324.N0.117,Rome

Purseglove, J. W. 1972. Tropical Crops: Monocotyledon., Vol.1 and 2 combined, Longman Group Ltd. pp. 427-428.

Tamunaidu, P., Matsui, N., Okimori, Y., and Saka, S. 2013. Nipa (Nypa fruticans) sap as a potential feedstock for ethanol production. Biomass and Bioenergy, 52, 96-102.

O-CF13

การผลิตน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านไม้ 3 ชนิดด้วยถัง 200 ลิตร

The producing wood vinegar from three charcoals with 200-litre-tank

เพชรรัตน์ ใจบุญ

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 47000
โทร 0-4297-0030 โทรสาร 0-4297-0029 E-mail: pjaiboon6@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้มะขาม ไม้กระถินณรงค์และไม้ยูคาลิปตัสด้วยถัง 200 ลิตร ความชื้นเริ่มต้นของไม้มีค่าระหว่าง 17-28 ร้อยละมาตรฐานแห้ง (%d.b.) นำไม้ปริมาณ 90% ของปริมาตรถังมาเผาโดยใช้เวลาในการเผา 8 ชั่วโมง ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ 350 - 500 mL นำมาใส่ขวดพลาสติกผสมผงถ่าน 5% ของปริมาณน้ำส้มควันไม้ทั้งหมด นาน 45 วัน จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการกรอง 2 แบบคือ การกรองผ่านชุดกรองที่สร้างขึ้น และการกรองผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter โดยสมบัติที่ทำการศึกษาคือ ค่า pH และความถ่วงจำเพาะ โดยทำการเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้อ้างอิงจากท้องตลาด ผลการทดลองพบว่า ค่า pH น้ำส้มควันไม้อ้างอิงมีค่าเท่ากับ 3.9 ซึ่งเท่ากับน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้กระถินณรงค์ ส่วนน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเงื่อนไขอื่นมีค่าระหว่าง 3.8-5.1 โดยน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองมีค่า pH สูงกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ทุกเงื่อนไขการทดลองมีค่าระหว่าง 0.98-1.01

คำสำคัญ: การเผาถ่าน; กรด-เบส; ความถ่วงจำเพาะ; น้ำส้มควันไม้

1 ที่มาและความสำคัญ

น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่าน มีประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ได้แก่ การนำไปใช้ทางการเกษตร ครัวเรือน และอุตสาหกรรม เป็นต้น การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืช กำจัดจุลินทรีย์ที่ทำลายพืช ด้านครัวเรือน เช่น ป้องกันปลวก มดและแมลงต่างๆ รักษาแผลสด แผลน้ำร้อนลวก ส่วนในด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตสารดับกลิ่นตัว และ ใช้เป็นยารักษาโรคผิวหนัง น้ำส้มควันไม้มีส่วนประกอบ เช่น กรดอะซิติก เป็นสารถลุงออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และไวรัส สารประกอบฟีนอล เป็นสารกลุ่มควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารฆ่าแมลงใช้ล้างแผล ผลิตเป็นยากลุ่มแอสไพริน ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืช เป็นต้น กลุ่มสารเหล่านี้มีสภาพเป็นกรดสูงก่อนนำไปใช้จึงมีการเจือจางให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้ลดต้นทุนทางการเกษตร และไม่ทำลายสภาพแวดล้อม น้ำส้มควันไม้สามารถผลิตจากไม้ทุกชนิด ได้แก่ไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง ตัวอย่างของไม้เนื้อแข็งเช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้มะค่า ไม้ประดู่ ไม้ตะเคียนและไม้มะขาม เป็นต้น ส่วนตัวอย่างไม้เนื้ออ่อนเช่น ไม้สัก ไม้ยาง ไม้กระถินณรงค์ และไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น สำหรับไม้ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ ไม้มะขาม ไม้กระถินณรงค์ และไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะขามเป็นไม้ยืนต้น เนื้อแข็ง ลำต้นมีขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขาตรงส่วนยอดของต้น ลำต้นมีความแข็งแรงและมีความสูงประมาณ 18 m เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน และแตกสะเก็ดเป็นร่องเล็กๆ [1] ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้เนื้ออ่อน ลำต้นมีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูง 24-26 m และอาจสูงถึง 50 m เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 1-2 m [2] ไม้กระถินณรงค์ เป็นไม้เนื้ออ่อน โตเร็ว ใช้เป็นพืชนำร่องในการปลูกป่าในพื้นดินเสื่อมโทรมได้ดีและใช้เป็นไม้ฟืนเชื้อเพลิง [3] จากข้อดีของน้ำส้มควันไม้และข้อจำกัดด้านข้อมูลของอุณหภูมิและระยะเวลาสำหรับการเก็บน้ำส้มควันไม้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้ 3 ชนิด ซึ่งไม้ทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณมากในท้องถิ่น

2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้าณรงค์ และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส และไม้มะขาม ซึ่งสมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษา คือ สี กลิ่นและความถ่วงจำเพาะ สำหรับสมบัติทางเคมี คือ ความเป็นกรด เบส ส่วนประกอบทางเคมี และปริมาณโลหะหนัก ผลการศึกษา พบว่า น้ำส้มควันไม้จากวัตถุดิบทั้งสามชนิดมีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองปนน้ำตาล มีกลิ่นควันไม้ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.005–1.013 g/L มีสมบัติเป็นกรด (pH เท่ากับ 2.50-4.12) และส่วนประกอบหลักเป็นกรดอะซิติก ฟีนอล และสารประกอบอัลดีไฮด์ ผลวิเคราะห์โลหะ 2 ชนิดคือ เหล็ก และตะกั่ว พบว่าน้ำส้มควันไม้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณเหล็ก 0.09 – 3.14 ppm และพบปริมาณเหล็ก 0.11-0.19 ppm ในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านกระบวนการกลั่น โดยน้ำส้มควันไม้กรองจากไม้มะขามมีปริมาณเหล็กสูง (3.14 ± 0.19 ppm) และพบปริมาณเหล็กสูงสุด (0.19 ± 0.05 ppm) ในน้ำส้มควันไม้ที่กลั่นจากไม้ไผ่ แต่ตรวจไม่พบตะกั่วในน้ำส้มควันไม้ทั้งสามชนิดที่ผ่านกระบวนการกรองและการกลั่น

ปาริชาติ [5] ได้ทำการศึกษาสมบัติของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่านเศษกิ่งไม้ โดยใช้เตาถ่านไทย อิวาเตะ โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น คาร์บอน ขี้เถ้า และสารระเหยของถ่านที่ได้ ส่วนน้ำส้มควันไม้ ได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นกรด-เบส ค่าความถ่วงจำเพาะ และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ ผลการศึกษา พบว่า ถ่านที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานถ่านหุงต้ม และน้ำส้มควันไม้ที่มีค่าความเป็นกรด 2.60-2.63 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.014 และองค์ประกอบทางเคมีที่พบมากที่สุดในน้ำส้มควันไม้ คือ กรดอะซิติก

นิคม และอัจฉริยะ [6] ได้ทำการศึกษาสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการผาถ่านจากไผ่ กระถินดอย เมเปิลหอม และจันทร์หอม โดยใช้เตาเผาถ่านไทย อิวาเตะ ผลการศึกษา พบว่า การผลิตถ่านไม้ 1 ครั้ง (ใส่ไม้เต็มเตาประมาณ 12 ลูกบาศก์เมตร) ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 10 วันโดยการเผาถ่านไม้ต่างชนิดกันซึ่งปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ต่างกัน จะได้ปริมาณและสมบัติของน้ำส้มควันไม้ต่างกัน โดยน้ำส้มควันไม้ที่ได้มีความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.006-1.016 ค่า pH อยู่ระหว่าง 2.72-4.68 มีสีน้ำตาลใสถึงสีน้ำตาลเข้ม แต่มีความใสและกลิ่นควันเหมือนกัน น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ไผ่มีสีแดงต่างจากไม้ซึ่งแตกต่างจากไม้ชนิดอื่นอย่างเด่นชัดน้ำส้มควันไม้ไผ่มีสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำส้มควันไม้ของประเทศญี่ปุ่น

จากการรวบรวมผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเตาเผา 200 ลิตร ไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเตาเผา 200 ลิตร

3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1) การเผาถ่านไม้ มีขั้นตอนดังนี้

1.คัดเลือก ไม้กระถินณรงค์ ไม้มะขามและไม้ยูคาลิปตัสสด ขนาดต่างๆ แยกไว้เป็นกองตามประเภท และสุ่มตัวอย่างไปเก็บความชื้นโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 ºC ในตู้อบลมร้อน 72 ชั่วโมง

2.นำไม้ทั้ง 3 ชนิดไปผึ่งแดด 3-4 สัปดาห์ เพื่อลดความชื้นของไม้ จากนั้นสุ่มตัวอย่างไม้ทั้ง 3 ชนิดมาหาความชื้นของไม้เหมือนกรณีไม้สด

3.นำไม้กระถินณรงค์ ไม้มะขามและไม้ยูคาลิปตัสที่ผึ่งแดดไว้นำมาชั่งน้ำหนักและทำการบันทึกค่า แล้วนำไปบรรจุใส่เตาถัง 200 ลิตรในแนวนอนตามความยาวของถัง จนมีปริมาณ 90% ของเตา

4.นำไม้แต่ละชนิดที่แห้งวางในห้องเผาไหม้บริเวณหน้าเตาแล้วจุดไฟ เมื่อไฟติดความร้อนจะกระจายเข้าสู่ตัวเตาไปสู่ในตัวเตาเพื่อไล่อากาศเย็นและความชื้นที่อยู่ในเตาและเนื้อไม้ เริ่มจับเวลาในการทดลอง

5.เผาไปอีกระยะหนึ่งควันสีขาวจะเริ่มบางลงและเปลี่ยนเป็นสีเทา แสดงว่าไม้ในเตาเกิดการลุกติดไฟเรียบร้อยแล้วจึงหยุดให้เชื้อเพลิงหน้าเตา โดยการวัดค่าอุณหภูมิ 3 ตำแหน่งด้วยกันคือ

5.1 อุณหภูมิหน้าเตา คือ บริเวณหน้าเตา (T_1)

5.2 อุณหภูมิกลางเตา คือ บริเวณด้านกลางเตา 20 cm (T_2)

5.3 อุณหภูมิหลังเตา คือ บริเวณด้านหลังเตา 20 cm (T_3)

6. หลังจากหยุดป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตา รอจนสีของควันไม้ที่ปากปล่องเป็นสีขาวอมเหลืองและมีกลิ่นฉุน ช่วงนี้ยังบันทึกค่าอุณหภูมิและจับเวลาต่อไปโดยหรี่ไฟหน้าเตาลง แล้วเริ่มทำการเก็บน้ำส้มควันไม้

7. การเก็บน้ำส้มควันไม้ ทำได้โดยใช้ไผ่ทะลวงปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 4.0 m ต่อเข้ากับท่อใยหินขนาด 4 นิ้ว เอียงมุม 45 ºC กับปากท่อใยหินด้านบนแล้วใช้ผ้าชุบน้ำพันรอบรอยต่อระหว่างท่อใยหินกับไม้ไผ่ ทำการเจาะรูกว้าง 1 cm ยาวประมาณ 7 cm ตามแนวขวางของท่อไม้ไผ่ห่างจากปลายปล่องท่อไม้ไผ่ที่ต่อเข้ากับท่อใยหินขึ้นไป 30 cm ใช้ขวดน้ำพลาสติกตัดปลายขวดด้านบนออกเพื่อนำมาทำภาชนะรองรับน้ำส้มควันไม้

8. สังเกตควันเปลี่ยนเป็นสีฟ้าจึงเปิดหน้าเตาเพื่อให้อากาศร้อนเข้าไปไล่สารตกค้างในถ่านออก โดยการเปิดหน้าเตาครึ่งหนึ่ง เมื่อควันมีสีฟ้าใสๆ จึงปิดหน้าเตาและปล่องควันให้สนิทด้วยดินเหนียว ทิ้งให้เตาเย็นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จึงเปิดเอาถ่านออก ทำการปิดหน้าเตาและหยุดบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ จุดและหยุดจับเวลา

9. ทำการทดลองซ้ำแต่ละขั้นตอนอีกครั้ง โดยเปลี่ยนชนิดของไม้

10. นำน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านไม้แต่ละชนิดไปวิเคราะห์สมบัติต่อไป

3.2 การหาสมบัติน้ำส้มควันไม้ มีดังนี้

3.2.1 การวัดความเป็นกรด- เบส

เทน้ำส้มควันไม้ที่ต้องการทดสอบปริมาณ 50 ml ลงในบิกเกอร์ ขนาด 50 ml นำ pH meter มาจุ่มลงในน้ำส้มควันไม้ แช่ไว้จนกว่าค่าตัวเลขหยุดนิ่ง ทำการบันทึกผล และทำซ้ำอีก 3 ครั้ง

3.2.2 การวัดค่าความถ่วงจำเพาะ วิธีการทดสอบ มีดังนี้

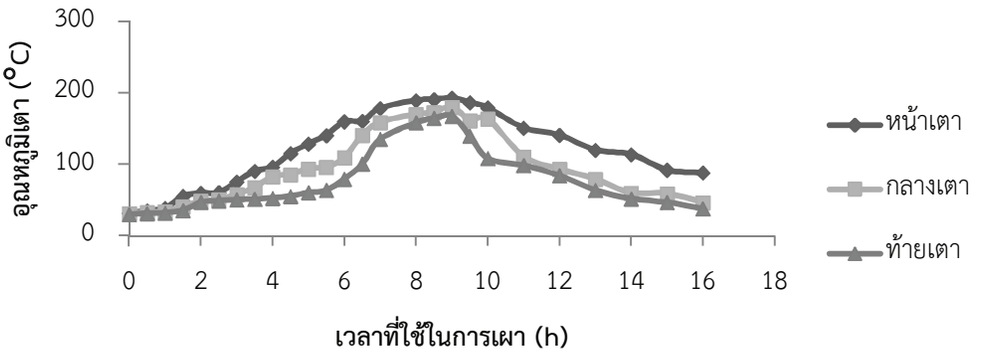
ชั่ง Pycnometer เปล่า บันทึกผล เทน้ำส้มควันไม้ลงใน Pycnometer ให้เต็มนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล น้ำหนักของน้ำส้มควันไม้มาจากน้ำหนักรวมลบน้ำหนักของ Pycnometer เปล่า นำค่าที่ได้ไปคำนวณความหนาแน่นตามสมการที่ (1) จากนั้นนำไปคำนวณหาความถ่วงจำเพาะจากสมการ (2) ทำการทดลองซ้ำกับตัวอย่างอื่นต่อไป

$$\text{ความหนาแน่นของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร (g)}}{\text{ปริมาตรของสาร (ml)}} \qquad (1)$$

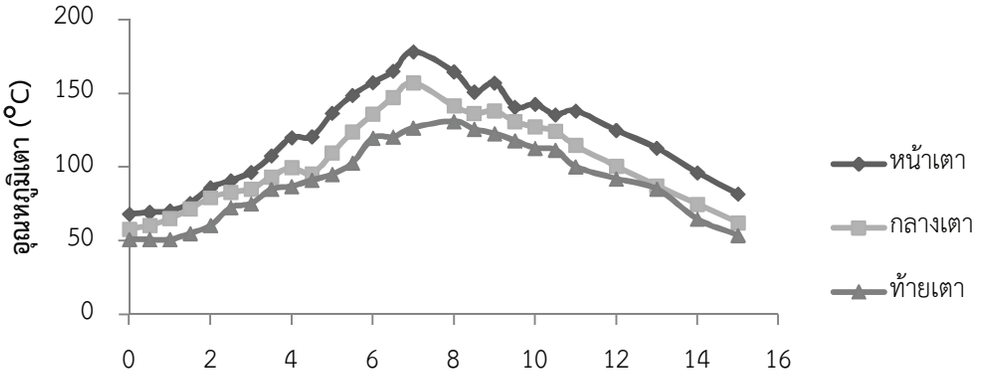
$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{ความหนาแน่นของสาร (g/ml)}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ (g/ml)}} \qquad (2)$$

4 ผลการทดลองและวิจารณ์

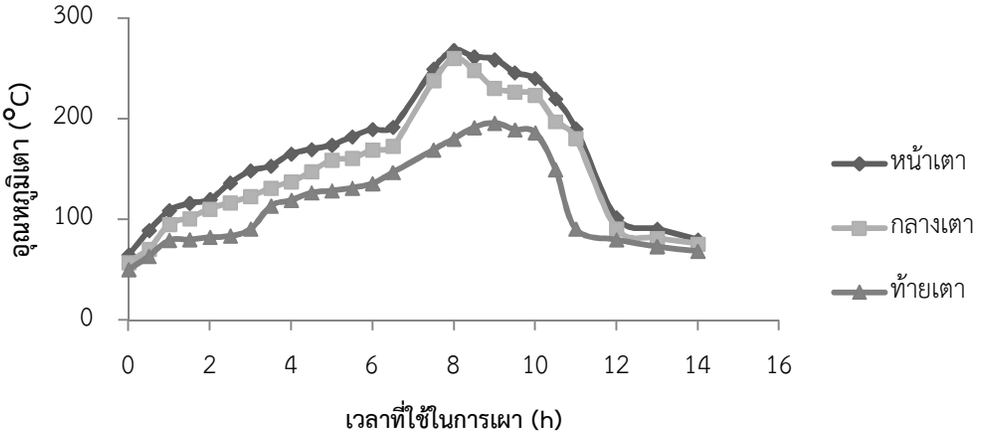
รูปที่ 1-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของการเผาไม้ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ และไม้มะขามบริเวณ หน้าเตา กลางเตา และท้ายเตากับระยะเวลาในการเผาด้วยถัง 200 ลิตร ซึ่งไม้แต่ละชนิดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 – 5 cm ยาว 35 cm



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของการเผาไม้ยูคาลิปตัสบริเวณ หน้าเตา กลางเตา และท้ายเตา กับระยะเวลาในการเผา

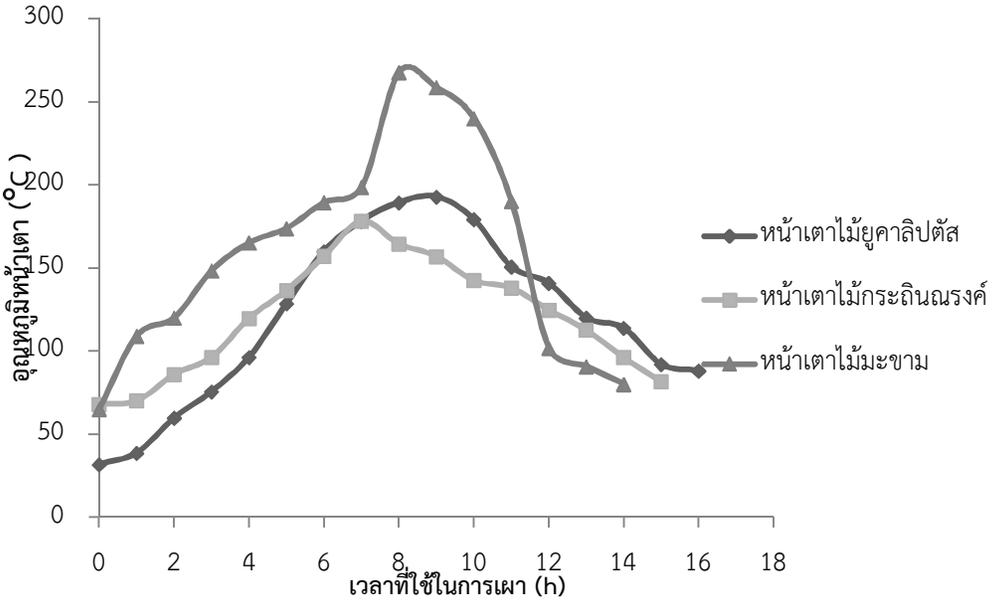


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผาไม้กระถินณรงค์บริเวณ หน้าเตา กลางเตา และท้ายเตา กับระยะเวลาในการเผา

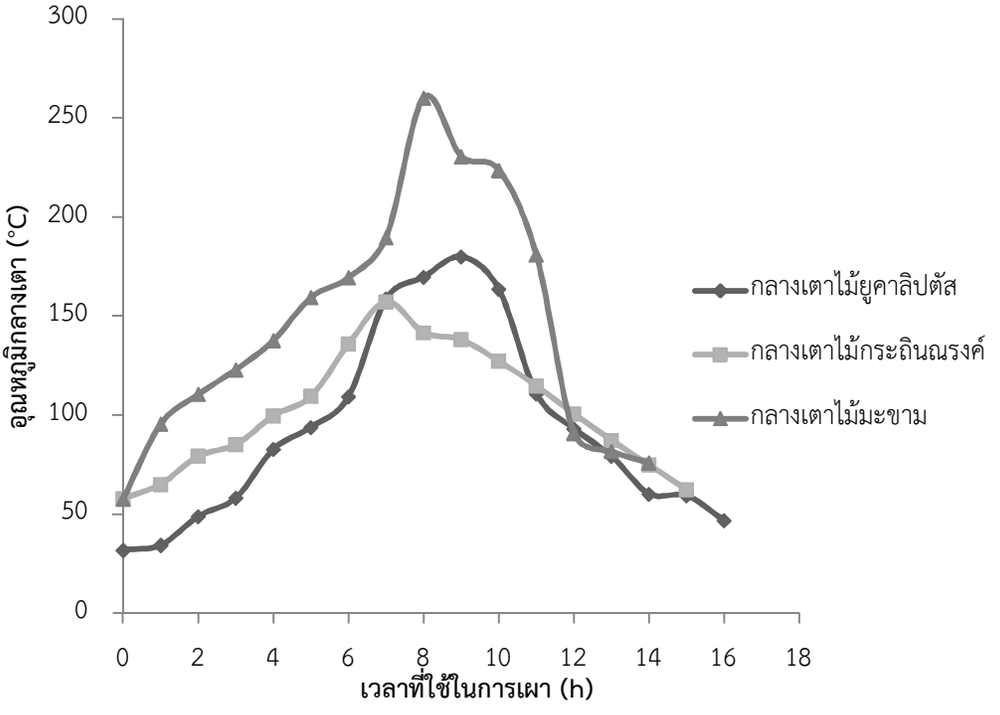


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผาไม้มะขามบริเวณ หน้าเตา กลางเตา และท้ายเตา กับระยะเวลาในการเผา

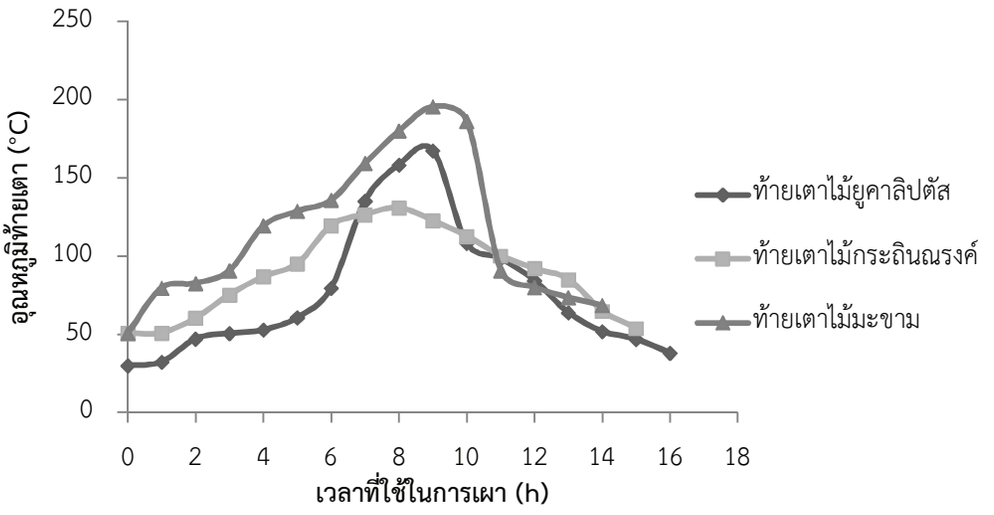
จากรูปที่ 1, 2 และ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบริเวณหน้าเตา กลางเตา และท้ายเตาของการเผาไม้ 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ และไม้มะขามกับระยะเวลาในการเผา อุณหภูมิเตาเริ่มต้นอยู่ในช่วง 50-70 ℃ เมื่อระยะเวลาในการเผาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง จากนั้นอุณหภูมิมีค่าลดลง โดยอุณหภูมิหน้าเตามีค่ามากกว่า อุณหภูมิกลางเตา และท้ายเตาตามลำดับ ช่วงเวลาที่เก็บน้ำส้มควันไม้ 3 – 8 ชั่วโมงหลังจากนั้นไม้กลายเป็นถ่าน ทำให้ไม่มีน้ำส้มควันไม้ ปิดหน้าเตาอุณหภูมิเตาจึงมีค่าลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิแวดล้อม



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิ หน้าเตา ของไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ ไม้มะขาม กับระยะเวลาในการเผา



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิ กลางเตา ของไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ ไม้มะขาม กับระยะเวลาในการเผา



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิ ท้ายเตา ของไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ ไม้มะขาม กับระยะเวลาในการเผา

รูปที่ 4, 5 และ 6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิหน้าเตา กลางเตา และท้ายเตา ของการเผาไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ และไม้มะขาม กับระยะเวลาในการเผา พบว่าอุณหภูมิบริเวณหน้าเตา กลางเตา และท้ายเตาของไม้มะขามมีค่าสูงสุด ในขณะที่อุณหภูมิของเตาทั้งสามบริเวณของไม้กระถินณรงค์และไม้ยูคาลิปตัสมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยสังเกตเห็นได้ชัดในช่วงเวลาที่เก็บน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากไม้มะขามเป็นไม้เนื้อแข็งมีค่าความร้อนสูงทำให้อุณหภูมิ จากการเผาไม้ชนิดนี้มีค่าสูง

ตารางที่ 1 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ และไม้มะขาม

ชนิดไม้	ค่า pH เฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้		
	น้ำส้มควันไม้ดิบ	น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านชุดเครื่องกรองอย่างง่าย	น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter
ไม้ยูคาลิปตัส	4.32 ± 0.01	4.08 ± 0.02	3.83 ± 0.01
ไม้กระถินณรงค์	3.86 ± 0.01	5.07 ± 0.02	4.63 ± 0.01
ไม้มะขาม	4.51 ± 0.0	4.46 ± 0.04	4.34 ± 0.01
น้ำส้มควันไม้ดิบจากตลาด	3.94 ± 0.01	3.93 ± 0.03	3.93 ± 0.01

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำส้มควันไม้ดิบ น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านชุดกรองอย่างง่าย และน้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter พบว่า น้ำส้มควันไม้ดิบที่ได้ทั้งหมดมีค่า pH เฉลี่ยระหว่าง 3.86 - 4.51 ส่วนน้ำส้มควันไม้ดิบที่ผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรองอย่างง่ายมีค่า pH เฉลี่ย 3.93 - 5.07 และน้ำส้มควันไม้ดิบที่ไม่ผสมผงถ่านผ่านชุดกรอง Vacuum bacteria filter มีค่า pH เฉลี่ย 3.83 - 4.63 ซึ่งแสดงสมบัติเป็นกรดถ้าตัวเลขมีค่าน้อย สมบัติความเป็นกรดมีค่ามาก จากตารางที่ 1 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้จากไม้มะขาม ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าลดลงเมื่อผ่านชุดเครื่องกรองทั้งสองยกเว้นกรณีน้ำส้มควันไม้จากไม้กระถินณรงค์ที่ค่า pH เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากไม้กระถินณรงค์เป็นไม้เนื้ออ่อนและมีลำต้นขนาดเล็กจึงทำให้ค่า pH มีความแตกต่างจากไม้อีกสองชนิด ความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้เอาไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเช่นการกำจัดแมลง ศัตรูพืช กำจัดจุลินทรีย์ที่ทำลายพืช หรือด้านครัวเรือนเช่นป้องกันปลวก มดและแมลงต่างๆ โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2 ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้

ชนิดไม้	ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย		
	น้ำส้มควันไม้ดิบ	น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านชุดเครื่องกรองอย่างง่าย	น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter
ไม้ยูคาลิปตัส	1.00 ± 0.00	1.01 ± 0.01	1.01 ± 0.00
ไม้กระถินณรงค์	1.00 ± 0.01	0.99 ± 0.01	1.00 ± 0.01
ไม้มะขาม	1.00 ± 0.00	1.01 ± 0.00	1.00 ± 0.01
น้ำส้มควันไม้ดิบจากท้องตลาด	0.99 ± 0.01	-	-

ตารางที่ 2 แสดงความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้ดิบ น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านชุดเครื่องกรองอย่างง่าย และน้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter พบว่า น้ำส้มควันไม้ดิบจากท้องตลาดและน้ำส้มควันไม้จากไม้ทั้ง 3 ชนิดมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.99 ± 0.01 ถึง 1.00 ± 0.01 น้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านชุดเครื่องกรองอย่างง่ายที่ได้จากไม้ 3 ชนิดมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.99 ± 0.01 ถึง 1.01 ± 0.01 และน้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 1.00 ± 0.01 ถึง 1.01 ± 0.00 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างน้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านที่ผ่านชุดเครื่องกรองอย่างง่ายและผ่านเครื่องกรอง Vacuum bacteria filter และน้ำส้มควันไม้ดิบที่ซื้อจากตลาดมีค่าไม่แตกต่าง**กัน** สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะเป็นค่าที่บ่งบอกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จาก 4 ตัวอย่างมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำ

5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะขาม ไม้กระถินณรงค์ ด้วยถัง 200 ลิตร โดยวัดค่าอุณหภูมิที่ได้จากการเผาเฉลี่ยของหน้าเตา กลางเตา และท้ายเตา มีค่าระหว่าง 30-270 ^{o}C,30-260 ^{o}C และ 30-195 ^{o}C ตามลำดับ ค่า pH เฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้ดิบ ไม้กระถินณรงค์ ไม้ยูคาลิปตัส และไม้มะขาม คือ 3.94, 3.86, 4.32 และ 4.51 ตามลำดับ ส่วนน้ำส้มควันไม้ดิบผสมผงถ่านผ่านเครื่องกรองอย่างง่ายมีค่า pH เฉลี่ย 3.93 - 5.07 และน้ำส้มควันไม้ดิบที่ผสมผงถ่านผ่านชุดกรอง Vacuum bacteria filter มีค่า pH เฉลี่ย 3.83 - 4.63 ส่วนความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของน้ำส้มควันไม้ดิบจากท้องตลาดและน้ำส้มควันไม้จากไม้ทั้ง 3 ชนิดมีค่าระหว่าง 0.99-1.01 ความถ่วงจำเพาะและค่า pH บ่งบอกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จาก 4 ตัวอย่างมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำและมีสมบัติเป็นกรด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์เทอร์โมอิเล็กทริก มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลอง รวมทั้งนางสาวรุ่งทิพย์ ก้องเวหา นักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครที่ได้ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

7. บรรณานุกรม

[1] “มะขาม” http://www.the-than.com/samonpai/sa_11.html [2 พฤศจิกายน 2554].

[2] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2549, “ยูคาลิปตัส: ไม้เศรษฐกิจของโลก”, http://www.nstda.or.th/news/362-2009-05-28-14-47-20 [2 พฤศจิกายน 2554].

[3] “กระถินณรงค์ ต้นไม้โรงเรียนชอบปลูก”, http://www.baanmaha.com/community/thread15824.html [2 พฤศจิกายน 2554].

[4] กล้าณรงค์ ระติเดช และคณะ, 2551, “การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้,” อุบลราชธานี. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[5] ปาริชาติ เกียรติกระจาย, 2549, “การศึกษาสมบัติของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่านเศษกิ่งไม้ โดยใช้เตาถ่านไทย-อิวาเตะ,” กรุงเทพฯ: ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] นิคม แหลมสัด, อัจฉริยะ โชติขันธ์, 2547, “การผลิตและสมบัติของน้ำส้มควันไม้และถ่านจากไม้ไผ่และไม้ตัดขยายระยะที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางโดยใช้เตาถ่านไทย-อิวาเตะ”, กรุงเทพฯ: ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

O-CF14

การประเมินวัฏจักรชีวิตของ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพและกากตะกอนน้ำมันดิบ

สมชาย มณีวรรณ์[1], ฉันทนา พันธุ์เหล็ก[1], วีระ พันอินทร์[2]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000โทร 0-5596-3553โทรสาร 0-5596-3552
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางลำปาง 52100โทร 0-5424-2306 โทรสาร 0-5423-7388

บทคัทย่อ

บทความฉบับนี้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (MBWT)และกากตะกอนน้ำมันดิบโดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะชุมชน (MSW) และกากตะกอนน้ำมันดิบงานวิจัยดังกล่าวใช้ขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ (MBT) ระยะเวลา 5 เดือน ทำการศึกษาที่อัตราส่วนของกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะ MBT/MSWที่อัตราส่วน 5:95, 10:90, 15:85, 20:80 และ 25:75 จากผลการวิเคราะห์เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะชุมชน และขยะบำบัดเชิงกลชีวภาพในอัตราส่วน 20:80 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงจากที่ผลิตจากขยะชุมชนมีผลกระทบสูงกว่าเชื้อเพลิงที่ผลิตจากขยะบำบัดเชิงกลชีวภาพ ที่อัตราส่วน 20:80 เท่ากัน โดยจากการประเมินวัฏจักรชีวิตในกรณีของเชื้อเพลิง RDF-5 จากขยะเชิงกลชีวภาพร่วมกับกากตะกอนน้ำมันดิบ (CBT4) พบว่าประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 3,483.44 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 751.57 Pt, Winter smog มีค่าเท่ากับ 347.30 Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 260.41 Pt ตามลำดับ

คำสำคัญ: เชื้อเพลิง RDF-5, ขยะชุมชน, ขยะบำดับเชิงกลชีวภาพ, กากตะกอนน้ำมันดิบ, วัฏจักรชีวิต

Abstract

This paper was to study the Life Cycle of refuse derived fuel 5 (RDF-5) composed of mechanical biological waste treatment (MBWT) and crude oil sludge compared with municipal solid waste (MSW) and crude oil sludge. In this case study, the formation of RDF-5 was done by mixing crude oil sludge with the MBT for 5 months. The ratios of MBT/MSW and crude oil sludge were 5:95, 10:90, 15:85, 20:80 and 25:75 respectively.The results showed that the optimal 20:80 ratio was feasibility to produce the RDF-5. The environment results of MBT/MWS and crude oil has effect of environments impact; which 20:80 ratio MWS has more environmental impact comparison of MBT. The Life Cycle Assessment shown that the major environmental impact of RDF-5 (CBT4) is the heavy metals effect was about 2,972.49 Pt, followed by the acidification effect was about 724.23 Pt, the winter smog was about 335.05 Pt and the greenhouse effects was about 248.42 Pt respectively.

Keywords : RDF-5, MSW, MBT, crude oil sludge, Life Cycle

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้เกิดความต้องการการใช้พลังงานสูงตาม โดยในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2556 ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงาน 2,007 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 1.9 โดยการใช้ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนการใช้สูงสุดร้อยละ 46 ของการใช้พลังงานขั้นต้นทั้งหมด มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.1 รองลงมาได้แก่ การใช้น้ำมัน สัดส่วนร้อยละ 36 มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 การใช้ลิกไนต์ สัดส่วนร้อยละ 5 มีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.7 ในขณะที่การใช้ถ่านหินนำเข้า สัดส่วนร้อยละ 11 มีการใช้ลดลงร้อยละ 5.9 และการใช้ไฟฟ้าพลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า สัดส่วนร้อยละ 2 มีการใช้ลดลงร้อยละ 20.4[1]ผลจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของเศรษฐกิจ นอกจากจะส่งผลต่อความต้องการพลังงานแล้ว ยังก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะ[2] ปัญหาขยะมูลฝอยซึ่งนับวันจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรซึ่งจากการสำรวจข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศ เมื่อ พ.ศ. 2556 โดยทำการสำรวจจากกลุ่มเป้าหมาย คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ จำนวน 7,782 แห่ง ประกอบด้วย เทศบาล จำนวน 2,271 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 5,510 แห่ง และ กทม.โดย พ.ศ.2556 พบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ มีจำนวน 26.77 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาถึง 2 ล้านตัน โดยขยะมูลฝอยจำนวนดังกล่าว ได้รับการให้บริการเก็บขนและนำไปกำจัดจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 4,179 แห่ง (ร้อยละ 54) โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดแบบถูกต้องจำนวน 7.2 ล้านตัน (ร้อยละ 27) กำจัดแบบไม่ถูกต้อง 6.9 ล้านตัน (ร้อยละ 26) มีปริมาณขยะมูลฝอยที่ไม่ได้รับการเก็บขนทำให้ตกค้างในพื้นที่อยู่ถึง 7.6 ล้านตัน (ร้อยละ 28) และมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกดึงนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ 5.1 ล้านตัน (ร้อยละ 19) ขณะนี้ทั้งประเทศมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่ทั้งหมด 2,490 แห่ง เป็นสถานที่ที่มีการกำจัดขยะ มูลฝอยแบบถูกต้องเพียง 466 แห่ง (ร้อยละ 19) และยังคงมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยไม่แบบถูกต้อง เช่น การเทกองกลางแจ้ง การเผาในที่โล่ง เป็นต้น อยู่ถึง 2,024 แห่ง (ร้อยละ 81) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดปริมาณขยะมูลฝอยสะสมตกค้างเพิ่มขึ้นสูง จากการลงสำรวจพื้นที่ ปี 2556 พบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยสะสมทั้งประเทศมีจำนวนสูงถึง 19.9 ล้านตัน [2]

การนำขยะมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ในด้านพลังงานได้แก่ นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า [3-5] ขยะเชื้อเพลิง [5-7] และก๊าซเชื้อเพลิง จึงเป็นอีกแนวทางในการแก้ปัญหาขยะมูลฝอย สามารถช่วยกำจัดขยะและลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศได้ แต่อย่างไรก็ตามในการนำขยะมาใช้ในการผลิตพลังงานนั้น จำเป็นต้องมีการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) เพื่อให้ทราบถึงผลกระต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทราบถึงการผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงาน

ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ โดยจะทำการศึกษาวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของเชื้อเพลิง RDF-5 เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การแปรรูปเป็นพลังงาน และการจัดการเศษซากของเชื้อเพลิง RDF-5 เมื่อ

หมดอายุการใช้งาน โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการปรับปรุงเชื้อเพลิง RDF-5 และกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะชุมชน และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ (MBT) ทำการศึกษาที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะชุมชนที่อัตราส่วน 5:95, 10:90, 15:85, 20:80 และ25:75 และอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะ MBT โดยมีภาพรวมการศึกษาดังรูปที่ 1

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

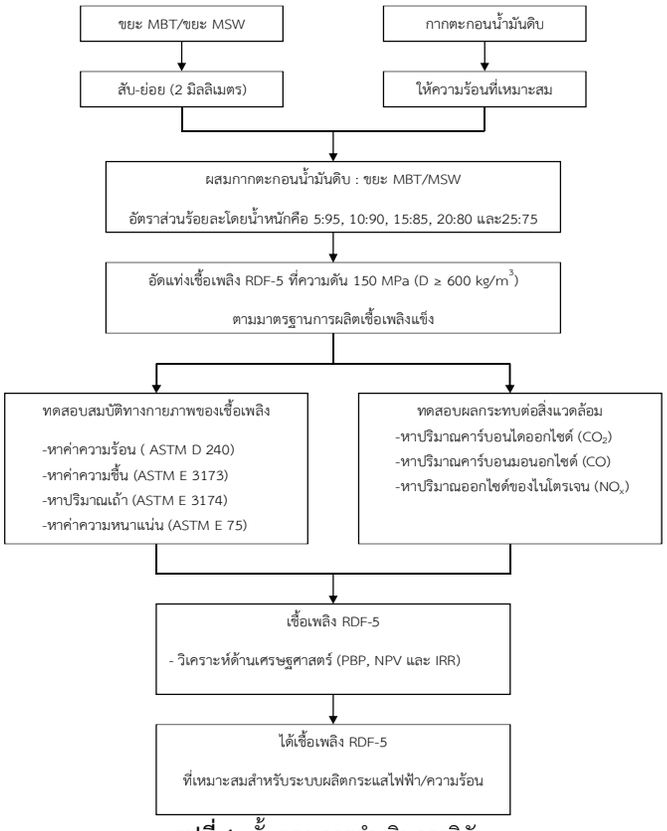
1) กากตะกอนน้ำมันดิบ ที่ความชื้นประมาณร้อยละ 23.9

2) ขยะชุมชน (MSW) ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ

3) ขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ (MBT) ระยะเวลา 5 เดือน ที่ผ่านการนำมาร่อนแยกขนาด โดยงานวิจัยนี้ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 40 mm ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์อัตราส่วนเชื้อเพลิงกากตะกอนน้ำมันดิบต่อขยะ MSW/MBT

ตัวอย่างเชื้อเพลิง		อัตราส่วน	สัญลักษณ์
กากตะกอนน้ำมันดิบ (Crude Oil Sludge)	ขยะ MSW	5:95	CSW_1
		10:90	CSW_2
		15:85	CSW_3
		20:80	CSW_4
		25:75	CSW_5
	ขยะ MBT	5:95	CBT_1
		10:90	CBT_2
		15:85	CBT_3
		20:80	CBT_4
		25:75	CBT_5



รูปที่ 1: ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3. ผลการศึกษา

3.1 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSWในอัตราส่วน 15:85 (CSW_3) และ 20:80 (CSW_4) ร้อยละโดยน้ำหนัก กับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน15:85 (CBT_3) และ 20:80 (CBT_4) ร้อยละโดยน้ำหนักแสดงดังตาราง 4.13

ตาราง 2: สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5

ประเด็นที่พิจารณา	หน่วย	เชื้อเพลิง RDF-5			
		CSW		CBT	
		CSW_3	CSW_4	CBT_3	CBT_4
1. ระยะเวลาคืนทุน	ปี	5.81	5.03	4.98	4.52
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	ล้านบาท	-46.69	18.43	26.12	74.36
3. อัตราผลตอบแทนภายใน	%	9.94	12.81	13.25	15.55
การจัดลำดับความเหมาะสมการลงทุน		ไม่ควรลงทุน	❸	❷	❶

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 15:85 (CSW_3) และ 20:80 (CSW_4) ร้อยละโดยน้ำหนัก กับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน15:85 (CBT_3) และ 20:80 (CBT_4) ร้อยละโดยน้ำหนัก พบว่า เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT_4) ที่ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ดีที่สุด รองลงมาคือ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT_3) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 (CSW_4) ตามลำดับส่วนเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 15:85 (CSW_3) ไม่ควรลงทุนเนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ 12%

จากสถานการณ์ในปัจจุบัน ที่อัตราดอกเบี้ยมีความผันผวน ตามอัตราเงินเฟ้อที่ปรับตัวสูงขึ้นและสถานการณ์ในต่างประเทศที่อยู่ในสภาวะถดถอย ดังนั้นในความเห็นของนักวิจัยจึงเห็นว่าแหล่งที่มาของเงินทุนของโครงการที่เหมาะสมที่สุด ควรมาจากเงินงบประมาณของภาครัฐ รวมถึงภาครัฐควรให้การสนับสนุนเพื่อเพิ่มแรงจูงใจให้เอกชนเข้ามาลงทุนในอนาคต เช่น การให้ค่าตอบแทนในรูปค่ากำจัดขยะ การเพิ่มส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าเพิ่มขึ้น รวมทั้งสนับสนุนเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ สร้างมาตรการส่งเสริมการลงทุน จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่เหมาะสมกับภาคเอกชน เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้เอกชนเข้ามาลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าจากขยะเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

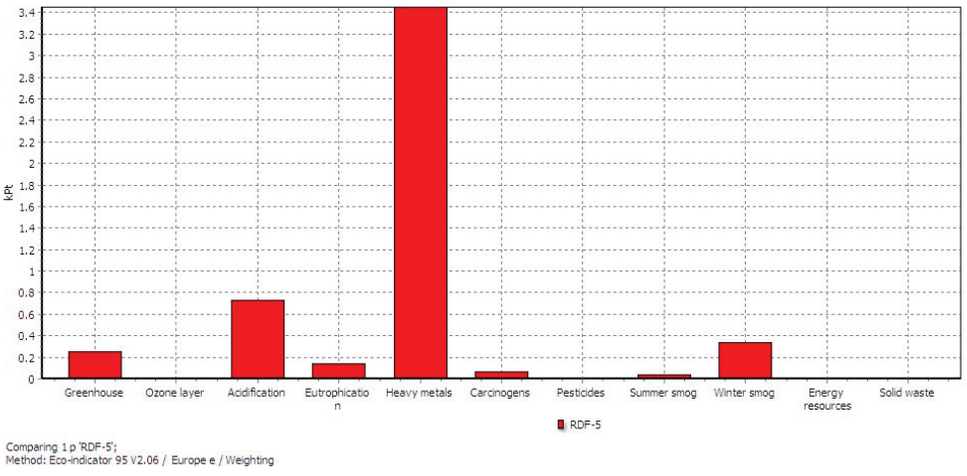
3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_4)

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT_4) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ดีที่สุดดังนั้นนักวิจัยได้จัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis) ของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_4) ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_4)

กระบวนการ	ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. กระบวนการ MBT	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน	ขยะ MBT	35.15	ตัน
	น้ำมันดีเซล	560	ลิตร	Compost	6.75	ตัน
				ขยะรีไซเคิล	2.7	ตัน
2. การขนส่ง	รถบรรทุก 10 ล้อ	1	คัน			
	ระยะทาง	30	km			
	น้ำมันดีเซล	17.14	ลิตร			
3. การผลิต RDF-5	ขยะ MBT	35.15	ตัน	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน
	กากตะกอนน้ำมันดิบ	7.03	ตัน			
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	1,947,660	kWh			
4. การผลิตไฟฟ้า	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	135,328.97	kWh
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	8,796.38	kWh	ปริมาณเถ้า	2	ตัน
				มลพิษสู่อากาศ		
				CO	224	ppm
				NO_x	7.00	ppm

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaProVersion 7.2 ซึ่งจากผลการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5(CBT_4) แสดงรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_4)

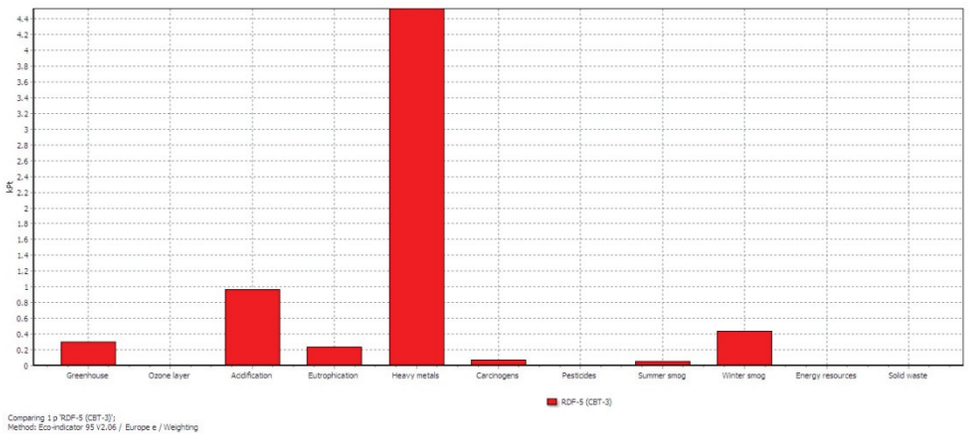
การประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตพลังงานของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 พบว่า ประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 3,450.41 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 728.07 Pt Winter smog มีค่าเท่ากับ 336.71Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 249.19 Pt ตามลำดับ

3.3การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_3)

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT_3) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ดีรองลงมาจากเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT_4) จากผลการศึกษาข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_3) แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_3)

กระบวนการ	ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. กระบวนการ MBT	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน	ขยะ MBT	35.15	ตัน
	น้ำมันดีเซล	560	ลิตร	Compost	6.75	ตัน
				ขยะรีไซเคิล	2.7	ตัน
2. การขนส่ง	รถบรรทุก 10 ล้อ	1	คัน			
	ระยะทาง	30	km			
	น้ำมันดีเซล	17.14	ลิตร			
3. การผลิต RDF-5	ขยะ MBT	35.15	ตัน	เชื้อเพลิง RDF-5	40.42	ตัน
	กากตะกอนน้ำมันดิบ	5.27	ตัน			
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	1,947,660	kWh			
4. การผลิตไฟฟ้า	เชื้อเพลิง RDF-5	40.42	ตัน	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	135,328.97	kWh
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	8,108.69	kWh	ปริมาณเถ้า	2	ตัน
				มลพิษสู่อากาศ		
				CO	218	ppm
				NO_x	5.33	ppm



รูปที่ 3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CBT_3)

รูปที่ 3 พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 ของผลกระทบที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 4,528.55 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 963.22 PtWinter smog มีค่าเท่ากับ 435.81Pt และ Greenhouse มีค่าเท่ากับ 300.44 Pt ตามลำดับซึ่งจากผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่า RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 ดังนั้นเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 จึงน่าลงทุนในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในกระบวนการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่า

3.4 การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW_4)

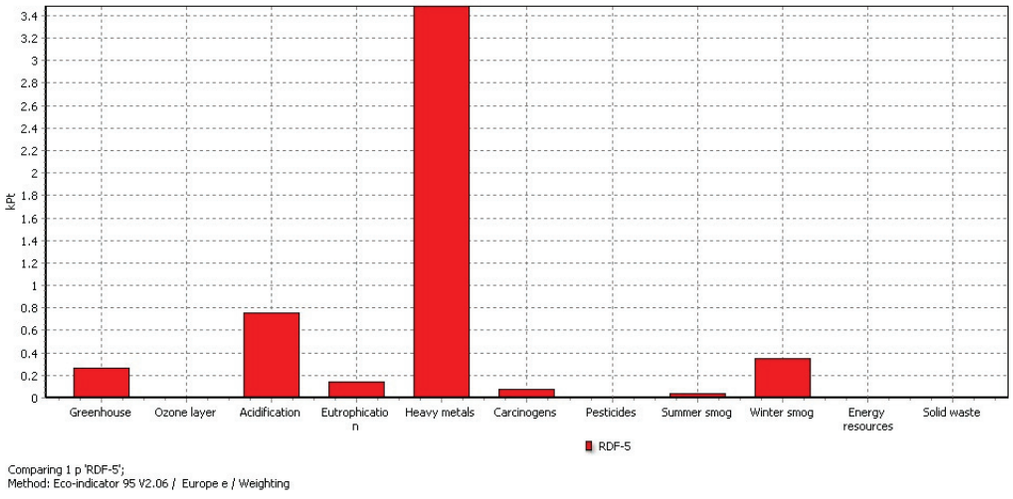
จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 (CSW_4) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ดีรองลงมาจากเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT_3) ข้อมูลปริมาณของสารที่เข้าและออกจากระบบการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW_4) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW_4)

กระบวนการ	ข้อมูลขาเข้า (Input)			ข้อมูลขาออก (Output)		
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
1. การคัดแยกขยะ	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน	ขยะชุมชน	135	ตัน
2. การขนส่งไป	รถบรรทุก 10 ล้อ	2	คัน			
	ระยะทาง	30	km			
	น้ำมันดีเซล	68.56	ลิตร			
3. การอบขยะชุมชน	ขยะชุมชน	135	ตัน	ขยะผ่านการอบ	134.16	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้	21,086.1	kWh			
4. การผลิต RDF-5	ขยะชุมชนที่ผ่านการร่อน	34.94	ตัน	เชื้อเพลิง RDF-5	41.92	ตัน
	ตะกอนน้ำมันดิบ	6.99	ตัน			
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	1,947,660				
5. การผลิตไฟฟ้า	เชื้อเพลิง RDF-5	41.92	ตัน	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	159,153.96	kWh
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	10,345.01	kWh	ปริมาณเถ้า	2	ตัน
				มลพิษสู่อากาศ		
				CO	228	ppm
				NO_x	8.00	ppm

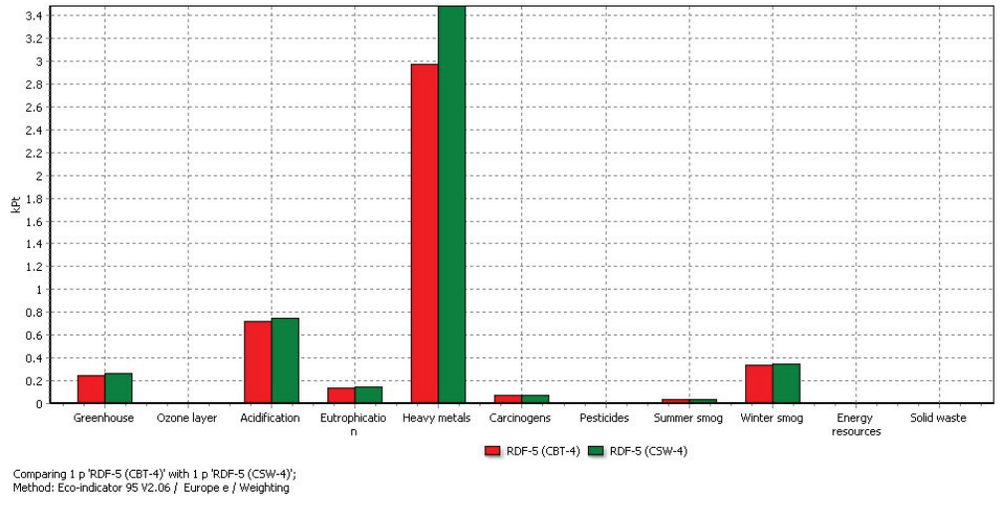
จากข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW_4) นำมาใช้ในขั้นตอนการประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากตารางบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW_4)มาทำการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaproVersion 7.2 ซึ่งผลการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5(CBT_3) จะนำมาเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT_4) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับ

ขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT_3) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกเชื้อเพลิงขยะที่ต่างชนิดกันมาลงทุนผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในกระบวนการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมแสดงรูปที่



รูปที่ 4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (CSW_4)

จากรูปที่ 4พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 ผลกระทบที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Heavy metals มีค่าเท่ากับ 3,483.44 Pt รองลงมาคือ Acidification มีค่าเท่ากับ 751.57 Pt, Winter smog มีค่าเท่ากับ 347.304 Ptและ Greenhouseมีค่าเท่ากับ 260.41Pt ตามลำดับ ส่วนค่าอื่นๆ ผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 พบว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 แต่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW เมื่อเปรียบเทียบในอัตราส่วนเดียวกัน จากข้อมูลนี้สนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัยได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT มีความเหมาะสมมากกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ทั้งทางด้านกายภาพ เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม แสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5

รูปที่ 5แสดงผลการเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 พบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 ซึ่งผลปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้แก่ Heavy metals รองลงมาคือ Acidification, Winter smog และ Greenhouse ตามลำดับ

4. สรุปผล

จากผลการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 สามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 15:85 (CBT_3) รองลงมาคือเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MSW ในอัตราส่วน 20:80 (CSW_4) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำมันดิบร่วมกับขยะ MBT ในอัตราส่วน 20:80 (CBT_4) ตามลำดับ และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW เมื่อเปรียบเทียบในอัตราส่วนเดียวกัน จากข้อมูลนี้สนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัยได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT มีความเหมาะสมมากกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 102 พ.ศ.2557

[2] สถานการณ์ขยะของประเทศไทย พ.ศ.2556,รวบรวมโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

[3] Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, (2002),“RDF production plants: I Design and costs,” Journal of Applied Thermal Engineering, 22, (2002), 423-437.

[4] Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, 2004,“RDF production plants: II Economics and profitability,” Journal of Thermal Engineering, 22,(2002), 439-448.

[5] Antonio C. Caputo, Mario Palumbo, Federica Scacchia, (2004). “Perspectives of RDF use in decentralized areas:comparing power and co-generation solutions,” Journal of Applied Thermal Engineering, 24, (2004), 2171-2187.

[6] Dennis Y.C. Leung, (2003),“A review on the development and commercialization of biomass gasification technologies in China,” Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8 (2004), 565-580.

[7] Francisco D. Hernandez-Atonal, ChangkookRyu, Vida N. Sharifi, Jim Swithenbank. (2007). “Combustion of refuse-derived-fuel in a fluidized bed,”Journal of Chemical Engineering Science, 62 (2007), 627-635.

P-CF15

ผลิตแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับโดยแก๊สซิฟิเคชั่น
Chestnut Shell Gasified by Gasification

จีรัฐติกุล กล้าหาญ[1*], อาทิตย์ คงใจดี[1], รนชัย กัญญานก[1]

[1*] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี 72130
โทร 084-4646145 โทรสาร035-434016 E-mail: nat_tapon_golf@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การผลิตแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับโดยแก๊สซิฟิเคชั่นนี้ผู้ศึกษาได้พบปัญหาในเรื่องน้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มมีน้อยลงส่งผลกระทบทำให้มีราคาสูงขึ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาแหล่งพลังงานทดแทน ซึ่งพลังงานทดแทนที่หาได้ง่ายคือพลังงานชีวมวล ผู้ศึกษาได้พบพืชชนิดหนึ่งคือกระจับมีจำนวนมากในเขตพื้นที่ ตำบลวังน้ำซับ อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี เมื่อชาวบ้านนำเนื้อกระจับไปขายจะเหลือเปลือกเป็นขยะจำนวนมาก จึงนำมาศึกษาหาแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิดแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับ ปริมาณแก๊สมีเทนและประสิทธิภาพของแก๊สชีวมวลโดยใช้เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์แบบเปลวไฟไหลลง จากผลการทดลองโดยการป้อนเชื้อเพลิงเปลือกกระจับ5 กิโลกรัมต่อครั้ง สามารถให้เชื้อเพลิงชีวมวลออกมาและนำแก๊สชีวมวลที่ออกมานำไปตรวจหาปริมาณแก๊สมีเทนได้ 6.8 % จากทดลองโดยปรับความเร็วอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเตาเผาแก๊สซิไฟเออร์3 ระดับ คือ 2, 3 และ 4 เมตร/วินาทีพบว่าการปรับความเร็วอากาศที่ 3 เมตร/วินาทีให้ผลในการผลิตแก๊สชีวมวลได้ดีที่สุด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเกิดแก๊สมีเทนของเปลือกกระจับ แกลบ และถ่านไม้ ปรากฏว่าเปลือกกระจับให้ปริมาณแก๊สมีเทนมากที่สุด คือ 6.8 %, 5.5 % และ 1.5 % ตามลำดับ โดยทดลองจากการป้อนปริมาณเท่ากันอยู่ที่ 5 กิโลกรัมต่อครั้ง

คำสำคัญ: เปลือกกระจับ, แก๊สซิฟิเคชั่น, แก๊สซิไฟเออร์

ที่มาและความสำคัญ

พลังงานทดแทน คือพลังงานเกิดจากการทับทมกันของซากพื้นซากสัตว์ขนาดเล็กในทะเลเมื่อประมาณ 500 ล้านปี การทับทมและตกตะกอนเป็นชั้นหนาทับถมเป็นพันเมตรจนกลายเป็นชั้นหินใต้ผิวโลก ทำให้ได้รับความร้อนจากใต้พิภพและการเกิดการสลายตัวของอินทรีย์สาร ซึ่งเชื้อเพลิงดังกล่าวประกอบด้วย 3 สถานะของแข็งรู้จักในชื่อ ถ่านหิน ของเหลว คือ น้ำมันดิบ และก๊าซ ก็คือก๊าซธรรมชาติ โดยเรียกว่ารวม พลังงานฟอสซิลหรือเชื้อเพลิงฟอสซิล

กะลาปาล์ม เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการแยกเมล็ดในปาล์ม ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเกรด A กะลาปาล์มเป็นส่วนประกอบหนึ่งของผลปาล์ม โดยจะอยู่ระหว่างเส้นใยปาล์มที่ติดเปลือกด้านนอกสุด กับเนื้อปาล์มที่อยู่ด้านในสุด ลักษณะทั่วไปมีสีน้ำตาล เนื้อแข็ง และมีคุณสมบัติให้ค่าความร้อนต่อหน่วยพลังงานในระดับสูง จึงได้รับความนิยมนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ทดแทนเชื้อเพลิงกระแสหลัก โดยปัจจุบันกะลาปาล์มเป็นที่ต้องการของกลุ่มอุตสาหกรรมที่มี Boiler เป็นหน่วยให้พลังงานในกระบวนการผลิตอย่างแพร่หลายอยู่ชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับกะลาปาล์มคือ เปลือกกระจับ จะมีลักษะแข็งเมื่อตากแดดจนแห้ง เวลาเผาก็จะเกิดประกายไฟแตกกระจายเหมือนกับกะลาปาล์ม คุณสมบัติดังกล่าวถ้านำไปทดลองหาค่าความร้อนคงใกล้เคียงกับกะลาปาล์มซึ่งเปลือกกระจับยังไม่มีใครนำไปศึกษาหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

เขตพื้นที่ตำบลวังน้ำซับ อำเภอศรีประจันต์จังหวัดสุพรรณบุรี มีการทำการเกษตรหลายด้าน เช่น ข้าว กระจับ และแห้ว ข้าวมีการทำมากที่สุดส่วนกระจับทำรองลงมาจากข้าวในเขตพื้นที่ตำบลวังน้ำซับ ซึ่งกระจับในการเพาะปลูกในแต่ละครั้งสามารถเก็บเกี่ยวได้ถึง 6-8 ครั้งซึ่งใน 1 เดือนการเก็บเกี่ยวกระจับครั้ง 1 จะเก็บได้ 180 กก./ไร่และถ้าเก็บตลอดหน้าจะเก็บได้ 1,080-1,440 กก/ไร่และเมื่อทำการปลอกเปลือกแล้ว 1 กิโลกรัม จะได้เนื้อ 0.4 กิโลกรัมเปลือกจะเหลือ 0.6 กิโลกรัมถ้าคิดทั้งหมดแล้วจะเหลือเปลือกกระจับเป็นขยะประมาณ 86.4 ตัน (งานรายประจำปีขององค์การบริหารส่วนตำบลวังน้ำซับ)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาแก๊สซิชีวมวลที่เกิดจากเปลือกกระจับนี้ขึ้นมาเพื่อศึกษาปริมาณแก๊สมีเทนของเปลือกกระจับเพื่อผลิตเป็นพลังงานทดแทนทางด้านแก๊สชีวมวล

1.วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.1. เพื่อศึกษาการเกิดแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับ โดยเตาเผาแก๊สซีไฟเออร์

1.2. เพื่อศึกษาปริมาณแก๊สมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากเปลือกกระจับ

1.3. เพื่อเป็นการศึกษาหาประสิทธิภาพการเกิดแก๊สชีวมวลที่เกิดจากเปลือกกระจับ

2.ขอบเขตของงานวิจัย

2.1. ทำการทดลองการเกิดแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับ

2.2. เตาเผาแก๊สซีไฟเออร์ใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)เปลี่ยนจากเปลือกกระจับมาเป็นแก๊สชีวมวล (แก๊สเชื้อเพลิง)

2.3. พลังงานแก๊สชีวมวลจากเปลือกกระจับ

2.4. ขนาดของเตาเผามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40เซนติเมตร สูง 55เซนติเมตร มีห้องเผาไหม้ทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร

3. ประโยชน์ของงานวิจัย

3.1. ได้พลังงานแก๊สชีวมวลที่เกิดจากเปลือกกระจับ

3.2. ได้รู้ถึงโครงสร้างทางเคมีของเปลือกกระจับของการเกิด แก๊สมีเทน (C_4H)

3.3. ได้แก๊สชีวมวลที่เกิดจากเตาเผาแก๊สซีไฟเออร์ แบบ Downdraft

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องเกิดแก๊สซิไฟเออร์จากเปลือกกระจับเพื่อเป็นการศึกษาหาพลังงานทางเลือกอีกรูปแบบหนึ่งมาเป็นการใช้พลังงานชีวมวลโดยเปลือกกระจับมาเผาในเตาแก๊สซิไฟเออร์และทำการจำกัดปริมาณอากาศเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และเมื่อได้แก๊สออกมาก็จะผ่านตัวกรองต่างๆเพื่อที่จะทำให้แก๊สที่ได้สะอาดที่สุดก่อนที่จะนำมาอัดเข้าถังเก็บและนำไปใช้ต่อไปผู้จัดทำจึงได้รวบรวมแนวคิดทฤษฎีและหลักการต่างๆจากเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

4.1. กระจับ

กระจับเป็นพืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู ลักษณะเป็นกอลอยน้ำ ใบมี 2 แบบ คือ ใบใต้น้ำเป็นเส้นยาวคล้ายราก ส่วนใบลอยน้ำรูปคล้ายสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนกระจับเป็นไม้น้ำชนิดหนึ่งที่น่าสนใจมากเพราะผลมรูปร่างประหลาด คล้ายหน้าควายที่มีเขาโค้ง ๒ เขา สีชมพูเข้ม ถ้านำไปต้มเปลือกจะเป็นสีดำสนิท เมื่อกะเทาะเปลือกนอกที่แข็งออก จะได้เนื้อในสีขาว



รูปที่ 1 กระจับ

4.2 ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล (Biomass) หมายถึงวัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ชีวมวลนับรวมถึงวัสดุทิ้งทางการเกษตรเศษไม้ปลายไม้จากอุตสาหกรรมไม้มูลสัตว์ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตรและของเสียจากชุมชนหรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร

4.2.1การแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงาน

4.2.1.1.การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผาจะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวลความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณภูมิและความดันสูงไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไปตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือเศษวัสดุทางการเกษตรและเศษไม้

4.2.1.2. การหมัก (Fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัวเกิดแก๊สชีวภาพ (Biogas) ที่มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์แก๊สมีเทนที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า

4.2.1.3. การผลิตแก๊ส (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงเรียกว่าแก๊สชีวภาพ (Biogas) มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทนไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนนอกไซด์สามารถนำไปใช้กับกังหันแก๊ส (Gas Turbine)

4.3 ชนิดของแก๊สซิไฟเออร์ (Type of Gasifier)

4.3.1 แก๊สซิไฟเออร์ชนิดเบดอยู่กับที่ (Fixed Bed Gasifier) แก๊สซิไฟเออร์ชนิดนี้เป็นชนิดที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอดีตอุณหภูมิการทางานจะอยู่ที่ประมาณ 1,000 C แก๊สซิไฟเออร์ชนิดนี้สามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 แบบตามลักษณะของทิศทางการไหลของอากาศหรือเปลวไฟคือแบบเปลวไฟไหลขึ้น (Updraft) และแบบเปลวไฟไหลลง (Downdraft)

ตารางที่1 แสดงส่วนประกอบของโปรดิวเซอร์แก๊สจากแก๊สซิไฟเออร์แบบต่างๆ

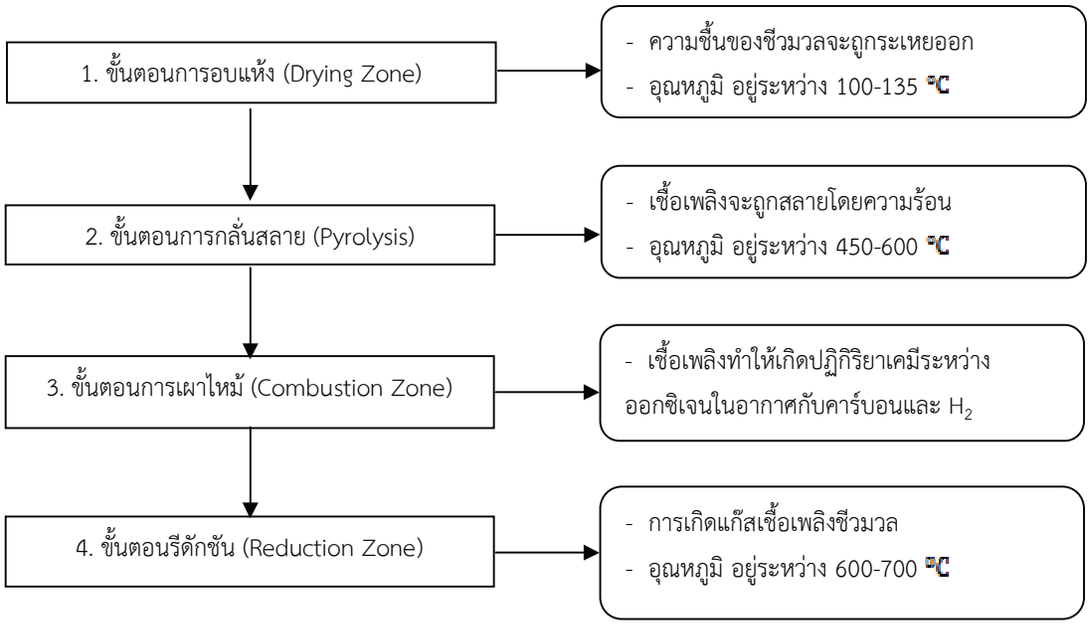
TYPE	Gas composition % v/v dry					HHV Mj/N m^3	Gas Quality	
	H_2	co	Co_2	Ch_4	N_2		Tar	Dust
Fluidized Bed, Air blown	9	14	20	7	50	5.4	Fair	Poor
Updraft, Air Blown	11	24	9	3	53	5.5	Poor	Good
Downdraft, Air Blown	17	21	13	1	48	5.7	Good	Fair
TYPE	Gas composition % v/v dry					HHV Mj/N m^3	Gas Quality	
	H_2	co	Co_2	Ch_4	N_2		Tar	Dust
Downdaft,Oxygen-Blown	32	48	15	2	3	10.4	Good	Good
Mulfi-solid Fluidized Bed	15	47	15	23	0	16.1	Fair	Poor
Twin Fluidized Bed Gasification	31	48	0	21	0	17.4	Fair	Poor

ที่มา: เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์ (อี.เทค)

4.4 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Technology)

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในที่จำกัดอากาศโดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกลายเป็นโปรดิวเซอร์แก๊สหรือเชื้อเพลิงแก๊ส (Fuel Gas)

4.4.1 ปฏิกิริยาในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถแยกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ 4 โซนของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

4.5.การเผาไหม้

การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนร่วมการเกิดความร้อนสูงและแสง เป็นปรากฏการณ์ที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา เมื่อใช้สารชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาอ็อกซิเดชั่นที่มีความร้อนเกิดขึ้นโดย คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H_2), ออกซิเจน (O), ซัลเฟอร์ (S) ที่เผาไหม้ได้ และไนโตรเจน (N), น้ำ H_2O และเถ้า ซึ่งอยู่ในสารชีวมวลทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เรียกว่าการเผาไหม้
สมการการเผาไหม้จะเกิดดังต่อไปนี้

$$C + O_2 > CO_2 \quad (2.3)$$

$$C + \tfrac{1}{2} O_2 > H_2O \quad (2.4)$$

$$S + O_2 > SO_2 \quad (2.5)$$

$$N + XO_2 > NO_X \quad (2.6)$$

สำหรับไนโตรเจน (N) สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O) ทำให้เกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ แต่เกิดในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้น ในแง่ปฏิกิริยาการเผาไหม้ จึงถือว่าไม่เกิดการเผาไหม้

จากสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจึงพบว่าไอเสียที่เกิดขึ้นนั้นจะประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), น้ำ(H_2O) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ใน ทางปฏิบัติอาจเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้สารคาร์บอนในเชื้อเพลิงเกิดเป็นเขม่า ซึ่งเป็นสารคาร์บอนที่เกิดจากการไม่ทำปฏิกิริยาเผาไหม้ หรือรัยกว่าคาร์บอนมอนน็อกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นสารประกอบของคาร์บอนที่ยังเผาไหม้ไม่สิ้นสุด ผลผลิตทั้งสองตัวนี้ถือเป็นเชื้อเพลิงส่วนที่เผาไหม้ไม่หมดที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนกฤต แก้วมณี ปี 2556 การออกแบบและพัฒนาเตาเผาชีวมวลเพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์น้ำมันดินต่ำ

นฤเบศร์ หนูใสเพชร นายสิทธิชัย วงศ์หน่อ ปี2553 การออกแบบและสร้างเตาแก๊สซิไฟเออขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

ปิ่น ประมาพันธ์ ปี 2555 เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์

สุภา บุญดี ออกแบบสร้างผลิตเตาพลังก๊าซชีวมวลจากเศษไม้ ขี้เลื่อย แกลบและน้ำมันพืชเตาปฏิกรณ์ชีวมวล Gasifier Reactor Stove Model iizz v.1

ณัฐพล บุญพิทักษ์ ปี 2555 การจำลองกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันแบบออโตเทอร์มัลโดยใช้น้ำ

บุริมภัทร ปกรณ์ศิริ ปี 2552 การลดการใช้น้ำมันเตาและการจัดการของเสียผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นของกากตะกอนชีวภาพในอุตสาหกรรมกระดาษรีไซเคิล

6.วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัยเตาเผาแก๊สซิไฟเออร์แบบลงล่างตั้งแต่การศึกษาค้นคว้าข้อมูลตลอดจนถึงการทดสอบและบันทึกผลการทำงาน โดยจะบอกวิธีการดำเนินงานต่างๆของงานวิจัยเป็นขั้นตอนตามแบบแผนที่เตรียมไว้โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำโครงสร้างซึ่งมีเนื้อหาดังต่อไปนี้



รูปที่ 3เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์



รูปที่ 4เปลือกกระจับ

6.1 การคำนวณงานวิจัย

6.1.1 การคำนวณหาปริมาณอากาศ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณปริมาณอากาศที่เข้าสู่เตาเผา คือ $Q = V A$

เมื่อ Q = ปริมาณอากาศที่เข้าสู่เตาเผา เป็นลูกบาศก์เมตร / วินาที

V = ความเร็วลมในการพาอากาศเข้าไป เป็นเมตร / วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อที่อากาศไหลผ่าน เป็นตารางเมตร

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่ออากาศ เป็น เมตร

คำนวณครั้งที่ 1 ให้ V = 2 m/s $A = \frac{\pi}{4}d^2$ d = 0.04 เมตร

แทนค่า $Q = 2 \times \frac{\pi}{4}(0.04^2)$

$Q = 0.0025 \ m^3/s$

คำนวณครั้งที่ 2 ให้ V = 3 m/s $A = \frac{\pi}{4}d^2$ d = 0.04 เมตร

แทนค่า $Q = 3 \times \frac{\pi}{4}(0.04^2)$

$Q = 0.0037 \ m^3/s$

คำนวณครั้งที่3 ให้ V = 4 m/s $A = \frac{\pi}{4}d^2$ d = 0.04 เมตร

แทนค่า $Q = 4 \times \frac{\pi}{4}(0.04^2)$

$Q = 0.005 \ m^3/s$

6.1.2 คำนวณการเลือกใช้พัดลมโบล์เวอร์

1) คำนวณหาปริมาตรของเตาเผา

สูตร $Q_{\text{เตาเผา}} = \frac{\pi}{4}D^2 \times L$

<u>แทนค่า</u> D = 0.4 m. L = 0. 55m

จะได้ $Q_{\text{เตาเผา}} = \frac{\pi}{4}(0.4^2) \times 0.55$

$Q_{\text{เตาเผา}} = 0.069 \ m^3$

2) คำนวณหาปริมาตรที่ต้องถ่ายเท

สูตร ปริมาตรที่ต้องถ่ายเท $= \frac{Q_{\text{เตาเผา}} \times \text{จน.การถ่ายเท}}{60 \text{ นาที}}$

จำนวนการถ่ายเทของเตาเผาต้องเป็น 100 ถ้าถ่ายเทไม่หมดเตาอาจระเบิด

<u>แทนค่า</u> ปริมาตรที่ต้องถ่ายเท $= \frac{0.069 \times 100}{60 \text{ นาที}}$ CMM

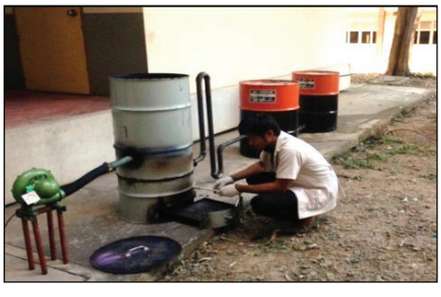
ปริมาตรที่ต้องถ่ายเท = 0.115 CMM

6.2 การทดสอบและการบันทึกข้อมูล

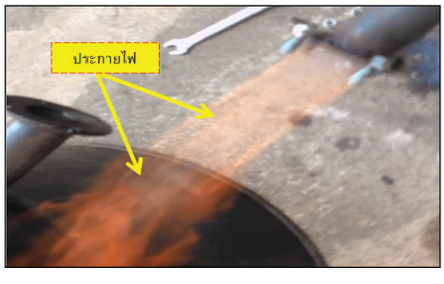
6.2.1 ขั้นการเตรียมเปลือกกระจับที่แห้งแล้วที่ความชื้นประมาณ 12 – 18 %



6.2.2.ขั้นติดเตาเผาโดยใส่เชื้อเพลิงลงไป 5 กิโลกรัม แล้วควบคุมอากาศโดยใช้ความเร็วของอากาศอยู่ที่ 2, 3 และ 4 เมตร/วินาที เพื่อดูปริมาณของแก๊สที่เอาออกมาใช้ว่าความเร็วของอากาศแค่ไหนให้ปริมาณแก๊สได้มากกว่า



6.2.3.ขั้นตอนทดสอบปริมาณแก๊สที่ได้ออกมาใช้งานมาได้ปริมาณมากแค่ไหน โดยการจับเวลาในการติดไฟในการทดลองนี้ช่วงไหนที่มีการติดไฟได้เวลานานที่สุดเพื่อจะนำมาใช้งานและนำแก๊สที่ได้ออกมานำมาตรวจหาองค์ประกอบของแก๊ส



6.3. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบเผาเชื้อเพลิงเปลือกกระจับในเตาเผาแก๊สซิไฟเออร์ โดยเปลือกกระจับมีความชื้น12-18 % ซึ่งจะเปรียบเทียบกับปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์ ดังตาราง 2

1) วัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลค่าที่ได้มีดังนี้

- อุณหภูมิภายในเตาเผา มีค่าเท่ากับ 545 ℃
- อุณหภูมิที่ท่ออากาศทางเข้า มีค่าเท่ากับ 35 ℃
- อุณหภูมิที่ท่อวนแก๊สออก มีค่าเท่ากับ 80 ℃
- อุณหภูมิของแก๊ส มีค่าเท่ากับ 59 ℃

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการเกิดแก๊สชีวมวลซึ่งจะเปรียบเทียบกับปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์ โดยน้ำหนักของเปลือกกระจับเท่ากับ 5 กิโลกรัม

ความเร็วอากาศ	ปริมาณอากาศ	การเกิดแก๊สแล้วติดไฟ	เวลาที่ไฟติด
2 m/s	0.0025 ลูกบาศก์เมตร/วินาที	ไม่ติด(อากาศเบาดันแก๊สมาไม่ได้)	-
3 m/s	0.0037 ลูกบาศก์เมตร/วินาที	ติดดีมาก	5 นาที
4 m/s	0.005 ลูกบาศก์เมตร/วินาที	ติดแล้วดับ (อากาศแรงมากกว่าแก๊ส)	30 วินาที

จากตารางบันทึกผลการทดลอง

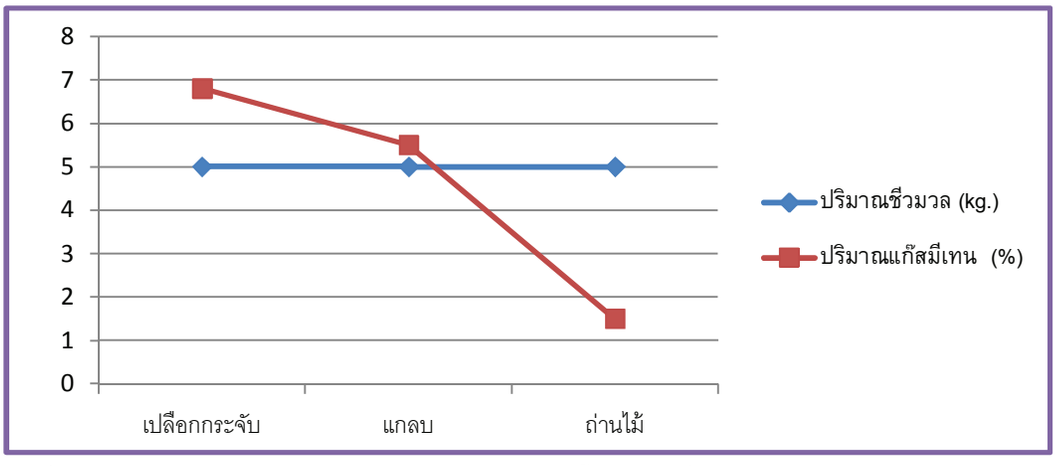
ครั้งที่ 1 ใช้ความเร็ว 2 เมตร/วินาที ปริมาณอากาศที่เข้าไปจะได้ 0.0025 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ทดลองการเกิดแก๊สด้วยการจุดไฟที่แก๊สออก ผลปรากฏว่าไฟไม่ติด เนื่องจากอากาศน้อยไม่พอที่จะทำการเผาไหม้แก๊สจึงไม่ออกที่ออกมามีแต่ควัน

ครั้งที่ 2 ใช้ความเร็ว 3 เมตร/วินาที ปริมาณอากาศที่เข้าไปจะได้ 0.0037 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ทดลองการเกิดแก๊สด้วยการจุดไฟที่แก๊สออก ผลปรากฏว่าไฟติด เนื่องจากอากาศพอที่จะทำการเผาไหม้แก๊สแต่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงออกมาเป็นแก๊สชีวมวล

ครั้งที่ 3 ใช้ความเร็ว 4 เมตร/วินาที ปริมาณอากาศที่เข้าไปจะได้ 0.005 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ทดลองการเกิดแก๊สด้วยการจุดไฟที่แก๊สออก ผลปรากฏว่าไฟติดแล้วดับ เนื่องจากอากาศมากเมื่อทำการเผาไหม้จะเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์แก๊สจึงออกมาน้อยที่ออกมามีไอความร้อน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สมีเทนและความชื้นของแก๊สที่ได้จากเปลือกกระจับ ถ่านไม้และแกลบ

ชนิดชีวมวล	ปริมาณชีวมวล (กิโลกรัม)	ปริมาณแก๊สมีเทน (%)	ปริมาณความชื้น (%)
เปลือกกระจับ	5	6.8	18
ถ่านไม้	5	1.5	18
แกลบ	5	5.5	18



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สมีเทนและความชื้นของแก๊สที่ได้จากเปลือกกระจับ แกลบ และถ่านไม้

7. สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาการเกิดแก๊สซิไฟเออร์จากเปลือกกระจับ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและหาประสิทธิภาพของการเกิดแก๊สชีวมวลที่เกิดจากเปลือกกระจับ

7.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการทดลองเพื่อทำการหาแก๊สชีวมวลที่เกิดจากเปลือกกระจับโดยแก๊สซิฟิเคชั้น โดยใช้เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์ ซึ่งมีหลักการทำงานแบบ Downdraft โดยที่เปลือกกระจับมีความชื้นที่ 12- 18 % ซึ่งจะเปรียบเทียบกับปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์ โดยป้อนที่ความเร็ว 3 เมตร/วินาที ซึ่งมีปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้อยู่ที่ 0.0037 ลูกบาศก์เมตร/วินาที จึงทำให้เกิดแก๊สที่ไหลออกมาและทำการจุดด้วยไฟ

ผลปรากฏว่าติดไฟได้ เป็นตำแหน่งของการเผาไหม้ที่เหมาะสมเมื่อเทียบความเร็วที่ตำแหน่งอื่นๆ ของการเกิดแก๊ส ซึ่งมีค่าแก๊สมีเทนอยู่ที่ 6.8 % โดยน้ำหนักของเปลือกกระจับที่ใช้ในเผาไหม้อยู่ที่ 5 กิโลกรัม

7.2 อภิปรายผล

7.2.1 ปัญหาของเชื้อเพลิง คือกระจับจะเกาะกันอยู่เมื่อเผาไหม้จะไม่ค่อยไหลลงไปในห้องเผาไหม้

7.2.2 ปัญหาของแก๊สที่ออกมาจะมีควันไฟออกมาเวลาจุดไฟจึงทำให้ติดยาก

7.3 ข้อเสนอแนะ

7.3.1 ควรมีอุปกรณ์ช่วยให้เชื้อเพลิงไหลลงเข้าสู่ห้องเผาไหม้

7.3.2 ควรมีระบบกักควันไฟไม่ให้ออกมาพร้อมแก๊สโดยตรงให้

P-CF16

การศึกษาผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารของโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Study of biogas production from food waste in Kamphaeng Phet Rajabhat University canteen

ภาคิณ มณีโชติ*[1], เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์ *[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

E-mail: ball_ccs04@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

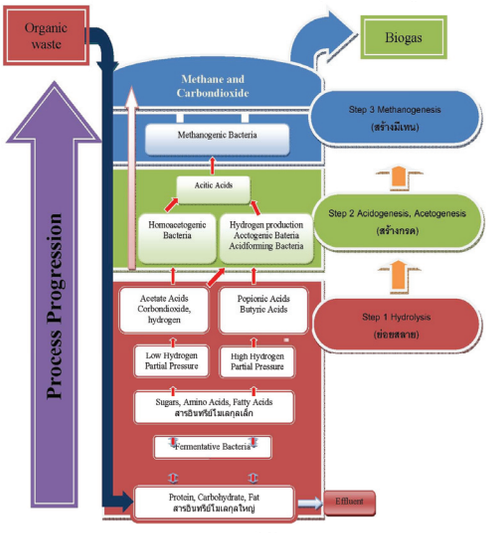
งานวิจัยการศึกษาผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารแบบมีถังหมักกับถังเก็บก๊าซชีวภาพและเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพ จากเศษอาหาร จากการศึกษาผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารพบว่าช่วงที่ 1 ใส่เศษอาหารวันละ 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 วันผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.041 ลูกบาศก์เมตร ช่วงที่ 2 ใส่เศษอาหารวันละ 2 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 วันผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.058 ลูกบาศก์เมตร ช่วงที่ 3 ใส่เศษอาหารวันละ 3 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 วันผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.106 ลูกบาศก์เมตร จากการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพจากเศษอาหารให้กับนักศึกษาและประชาชนทั่วไปประเมินความพึงพอใจ พบว่า ผู้เข้าอบรมจำนวน 20 คน ให้ความสนใจโดยรวมอยู่ในระดับดีร้อยละ 86.80 พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านคุณภาพการให้บริการ ร้อยละ 88.60 รองลงมาคือด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ร้อยละ 87.40 ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ คิดเป็นร้อยละ 86.40 และด้านที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ด้านกระบวนการ / ขั้นตอนการให้บริการ คิดเป็นร้อยละ 85.00หลังจากที่นักศึกษาได้เข้ารับการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพ พบว่า ผู้เข้าอบรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเองได้เพราะ วัสดุในการผลิตหาง่าย ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ และยังเป็นการส่งเสริมให้รู้จักประหยัดตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงการสร้างถังหมักและการทดลองต้มน้ำจะช่วยลดค่าก๊าซ LPG ได้ประมาณมื้อละ 5 บาท

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, เศษอาหาร

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา จึงมีความต้องการที่จะใช้พลังงานในการพัฒนาประเทศในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้การใช้พลังงานต่างๆ มีการใช้งานเป็นจำนวนมาก ชนิดของพลังงานที่ใช้กันเป็นจำนวนมาก ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซหุงต้ม พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งนับวันปริมาณก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งราคาของเชื้อเพลิงก็ยังมีราคาสูงขึ้นตามราคาในตลาดโลก ส่งผลให้ผู้บริโภคในประเทศต้องมีภาระค่าใช้จ่ายในการครองชีพเพิ่มสูงขึ้นอีกทั้งเมื่อมีการบริโภคในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นสภาวะการขาดแคลนหรือการลดปริมาณของเชื้อเพลิงก็จะเกิดขึ้นตามมาด้วย

จากแนวคิดของผู้วิจัยที่เล็งเห็นความสำคัญของเศษอาหารที่เหลือทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ 1 วัน จะมีเศษอาหารเหลือทิ้งประมาณ 40-50 กิโลกรัม จึงจำเป็นจะสร้างแหล่งพลังงานที่ผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ในครัวเรือน ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำเศษอาหารมาผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อลดการใช้ก๊าซหุงต้มและประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ลดปริมาณขยะซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพจากถังผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 200ลิตรและถังเก็บก๊าซขนาด 150 ลิตร โดยใช้เศษอาหารเหลือทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร มาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่และเป็นการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารใช้เป็นแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพให้เหมาะสมกับครัวเรือน ชุมชนหรือผู้ที่สนใจในเทคโนโลยีชีวภาพ



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)

จากรูปที่ 1 แสดงกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) มี 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Hydrolysis ขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ยังอยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ ไม่สามารถจะ ย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กเสียก่อน โดยมีแบคทีเรียกลุ่มแรกปล่อยเอนไซม์มาช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล แบคทีเรียกลุ่มนี้จะได้รับสารอาหารบางชนิดจากสารอินทรีย์ผ่านการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง

ขั้นตอนที่ 2 Acidogenesis แบคทีเรียอีกกลุ่มจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวแล้วจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ซึ่งได้แก่ Acetic Acid, น้ำ (H2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) เป็นต้น แบคทีเรียทีกลุ่มนี้เรียกว่า Acid Forming Bacteria เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน

ขั้นตอนที่ 3 Methanogenesis ในขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเรียกว่า Methanogens หรือ Methane Forming Bacteria จะทำการเปลี่ยน Acetic Acid และไฮโดรเจน (H) เป็นก๊าซมีเทน (CH4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียพวกนี้เป็นชนิดที่ต้องอยู่ในภาพที่ไร้ออกซิเจนจริงๆ (Obligate Anaerobic Bacteria) ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Acetic Acid จากปฏิกิริยาก่อนหน้านี้

จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียหลายๆ กลุ่มดังที่กล่าวมาแล้ว โดยความสามารถในการย่อยสลายของแต่ละกลุ่มก็จะมีผลซึ่งกันและกัน และมีผลต่อความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพ[1]

2. วิธีทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพ จากถังหมัก 200 ลิตร และถังเก็บก๊าซขนาด 150 ลิตร วัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพใช้มูลสัตว์เป็นตัวเริ่มต้น จากนั้นจึงใส่เศษอาหารและเก็บผลทดลอง การทดสอบหาค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซชีวภาพที่จะเกิดขึ้นในระยะเวลา 15 วัน โดยทำการทดลงใส่เศษอาหารวันละ1 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 วัน และเพิ่มเป็น 2 กิโลกรัมและ 3 กิโลกรัม เพื่อศึกษาระบบการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ทดลองผลิต

2.1.1 เตรียมมูลสัตว์ (มูลวัว, หมู) 30 กิโลกรัม

2.1.2 ใส่มูลสัตว์ที่เตรียมลงถัง ใส่น้ำ 30 ลิตร (รอไว้ 7-15 วัน)

2.1.3 ใส่เศษอาหารบดละเอียดเริ่มจากวันแรก 1 กิโลกรัม พร้อมเติมน้ำ จนถึงระดับน้ำล้น รอจนเกิดก๊าซ จึงเติมมูลสัตว์ในแต่ละวันอย่างต่อเนื่องแล้วบันทึกข้อมูล

2.1.4 ทดลองเติมเศษอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ตามลำดับแล้วบันทึกผล

2.1.5 ทุกครั้งที่เติมเศษอาหารจะต้องกวนเศษอาหารให้เข้ากัน

2.1.6 เก็บข้อมูลการเกิดก๊าซในแต่ละครั้ง โดยเทียบสัดส่วนจากปริมาณเศษอาหารที่เติม [2]

3. ผลการทดลอง

ผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร

ช่วงที่ 1 ใส่เศษอาหารวันละ 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 วันผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.041 ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 35°C ในช่วงนี้ ความสูงจากถังสูงขึ้นเฉลี่ย 28.6 ซ.ม.

ช่วงที่ 2 ใส่เศษอาหารวันละ 2 กิโลกรัม เป็นเวลา 5 วันผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.058 ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37°C ในช่วงนี้ ความสูงจากถังสูงขึ้นเฉลี่ย 40.2 ซ.ม.

ช่วงที่ 3 ใส่เศษอาหารวันละ 3 กิโลกรัม เป็นเวลา5 วันผลการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.106 ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37°C ในช่วงนี้ ความสูงจากถังสูงขึ้นเฉลี่ย 73.2 ซ.ม

ผลการทดลองโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารมาต้มน้ำ

ทดลองครั้งที่ 1 ต้มน้ำ 1 kg. ให้เดือด (อุณหภูมิน้ำจาก 27 °C ถึง อุณหภูมิน้ำเดือด 100°C) ใช้ก๊าซชีวภาพปริมาตร 0.0798 m3 ความสูงถังเก็บ 55 เซนติเมตร ต้มจนก๊าซหมดว่าได้ กี่ครั้ง ทดลอง ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารใช้ต้มน้ำเพื่อถ่ายเทความร้อนให้น้ำ 1 kg. ได้เท่าไรหาได้จากสูตร $Q = MC\Delta t$

เมื่อ Q = ความร้อนของก๊าซที่ถ่ายเทให้น้ำ

m =มวลของน้ำ

c = ความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.2 kJ / kg

t =อุณหภูมิน้ำเดือด 100 °C – อุณหภูมิน้ำก่อนต้ม 27 °C

แทนค่าสูตร Q = (1 kg *4.2kj * 73) / 1kg

Q =306 kJ

ตัวอย่างที่ 2 ต้มน้ำ 1 กิโลกรัม ให้เดือด อุณหภูมิน้ำจาก27 °C ถึงอุณหภูมิน้ำเดือด 100°C โดยยังใช้ก๊าซชีวภาพชุดเดิม (ปริมาณก๊าซเริ่มลดลง)

สรุปผลการทดลอง น้ำตัวอย่างที่ 2 เดือด ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารถ่ายเทความร้อนให้น้ำ 1 กิโลกรัม ในตัวอย่างที่ 2 ได้เท่าไร หาได้จากสูตร $Q = MC\Delta t$

แทนค่าสูตร Q= (1 kg * 4.2kj * 73) / 1kg

Q= 306 kJ

ตัวอย่างที่ 3 ต้มน้ำ 1 กิโลกรัม ให้เดือดอุณหภูมิน้ำจาก27 °C ถึงอุณหภูมิน้ำเดือด 100°C โดยยังใช้ก๊าซชีวภาพชุดเดิม (ปริมาณก๊าซเริ่มลดลง)

สรุปผลการทดลอง น้ำตัวอย่างที่ 3 เดือดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารถ่ายเทความร้อนให้น้ำ 1 กิโลกรัม ในตัวอย่างที่ 2 ได้เท่าไร หาได้จากสูตร Q = MC□t

แทนค่าสูตร Q = (1 kg * 4.2kj * 73) / 1kg

Q = 306 kJ

ตัวอย่างที่ 4 ต้มน้ำ 1 กิโลกรัม ให้เดือดอุณหภูมิน้ำจาก 27℃ ถึงอุณหภูมิน้ำเดือด 100 ℃ โดยยังใช้ก๊าซชีวภาพชุดเดิม (ปริมาณก๊าซเริ่มลดลง)

สรุปผลการทดลอง น้ำตัวอย่างที่ 4 น้ำยังไม่เดือดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารหมดก่อนแต่อุณหภูมิได้ 75℃ หาได้จากสูตร Q = MC□t

แทนค่าสูตร Q = (1 kg * 4.2kj * 48) / 1 kg

Q = 201 kJ

สรุปผลทั้ง 4 ตัวอย่าง ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารปริมาตร 0.0798 m3 ความสูงถังเก็บ 55 เซนติเมตร สามารถถ่ายเทความร้อนให้น้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ Q1 = 306kJ + Q2 = 306kJ + Q3 = 306kJ + Q4 = 201kJ = 1,119kJ [3]

เปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซ LPG ต้มน้ำให้เดือด 3 ครั้งส่วนครั้งที่ 4 ต้มน้ำให้ได้ 75 ℃ ก่อนต้มถังแก๊สมีน้ำหนัก 14.26 กิโลกรัม หลังต้มน้ำหนักในถังแก๊สเหลือ 14.06 กิโลกรัม เท่ากับใช้แก๊ส LPG ไป 200 กรัมหรือ 2 ขีด เป็นเงินประมาณ 5 บาท คิดได้จากราคาแก๊ส LPG ถังละ 400 บาท น้ำหนักแก๊ส 15กิโลกรัม แก๊สราคากิโลกรัมละ 26 .6 บาท ถ้าคิดเป็นขีดๆละ 2.66 บาท

4. สรุปการวิจัย

1. จากการศึกษาระบบการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร จากถังหมักขนาด 200 ลิตรและถังเก็บ 150 ลิตร พบว่าเศษอาหารสามารถนำมาหมักก๊าซชีวภาพได้ จากการทดลอง เศษอาหาร 3 กิโลกรัม สามารถนำมาทำกับข้าวได้ประมาณ 3 อย่าง

2 .กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร ในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพนั้นต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในถัง และห้ามมีจุดรั่วภายในถังเลย

3. จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น จะมีเศษอาหารเหลือทิ้งจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ประมาณวันละ 80 กิโลกรัม ที่สามารถนำมาทำก๊าซชีวภาพได้มีประมาณ 40 กิโลกรัม ถ้านำเศษอาหาร 40 กิโลกรัมนี้มาทำก๊าซชีวภาพจะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 1.64 ลูกบาศก์เมตร สามารถนำมาทำอาหารได้ 40 อย่าง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายค่าก๊าซ LPG ไปอย่างมาก

4. จากการอบรมและเผยแพร่การศึกษาผลการเกิดก๊าซชีวภาพด้วยถังหมักก๊าซขนาด 200 ลิตร และถังเก็บก๊าซขนาด 150 ลิตรให้กับนักศึกษา นักศึกษาให้ความสนใจโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.34) คิดเป็นร้อยละ 86.80 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านคุณภาพการให้บริการ คิดเป็นร้อยละ 88.60 รองลงมาคือด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ($\overline{X}$ =4.37) คิดเป็นร้อยละ 87.40 ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ($\overline{X}$ =4.32) คิดเป็นร้อยละ 86.40 และด้านที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ ด้านกระบวนการ / ขั้นตอนการให้บริการ ($\overline{X}$ = 4.01) คิดเป็นร้อยละ 85.00

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ปฏิกิริยาการย่อยสลายที่เกิดจากจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มจนได้ก๊าซชีวภาพ (Thiele, J.H. and Zeikus, J.G. (1998) “The Anion-Exchange, Substrate Shuttle Process: A New Approach to Two-Stage, Biomethanation of Organic and Toxic Waste,” Biotechnology And Bioengineering. 31(2):521 – 535.”

[2] สมพงษ์ ใจมา และนภดล คงศรีเจริญ. (2547). จากวารสารเทคโนโลยีชีวภาพ ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 กล่าวในหัวข้อ “มารู้จักก๊าซชีวภาพกันเถอะ” ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิต ขึ้นใช้ได้เองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ซึ่งนำมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) ในครัวเรือน.

[3] เฉลิม สารคาม. (2553).การศึกษาผลกระทบจากการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ในครัวเรือน

P-CF17

การศึกษาความความเหมาะสมที่จะนำวัสดุเหลือใช้จากตาลโตนดไปเป็นวัสดุเชื้อเพลิงชีวมวล

Education appropriate of Remaining Materials Palmyra Palm to the Biomass Materials.

อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล[1*], สุนันทศักดิ์ ระวังวงศ์[2]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000
โทร 0-865143412 โทรสาร 0-32414455 E-mail: anurak.kat@gmail.com
[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000
โทร 0-32493266 โทรสาร 0-32493266 E-mail: sunantasak@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการนำเศษหรือสิ่งที่เหลือใช้จากตาลโตนดมาทำการศึกษาเพื่อหาความเป็นไปได้ในการที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงชีวมวลโดยเปรียบเทียบกับค่าความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงจากแกลบเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้เลือกวัตถุดิบในการนำไปทดสอบกับระบบแก๊สซิฟิเคชันเพื่อการผลิตไฟฟ้าโดยการทดสอบนี้ได้เลือกใช้ส่วนต่างๆของตาลโตนดมาทดสอบดังต่อไปนี้ทางตาลโตนดผลตาลแก่ใบตาลและเปลือกจากผลตาลโตนดผลการทดสอบพบว่าวัสดุที่นำมาทดสอบให้ค่าความร้อนดังต่อไปนี้ 4,020 3,955 4,040 และ 4,010 cal/g ตามลำดับและเกิดเถ้าจาการเผาไหม้ 1.41 3.45 5.00 และ3.57% ตามลำดับซึ่งให้ผลที่ดีกว่าแกลบที่มีค่าความร้อน 3,419 cal/g และเกิดเถ้า 17.1% [4] ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำไปทดสอบใช้งานร่วมกับระบบแก๊สซิฟิเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าต่อไป

คำสำคัญ: ตาลโตนด; ชีวมาล; แก๊สซิฟิเคชั่น

1. ที่มาและความสำคัญ

การผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน การผลิตไฟฟ้าในสเกลขนาดใหญ่ของประเทศไทยยังคงพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งได้แก่ก๊าซธรรมชาติเกือบร้อยละ 70 ที่เหลือเป็นถ่านหิน น้ำมันเตา พลังน้ำ และพลังงานหมุนเวียน ซึ่งบางส่วนของผู้ผลิตได้มีการหันมาใช้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากชีวมวล การนำชีวมวลเหล่านี้ไปใช้จะต้องนำไปเผาไหม้ส่วนใหญ่จะทำการเผาไหม้โดยตรง เพื่อให้ได้ความร้อน และนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ จากกระบวนการนี้จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบต่ำ แต่มีวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นเทคโนโลยีพลังงานก็คือการเปลี่ยนรูปพลังงานชีวมวลซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งให้เป็นก๊าซเผาไหม้ได้ (แก๊สซิฟิเคชั่น) และใช้ประโยชน์จากก๊าซเผาไหม้ดังกล่าว โดยกระบวนการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเผาไหม้โดยตรง เทคโนโลยีดังกล่าวกำลังถูกพัฒนาและส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการใช้งานในการผลิตไฟฟ้าชุมชน หากมีการดำเนินการในชุมชนสิ่งที่ต้องคำนึงถึงนอกจากเทคโนโลยีคือวัตถุดิบเชื้อเพลิงในพื้นที่ต้องมีเพียงพอ ในส่วนของจังหวัดเพชรบุรีนั้นมีตาลโตนดอยู่มาก ผลจากตาลโตนดที่ได้จากภาคครัวเรือน และชุมชน เป็นที่นิยมเป็นอย่างมากตัวอย่างเช่น น้ำตาล ลูกตาล จาวตาล เป็นต้น ปัจจุบันพื้นที่ปลูกตาลโตนดในเพชรบุรีกลับลดลงอย่างมาก เนื่องจากตาลโตนดที่ปลูกไว้มีอายุมากและได้ยืนต้นตาย บางส่วนได้ถูกตัดนำส่วนลำต้นไปใช้งาน และไม่ได้มีการปลูกทดแทน เพราะตาลโตนดจะให้ผลผลิตที่เป็นลูกตาลนับตั้งแต่เริ่มปลูกนั้นจะใช้ระยะเวลาที่นานประมาณ 10-15 ปี ในช่วงที่ก่อนตาลโตนดจะมีผลผลิตเกษตรกรผู้ปลูกจะไม่มีรายได้จากส่วนอื่นๆของตาลโตนด จากปัญหาการลดลงของต้นตาลโตนด จึงได้มีการรณรงค์ให้มีการปลูกต้นตาลโตนดจากภาครัฐเพื่อเพิ่มจำนวนให้กับต้นตาลโตนดให้มากยิ่งขึ้นในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี แต่ก็ไม่ได้มีการตอบรับเท่าที่ควรเนื่องจากปัญหาด้านรายได้ในช่วงเริ่มปลูกใหม่ ในส่วนสิ่งที่เหลือใช้จากการผลิต ผลิตผลจากตาลโตนดส่วนใหญ่จะเป็นลูกตาลแก่ เปลือกจากลูกตาล ทางตาล และใบตาล ในส่วนของทางตาล และใบตาล นั้นจะมีตั้งแต่ช่วงแรกที่เกษตรกรเริ่มปลูก ซึ่งวัสดุต่างๆที่กล่าวมาแล้วเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์มากนัก จึงมีความสนใจศึกษาวัสดุดังกล่าว มาทดสอบหาความเหมาะสมที่จะเป็นวัสดุเชื้อเพลิงชีวมวลในระบบแก๊สซิฟิเคชั่น เพื่อสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร

2. หลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. การวิเคราะห์แบบประมาณ

การวิเคราะห์แบบประมาณ (ProximateAnalysis) ตามมาตรฐาน ASTM D3172 จะระบุปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ (Volatile Combustible Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และปริมาณเถ้า (Ash Content) ในการทดสอบตามมาตรฐานดังกล่าว เชื้อเพลิงแข็งจะถูกบดเป็นผงและนำไปอบให้แห้งในเตาอบภายใต้อุณหภูมิประมาณ 105 -110°Cจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักส่วนที่หายไปเมื่อเทียบกับน้ำหนักเดิมคือปริมาณความชื้น จากนั้นเชื้อเพลิงแข็งที่แห้งแล้วจะถูกทำให้ร้อนในภาชนะปิด (เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น) ภายใต้อุณหภูมิ 900°Cเพื่อไล่สารระเหยที่เผาไหม้ได้ จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ น้ำหนักส่วนที่หายไปคือปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้นั่นเอง จากนั้นนำเชื้อเพลิงแข็งที่ได้ไปอบในภาชนะเปิดภายใต้อุณหภูมิ 750°Cเพื่อให้เกิดการเผาไหม้จนได้น้ำหนักที่เหลือคงที่และเป็นน้ำหนักของเถ้าในขณะที่น้ำหนักส่วนที่หายไปคือปริมาณของคาร์บอนคงตัวนั่นเอง การวิเคราะห์แบบประมาณมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบเชื้อเพลิง[1,2]

2.2. องค์ประกอบของชีวมวล

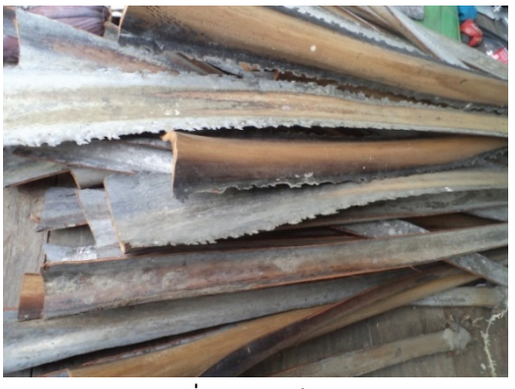
องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

- ความชื้น (Moisture) หมายถึงปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล
- ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สารระเหย (Volatiles Matter) และคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon)
- ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือขี้เถ้า (Ash) [2]

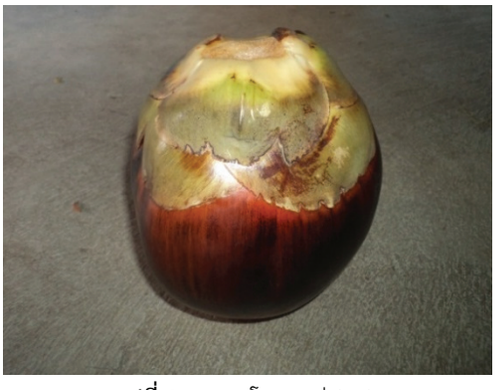
2.3. ส่วนต่างๆของตาลโตนดที่นำมาทดสอบ

- ทางตาล เป็นส่วนของก้านของใบตาล ส่วนทางตาลตอนโคน ซึ่งอยู่ติดกับต้นตาลนั้น มีจำนวน 2 แฉก เมื่อทางตาลแก่จัดจนใบแห้งจะร่วงหล่นลงมาเอง แสดงดังรูปที่ 1

- ผลตาลแก่หรือลูกตาลแก่ เป็นส่วนของลูกตาลที่แก่และสุก เนื้อมีสีเหลืองสดนำมาคั้นเอาเส้นใยออกมีกลิ่นหอมใช้ปรุงขนมหวานเมล็ดใช้เพาะเพื่อเอาจาวตาลใช้ทำขนม ตากแห้งสามารถทำเชื้อเพลิงได้ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ทางตาลโตนด



รูปที่ 2 ลูกตาลโตนดแก่ (สุก)

- ใบตาล เป็นส่วนที่ติดอยู่กับทางตาล ใบตาลมีขนาดใหญ่ นิยมนำมานำไปมุงหลังคา ทำปะรำ มุงกระท่อม หรือโรงนา มีอายุใช้งานประมาณ 2-3 ปี แสดงดังรูปที่ 3[3]

- เปลือกจากผลตาลโตนดได้จากผลตาลโตนดที่ยังไม่แก่จัด ที่ถูกนำเนื้อในลูกตาลออกไปแล้วแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ใบตาลโตนดแก่



รูปที่ 4 เปลือกจากผลตาลโตนด

3. วิธีการทดลอง

จัดหาวัสดุที่จะทำการทดลอง นำมาเข้าเครื่องบดย่อยเพื่อให้วัสดุนั้นมีขนาดที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบ Proximate Analysis โดยได้ทำการส่งตัวอย่างวัสดุจากตาลโตนดในจังหวัดเพชรบุรีมวล 1kg ต่อหนึ่งตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ในส่วนของแกลบใช้ผลการทดสอบแกลบในจังหวัดเพชรบุรีมวล 1kg ที่วิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ [4]



รูปที่ 5 ตัวอย่างวัสดุที่ส่งเพื่อทดสอบ

4. ผลการทดลอง

- ผลจากการทดลองหาปริมาณความชื้น (Moisture) พบว่า ทางตาลมีความชื้น 12.18% ลูกตาลแก่มีความชื้น 10.88% ใบตาลมีความชื้น 10.38%เปลือกจากลูกตาลมีความชื้น 9.67% และแกลบมีความชื้น 10.00%

- ผลจากการทดลองหาปริมาณขี้เถ้า (Ash) พบว่า ทางตาลปริมาณขี้เถ้า 1.41% ลูกตาลแก่มีปริมาณขี้เถ้า 3.45%ใบตาลมีปริมาณขี้เถ้า 5.00% เปลือกจากลูกตาลมีปริมาณขี้เถ้า 3.57%และแกลบปริมาณขี้เถ้า 17.10%

- ผลจากการทดลองหาปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ง่าย (Volatile Matter)พบว่า ทางตาลมีปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ง่าย 68.46% ลูกตาลแก่มีปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ง่าย 66.57%ใบตาลมีปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ง่าย 67.37% เปลือกจากลูกตาลมีปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ง่าย 69.36%และแกลบมีปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ง่าย 57.30%

- ผลจากการทดลองหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) พบว่า ทางตาลมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 17.95% ลูกตาลแก่มีปริมาณคาร์บอนคงตัว19.10%ใบตาลมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 7.25% เปลือกจากลูกตาลมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 14.40%และแกลบมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 15.60%

- ผลจากการทดลองหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) พบว่า ทางตาลมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 17.95% ลูกตาลแก่มีปริมาณคาร์บอนคงตัว19.10%ใบตาลมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 7.25% เปลือกจากลูกตาลมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 14.40%และแกลบมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 15.60%

- ผลจากการทดลองหาปริมาณความร้อนสูงสุด (Higher Heating Value) พบว่า ทางตาลมีปริมาณความร้อนสูงสุด4,020 cal/g ลูกตาลแก่มีปริมาณความร้อนสูงสุด3,955cal/g ใบตาลมีปริมาณความร้อนสูงสุด4,040cal/g เปลือกจากลูกตาลมีปริมาณความร้อนสูงสุด 4,010 cal/g และแกลบมีปริมาณความร้อนสูงสุด 3,419 cal/g

ตารางที่ 1: ผลการวิเคราะห์แบบประมาณจากวัสดุเหลือใช้ตาลโตนด

ตัวอย่าง	พารามิเตอร์				
	Moisture (% as received)	Ash (% as received)	Volatile Matter (% as received)	Fixed Carbon (% as received)	Higher Heating Value (cal/g as received)
1 ทางตาลโตนด	12.18	1.41	68.46	17.95	4,020
2 ผลตาลแก่	10.88	3.45	66.57	19.10	3,955
3 ใบตาลโตนด	10.38	5.00	67.37	7.25	4,040
4 เปลือกจากผลตาลโตนด	9.67	3.57	69.36	14.40	4,010
5 แกลบ	10.00	17.10	57.30	15.60	3,419

5. สรุปผล

ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของทางตาลโตนดผลตาลแก่ใบตาลและเปลือกจากผลตาลโตนดพบว่าวัสดุที่นำมาทดสอบให้ค่าความร้อนดังต่อไปนี้ 4,020 cal/g, 3,955 cal/g, 4,040 cal/g และ 4,010 cal/g ตามลำดับและเกิดเถ้าจากการเผาไหม้ 1.41%, 3.45%, 5.00% และ3.57% ตามลำดับซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแกลบพบว่าวัสดุเหลือใช้จากตาลโตนดให้ค่าความร้อนด้านสูงสูงกว่าเชื้อเพลิงแกลบและมีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าเชื้อเพลิงแกลบ ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำไปทดสอบใช้งานร่วมกับระบบแก๊สซิฟิเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

7. บรรณานุกรม

[1] ประเสริฐ ชุมรุม และคณะฯ, 2557, “เทคโนโลยีการทำเหมืองถ่านหิน, http://maemohmine.egat.co.th/ining_technology/general.html? [30 กรกฎาคม 2557].

[2] ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2557, “มาตรการพลังงานทดแทน: การผลิตพลังงานจากชีวมวล,”www.em-group.co.th/Technology_Biomass.html [30 กรกฎาคม 2557].

[3] จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2557, “ตาล,”http://th.wikipedia.org/wiki/ตาล [25 กรกฎาคม 2557].

[4] สุนันทศักดิ์ ระวังวงศ์, สุภาดา ขุนณรงค์, สุรีรัตน์ เทมวรรธน์, นิรุธ ล้ำเลิศ, 2557, “การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ชีวมวลสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนาดเล็กในจังหวัดเพชรบุรี,”รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.

P-CF18

การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

Biomass Electrical Power Generation System by Using Gasification Technology

ทรงกช เพ็ญวันศุกร์[1*] จิรพงศ์ ทองสุข[1] ธีรเมธ เปียขุนทด[1] อำนาจ บัวบาน[1] และเจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

E-mail: jensak.eak@rmutr.ac.th

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและทดสอบศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบอากาศไหลลง ไซโคลน เวทสครับเบอร์ ถังเก็บแก๊ส และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย ฟางข้าว ฟางข้าวผสมกากมันสำปะหลังอัดแท่ง และไม้ฟืน การทดสอบทำได้โดยการเผาชีวมวลในเตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อผลิตแก๊สและทำการวัดปริมาณร้อยละของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยแก๊สที่ผลิตถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก และจากการทดสอบโดยทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้จากชีวมวลฟางข้าวได้ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 124.18 วัตต์ ชีวมวลฟางข้าวผสมกากมันสำปะหลังได้ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 588.92 วัตต์ และชีวมวลไม้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 791.11 วัตต์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน เตาแก๊สซิไฟเออร์ ชีวมวล

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ทั้งจากทางภาครัฐ ภาคเอกชนหรือแม้กระทั่งภาคครัวเรือน การผลิตไฟฟ้าในแบบปัจจุบันอาจไม่เพียงพอต่อการใช้ไฟของมนุษย์ในอนาคต การใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี 2554 อยู่ที่ระดับ 147,836 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) โดยการใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45 การใช้ไฟฟ้าแบ่งเป็นเขตนครหลวงและเขตภูมิภาค เขตนครหลวง มีการใช้ไฟฟ้าปี 2554 อยู่ที่ระดับ 43,898 กิกะวัตต์ชั่วโมง เขตภูมิภาคมีการใช้ไฟฟ้าปี 2554 อยู่ที่ระดับ 101,166 กิกะวัตต์ชั่วโมง [1] จากผลของการใช้ไฟฟ้าดังกล่าวทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการ และรูปแบบใหม่ๆ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างมากมายเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าของประชากรในปัจจุบัน การผลิตกระแสไฟฟ้ารูปแบบใหม่ๆ ในปัจจุบันจะเป็นไปในแนวทางด้านพลังงานทดแทน ซึ่งความหมายของคำว่าพลังงานทดแทนหมายถึง พลังงานที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถทดแทนได้อย่างไม่จำกัด (เมื่อเทียบกับพลังงานหลักในปัจจุบัน เช่น น้ำมันหรือถ่านหิน) เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวภาพ (Bio-Fuel) พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานคลื่น และพลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากกระบวนการชีวภาพ เช่น บ่อก๊าซชีวภาพ เป็นต้น โดยพลังงานทดแทนที่ผลิตได้ทั่วโลกอยู่ที่ประมาณ 157,900 เมกะวัตต์ (MW) ในปี 2552 พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น [2]

2. ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล หมายถึง วัสดุหรือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ โดยที่ชีวมวลนั้นประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน รวมทั้งปริมาณของไนโตรเจนและธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย ชีวมวลนั้นมีอยู่มากมายทั้งที่ได้จากสิ่งมีชีวิต (ยกเว้นที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ) และยังรวมไปถึงสิ่งต่างๆ ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก ทั้งนี้อาจจะสามารถจำแนกแหล่งที่มาของชีวมวลได้ 2 แหล่งดังนี้ [3]

1. ของเสียจากการประกอบการทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม เช่น ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย เป็นต้น รวมไปถึงของเสียประเภทพลาสติกและกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม
2. ของเสียจากแหล่งชุมชน เช่น ขยะชุมชน กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ เป็นต้น

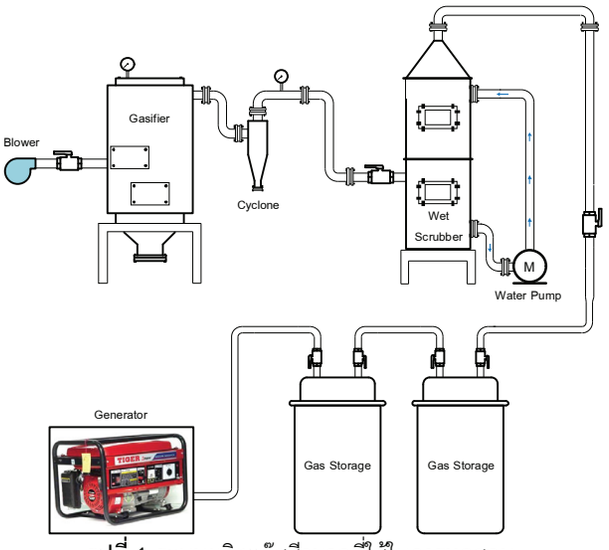
การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทน เชื้อเพลิงชีวมวล เช่น ไม้ฟืน แกลบ กากอ้อย เศษไม้ เศษหญ้า หรือเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน มูลสัตว์และของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร เช่น เปลือกสับปะรดจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง น้ำเสียจากโรงงานแป้งมัน สามารถนำมาหมักและผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ โดยเหตุที่ประเทศไทยทำการเกษตรอย่างกว้างขวาง วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร มีอยู่เป็นจำนวนมาก (เทียบได้น้ำมันดิบปีละไม่น้อยกว่า 6,500 ล้านลิตร) จึงควรจะใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ได้ สำหรับผลิตผลจากชีวมวลในลักษณะอื่นที่ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เช่น แอลกอฮอล์ จากมันสำปะหลัง ก๊าซจากฟืน (Gasifier) ก๊าซจากการหมักเศษวัสดุเหลือจากการเกษตร (Biogas) ก็สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าได้เช่นกันเตาเผาชีวมวล ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จะต้องใช้เตาเผาระบบปิดซึ่งก็มีหลากหลายแบบ ขึ้นกับการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุดิบที่จะนำไปเข้าเตาเพื่อที่จะได้ควบคุมปริมาณแก๊สที่ได้จากการเผาในอุณหภูมิสูง โดยแก๊สที่ผลิตได้เราเรียกรวมๆกันว่าแก๊สชีวมวล หรือจะเรียกว่า ซิงค์แก๊ส โดยทั่วไปในการผลิตซิงค์แก๊สจะได้แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ รวมไปถึงน้ำด้วย ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ซิงค์แก๊ส จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ต้นกำลังเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการนี้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

3. โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบที่ใช้

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบผลิตแก๊สชีวมวลขึ้นเพื่อใช้ทดสอบเชื้อเพลิงต่างๆ และได้ทำการเปรียบเทียบผลของแก๊สชีวมวลที่ได้จากฟางข้าวไม่อัดแท่ง แท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวผสมกากมันสำปะหลัง และไม้ฟืน ระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

1) ตาแก๊สซิไฟเออร์แบบอากาศไหลลง (Downdraft)
2) ไซโคลน
3) เครื่องพ่นจับแบบเปียก (Wet Scrubber)
4) ถังเก็บแก๊ส
5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

รูปที่ 1 แสดงการต่อเชื่อมกันของอุปกรณ์ในระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่สร้างขึ้น หลักการทำงานเบื้องต้นและรายละเอียดของส่วนประกอบหลักๆ ของระบบมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบ

4. ขั้นตอนการทดลอง

ทำการทดลองโดยทำการกำหนดเชื้อเพลิงที่ใช้ให้มีปริมาณที่เท่ากัน ทำการจับเวลาของระยะเวลาการเกิดแก๊สและทำการจ่ายโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมบันทึกผลการทดลอง เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด คือ ฟางข้าว แท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวผสมกากมัน และไม้ฟืน การทดลองใช้เชื้อเพลิงฟางข้าวเป็นหลัก ทำการวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากเผาไหม้ฟางข้าวและฟางข้าวผสมกากมันสำปะหลังว่าเชื้อเพลิงชนิดใดสามารถให้คาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดีที่สุด และได้นำค่ามาเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไม้ฟืนอีกด้วย



รูปที่ 2 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3 ระบบที่ใช้ทำการทดสอบ

ทำการใส่เชื้อเพลิงลงไปในเตาแก๊สซิไฟเออร์ จุดไฟแล้วเปิดโบว์เวอร์ให้ทำงาน เมื่อโบว์เวอร์ทำงานจะทำการอัดอากาศจากภายนอกเข้าไปในเตาแก๊สซิไฟเออร์ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ถ้าแก๊สจากเผาไหม้มีความหนาแน่นเพียงพอและเราสามารถปรับแต่งอากาศให้มีความพอดี เราจะสามารถจุดไฟติดที่วาล์วทดสอบ หลังจากระบบทำงาน ถังเก็บแก๊สจะลอยขึ้นเนื่องจากแก๊สที่ไหลเข้าภายในถังจะดันถังให้ลอยสูงขึ้น หลังจากเก็บแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวลแล้ว จะต่อถังเก็บแก๊สเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้แก๊สที่ผลิตขึ้นเป็นเชื้อเพลิง และนำแผงหลอดไฟมาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ

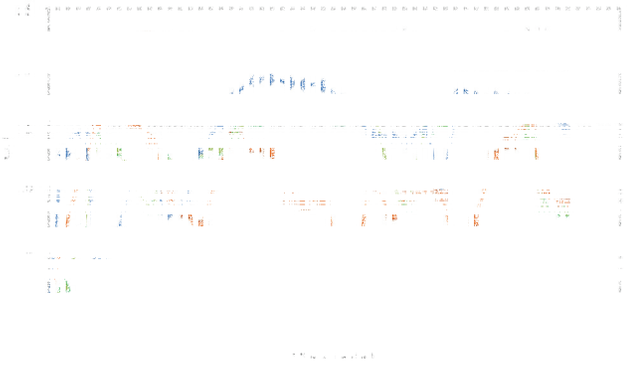


รูปที่ 4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแผงหลอดไฟที่ใช้ในการทดสอบ

หลังจากเกิดกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์ แก๊สที่ได้จากการเผาจะไหลจะผ่านไซโคลนและเวทสครับเบอร์ ก่อนที่แก๊สจะเข้าถังเก็บแก๊สนั้น เราต้องทำการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เพื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล ดังรูปที่ 5

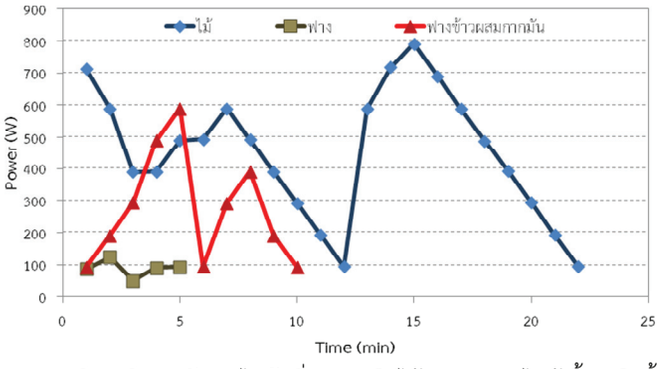


รูปที่ 5 กระบวนการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 6 ร้อยละของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ในการเดินเครื่อง กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบชื้อเพลิงแต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด

5. ผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าการใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวนั้นสามารถทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานได้แค่เพียงระยะสั้นๆ เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยากต่อการอัดให้มีความหนาแน่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้จึงมีความหนาแน่นไม่เพียงพอ จึงได้ทดลองนำฟางข้าวมาผสมกับกากมันสำปะหลัง จากการทดลองสังเกตได้ว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้นั้นมีมากกว่าขึ้นกว่าการใช้ฟางข้าวเพียงอย่างเดียว โดยการจุดไฟทดสอบที่หัวทดสอบแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ ผลที่ได้คือ จุดไฟติดได้นานกว่าการใช้ฟางข้าวเพียงอย่างเดียว และได้ทำการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็สามารถทำงานได้ดี แต่ทั้งนี้ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นก็ยังมีค่าน้อยกว่าการใช้ไม้ฟืนเพียงอย่างเดียว

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สถานการณ์การใช้พลังงานปี 2554 ออนไลน์ . [30 เมษายน 2556] สาระสังเขป สืบค้นจาก http://www.energy.go.th/sites /all/files/situation54_trend55.pdf

[2] โรงไฟฟ้าถ่านหิน ออนไลน์ . [30 เมษายน 2556] สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://protectionrelay.blogspot.com/2010/10/ blog-post_06.html

[3] ชีวมวล ออนไลน์ . [27 มิถุนายน 2556] สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://www2.dede.go.th/kmmf/download/.pdf

[4] ศุภวิทย์ ลวณะสกล เครื่องยนต์แก๊สซิไฟเออร์ใช้ถ่านไม้ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี

[5] ศิรินุช จินดารักษ์ (2548) แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากฟางข้าวและซังข้าวโพด วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ. หน้า 79-90 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2548)

[6] เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์ และณัฐ จันท์ครบ (2553) การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากมันสำปะหลังเปียกเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โรงแรมฮอลิเดย์อินน์ รีสอร์ท รีเจนท์ บีช ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 5-7 พฤษภาคม 2553

[7] เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์ ไชยยันต์ ทองสองยอด และณัฐ จันท์ครบ ศักยภาพของเชื้อเพลิงกากมันสำปะหลังอัดแท่งในเชิงการให้กำเนิดแก๊สสำหรับผลิตไฟฟ้า งานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 20 ประจำปี 2553 วันที่ 16-18 กันยายน 2553 โรงแรม เจ บี หาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

O-ES01

ผลของความชื้นต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

Effect of Moisture on the Minimum Velocity of SawDust Transport

บัญญัติ นิยมวาส*, ประทีป ทิพย์ประชา

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 90000

E-mail: banyat@engineer.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการศึกษาผลของความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยชุดทดลองประกอบด้วยท่อลมที่ทำจากสังกะสีม้วนขึ้นรูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 2 เมตร ติดตั้งเข้ากับพัดลมเป่าอากาศที่มีกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที การทดลองจะดำเนินการโดยนำฝุ่นขี้เลื่อยที่มีค่าความชื้น 3 ระดับคือ 77.78, 66.67 และ 45.16 ร้อยละฐานแห้ง มาบรรจุในท่อลมดังกล่าว โดยแต่ละค่าความชื้น จะบรรจุฝุ่นขี้เลื่อยด้วยมวล 20, 60 และ 100 กรัม จากการทดลองพบว่าที่ระดับความชื้น 77.78 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 2,066.4, 2,401.0 และ 3,562.1 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ ที่ระดับความชื้น 66.67 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,889.3, 2,164.8 และ 2,833.9 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ และที่ระดับความชื้น 45.16 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,554.7, 1,889.3 และ 2,401.0 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยมีผลต่อความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยเมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีค่าความชื้นสูงขึ้น จะต้องใช้ความเร็วลมที่มีค่าสูงขึ้นในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

คำสำคัญ: ฝุ่นขี้เลื่อย; ความชื้น; ความเร็วลมต่ำสุด

1. บทนำ

การแปรรูปไม้ยางพาราซึ่งมีการปลูกอย่างแพร่หลายในพื้นที่ภาคใต้ จะเริ่มจากการเลื่อยไม้ยางพาราท่อนที่ตัดโค่นจากสวนยางพาราเก่า ที่ต้องการโค่นเพื่อปลูกใหม่ หลังจากนั้นจะนำไม้ยางพาราที่ได้รับการแปรรูปแล้วไปอบน้ำยา เสร็จแล้วจึงนำไปอบแห้ง และบรรจุหีบห่อเพื่อรอจำหน่าย โดยในขั้นตอนการเลื่อยไม้นั้นจะเกิดฝุ่นขี้เลื่อยจำนวนมากระหว่างการเลื่อย ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน กล่าวคือ ผู้ที่ทำงานในบริเวณเลื่อยไม้จะเกิดการระคายเคืองตา และแสบจมูกจากการสูดเอาฝุ่นขี้เลื่อยเข้าไป จึงทำให้ต้องมีระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อทำการจัดเก็บฝุ่นขี้เลื่อยจากโต๊ะเลื่อยแล้วส่งไปยังไซโลที่ทำการกักเก็บฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อรอการจำหน่าย หรือนำไปใช้งานอย่างอื่นต่อไป โดยระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยจะประกอบไปด้วย หัวดูดฝุ่นขี้เลื่อย ท่อส่ง พัดลมดูดอากาศ (blower) ไซโคลน (cyclone) และไซโล โดยพัดลมดูดอากาศต้องมีความสามารถในการทำให้ฝุ่นขี้เลื่อยสามารถถูกขนส่งไปกับลมในท่อจากต้นทางไปจนถึงปลายทางได้ โดยปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ ความเร็วลมต่ำสุดในขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยให้ไปกับลมได้ตลอดทาง ไม่มีการตกสะสมภายในท่อ ซึ่งจะเกิดปัญหาการอุดตันของระบบได้ จึงทำให้ทางผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลของความชื้นต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยในโรงงานแปรรูปไม้ยางในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

สุธรรม นิยมวาส และ บัญญัติ นิยมวาส [1] ได้ระบุถึงข้อมูลการขนถ่ายวัตถุโดยกล่าวว่าความเร็วลมที่ใช้ในการพาขี้เลื่อยที่มีความหนาแน่น 192.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 3,500 ฟุตต่อนาที Lawson – Taylor Co.,Ltd. [2] ได้กล่าวว่าความเร็วลมที่ใช้ในการพาขี้เลื่อยที่มีความหนาแน่น 112.13 - 240 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 3,700 ฟุตต่อนาที ส่วน The New York Blower Company [3] ได้ระบุถึงความเร็วลมในการพาขี้เลื่อยโดยแบ่งเป็นสองค่าคือความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยเปียก (sawdust, wet) มีค่าเท่ากับ 4,000 ฟุตต่อนาที และความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยแห้ง (sawdust, dry) มีค่าเท่ากับ 3,000 ฟุตต่อนาที The Engineering ToolBox [4] ได้ให้ข้อมูลความเร็วลมในการพาขี้เลื่อยแบ่งเป็นสองค่าคือความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยเบา (sawdust, light) มีค่าเท่ากับ 2,000 – 3,000 ฟุตต่อนาที และความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยหนัก (sawdust, heavy) มีค่าเท่ากับ 3,500 – 4,500 ฟุตต่อนาที Spiral Manufacturing Co, Inc. [5] ได้ได้ระบุถึงความเร็วลมในการพาขี้เลื่อยโดยแบ่งเป็นสองค่าคือความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยหนัก (Wood Shavings Heavy) ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 15 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หรือเท่ากับ 240.28 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 5,600 ฟุตต่อนาที และความเร็วลมสำหรับการพาขี้เลื่อยเบา (Wood Shavings Light) ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 7 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หรือเท่ากับ 112.13 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 4,500 ฟุตต่อนาที

OCHI และ IKEMORI [6] ได้ศึกษาค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งข้าวสาลี (wheat) โดยข้าวสาลีมีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mean particle size) คือ 4.1 มิลลิเมตร ท่อขนส่งมีขนาดระหว่าง 50 – 60 มิลลิเมตร พบว่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งข้าวสาลี มีค่าอยู่ระหว่าง 14.8 – 16.2 เมตรต่อวินาที หรือ 2,913.4 – 3,189 ฟุตต่อนาที

จากที่ได้กล่าวไปพบว่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมีหลายค่าจึงทำให้เกิดปัญหาในการเลือกใช้งานทำให้งานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาผลอันเนื่องมาจากความชื้นของไม้ยางพาราที่นำมาเลื่อยว่ามีผลกระทบกับความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยหรือไม่ อย่างไร เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยให้เหมาะสมถูกต้องต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทำลองเพื่อหาค่าความเร็วต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย มีอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองดังนี้คือ พัดลมเป่าอากาศ (blower) สำหรับสร้างแรงลมเพื่อขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย ยี่ห้อ SUPER LINE รุ่น JEC – 2137 – 2000 ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า (0.75 กิโลวัตต์) ความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ทำการแปรค่าความเร็วของพัดลมเป่าอากาศด้วยการปรับค่าความถี่ของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้ชุดอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ TELEMECANIQUE รุ่น ATV31 HO75N4A พิกัด 1 แรงม้า สามารถปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าได้ระหว่าง 0 – 50 เฮิรตซ์ เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-42 มีช่วงการวัด 0.4 – 30 เมตร/วินาที (78 ฟุตต่อนาที – 5,905 ฟุตต่อนาที) ± 2 % ท่อที่ต่อกับปากทางออกด้านเป่าของพัดลมเป่าอากาศทำจากสังกะสีม้วนขึ้นรูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มีความยาว 2 เมตร ที่ตำแหน่งห่างจากปากทางออกด้านเป่าของพัดลมเป่าอากาศเป็นระยะ 45 เซนติเมตร จะเจาะช่องขนาด 5 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตรบนท่อเพื่อทำเป็นช่องสำหรับบรรจุฝุ่นขี้เลื่อย โดยช่องนี้จะทำจากแผ่นอะคลิลิค เพื่อใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการพาฝุ่นขี้เลื่อยไปกับลม

ในการหาค่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยจะทำการอบแห้งฝุ่นขี้เลื่อยด้วยตู้อบยี่ห้อ Binder โดยตั้งอุณหภูมิเอาไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และในการชั่งมวลของฝุ่นขี้เลื่อยจะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อ Sartorius ความละเอียดในการอ่านค่า 0.0001 กรัม พิกัดในการชั่ง 120 - 220 กรัม เพื่อหามวลแห้งสุดท้ายของฝุ่นขี้เลื่อย เพื่อที่จะนำมาหาค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย จากสมการที่ 1 ต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย (ร้อยละฐานแห้ง)} = \left(\frac{M_i - M_f}{M_f}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ

M_i = มวลเริ่มต้นของฝุ่นขี้เลื่อย มีหน่วยเป็น กรัม

M_f = มวลแห้งของฝุ่นขี้เลื่อย มีหน่วยเป็น กรัม

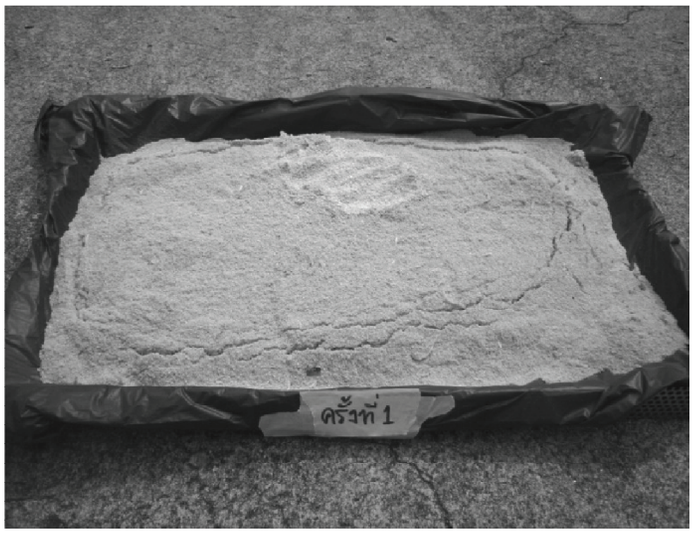
2.2. วิธีการทดลอง

เมื่อนำฝุ่นขี้เลื่อยมาจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา จะนำมาหาค่าความหนาแน่น (bulk density) โดยการตวงด้วยบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหามวลของฝุ่นขี้เลื่อย ทำให้สามารถหาค่าความหนาแน่นได้จากการนำมวลที่ชั่งได้หารด้วยปริมาตรที่ตวงได้ของฝุ่นขี้เลื่อย หลังจากนั้นก็จะนำฝุ่นขี้เลื่อยมาทำการทดลองโดยการตวงฝุ่นขี้เลื่อยให้ได้ 20 กรัม บรรจุในท่อสังกะสี โดยใช้ช่องที่ได้เจาะเอาไว้ หลังจากนั้นทำการปรับความถี่ของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับพัดลมเป่าอากาศด้วยชุดอินเวอร์เตอร์จนกระทั่งฝุ่นขี้เลื่อยถูกพาไปกับลมจนหมด จึงทำการบันทึกค่าความถี่เอาไว้ และทำการวัดค่าความเร็วลมที่สอดคล้องกับค่าความถี่ดังกล่าว พร้อมบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นจึงทำการทดลองที่มวล 60 และ 100 กรัม ตามลำดับ โดยถือว่าเป็นการทดลองที่ความชื้นแรก เมื่อทำการทดลองครบ 3 ค่าของมวล ก็จะนำฝุ่นขี้เลื่อยบางส่วนไปทำการอบแห้งเพื่อหาค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย และนำฝุ่นขี้เลื่อยส่วนที่เหลือไปตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อที่จะนำไปทดลองในวันที่สอง โดยถือว่าเป็นความชื้นค่าที่สอง เมื่อเสร็จการทดลองในวันที่สอง ก็ให้นำฝุ่นขี้เลื่อยบางส่วนไปทำการอบแห้งเพื่อหาค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย และนำฝุ่นขี้เลื่อยส่วนที่เหลือไปตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดลองซ้ำในวันที่สามซึ่งถือเป็นค่าความชื้นที่สาม

ชุดทดลองที่ประกอบเสร็จ และ ฝุ่นขี้เลื่อยที่นำมาใช้ในการทดลอง แสดงได้ดังรูปที่ 1 และ 2 ต่อไปนี้



รูปที่ 1 ชุดทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย



รูปที่ 2 ฝุ่นขี้เลื่อยที่นำมาใช้ในการทดลอง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นและค่าร้อยละความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย

ความชื้นที่	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ค่าความชื้น (ร้อยละฐานแห้ง)
1	320	77.78
2	275	66.67
3	225	45.16

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ฝุ่นขี้เลื่อยที่นำมาจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา มีค่าความชื้นที่สูงก็คือมีค่าความชื้น เท่ากับ 77.78 ร้อยละฐานแห้ง เมื่อนำมาหาค่าความหนาแน่น (bulk density) ก็จะได้ค่าเท่ากับ 320 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรหลังจากนั้นเมื่อนำฝุ่นขี้เลื่อยนี้ไปตากแดดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำไปทดลองในวันถัดไป พบว่าการตากแดดทำให้ความชื้นในฝุ่นขี้เลื่อยลดลง หรือกล่าวได้ว่าฝุ่นขี้เลื่อยแห้งขึ้น ทำให้หาค่าความชื้น ได้

เท่ากับ 66.67 ร้อยละฐานแห้ง และค่าความหนาแน่น (bulk density) เท่ากับ 275 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สุดท้ายนำฝุ่นขี้เลื่อยนี้ไปตากแดดอีกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดลองในวันถัดไป พบว่าการตากแดดทำให้ความชื้นในฝุ่นขี้เลื่อยลดลงอีก ทำให้หาค่าความชื้น ในวันที่สามได้เท่ากับ 45.16 ร้อยละฐานแห้ง และค่าความหนาแน่น (bulk density) เท่ากับ 225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

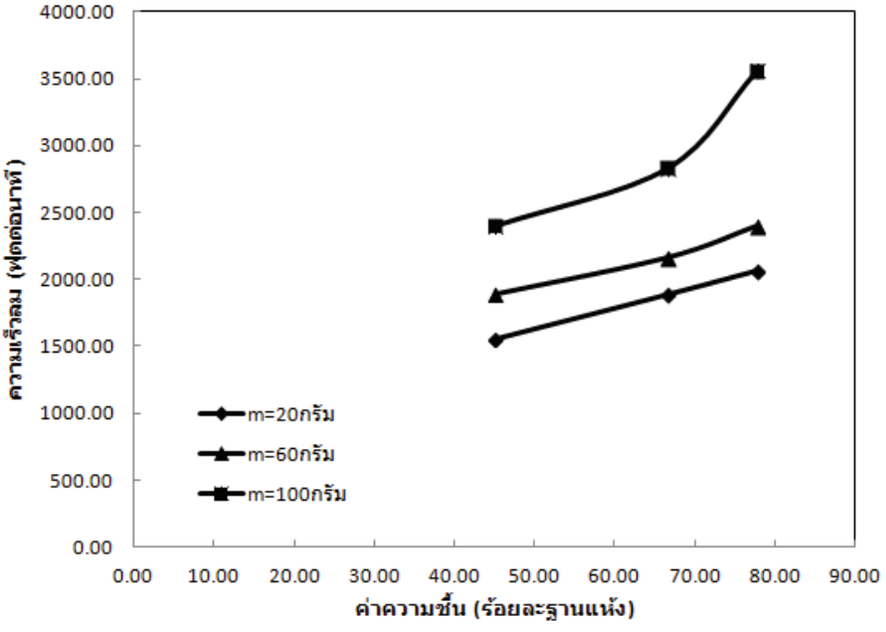
เมื่อนำฝุ่นขี้เลื่อยของแต่ละวันมาทำการทดลองเพื่อหาค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยทดลองที่ 3 ปริมาณมวลของฝุ่นขี้เลื่อย คือ 20, 60 และ 100 กรัม ต่อค่าความชื้น สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

ค่าความชื้น (ร้อยละฐานแห้ง)	มวล (กรัม)	ความเร็วลมต่ำสุด (ฟุตต่อนาที)
77.78	20	2066.4
	60	2401.0
	100	3562.1
66.67	20	1889.3
	60	2164.8
	100	2833.9
45.16	20	1554.7
	60	1889.3
	100	2401.0

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงผลการทดลองค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย พบว่าที่ปริมาณมวลของฝุ่นขี้เลื่อยเดียวกัน เมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีค่าความชื้นสูงจะต้องการค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยสูงตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาที่ค่าความชื้นเดียวกันเมื่อใส่ฝุ่นขี้เลื่อยในปริมาณมวลที่มาก จะต้องใช้ค่าความเร็วลมต่ำสุดที่สูงขึ้นในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 3 ต่อไปนี้



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วลมต่ำสุดกับค่าความชื้น

จากกราฟแสดงผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งก็คือ ความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อย กล่าวคือ หากในการเลื่อยไม้ของโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราใช้ไม้ยางพาราที่ค่อนข้างสดมาทำการเลื่อย จะทำให้ฝุ่นขี้เลื่อยที่ได้มีความชื้นสูง จำเป็นต้องใช้ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยที่สูงกว่ากรณีฝุ่นขี้เลื่อยที่แห้งกว่า อีกทั้งพบว่าเมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีปริมาณมาก ก็จะต้องการความเร็วลมที่ใช้ในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยเช่นกัน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าที่ระดับความชื้น 77.78 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 2,066.4, 2,401.0 และ 3,562.1 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ ที่ระดับความชื้น 66.67 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,889.3, 2,164.8 และ 2,833.9 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ และที่ระดับความชื้น 45.16 ร้อยละฐานแห้ง ความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยมวล 20, 60 และ 100 กรัม มีค่า 1,554.7, 1,889.3 และ 2,401.0 ฟุตต่อนาที ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าความชื้นของฝุ่นขี้เลื่อยมีผลต่อความเร็วลมในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย โดยเมื่อฝุ่นขี้เลื่อยมีค่าความชื้นสูงขึ้น จะต้องใช้ความเร็วลมที่มีค่าสูงขึ้นในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ นายอนุวัฒน์ ศรีพรหม นายณัฐพงษ์ ชุมยวง และ นายสรศักดิ์ สองประสม นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุธรรม นิยมวาส และ บัญญัติ นิยมวาส, 2549, “เครื่องจักรกลของไหล (Fluid Machinery),” สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์.

[2] Lawson – Taylor Co.,Ltd., 2014, “Material Conveying,” www.lawson-taylor.ca/Mat_Conv_Guide.pdf [2014 Jul 3].

[3] The New York Blower Company, 2014, “Pneumatic Conveying,” www.nyb.com/Letters/EL-09.pdf [2014 Jul 3].

[4] The Engineering ToolBox, 2014, “Pneumatics – Solid Transport Carrying Velocities,” www.engineeringtoolbox.com/pneumatic-solids-transports-d_134.html [2014 Jul 3].

[5] Spiral Manufacturing Co, Inc., 2014, “Material Transfer Types of Pneumatics Conveying & Design Considerations,” www.spiralmfg.com/downloads/material_transfer.pdf [2014 Sep 27].

[6] Mitsuaki OCHI and Kikaku IKEMORI, 1978, “Minimum Transport Velocity of Granular Materials at High Concentration in a Horizontal Pipe,” Bulletin of the JSME, Vol. 21, No. 156, 1,008 – 1014.

O-ES02

อุปสงค์ของพลังงานทดแทนสำหรับยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Demand of Alternative Energy for Vehicles at HuaHin, Prachubkhilikhun Province

วีรวัลย์ ปิ่นชุมพลแสง

สาขาวิชาการจัดการ-การจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

E-mail: Veerawanp@hotmail.com

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาความต้องการใช้พลังงานทดแทน ผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญต่อการศึกษาอุปสงค์ของพลังงานทดแทนสำหรับยานพาหนะในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพื่อมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการใช้พลังงานทดแทน ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานทดแทนสำหรับยานพาหนะ รวมถึงการศึกษาทัศนคติทางการตลาดที่มีต่อความต้องการใช้พลังงานทดแทน ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการใช้พลังงานทดแทน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.9995 โดยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 37.71 และมีปัจจัย 5 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการใช้พลังงานทดแทน ได้แก่ ราคาพลังงานทดแทน ค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ -0.78 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.9995 รายได้ของผู้ใช้พลังงานทดแทน ค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ 0.001 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.995 ระยะทางการใช้พลังงานทดแทน ค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ 4.89 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.9995 ราคายานพาหนะ ค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ 2.69 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.99 และอัตราการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานทดแทน ค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ -0.01 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.99 ความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบต่อความต้องการใช้พลังงานทดแทนกับปัจจัยต่างๆ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญร้อยละ 58.01 ลักษณะของเส้นอุปสงค์ระหว่างราคาพลังงานทดแทนและปริมาณพลังงานทดแทนมีลักษณะตรงกันข้ามกันตามทฤษฎี ผลการศึกษาด้านทัศนคติทางการตลาดความต้องการใช้พลังงานทดแทน พบว่า ด้านราคาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในความต้องการใช้พลังงานทดแทนสำหรับยานพาหนะในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีความพึงพอใจในเกณฑ์มากสำหรับแนวทางการปรับปรุงการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อความเพียงพอของจำนวนสถานีที่ให้บริการ และคุณภาพของพลังงานทดแทนเพื่อลดการสึกหรอและการบำรุงรักษาของเครื่องยนต์น้อยลง

คำสำคัญ : พลังงานทดแทน, อุปสงค์, แก๊สโซฮอล์

Abstract

This research is survey research and analyzes relevant quantitative research. The target population is composed of consumers of alternative energy for vehicles in HuaHin at Prachubkhirikhun and the purposive sampling is 625 persons. The methodology research is a multiple regression model at significance of 99.9995%. The study found that there are five factors to alternative energy demand effectiveness for vehicles of statistical significance and has a reliability level of 99.99%. This has the use of alternative energy demand effectiveness increasing by a coefficient value of 37.71. These 5 factors are : the level price of alternative energy for vehicles which has a coefficient value at -0.78 at significance of 99.9995%, the income for consumers of alternative energy for vehicles which has a coefficient value at 0.001 at a significance of 99.995%, the kilometers of vehicles per month which has a coefficient value at 4.89 at a significance of 99.9995%, the level price of vehicles having a coefficient value at 2.69 at a significance of 99.99% and the ratio between kilometers and liter having a coefficient value at -0.01 at significance of 99.99%, the correlation between the alternative energy demand and the five factors has a reliable statistical significance of 58.01%. The demand line result of findings between the level price of alternative energy and alternative energy quantity found that the negative demand line follows the relationship of price and quantity of alternative energy. The study result of marketing attitudes to the demand of alternative energy for vehicles found that the level price of alternative energy is the most important factor to getting consumers to choose alternative energy for vehicles in HuaHin district, Prachubkhilikhun. There is a high satisfaction.

Keywords : Alternative Energy for vehicles is energy instead of oil or petroleum oil.

1. บทนำ

พลังงาน" เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โลกปัจจุบันขับเคลื่อนไปข้างหน้ามนุษย์ค้นพบแหล่งพลังงานมาเนิ่นนานแล้ว เช่น พลังงานเชื้อ เพลิงซึ่งแปรรูปมาจากพลังงานธรรมชาติที่สะสมมานานนับศตวรรษหรือปิโตรเลียม (น้ำมันดิบ)และเราได้ใช้พลังงานดังกล่าวมาผลักดันโลกให้พัฒนาก้าวไปข้างหน้าในทุก ๆด้านจนกระทั่ง วันหนึ่งที่ทุกคนเริ่มตระหนักว่าพลังงานที่แปรรูปจากธรรมชาติดังกล่าว (น้ำมันดิบ)กำลังจะหมดไปมนุษย์จำเป็นต้องหาหนทางอื่น ๆ ในการสร้างพลังงานทดแทนก่อนที่ทุกอย่างจะ สายเกินไปจากเหตุผลดังกล่าวทำให้มนุษย์พยายามที่จะคิดค้นวิธีการต่าง ๆเพื่อสร้างพลังงานทดแทน

การผลิตแก๊สโซฮอล์ในประเทศไทยนั้นเกิดจากแนวพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อปีพ.ศ. 2528 โดยโครงการส่วนพระองค์ได้ศึกษาการผลิตแก๊สโซฮอล์ เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนโดยผลิตเอทานอลจากอ้อยหลังจากนั้นก็เกิดความตื่นตัวทั้งจากภาครัฐและเอกชนเข้ามาร่วมพัฒนาและนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ ในปี พ.ศ. 2543 การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยดำเนินการทดสอบการใช้แก๊สโซฮอล์ในรถยนต์ พบว่า ช่วยลดมลพิษ ประหยัดน้ำมันและไม่มีผลต่อสมรรถนะ และได้มีการผลิตแอลกอฮอล์จากหัวมันสดโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศซึ่งจะส่งให้โรงกลั่นของบางจากผลิตเป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งได้ทดลองจำหน่ายเมื่อปี 2544 ในสถานีบริการน้ำมันของบางจาก 5 แห่งในเขตกรุงเทพฯโดยมีราคาจำหน่ายต่ำกว่าน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน95 เล็กน้อยซึ่งก็ได้ผลตอบรับที่น่าพอใจ ปัจจุบันมีบริษัทค้าน้ำมันจำนวน 11 รายที่จำหน่ายน้ำมันแก๊สโซฮอล์และกระจายไปตามสถานีน้ำมันต่างๆ จากข้อมูลสถานีน้ำมันแก๊สโซฮอล์ในเดือนพฤศจิกายน 2550 ภาคตะวันตกมีสถานีน้ำมันรวม 396 สถานีแบ่งเป็นจังหวัดเพชรบุรี 47 สถานี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์จำนวน 39 สถานี การทดแทนการนำเข้าน้ำมันจากปีละ 500,000 ล้านบาทเพื่อการใช้ในประเทศไทยจากการใช้พลังงานทดแทน (นิธิวดี ไพชยนต์. 2549.“ปี 2549 ปีแห่งพลังงานทดแทน”, วารสารพลังงานทดแทน หน้า 26-34) จะช่วยให้ประเทศไทยประหยัดพลังงานการใช้น้ำมันและยังมีส่วนในการพัฒนาประเทศจากการลดต้นทุนการผลิตทางการขนส่งและยานพาหนะเพื่อขยายโอกาสทางธุรกิจให้เจริญเติบโตต่อไป โดยเฉพาะชุมชนท้องถิ่นที่ได้รับผลกระทบจากราคาน้ำมันในปัจจุบันปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญต่อการศึกษาวิจัยความต้องการบริโภคพลังงานทดแทนน้ำมันสำหรับยานพาหนะในชุมชนท้องถิ่นภาคตะวันตก คือจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งนับเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ ในแต่ละปีมีนักท่องเที่ยวเดินทางโดยยานพาหนะเพิ่มอัตราร้อยละ 5.08 ต่อปี (สถิติการท่องเที่ยวหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. 2552. http://www2.tat.or.th/stat/download/tst/233/huahin.doc) และประชาชนในท้องถิ่นมีการประกอบธุรกิจที่ใช้ยานพาหนะเป็นปัจจัยสำคัญในการประกอบธุรกิจในพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนในฐานะที่เป็นเขตพื้นที่ทางเศรษฐกิจที่สำคัญทางการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงยังเป็นเส้นทางลงสู่พื้นที่ภาคใต้ที่นำไปสู่การขนส่งสินค้าและธุรกิจในพื้นที่ภาคใต้ จึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนน้ำมันสำหรับยานพาหนะ เพื่อการพัฒนาพลังงานทดแทนและลดต้นทุนการผลิต และการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างมั่นคงต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ คำเพียร สะอาดศรี (2547) เรื่อง การใช้พลังงานทดแทนกับวิถีชีวิตชุมชน(กรณีศึกษาบ้านท่าวารี ตำบลหัวดอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิถีชีวิตกับการใช้พลังงานแต่ละประเภทในชุมชน, ณัฐพล ลิ้มปริสุทธิ์ (2551) เรื่องการศึกษาสภาพและผลที่เกิดจากการใช้แก๊สโซฮอล์ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพและผลที่เกิดจากการใช้แก๊สโซฮอล์และเสนอแนะให้มีการเพิ่มสถานีบริการ ต้องการให้มีการสนับสนุนการใช้แก๊สโซฮอล์จากรัฐบาลให้มาก, ศิริมา แย้มสำรวล (2551) เรื่อง การศึกษาสภาพและปัญหาจากการใช้ระบบ เอ็นจีวี (NGV) ในรถบรรทุกในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แสดงถึงความต้องการพลังงานของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่าภาคขนส่งมีการใช้พลังงานมากที่สุด, สดิวัตร สุกใส (2552) แนวโน้มพฤติกรรมในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงานทดแทนก๊าซธรรมชาติ NGV ทดแทนการใช้น้ำมันของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร สารนิพนธ์ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำรวจความรู้ความเข้าใจและแนวโน้มมีการใช้ก๊าซ NGV ในอนาคตในระดับสูง การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับก๊าซ NGV อยู่ในระดับปานกลาง

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานทดแทนน้ำมันสำหรับยานพาหนะ โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอหัวหินซึ่งได้รับผลกระทบจากการเริ่มมีการรณรงค์เรื่องการใช้พลังงานทดแทนในช่วง 4-5 ปีที่ผ่านมาจนเกิดกิจการสถานีน้ำมัน และสถานีให้บริการพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น เริ่มมีการสร้างกลยุทธ์ทางการตลาดที่ทำให้เกิดการบริการเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังต้องการมุ่งแสวงหาแนวทางการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทน อีกทั้งการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคใช้บริการพลังงานทดแทนในยานพาหนะมากขึ้น เพื่อปรับตัวในอนาคตพร้อมรับมือกับการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น ลดการขาดแคลนพลังงานน้ำมัน ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการตลาดในธุรกิจการให้บริการพลังงานทดแทนท่ามกลางกระแสการแข่งขันกับสถานีพลังงานทดแทนที่มีเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นโอกาสให้ผู้บริโภคได้ประโยชน์จากการใช้บริการสถานีพลังงานทดแทนอันจะเป็นความรู้พื้นฐานแก่ศาสตร์ทางด้านการบริหารธุรกิจต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานทดแทนสำหรับยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงานทดแทนทุกประเภทตั้งแต่ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 ก๊าซเอ็นพีวี ก๊าซแอลพีจี สำหรับยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงานทดแทนภาพรวมสำหรับยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาอุปสงค์ของพลังงานทดแทนของยานพาหนะในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยะเวลาที่ทำการสำรวจตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 – กันยายน 2554โดยกำหนดขอบเขตงานวิจัย ดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากร

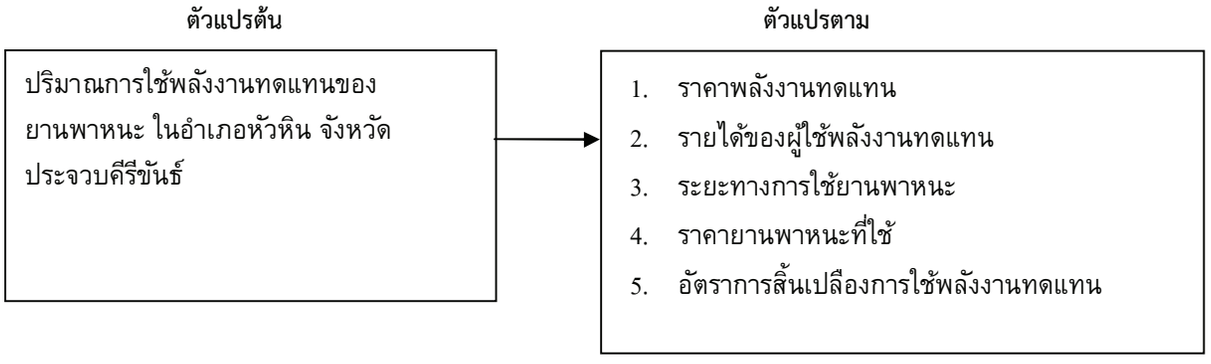
ประชากร ได้แก่ ผู้บริโภคที่ใช้ยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่เป็นจำนวนรถที่จดทะเบียนในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์จำนวน 269,310 คน (ข้อมูลจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2556 รายจังหวัด (Number of Vehicle Registered in Thailand as of 30 June 2013by Provinces) สถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (Transport Statistics Sub-Division, Planning Division , Department of Land Transport))

3.2 ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้จากผู้บริโภคที่ใช้ยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่เป็นจำนวนรถที่จดทะเบียนในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 625 คน (ที่มาจากตาราง Yamane ที่ร้อยละ 95 โดยมีขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามความคลาดเคลื่อนร้อยละ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูลเก็บข้อมูลโดยวิธีการสุ่มแบบใช้ความน่าจะเป็นโดยสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random method) ใช้ตาราง Yamane จากประชากรในฐานะผู้บริโภคที่ใช้ยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งได้จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan. Educational and Psychological Measurement. 2513: 608-609) ได้กลุ่มตัวอย่าง 625คน ซึ่งจะใช้ในการตอบแบบสอบถาม (Questionaire) อย่างไรก็ตาม การสอบถามแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจะเลือกเฉพาะการสอบถามกับกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้พลังงานทดแทนเท่านั้น

3.3 ขอบเขตของตัวแปร

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาผู้วิจัยได้ทบทวนแนวคิดทฤษฎีจากเอกสาร สามารถสังเคราะห์เป็นแนวคิดในการวิจัยได้ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดทางการวิจัย

ในการศึกษาอุปสงค์ของการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะทั้งที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ตามแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

สมการสามารถเขียนอยู่ในรูปความสัมพันธ์ คือ

$$D_{Soil} = C - a_1 P_o + a_2 Y + a_3 M + a_4 P_c - a_5 UseM$$

โดยกำหนดให้

D_{Soil} = ปริมาณการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะ

P_o = ราคาพลังงานทดแทน

Y	=	รายได้ของผู้ใช้พลังงานทดแทน
M	=	ระยะทางการใช้ยานพาหนะ
P_c	=	ราคายานพาหนะที่ใช้
UseM	=	อัตราการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานทดแทน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามจำนวน 625 ชุด โดยให้ผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะ ในอำเภอ หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นผู้ให้ข้อมูลซึ่งได้แบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุด อาชีพ รายได้ต่อเดือนภูมิลำเนา สถานภาพของผู้ใช้ยานพาหนะ สถานภาพการเป็นเจ้าของยานพาหนะ เป็นแบบสอบถามลักษณะให้เลือกตอบและเติมคำ จำนวน 8 ข้อ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะ ประกอบด้วย ยี่ห้อยานพาหนะที่ใช้และราคา ขนาดเครื่องยนต์ อายุการใช้งาน ระยะทางที่ขับยานพาหนะ ราคาติดตั้งเพื่อใช้พลังงานทดแทน ตัวถังที่เลือกใช้พลังงานทดแทน ความจุของถังที่ใช้พลังงานทดแทน ค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิง การเติมพลังงานทดแทนต่อเดือน การเติมพลังงานทดแทนในครั้งนี้ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานทดแทน ประเภทยานพาหนะที่ใช้พลังงานทดแทน ประเภทพลังงานทดแทนที่ใช้ สถานีเพื่อใช้พลังงานทดแทน กิจกรรมที่ใช้พลังงานทดแทน การส่งเสริมการขายที่ได้จากสถานีบริการ ผลกระทบด้านดีของการใช้พลังงานทดแทน ผลกระทบด้านเสียของการใช้พลังงานทดแทน การได้รับข่าวสารการใช้พลังงานทดแทน ความเพียงพอของปริมาณการให้บริการพลังงานทดแทน แนวโน้มในการใช้พลังงานทดแทน สาเหตุการเลือกใช้พลังงานทดแทน เป็นแบบสอบถามลักษณะให้ให้เลือกตอบและเติมคำ และสามารถตรวจรายการมากกว่า 1 ข้อ จำนวน 24 ข้อ

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติทางการตลาดของผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะ ประกอบด้วยปัจจัยทางการตลาดทางด้านราคา ได้แก่ ราคาและความเหมาะสมตามประเภทเชื้อเพลิง ราคาในปัจจุบันมีความเหมาะสม ความคุ้มค่าระหว่างราคาและปริมาณการใช้ ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของราคาพลังงานทดแทนมีความเหมาะสม การเปลี่ยนแปลงราคาพลังงานทดแทนเหมาะสมตามสภาวะเศรษฐกิจ ราคาพลังงานทดแทนเหมาะสมกับคุณภาพเชื้อเพลิงและราคาถูกของพลังงานทดแทนคุ้มค่าต่อการเสียค่าติดตั้งเพื่อรองรับการใช้ เป็นต้นซึ่งรวมเป็น 8 ข้อ สำหรับด้านสินค้า ได้แก่ คุณภาพเหมาะสมกับการใช้ อุปกรณ์ติดตั้งรองรับการใช้พลังงานทดแทนได้มาตรฐาน ประสิทธิภาพต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์และสิ่งแวดล้อม การเดินเครื่องเรียบไม่สะดุด การบำรุงรักษาเครื่องยนต์และซ่อมน้อย การสึกหรอของเครื่องยนต์เมื่อใช้พลังงานทดแทน และไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ปราศจากสารพิษเมื่อใช้พลังงานทดแทน เป็นต้น รวมทั้งหมด 9 ข้อ สำหรับด้านสถานที่จัดจำหน่าย ได้แก่ จำนวนสถานีที่ให้บริการมีมากเพียงใด ยี่ห้อของสถานีให้บริการพลังงานทดแทนมีความหลากหลายต่อการให้บริการ แต่ละสถานีให้บริการมีความปลอดภัย แต่ละสถานีบริการได้รับมาตรฐานการใช้บริการ สถานีให้บริการพลังงานทดแทนมีความสะดวกในการเดินทางไปใช้บริการ สถานีบริการใกล้ชุมชน และระยะห่างของสถานีบริการพลังงานทดแทนระหว่างกันมีความห่างที่เหมาะสมง่ายต่อการใช้บริการ เป็นต้น รวมทั้งหมด 7 ข้อ สำหรับด้านส่งเสริมการตลาด ได้แก่ การประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง การโฆษณาจากสื่อโทรทัศน์ สิ่งพิมพ์ อินเตอร์เน็ต มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทน พนักงานให้บริการมีความชำนาญ การให้บริการสะดวก รวดเร็ว การจัดส่งเสริมการขายเช่น การแถมน้ำดื่ม ขนม มีผลต่อการใช้บริการ และภาครัฐให้การสนับสนุนในการใช้พลังงานทดแทน เป็นต้น รวมทั้งหมด 8 ข้อ ซึ่งแบบสอบถามจะเป็นลักษณะตรวจรายการเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพอสรุปได้ว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 625 คน ส่วนใหญ่เป็นชาย 404 คน คิดเป็นร้อยละ 64.6 ซึ่งเพศชายมักจะเป็นผู้ใช้พลังงานทดแทนมากกว่าเพศหญิงประกอบกับเพศชายมีสถิติ การขับยานพาหนะมากกว่าเพศหญิงทำให้การสำรวจแบบสอบถามมักพบเพศชายตอบแบบสอบถามมากกว่านั่นเอง สำหรับอายุเฉลี่ย 33 ปี ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 26-35 ปี จำนวน 287 คน คิดเป็นร้อยละ 45.9 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่ระดับปริญญาตรีจำนวน 266 คนร้อยละ 42.6 อาชีพส่วนใหญ่มีอาชีพรับจ้าง จำนวน 156 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0 รายได้ต่อเดือนโดยเฉลี่ย 16,968 บาท อยู่ในช่วงระดับรายได้ 5,000-15,000 บาท จำนวน 350 คิดเป็นร้อยละ 56.0 ภูมิลำเนาของผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะโดยส่วนใหญ่อยู่ภาคกลางจำนวน 309 คน คิดเป็นร้อยละ 49.4 ตำแหน่งงานของผู้ใช้ยานพาหนะส่วนใหญ่เป็นลูกจ้างบริษัทในหัวหินและเป็นคนในพื้นที่ จำนวน 276 คน คิดเป็นร้อยละ 44.2 ความเป็นเจ้าของยานพาหนะส่วนใหญ่จำนวน 539 คน คิดเป็นร้อยละ 86.2

ผลการศึกษาพอสรุปถึงพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะ พบว่า ผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะส่วนใหญ่ใช้รถยนต์ยี่ห้อฮอนด้า(HONDA) จำนวน 255 คน คิดเป็นร้อยละ 40.8 ขนาดเครื่องยนต์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ต่ำกว่า 1,500 ซีซี จำนวน 249 คน คิดเป็นร้อยละ 39.8 ขนาดเครื่องยนต์เฉลี่ยอยู่ที่ 1,600 ซีซี ประเภทของยานพาหนะเป็นมือหนึ่ง จำนวน 513 คน คิดเป็นร้อยละ 81.9 ราคายานพาหนะส่วนใหญ่อยู่

ในช่วง 600,001 – 900,000 บาท จำนวน 222 คน คิดเป็นร้อยละ 35.5 ราคายานพาหนะโดยเฉลี่ยเท่ากับ 630,000 บาท ราคาที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อรองรับการใช้พลังงานทดแทนประเภทก๊าซ LPG ส่วนใหญ่ในช่วง 15,001 – 25,000 บาท จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 53.2 ราคาเฉลี่ยของการติดตั้งก๊าซ LPG เท่ากับ 10,900 บาท ราคาที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อรองรับการใช้พลังงานทดแทนประเภทก๊าซ NGV ส่วนใหญ่ในช่วง 45,001 บาทขึ้นไป จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 38.0 ราคาเฉลี่ยของการติดตั้งก๊าซ NGV เท่ากับ 13,700 บาท ทำให้ราคาติดตั้งก๊าซ LPG มีมูลค่าน้อยกว่า ราคาการติดตั้งก๊าซ NGV ซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐานจากภาครัฐ และมีหน่วยงานที่รับติดตั้งจากภาครัฐ แต่สำหรับก๊าซ NGV ด้วยมีมาตรฐานการรับรองความปลอดภัยมากกว่าทำให้มูลค่าการติดตั้งสูงกว่า ตัวแปรด้านระยะการใช้งานหลังการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อรองรับการใช้พลังงานทดแทน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1 ปี 6 เดือน ถึง 2 ปี จำนวน 187 คน คิดเป็นร้อยละ 63.8 แสดงว่าอายุการใช้งานหลังการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อรองรับการใช้พลังงานทดแทนส่วนใหญ่จะติดตั้งมาพร้อมกับการใช้งานยานพาหนะตั้งแต่ครั้งแรกที่ซื้อมาใช้งาน ระยะทางที่ขับยานพาหนะโดยใช้พลังงานทดแทนตลอดเดือน ส่วนใหญ่ในระยะทางการใช้ยานพาหนะต่อเดือนอยู่ในช่วง ต่ำกว่า 1,000 กิโลเมตร จำนวน 360 คน คิดเป็นร้อยละ 57.6 ระยะทางที่ขับยานพาหนะต่อเดือนเฉลี่ยเท่ากับ 3,265 กิโลเมตรต่อเดือน ค่าใช้จ่ายในการเติมพลังงานทดแทนต่อครั้ง อยู่ในช่วงค่าใช้จ่ายต่ำกว่า 500 บาท จำนวน 474 ราย คิดเป็นร้อยละ 75.8 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อการเติมน้ำมันเท่ากับ 476 บาทต่อครั้ง เป็นมูลค่าค่าใช้จ่ายต่ำสุดของการเติมพลังงานทดแทน ส่วนจำนวนครั้งที่เติมต่อเดือนแสดงความถี่ในการเติมพลังงานทดแทน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ต่ำกว่า 10 ครั้งต่อเดือน จำนวน 467 คน คิดเป็นร้อยละ 74.7 จำนวนลิตรในการเติมต่อครั้ง ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงต่ำกว่า 20 ลิตร จำนวน 268 คน คิดเป็นร้อยละ 42.9 ปริมาณการเติมพลังงานทดแทนเฉลี่ยเท่ากับ 15.85 ลิตร ระดับราคาพลังงานทดแทนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ต่ำกว่า 15 บาทต่อลิตร จำนวน 317 คน คิดเป็นร้อยละ 50.7 ระดับราคาพลังงานทดแทนเฉลี่ยเท่ากับ 21.42 บาท อัตราการสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานทดแทน ส่วนใหญ่มีการสิ้นเปลืองอยู่ในช่วง 11-15กิโลเมตรต่อลิตร จำนวน 268 คัน คิดเป็นร้อยละ 42.9 อัตราการสิ้นเปลืองเฉลี่ยกิโลเมตรต่อลิตรเท่ากับ 12 กิโลเมตรต่อลิตร ประเภทของพลังงานทดแทนส่วนใหญ่เติมแก๊ส LPG จำนวน 214 คัน คิดเป็นร้อยละ 34.2 สถานีพลังงานทดแทนที่เลือกใช้บริการส่วนใหญ่เลือกใช้สถานี ปตท. จำนวน 394 คัน คิดเป็นร้อยละ 63

ผลการศึกษาพอสรุปถึงพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะประเภทที่ตอบมากกว่า 1 ข้อ แสดงความถี่ และร้อยละ ด้านจุดประสงค์ของการใช้พลังงานทดแทนส่วนใหญ่พบว่า จุดประสงค์การใช้พลังงานทดแทน เพื่อใช้เดินทางกลับบ้านและไปทำงาน จำนวน 325 คน คิดเป็นร้อยละ 34.8 การส่งเสริมการขายของพลังงานทดแทนส่วนใหญ่พบว่า การเติมพลังงานทดแทนครบมูลค่าจะได้รับน้ำดื่ม จำนวน 341 คน คิดเป็นร้อยละ 48.6 ด้านผลกระทบด้านดีของพลังงานทดแทนส่วนใหญ่พบว่า ราคาถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงปกติ จำนวน 421 คน คิดเป็นร้อยละ 12.1 ส่วนผลกระทบด้านไม่มีของพลังงานทดแทนส่วนใหญ่พบว่า สถานีจ่ายพลังงานทดแทนมีไม่เพียงพอในชุมชนที่ใช้ในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 301 คน คิดเป็นร้อยละ 16.0 ด้านข่าวสารที่ได้รับของพลังงานทดแทนส่วนใหญ่พบว่า ได้รับข่าวสารจากการตัดสินใจเอง จำนวน 212 คน คิดเป็นร้อยละ 28.0 จำนวนสถานีที่ให้บริการพลังงานทดแทน จำนวน 333 คน คิดเป็นร้อยละ 53.3 แนวโน้มการใช้พลังงานทดแทนส่วนใหญ่พบว่า มีแนวโน้มจะใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น จำนวน 485 คน คิดเป็นร้อยละ 77.6 ปัจจัยที่ตัดสินใจในการเลือกใช้พลังงานทดแทน ส่วนใหญ่พบว่า ให้ความสำคัญด้านราคาพลังงานทดแทนมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงปกติ จำนวน 515 คน คิดเป็นร้อยละ 35.0 ด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต ส่วนใหญ่พบว่า จะใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น จำนวน 359 คน คิดเป็นร้อยละ 57.5

ผลการศึกษาพอสรุปถึงทัศนคติทางด้านการตลาดของพลังงานทดแทนในยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีทั้งหมด 4 ด้านคือ ด้านราคาพลังงานทดแทน ด้านผลิตภัณฑ์ของพลังงานทดแทน ด้านสถานที่จัดจำหน่ายพลังงานทดแทน ด้านส่งเสริมการขายของพลังงานทดแทน จากผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่ทัศนคติทางด้านการตลาดภาพรวมทางราคาพลังงานทดแทนมีระดับความพึงพอใจสูงสุด คิดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 อยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจมาก เมื่อแยกตามรายข้อทางด้านราคา ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความพึงพอใจเฉลี่ยสูง 2 หัวข้อ คือ ราคาพลังงานทดแทนในปัจจุบันมีความเหมาะสม และราคาพลังงานทดแทนถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงปกติอยู่ในระดับคะแนน 3.84 อยู่ในเกณฑ์มาก ในด้านผลิตภัณฑ์ของพลังงานทดแทน มีระดับความพึงพอใจในหัวข้อ พลังงานทดแทนมีคุณภาพเหมาะสมต่อการใช้ยานพาหนะ มีค่าเฉลี่ย 3.96 อยู่ในเกณฑ์มาก ในด้านสถานที่ให้บริการพลังงานทดแทนมีระดับความพึงพอใจในหัวข้อ แต่ละสถานีให้บริการพลังงานทดแทนมีความปลอดภัย มีระดับความพึงพอใจในหัวข้อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.54 อยู่ในเกณฑ์มาก ในด้านส่งเสริมการขายของพลังงานทดแทนมีระดับความพึงพอใจในหัวข้อ การประชาสัมพันธ์การใช้พลังงานทดแทนอย่างต่อเนื่อง มีระดับความพึงพอใจในหัวข้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.57 อยู่ในเกณฑ์มาก ซึ่งด้านทัศนคติทางการตลาดของพลังงานทดแทนยังคงให้ความสำคัญระดับสูงในด้านราคาพลังงานทดแทน แสดงถึงสถานการณ์การใช้พลังงานในปัจจุบันของยานพาหนะ ราคาถูก จะทำให้ผู้ใช้สนใจในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงานทดแทน ประกอบกับการพัฒนาคุณภาพของพลังงานทดแทนเพื่อแสดงการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนวัตกรรมทางการพัฒนาคุณภาพพลังงานทดแทนและสอดคล้องกับระดับราคาไม่แพงมากนักจะทำให้ปริมาณการใช้พลังงานทดแทนมีมากขึ้น

ผลการศึกษาพอสรุปถึง การตรวจสอบความรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนของยานพาหนะ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ทราบเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนของยานพาหนะ จากการสอบถามความรู้จำนวน 10 ข้อ ผู้ตอบว่าทราบเกี่ยวกับพลังงานทดแทนเท่ากับ 3,619 คะแนน คิด

เป็นร้อยละ 57.9 ความรู้ที่มีผลตอบว่าทราบมากที่สุดคือ ทราบว่าพลังงานทดแทนที่เป็นก๊าซธรรมชาติประเทศไทยสามารถผลิตเองได้ จำนวน 418 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.9 ของการตอบว่าไม่ทราบ

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐมิติถึงการศึกษาปัจจัยที่มีปริมาณความต้องการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานทดแทนได้แก่ ปริมาณการเติมพลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์กับตัวแปรปัจจัยต่างๆ โดยใช้ข้อมูลจากการออกแบบสอบถามผู้ใช้พลังงานทดแทน เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้พลังงานทดแทน ด้วยวิธีประมาณการค่าแบบกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ปรากฏผลการศึกษา ดังนี้

ในการศึกษาอุปสงค์ของการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะทั้งที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ตามแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา ผลการศึกษาพบสมการตามที่ศึกษาดังนี้

สมการสามารถเขียนอยู่ในรูปความสัมพันธ์ คือ

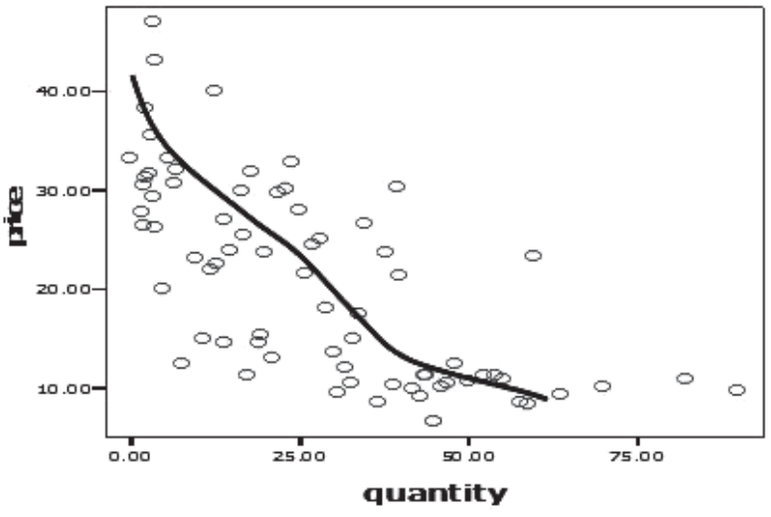
$$\begin{array}{lcl} D_{Soil} & = & 37.71 - 0.78P_o + 0.001Y + 4.89M + 2.69P_c - 0.01UseM \\ \text{(t-stat.)} & & (15.75)\ (-13.32)\quad (3.07)\quad (3.49)\quad (2.20)\quad (-2.15) \end{array}$$

R-Squared = 0.65 Durbin – Watson Stat. = 1.77 F – Stat. = 58.01

โดยกำหนดให้

D_{Soil}	=	ปริมาณการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะ
P_o	=	ราคาพลังงานทดแทน
Y	=	รายได้ของผู้ใช้พลังงานทดแทน
M	=	ระยะทางการใช้ยานพาหนะ
P_c	=	ราคายานพาหนะที่ใช้
UseM	=	อัตราการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานทดแทน

จากสมการที่คำนวณได้มีค่า R-Squared เท่ากับ 0.65 แสดงว่าปริมาณการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนในแบบจำลองถึงร้อยละ 65 จึงนับได้ว่าสมการดังกล่าวสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ได้เป็นอย่างดี ส่วนค่า Durbin – Watson Statistic เท่ากับ 1.77 แสดงว่าแบบจำลองนี้ไม่มีปัญหาสหสัมพันธ์เชิงสถิติ (Autocorrelation) อย่างแน่นอน และเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ ประกอบกับค่า t-stat. ที่ได้ปรากฏว่าตัวแปรอิสระทุกตัวสามารถอธิบายสมการได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Significant) ผลการศึกษาดังกล่าวเป็นไปตามข้อสมมติฐานที่คาดไว้ จะเห็นได้ว่า จากปัจจัยต่างๆ ในสมการแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรที่มีผลต่อด้านปริมาณการใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้ร้อยละ 58.01และเมื่อมีการแสดงความสัมพันธ์ของอุปสงค์ของพลังงานทดแทนจากการวิจัยระหว่างระดับราคาพลังงานทดแทนโดยเฉลี่ยและปริมาณการเติมพลังงานทดแทนโดยเฉลี่ย ซึ่งแสดงเป็นเส้นอุปสงค์ระหว่างตัวแปรสองตัวแปร สรุปได้ว่า ลักษณะเส้นอุปสงค์ลาดลงจากซ้ายไปขวาแสดงว่าระดับราคาพลังงานทดแทนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณการเติมพลังงานทดแทน กล่าวคือ เมื่อราคาพลังงานทดแทนราคาลดลงปริมาณความต้องการใช้พลังงานทดแทนจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อราคาพลังงานทดแทนมากขึ้นปริมาณความต้องการเติมพลังงานทดแทนจะน้อยลง เป็นไปตามทฤษฎีอุปสงค์ทางเศรษฐศาสตร์ ที่กำหนดตัวแปรความสัมพันธ์ระหว่างราคาและปริมาณสินค้า คือพลังงานทดแทน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 อุปสงค์ของพลังงานทดแทน

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบทางด้านปริมาณการใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้ปรับแนวทางของการพิจารณาปัจจัยหลักที่สำคัญ และสอดคล้องตามทฤษฎีทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทางผลการศึกษาในฉบับนี้พบว่า 5 ปัจจัยมีผลกระทบทางด้านปริมาณการใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถ้ามีการปรับกลยุทธ์ปัจจัยทั้ง 5 จะสามารถสนับสนุนให้ผู้ใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะมั่นใจและยอมรับในการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นระดับความแตกต่างระหว่างราคาพลังงานทดแทนและราคาน้ำมันเชื้อเพลิงปกติถ้ามีความแตกต่างกันมาก จะทำให้พลังงานทดแทนเป็นทางเลือกของผู้ใช้พลังงานทดแทน และสำหรับผู้ที่ใช้ยานพาหนะกำลังตัดสินใจที่จะมาใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น ระดับรายได้ของผู้ใช้เมื่อเพิ่มขึ้นจะมีส่วนในการประหยัดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง หันมาใช้พลังงานทดแทนที่จะทำให้ระดับรายได้ของผู้ใช้ประหยัดได้อีกทางหนึ่ง ปัจจัยด้านระยะทางการใช้ยานพาหนะของผู้ใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้นจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ได้ ราคายานพาหนะที่ให้ความสำคัญกับสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพเครื่องยนต์ใหญ่ แรงม้าการเร่งเครื่องมาก จะเป็นการสิ้นเปลืองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ราคายานพาหนะจะราคาสูงไปตามคุณภาพของเครื่องยนต์ พลังงานทดแทนจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งจะช่วยเหลือการประหยัดในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และสำหรับปัจจัยด้านการสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางการใช้ต่อลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่แสดงถึงศักยภาพของเครื่องยนต์ที่บ่งบอก การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและคุณภาพของเครื่องยนต์ถ้าสิ้นเปลืองมาก การใช้พลังงานทดแทน จะเป็นทางเลือกที่ผู้ใช้ยานพาหนะที่สิ้นเปลืองจะใช้พลังงานทดแทนมากยิ่งขึ้น จะสังเกตได้ว่า ปัจจัยทั้ง 5 ด้านเป็นผลกระทบต่อการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะในปัจจุบัน สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ นักวิจัยมีการประเมินตัวแปรทางด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะหลายปัจจัย แต่การสรุปผลการศึกษาเลือกปัจจัยตามทฤษฎีที่สามารถอธิบายผลกระทบทางด้านการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางด้านปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะ ที่จะไม่มีปัญหาสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ร่วมกัน (Auto Correlation) เท่านั้น ซึ่งในงานวิจัยครั้งต่อไป จะควรมีการพิจารณาปัจจัยทางด้านพลังงานทดแทนแยกประเภทอุปสงค์ของแก๊สแอลพีจี อุปสงค์ของแก๊สเอ็นจีวี อุปสงค์ของน้ำมันอี 20 อุปสงค์ของแก๊สโซฮอล์ อุปสงค์ของน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อให้เห็นถึงปัจจัยของพลังงานทดแทนแต่ละประเภทมีความแตกต่างและให้ความสำคัญของปัจจัยต่อการใช้พลังงานทดแทนที่เฉพาะสำหรับประเภทต่างๆ ของพลังงานทดแทน นอกจากนี้ปัจจัยทางสังคมที่ประเมินด้านสังคมศาสตร์นับเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะ เพื่อศึกษาผลกระทบในระดับลึกมากขึ้นเพื่อสามารถอธิบายผลกระทบการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และอาจจะใช้สถิติระดับสูงเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะช่วยแก้ปัญหาการเกิดความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรอิสระร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งถ้ามีการพิจารณาจากงานวิจัยอื่นที่ทำการสำรวจมักจะเป็นการอธิบายผลจากการสอบถามที่กำหนดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จากพฤติกรรมของผู้ใช้และแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางด้านสังคมศาสตร์ ซึ่งจะเป็นการอธิบายพฤติกรรมและระดับความพึงพอใจของผู้ใช้พลังงานทดแทนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาอุปสงค์ของพลังงานทดแทนในยานพาหนะที่ใช้ในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในครั้งนี้เป็นการกำหนดพื้นที่ในระดับชุมชนที่ผู้วิจัยอาศัยอยู่สามารถนำไปพิจารณาเทียบเคียงกับชุมชนอื่นได้ ซึ่งเชื่อได้ว่าไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนในปัจจุบัน ถ้าการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะกำหนดปัจจัยทางการประเมินผลกระทบทางด้านเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ในเชิง

วิศวกรรมศาสตร์ทางเครื่องยนต์ที่พร้อมใช้สำหรับการใช้พลังงานทดแทนที่มีผลกระทบต่อการใช้จะช่วยให้สามารถหาคำตอบทางนวัตกรรมทางเทคโนโลยีเพื่อให้ผู้ใช้พลังงานทดแทนมีความมั่นใจในการเลือกใช้พลังงานทดแทนได้มากยิ่งขึ้น และเกิดผลงานวิจัยในการประเมินถึงความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานทางเลือกได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาทัศนคติทางการตลาดของการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะถึงแม้ว่าการอธิบายค่าเฉลี่ยของการแสดงทัศนคติทางการตลาดของการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะจะมีระดับความคิดเห็นในแต่ละด้านใกล้เคียงกัน คือมีระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์มาก แต่เมื่อพิจารณาจากตัวเลขคะแนนเฉลี่ยที่ได้แล้ว พบว่าด้านระดับราคาสินค้ามีระดับค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงถึงการให้ความสำคัญของผู้ใช้พลังงานทดแทนยังคงให้ความสำคัญต่อระดับราคาเป็นลำดับต้น ตามทฤษฎีอุปสงค์ของสินค้า เป็นยืนยันปัจจัยในการเลือกใช้พลังงานทดแทน ถึงแม้ว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะให้ความสำคัญต่องานวิจัยในเชิงวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ทางเทคโนโลยีของการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพรองรับการใช้พลังงานทดแทน แต่ระดับราคาสินค้ายังเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงานทดแทน การพัฒนานวัตกรรมใหม่ของพลังงานทดแทนและเครื่องยนต์จะต้องพิจารณาถึงราคาด้วย เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้พลังงานทดแทนสามารถจะช่วยประหยัดพลังงานและสามารถใช้พลังงานทดแทนที่ราคาไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเห็นว่า เราควรปลูกจิตสำนึกแก่ผู้ใช้พลังงานทดแทนให้ความสำคัญต่อการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงให้มากขึ้น เนื่องจากถึงแม้ว่าราคาพลังงานทดแทนถูกกว่าพลังงานเชื้อเพลิงปกติ แต่กรณีที่เรามีปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้น ความเป็นไปได้ที่ความต้องการการใช้พลังงานทดแทนสูง ราคาพลังงานทดแทนจะสูงตามไปด้วย การใช้อย่างประหยัดเพื่อปริมาณพลังงานทดแทนจะสามารถใช้ได้ในระยะยาวต่อไปได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะทางการวิจัยในเรื่องผลกระทบทางด้านการใช้พลังงานทดแทนในยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ควรพิจารณากรณีศึกษาขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อหาภาพรวมของความต้องการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะมากยิ่งขึ้นนอกจากนี้การแยกประเภทพลังงานทดแทนในการศึกษาอุปสงค์พลังงานทดแทนแต่ละประเภท เป็นงานวิจัยอีกฉบับหนึ่งซึ่งสามารถศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนแต่ละประเภทได้ชัดเจนและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ข้อเสนอแนะด้านการตรวจสอบความรู้เกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์การตรวจสอบความรู้พลังงานทดแทนมีหลายประเภทการตอบคำถามจึงหลากหลาย ไม่ได้แยกประเภทพลังงานทดแทน ซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถให้แนวทางต่องานวิจัยต่อไปให้สามารถได้ข้อมูลที่ครอบคลุมการตรวจสอบความรู้ของการใช้พลังงานทดแทนของยานพาหนะได้มากขึ้นและชัดเจนมากขึ้นตามประเภทของพลังงานทดแทน

6. เอกสารอ้างอิง

คำเพียร สะอาดศรี. 2547.**การใช้พลังงานทดแทนกับวิถีชีวิตชุมชน(กรณีศึกษาบ้านท่าวารี ตำบลหัวดอกอำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี).** มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ.

ณัฐพล ลิ้มปริสุทธิ์. 2551. **การศึกษาสภาพและผลที่เกิดจากการใช้แก๊สโซฮอล์ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร**. คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาธุรกิจอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นิธิวดี ไพชยนต์. 2549. มูลนิธิสถาบันพลังงานทดแทน ไบโอดีเซล-เอทานอท แห่งประเทศไทย. **“ปี 2549 ปีแห่งพลังงานทดแทน”**, วารสารพลังงานทดแทน ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มีนาคม 2549. บริษัท เอ็มริชริชบิสสิเนส จำกัด. หน้า 26-34.

สดิวัตร สุกใส. 2552. **แนวโน้มพฤติกรรมในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงานทดแทนก๊าซธรรมชาติ NGV ทดแทนการใช้น้ำมันของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร**. สารนิพนธ์ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถิติการท่องเที่ยวหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. 2556. http://www2.tat.or.th/stat/download/tst/233/huahin.doc.

สถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (Transport Statistics Sub-Division, Planning Division , Department of Land Transport).ข้อมูลทะเบียนรถยนต์จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. 2556.

ศิริมา แย้มสำรวล. 2551.**การศึกษาสภาพและปัญหาจากการใช้ระบบ เอ็นจีวี (NGV) ในรถบรรทุกในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล**. คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาธุรกิจอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Krejcie and Morgan.**Educational and Psychological Measurement**. 2513: 608-609.

O-ES03

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมเซลล์แสงอาทิตย์

Development of Solar Tunnel Dryer combined with PV module generated electricity for blower within chamber applied to rural area

บงกช ประสิทธิ์* และ สหัถยา ทองสาร
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
* Corresponding author, E-mail address: micky_sert@hotmail.com (B. Prasit)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน และอัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร เครื่องอบแห้งที่ใช้ทดลองประกอบด้วยชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบซึ่งประกอบด้วยกระจกใสหนา 3 mm มีพื้นที่รับรังสีเท่ากับ 6,090 cm^2 และชุดตู้อบแห้งซึ่งมีห้องอบแห้งทำจากอลูมิเนียม ด้านบนปิดด้วยแผ่นกระจกใส ภายในมีถาดอลูมิเนียม 4 ถาดสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ มีพื้นที่ในการอบแห้งทั้งหมดเท่ากับ 5,850 cm^2 และมีฮีทเตอร์ขนาด 500 W จำนวน 2 ตัว จากการทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s และมีความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ที่ 613.3 W/m^2 ชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ในช่วง 47.2%-58.3% (เฉลี่ย 51.85%) และอากาศไหลที่เข้าสู่บริเวณชุดตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเฉลี่ย 12.45 ^{O}C โดยอุณหภูมิสูงสุด ณ ตำแหน่งกลางตู้อบแห้งเท่ากับ 51.25 ^{O}C เมื่อทำการทดลองอบกล้วยน้ำว้า 6.84 kg ความชื้นเริ่มต้นที่ 222.6 % (d.b.) เป็นเวลา 5 วัน วันละ 9 ชั่วโมง พบว่า กล้วยน้ำว้ามีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 31.1% (d.b.) คิดเป็นอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 4.2% (d.b.) /hr โดยมีอัตราการอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 11.9% (d.b.)/hr เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเท่ากับ 7.69% ลักษณะรูปร่าง สี และรสชาติของกล้วยน้ำว้าหลังจากการอบแห้งนั้น มีลักษณะไม่ต่างจากกล้วยตากที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด โดยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหน่วยมวลของน้ำที่ถูกระเหยสำหรับการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 4.07 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปลี่ยนมาใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าแทนระยะคืนทุนค่าใช้จ่ายพลังงานอยู่ที่ 3.8 ปี

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, เซลล์แสงอาทิตย์

บทนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากประเทศไทยมีแสงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี โดยมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 17.0 $MJ/day.m^2$ เทคโนโลยีการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีการประยุกต์ใช้มานาน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับการไหลของอากาศเพื่อการอบแห้งสำหรับลดความชื้นซึ่งเป็นอีกแนวทางที่สามารถลดระยะเวลาในการลดความชื้นในเนื้อวัสดุให้เร็วกว่าตากแบบธรรมชาติ 2-3 เท่า เทคโนโลยีดังกล่าวใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อนต้นทุนในการก่อสร้างต่ำ สามารถเข้าถึงเกษตรกร หรือผู้ประกอบการ รวมทั้งภาคอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี สำหรับการประยุกต์ใช้งานในพื้นที่จริงสามารถนำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ร่วมในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้กับพัดลมเพื่อบังคับการไหลของอากาศ จะมีความเหมาะสมในพื้นที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง รวมทั้งด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะทำงานจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 50 - 60 ^{O}C ซึ่งถ้าสามารถนำความร้อนดังกล่าวมาใช้งานร่วมกับตัวรับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบฯ ในการไล่ความชื้นในเนื้อวัสดุได้เร็วกว่าระบบเดิมสำหรับการอบแห้ง และยังสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นหลังจากระบายความร้อนให้กับอุโมงค์อบแห้ง ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญและน่าสนใจ การศึกษาผลของอุณหภูมิจากการใช้ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร การลดความชื้นในเนื้อวัสดุจะทำให้ทราบถึงสมรรถนะของเทคโนโลยีสำหรับการอบแห้งและความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งาน สำหรับกรอบแนวคิดของโครงการวิจัยนี้ ถ้าสามารถนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งแทนตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ หรือด้านบนของระบบพลังงานความร้อนเสริม สมมุติฐาน คือระบบยังสามารถผลิตความร้อนให้กับอุโมงค์อบแห้งได้ซึ่งโดยปกติการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าอยู่นั้นความร้อนด้านหลังแผงเซลล์จะมีอุณหภูมิประมาณ 50 – 65 ^{O}C อีกทั้งตัวเซลล์แสงอาทิตย์ยังสามารถผลิตไฟฟ้า และจ่ายให้กับระบบอบแห้งในส่วนของพัดลมที่ใช้บังคับอากาศในการไล่ความร้อน และความชื้นภายในอุโมงค์อบแห้งออกทางด้านปลายของอุโมงค์อบแห้ง แนวคิดดังกล่าว นอกจากจะได้ความร้อนจากด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ในกระบวนการอบแห้งแล้ว ยังส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นจากการระบายความร้อนด้านหลังแผงเซลล์ไปใช้ในการอบแห้งซึ่งเท่ากับว่าได้ทั้งความร้อน ไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจศึกษา และต้องรีบดำเนินการวิจัยอย่างเร่งด่วนเพื่อการนำเทคโนโลยีดังกล่าวประยุกต์ใช้ในชุมชน รัฐวิสาหกจชุมชน หรือภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรและมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองที่นับวันมีราคาสูงอย่างต่อเนื่อง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมโลก

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

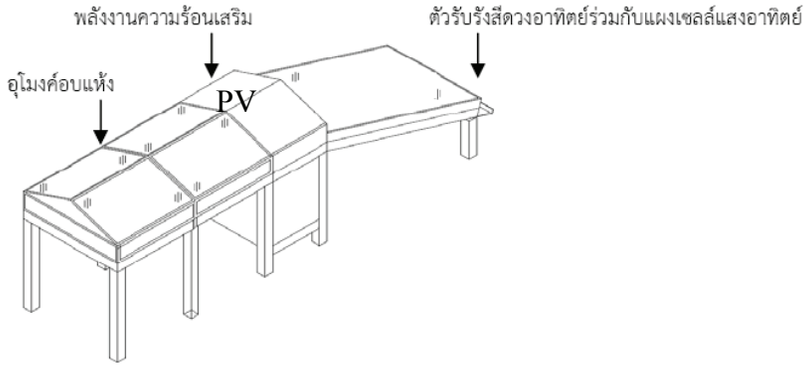
เพื่อทดสอบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับ PV module ด้านบนของระบบพลังงานความร้อนเสริมสำหรับเทคโนโลยีอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

ขอบเขตของโครงการวิจัย

เทคโนโลยีอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีการใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอมอร์ฟัสซิลิคอนในการผลิตความร้อนและผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับอุโมงค์อบแห้ง

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้านบนของระบบพลังงานความร้อนเสริมสำหรับเทคโนโลยีอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการแปรรูปผลผลิตผลทางการเกษตรและหรือลดความชื้นในเนื้อวัสดุพวกชีวมวลต่างๆ ซึ่งโดยปกติตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจะทำหน้าที่ผลิตอากาศร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 - 80 ^{O}C และถูกนำไปใช้ในอุโมงค์อบแห้งสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1 เทคโนโลยีอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตความร้อนและไฟฟ้า

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัยนี้ถ้าสามารถนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งด้านบนของระบบพลังงานความร้อนเสริม สมมุติฐานคือระบบยังสามารถผลิตความร้อนให้กับอุโมงค์อบแห้งได้ ซึ่งโดยปกติการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าอยู่นั้นความร้อนด้านหลังแผงเซลล์จะมีอุณหภูมิประมาณ 50 – 65 ^{O}C อีกทั้งตัวเซลล์แสงอาทิตย์ยังสามารถผลิตไฟฟ้า และจ่ายให้กับระบบอบแห้งในส่วนของพัดลมที่ใช้บังคับอากาศในการไล่ความร้อน และความชื้นภายในอุโมงค์อบแห้งออกทางด้านปลายของอุโมงค์อบแห้ง แนวคิดดังกล่าวนอกจากจะได้ความร้อนจากด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ในกระบวนการอบแห้งแล้ว ยังส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้นจากการระบายความร้อนด้านหลังแผงเซลล์ไปใช้ในการอบแห้ง ซึ่งเท่ากับว่าได้ทั้งความร้อน ไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจศึกษาและต้องรีบดำเนินการวิจัยอย่างเร่งด่วน เพื่อการนำเทคโนโลยีดังกล่าวประยุกต์ใช้ในชุมชน หรือในพื้นที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง รัฐวิสาหกจชุมชน หรือภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร และมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองที่นับวันมีราคาสูงอย่างต่อเนื่อง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมโลก

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เผยแพร่ผลงานวิจัยทางเว็บไซค์ ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน และกลุ่มชุมชน รัฐวิสาหกิจชุมชนหรือภาคอุตสาหกรรม และผู้สนใจทั่วไปที่มาศึกษาดูงานและเยี่ยมชมเทคโนโลยีด้านพลังงานสะอาด ภายในสวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อขยายผลสู่การใช้งานจริง

วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. พัฒนาและออกแบบเทคโนโลยีต้นแบบฯ โดยมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าจ่ายให้พัด
2. ทำการทดสอบสมรรถนะการใช้งาน หาประสิทธิภาพเชิงความร้อนตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ และประสิทธิภาพระบบฯ
3. เก็บข้อมูลผลการทดสอบ

4. วิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อปรับปรุงและแก้ไขระบบฯ

5. สรุปผลการวิจัย และเขียนรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สถานที่ทำการทดลอง ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีมานานแล้ว และในปัจจุบันก็ยังนิยมใช้กันอยู่ กล่าวคือผลิตผลส่วนใหญ่จะถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากแดด เวลาที่ใช้ในการตากขึ้นอยู่กับชนิดความชื้นของผลิตผล และ สภาพอากาศ

แม้ว่าการตากแดดจะได้ผลดี แต่ในบ้างครั้งก็ประสบปัญหาผลิตผลเปียกชื้น ไม่สามารถทำให้แห้งได้ทันเวลา ทำให้ผลิตผลเสียหาย เช่น มีเชื้อรา ปัญหาผลิตผลเปียกมักเกิดในช่วงฤดูฝน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ทำให้เกิดมลภาวะ แต่การที่เราจะดึงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้น ต้องมีการลงทุนสร้างอุปกรณ์เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนแก่อากาศเพื่อนำไปอบแห้งผลิตผล และส่วนที่เป็นตู้อบแห้งซึ่งไว้ใส่ผลิตผลที่ต้องการอบแห้ง [1]

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์สามารถแบ่งตามลักษณะการไหลได้เป็น 2 แบบคือ

1. แบบการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ (Natural convection) ซึ่งจะเกิดการไหลเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นอากาศภายในและภายนอกเครื่อง

2. แบบการไหลของอากาศแบบบังคับ (Force convection) โดยใช้พัดลมสร้างความแตกต่างของความดันให้แก่อากาศเพื่อบังคับการไหลให้เป็นไปตามความต้องการ

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองจะเป็นเครื่องอบแห้งที่มีการไหลอากาศแบบบังคับ โดยจะมีการติดตั้ง พัดลมเพื่อดูดอากาศเข้ามา ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบบังคับจะมีค่าที่สูงกว่าเครื่องอบแห้งที่มีการไหลแบบธรรมชาติ เนื่องจากจะสามารถควบคุมปริมาณการไหลของอากาศได้ แต่การไหลแบบธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีอาทิตย์ โดยหากค่ารังสีต่ำการไหลของอากาศก็จะต่ำไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าน้อยตามไปด้วย

คำนึง วาทโยธา [2] ได้ทำการอบกล้วยด้วยเครื่องอบจำลองรูปแบบการทำงานของเครื่องอบไมโครเวฟร่วมกับสายพานลำเลียง โดยในการทดลองใช้กล้วยน้ำว้าปอกเปลือกเป็นผลิตภัณฑ์ โดยใช้อุณหภูมิในการอบที่ 60 ^{o}C ตลอดการอบ พบว่าคุณภาพของกล้วยหลังการอบไม่แตกต่างจากการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ธีระชัย ไชยศิริ และคณะ [3] ทำการทดลองอบกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าสามารถอบกล้วยน้ำว้าจากความชื้นเริ่มต้น 230 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยใช้เวลา 3 วัน และสีของกล้วยจะเข้มกว่ากล้วยที่ตามโดยใช้วิธีธรรมชาติ โดยเครื่องอบแห้งนี้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 9.2%

Ali Al-Mohamand [4] ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์และแบบติดตั้งอยู่กับที่ผลจากการวิจัยพบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ถึง 20%

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดยส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยปกติจะใช้ความชื้น เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุ [5] ซึ่งสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis moisture content) คือ อัตราส่วนมวลของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อมวลผลิตภัณฑ์ชื้น โดยมีสมการดังนี้

$$MC_{w.b.} = \frac{w-d}{w} x100 \qquad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis moisture content) คือ อัตราส่วนมวลของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อมวลผลิตภัณฑ์แห้ง โดยมีสมการดังนี้

$$MC_{d.b.} = \frac{w-d}{d} x100 \qquad (2)$$

โดยที่ $MC_{w.b.}$ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

$MC_{d.b.}$ คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w คือ มวลเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์, กรัม

d คือ มวลผลิตภัณฑ์แห้ง, กรัม

การคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ คือ สัดส่วนระหว่างพลังงานที่นำไปใช้ในระบบต่อพลังงานที่เข้าสู่ระบบ โดยพลังงานที่นำไปใช้ในระบบคือพลังงานที่นำไปใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ของไหล และพลังงานที่เข้าสู่ระบบคือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนชุดตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถแสดงเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\eta = \frac{\dot{m} c_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{G_t A_c} \quad (3)$$

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของของไหล, kg/s

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของของไหล, J/kg.K

$T_{f,I}$ คือ อุณหภูมิของของไหลที่ทางเข้า, ^{O}C

$T_{f,o}$ คือ อุณหภูมิของของไหลที่ทางออก, ^{O}C

การคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง เป็นสัดส่วนระหว่างพลังงานความร้อนที่นำไปใช้ในการดึงความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ต่อพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นที่เครื่องอบแห้งทั้งหมดสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\eta = \frac{\dot{m} h_{fg}}{G_t A_c} \quad (4)$$

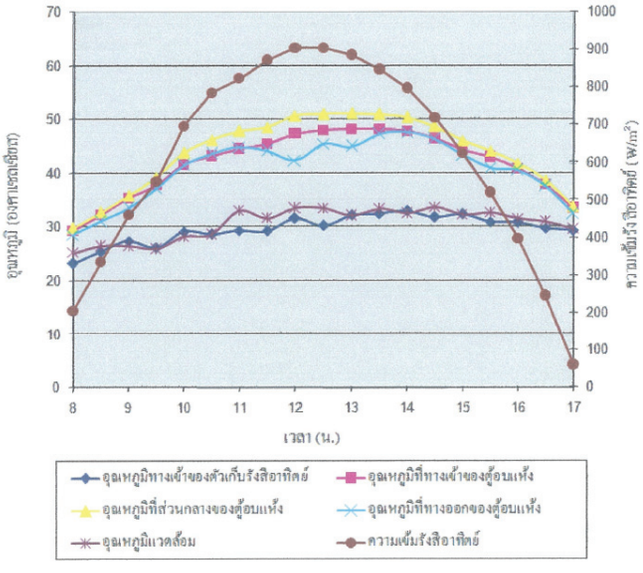
A_c คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์, m^2

H_{fg} คือ ค่าเอนทาลปีระหว่างการเปลี่ยนเฟสของน้ำจากของเหลวไปเป็นไอ, J/kg

ผลการวิจัย

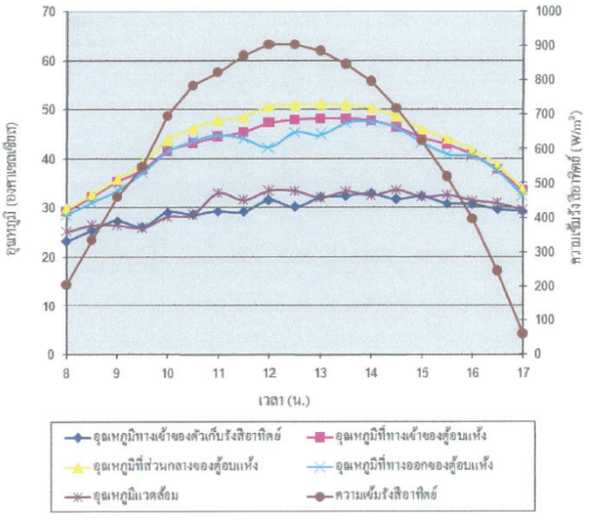
1. ผลการทดลองเมื่อไม่มีภาระ

ในการทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ภายในตู้อบแห้ง แสดงผลการทดลองได้ดังนี้



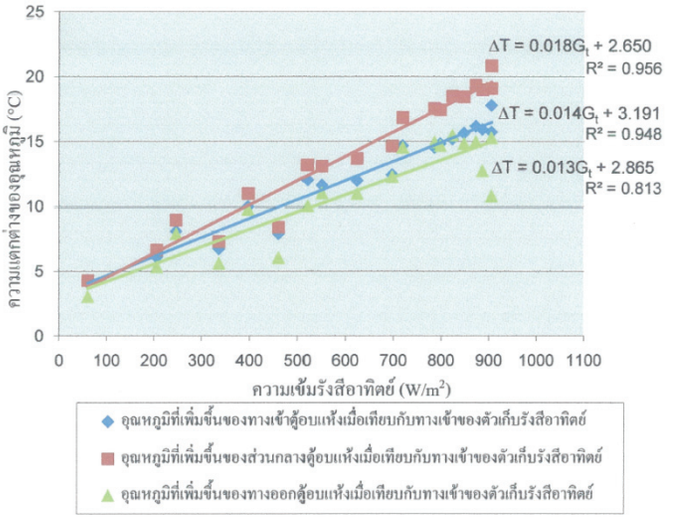
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ และความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ และความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของวัน พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะส่งผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิทุกจุดภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ทางเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในช่วง 30.5 ^{O}C – 20.85 ^{O}C โดยที่บริเวณส่วนกลางของตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิที่สูงสุดที่ 51.25 ^{O}C และมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดถึง 20.85 ^{O}C เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่านส่วนตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิที่สูงอยู่แล้ว และยังได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนกระจกในส่วนของตู้ อบแห้ง ซึ่งเกิดการแผ่รังสีภายในตู้อบแห้งอีกด้วย ทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นจากทางออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์อีกเล็กน้อย



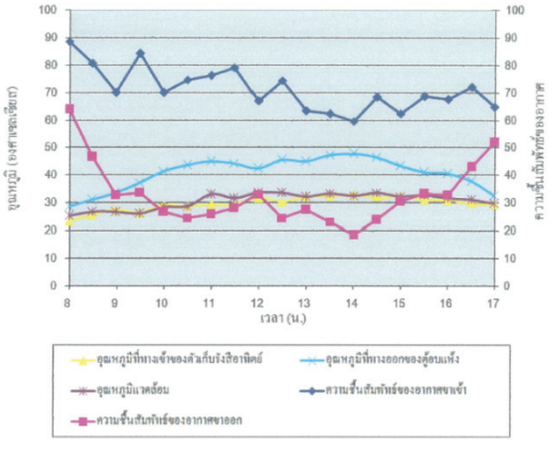
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอาทิตย์และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบในแต่ละช่วงเวลาของวัน พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบในช่วงเวลา 8.30 น. ถึงเวลา 15.00 น. จะอยู่ในช่วง 47.2%-58.3% (เฉลี่ย 51.85%) เนื่องจากความเข้มรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางออกและทางเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสม ส่วนในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 8.30 น. ความเข้มรังสีอาทิตย์จะต่ำในขณะที่ความแตกต่างของอุณหภูมิยังมีค่าพอประมาณ และในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 17.00 น. ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะมีค่าที่ต่ำ แต่ความแตกต่างของอุรหภูมิยังมีค่าสูงอยู่ เนื่องมาจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ยังมีความร้อนที่ดูดกลืนไว้อยู่ซึ่งยังสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่ไหลผ่านได้ในขณะที่ความเข้มรังสีอาทิตย์เริ่มมีค่าลดลง ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลานั้นสูงผิดปกติ



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบกับความเข้มรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s

จากรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบกับความเข้มรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเข้มรังสีอาทิตย์ ความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในบริเวณตู้อบแห้งจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 30.5 ^{O}C – 20.85 ^{O}C (เฉลี่ย 12.45 ^{O}C) โดยเมื่ออากาศไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 6.1 ^{O}C – 17.8 ^{O}C (เฉลี่ย 12.2 ^{O}C) และเมื่ออากาศจากทางออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไหลผ่านชุดตู้อบแห้งพบว่าจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก 0.15 ^{O}C – 3.35 ^{O}C (เฉลี่ย 1.9 ^{O}C) เนื่องจากด้านบนของชุดตู้อบแห้งถูกปิดด้วยกระจกใส การประมาณอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งทางเข้าตู้อบแห้งสามารถประมาณอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากค่ารังสีอาทิตย์ได้ตาม สมการ $\Delta T = 0.014G_t + 3.191$ ที่ตำแหน่งกลางตู้อบแห้งสามารถประมาณอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากค่ารังสีอาทิตย์ได้ตามสมการ $\Delta T = 0.018G_t + 2.650$ และที่ตำแหน่งทางออกของตู้อบแห้งสามารถประมาณอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากค่ารังสีอาทิตย์ได้ตามสมการ $\Delta T = 0.013G_t + 2.865$



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s

จากรูปแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแต่ละช่วงเวลา พบว่าเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นในช่วง 3.5 ^{O}C – 15.3 ^{O}C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะลดลงในช่วง 12.88 – 51.24 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอากาศเกิดการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของน้ำภายในอากาศยังเท่าเดิม

2. ผลการทดลองอบกล้วยน้ำว้า

ผลสังเกตทางด้านลักษณะของกล้วยที่อบจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

ได้ทำการเปรียบเทียบกับกล้วยตากยี่ห้อจิราพรเนื่องจากกล้วยตากยี่ห้อจิราพรเป็นกล้วยตากที่หาซื้อได้ง่าย และมีบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม

1. ในด้านของสีสันเมื่อเทียบกับกล้วยตากยี่ห้อ จิราพร พบว่ามีลักษณะของสีสันที่ใกล้เคียงกันมาก มีความสม่ำเสมอของสี สีไม่อ่อนและไม่เข้มจนเกินไป

2. ในด้านลักษณะผิวและความแห้งของเนื้อใน มีความแข็งและแห้งใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีความชื้นของกล้วยที่ใกล้เคียงกันมาก

3. ในด้านรสชาติและกลิ่นของกล้วย จากการทดลองชิมพบว่ามีรสชาติหวานใกล้เคียงกับกล้วยตากยี่ห้อจิราพร และไม่มีกลิ่นผิดปกติไปจากกล้วยตากหรือกล้วยอบทั่วไป

3. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าน้ำหนักรวม 6.84 กิโลกรัม ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ให้เหลือน้ำหนักรวมอยู่ที่ 2.75 กิโลกรัม ในเวลา 5 วัน วันละ 9 ชั่วโมง ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการใช้พัดลมดูดอากาศทั้ง 3 ตัว แต่ละตัวต้องการพลังงานไฟฟ้าตัวละ 30.8 วัตต์ ดังนั้นในการอบแห้งจะใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 4.158 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งหากค่าไฟฟ้าคิดเป็น 4 บาทต่อหน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) เท่ากับมีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานเท่ากับ 16.63 บาท ในการทำให้น้ำในกล้วยน้ำว้าระเหยออกไป 4.09 กิโลกรัม ดังนั้นในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์นี้จะมีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานสำหรับการทำให้น้ำระเหยจากกล้วยน้ำว้า เท่ากับ 4.07 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผลการวิจัย

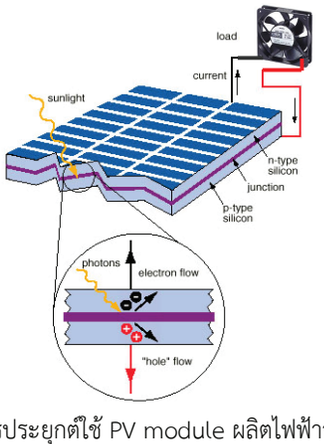
ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0167 kg/s และมีความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ 613.3 W/m^2 จากการทดลองพบว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ในช่วง 47.2%-58.3% (เฉลี่ย 51.85%) ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่ใช้ในงานวิจัยทั่วไป และอากาศไหลที่เข้าสู่บริเวณชุดตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 30.5-20.85 ^{O}C (เฉลี่ย 12.45 ^{O}C) โดยอุณหภูมิสูงสุด ณ ตำแหน่งกลางตู้อบแห้งเท่ากับ 51.25 ^{O}C

เมื่อนำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มาดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้ามวลรวม 6.84 กิโลกรัม ที่มีความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้นที่ 222.6 เปอร์เซ็นต์ (ความชื้นมาตรฐานเปียก 70 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลาทั้งสิ้น 5 วัน วันละ 9 ชั่วโมง พบว่า ได้กล้วยน้ำว้าที่มีความชื้นมาตรฐานแห้งสุดท้ายเท่ากับ 31.1 เปอร์เซ็นต์ (ความชื้นมาตรฐานเปียก 23.7 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 11.9 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งต่อชั่วโมง (เฉลี่ย 4.2 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งต่อชั่วโมง) โดยประสิทธิภาพระบบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 7.69% การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีความสม่ำเสมอของการอบแห้งทุกตำแหน่ง มีลักษณะของกล้วยน้ำว้าหลังจากการอบแห้งนั้น มีความคล้ายคลึงทางรูปร่าง รสชาติ และสี เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้าอบแห้งทั่วไปที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

จากผลการทดลอง การศึกษาสมการความสัมพันธ์ของการเพิ่มอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องอบแห้งเทียบกับความเข้มรังสีอาทิตย์ ความชื้นมาตรฐานแห้งเทียบกับระยะเวลา และอัตราการอบแห้งเทียบกับความชื้นมาตรฐานแห้ง ทำให้สามารถทำนายคุณลักษณะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ได้

จากการเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งและการตากแห้ง พบว่าอัตราการระเหยน้ำและอัตราการอบแห้งของการอบแห้งมีค่าสูงกว่าของการตากแห้ง ดังนั้นในระยะเวลาที่เท่ากันกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้งจะมีความชื้นมาตรฐานแห้งต่ำกว่าการตากแห้ง และในด้านลักษณะของกล้วยน้ำว้าที่อบด้วยเครื่องอบแห้งมีคุณลักษณะโดยรวมดีกว่ากล้วยตากที่ตากแห้งโดยเฉพาะกล้วยน้ำว้าที่อบด้วยเครื่องอบแห้งจะมีสีที่สม่ำเสมอทั่วทั้งลูก ตรงตามความต้องการของตลาด นอกจากนี้การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งจะสามารถควบคุมสภาวะของการอบให้เป็นไปตามที่ต้องการได้

ในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าน้ำหนักรวม 6.84 กิโลกรัม ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ให้เหลือน้ำหนักรวม 2.75 กิโกลรัม ในเวลา 5 วัน วันละ 9 ชั่วโมง ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการใช้พัดลมดูดอากาศทั้ง 3 ตัว โดยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อหน่วยมวลน้ำระเหยสำหรับการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเท่ากับ 4.07 บาทต่อกิโลกรัม โดยปริมาณพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์จะเทียบเท่ากับการใช้พลังงานไฟฟ้า ในการทำให้น้ำในกล้วยระเหยเท่ากับ 678.359 วัตต์ แต่ถ้าหากใช้พลังงานความร้อนจากฮีทเตอร์ในการอบที่ระยะเวลาเท่ากันจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 45 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อรวมกับพลังงานไฟฟ้าที่พัดลมดูดอากาศใช้ทั้งหมดจะเท่ากับ 49.158 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นค่าพลังงานถึง 196.63 บาท หรือคิดเป็น 48.08 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหยออกไป หากมีการใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้าตลอด 5 วัน จะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงมากขึ้นซึ่งอาจไม่คุ้มค่า ควรมีการใช้ในกรณีที่ไม่มีแสงแดดเท่านั้น และใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหลักจะมีค่าความคุ้มทุนกว่ามาก



รูปที่ 8 การประยุกต์ใช้ PV module ผลิตไฟฟ้าจ่ายให้กับพัดลมภายในอุโมงค์อบแห้ง

และหากติดแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 100 วัตต์ ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับพัดลม DC จำนวน 3 ตัว ซึ่งราคาโซลาร์เซลล์ปัจจุบันอยู่ที่ 30 บาทต่อวัตต์ ลงทุนเพิ่มเพียง 3,000 บาท เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า DC ให้กับพัดลม เพื่อระบายความร้อนและความชื้นที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานเท่ากับ 16.63 บาท ต่อการอบกล้วย 1 แบต ระยะเวลาภายใน 1 เดือนสามารถอบกล้วยได้ มากที่สุด 4 แบต ค่าใช้จ่ายค่าพลังงานเท่ากับ 16.63 บาท x 4 แบต = 66.52 บาทต่อเดือน ลงทุนติดตั้ง โซลาร์เซลล์ 3,000 บาท จะคืนทุนอยู่ที่ (3,000 บาท/ 66.52 บาทต่อเดือน เท่ากับ 3 ปี 8 เดือน ซึ่งอายุของโซลาร์เซลล์สามารถใช้งานได้ถึง 25 ปี ซึ่งก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะปัจจุบันราคาเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาต่อวัตต์ที่ลดลงเป็นอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนทุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2557 ขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนที่ให้การสนับสนุนพื้นที่ติดตั้งระบบฯ และอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับวิจัย ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท,พิมพ์ครั้งที่ 7 2540, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] คำนึง วาทโยธา, การอบกล้วยด้วยเครื่องอบจำลองรูปแบบการทำงานของเครื่องอบไมโครเวฟร่วมกับสายพานลำเลียง, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] ธีระชัย ไชยศิริ, บุญบงค์ วัฒนาโกศัย, วิโรจน์ โรจนวิสูตร, เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[4] Ali Al-Mohamand. (2009). Efficiency improvement of Photo-Voltaic Panels Using ca Sun-tracking System. สืบค้น ธันวาคม 25, 2553 จาก www.sciencedirect.com.

[5] สุวรรณ วิรัชกุล, อุสาห์ เจริญวัฒนา, สมใจ ศรีลออกุล, วิเชียร วรพุทธพร, และ ประทุมสงวน ตระกูล, การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยใช้แสงแดดกับการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาเทคโนโลยอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

O-ES04

การศึกษาคุณสมบัติของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ที่ใช้การมอดูเลตแบบ VPPM

A Study of Visible Light Communication Systems with VPPM Modulation Techniques

ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล [1]

[1]สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

E-mail: ditsapon.chu@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

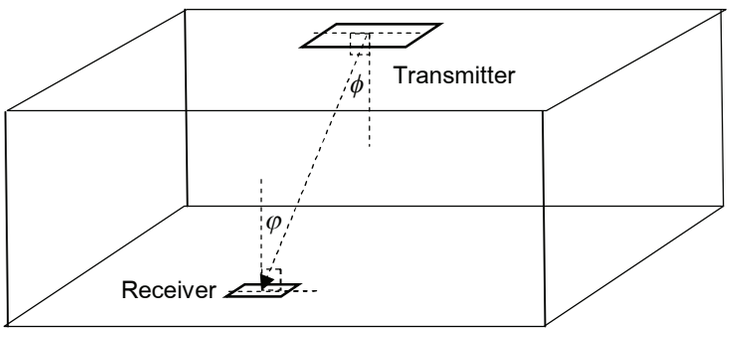
บทความนี้นำเสนอการจำลองการทำงานของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบสื่อสารที่ใช้การประมวลผลสัญญาณแบบต่าง ๆ เป็นการนำแหล่งกำเนิดแสงสว่างประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ MR-16 สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ที่ขายเป็นผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดมาทดสอบและนำข้อมูลที่ได้เหล่านั้นมาใช้ประกอบการจำลองระบบสื่อสาร มีการจำลองการทำงานของภาครับและส่งข้อมูลแบบดิจิทัลที่ใช้การมอดูเลตแบบ Variable Pulse Position Modulation และวิเคราะห์คุณสมบัติในการรับและส่งข่าวสารดิจิทัล ผลลัพธ์จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการจำลองระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริงบางส่วนประกอบการจำลองระบบสื่อสารให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง แหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงสำหรับการส่องสว่างที่เป็นผลิตภัณฑ์วางขายตามท้องตลาดสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องพิจารณาถึงอัตราเร็วของการรับและส่งข่าวสารดิจิทัลเนื่องจากการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราที่มากเกินไปส่งผลให้ระบบสื่อสารมีอัตราความผิดพลาดบิตเพิ่มขึ้นจนอาจไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน

คำสำคัญ: การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ หลอดไดโอดเปล่งแสง การจำลองระบบสื่อสาร

1. บทนำ

การสื่อสารทางแสง (Optical communications) [1] เป็นการสื่อสารรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แสง (Light) หรือรังสี (Ray) เป็นพาหะในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทาง ปัจจุบันระบบสื่อสารทางแสงได้รับการนำไปใช้งานหลากหลายรูปแบบ อาทิ การรับส่งข้อมูลโครงข่ายอินเทอร์เน็ตระหว่างประเทศ และ การรับส่งข้อมูลระยะใกล้สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ (Visible light communications หรือ VLC) [2] คือการสื่อสารทางแสงรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) ซึ่งเปล่งแสงที่มนุษย์มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเพื่อการส่งข้อมูล ระบบดังกล่าวสามารถใช้เป็นระบบสื่อสารและระบบส่องสว่างภายในอาคารได้ในเวลาเดียวกัน ปัจจุบันมีการนำหลอดไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงภายในและภายนอกอาคารเนื่องจากมีอายุการใช้งานยาวนาน ประหยัดพลังงาน และ มีความร้อนระหว่างการใช้งานน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกันการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้จึงได้รับความสนใจในการวิจัยในด้านต่าง ๆ ใน พ.ศ. 2547 T. Komine, และ M. Nakagawa ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์ระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ พ.ศ. 2551 L. Zeng D. O'Brien และคณะผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางเพิ่มอัตราเร็วสำหรับการส่งข้อมูลของการสื่อสารทางแสงด้วยการนำการปรับแต่งสัญญาณ (Equalization) มาใช้งาน [3] ใน พ.ศ. 2552 L. Zeng D. O'Brien และในเวลาต่อมาคณะผู้วิจัยก็ได้นำเสนอการนำหลักการของระบบสื่อสารแบบ Multiple-Input, Multiple-Output (MIMO) มาใช้งานร่วมกับการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ [4] เพื่อเพิ่มอัตราเร็วสำหรับการรับส่งข้อมูล พ.ศ. 2555 S. Rajagopal R.D. Roberts บรรยายหลักการมอดูเลตสัญญาณของการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้และการควบคุมการส่องสว่าง [5] พ.ศ. 2553 H.Q. Nguyen, J.H. Choi และคณะผู้วิจัยได้นำเสนอหลักการพัฒนาโปรแกรมจำลองการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ด้วยโปรแกรม MATLAB [6]

งานวิจัยข้างต้นส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาแหล่งกำเนิดแสงด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงเพื่อการใช้ประกอบการวิจัยในลักษณะต่าง ๆ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการประมวลผลสัญญาณของการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีบริษัทต่าง ๆ ผลิตและวางจำหน่าย



รูปที่ 1 พื้นฐานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้

แหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงเพื่อการส่องสว่างโดยทั่วไป ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องคุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสงเหล่านี้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาปรับใช้กับการสื่อสารทางแสง จากสาเหตุข้างต้นบทความนี้จึงนำเสนอการจำลองคุณสมบัติของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบสื่อสารที่ใช้การประมวลผลสัญญาณแบบต่าง ๆ มีการนำข้อมูลคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงสว่างประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ MR-16 สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ที่ขายเป็นผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดมาใช้ประกอบการทดสอบ มีการจำลองการทำงานของภาครับและส่งข้อมูลแบบดิจิทัลที่ใช้การมอดูเลตแบบ Variable Pulse Position Modulation (VPPM) ซึ่งง่ายแก่การพัฒนาต้นแบบและวิเคราะห์คุณสมบัติในการรับและส่งข้อมูลดิจิทัล ผลลัพธ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาต้นแบบระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ต่อไป

2. โครงสร้างระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้

รูปที่ 1 แสดงการทำงานพื้นฐานของระบบสื่อสารทางแสงสำหรับการสื่อสารภายในอาคาร แหล่งกำเนิดแสงซึ่งทำจากหลอดไดโอดเปล่งแสงถูกติดตั้งไว้บริเวณเพดานภายในอาคารโดยมีการควบคุมความเข้มแสงให้สัมพันธ์กับข่าวสารที่ต้องการส่งและปริมาณการส่องสว่างที่ต้องการใช้งาน สัญญาณทางแสงที่ถูกกำเนิดขึ้นโดยแหล่งกำเนิดแสง (Light source) แพร่ผ่านอากาศไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ภายในอาคาร สำหรับภาครับ (Receiver) เป็นการตรวจจับสัญญาณทางแสงด้วยโฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector) เพื่อกำเนิดสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อการประมวลผลต่าง ๆ ต่อไป การทำงานของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้มีลักษณะดังรูปที่ 2 โดยที่เป็นการจำลองการส่งข้อมูลไบนารี่จากภาคส่งไปสู่ภาครับ การทำงานของภาคส่ง (Transmitter) เป็นการนำข้อมูลไบนารี่ d_i ผ่านการมอดูเลต (Modulation) เพื่อกำเนิดสัญญาณทางไฟฟ้า $p_s(t)$ ซึ่งถูกนำไปขับหลอดไดโอดเปล่งแสง หากกำหนดให้ผลตอบสนองอิมพัลส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง $h_{LED}(t)$ มีคุณสมบัติดังสมการ [4]

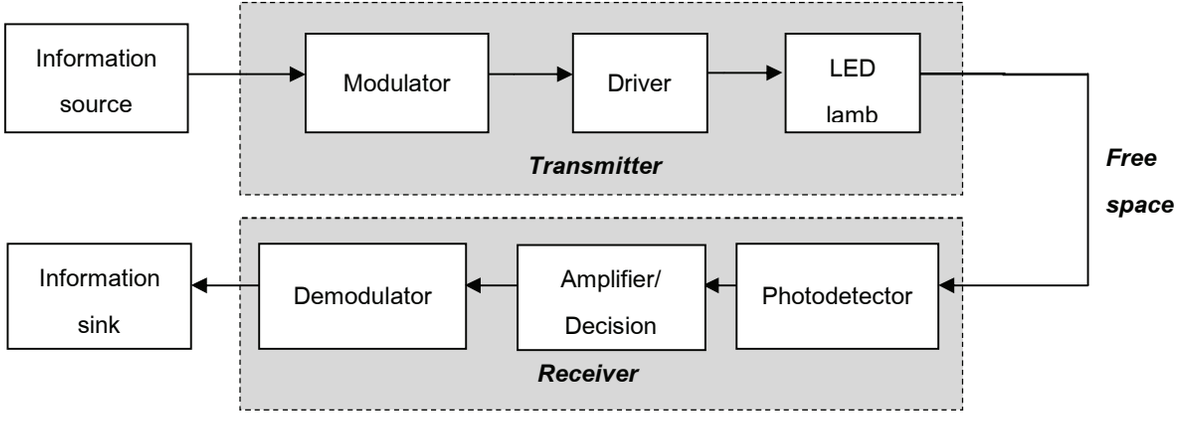
$$h_{LED}(t) = e^{-\omega_c t} \tag{1}$$

เมื่อ

$$\omega_c = \frac{p}{T_r + T_f} \tag{2}$$

โดย T_r และ T_f คือห้วงเวลาขอบขาขึ้น (Rise time) และขอบขาลง (Fall time) ของหลอดไดโอดเปล่งแสง ตัวแปร p เป็นค่าที่ได้จากการทดลอง สัญญาณทางแสงที่ถูกขับออกมาจากหลอดไดโอดเปล่งแสงใด ๆ $p_t(t)$ สามารถคำนวณได้จากการคำนวณค่าคอนโวลูชั่นระหว่าง $p_s(t)$ และ $h_{LED}(t)$

$$P_t(t) = P_s(t) * h_{LED}(t) \tag{3}$$



รูปที่ 2 การทำงานของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้

สัญญาณทางแสงที่กำเนิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงถูกส่งผ่านอากาศไปยังภาครับซึ่งใช้โฟโตดีเทคเตอร์แปลงสัญญาณทางแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในระบบอาจมีจำนวนมากกว่าหนึ่งหลอดดังนั้นสัญญาณทางแสงที่ตรวจจับได้ที่อุปกรณ์ตรวจจับแสงจะเกิดจากผลรวมของผลคูณระหว่างความเข้มแสงที่กำเนิดจากหลอดไดโอดเปล่งแสงต่าง ๆ กับ Channel DC gain $H_d(0)$ ระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสง

$$P_r = \sum^{LEDs} \left\{ P_t H_d(0) + \sum^{reflections} P_t dH_{ref}(0) \right\} \quad (4)$$

เทอมแรกของสมการแสดงถึงแสงที่แพร่จากหลอดไดโอดเปล่งแสงมาสู่อุปกรณ์ตรวจจับแสงโดยตรง (Line-of-sight propagation path) ในขณะที่เทอมที่สองของสมการคือผลของแสงที่เกิดจากแสงที่มีการเดินทางจากหลอดไดโอดเปล่งแสงมาสู่โฟโตดีเทคเตอร์โดยมีการสะท้อนเกิดขึ้น (Reflection path) หากกำหนดให้แหล่งกำเนิดแสงมีการแผ่รังสีแบบ Lambertian โดยมีออร์เดอร์ของการแผ่รังสี (Order of *Lambertian* emission) เป็น m องศาของการเปล่งแสงระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงใด ๆ และโฟโตดีเทคเตอร์มีค่าเป็น ϕ องศาของการรับแสงเป็น ψ และองศาสูงสุดของการรับแสง (Half field of view) มีค่าเป็น Ψ จะได้ว่า Channel DC gain ระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงใด ๆ และโฟโตดีเทคเตอร์สามารถคำนวณได้จาก

$$H_d(0) = \begin{cases} \frac{(m+1)A}{2\pi D_d^2} \cos^m(\phi) T_s(\psi) g(\psi) \cos(\psi) & ;0 \le \psi \le \Psi \\ 0 & ;\psi < \Psi \end{cases} \quad (5)$$

D_d คือระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและโฟโตดีเทคเตอร์ $T_s(\psi)$ คืออัตราขยายของ Optical filter และ $g(\psi)$ เป็นค่าอัตราขยายของ Optical concentrator ซึ่งคำนวณได้จาก

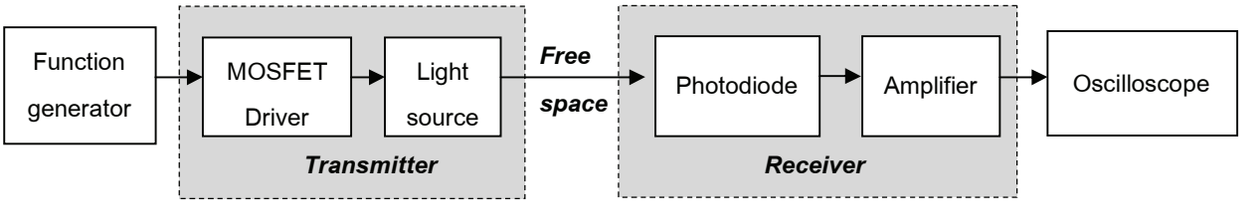
$$g(\psi) = \begin{cases} \frac{n^2}{\sin^2 \Psi_c} & ;0 \le \psi \le \Psi \\ 0 & 0 \ge \Psi \end{cases} \quad (6)$$

เมื่อ n คือดรรชนีหักเห (Refractive index) สำหรับภาครับมีการใช้โฟโตดีเทคเตอร์เพื่อตรวจจับแสงในย่านความยาวคลื่นที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้และกำเนิดสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่ตรวจจับได้ดังสมการ

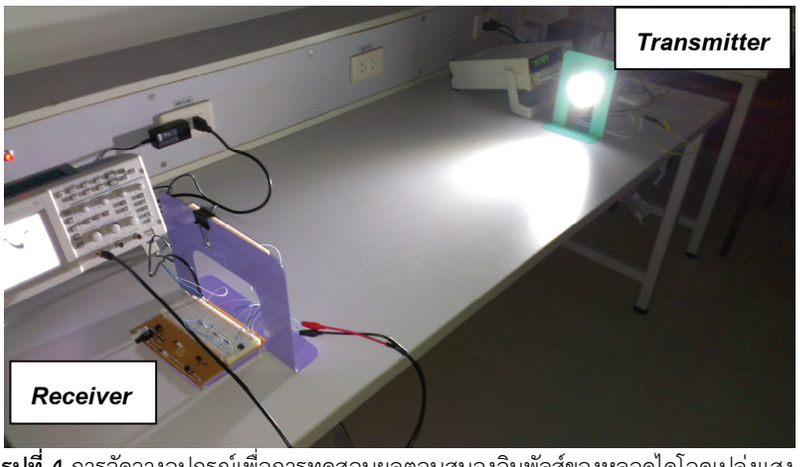
$$I_r(t) = \Re P_r(t) \quad (7)$$

เมื่อ $\Re$ คือค่า Responsitivity ของโฟโตดีเทคเตอร์ สัญญาณ I_r ที่ได้นี้ถูกใช้ในการดีมอดูเลตเพื่อกำเนิดบิตข่าวสาร d_i' เพื่อการใช้งานต่อไป สัญญาณทางไฟฟ้านี้ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนแบบช็อต (Shot noise) และสัญญาณรบกวนอุณหภูมิ (Thermal noise) ในกรณีที่ระบบสื่อสารมีการมอดูเลตแบบ On-Off Keying (OOK) ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังงานเฉลี่ยของสัญญาณข่าวสารต่อสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio หรือ SNR) ของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้สามารถคำนวณได้จาก

$$SNR = \frac{(\Re P_r)^2}{2\sigma_T^2} \quad (8)$$



รูปที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติของหลอดไดโอดเปล่งแสง



รูปที่ 4 การจัดวางอุปกรณ์เพื่อการทดสอบผลตอบสนองอิมพัลส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง

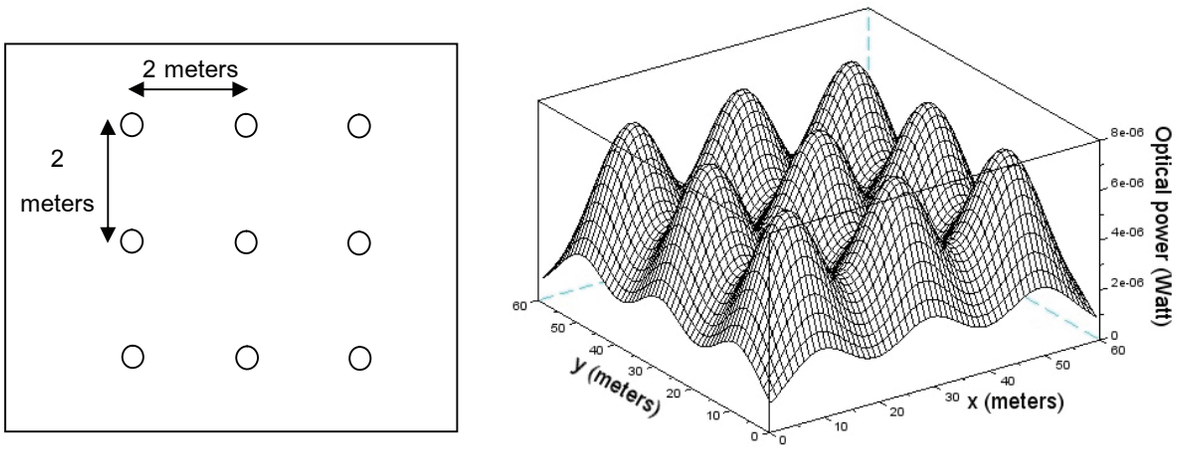
เมื่อ σ_T^2 คือค่าความแปรปรวน (Variance) ของสัญญาณรบกวน สำหรับกรณีที่ระบบสื่อสารมีการมอดูเลตแบบ VPPM จะได้ว่า

$$SNR = \frac{(\Re P_r D)^2}{\sigma_T^2} \quad (9)$$

เมื่อ D คือระดับความสว่าง (Dimming level) ของสัญญาณทางแสงที่ได้จากการมอดูเลตแบบ VPPM

3. การวิเคราะห์ผลตอบสนองอิมพัลส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสงสำหรับส่องสว่าง

เพื่อให้สามารถจำลองคุณสมบัติของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ที่มีผลลัพธ์ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์จริง งานวิจัยนี้มีการทดสอบการรับส่งสัญญาณโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงและโฟโตดีเทคเตอร์เพื่อนำผลลัพธ์จากการทดลองมาปรับแต่งตัวแปรในการจำลองระบบสื่อสารต่อไป แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดสอบเป็นแหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ MR-16 ที่ใช้แรงดันกระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ สำหรับการส่องสว่างภายในอาคาร มีความสว่าง 860 แคนเดลาหรือ 1.25915 W.sr^{-1} ตัวแปร Half beam angle มีค่าเป็น 18 องศา การทดสอบคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงเป็นไปดังภาพที่ 3 และ 4 เป็นการนำสัญญาณลูกคลื่นพัลส์ซึ่งกำเนิดจากฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ส่งต่อเข้าสู่ภาคขับหลอดไดโอดเปล่งแสงซึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดแสง การตรวจจับสัญญาณแสงที่กำเนิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงใช้โฟโตไดโอดในการตรวจจับแสง สัญญาณที่ได้ถูกขยายและส่งเข้าสู่ออสซิโลสโคปเพื่อการแสดงผล แหล่งกำเนิดแสงและโฟโตดีเทคเตอร์อยู่ห่างกัน 1 เมตร จากการทดสอบข้างต้นพบว่าเมื่อป้อนสัญญาณลูกคลื่นพัลส์ซึ่งมีมีความถี่ 100Hz เข้าสู่วงจรขับหลอดไดโอดเปล่งแสงจะได้ว่าสัญญาณลูกคลื่นพัลส์ที่ภาคส่งและสัญญาณที่ตรวจจับได้ที่ได้ที่ภาครับมีห้วงเวลาขอบขาขึ้น t_r และขอบขาลง t_f ของสัญญาณขาออกมีค่าเป็น 2.4ms และ 3.8ms ตามลำดับ ค่าของตัวแปร p ในสมการผลตอบสนองอิมพัลส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้งานมีค่าเป็น 4.75



(ก) (ข)

รูปที่ 5 ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการจำลองระบบสื่อสาร (ก) ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง (ข) กำลังงานแสงที่ตรวจจับได้ที่โฟโตดีเทคเตอร์ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของห้อง

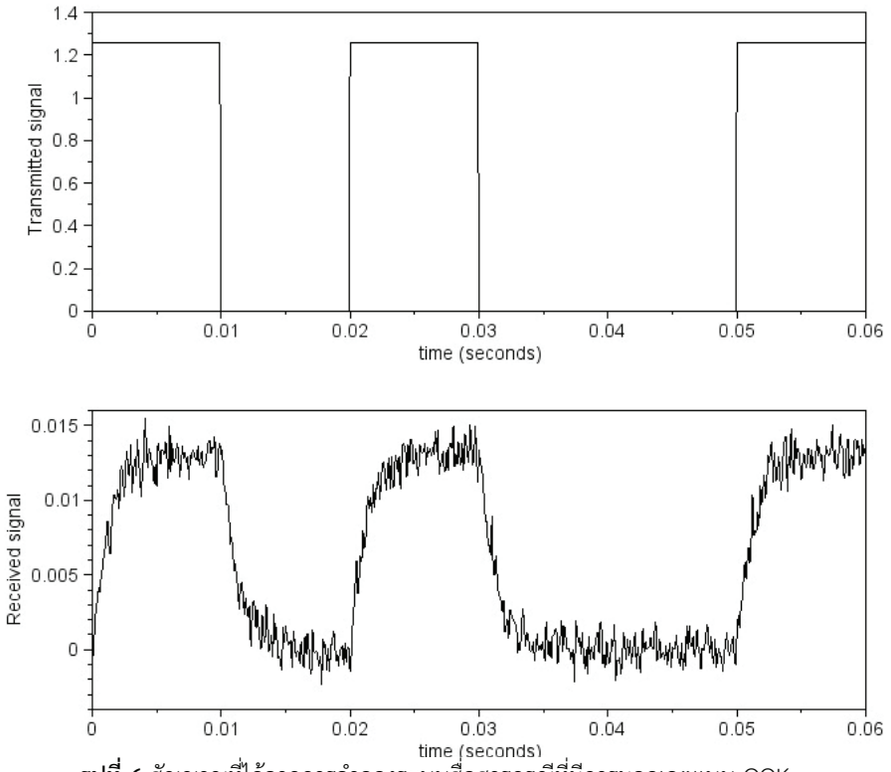
4. ผลการจำลองระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้

เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ที่มีการมอดูเลตแบบ VPPM และใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีคุณสมบัติดังในหัวข้อที่ 3 มีการจำลองระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ด้วยโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารโดยนำข้อมูลแหล่งกำเนิดแสงที่ได้จากการทดสอบจริงมาใช้ประกอบการจำลองระบบสื่อสาร โปรแกรมจำลองระบบสื่อสารเป็นการจำลองการส่องสว่างภายในห้องที่มีความกว้างและยาวขนาด 6 เมตร ระยะห่างระหว่างเพดานและภาครับบนพื้นห้องมีค่าเป็น 2.5 เมตร ภายในห้องติดตั้งแหล่งกำเนิดแสง 9 จุดโดยแต่ละจุดมีระยะห่างสองเมตรดังแสดงในรูปที่ 5(ก) การจำลองระบบไม่มีการนำผลของการสะท้อนของแสงที่ผนังมาประกอบการพิจารณา ภาครับติดตั้งอยู่บริเวณกลางห้อง ตัวแปรต่าง ๆ ของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปดังหัวข้อที่ผ่านมา โฟโตดีเทคเตอร์ที่ใช้งานมีค่า Radiant sensitive area เป็น 7 ตารางมิลลิเมตร ค่า Responsitivity และองศาสูงสุดในการรับแสงของโฟโตดีเทคเตอร์มีค่าเป็น 0.54 A/W และ 55 องศาตามลำดับ กำลังงานแสงที่ตกกระทบพื้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของห้องมีลักษณะดังรูปที่ 5(ข)

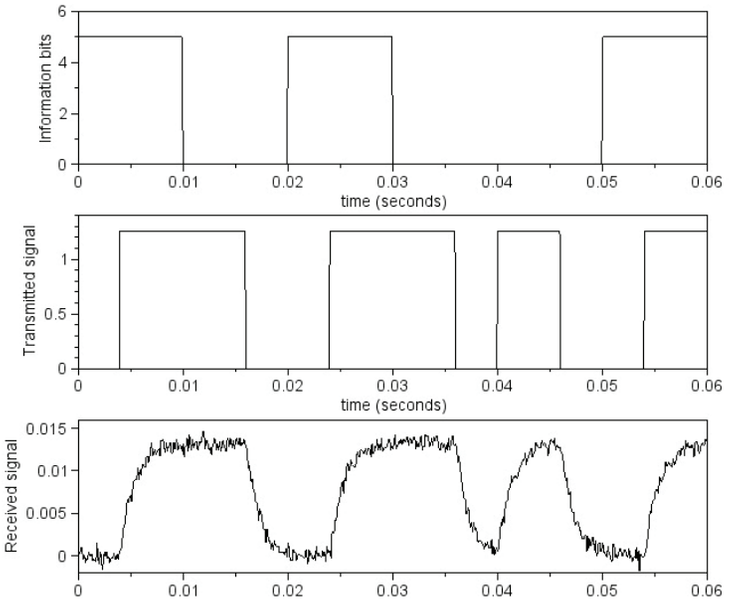
รูปที่ 6 และ 7 เป็นผลการจำลองลักษณะของสัญญาณทางแสงที่กำเนิดขึ้นจากภาคมอดูเลตของภาคส่งและสัญญาณทางแสงที่ตรวจจับได้ที่ภาครับในกรณีที่ระบบสื่อสารใช้การมอดูเลตแบบ OOK และ VPPM ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังงานเฉลี่ยของสัญญาณข่าวสารต่อสัญญาณมีค่า 20 เดซิเบลล์ ภาคส่งกำเนิดข้อมูลไบนารี่ด้วยอัตรา 100 บิตต่อวินาที (Bits/second หรือ BPS) การมอดูเลตแบบ VPPM มีระดับการส่องสว่าง 60% ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสัญญาณที่ตรวจจับได้ที่โฟโตดีเทคเตอร์ของภาครับมีลักษณะที่ผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณที่

ภาคส่งเพราะคุณลักษณะของหลอดไดโอดเปล่งแสง และผลการจำลองด้วยโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง

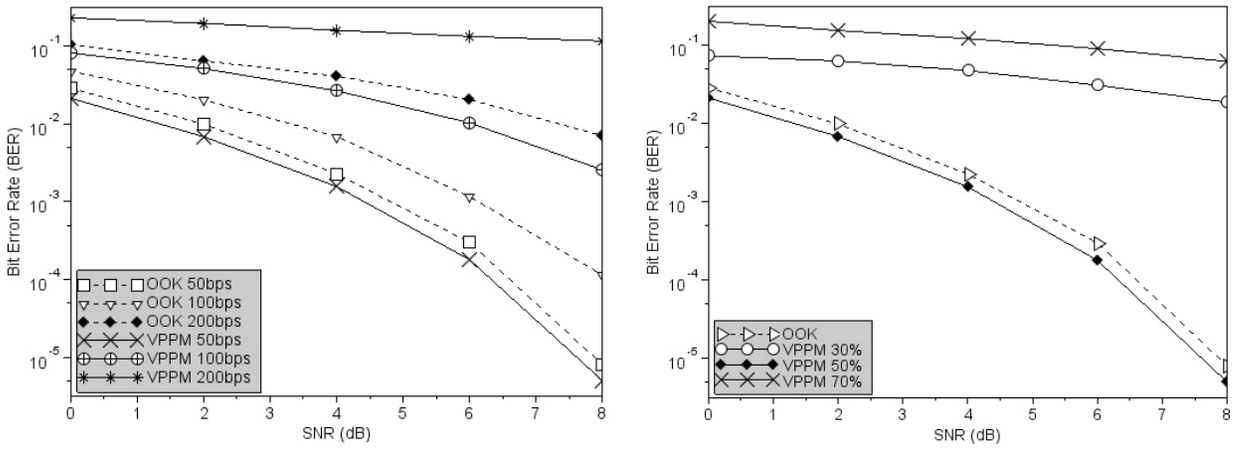
รูปที่ 8 (ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate หรือ BER) ของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ซึ่งใช้การมอดูเลตแบบ OOK และ VPPM โดยมีอัตราการส่งข้อมูล 50 100 และ 200 บิตต่อวินาที จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลของระบบสื่อสารส่งผลให้อัตราความผิดพลาดบิตมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ระบบสื่อสารที่ใช้การมอดูเลตแบบ VPPM ที่มีอัตราการส่งข้อมูล 100 และ 200 บิตต่อวินาทีมีค่าอัตราความผิดพลาดบิตมากกว่ากรณีที่ส่งข้อมูลด้วยอัตรา 50 บิตต่อวินาที รูปที่ 8(ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความผิดพลาดบิตของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ซึ่งใช้การมอดูเลตแบบ VPPM ที่มีระดับการส่องสว่างเป็น 30% 50% และ 70% ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสื่อสารซึ่งใช้ระดับการส่องสว่างเป็น 50% มีอัตราความผิดพลาดบิตน้อยที่สุด



รูปที่ 6 สัญญาณที่ได้จากการจำลองระบบสื่อสารกรณีที่มีการมอดูเลตแบบ OOK



รูปที่ 7 สัญญาณที่ได้จากการจำลองระบบสื่อสารกรณีที่มีการมอดูเลตแบบ VPPM



(ก) (ข)

รูปที่ 8 ผลการจำลองระบบสื่อสาร (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความผิดพลาดบิตและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความผิดพลาดบิตและระดับความสว่างของการมอดูเลตแบบ VPPM

บทสรุป

บทความนี้เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติและความสามารถในการนำมาใช้ในการรับส่งสัญญาณทางแสงของแหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ MR-16 ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์และวางขายเป็นผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด มีการพัฒนาโปรแกรมจำลองการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และนำข้อมูลคุณสมบัติของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ได้จากการทดลองมาปรับใช้งาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการจำลองระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริงมาบางส่วนมาประกอบให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง ผลการจำลองระบบสื่อสารยังแสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงสำหรับการส่องสว่างที่เป็นผลิตภัณฑ์วางขายตามท้องตลาดสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงของระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องพิจารณาถึงอัตราเร็วของการรับและส่งข่าวสารดิจิทัลเนื่องจากการรับส่งข้อมูลด้วยอัตรามากเกินไปส่งผลให้ระบบสื่อสารมีอัตราความผิดพลาดบิตเพิ่มขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ถูกนำไปใช้เพื่อการกำหนดรูปแบบการมอดูเลตสัญญาณทางแสงและตัวแปรต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการจัดทำโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาต้นการสื่อสารภายในอาคารแบบประหยัดพลังงานด้วยแสงที่มองเห็นได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Ray Tricker, *Optoelectronics and fiber optic technology*, 2002

[2] T. Komine and M. Nakagawa, “Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED Light”, *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, Vol. 50, No. 1, February, 2004

[3] L. Zeng, D. O’Brien, “Improvement of Data Rate by Using Equalization in an Indoor Visible Light Communication System,” *Proc. the 4th International Conference on Circuit and Systems for Communications*, pp. 678-682, May 2008.

[4] L. Zeng, D.O’Brien, et. al., “High Data Rate Multiple Input Multiple Output (MIMO) Optical Wireless Communications Using White LEDs Lighting,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 27, No. 9, pp. 1654-1662, December 2009.

[5] S. Rajagopal, R.D. Robert, et. al., “IEEE 802.15.7 Visible Light Communication: Modulation Schemes and Dimming Support,” *IEEE Communication Magazine*, pp. 72-82, March 2012.

[6] H.Q. Nguyen, J.H. Choi, et. al., “A MATLAB-based simulation program for indoor visible light communication system,” *Proc. the 9th IEEE/IET International Symposium on COMMUNICATION SYSTEMS, NETWORKS & DIGITAL SIGNAL PROCESSING*, pp. 537-541, July 2010.

O-ES05

การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม

Comparison between a dryer integrated with Far Infrared Radiation and a conventional ovenin LPG consumption

เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์[1*],พิสิษฏ์ มณีโชติ[2], วิกานต์ วันสูงเนิน[3], ภาคิณ มณีโชติ[4]

[1] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 62000

[2]หน่วยวิจัยพลังงานชุมชน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000

โทร 055-706555 E-mail: saowalak@kpru.ac.th, poo.sert@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี (LPG) ของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบแบบเดิม ในการอบผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารของวิสาหกิจชุมชนบ้านสร้อยสุวรรณ ตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชรผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดลองอบได้แก่ ขนมคุกกี้แปรรูปจากข้าวไรซ์เบอรี่ ในการทดลองได้อบขนมคุกกี้แบบต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งปริมาณของคุกกี้ที่ใช้อบจำนวน 500 กรัม ในการอบขนมคุกกี้นอกจากอบให้สุกแล้วสีของขนมต้องเป็นสีน้ำตาลอ่อนดูน่ารับประทาน จากการทดลองพบว่า การใช้เตาอบแบบเดิมอบขนมคุกกี้ใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้งเฉลี่ย20.8นาที อบขนมที่อุณหภูมิเฉลี่ย 159องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง LPG ทั้งสิ้นจำนวน 457กรัม ส่วนตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลใช้ระยะเวลาในการอบแต่ละครั้งเฉลี่ย 18นาทีอบขนมที่อุณหภูมิเฉลี่ย156.8องศาเซลเซียส ใช้เชื้อเพลิง LPG ในการอบทั้งสิ้นจำนวน 240กรัมหลังจากการทดลองพบว่าตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง LPG ร้อยละ 47.48 ทั้งนี้จากการสอบถามความพึงพอใจคุณลักษณะของขนมคุกกี้ที่อบด้วยตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล จากสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ จำนวน 14 คน พบว่า มีความพึงพอใจทางด้านรสชาติมากที่สุดร้อยละ 100 ถัดมามีความพึงพอใจทางด้านกลิ่นหอม ความกรอบและสีสวยน่ารับประทานร้อยละ 92.86, 85.71, 87.14 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ตู้อบแห้ง, เชื้อเพลิงแอลพีจี, การแปรรูปผลิตภัณฑ์, รังสีอินฟาเรดระยะไกล

ที่มาและความสำคัญ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและนำมาซึ่งความเจริญของประเทศโดยส่วนรวม การใช้พลังงานทุกรูปแบบให้ได้ประโยชน์สูงสุดเป็นการลดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนในการผลิต ลดการนำเข้าพลังงาน ลดการขาดดุลการค้าของประเทศ และเป็นการสงวนทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีใช้ได้นานที่สุด

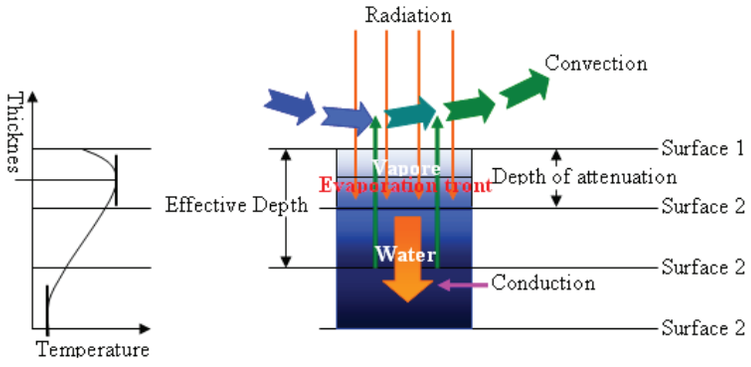
คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ มีมติเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556 เห็นชอบให้ทยอยปรับขึ้นราคาก๊าซแอลพีจี (LiquefiedPetroleumGas: LPG) ภาคครัวเรือนเดือนละ 0.50 บาท/กิโลกรัม ตั้งแต่ 1 กันยายนเป็นต้นไป เพื่อให้ราคาก๊าซแอลพีจีภาคครัวเรือนจากเดิมซึ่งอยู่ที่ 18.13 บาท/กิโลกรัม ปรับเพิ่มขึ้นไปอยู่ที่ราคา 24.82 บาท/กิโลกรัม เพิ่มขึ้น 6.69 บาท/กิโลกรัม หรือประมาณ 100 บาท/ถังขนาด 15 กิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับราคาเทียบเท่าต้นทุนราคา ณ โรงแยกก๊าซ (550 ดอลลาร์สหรัฐฯ/ตัน) โดยคาดว่าหากเป็นไปตามแผนการปรับราคาจะเป็นไปโดยสมบูรณ์ในช่วงประมาณเดือนตุลาคม 2557 ซึ่งมาตรการดังกล่าวจะทำให้กองทุนน้ำมันเชื้อเพลิง ลดเงินอุดหนุนราคาก๊าซ LPG ที่ต้องใช้สูงถึงปีละหลายหมื่นล้านบาท ในขณะเดียวกัน ก็ช่วยลดปัญหาการลักลอบส่งออกก๊าซ LPG ไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ที่มีราคาจำหน่ายสูงกว่าไทยกว่าเท่าตัว การปรับราคาดังกล่าวมีผลกระทบต่อภาคส่วนต่างๆ โดยเฉพาะผู้ประกอบการที่ต้องใช้ก๊าซ LPG ในกิจกรรมธุรกิจ ทั้งร้านอาหารและภาคอุตสาหกรรมที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง อาทิ อุตสาหกรรมเซรามิก และอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร [1] กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวบ้านสร้อยสุวรรณ ตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ได้แปรรูปขนมคุกกี้จากข้าวไรซ์เบอรี่ ซึ่งใช้ก๊าซแอลพีจีในกระบวนการอบขนม ทำให้ได้รับผลกระทบจากการขึ้นราคาของก๊าซอย่างมาก ทั้งนี้ยังประสบปัญหาการผลิตขนมคุกกี้ไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย เนื่องจากเตาอบสามารถอบขนมคุกกี้ได้เพียงครั้งละ 2 ถาด และหลังจากการอบขนมบางส่วนมีรอยไหม้เกรียมเกิดความเสียหายเนื่องจากเตาอบไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตขนมคุกกี้ และเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อการจำหน่าย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการประหยัดการใช้พลังงานแอลพีจีในกระบวนการอบคุกกี้ที่แปรรูปจากข้าวไรซ์เบอรี่และเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อการจำหน่ายจากการค้นคว้าพบว่าการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล (FarInfraredRadiation : FIR) มีศักยภาพที่ดีมากในการพัฒนาสู่การใช้

ในกระบวนการการอบแห้ง เนื่องจาก FIR สามารถส่งผ่านคลื่นเข้าไปสู่ภายในเนื้อวัสดุอบแห้งและสร้างความร้อนจากภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความชื้นเกิดการระเหยจากภายในสู่ภายนอก ซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงมากดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1:ผลกระทบของ FIR ต่อความชื้นในวัสดุ

กล่าวคือ เมื่อให้ความร้อนแก่เซรามิก จะทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนในช่วงความยาวคลื่นที่เรียกว่า FIR ขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าว จะสามารถแพร่รังสีอินฟราเรด ย่านความถี่ 3 – 1,000 μm. [2] ไปยังโมเลกุลของวัสดุที่ต้องการอบแห้งได้ โดยจะส่งผลให้ความชื้นของวัสดุนั้นระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งการอบแห้งด้วยกระบวนดังกล่าวสามารถอบแห้งได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะมีแสงแดดหรือไม่ก็ตาม เนื่องจากความร้อนที่ให้แก่เซรามิก ได้จากเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี

แผ่นเซรามิกที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นสารประกอบในสถานะของแข็งที่ประกอบไปด้วยคาร์บอนร้อยละ 50 และซิลิกอนร้อยละ 50 วัสดุชนิดนี้เป็นทั้งเซรามิกและสารกึ่งตัวนำซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยม เช่น ความแข็งซึ่งเกือบเทียบเท่าเพชร มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงมากกว่า 1000 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ยังมีค่าสภาพนำความร้อนที่สูง ซึ่งทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้เช่นเดียวกับโลหะ[3]

กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์ การศึกษาการแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกลของเซรามิกโดยใช้แก๊สชีวมวลเพื่อใช้ในการอบแห้งจากการศึกษางานวิจัยนี้พบว่า พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่ส่งออกมาจากแผ่นเซรามิกจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และเมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งแบบมีแผ่นเซรามิกกับไม่มีแผ่นเซรามิกเป็นตัวกำเนิดคลื่นความร้อน โดยพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง และสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า การอบแห้งแบบมีแผ่นเซรามิกสามารถลดความชื้นผลิตภัณฑ์ให้ถึงระดับที่ต้องการ ใช้ระยะเวลาในการอบและความสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าการอบแห้งแบบไม่มีแผ่นเซรามิก[4]

วิธีวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เตาอบแบบเดิม

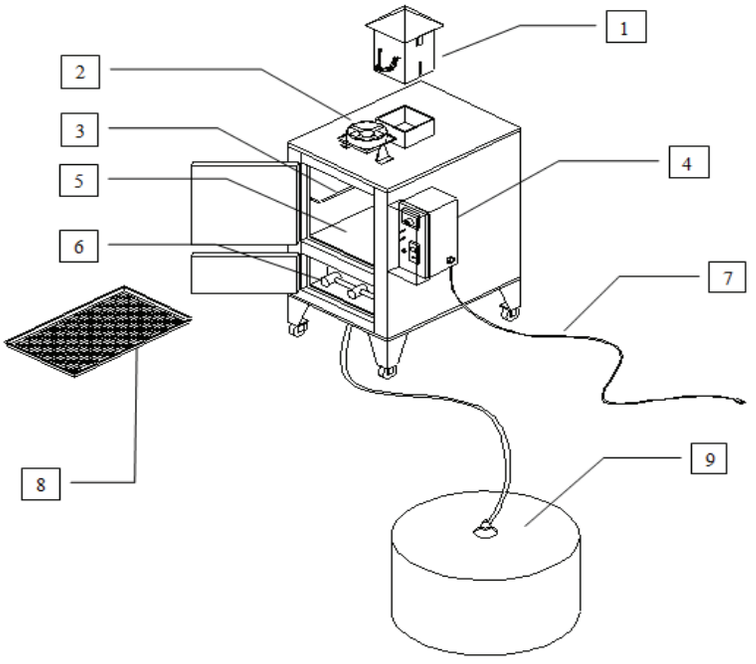
เตาอบแก๊สที่ใช้ในการทดลอง เป็นเตาอบตัวเดิมที่ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวบ้านสร้อยสุวรรณ ใช้ในการอบขนมคุกกี้ ใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี มีลักษณะทางกายภาพ คือ มีความกว้างขนาด 80 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตรและความสูง 120 เซนติเมตร มีประตูอยู่ด้านหน้า ภายในเตาอบมี 2 ชั้น สามารถวางถาดที่มีความกว้างขนาด 40 เซนติเมตรและความยาว 60 เซนติเมตร ได้ชั้นละ 1 ถาด หลักการทำงานคือ เมื่อทำการจุดเตา เปลวไฟที่ทำหน้าที่ให้ความร้อนภายในเตาอบจะอยู่บริเวณรอบๆ เตาทั้งสามด้าน ยกเว้นด้านหน้า และมีมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในเตา แต่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2:เตาอบแบบเดิมที่ใช้ในการทดลอง

2. ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล

ตู้อบแห้งฯ ใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีเช่นเดียวกันกับเตาอบแบบเดิม หลักการทำงาน คือ เมื่อให้ความร้อนแก่แผ่นเซรามิกจะทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนในช่วงความยาวคลื่นที่เรียกว่า FIR ขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะสามารถแพร่รังสีอินฟราเรดไปยังโมเลกุลของวัสดุที่ต้องการอบแห้งได้ โดยจะส่งผลให้ความชื้นของวัสดุนั้นระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว มีลักษณะทางกายภาพ คือ มีความกว้างขนาด 90 เซนติเมตร ความยาว 70 เซนติเมตรและความสูง 150 เซนติเมตร มีประตูอยู่ด้านหน้า ภายในเตาอบมี 4ชั้น สามารถวางถาดที่มีความกว้างขนาด 40 เซนติเมตรและความยาว 60 เซนติเมตร ได้ชั้นละ 2ถาด ดังรูปที่ 3



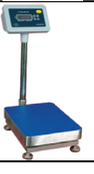
1 = ช่องระบายอากาศ 2 = พัดลมดูดอากาศ 3 = ชั้นวางถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ 4 = กล่องควบคุม
5 = แผ่นเซรามิก 6 = หัวแก๊ส 7 = ปลั๊กไฟ 8 = ถาดวางผลิตภัณฑ์ 9 = แหล่งเชื้อเพลิง(แก๊สแอลพีจี)

รูปที่ 3:ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลองงานวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1:เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลอง

ที่	ชื่อเครื่องมือ	หน้าที่	ลักษณะ
1	เครื่องบันทึกข้อมูล	ใช้ในการบันทึกอุณหภูมิภายในของเตาอบแบบเดิมกับตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล	
2	สายเทอร์โมคัพเปิ้ล	ใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ	
3	เครื่องชั่งน้ำหนัก	ใช้ในการชั่งน้ำหนักของขนมคุกกี้ในทำการทดลองกับเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ	
4	เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล	ใช้ในการชั่งน้ำหนักของถังก๊าซแอลพีจีในทำการทดลองกับเตาอบแบบเดิมและตู้อบ	

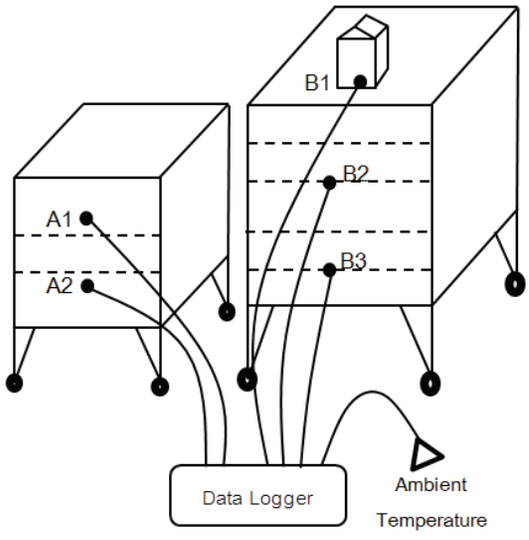
วิธีการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม และความพึงพอใจคุณลักษณะของขนมคุกกี้ที่อบด้วยตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1.การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม

ในการทดลองได้ทำการอบขนมคุกกี้แบบต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1.1.เตรียมเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ ให้พร้อมใช้งาน จากนั้นทำการติดตั้งสายเทอร์โมคัพเปิล กับเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ เข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล และบันทึกค่า ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: แสดงแผนผังการวางตำแหน่งการทดสอบอุณหภูมิภายในเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ

จากรูป A1 กับ A2 เป็นการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบแบบเดิม ส่วน B1, B2 และ B3 เป็นการวัดอุณหภูมิภายในตู้อบฯเทียบกับอุณหภูมิโดยรอบ

1.2.นำแป้งคุกกี้ที่ผ่านการนวดพร้อมอบมาชั่งน้ำหนักจำนวน 10 ตัวอย่างๆ ละ 500 กรัม บันทึกค่าการช่างน้ำหนัก แล้วนำมาบีบด้วยแม่พิมพ์ใส่ถาดที่เตรียมไว้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: แสดงการช่างน้ำหนักและการบีบขนมคุกกี้ก่อนอบในเตาแบบเดิมและตู้อบฯ

1.3. ช่างน้ำหนักก๊าซแอลพีจี ก่อนอบและหลังอบทั้งสองถัง บันทึกค่าทั้ง 5 ครั้ง

1.4. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี โดยใช้สูตรการคำนวณเทียบร้อยละ ดังนี้

$$\frac{\text{ปริมาณการใช้ก๊าซน้อย}}{\text{ปริมาณการใช้ก๊าซมาก}} \quad X\ 100$$

2. การวิเคราะห์ความพึงพอใจคุณลักษณะของขนมคุกกี้

นอกจากได้ทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ แล้วนั้น คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความพึงพอใจของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ จำนวน 14 คน ที่ใช้ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลในการอบขนมคุกกี้ ด้วยแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจทางด้านรสชาติ กลิ่นหอม ความกรอบและสีสวยน่ารับประทาน บันทึกค่าและวิเคราะห์ความพึงพอใจ

ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาศักยภาพการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี ระหว่างเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ รวมถึงวิเคราะห์ความพึงพอใจคุณลักษณะทางกายภาพของขนมคุกกี้ที่อบด้วยตู้อบฯ คณะผู้วิจัยนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม

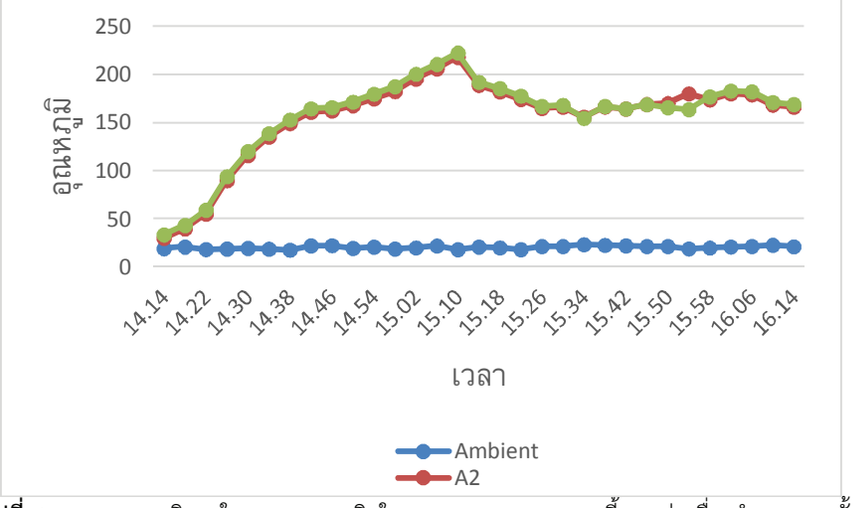
จากการทดลองอบขนมคุกกี้ด้วยเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ ในปริมาณ 500 กรัมที่เท่ากันอบแบบต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง พบว่าเวลาที่ใช้ในการอบมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: แสดงเวลาที่ใช้ในการอบขนมคุกกี้ด้วยเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ

ครั้งที่	เตาอบแบบเดิม		ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล	
	ทดสอบในช่วงเวลา	จำนวน(นาที)	ทดสอบในช่วงเวลา	จำนวน(นาที)
1	14.14-14.50 น.	36	14.14-14.42 น.	28
2	14.54-15.10 น.	16	14.44-15.00 น.	16
3	15.14-15.30 น.	16	15.08-15.22 น.	14
4	15.34-15.54 น.	20	15.24-15.40 น.	16
5	15.58-16.14 น.	16	15.42-16.58 น.	16

1.1. อุณหภูมิภายในเตาอบแบบเดิม

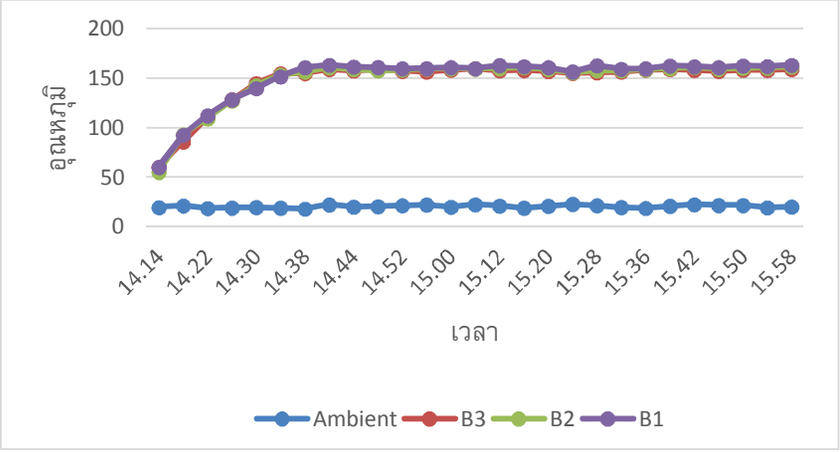
จากการทดลองวัดอุณหภูมิภายในเตาอบแบบเดิม พบว่า อุณหภูมิภายในไม่คงที่ เนื่องจากลักษณะของเปลวไฟที่อยู่รอบๆ ติดไม่สม่ำเสมอ ขณะอบจึงต้องเปิดเตาอบบ่อยๆ เพื่อสังเกต ทั้งนี้ใช้เวลาในการอบขนมคุกกี้แบบต่อเนื่อง จำนวน 104 นาที แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6: แสดงอุณหภูมิภายในเตาอบแบบเดิมในการทดสอบอบขนมคุกกี้แบบต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง

1.2. อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล

จากการทดลองวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล พบว่าอุณหภูมิภายในเตาคงที่ เนื่องจากมีระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบควบคุมการเปิดปิดแก๊ส ทั้งนี้ใช้เวลาในการอบขนมคุกกี้แบบต่อเนื่องจำนวน 90นาที แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7: แสดงอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล ในการทดสอบอบขนมคุกกี้แบบต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง

1.3. ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเตาอบแบบเดิมและตู้อบฯ

จากการทดลองได้นำก๊าซแอลพีจี ช่างน้ำหนักก่อนอบและหลังอบทั้งสองถัง พบว่าเตาอบแบบเดิมใช้ก๊าซแอลพีจีจำนวน 457กรัม และตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลใช้ก๊าซแอลพีจีจำนวน 240กรัม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีของเตาอบแบบเดิมกับตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล

ครั้งที่	ชนิดของเตาอบ(kg)	น้ำหนักก๊าซก่อนอบ (kg)	น้ำหนักก๊าซหลังอบ (kg)	น้ำหนักก๊าซที่ใช้ไป (kg)
1	ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดฯ	31.240	31.100	0.140
	ตู้อบเดิม	29.600	29.428	0.172
2	ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดฯ	31.100	31.075	0.025
	ตู้อบเดิม	29.428	29.357	0.071
3	ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดฯ	31.075	31.050	0.025
	ตู้อบเดิม	29.357	29.286	0.071
4	ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดฯ	31.050	31.025	0.025
	ตู้อบเดิม	29.286	29.214	0.072
5	ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดฯ	31.025	31.00	0.025
	ตู้อบเดิม	29.214	29.143	0.071

จากตารางพบว่า ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีในการอบขนมคุกกี้น้อยกว่าเตาอบแบบเดิมร้อยละ 47.48

2. การวิเคราะห์ความพึงพอใจคุณลักษณะของขนมคุกกี้

จากการใช้แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจทางด้านรสชาติ กลิ่นหอม ความกรอบและสีสวยน่ารับประทานของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 14 คนพบว่า มีความพึงพอใจทางด้านรสชาติมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 100 มีความพึงพอใจทางด้านกลิ่นหอมร้อยละ 92.86 มีความพึงพอใจทางด้านความกรอบร้อยละ 85.71 และมีความพึงพอใจทางด้านสีสวยน่ารับประทานร้อยละ 87.14 ดังรูปที่ 8



(ก) แสดงการอบด้วยตู้อบแห้งรังสีอินฟาเรดระยะไกล(ข) แสดงการอบด้วยเตาอบเดิม

รูปที่ 8: แสดงขนมคุกกี้ที่ผ่านการอบ

จากรูปจะเห็นได้ว่าขนมคุกกี้ที่ผ่านการอบด้วยเตาอบเดิมจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้มไหม้ ส่วนขนมคุกกี้ที่ผ่านการอบด้วยตู้อบแห้งรังสีอินฟาเรดระยะไกลจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนน่ารับประทาน

สรุปผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิง LPG ของตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลกับเตาอบเดิม สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1. เมื่อทำการทดสอบอุณหภูมิภายในห้องอบ พบว่าตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่กว่าเตาอบแบบเดิม

5.2. การใช้ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลในการอบคุกกี้เทียบกับเตาอบเดิม สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีร้อยละ 47.48

5.3. ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลมีปริมาณพื้นที่ในการอบขนมคุกกี้มากกว่าเตาอบเดิม ทำให้ลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มรายได้มากขึ้น

5.4. สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวบ้านสร้อยสุวรรณมีความพึงพอใจตู้ตู้อบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกลโดยเฉลี่ยร้อยละ 91.43

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาเป็นอย่างสูงที่สนับสนุนทุนวิจัยมาให้ในครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ หน่วยวิจัยพลังงานชุมชน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้คำปรึกษาและให้โอกาสเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

[1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2556, ธุรกิจ SMEs เร่งปรับตัวหลังภาครัฐปรับราคาก๊าซแอลพีจีภาคครัวเรือน, บทวิเคราะห์รายสัปดาห์ สิงหาคม 2556

[2] Sandu, C. (1986). Infrared radiative drying in food engineering: process analysis. Biotechnology Progress. 2(3)

[3] NetFISiC. 2557. Training NETwork on Functional Interfaces for SiC. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.netfisic.eu/en/netfisic-for-all/netfisic-.html. 8 กรกฎาคม 2557

[4] กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์. 2553. การศึกษาการแผ่รังสีอินฟาเรดระยะไกลของเซรามิกโดยใช้แก๊สชีวมวลเพื่อใช้ในการอบแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

O-ES06

การลดค่าพลังงานไฟฟ้าในการปลูกดอกเบญจมาศ

Reducing the electrical energy in growing Chrysanthemum.

นิคม ธรรมปัญญา[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

โทร 053-723-979 โทรสาร 053-723-978 E-mail: Nikom@rmutl.ac.th , Nikom_tamma@hotmail.com

1. บทคัดย่อ

สถานีมูลนิธิโครงการหลวงสะโง๊ะได้มีการปลูกดอกเบญจมาศ ซึ่งการให้แสงแก่ดอกเบญจมาศโดยการใช้หลอดไส้ 100 วัตต์ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ แบบ Warm white ซึ่งให้ความเข้มแสงที่ใกล้เคียงกับหลอดไส้ 100 วัตต์ ในการให้แสงแก่โรงแม่พันธ์ดอกเบญจมาศของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะติดตั้งสูงจากพื้น 1.70 เมตร ระยะห่างระหว่างหลอด 1.80 เมตร จะทำให้ได้ความเข้มแสงที่เพียงพอต่อการให้แสงแก่ดอกเบญจมาศ เมื่อเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงประมาณ1,305 บาทต่อเดือน ในพื้นที่ปลูกดอกเบญจมาศ 144 ตารางเมตร และเทียบต้นทุนการติดตั้งกับค่าไฟฟ้า หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะคืนทุนประมาณ 5 เดือนขึ้นไป ในส่วนของแปลงปักชำการใช้พลังงานไฟฟ้าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงประมาณ 335 บาทต่อครอบ เมื่อเทียบต้นทุนการติดตั้งกับค่าไฟฟ้าจะคืนทุนประมาณ 4 เดือนขึ้นไป

คำสำคัญ: สถานีมูลนิธิโครงการหลวงสะโง๊ะ ; การสะท้อนของโคม ; ดอกเบญจมาศ

2. ที่มาและความสำคัญ

ดอกเบญจมาศ เป็นไม้ดอกเมืองหนาวที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีหลากหลายลักษณะ มีสีสันสวยงาม ทนต่อการขนส่ง มีอายุการใช้งานยาวนาน และสามารถนำไปใช้ได้กับทุกเทศกาล จึงเป็นดอกไม้ที่มีราคาดี เป็นที่ต้องการของตลาด แต่ในปัจจุบันการผลิตยังไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ ดังนั้นจึงมีการส่งเสริมการปลูกเบญจมาศสู่เกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวง

ซึ่งปัญหาอีกด้านหนึ่งของการปลูกดอกเบญจมาศในสถานีมูลนิธิโครงการหลวงสะโง๊ะ คือดอกเบญจมาศต้องมีการให้แสงของดอกเบญจมาศให้ได้ประมาณ 13 ชั่วโมงต่อวัน ดวงโคมที่ใช้ในการให้แสงสว่างกับดอกเบญจมาศเป็นโคมหลอดไส้ ขนาด 100 W การใช้โคมหลอดไส้ในการให้แสงสว่างความเข้มของแสงหลอดไส้มีความใกล้เคียงกับความเข้มของแสงอาทิตย์ ซึ่งมีการใช้ดวงโคมประมาณ 30 ดวงโคมต่อโรงเรือน ซึ่งการใช้หลอดไส้ขนาด 100 W นี้ทำให้ทางสถานีมูลนิธิโครงการหลวงสะโง๊ะ เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้ามาก และจากการศึกษาพบว่าผู้ปลูกดอกเบญจมาศได้มีการใช้หลอด Fluorescence และหลอด High Pressure Sodium มาให้แสงแทนหลอดไส้ 100 W ซึ่งทำให้เกิดการประหยัดไฟฟ้ามากถึง 3 เท่า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทดสอบหาชนิดของหลอดไฟที่จะนำมาทดแทนการใช้หลอดไส้ เพื่อให้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและความเข้มของแสงที่เหมาะสมกับการปลูกดอกเบญจมาศ ในศูนย์และสถานีมูลนิธิโครงการหลวงสะโง๊ะ

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พืชสามารถดูดกลืนแสงได้มากเป็นพิเศษที่ 2 ช่วงความยาวคลื่นคือ แสงช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-500 นาโนเมตร ซึ่งประกอบด้วยแสงสีม่วง สีน้ำเงิน และสีเขียว กับแสงสีแดงที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 600-800 นาโนเมตร โดยแสงสีแดงเป็นแสงที่พืชสามารถดูดกลืนไว้ได้มากที่สุด และมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชด้วย ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดและสายพันธุ์จะตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสงแตกต่างกัน [1]

การส่งเสริมการปลูกเบญจมาศสู่เกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวง มีการวางแผนการปลูกเฉพาะสายพันธุ์ที่ที่ต้องการของตลาด และมีการพัฒนาเทคนิควิธีในการปลูกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังเน้นการควบคุมคุณภาพเพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐานดอยคำ สร้างรายได้แก่เกษตรให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และสร้างรายได้กว่าครึ่งของรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตไม้ดอกทั้งหมดของมูลนิธิโครงการหลวง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะมีการปลูกในฤดูกาล ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม – พฤศจิกายน การปลูกนอกฤดูกาล ตั้งแต่เดือนธันวาคม – มิถุนายน การปลูกดอกเบญจมาศที่ดีควรมีการปลูกอยู่ภายใต้โรงเรือนที่สามารถควบคุมแสงสว่างให้ต้นแม่พันธุ์เบญจมาศอยู่ในสภาพวันยาว โดยจะให้แสงตั้งแต่วันแรกจนสิ้นสุดการผลิต โดยให้แสงเพิ่มในช่วงกลางคืนวันละ 4 ชั่วโมง ระดับความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 100 ลักซ์

เนื่องจากมีการพัฒนาในการให้แสงสว่างแก่เบญจมาศสำหรับการผลิตเพื่อการค้า โดยสามารถเลือกใช้หลอดไฟฟ้า 2 แบบ คือ หลอด Fluorescence หรือหลอด High Pressure Sodium เนื่องจากสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 5-7 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดกลม (Incandescent) ดังนั้น จึงเป็นเรื่องที่ควรทำความเข้าใจและให้ความสำคัญ [2]

ในกรณี ของผู้ปลูกเบญจมาศในตำบลไทยสามัคคีพบว่ามีความหลากหลายของการปฏิบัติเกี่ยวกับการให้แสงไฟแก่ต้นเบญจมาศในช่วง 30 วันแรก กล่าวคือ

1. ขนาดวัตต์ของหลอดไฟ มีการใช้หลอดไฟตั้งแต่ขนาด 18-80 วัตต์ โดยร้อยละ51.4 ใช้หลอดนีออนวอร์มไวท์ขนาด 40 วัตต์ ซึ่งเดิม 2-3 ปีก่อนจะนิยมใช้หลอดกลมขนาด 100 วัตต์ แต่ไฟหลอดนีออนจะประหยัดไฟฟ้ามากถึง 3 เท่า

2. ระยะที่แขวนหลอดไฟ เกษตรกรร้อยละ 77.1 จะแขวนหลอดไฟไว้ที่ระดับ 1.50 เมตร จากพื้นดิน มีบางรายที่แขวนไว้สูงเพียง 1.20 เมตร (ระยะแขวนสูงเฉลี่ย 1.49 เมตร)

3. ระยะห่างระหว่างดวงไฟแต่ละดวง จะมีการแขวนห่างกันตั้งแต่ 1.50 - 5.00 เมตร ซึ่งแล้วแต่ความเข้มข้นของหลอดไฟ แต่ร้อยละ 37.1 จะแขวนไว้ห่าง 1.50 เมตร และอีกร้อยละ31.4 จะแขวนไว้ห่างกัน 2.00 เมตร

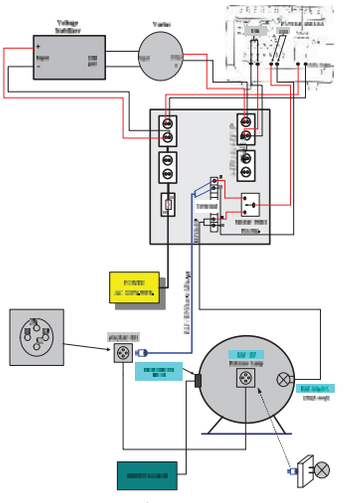
4. ระยะเวลาที่ให้แสงไฟ พบว่า มีการให้แสงไฟนาน ตั้งแต่ 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมงโดยเกษตรกรร้อยละ 82.6 ให้ไฟนาน 4 ชั่วโมง [3]

ตารางที่1 :คุณสมบัติโดยประมาณของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ [4]

ชนิดของหลอดไฟ	คุณสมบัติของหลอดไฟ			
	ปริมาณแสงที่ให้ (ลูเมน)	ประสิทธิผล(ลูเมน / วัตต์)	ดัชนีความถูกต้องของสี	อายุการใช้ (ชั่วโมง)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	90 – 3,150	5 – 12	100	1,000
หลอดทังสเตนฮาโลเจน	60 – 4,400	8 – 13	100	1,500 – 3,000
หลอดไอปรอท	1,800 – 58,000	30 – 60	40 – 60	20,000 – 24,000
หลอดเมทัลฮาไลด์	2,400 – 240,000	60 – 120	60 – 90	8,000 – 15,000
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	2,400 – 130,000	70 – 130	30 – 50	18,000 – 24,000
หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	1,800 – 32,000	100 – 180	0 – 20	22,000 – 24,000
หลอดฟลูออเรสเซนต์	1,300 – 5,200	73 – 93	80 – 90	8,000 – 12,000
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	200 – 3,200	35 – 80	80 – 90	7,500 – 10,000

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

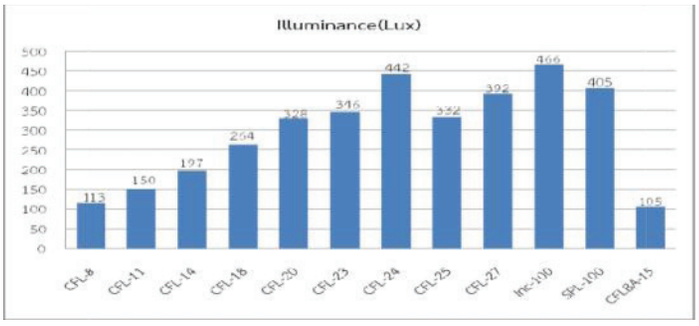
การดำเนินงานวิจัยได้ดำเนินการอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน โดยกระบวนการส่วนที่หนึ่งเป็นการทดสอบ ปริมาณแห่งการส่องสว่างของหลอดที่นำมาใช้แทนหลอดไส้ ในห้องปฏิบัติการส่องสว่าง โดยมีการทดสอบ ในทรงกลมวัดแสงตามรูปที่ 2 และมีการวัดค่าพารามิเตอร์ของหลอดตามรูปที่ 1 โดยกระบวนการทดสอบจะทำการควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ที่ 22-23°C จากนั้นจึงทำการอุ่นทรงกลมวัดแสงเพื่อไล่ความชื้น และให้ภายในทรงกลมวัดแสงอยู่ระหว่าง 25 ° C ± 1 °C แล้วจึงทำการทดสอบหลอดไส้ 100 วัตต์ และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์



รูปที่1: วงจรการวัดค่าพารามิเตอร์ของหลอดทดสอบ



รูปที่2: ทรงกลมวัดแสง



รูปที่3: ปริมาณแห่งการส่องสว่างของหลอดที่ทำการทดสอบ

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าความปริมาณแห่งการส่องสว่างของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ มีค่าความเข้มแสงที่ใกล้เคียงกับหลอดไส้ 100 วัตต์ มากที่สุด

ส่วนที่สองได้ดำเนินการทดสอบการให้แสงกับดอกเบญจมาศในศูนย์มูลนิธิโครงการหลวงสะโง๊ะ เมื่อได้หลอดที่นำมาใช้ทดแทนหลอดไส้ 100 วัตต์ จึงทำการทดสอบการให้แสงกับดอกเบญจมาศในโรงแม่พันธ์ดอกเบญจมาศ และแปลงปักชำ โดยทำการติดตั้งหลอดไส้ 100 วัตต์เทียบกับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์



รูปที่4: การติดตั้งของหลอดไส้ 100 วัตต์



รูปที่5: การติดตั้งของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ แบบ Warm white ไปทดสอบในการให้แสงของดอกเบญจมาศ เพราะมีความเข้มแสงและสีที่ใกล้เคียงกลับหลอดไส้ 100 วัตต์ และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหลอดไส้ ดังในรูปที่ 4 และรูปที่ 5

การให้แสงแก่โรงแม่พันธ์ของดอกเบญจมาศในศูนย์โครงการหลวงสะโง๊ะ ค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไส้100 วัตต์ อยู่ที่ประมาณ 19.5 แอมแปร์ต่อโรงเรือน ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ อยู่ที่ประมาณ 4.2 แอมแปร์ต่อโรงเรือน ดังนั้นค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไส้ 100 วัตต์ จะมีค่ามากกว่า ค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ประมาณ 15.3 แอมแปร์ แสดงให้เห็นว่าหลอดไส้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ อยู่ประมาณ 4.6 เท่า ส่วนการให้แสงแก่แปลงปักชำของดอกเบญจมาศ ค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไส้ 100 วัตต์ อยู่ที่ประมาณ 8.6 แอมแปร์ ต่อโรงเรือน ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ อยู่ที่ประมาณ 2.6 แอมแปร์ ต่อโรงเรือน ค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดไส้ 100 วัตต์ จะมีค่ามากกว่า ค่ากระแสไฟฟ้าของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ประมาณ 6 แอมแปร์ แสดงให้เห็นว่าหลอดไส้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ อยู่ประมาณ 3.31 เท่า

ตารางที่2 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในโรงแม่พันธ์ต่อเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้าของหลอดไส้ 100 วัตต์ และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ โรงแม่พันธ์ต่อเดือน					
ลำดับ	รายการ	หลอดไส้ 100 วัตต์		หลอดคอมแพคฟูออเรสเซนต์ 24 วัตต์	
		จำนวน	หน่วย	จำนวน	หน่วย
1	หน่วยไฟฟ้าต่อเดือนที่วัดได้	428	Unit	81	Unit
2	ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	3.76	บาท	3.76	บาท
3	ค่าไฟฟ้าต่อเดือน	1,609.28	บาท	304.56	บาท

หมายเหตุ ราคาค่าไฟฟ้า มกราคม-เมษายน 2556

จากตารางที่ 2 เป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้ในโรงแม่พันธ์ต่อเดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลอดไส้ 100 วัตต์ จะเสียค่าไฟฟ้ามากกว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ ประมาณ 1,305 บาทต่อเดือน หรือคิดได้ว่าการใช้หลอดไส้ 100 วัตต์ จะเสียค่าไฟฟ้ามากว่า หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ อยู่ประมาณ 5.29 เท่าต่อเดือน

ตารางที่3 ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในแปลงปักชำต่อครอบ

ค่าพลังงานไฟฟ้าของหลอดไส้ 100 วัตต์และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ แปลงปักชำต่อครอบ					
ลำดับ	ราการ	หลอดไส้ 100 วัตต์		หลอดคอมแพคฟูออเรสเซนต์ 24 วัตต์	
		จำนวน	หน่วย	จำนวน	หน่วย
1	หน่วยไฟฟ้าต่อครอบที่วัดได้	140	Unit	51	Unit
2	ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	3.76	บาท	3.76	บาท
3	ค่าไฟฟ้าต่อครอบ	526.40	บาท	191.76	บาท

หมายเหตุ ราคาค่าไฟฟ้า มกราคม-เมษายน 2556

จากตารางที่ 3 เห็นได้ว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไส้ 100 วัตต์ มากกว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ อยู่ที่ประมาณ 89 ยูนิตต่อครอบ ซึ่งส่งผลให้สูญเสียค่าไฟฟ้าดังตารางที่ 3 หลอดไส้ 100 วัตต์ จะสูญเสียค่าไฟฟ้าประมาณ 527 บาทต่อครอบ แต่หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะสูญเสียค่าไฟฟ้า ประมาณ 192 บาทต่อครอบ ซึ่งหลอดไส้ 100 วัตต์ จะมีการสูญเสียค่าไฟฟ้าที่มากกว่าประมาณ 335 บาทต่อครอบ

6. สรุปผลการวิจัย

การติดตั้งหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ แบบ warm white ที่ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกที่หุ้มด้วยฟอยล์ จะติดตั้งสูงจากพื้น 1.70 เมตร ระยะห่างระหว่างหลอด 1.80 เมตร ในพื้นที่ปลูกดอกเบญจมาศ 144 ตารางเมตร จะทำให้ได้ความเข้มแสงที่เพียงพอต่อการให้แสงแก่ดอกเบญจมาศ โดยมีการใช้ไฟฟ้าในส่วนของโรงแม่พันธ์มีส่วนต่างอยู่ประมาณ 1,305 บาทต่อเดือน ในส่วนต้นทุนการติดตั้งของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะมีต้นทุนที่สูงกว่าหลอดไส้ 100 วัตต์ เมื่อเทียบต้นทุนการติดตั้งกับค่าไฟฟ้า หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะคืนทุนประมาณ 5 เดือนขึ้นไป ในส่วนของแปลงปักชำการติดตั้งหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ แบบ Warm white ที่ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกที่หุ้มด้วยฟอยล์ จะติดตั้งสูงจากพื้น 1.50 เมตร ระยะห่างระหว่างหลอด 1.80 เมตร จะได้ความเข้มแสงที่เพียงพอต่อการให้แสงแก่ดอกเบญจมาศ และในการใช้พลังงานไฟฟ้าหลอดไส้ 100วัตต์ จะมีการการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่าอยู่ประมาณ 335 บาทต่อครอบ แต่เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งกับค่าไฟฟ้าแล้วหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ 24 วัตต์ ใช้ฝาครอบดวงโคมแบบพลาสติกหุ้มด้วยฟอยล์ จะคืนทุนประมาณ 4 เดือนขึ้นไป เมื่อเทียบกับหลอดไส้ 100 วัตต์

7. บรรณานุกรม

[1] บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

[2] สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร

[3] อนุสร จันทร์แดง. การศึกษาวิธีการผลิตและปัญหาการผลิตเบญจมาศของเกษตรกรตำบลไทยสามัคคี อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา,ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา (พันธุ์พืชเพาะเลี้ยง), 2549

[4] รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ลอเสรีวานิช

[5] ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543

[6] สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร

O-ES07

การทำนายปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่น โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

The Prediction of Nitrogen oxide and Carbon dioxide from Packed-bed Sphere Porous Burner using Artificial Neural Network

ปฏิวัติ วรามิตร* และบัณฑิต กฤตาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000 E-mail: pathiwat.wa@rmuti.ac.th

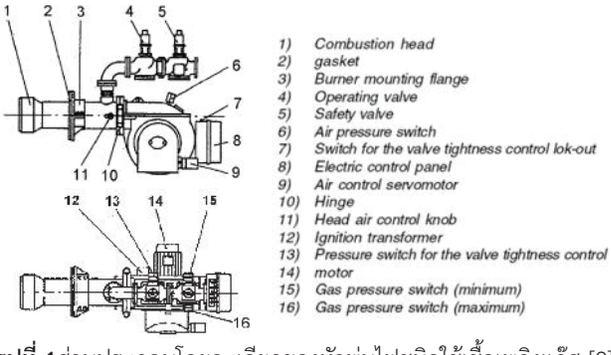
บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการทำนายปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO) ที่เกิดจากการเผาไหม้ของแก๊สแอลพีจี (LPG) ในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเม็ดกลมอัดแน่นซึ่งทำมาจากหินตู้ปลาเม็ดกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) และค่าความพรุน (ε) เท่ากับ 1.55 cm และ 0.355 อัตราเร็วเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงแก๊สผสมก่อน (V_{mix}) ระหว่างแก๊สแอลพีจีกับอากาศถูกส่งเข้ามายังชั้นวัสดุพรุนในช่วงความเร็ว 5 – 40 m^3/hr อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิง (Φ) อยู่ในช่วง 0.50 – 0.80 โดยทำการวัดปริมาณแก๊สNO_xและ COที่ระดับความสูงของชั้นวัสดุพรุนเท่ากับ 2.5– 12.5cm ตามลำดับ ซึ่งในบทความวิจัยนี้ได้นำปริมาณแก๊สที่วัดค่าจากการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลการทำนายปริมาณแก๊สโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ผลจากการศึกษาพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้าซึ่งมีกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับของเลเวนเบิร์ก-มาควาดท์สามารถทำนายปริมาณแก๊ส NO_xและ COที่ปล่อยออกมาจากหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเม็ดกลมอัดแน่นได้

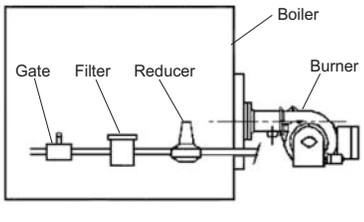
คำสำคัญ: หัวพ่นไฟวัสดุพรุน, วัสดุพรุนเม็ดกลมอัดแน่น, โครงข่ายประสาทเทียม

1. บทนำ

ปัจจุบันในงานอุตสาหกรรมนั้นนิยมใช้หัวพ่นไฟหรือหัวเผา (Burner) เนื่องจากหัวพ่นไฟเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่สันดาปเชื้อเพลิงกับอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อทำให้เกิดเปลวไฟ (Flame) ซึ่งพลังงานความร้อนที่ได้จากเปลวไฟถูกนำไปใช้งานได้โดยตรงตามความต้องการในลักษณะต่างๆ เช่นให้ความร้อนกับหม้อน้ำอุตสาหกรรม (Industrial boiler) ให้ความร้อนในตู้อบเหล็ก (Furnace chamber) ใช้ในเตาเผาขยะ (Incinerator) เป็นต้นโดยทั่วไปขั้นตอนการทำงานของระบบการเผาไหม้ในงานอุตสาหกรรมประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน [1] คือ 1) การจ่ายอากาศ 2) การจ่ายเชื้อเพลิง 3) การควบคุมอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิง 4) การผสมกันของอากาศกับเชื้อเพลิง 5) การจุดระเบิดและ 6) การควบคุมเปลวไฟจากขั้นตอนการทำงานทั้ง 6 ข้อพบว่าในบางครั้งหัวพ่นไฟอาจจะทำงานเพียงบางส่วนของขั้นตอนทั้งหมดแต่ในบางกรณีหัวพ่นไฟอาจจะต้องทำงานครบทุกขั้นตอน ด้วยเหตุนี้หัวพ่นไฟจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการเผาไหม้และมีผลโดยตรงต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง



รูปที่ 1ส่วนประกอบโดยละเอียดของหัวพ่นไฟชนิดใช้เชื้อเพลิงแก๊ส [2]



รูปที่ 2การติดตั้งหัวพ่นไฟเพื่อใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรม [2]

รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบโดยละเอียดของหัวพ่นไฟชนิดใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่ใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ [2] พบว่ามีส่วนประกอบที่ค่อนข้างซับซ้อนแต่ก็พอแยกส่วนประกอบที่สำคัญได้ 4 ส่วนคือส่วนแรกหัวเผาไหม้ (Combustion head) เป็นส่วนที่เปลวไฟถูกพ่นออกเพื่อนำไปใช้งานส่วนที่สองระบบการจ่ายอากาศและควบคุมความดันอากาศ (หมายเลข 6, 9, 11 และ 14) ส่วนที่สามเป็นระบบการจ่ายแก๊สและการจุดระเบิด (หมายเลข 12, 15 และ 16) สำหรับส่วนสุดท้ายเป็นระบบอิเล็กทรอนิคส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่างๆของหัวพ่นไฟ (หมายเลข 4, 5 และ 8) ซึ่งการใช้งานจริงของหัวพ่นไฟต้องมีการนำไปติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างการติดตั้งหัวพ่นไฟเพื่อใช้กับหม้อน้ำอุตสาหกรรม [2] ลักษณะการติดตั้งเช่นนี้เป็นการทำงานโดยทั่วไปของหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมอย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟที่ใช้งานอยู่ยังมีค่าต่ำด้วยเหตุนี้นักวิจัยและวิศวกรจำนวนมากได้หาแนวทางที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟหนึ่งในแนวทางที่ให้ความสนใจคือการประยุกต์ใช้วัสดุพรุนในหัวพ่นไฟซึ่งเรียกว่าหัวพ่นไฟแบบวัสดุพรุน (Porous burner)

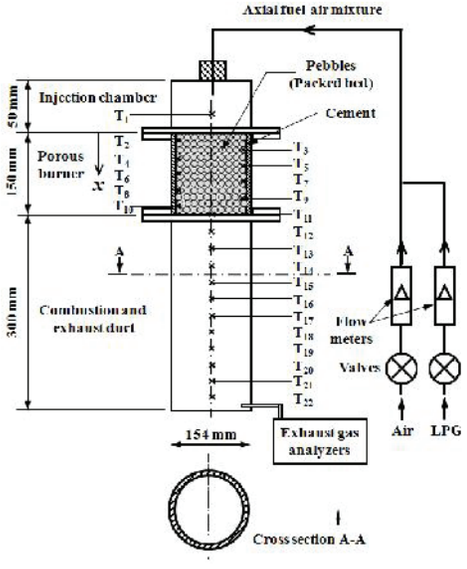
หัวพ่นไฟแบบวัสดุพรุนมีข้อดีที่โดดเด่นกว่าแบบทั่วไปหลายประการ [3] กล่าวคืออัตราส่วนการหรี่เพิ่มขึ้นจากประมาณ 4:1 เป็นอย่างน้อย 20:1 กำลังความเข้มข้นการเผาไหม้ (Power of combustion intensity) เมื่อทำงานร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ภาระเดียวกันหัวพ่นไฟแบบวัสดุพรุนจะมีขนาดเล็กกว่าเกือบ 10 เท่าการเผาไหม้สามารถเกิดเสถียรของเปลวไฟได้ที่สภาวะส่วนผสมไอดีบาง (Lean combustion) ซึ่งมีค่าอัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratios) อยู่ในช่วง 0.53 – 0.91 และอัตราการปลดปล่อยแก๊สไอเสียมีค่าต่ำมากๆโดยมีอัตราการปล่อยCO และNO_x น้อยกว่า 7 และ 25 mg/(kW*hr) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าหัวเผาหรือหัวพ่นไฟที่ทำการศึกษาที่ผ่านมายังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงและค้นคว้าเพิ่มเติมอีกหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างหัวพ่นไฟให้มีโครงสร้างไม่ยุ่งยาก ผลิตหรือติดตั้งได้อย่างง่ายแต่สามารถทำให้เปลวไฟเสถียรได้ไม่ลำบาก มีการทำนายการเผาไหม้โดยใช้กลไกทางจลนศาสตร์ที่มีคณิตศาสตร์ไม่ซับซ้อนในการแก้ปัญหาแต่ให้ผลการทำนายที่แม่นยำในการพัฒนาประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนนั้นจำเป็นต้องมีชุดทดลอง และทำการทดลองด้วยเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งล้วนแล้วต้องใช้งบประมาณในการสร้างชุดทดลอง ใช้เวลาในการทดลองและทดสอบเป็นอย่างมากเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหรือเงื่อนไขที่เหมาะสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟวัสดุพรุน ซึ่งการทราบพฤติกรรมการเผาไหม้หรือสามารถทำนายได้แม่นยำจึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบหรือจำลองกระบวนการเผาไหม้ให้มีความเหมาะสม และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลอง และลดเวลาที่ใช้ในการทดลองและทดสอบลงได้ ดังนั้นโครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural networks) จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเคมี [4] โดยโครงข่ายประสาทเทียมนี้ถูกใช้เพื่ออธิบายพฤติกรรมการเผาไหม้ของวัสดุและเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน [5-8] ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดจากหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเม็ดกลมอัดแน่นที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์การทดลองของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนแก๊สชนิดเม็ดกลมอัดแน่น (หินตู้ปลา) ที่ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ขอบเขตที่สำคัญ ประกอบไปด้วย ขอบเขตที่หนึ่งเป็นส่วนที่ป้อนเชื้อเพลิง (Injection chamber zone) หรือการจ่ายไอดี (อากาศกับ LPG) เข้าสู่วัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่น ขอบเขตที่สองเป็นการอุ่นไอดีหรือตำแหน่งการการติดตั้งวัสดุพรุน (porous burner zone) ซึ่งวัสดุพรุนเป็นชนิดเม็ดกลมอัดแน่นเรียงตัวบรรจุอยู่ข้างในท่อสแตนเลสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 154 mm หนา 2 mm นอกจากนี้เพื่อกันความร้อนสูญเสียสู่ภายนอก จึงหล่อปูนทนไฟ (cement) หนา 2 mm ภายในท่อสแตนเลส ตลอดช่วงที่มีการบรรจุวัสดุพรุน (150 mm) และขอบเขตสุดท้ายคือการเผาไหม้และท่อไอเสีย (combustion and exhaust duct zone)

จากส่วนประกอบทั้งหมดของหัวพ่นไฟแก๊สแบบนี้จะมีหลักการทำงาน คือ เมื่อไอดี (อากาศผสมกับ LPG) ไหลผ่าน Injection zone เข้าสู่ Porous burner zone ไอดีจะไหลผ่านชั้นวัสดุพรุน และจะมีระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น หลังจากนั้นไอดีจะไหลไปยังบริเวณทางออกของชั้นวัสดุพรุนเข้าสู่ขอบเขตที่สาม ก่อให้เกิดการจุดติดไฟ (ignition) และเผาไหม้ในที่สุด (combustion zone)เปลวไฟที่เกิดขึ้นจะแผ่รังสีความร้อนย้อนกลับไปยังชั้นวัสดุพรุนทำให้มีความร้อนหมุนเวียนภายในระบบเป็นวัฏจักรเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ตราบที่มีเชื้อเพลิงป้อนมายังชั้นวัสดุพรุนเพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์การเผาไหม้ และการส่งถ่ายความร้อนระหว่างชั้นวัสดุพรุนกับเปลวไฟที่เกิดขึ้น อุณหภูมิตามแนวแกนและแก๊สไอเสียจึงถูกตรวจวัด ดังรายละเอียดต่อไปนี้ เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (K-type thermocouples) จำนวน 22 ชิ้น ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 mm จะถูกติดตั้งในตำแหน่งกึ่งกลางของหัวพ่นไฟตามแนวแกน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กล่าวคือ กลุ่มที่ 1 มีเทอร์โมคัปเปิลเพียงชิ้นเดียวเท่านั้น (T_1) ที่ติดตั้งไว้ที่ Injection zone เพื่อเฝ้าระวังไม่ให้อุณหภูมิในตำแหน่งนี้สูงกว่าอุณหภูมิจุดติดไฟด้วยตัวเอง (spontaneous temperature) [9] ของ LPG กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 10 ชิ้น (T_2-T_{11}) จะติดตั้งไว้ใน Porous burner zone เพื่อดูกลไกการอุ่นเชื้อเพลิงและคุณลักษณะการเผาไหม้ สำหรับกลุ่มสุดท้ายมีจำนวน 11 ชิ้น (T_{12}-T_{22}) จะติดตั้งไว้ใน Combustion and exhaust duct zone เพื่อดูพฤติกรรมของเปลวไฟที่เกิดขึ้น โดยเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องData logger รุ่น MW 100 ยี่ห้อ Yokokawa และเชื่อมต่อไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและบันทึกค่าแบบต่อเนื่องขณะทำการทดลอง



รูปที่ 3 แผนผังอุปกรณ์การทดลองของหัวพ่นไฟแก๊สวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่น

ในส่วนของแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้น จะไหลออกจากระบบทางด้านล่างของท่อสแตนเลส และถูกตรวจวัดหาปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส ไอเสีย (exhaust gas analyzer) ยี่ห้อ Testoรุ่น M350 ซึ่งปริมาณแก๊สไอเสียที่วัดได้จะนำเสนอด้วยค่าที่มีการปรับเทียบกับออกซิเจนส่วนเกิน 0 % ในพื้นฐานแห้ง (Correction by 0% excess oxygen on dry basis) สำหรับหินตู้ปลาที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 cm และมีค่าความพรุนเท่ากับ 0.355 ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หินตู้ปลา (The pebbles) ที่เลือกใช้เป็นวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่นในการทดลอง

2.2 วิธีการทดลอง

ทำการจ่ายอากาศ (axial air) พร้อมทั้งแก๊สเชื้อเพลิง (LPG) ในอัตราส่วนทั้งสองที่เหมาะสมกัน โดยปกติให้มี Φ มากกว่าที่สภาวะอุณหภูมิจุดติดไฟด้วยตัวเองของ LPG[10] เพื่อให้เกิดการเผาไหม้จากนั้นทำการจุดเชื้อเพลิงแก๊สให้ติดโดยใช้ไฟล่อ (pilot flame) ตรงตำแหน่งช่องไฟล่อ(ignition port)ของห้องเผาไหม้ เมื่อไฟติดแล้วรอจนกว่าอุณหภูมิของวัสดุพรุนหรือระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (steady state) ทำการปรับค่า Φ ให้อยู่ในสภาวะที่สนใจจะศึกษา หลังจากนั้นปรับ V_{mix}เริ่มจาก 5 m^3/hrสังเกตการติดไฟและรอจนระบบอยู่ในสภาวะคงที่อีกครั้ง ทำการเก็บข้อมูลผลการทดลองที่สภาวะนี้ ซึ่งข้อมูลการทดลองที่ทำการบันทึกค่านั้น ประกอบไปด้วยอุณหภูมิตลอดความยาวของหัวพ่นไฟ ปริมาณแก๊สไอเสียที่ปลดปล่อยออกมา ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (exhaust gas analyzer) ที่ด้านขาออกจากหัวพ่นไฟ เพื่อนำมายืนยันและช่วยอธิบายพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนให้เข้าใจได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

2.3 การหาค่าความพรุน

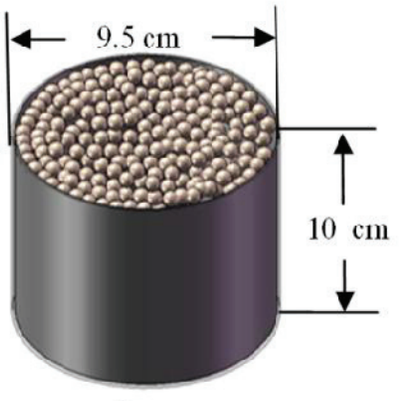
วิธีการหาค่าความพรุนของวัสดุพรุนแบบเม็ดกลมอัดแน่นในงานวิจัยนี้ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (d) เท่ากับ 1.55 cm มีวิธีการคือ นำวัสดุพรุนใส่ลงไปในภาชนะรูปทรงกระบอกสูง (L) เท่ากับ 10 cm ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกระบอก (D) เท่ากับ 9.5 cm ทำให้ภาชนะบรรจุทรงกระบอกนี้มีปริมาตร (container volume, V_C) คือ $\pi D^2 L/4$ = 708.821 cm^3ดังแสดงในรูปที่ 5 เทน้ำให้เต็มภาชนะหรือถึงระดับด้านบนผิววัสดุพรุนพอดีทิ้งไว้ 5 นาทีเพื่อให้น้ำซึมเข้าไปใน เนื้อวัสดุพรุน แล้วเทน้ำออกจากภาชนะทั้งหมด จากนั้นตวงน้ำที่ทราบปริมาตรแน่นอน (total volume, V_T) ด้วยภาชนะตวงในที่นี้ V_T= 500 cm^3แล้วเติมน้ำอีกครั้งให้เต็มภาชนะจนถึงระดับวัสดุพรุนพอดี ทำการอ่าน ค่าปริมาตรน้ำที่เติมลงไป (filling

volume, V_{fill}) จากภาชนะตวง ปรากฏว่าปริมาตรน้ำ (V_T) 500 cm^3 จะเหลืออยู่ 248 cm^3 ทำให้V_{fill} ที่เติมลงไปในวัสดุพรุน มีค่าเป็น 252cm^3 (V_{fill}= 500 – 248cm^3) ปริมาตร V_{fil} นี้คือปริมาตรช่องว่างที่น้ำไปแทนที่ซึ่งก็คือปริมาตรความพรุน (void volume, V_ε) นั้นเอง นำปริมาตร V_ε นี้ไปหารกับปริมาตร V_C จะได้ค่าความพรุน(porosity, ε)โดยประมาณเท่ากับ 0.355 เพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้นจะขอแสดงวิธีการคำนวณหาค่าความพรุนเป็นสมการคณิตศาสตร์ตามลำดับดังสมการที่ 1-3

$$\varepsilon = \frac{V_T - V_{fill}}{V_C} = \frac{V_\varepsilon}{V_C} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{500cm^3 - 248cm^3}{708.821cm^3} = \frac{252cm^3}{708.821cm^3} \quad (2)$$

$$\varepsilon = 0.362 \quad (3)$$



รูปที่ 5 อุปกรณ์ทดลองหาค่าความพรุน

3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้า (multilayerfeedforwardneuralnetwork) และใช้กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับของเลเวนเบิร์ก-มาควาดท์ (Levenberg-Maqurdt 's Back-Propagation) ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมใช้ที่สุด [11] เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาไม่นานในการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียม [12] Back-Propagation ยังเป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อปรับค่าน้ำหนักในเส้นเชื่อมต่อระหว่างนิวรอนให้เหมาะสม โดยการปรับค่านี้ขึ้นกับความแตกต่างของค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้กับค่าเอาต์พุตที่ต้องการชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมจะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าคำตอบไม่ถูก วงจรข่ายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้นดังแสดงในสมการที่ 4 เมื่อ Δw_{ji}คือค่าปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักที่โหนดi และ j,η คืออัตราการเรียนรู้,δ_jคือค่าผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณในรูปอนุพันธ์ของ Transfer function ที่โหนดj, α คือค่าโมเมนตัม, y_jคือค่าผลลัพธ์ของแบบจำลองที่โหนดj และnคือรอบการปรับแก้

$$\Delta w_{ji}(n+1) = \eta\delta(n).y_j(n) + \alpha\Delta w_{ji}(n) \quad (4)$$

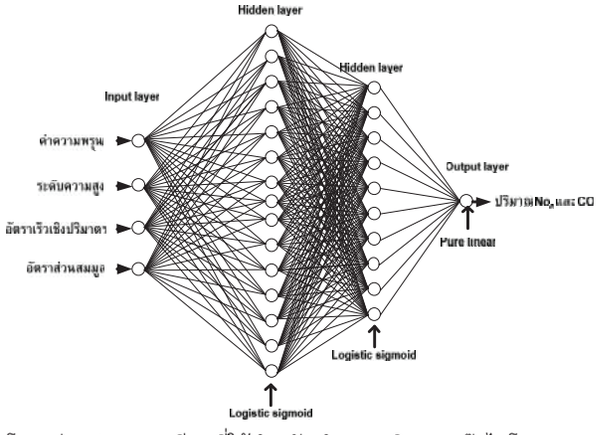
การเรียนรู้ของนิวรอลเน็ตเวิร์คทำได้โดยการส่งข้อมูลเข้ามายังส่วนที่เรียกว่าเพอร์เซ็ปตรอน (Perceptron) ซึ่งสามารถเทียบได้กับเซลล์สมองของมนุษย์โดยที่เพอร์เซ็ปตรอนทำการรับข้อมูลที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์ซึ่งเป็นตัวเลขเข้ามาคำนวณสำหรับฟังก์ชันผลรวม (Summation Function) มีการทำงานดังสมการที่5เมื่อ s คือผลรวมที่ได้จากฟังก์ชั่นผลรวม, x_iคือค่าข้อมูลเข้าตัวที่ i, w_i คือค่าน้ำหนักของนิวรอนตัวที่ i, y_jคือค่าผลลัพธ์ของแบบจำลองที่โหนดj, zคือจำนวนนิวรอนชั้นข้อมูลเข้า, bคือค่าความโน้มเอียงและfคือTransfer function

$$s = \sum_{i=1}^{z} x_i w_i + b \quad (5)$$

และค่าเอาท์พุตของแต่ละโหนดสามารถหาได้จากสมการที่ 6

$$y_j = f(\sum_{i=1}^{j} x_i^j w_i^j) \quad (6)$$

งานวิจัยนี้ได้ใช้งานแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมผ่านกล่องเครื่องมือโครงข่ายประสาทเทียม (neural network toolbox) โดยที่ข้อมูลอินพุต (input) ของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย ค่าความพรุน ระดับความสูงของชั้นวัสดุพรุน อัตราส่วนสมมูล และค่าอัตราเร็วเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงแก๊สก่อนผสม ข้อมูลเอาท์พุต (output) ของโครงข่ายประสาทเทียมคือปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ และมีจำนวนชั้นซ่อน (hidden layer) ของโครงข่ายประสาทเทียมสองชั้นซ่อนมีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน 15 นิวรอนและ 10 นิวรอนตามลำดับและใช้ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (transfer function) ของโครงข่ายประสาทเทียมคือ logistic sigmoid function และ pure linear function ในชั้นซ่อนและชั้น output ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 6 โดยข้อมูลจากการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนจะนำมาใช้ฝึกหัดและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ จากข้อมูลทั้งสิ้น 665 ชุดข้อมูล โดยที่ชุดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้เพื่อการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมและส่วนที่เหลือใช้เพื่อทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายปริมาณแก๊สNO_xและ CO



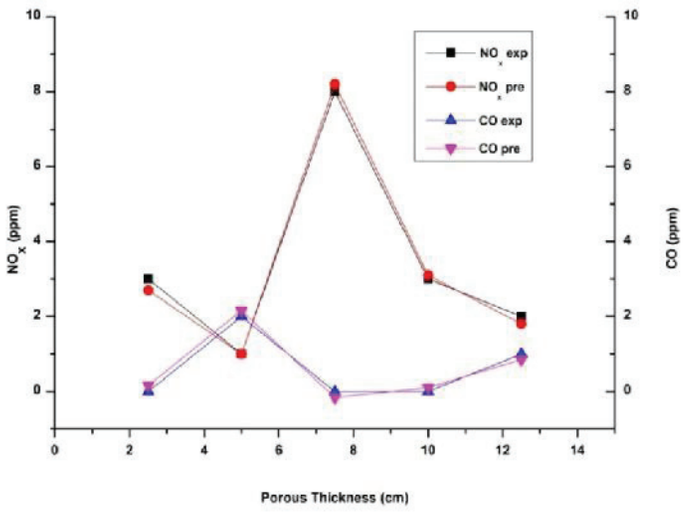
รูปที่ 6 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับทำนายปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์

ซึ่งในงานวิจัยนี้ร้อยละ 75ของข้อมูลการเผาไหม้ถูกใช้เพื่อฝึกหัดและอีกร้อยละ 25 ของข้อมูลการเผาไหม้ใช้เพื่อทดสอบการทำนายปริมาณแก๊สNO_xและ CO ของโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำนายปริมาณแก๊สระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมกับปริมาณแก๊สจากการทดลองโดยใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมด (RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เป็นดัชนีชี้วัดในการเปรียบเทียบ RMSE คำนวณได้จากสมการที่ 7เมื่อ $V_{xpre,i}$คือปริมาณแก๊สNO_xและ CO จากการทำนาย $V_{xexp,i}$คือปริมาณแก๊สNO_xและ CO จากการทดลอง และ N คือจำนวนข้อมูล

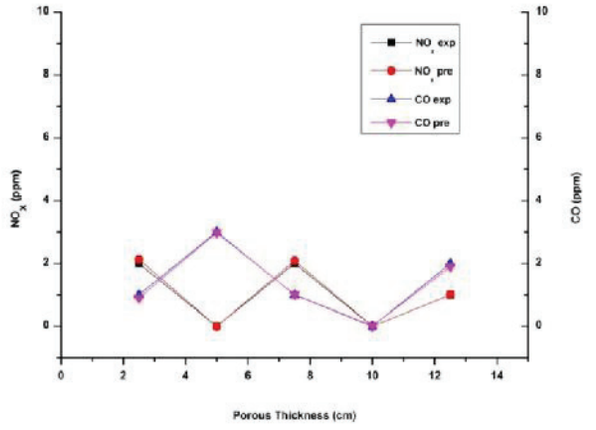
$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (V_{x\,pre,i} - V_{x\,exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทำนายปริมาณแก๊ส NO_xและ CO ที่เกิดจากการเผาไหม้ของแก๊สแอลพีจี (LPG) ในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเม็ดกลมอัดแน่นซึ่งทำมาจากหินตู้ปลาเม็ดกลมอัดแน่นด้วยโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งเป็นการทดสอบการทำนายหลังจากที่ได้ทำการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมด้วยข้อมูลการทดลองคิดเป็นร้อยละ 75และทำการทดสอบการทำนายโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดลองอีกร้อยละ 25 ที่เหลือ พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำนายปริมาณแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ได้โดยมีค่า r^2เท่ากับ 0.9988 และ RMSE เท่ากับ 0.0162 ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ผลการทำนายปริมาณแก๊สNO_xและ CO ที่ระดับV_{mix}15m^3/hและอัตราส่วนสมมูล 0.60



รูปที่ 8 ผลการทำนายปริมาณแก๊สNO_xและCO ที่ระดับV_{mix} 30 m^3/hและอัตราส่วนสมมูล 0.60

จากรูปที่ 7และ 8 จะพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำนายปริมาณแก๊สได้โดยที่ผลการทำนายมีความสอดคล้องกับผลการทดลองอย่างแม่นยำ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำนายปริมาณแก๊สโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีจุดเด่นในการเรียนรู้ สังเคราะห์ ทำนายผลลัพธ์ของปัจจัยแบบมีความสัมพันธ์ซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี และโครงข่ายประสาทเทียมยังสามารถปรับแต่งความรู้ที่ซ่อนอยู่ภายในเครือข่ายที่มีการต่อเชื่อมโยงกันอย่างหนาแน่นด้วยฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุต มีการส่งผ่านข้อมูลที่ประมวลผลจากอินพุตไปยังเอาต์พุต ดังนั้นการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นไปอย่างแม่นยำ

5. บทสรุป

ผลจากการทำนายปริมาณแก๊สNO_xและ CO โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีผลการทำนายปริมาณแก๊สที่สอดคล้องกับผลการทดลองและแม่นยำโดยมีค่า r^2 กับ 0.9988 และมีค่า RMSE เท่ากับ 0.0162 ซึ่งความสามารถในการทำนายปริมาณแก๊สนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนออกแบบหัวพ่นไฟวัสดุพรุน ทดสอบและลดขั้นตอนการทดลองเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนได้ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่จะใช้ในกระบวนการสร้างและทดสอบหัวพ่นไฟวัสดุพรุนลงด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

[1] กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ “การประหยัดพลังงานในเตาเผา”, กรุงเทพฯ, 2545.

[2] Baltur Technology Per Il Clima “คู่มือ Instruction for burners model” 2006.

[3] Mobbauer, S. Pickenacker, O. Pickenacker, K. and Trimis, D., “Application of the porous burner technology in energy- and heat-engineering” Proceeding of the Fifth International Conference on Technologies and Combustion for a Clean Environment

(Clean Air V), Lisbon, Portugal. 12-15 July, Vol. 1, Lect. 20.2, 1999, pp. 519 – 523 [4] Ballou, R.H., 2004, Business Logistics / Supply Chain Management, 5e, Prentice Hall.

[4] Baughman, D.R. and Liu, Y.A. Neural Networks in Bio-Processing and Chemical Engineering. Academic Press, New York, USA. 1995.

[5] A. Sanz, J. Ballester, R. Herna´ndez, L.M. Cerecedo, Advanced monitoring of industrial burners based on fluctuating flame signals. Fuel 2008; 87: 1063-1075.

[6] T. Boushaki, S. Guessasma, J.C. Sautet, Predictive analysis of combined burner parameter effects on oxy-fuel flames. Applied Thermal Engineering 2011; 31: 202-212

[7] FikretInala, GokmenTayfur, Tyler R. Melton, Selim M. Senkan, Experimental and artificial neural network modeling study on soot formation in premixed hydrocarbon flames. Fuel 2003; 82: 1477–1490

[8] M. Ali Akcayol, Can Cinar, Artificial neural network based modeling of heated catalytic converter performance. Applied Thermal Engineering 2005; 25: 2341–2350

[9] บัณฑิต กฤตาคม และทวีศิลป์ เล็กประดิษฐ์. 2554. อิทธิพลของวัสดุพรุนตัวแผ่รังสีต่อการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟชนิดวัสดุพรุนโดยใช้เชื้อเพลิงเหลว. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 4(2): 10-17.

[10] สำเริง จักรใจ. 2547. การเผาไหม้. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[11] Movagharnejad, K. andNikzad, M. (2007). Modeling of tomato drying using artificial neural network, Computers and electronics in agriculture, vol. 59, pp. 78-85.

[12] Hagan, M.T., Demuth, H.B., and Beals, M. (1996). Neural Network Design, PWS Publishing Company, USA

O-ES08

ประหยัดเชื้อเพลิงด้วยออกซิเจนเสริมเปลวไฟ

Flame Improved by Oxygen-Enhanced

ศรีวิชัย สู่สุข
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120
E-mail: sriwichai@tistr.or.th

Abstract

This experiment studies combustion gas burner flame by injecting pure oxygen into the oxidizer air stream. The oxygen enrichment can be achieved from 21% up to 21.86% (1 liter/min), 22.71% (2 liter/min), 23.57%, (3 liter/min), 24.42% (4 liter/min) and 25.28% (5 liter/min) respectively. This experiment studies the heat energy, flame shape, emission (CO and CO_2) combustion efficiency noise level and flue gas temperature at a certain fuel (LPG) flow rate 0.2 kg/min (200 g/min). The results indicate that the combustion rate, flame shape and temperature increased when the percentage of oxygen were added up. On the other hand, noise emission low level based on air combustion.

1 บทนำ

พลังงานในปัจจุบันถูกนำมาใช้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะเชื้อเพลิงธรรมชาติ ที่ได้มาด้วยวิธีการแสวงหา ซึ่งธรรมชาติผลิตเก็บสะสมหลายล้านปี แต่เพียงไม่กี่สิบปีที่ผ่านมามีความต้องการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ขณะที่ราคาเชื้อเพลิงมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติบางชนิดมีแนวโน้มหมดไปในไม่ช้า การแก้ปัญหาในปัจจุบันคือ หาพลังงานทดแทนจากพลังงานด้านต่างๆได้แก่ พลังงานแสดงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ตลอดจนพยายามค้นคว้าวิจัยผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ แต่ในปัจจุบันสัดส่วนของพลังงานดังกล่าวยังมีปริมาณน้อยไม่ถึง 30 % ของปริมาณพลังงานทั้งหมดในปัจจุบัน พลังงานอีกที่เหลือ 70 % ใช้การเผาไหมเชื้อเพลิงเป็นหลัก

การบรรเทาปัญหาดังกล่าว คือใช้เชื้อเพลิงเผาไหมอย่างคุ้มค่า เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานได้แล้วยังสามารถช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกันอย่างยั่งยืน โดยปกติพลังงานความร้อนในกระบวนการเผาไหม้ เชื้อเพลิงสามารถใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 60-65% ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานสูญเสียไปกับก๊าซไอเสีย การนำพลังงานความร้อนจากก๊าซไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น การอุ่นเชื้อเพลิงก่อนเผาไหม้ อุ่นอากาศด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ยังไม่ใช่การแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพราะเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ และก๊าซไอเสีย (Flue Gas) ที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ แม้ว่าจะมีพลังงานความร้อนอยู่จำนวนหนึ่ง แต่ก๊าซไอเสียหลังการเผาไหม้เป็นมลพิษทางอากาศ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต คน พืช สัตว์ และเป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน เช่นก๊าซที่เกิดขึ้นหลังการเผาไหม้เสมอคือก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่นไม่มีรส เกิดขึ้นได้จากกระบวนการเผาไม้ที่ไม่สมบูรณ์มีความเป็นพิษสูง เป็นอันตรายต่อสารในเม็ดเลือดแดง (Hemoglobin) การแก้ไขทำได้โดยเพิ่มปริมาณอากาศ หรือออกซิเจนเข้าไปในระบบเผาไหม้ให้เพียงพอกับเชื้อเพลิงที่ใช้ตามรูปที่ 2.1 และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพบโดยธรรมชาติมีประมาณ 0.03% หรือ 300 ppm ประมาณ 3% ถึง 6% รับเข้าสู่ร่างกายทำให้ปวดศีรษะหายใจลำบากทำให้เกิดโรคทางปอดหอบหืด แต่ถ้ารับเข้าสู่ร่างกายมากกว่า 10% อาจทำให้เสียชีวิต นอกจากนี้ CO_2 ยังสร้างภาวะเรือนกระจก (Green house Gas) จากทั้งสองก๊าซหลักๆ ดังกล่าวที่เกิดขึ้นเสมอหลังเผาไหม้ จึงไม่คุ้มค่ากับพลังงานในส่วนนี้มากนักหากจะนำมาใช้งานเพื่อความยั่งยืนของพลังงาน

ดังนั้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ คือทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ใช้เชื้อเพลิงน้อยที่สุดจึงน่าจะดีที่สุด ดังนั้นการศึกษากระบวนการเผาไหม้ต้องเข้าใจธรรมชาติของเปลวไฟ (Flame Structure) ก่อน กล่าวคือการเผาไหม้ประกอบด้วย เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน แต่ในอากาศมีปริมาณออกซิเจนอยู่ประมาณ 21% ไนโตรเจนประมาณ 78% และอื่นๆอีกประมาณ 1% เมื่อใช้อากาศเผาไหม้การเผาไหม้จะประกอบด้วยเชื้อเพลิง ออกซิเจน ไนโตรเจน และความร้อน ไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ไม่ช่วยในการติดไฟ แต่ดูดกลืนพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำลง ดังนั้นถ้าเพิ่มปริมาณความเข้มข้นออกซิเจนมากกว่า 21% เผาไหม้ จะทำให้มีสัดส่วนของไนโตรเจนลดลงทันทีเมื่อนำมาใช้ในกระบวนการเผาไหม้ ค่าความร้อนสูงกว่าการเผาไหม้ด้วยอากาศ และปริมาณของก๊าซไอเสีย ฝุ่นควันดำ ความดังของเปลวไฟ มีค่าทางด้านมลพิษน้อยลงเช่นกัน

2 พื้นฐานทฤษฎีการเผาไหม้

เมื่อก๊าซเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (C_mH_n) ถูกเผาไหม้ การคำนวณใช้สมการดังนี้

$$C_m H_n + \alpha \cdot \left(m + \frac{n}{4}\right) \cdot \left(O_2 + \frac{0.79}{0.21} N_2\right) = mCO_2 + \frac{n}{2} H_2O + \alpha \cdot \frac{0.79}{0.21} \cdot \left(m + \frac{n}{4}\right) N_2 + (\alpha - 1) \cdot \left(m + \frac{n}{4}\right) O_2 \quad (1)$$

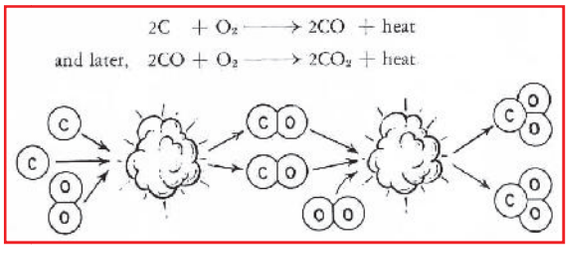
$\alpha = \frac{A_{ac}}{A_o}$ โดยที่

A_{ac} = ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ตามความจริง

A_o = ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ตามทฤษฎี

สมการการเผาไหม้ของคาร์บอน (C) $C + O_2 = CO_2$ (2)

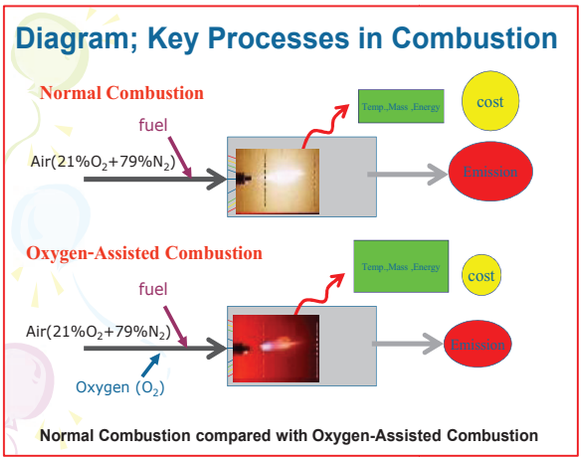
$$C + \left(O_2 + \frac{79}{21} N_2\right) = CO_2 + \frac{79}{21} N_2 \quad (3)$$

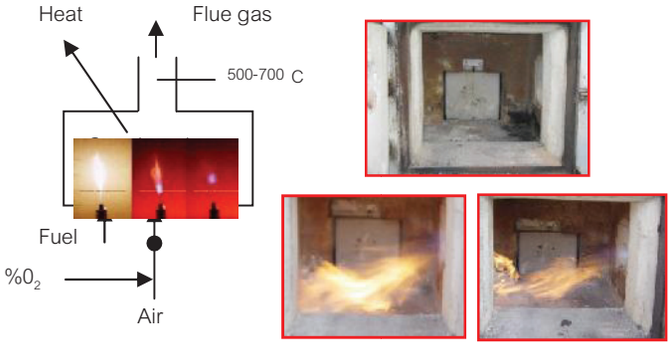


รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการเผาไหม้และการเพิ่มออกซิเจน

3 รูปแบบการทดลองและอุปกรณ์

รูปแบบการทดลองตามรูปที่ 3.1 ชุดทดลองเป็นห้องเผาไหม้ใช้อิฐทนไฟ (Chamber) หัวเผาเชื้อเพลิง (Burner) ปล่องไอเสีย อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ อุปกรณ์ควบคุมหัวเผา (Burner) ประกอบ ระบบทำงานด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า (0.37kW) ระบบหม้อแปลงแรงดันไฟสูงทำให้เกิดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียน โซลินอยด์วาล์ว (SV1 ,SV2) จ่ายก๊าซแรงดันต่ำเข้ากับหัวฉีดและตรวจสอบเปลวไฟ โซลินอยด์วาล์ว ที่จ่ายก๊าซแรงดันสูง (SV3) จะเปิดหรือปิดตามสัญญาณควบคุมอุณหภูมิ เมื่อหัวเผาทำงานเกิดการเผาไหม้ที่สภาวะการทำงานปกติเผาไหม้โดยใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยา ปรับอากาศส่วนเกิน (Excess air) ให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิง ในการทดลองนี้ปรับอากาศเกินที่10% เพราะให้ค่าความร้อนสูงสุด (สำหรับหัวเผาชนิดอื่นๆ ใช้อากาศเกินมากหรือน้อยกว่านี้ได้ตามความเหมาะของแต่ละชนิดเชื้อเพลิง) เปิดถังออกซิเจนเพื่อให้ออกซิเจนผสมกับอากาศก่อนการเผาไหม้ ใช้อัตราการป้อน 1-5 ลิตรต่อนาที วัดก๊าซไอเสีย ด้วยเครื่องวัดก๊าซไอเสียแบบดิจิตอล ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยประมวลผลและเก็บข้อมูลตามรูปที่ 3.2 ชุดเครื่องมือตรวจวัดก๊าซออกซิเจน รูปที่ 3.3 ใช้วัดออกซิเจนก่อนการเผาไหม้





รูปที่ 3.1 รูปแบบการทดลองเปลวไฟเสริมออกซิเจน



รูปที่ 3.2 ชุดเครื่องมือตรวจวัดก๊าซไอเสีย

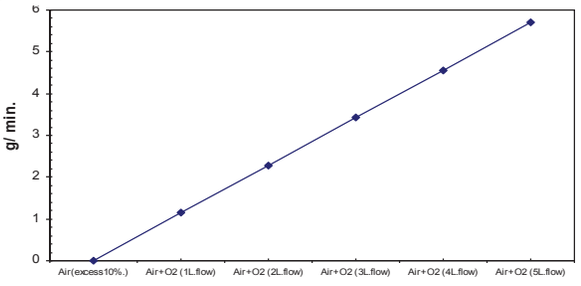


รูปที่ 3.3 ชุดเครื่องมือตรวจวัดก๊าซออกซิเจน

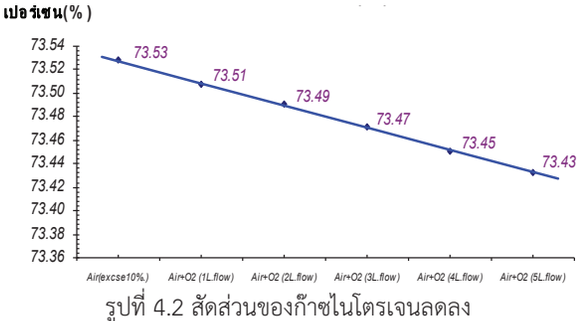
4 ผลการทดลอง

4.1 อัตราการป้อนออกซิเจนผสมกับอากาศเกิน10% (Excess air)

รูปที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในอากาศผสมกับออกซิเจนบริสุทธิ์ก่อนการเผาไหม้เริ่มจาก 1 ลิตรต่อนาที ถึง 5 ลิตรต่อนาที ใช้เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในอากาศตามรูปที่ 3.3 ได้เปอร์เซ็นต์ออกซิเจน 21%, 21.86%, 22.71%, 23.57%, 24.42% และ 25.28% ตามลำดับ ในขณะสัดส่วนที่ก๊าซไนโตรเจนลดลงตามรูปที่ 4.2



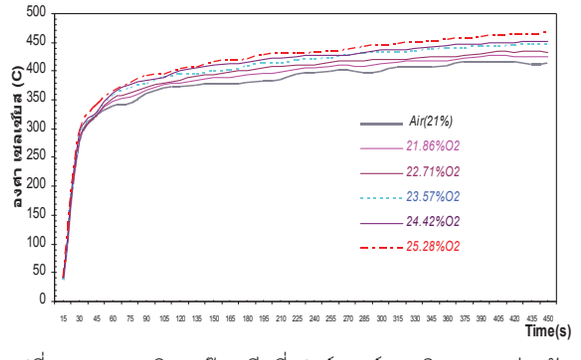
รูปที่ 4.1 อัตราการป้อนปริมาณออกซิเจน



รูปที่ 4.2 สัดส่วนของก๊าซไนโตรเจนลดลง

4.2 อุณหภูมิของก๊าซเสียที่ช่องตรวจวัดก๊าซ

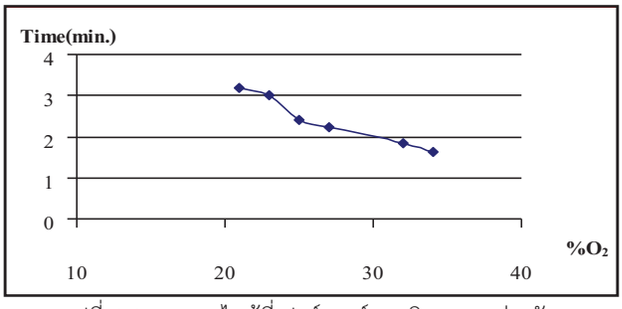
รูปที่ 4.3 เมื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนผสมกับอากาศเผาไหม้ อุณหภูมิที่สูงทำให้เกิดพลังงานความร้อนสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการใช้เชื้อเพลิงคงที่อุณหภูมิก๊าซไอเสียที่สูง เมื่อนำก๊าซไอเสียกลับมาอุ่นอากาศ สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากกว่าการเผาไหม้ด้วยอากาศที่สภาวะปกติ



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของก๊าซเสียที่เปอร์เซนต์ออกซิเจนแตกต่างกัน

4.3 เวลาการทดลองเผาไหม้

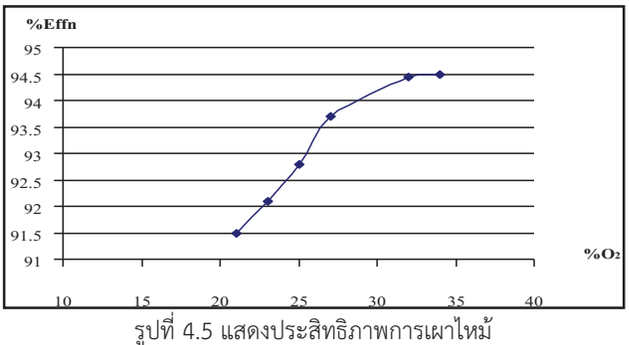
รูปที่ 4.4 เวลาการเผาไหม้ของชุดทดลอง เริ่มต้นทดลองเผาไหม้ที่อุณหภูมิที่ 34 ถึง 700 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลาเผาไหม้ลดลงตามปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นจาก 21%-34% O_2 โดยที่อัตราการใช้เชื้อเพลิงคงที่



รูปที่ 4.4 เวลาเผาไหม้ที่เปอร์เซนต์ออกซิเจนแตกต่างกัน

4.4 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Effn.)

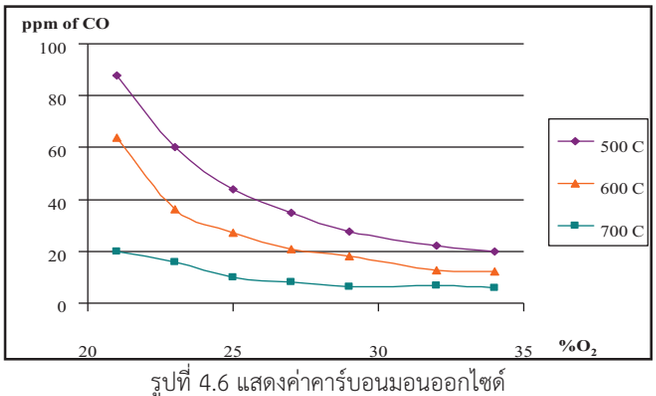
รูปที่ 4.5 เมื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนผสมกับอากาศเผาไหม้ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นตามลำดับ ในขณะที่อัตราการใช้เชื้อเพลิงคงที่



รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการเผาไหม้

4.5 ผลการวัดค่าคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO)

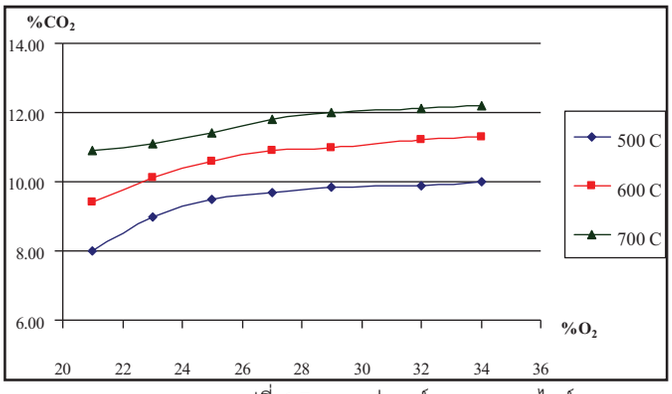
รูปที่ 4.6 ค่าของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนเข้าไปในระบบการเผาไหม้มากขึ้น ซึ่งก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์นี้เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนมากขึ้นทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ จากกราฟคาร์บอนมอนออกไซด์ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนมากขึ้นจาก 21%-34% O_2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 แสดงค่าคาร์บอนมอนออกไซด์

4.6 ผลการวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

จากการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ใช้ออกซิเจนแตกต่างกันจาก 21% - 34% O_2 รูปที่ 4.7 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นตามปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิที่สูง



รูปที่ 4.7 แสดงค่าคาร์บอนมอนอกไซด์

4.7 ตารางผลการทดลอง

จากตารางผลการทดลองเสริมออกซิเจนเผาไหม้ 34 ถึง 700 องศาเซลเซียส ในห้องเผาไหม้ แสดงเวลาการเผาไหม้เป็นนาที ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตเลียมเหลว (LPG) กรัมต่อนาที และปริมาณน้ำหนักรวมตลอดการทดลอง เปอร์เซนต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากเครื่องมือวัดก๊าซไอเสีย รวมถึงปริมาณน้ำหนักรวมตลอดการทดลอง (กิโลกรัมต่อนาที) ที่เกิดขึ้นจากสมการพื้นฐานทฤษฎีการเผาไหม้ และความดังของเสียงเปลวไฟในห้องเผาไหม้ ที่เปอร์เซนต์ออกซิเจนแตกต่างกัน

ตารางผลการทดลอง

$\%O_2$	Time(m)	LPG (g/m)	LPG (g)	$\%CO_2$	CO_2 (kg)	Noise(dB)
21	3.2	200	640	10.4	2.30	95
21.86	3	200	600	10.6	2.16	93
22.71	2.4	200	480	11.2	1.73	90
23.57	2.1	200	420	11.8	1.51	87
24.42	1.9	200	380	12.1	1.37	84
25.28	1.8	200	360	12.3	1.30	82

หมายเหตุ $\%CO_2$ ได้มาจากเครื่องมือวัดก๊าซไอเสีย (Flue gas) รูปที่ 3.2 CO_2(kg) ได้มาจากสมการพื้นฐานทฤษฎีการเผาไหม้ (1)

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองประหยัดเชื้อเพลิงด้วยออกซิเจนเสริมเปลวไฟ สามารถสรุปผลได้สามอย่างหลักคือ ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง LPG ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ลดมลพิษทางอากาศ มลพิษด้านเสียง กล่าวคือปกติใช้เชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 640 กรัม สามารถลดการใช้เชื้อเพลิง LPG เท่ากับ 360 กรัม ลดก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ตามรูปที่ 4.6 ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จาก 2.3 กิโลกรัม เป็น 1.3 กิโลกรัม เพราะใช้เวลาเผาไหม้น้อยกว่า นอกจากนี้ยังสามารถลดเสียงของเปลวไฟจาก 95 dB เป็น 82 dB และท้ายที่สุดลดเวลาการทำงาน (เผาไหม้)

5.1 ลดปริมาณกระแสไฟฟ้า

การทำงานของหัวเผาใช้มอเตอร์หมุนขับเคลื่อนใบพัด (Blower) เพื่อดูดอากาศเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิง ดังนั้นออกซิเจนเสริมเปลวไฟสามารถลดปริมาณการใช้อากาศลง ตามความเข้มข้นของออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังขับเคลื่อนใบพัดลดลง จากเหตุผลดังกล่าวสามารถลดขนาด ของมอเตอร์ไฟฟ้าหรือติดตั้งชุดปรับความเร็วรอบ (Inverter) เพื่อปรับความเร็วรอบให้เหมาะสมกับอัตราการเผาไหม้

5.2 รักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

นอกเหนือจากการประหยัดเชื้อเพลิงแล้ว ค่ามลพิษหลังการเผาไหม้ของก๊าซไอเสียประกอบไป ด้วยค่า CO, CO_2 ระดับความดังของเสียงลดลงตามลำดับ ดังนั้นการนำกระบวนเผาไหม้ด้วยวิธีนี้มาใช้กับการเผาไหม้ จะช่วยรักษาและยืดอายุสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

5.3 ข้อเสนอแนะ

วิธีการกำจัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) คือเพิ่มปริมาณออกซิเจนเข้าไปในระบบเผาไหม้ตามรูปที่ 2.1 ส่วนวิธีการกำจัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ตามเอกสารอ้างอิง [1] คือปล่อยลงในทะเลหรือบ่อน้ำลึก

เอกสารอ้างอิง

[1] Charles E. Baukal, Jr., Ph.D. “Oxygen-Enhanced Combustion.” CRC Press Boca Raton Boston London New York Washington D.C. 1998.

[2] Calvin R. Brunner, P.E., D.E.E. Handbook of Incineration systems. McGraw-Hill, 1991.

[3] P.T. Lacava, A.P. Pimenta, C.A. Gurgel Veras, J.A. Carvalho Jr. “Theoretical Analysis of Aqueous Residues Incineration with Oxygen Enriched Flames.” Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 26, No.7, pp.1029-1040. 1999.

[4] Charles E. Baukal,Jr. The John Zink Combustion”Handbook. CRC” Press Boca

[5] Wallter R. Niessen. “Combustion and Incineration Processes Applications in Environmental Engineering”. Marcel Dekker, 1994.

[6] Stephan R.Turns. “An Introduction to Combustion”. McGraw-Hill,Inc 2000.

[7] Stewart Jepson. “Oxygen-Enriched Combustion Provides Advantages in Al-Melting Furnaces”. Industrial Heating.June. 2005.

[8] G.F.Melo.“A Case Study of Air Enrichment in Rotary Klin Incinneration”, J.Comm.Heat Mass Transfer, Vol.25, No.5, pp.681-692.

[9] Sriwichai Susuk. 2007. “Combustion and an Emission in Incinerator ”, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, September 20th, 2007.

[10] กระทรวงพลังงาน. 2549. “คู่มือฝึกอบรมการอนุรักษ์พลังงาน”

O-ES09

เครื่องอบแห้งและคั่วพริกสดแบบถังหมุน

ศิรินุช จินดารักษ์* และ กลยุทธ ทะกอง
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
E-mail: sirinuch_goi@yahoo.com

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งและคั่วพริกสดแบบถังหมุนที่ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊ส LPG ที่ออกแบบและสร้างขึ้นในการศึกษานี้ เป็นถังทรงกระบอก ขนาด 60 cm x 150 cm ทำการทดสอบสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องที่ความเร็วรอบของถังหมุน 3 rpm,5 rpm,และ 7 rpm ที่อุณหภูมิเท่ากันคือ 105 เซลเซียส พริกที่ใช้ทดสอบเป็นพริกสด 13 กิโลกรัมที่ความชื้นเริ่มต้น 77.63 %wbและที่ความชื้นสุดท้ายประมาณ 13%wbพบว่า ที่ความเร็วรอบ 5 rpm พริกมีคุณภาพดีที่สุดทั้ง สีแดงสด และการแตกหักเนื่องจากแรงเหวี่ยง และการตกทับกันของพริกน้อยที่สุด จากนั้นทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพพริก โดยอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ 60 ^{O}C - 110 ^{O}C(step 10) พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พริกมีคุณภาพดีที่สุดนั้นคือ พริกมีสีแดงสด ตรงกับพริกที่ขายกันตามท้องตลาดและตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย พลังงานที่ใช้ไป 261,144.00 kJ และประสิทธิภาพของเครื่อง 8.48 % เมื่อวิเคราะห์ทางการเงินของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกสดที่ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊ส LPG ค่าใช้จ่ายรายปี 116,112.66 บาท โดยที่ต้นทุนในการอบแห้งและคั่วพริกต่อ 1 กิโลกรัมพริกแห้ง มีค่า 112.73บาท เมื่อกำหมดอายุการใช้งานของเครื่อง 10 ปี

คำสำคัญ: เครื่องอบและคั่วพริก, แก๊สปิโตรเลี่ยมเหลว (LPG), พริกจินดา, ประสิทธิภาพของเครื่อง, ต้นทุน

1.บทนำ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญกับประเทศไทย ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตพริกค่อนข้างสูง โดยในปี พ.ศ. 2549-2550 มีพื้นที่ปลูกพริกโดยรวม 474,717 ไร่ ได้ผลผลิตสด 333,672 ตันต่อปี โดยพริกที่มีความสำคัญมี 5 ชนิด คือ พริกขี้หนูเล็ก พริกขี้หนูใหญ่ พริกยักษ์ พริกหยวก และพริกใหญ่ พริกที่นิยมปลูกมากที่สุดได้แก่ พริกขี้หนูเล็ก และพริกขี้หนูใหญ่ โดยมีแหล่งเพราะปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย [1] ตัวอย่างเช่นเกษตรอำเภอขามสะแกแสง จังหวัดนครราชสีมา มีการปลูกพืชเป็นอาชีพหลักรองจากข้าวคิดเป็นร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมด ผลผลิตพริกที่ได้ในปี 2554 ได้ผลผลิต 1,636 ตัน ในแต่ละปีจะได้ผลผลิตเป็นจำนวนมาก รูปแบบการจำหน่ายพริกของเกษตรมีหลายรูปแบบ เช่นพริกสด(ดิบและสุก) พริกแห้ง พริกป่น เนื่องจากในช่วงเก็บเกี่ยวพริกนั้นพริกสุกมีปริมาณมากจนล้นตลาด ไม่สามารถจำหน่ายได้ทันเวลาทำให้พริกเน่าเสีย เกษตรกรจึงเปลี่ยนรูปแบบการจำหน่ายโดยทำให้เป็นพริกแห้ง ซึ่งใช้วิธีการตากแดด แต่การตากแดดมีข้อจำกัดมากมายและเกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เกษตรกรบางกลุ่มจึงหันมาใช้การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแทนการตากแดด จะทำให้พริกแห้งเร็ว และเก็บผลผลิตไว้จำหน่ายในระยะเวลานานได้ นอกจากนี้แล้วเกษตรกรได้เปลี่ยนจากการเก็บรักษาไว้จำหน่ายในรูปพริกแห้งมาเป็นการแปรรูปผลผลิตจากพริกโดยทำเป็นพริกป่น พริกแกง อาหารสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมจากพริกอีกมากมาย [2] การแปรรูปพริกโดยเฉพาะพริกป่นนั้นจะต้องนำพริกแห้งไปอบหรือคั่วให้กรอบตามความต้องการก่อนที่จะนำเข้าเครื่องบดละเอียด ถึงจะได้พริกป่นออกมา และในปัจจุบันเกษตรอำเภอขามสะแกแสง จังหวัดนครราชสีมา ได้มีการจำหน่ายพริกรูปพริกแห้ง และเพิ่มวิธีแปรรูปผลผลิตจากพริกจำนวนมากมาย จนเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารที่มีวัตถุดิบคือพริก ทำให้พริกแปรรูปนี้มีชื่อเสียงมากขึ้น ส่งจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ ทำรายได้ให้กับจังหวัดปีละมากมาย แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกลุ่มเกษตรกรคือ การตากแดดซึ่งใช้เวลานานและสูญเสียลักษณะบางอย่างของพริกไปทำให้พริกคุณภาพไม่มี และ การคั่วพริกใช้วิธีเดิมคือใช้กะทะ ซึ่งเกิดปัญหาในเรื่องกลิ่นฉุน แสบร้อน ได้ปริมาณน้อยจากการคั่วแต่ละครั้งใช้พริกแห้งครั้งละ 1-2 เท่านั้น ใช้เวลา 1.30 ชั่วโมง ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการในแต่ละครั้ง เนื่องจากต้องการพริกคั่วจำนวนมาก จึงต้องทำให้เสียเวลา และสิ้นเปลืองพลังงานมาก ในแต่ละครั้งทำพริกแปรรูป

จากปัญหาข้างต้นนั้น ทำให้คิดเกิดแนวทางแก้ไขด้วยวิธีการสร้างเครื่องอบแห้งและคั่วพริกโดยใช้ถังความร้อนแบบถังหมุน เป็นถังอบแห้งลักษณะทรงกระบอก ควบคุมการทำงานโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ปรับค่าเวลาอบและอุณหภูมิของถังอบได้ และใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยไม่ต้องนำพริกไปตากแดดในการนำแห้ง และไม่ต้องใช้แรงงานในการคั่ว ได้ปริมาณพริกมากพอ ไม่แสบร้อน ไม่ได้รับกลิ่นฉุน ประหยัดเวลา ไม่ยุ่งยากจากการใช้ สะดวกสบายในการทำงาน ปลอดภัยทางด้านร่างกาย และด้านการบริโภค

พิพัฒน์ อมตฉายา [3] ศึกษาการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพริกแบบหมุน โดยใช้ความร้อนจาก Heater ขนาด 12000 W โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบหมุนประกอบด้วย ชุดป้อนพริก โดยมีมอเตอร์ตัวป้อนขนาด 1/4 hpชุดทดรอบอัตราทด 1: 60 ถังอบแห้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง0.4 m ยาว 1.8 m. มอเตอร์ขับเคลื่อนการหมุนของถังอบแห้งขนาด 1 hpชุดทดรอบมีอัตราการทด 1:10 ปรับรอบโดยใช้หลักการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของพู่เล่ย์พัดลมเป่าอากาศที่ใช้ขนาด 400 W เพื่อพาความร้อนจาก Heater เข้าสู่ถังอบแห้งเพื่อทำการอบแห้งพริกที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 9 kgที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 78-84 %wbจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ15 %wbและน้ำหนักสุดท้ายของพริกประมาณ 2.3 kg

ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์ [4] ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพริกแบบชั้นบางโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง ศึกษาคุณลักษณะของการอบแห้งพริก และการพัฒนาแบบจำลองการอบแห้งพริกแบบชั้นบาง วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาคือพริกพันธุ์จินดา ควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง 6 ระดับอุณหภูมิคือ 50 60 70 80 และ 100 องศาเซลเซียสความเร็วของลมร้อน 3 ระดับ 4 5 และ 6 เมตรต่อวินาที เครื่องอบแห้งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ ชุดกำเนิดลมร้อน ชุดขดลวดความร้อน และห้องอบแห้ง จากการศึกษาพบว่าเวลาในการอบแห้งลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งและความเร็วของลมร้อนมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ความเร็วของลมร้อนมีผลต่อการเคลื่อนที่ของพริกที่อยู่ภายในห้องอบ และการเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งแบบต่อเนื่องในการศึกษานี้ได้จุดที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ อุณหภูมิการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 5 เมตรต่อวินาที เวลาที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากับ 3 ชั่วโมง ความชื้นต่ำกว่า 13% มาตรฐานเปียก โดยลักษณะทางการภาพของพริกมีสีแดงสด ผิวมันวาว ไม่มีกลิ่นไหม้ มีความเหี่ยวย่นน้อย เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการลดลงของปริมาณสารแคปไซซิน แต่ทว่าเมื่อเปรียบเทียบสารแคปไซซินที่มากกว่า และยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิและความเร็วของลมร้อนเพิ่มขึ้นอัตราการใช้พลังงานในการอบแห้งนั้นมีค่าน้อยลงเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการอบแห้งน้อยลง

2.วัตถุประสงค์

ในการศึกษานี้ เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพริกแบบถังหมุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลี่ยมเหลว (LPG) และทดสอบสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์ถึงต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งและคั่วพริก เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องอบแห้งและคั่วพริกนี้

3.การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของเครื่อง คือ อุณหภูมิและความเร็วรอบในการหมุนของเครื่อง โดยพิจารณาถึงคุณภาพของพริกที่ได้เป็นหลัก จากนั้นทำการวิเคราะห์สมรรถนะและศักยภาพของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกแบบถังหมุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว(LPG) โดยพิจารณาจาก เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงาน และคุณภาพของพริกที่ได้ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบการทดลองด้วยการควบคุมอุณหภูมิ อัตราการหมุนของถังอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง ในการหาวมรรถนะของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกสดแบบถังหมุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) ได้

จากสมการ $$\eta = \frac{output}{input} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของระบบอบแห้ง, %

$output$ = พลังงานที่ใช้ในการระเหยของน้ำจากวัสดุ, MJ

$input$ =พลังงานทั้งหมดที่ใช้กับเครื่องอบแห้ง, MJ

4. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐ์ศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) เป็นวิธีการกำหนดผลตอบแทนรวม หรือผลิตภาพ หรือความสามารถในการทำกำไรต่อสังคมโดยส่วนรวม หรือระบบเศรษฐกิจที่ทรัพยากรทั้งหมดได้ทุ่มเทให้กับโครงการโดยไม่คำนึงว่าใครในสังคมจะเป็นผู้รับผลประโยชน์เหล่านั้นหรือกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์มีทรรศนะเพื่อสังคมเป็นส่วนรวม (The Society as a Whole) [8] การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบพริกและคั่วพริกสดแบบถังหมุนโดยใช้ความร้อนจากแก๊ส LPG [9] สมการในการคำนวณหาต้นทุนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ การคำนวณหามูลค่าเงินปัจจุบัน (Present worth) จากมูลค่าเงินในอนาคต (Future worth) สมารถหาได้จากสมการ

$$PW = CL + \sum_{j=1}^{n}\left[\frac{F_n}{(1+i)^n}\right] \quad (2)$$

เมื่อ PW = มูลค่าเงินในปัจจุบัน (บาท)

CL = เงินลงทุน ณ ปีที่ 0 (บาท)

F_n = มูลค่าเงินในอนาคต (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี (%)

j = ปีที่ 1

n = จำนวนปี

การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เท่ากัน (LeveliZed annual cost , LAC) ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง ซึ่งเป็นการคำนวณหาต้นทุนของการอบแห้ง สามารถหาได้จากสมการ

$$LAC = PW \times CRF \quad (3)$$

เมื่อ LAC = ต้นทุนในการอบแห้งพริกรายปี

CRF = ผลตอบแทนเงินลงทุน (Capital Recovery Factor)$= \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right]$

ต้นทุนการอบแห้งต่อกิโลกรัมพริกแห้ง ($LACC$)

จาก $LACC = LAC / DC \quad (4)$

DC = ปริมาณพริกแห้ง,kg/year

5.วิธีดำเนินงาน

5.1 เตรียมพริกพันธ์จินดาสำหรับทดลองทดสอบเครื่องอบแห้ง

เตรียมพริกพันธุ์จินดา โดยซื้อจากเกษตรกร อำเภอขามสะแกแสง และอำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เลือกพริกที่มีสีแดงสดทั้งผล ไม่มีรอยแผล ไม่มีร่อยรอยสัตว์กัด หรือแทะ และพริกไม่เน่าเสีย นำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (polyethylene) เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2-3 วัน ก่อนการทดลอง จากนั้นล้างด้วยน้ำประปาที่อุณหภูมิห้องให้สะอาดสองครั้ง แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ 15 นาที แล้วนำไปลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนพริกพันธุ์จินดาแดงสด 500 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร เป็นเวลา 3 นาที สำหรับการเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 กิโลกรัม เพิ่มเวลาอีก 1-2 นาที นำขึ้นมาจากน้ำร้อนทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำเข้าเครื่องอบแห้งให้ชั่งน้ำหนักก่อน และชั่งหลังการอบแห้งทำเช่นนี้ตลอดการทดลองเพื่อหาอัตราการอบแห้ง



ภาพ 1 พริกสด



ภาพ 2 พริกลวดในน้ำเดือด

5.2ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง และเก็บข้อมูล

5.2.1 ทดสอบการอบแห้งพริกจากเครื่องอบแห้งพริกจินดาที่ใช้ทดสอบ 13 กิโลกรัม ทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 3 5 และ 7 rpm ที่อุณหภูมิคงที่ เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของพริกแห้ง เช่นการแตก การหัก สีพริก เนื่องจากแรงเหวี่ยงจากการหมุนของถังอบแห้ง เมื่อได้ ความเร็วรอบที่เหมาะสมแล้วต่อไปหาอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 6 ระดับ คือ 6070 80 90 100 และ 110 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบคงที่ เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้ง ที่ความชื้นเริ่มต้น 77. 63 % wb และให้มีความชื้นสุดท้าย 13 % wb สำหรับพริกแห้ง และ 6 % wb สำหรับพริกแห้งกรอบพร้อมป่น การทดสอบดังกล่าวมีจุดประส่งเพื่อต้องการหาสภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกจินดาโดยพิจารณา คุณภาพของพริกที่สภาวะการทดลองต่างๆ และการสิ้นเปลืองพลังงาน บันทึกผลทุกๆชั่วโมง

5.2.2 หาสมรรถนะและศักยภาพของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกแบบถังหมุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยพิจารณาจาก เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงาน และคุณภาพของพริกที่ได้ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบการทดลองด้วยการควบคุมอุณหภูมิ อัตราการหมุนของถังอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง ในการหาวมรรถนะของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกสดแบบถังหมุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG)

5.2.3วิเคราะห์หลักการทางเศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์หาต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้ง โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนของเครื่องอบแห้งทั้งระบบในลักษณะ Levelized Annual Cost (LAC) ได้แก่ เงินลงทุนสำหรับเครื่องอบแห้งและอุปกรณ์ทั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา และเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง ราคาพริกสด ค่าจ้างแรงงานคน เป็นต้น

6.ผลการศึกษา/การทดลอง

6.1หลักการของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกแบบถังหมุน

เครื่องอบแห้งและคั่วพริกแบบถังหมุน แสดงดังรูปที่ 3 มีหลักการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ระบบควบคุมส่วนประกอบมีดังนี้ 1) เครื่องควบคุมอุณหภูมิเครื่องนี้จะต่อหัววัดของเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปภายในแกนจนถึงส่วนกลางถังอบสำหรับวัดอุณหภูมิภายในถัง 2) เครื่องควบคุมความเร็วรอบของถังอบจะต่อเข้ากับมอเตอร์เพื่อทดสอบรอบมอเตอร์ให้ได้ตามต้องการ 3) เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าใช้ควบคุมปริมาณไฟฟ้าที่เข้าไปยังมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ 4)สวิทต์ไฟฟ้า เปิด-ปิด ระบบควบคุม

ส่วนที่ 2 ระบบส่งแก๊ส ประกอบด้วย 1) ถังแก๊ส LPG ที่ติดตั้งเครื่องวัดความดันในถังแก๊ส และเครื่องวัดแรงดันแก๊สในท่อส่งแก๊ส 2) สวิตช์เปิด-ปิดแก๊สไปยังท่อส่งแก๊สที่แยกออกเป็น สองทาง ทางที่หนึ่งต่อเข้าไปยังหัวล่อใต้ถังแก๊ส ทางที่สองต่อไปยังท่อแก๊สทองเหลืองที่เจาะรูสำหรับเป็นทางออกของแก๊สวางอยู่ใต้ถังคั่วพริก

ส่วนที่ 3 เครื่องอบแห้งพริกและคั่วพริกแบบถังหมุนที่ใช้แก๊ส LPG เป็นแหล่งพลังงานประกอบด้วยส่วนนอก คือฝาครอบตู้ทรงกระบอกฝาครึ่งหุ้มด้วยฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนพร้อมฝาปิด ด้านบนซ้ายตู้ครอบมีท่อลมระบายอากาศออกจากถังอบแห้ง ส่วนล่างเป็นตู้สี่เหลี่ยมป้องกันอันตรายจากเครื่องขณะใช้งาน ส่วนในประกอบด้วยถังอบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60 เมตร ยาว 1.50 เมตรด้านหัว-ท้ายเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.006 เมตร ข้างละ 32 รู ในการระบายอากาศร้อนออกจากถังอบแกนถังอบทรงกระบอกต่อเข้ากับพู่เลย์ พร้อมสายพาน 2 ชุด ชุดที่ 1 ชุดทดรอบของมอเตอร์ ขนาด ½ แรงม้า ประกอบด้วยพู่เลย์ขนาด 14 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว สายพานร่อง B-60 ชุดที่ 2 ชุดต่อเข้ากับแกนถังทรงกระบอก ประกอบด้วยพู่เลย์ขนาด 14 นิ้ว และ 4 นิ้ว สายพานร่อง B-102 ใช้ควบคุมความเร็วรอบของถังอบแห้งแกนของพู่เลย์ 14 นิ้ว จะสอดที่วัดอุณหภูมิเทอร์โมคอปเปิลเข้าไปในถังอบแห้งใช้วัดอุณหภูมิในถังอบ



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งและคั่วพริกสด

6.2การวิเคราะห์ความเร็วรอบของการหมุนของเครื่อง

การวิเคราะห์หาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับเครื่องอบและคั่วพริก โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบของการหมุนถัง 3 ระดับ คือ 3 rpm 5 rpm และ 7 rpm น้ำหนักพริกที่ทดลอง 13 กิโลกรัม อุณหภูมิที่ใช้ทดลอง 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 14 ชั่วโมง ความชื้นพริกเริ่มต้น 77.63%wb ความชื้นพริกหลังอบประมาณ 13 %wbเพื่อดูคุณภาพพริกที่เหมาะสม

ตาราง1 ผลกระทบของความเร็วรอบของการหมุนถังต่อคุณภาพพริกคั่ว

การทดลอง	ความเร็วรอบ (rpm)	อัตราความชื้น (%wb)		ระยะเวลา (h)	สี	ร้อยละการแตกหัก
		เริ่มต้น	สุดท้าย			
1	3	77.63	12.75	6		73%
2	5	77.63	12.56	6		52%
3	7	77.63	11.07	6		91%

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบทั้ง 3 ระดับ พบว่าน้ำหนักพริกแห้งสุดท้ายที่ได้ประมาณ 3.35 กิโลกรัม ระยะเวลาอบที่ได้ความชื้นที่เหมาะสมประมาณ 13%wb อยู่ในชั่วโมงที่ 6 จากการอบ 14 ชั่วโมง สีพริกที่เหมาะสมที่สุดคือสีน้ำตาลแดง เปอร์เซนการแตกหักน้อยที่สุดคือ 52% การแตกหักที่เกิดขึ้นเกิดจากแรงเหวี่ยงในถังหมุน และการตกทับของเมล็ดพริก ซึ่งการวิเคราะห์จะบอกถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานของเครื่อง จากการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้ที่ความเร็วรอบ 5 rpm เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องนี้สำหรับการนำไปใช้งาน นั้นคือมีสีที่เหมาะสม เปอร์เซนต์การแตกหักน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาการอบจากพริกสดจนได้พริกแห้ง จะเห็นว่าเปอร์เซนต์การแตกหักค่อนข้างสูงจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงเงื่อนไขบางอย่างเพื่อลดการแตกหัก แต่สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปพริกจะเหมาะสมที่สุด

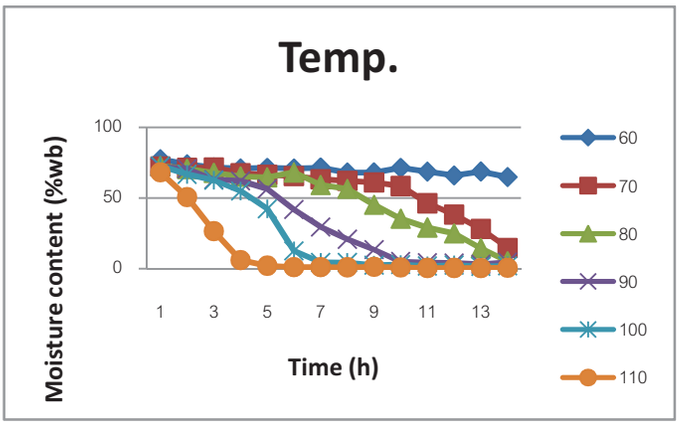
6.3 ผลกระทบของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและคั่วพริกและประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ

การวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งและคั่วพริกด้วยเครื่องอบแห้งและคั่วพริกแบบถังหมุนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊ส LPG ที่สร้างขึ้น ข้อมูลในตารางเป็นการเปรียบเทียบอัตราความชื้นกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง ทดลองที่ความเร็วรอบ 5 rpm ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์เครื่องอบแห้ง ตารางที่ 2 แสดงถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อการอบแห้ง คือ ระยะเวลาในการอบแห้งจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C ไม่สามารถอบแห้งและคั่วพริกสดให้มีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 13 %wbได้ภายในระยะเวลา 14 ชั่วโมง และการเปลี่ยนแปลงความชื้นในระหว่างการอบแห้งและคั่วพริกที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4

ตาราง 2 ประสิทธิภาพในการระเหยน้ำของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ระยะเวลา (h)	ปริมาณแก๊ส (kg)	น้ำหนัก (kg)			Q_{output} (kJ)	Q_{input} (kJ)	η (%)
			เริ่มต้น	สุดท้าย	น้ำระเหย			
60	14	2.9	13	8.32	4.68	10,576.80	142,959.27	7.40
70	14	3.8	13	3.42	9.58	21,650.80	187,325.94	11.56
80	13	5.2	13	3.39	9.61	21,718.60	256,340.76	8.47
90	9	5.2	13	3.35	9.65	21,809.00	256,340.76	8.51
100	6	4.2	13	3.31	9.69	21,899.40	207,044.46	10.58
110	4	2.4	13	3.10	9.90	22,374.00	118,311.12	18.91

การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนความชื้นกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและคั่วพริกที่ 60 70 80 90 100 และ 110 องศาเซลเซียสเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคั่วพริก 14 ชั่วโมงความเร็วรอบที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ตัวเครื่อง 5 rpm การทดลองนี้ใช้ในการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวเครื่อง จากการทดลองใช้ปริมาณพริกสด 13 กิโลกรัมพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ที่ 80 $^{\circ}$C ความชื้นของพริกในชั่วโมงที่ 1-6 ความชื้นลดลงเล็กน้อย และลดลงมากในชั่วโมงที่ 7-14 แต่ในชั่วโมงที่ 13 ความชื้นลดลงถึง 14.53 %wbซึ่งใกล้กับความชื้นมาตรฐานพริกแห้ง ใช้เชื้อเพลิงทั้งสิ้น 5.2กิโลกรัม คุณภาพของพริกตรงกับความต้องการของประสิทธิภาพในการระเหยน้ำออกจากพริกของเครื่องอบแห้งและคั่วพริกแบบถังหมุนมีคค่า 8.47%



ภาพ 4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นเฉลี่ยระหว่างการอบแห้งและคั่วพริกที่อุณหภูมิต่างๆ

6.4 การวิเคราะห์ต้นทุนในการอบแห้งและคั่วพริก

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งและคั่วพริก ทำการวิเคราะห์ภายใต้สมมุติฐานของราคาเครื่อง 90,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 10 ของมูลค่าเครื่อง อัตราเงินเฟ้อร้อยละ 2.2 และอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7 ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอบแห้ง (แก๊สหุงต้ม) 32,448 บาท/ปีใช้พริกสด 4,056 กิโลกรัม/ปี ได้พริกคั่ว 1,029.6 กิโลกรัม/ปีไม่คิดมูลค่าซากของเครื่อง และไม่คิดค่าจ้างแรงงาน พบว่า ต้นทุนสำหรับการผลิตพริกคั่ว คือ 112.77 บาท / กิโลกรัมพริกแห้ง

7.สรุป

เครื่องอบแห้งและคั่วพริกที่ออกแบบและสร้างขึ้นในการศึกษานี้เป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60 เมตร ยาว 1.50 เมตร มีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 80 ^{O}C ที่ความเร็วรอบในการหมุน 5 rpm ทำการอบแห้งพริกที่ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายประมาณ 78 %wb และ 13%wb ตามลำดับ ที่ระยะเวลาในการทำงาน 13 ชั่วโมง ได้พริกที่มีคุณภาพตามที่ท้องตลาดต้องการ มีต้นทุน 112.77 บาท / กิโลกรัมพริกแห้ง มีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ คือ 8.471%

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย

9.เอกสารอ้างอิง

[1] บุญส่ง เอกพงษ์ และคณะ. (2550). **รายงานฉบับบสมบูรณ์โครงการสภาพการตลาดพริกจังหวัดอุบลราชธานีและศรีษะเกษ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนันการวิจัย

[2] กมล เลิศรัตน์. (2553). **การแปรรูปพริกและผลิตภัณฑ์พริกในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: งานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] พิพัฒน์ อมตฉายา. (2549).**เครื่องอบแห้งพริกแบบหมุน**. นครราชสีมา:งานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[4] ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ์. (2554). **การอบแห้งพริกแบบชั้นบางโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง**.วิทยานิพนธ์ปรด., มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[5] วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. (2535). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 45-75

O-ES10

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

Study of Thermal Efficiency on Domestic Cooking Burner using Stainless Wire-Net

สุรเดช สินจะโป๊ะ และ บัณฑิต กฤตาคม*

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000 E-mail: auto013_rmuti@hotmail.com และ bundit.kr@rmuti.ac

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่มีปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 ในการศึกษาจะทำการออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Domestic cooking burner using stainless wire-net) โดยอาศัยหลักการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน (Heat-recirculating combustion) โดยใช้ตาข่ายสแตนเลสนำมาวางเรียงซ้อนกันเป็นวัสดุพรุน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสีความร้อนจากเปลวไฟบนผิวหน้าวัสดุพรุน หลังจากนั้นวัสดุพรุนจะทำการแผ่รังสีออกไปทุกทิศ ทุกทาง โดยเฉพาะสองด้านที่สำคัญคือ การแผ่รังสีไปด้านบนหมายถึงการส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมายังส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศส่วนแรก (Primary air) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นไอดี (Preheating zone) หม้อหุงต้ม ในการทดลองใช้ขนาดเบอร์ 22 cm ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2312-2549 ซึ่งต้มน้ำ 2.7 ลิตร แต่ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่า η_{th} ของเตานั้น จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 จากการทดลองพบว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ เซรามิกส์และเตาแก๊สแบบหัวฟู่และมีค่า η_{th} เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของวัสดุพรุน และพฤติกรรมการเผาไหม้ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสที่สมบูรณ์กว่าตามปริมาณ CO ที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, ตาข่ายสแตนเลส

1. บทนำ

เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [1] กล่าวได้ว่าเป็นเตาที่มีบทบาทสำคัญต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันของคนไทย และนิยมใช้หุงต้มในครัวเรือนอย่างแพร่หลายมากที่สุด เพราะมีลักษณะเด่นคือโครงสร้างเรียบง่าย ราคาถูก ใช้ง่าย สะดวก เร่งไฟได้เร็ว และมีช่วงการทำงานที่กว้างพอสมควร ทนทาน เชื่อถือได้สูง มีความปลอดภัยสูง ซึ่งเตาแก๊สหุงต้ม ที่ใช้ในประเทศไทยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาแก๊สหุงต้ม ในครัวเรือนคือ แก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas, LPG) ที่เป็นส่วนผสมของ โปรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) หรือเป็น อย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้ และการเผาไหม้เป็นแบบเปิดจึงไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะถูกบังคับ โดยการพาความร้อน (Heat convection) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ไม่สูงเท่าที่ควร โดยจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 30 - 50 ดังนั้นจึงมีความพยายามในการเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มในหลายรูปแบบหรือหลายวิธีการ โดยอาศัยอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งทุกรูปแบบหรือทุกวิธีการจะอยู่บนแนวความคิดและหลักการใหญ่ ๆ เพียงสามประการ ได้แก่ ลดการสูญเสียความร้อน อุ่นอากาศ และปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของหัวเตา

ด้วยเหตุนี้การวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง วิเชียร ตรีเวชอักษร [2] ศึกษาทฤษฎีการเผาไหม้ รวมถึง การเผาไหม้ของเตาหุงต้ม LPG เพื่อพัฒนา และปรับปรุงเตาหุงต้มแอลพีจีแบบมาตรฐาน (Conventional burner, CB) ให้เป็นแบบ Swirling burner พบว่า η_{th} สูงขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากการพาและเหนี่ยวนำอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) รวมถึงการเก็บกักความร้อนด้วยระบบ อุ่นอากาศ รวมทั้งการปรับปรุงฐานตั้งภาชนะให้เหมาะสม และมีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด ต่อมา ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [3] ได้นำเอาเทคโนโลยีวัสดุพรุนมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้ม โดยในการทดลองใช้หัวเตาฟู่ KB-10 ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด มาประกอบเข้ากับโครงสร้างของเตา ที่ทำขึ้น จากการทดลอง พบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 และคิดเป็นอัตราการประหยัด โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเตา KB–10 ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป และในการทดลองนี้ยังได้มีการพัฒนาให้เตาแก๊สหุงต้มมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นไปอีกโดยการปรับปรุงหัวเผาให้เปลวไฟที่พุ่งออกมีลักษณะของการหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง และจากการทดลองพบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับเตาแบบ Swirl burner ที่ยังไม่ได้มีการประกอบเข้ากับโครงสร้างที่ออกแบบไว้ และเมื่อเปรียบเทียบกับเตา KB–10 ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป พบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 และคิดเป็นอัตราการประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 51 Dong และคณะ [4] ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ (H) ที่เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเผา (d) ซึ่งหัวเผาที่นำมาใช้ทดสอบเป็นแบบ Slot จำนวน 1 หัวเผา โดยเงื่อนไขการทดลองจะทำการปรับค่า Reynolds number (Re) จาก 800 ถึง 1,700 และปรับระยะ H จาก $2d_e$ ถึง $12d_e$ โดยใช้เชื้อเพลิง บิวเทน พบว่าที่ตำแหน่ง H/d = 6 จะให้อัตราการถ่ายเท

ความร้อนที่ดีสุด วสันต์ โยคเสนะกุล [5] นำแนวทางจาก ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [3] มาพัฒนาต่อ โดยใช้เตาแก๊สขนาด KB–10 ที่มีขายในท้องตลาดมาทำการดัดแปลงหัวเผาจาก CB เป็น SB แล้วนำมาประกอบเข้ากับโครงสร้างที่มี การหมุนเวียนความร้อน (Porous Radiant Recirculated Burner, PRRB) จากการทดลองพบว่าหัวเผา แบบ CB มีระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ (H) ที่เหมาะสมอยู่ที่ 63.5 mm. (2.5 in.) และเมื่อเปลี่ยนเป็น PRRB (SB) ซึ่งมีระยะ H ของแต่ละภาชนะไม่เท่ากัน จะให้ η_{th} ที่แตกต่างเนื่องจากอิทธิพลของ การหมุนเวียนความร้อน จารุณี จาบกลาง [6] นำแนวทาง วสันต์ โยคเสนะกุล [5] มาศึกษาพัฒนา โดยใช้ เตาแก๊สขนาด KB–5 ทั่วไป (Conventional burner, CB) ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในครัวเรือน และตามแหล่งร้านอาหารขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ แต่มี η_{th} ประมาณร้อยละ 35 ซึ่งค่อนข้างต่ำ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น สองส่วน ส่วนแรกจะทำการพัฒนาหัวเผา จากแบบทั่วไป (CB) ซึ่งมีเปลวไฟไหลตามรัศมีมาเป็นแบบหมุนวน (SB) ซึ่งจะให้ลักษณะของเปลวไฟหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง ส่วนที่สองทำการพัฒนา อีกขั้นหนึ่ง คือ นำเตาแก๊ส KB–5 มาใช้ควบคู่กับ PRRB ตามหลักการหมุนเวียนความร้อนกระทำกับภาชนะสองแบบ คือ หม้อ (ภาชนะก้นแบน) กระทะ (ภาชนะก้นโค้ง) จากผลการทดลองพบว่ามี η_{th} เพิ่มขึ้นประมาณ 20 % นอกจากนี้ จรินทร์ เจนจิตต์ [7] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สในครัวเรือน โดยออกแบบ Porous Radiant Recirculated Cover (PRRC) ติดตั้งกับเตาแก๊สหุงต้มแบบมาตรฐาน (Household cooking burner, HB) เมื่อทำการติดตั้งฝาครอบชนิดวัสดุพรุน PRRC (EP4+AP4) พบว่า η_{th} เพิ่มสูงขึ้นจากเดิมเป็น 48 % คิดเป็น Energy saving สูงสุดเท่ากับ 14.58% ซึ่งจากการทดลองพบว่า การติดตั้งฝาครอบชนิดวัสดุพรุน PRRC (EP4+AP4) ไม่เพียงแต่เพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน ยังสามารถลดปริมาณมลพิษ CO ให้มีค่าสูงสุดไม่เกิน 124 ppm ในขณะที่ปริมาณ CO ของ HB ในเตาที่ติดตั้ง LPB-FP มีค่าสูงสุดไม่เกิน 347 ppm, 140 ppm ตามลำดับ

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น บทความนี้จึงมีแนวคิดเพื่อศึกษาหาแนวทางในการเพิ่ม η_{th} ของ เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 [1] โดยเตาแก๊สจะมีปริมาณการใช้ LPG สูงสุดของแต่ละหัวเตาไม่เกิน 5.78 kW ดังนั้นเพื่อบรรลุตามแนวคิดนี้จึงได้ทำ การออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสขึ้น เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพเชิงความร้อนและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงก่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

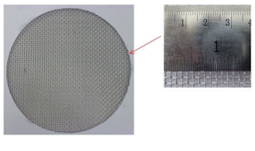
2. รายการสัญลักษณ์

$C_{P,water}$	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ใช้ทดสอบ (MJ/kg·K)
CB	Conventional burner
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)
LHV	ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊ส (MJ/m^3)
m_{water}	มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)
Re	Reynolds number
SB	Swirling burner
$T_{water,i}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (^oC)
t	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ (s)
v	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m^3/s)
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
$\eta_{th,1}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 1
$\eta_{th,2}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 2

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

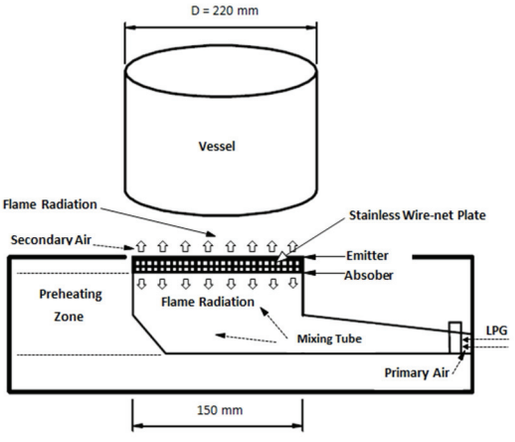
3.1. อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงสแตนเลสที่นำมาศึกษาในบทความวิจัยนี้ เป็นสแตนเลสเบอร์ 304 มีขนาดช่องต่อนิ้วของลวดสแตนเลส คือ 10 ช่องต่อตารางนิ้ว และมีความกว้างของช่อง 2.08 mm ซึ่งมีเหล็ก โครเมียม และนิกเกิล เป็นส่วนผสม ทนความร้อนได้สูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียล สแตนเลสเบอร์ 304 เป็นสแตนเลสกลุ่มออสเตนิติก (Austenitic) ที่ใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด มีส่วนผสมของโครเมียม (Chromium) ประมาณ 18% และนิคเกิล (Nickel) ประมาณ 8% เป็นสแตนเลสที่แม่เหล็กดูดไม่ติด



รูปที่ 1: ตาข่ายสแตนเลส

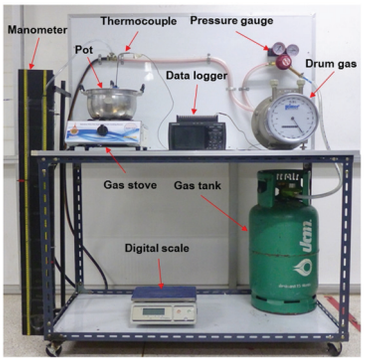
รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส โดยทำการติดตั้ง ตาข่ายสแตนเลส ด้านบนของหัวเตา ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากแก๊สความดันต่ำถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรก เข้าไปในท่อผสมพร้อม ๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50 - 70% ของปริมาณอากาศที่จำเป็นเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichoimetric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อากาศส่วนแรกนี้ มีค่าถึง 100% ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊สจะไหลผ่านตาข่ายสแตนเลสและถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟจะใช้วิธีเปลวไฟล่อ (Pilot flame) ขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ซึ่งจะถูกชักนำเข้ามาจากทางด้านข้างเปลวไฟ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น ช่วยทำให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้น และส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ดียิ่งขึ้น ซึ่งตาข่ายสแตนเลสจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Absorber) และตัวแผ่รังสีความร้อน (Emitter) เมื่อตาข่ายสแตนเลสได้รับความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) ที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าตาข่ายสแตนเลส (Stability inside or on the surface of stainless wire-net plate) ก็จะแผ่รังสีความร้อนออกไปทุกทิศทุกทาง โดยเฉพาะสองด้านที่สำคัญคือการแผ่รังสีไปด้านบนหมายถึงจะส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมายังส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิง (LPG) และอากาศส่วนแรก (Primary Air) ดังนั้นส่วนผสมนี้เมื่อไหลเข้ามาก่อนถึงตาข่ายสแตนเลสจะเกิด การอุ่นหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ เรียกบริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating Zone) โดยนิยามเรียกเตาแบบใหม่นี้ว่า เตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner) และมีชื่อย่อว่า SWB



รูปที่ 2: หลักการทำงานของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

3.2. วิธีการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ทดลองหาค่าประสิทธิภาพเตาแก๊สหุงต้มในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นด้วยการจ่ายแก๊ส LPG จากแหล่งจ่ายแก๊สไหลไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเข้าสู่มาตรวัดปริมาณแก๊ส ทำการติดไฟที่เตาโดยเปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุด เป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตาแล้วเปลี่ยนหม้อทดลองใหม่ ซึ่งใส่น้ำ 2.7 ลิตร พร้อมฝาเทอร์โมคัปเปิล เปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สตามที่ต้องการ โดยปรับปริมาณอากาศให้ได้การเผาไหม้ที่เหมาะสมพร้อมกับจับเวลาเริ่มต้น ต้มจนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิปกติ จนอุณหภูมิสูงขึ้นจากเริ่มต้นเป็น 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจุดเดือดแล้วให้ปิดแก๊ส วัดค่าการใช้แก๊สระหว่างการทดสอบและค่าต่าง ๆ



รูปที่ 3: การทดสอบประสิทธิภาพเตาแก๊สหุงต้ม

3.3. การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในที่นี้อ้างอิงตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำ

$$\eta_{th} = \frac{m_{water} C_{p,water} (363 - T_{water,i})}{v \times LHV \times t} \quad (1)$$

3.4. การประหยัดพลังงาน [8]

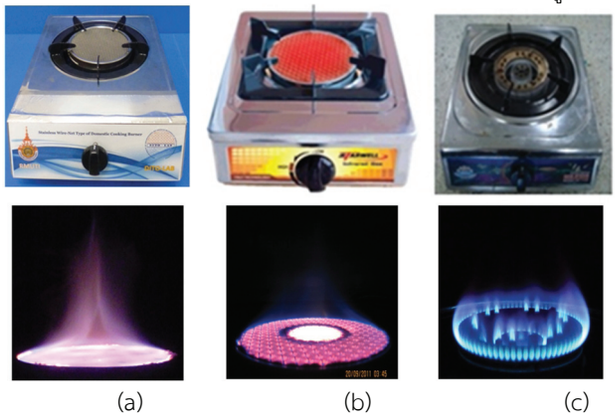
การหาค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของ เตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$\text{Energy saving} = \frac{\eta_{th,2} - \eta_{th,1}}{\eta_{th,2}} \quad (2)$$

4. ผลการทดลอง

4.1. ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สหุงต้ม

ในการศึกษาวิจัยได้เปรียบเทียบเตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner, SWB) กับเตาแก๊สที่มีใช้กันในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่หัวเตาแก๊สแบบวัสดุพรุนชนิดเซรามิกส์รังผึ้ง (Honey comb ceramic porous burner, PB) และแบบหัวฟู่ (Radial slotted ports burner, RB) ซึ่งแบบ RB เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในครัวเรือน และจากการทดลองลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแต่ละแบบจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB เปลวไฟจะพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้ง แผ่นวัสดุพรุน และไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ SWB จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบไฟด้วย ส่วนแรกที่ผิวของวัสดุพรุนจะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มี เปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ SWB จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ PB และ RB เข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4

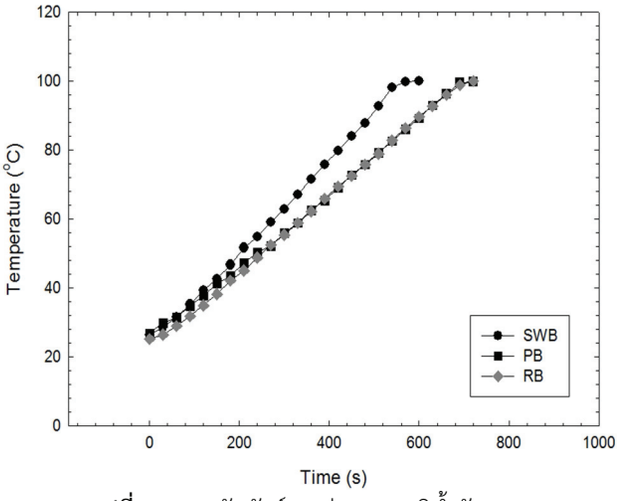


(a) (b) (c)

รูปที่ 4: ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊ส (a) ชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB) (b) แบบวัสดุพรุนชนิดเซรามิกส์รังผึ้ง (PB) และ (c) แบบหัวฟู่ (RB)

4.2. อุณหภูมิต้มเดือด

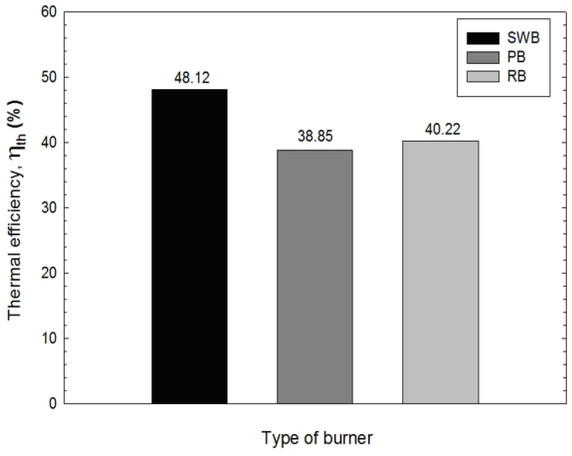
รูปที่ 5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ใช้ในการทดลองของหัวเตาแก๊สทั้ง 3 แบบ โดยในการทดลองบรรจุน้ำในปริมาตร 2.7 ลิตร และมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นประมาณ 27 $^{\circ}$C จากการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการต้มเดือด (ประมาณ 100 $^{\circ}$C) ของเตาแก๊สหุงต้มแบบ SWB จะใช้เวลาอยู่ในช่วง 565 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเตาแก๊สหุงต้ม แบบ PB และ RB ที่ใช้เวลานานถึง 705 วินาที และ 695 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส ซึ่งไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน ทำให้เตาแก๊สหุงต้มแบบ SWB สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สหุงต้ม แบบ PB และ RB



รูปที่ 5: ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลา

4.3. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

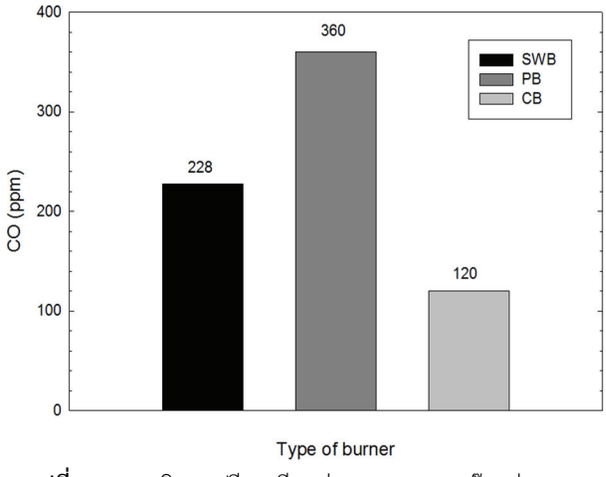
รูปที่ 6 แสดงแผนภูมิแท่งของประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของ เตาแก๊สหุงต้มทั้ง 3 แบบ จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SWB มีค่า η_{th} สูงสุดประมาณ 48.12% แต่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีประสิทธิภาพเพียง 38.85% และ 40.22% ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส เช่นเดียวกันกับกรณีของอุณหภูมิต้มเดือด



รูปที่ 6: แผนภูมิแท่งแสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

4.4. ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊ส

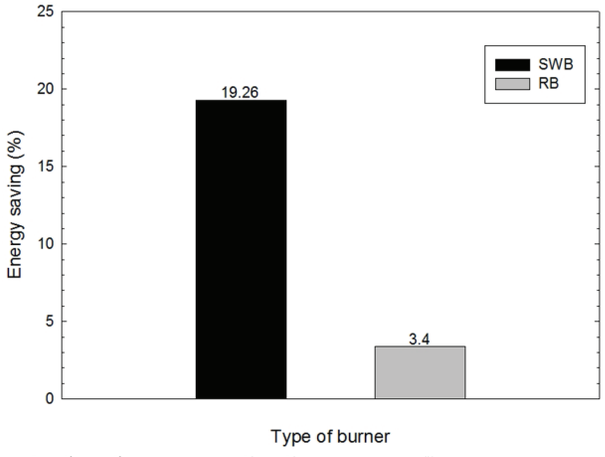
รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ พบว่าค่าปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าเท่ากับ 228 ppm ขณะที่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีค่า อยู่ที่ 360 ppm และ 120 ppm ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละ หัวเตาแก๊ส มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่ระบบที่เท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบเตาแก๊สแบบ SWB กับเตาแก๊สแบบ PB พบว่าค่า CO ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าต่ำกว่า



รูปที่ 7: แผนภูมิการเปรียบเทียบค่า CO ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

4.5. การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB โดยเตาแก๊สทั้งสองจะทำการคำนวณจากสมการที่ (2) และใช้ค่า η_{th} ของเตาแก๊สแบบหัวฟู่ PB เป็นค่าอ้างอิง จากการวิเคราะห์พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB มีค่าประมาณ 19.26% และ 3.4% ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าเตาแก๊สแบบ SWB มีการใช้พลังงานต่ำกว่า เตาแบบ PB และ RB เนื่องจากกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส จะไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสม



รูปที่ 8: แผนภูมิเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และแบบ RB

5. สรุป

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ตาข่ายสแตนเลส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) เปลวไฟของเตาแก๊สทั้ง 3 แบบ มีรูปร่างของเปลวไฟที่แตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB เปลวไฟจะพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพรุน และไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊ส แบบ SWB จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบไฟด้วย ส่วนแรกที่ผิวของวัสดุพรุนจะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ SWB จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ PB และ RB เข้าด้วยกัน

2) เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB) สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าแบบ เซรามิกส์ (PB) และแบบหัวฟู่ (RB) เพราะอิทธิพลของการแผ่รังที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลสไปยังส่วนผสม

3) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าสูงสุดประมาณ 48.12% และเตาแก๊สแบบ PB และ RB มีประสิทธิภาพเท่ากับ 38.85% และ 40.22% ตามลำดับ เนื่องจากกลไกการแผ่รังความร้อนของแผ่นตาข่ายสแตนเลส ซึ่งไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน

4) ปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าเท่ากับ 228 ppm ขณะที่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีค่าอยู่ที่ 360 ppm และ 120 ppm ตามลำดับ ดังนั้นระดับ CO ในการเผาไหม้ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สแบบ PB

5) การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB โดยใช้ค่า η_{th} ของเตาแก๊สแบบ PB เป็นค่าอ้างอิง พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB มีค่าประมาณ 19.26% และ 3.4% ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าเตาแก๊สแบบ SWB มีการใช้พลังงานต่ำกว่าเตาแบบ PB และ RB

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (EPPO) กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้ง สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนเงินทุน อุปกรณ์การทดลอง และสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ นายพชรพล ธนทองคำเหลือ นายประมูล แตงกระโทก และนายวีรยุทธ สัตย์ธรรม นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ช่วยในการสร้างอุปกรณ์การทดลอง และเก็บข้อมูล ผลการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว,” [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.rcthakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/ 17.PDF.

[2] วิเชียร ตรีเวชอักษร, 2541, “การปรับปรุงประสิทธิภาพเตาหุงต้มแอลพีจีมาตรฐาน,” วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[3] ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ, 2544, “การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม,” วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[4] Dong, L.L., Cheung, C.S. and Leung, C.W., 2002, “Heat transfer from an impinging premixed butane air slot flame jets,” International Journal of Heat and Mass Transfer, 45, 979-992.

[5] วสันต์ โยคเสนะกุล, 2548, “หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[6] จารุณี จาบกลาง, 2549, “การพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มที่มีประสิทธิภาพสูงชนิดที่มีการหมุนเวียนความร้อน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[7] จรินทร์ เจนจิตต์, 2553, “การเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแก๊สโดยวัสดุพรุน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[8] S.Jugjai and N.Rungsimuntuchart, 2002, “High efficiency heat-recirculating domestic gas burners,” Experimental Thermal and Fluid Science, 26, 581–592.

O-ES11

การเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อ

Combustion of Gas Fuel on Porous Burner Installed Tube Bank Heat Exchanger

สมภพ ลือพงศ์พัฒนะ และบัณฑิต กฤตาคม*

[1]ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

โทร 044-233000 ต่อ 3410 โทรสาร 044-233074 E-mail bundit.kr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้ทดลองพฤติกรรมการไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อ (Tube-bank heat exchanger) โดยอากาศเป็นสารทำงาน เชื้อเพลิงที่จ่ายเข้าสู่หัวพ่นไฟเป็นแบบที่มีการผสมเชื้อเพลิงระหว่างอากาศและแอลพีจี (Liquid Petroleum Gas, LPG) ก่อนเข้าสู่ระบบการไหม้ (Premixed-gas combustion) วัสดุพรุนที่เลือกใช้ในหัวพ่นไฟเป็นแบบเม็ดกลมอัดแน่นทำมาจากอะลูมินา-คอร์ดไรท์ (Alumina-Cordierite, Al-Co) โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Average dimiter, d) และค่าความพรุน (Porosity, ϕ) เท่ากับ 0.72 cm และ 0.395 ตามลำดับ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบกลุ่มท่อที่มีจำนวนแถวในแนวตั้ง (N_T) และแถวในแนวนอน (N_L) เท่ากับ 3 และ 8 แถว ในการทดลองความเร็วเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงแก๊สผสมก่อน (Volumetric premixed-gas velocity, V_{max}) ถูกส่งเข้ามายังชั้นวัสดุพรุนในช่วงความเร็ว 5 - 30 m^3/h โดยพิจารณาอ้างอิงกับสภาวะเสถียรของเปลวไฟ และแสดงค่าด้วยอัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิง (Equivalence ration, Φ) จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิ (Temperature profile, T) ตลอดความยาวของหัวพ่นไฟและค่าประสิทธิผล (Effectiveness, ε) มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นตาม Φ และ V_{max} แต่แนวโน้มของ T และ ε ลดลงเมื่ออัตราการไหลของอากาศผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Q_{AH}) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าขอบเขตเสถียรภาพการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟแบบนี้มีค่า Φ อยู่ในช่วง 0.5 - 0.95 สำหรับปริมาณองค์ประกอบแก๊สไอเสีย (O_2, CO_2, CO และ NO_x) ที่ปล่อยออกมาอยู่ในเกณฑ์ต่ำเป็นที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: หัวพ่นไฟวัสดุพรุน, อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกลุ่มท่อ, แอลพีจี

1. บทนำ

หัวพ่นไฟหรือหัวเผาแผ่รังสีแบบวัสดุพรุน (Porous radiant burner) ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายวัตถุประสงค์ [1] ยกตัวอย่างเช่น ใช้ในขบวนการผลิตกระดาษ การทำให้กระดาษแห้ง (Paper dying) การเคลือบเงากระดาษ (Paper finishing) ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การอบและการทำให้เส้นใยแห้ง (Baking and textile dying) การผลิตไอน้ำในหม้อต้มน้ำทางอุตสาหกรรม การหล่อ การหลอมเหล็ก หรือแม้แต่การสร้างความอบอุ่นภายในบ้านเรือน (Domestic radiant heater) ก็มีการใช้ประโยชน์จากหัวเผาแบบนี้แล้ว ข้อดีที่โดดเด่นของหัวเผาแก๊สวัสดุพรุนมีสองข้อหลัก ๆ คือ มีความสามารถในการแผ่รังสีได้สูงและปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ในปริมาณที่ต่ำ ด้วยสาเหตุนี้เป็นเหตุผลให้นักวิจัยและวิศวกรจำนวนมากมีความสนใจ และศึกษาเกี่ยวกับหัวเผาชนิดนี้ ทั้งด้วยวิธีการทดลองและทางทฤษฎีเพื่อที่จะพัฒนาสมรรถนะให้ดียิ่งขึ้น

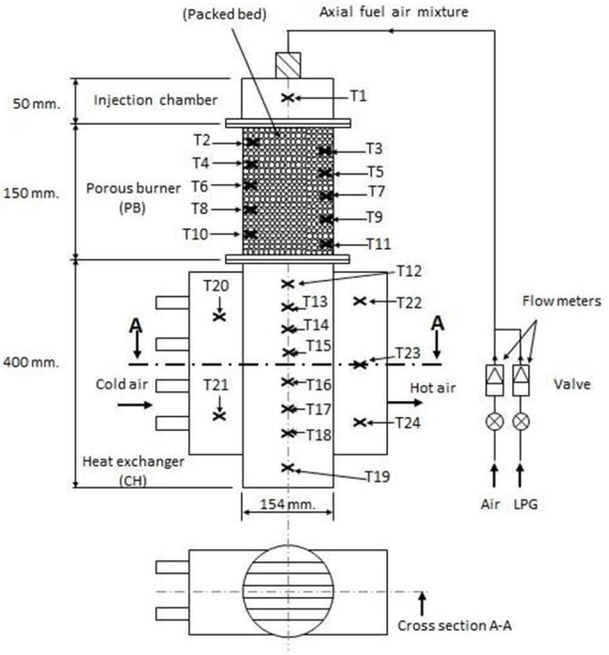
กลุ่มงานวิจัยภายใต้การนำของ Echigo [2-4] เป็นกลุ่มงานวิจัยแรกที่เสนอผลงานการเผาไหม้ ในวัสดุพรุนทั้งการทดลองและทฤษฎี โดยพบว่าวัสดุพรุนจะช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากการหมุนเวียนพลังงานด้วยการแผ่รังสี (Radiation recirculation) จากบริเวณเปลวไฟไปยังไอดีผสม (Unburned gas mixture) ที่กำลังส่งมายังระบบ หลังจากนั้นได้มีนักวิจัยหลายกลุ่มศึกษาการใช้เทคโนโลยีของวัสดุพรุนร่วมกับการเผาไหม้อย่างมากมายทั้งด้วยการทดลอง [5,6] และด้วยวิธีทางทฤษฎี [7-9] ซึ่งผลการศึกษาของกลุ่มงานวิจัยต่าง ๆ เหล่านั้น ล้วนทำให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเผาไหม้ ในวัสดุพรุนได้ดียิ่งขึ้นรวมทั้งเสนอแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในอุตสาหกรรม เมื่อเร็ว ๆ นี้ Krittacom และคณะ [10, 11] ได้ทำการทดลองและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาคุณลักษณะการแผ่รังสีของหัวเผาไหม้แบบวัสดุพรุนชนิดเซลลูลาร์เปิด การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบ การผสมเชื้อเพลิงก่อนเข้าสู่ระบบการเผาไหม้ (แก๊สมีเทนและอากาศ) การวัดรังสีที่แผ่ออกมาจากหัวเผา จะใช้เครื่องมือวัดชนิด ผิวหน้าสองสี (A two-color radiometry) จากการศึกษาของ Krittacom และคณะ [10,11] พบว่าสภาวะเสถียรของการเผาไหม้อยู่ในช่วงอัตราส่วนสมมูลการเผาดับประมาณ 0.48 ถึง 0.5 และการย้อนกลับของเปลวไฟ จะต่ำกว่า 0.62 สำหรับปริมาณการแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนสมมูลและอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงผสมก่อนหรือเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number, Re) ผลการเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณและการทดลองมีความสอดคล้องกันอย่างสมเหตุสมผล

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าการศึกษาและการพัฒนาเกี่ยวกับหัวพ่นไฟหรือหัวเผาแผ่รังสี จะนิยมใช้วัสดุพรุนชนิดเซรามิกส์ที่มีโครงสร้างทางกายภาพที่มีค่าความพรุนสูง ๆ เช่น เซลลูลาร์เปิด (Open-cellular) โครงข่าย (Reticulated media) เส้นใย (Fibrous) เป็นต้น ซึ่งมีเหตุผลหลักคือความร้อนที่จะนำไปใช้งานจะต้องให้อยู่ในรูปของการแผ่รังสีความร้อน อย่างไรก็ตามในการประยุกต์ใช้บางงาน ความยาวของเปลวไฟ (Flame length) เป็นสิ่งที่ต้องการ เช่น การต้มน้ำในหม้อน้ำอุตสาหกรรม การเผาขยะ เป็นต้น ซึ่งวัสดุพรุนที่มีค่าความพรุนสูง ๆ จะไม่มีเปลวไฟที่ลามออกไปจากหัวเผา แต่วัสดุพรุนที่มีค่าความพรุนต่ำ ๆ ได้แก่ เม็ดกลมอัดแน่น (Packed-bed sphere) แบบชิ้นส่วน (Discrete element) จะสามารถช่วยส่งเสริม ให้เกิดการเผาไหม้ด้านนอกวัสดุพรุนได้ ส่งผลให้มีความยาวเปลวไฟเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ ปรีชา ศรีสุวรรณและคณะ [12] ได้ทำการทดลองและสร้างหัวพ่นไฟวัสดุพรุนที่มีค่าความพรุนต่ำ ๆ โดยพัฒนามาจากงานวิจัยของ Krittacom และคณะ [10,11] เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการเผาไหม้และลักษณะเปลวไฟที่มีความยาว วัสดุพรุนที่เลือกใช้มีโครงสร้างเป็นแบบเม็ดกลมอัดแน่นและใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่า

เสถียรภาพการเผาไหม้ในการทดลองนี้มีค่า Φ อยู่ในช่วง 0.72 โครงสร้างทางอุณหภูมิมีความยาวตลอดความยาวหัวพ่นไฟและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ Φ และ V_{mix} สำหรับปริมาณ CO และ NO_x ที่ปล่อยออกมาจากหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดนี้อยู่ในเกณฑ์ต่ำที่ยอมรับได้ ด้วยจุดเด่นของหัวพ่นไฟวัสดุพรุน ที่ใช้ค่าความพรุนต่ำ ๆ นี้ โดยเฉพาะจุดเด่นที่เปลวไฟมีโครงสร้างอุณหภูมิสูงและยาวนั้น ผู้เขียนบทความนี้จึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้งานจากเปลวไฟที่มีความยาวนี้ โดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เป็นลักษณะกลุ่มท่อ (Tube banks) โดยใช้อากาศเป็นสารทำงานเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนจากหัวพ่นไฟ ซึ่งจะปรับปรุงและพัฒนาจากหัวพ่นไฟของปรีชา ศรีสุวรรณ และคณะ [12] โดยยังคงใช้แอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas, LPG) เป็นเชื้อเพลิง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา จะเป็นประโยชน์ในการนำเอาความร้อน ไปใช้งานในลักษณะของการอบแห้ง (Drying) หรือลักษณะงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งแบ่งออกได้ 3 ขอบเขตที่สำคัญ ประกอบไปด้วย ขอบเขตที่หนึ่งเป็นส่วนที่ป้อนเชื้อเพลิง (Injection zone) หรือการจ่ายไอดีผสม (อากาศกับแก๊สแอลพีจี) เข้าสู่ชั้นวัสดุพรุน ขอบเขตที่สองเป็นการอุ่นไอดีหรือตำแหน่งการติดตั้งวัสดุพรุน (Porous burner zone, PB) ซึ่งวัสดุพรุนที่เลือกใช้คือเซรามิกส์เม็ดกลมอัดแน่น เรียงตัวบรรจุอยู่ข้างในท่อสแตนเลส ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 104 mm หนา 2 mm เพื่อกันความร้อนสูญเสียสู่ภายนอก จึงหล่อปูนทนไฟ (Cement) หนา 2 mm ภายในท่อสแตนเลสตลอดช่วงที่มีการบรรจุ วัสดุพรุน (150 mm) และขอบเขตสุดท้ายคือการเผาไหม้และ การแลกเปลี่ยนความร้อน (Combustion and Heat exchanger zone, CH)



รูปที่ 1: แผนผังอุปกรณ์การทดลอง

จากส่วนประกอบทั้งหมดของหัวพ่นไฟแก๊สแบบนี้จะมีหลักการทำงาน คือ เมื่อไอดี (อากาศผสมกับแอลพีจี) ไหลผ่าน Injection zone เข้าสู่ชั้นวัสดุพรุนของ Porous burner zone ไอดีจะไหลผ่านชั้นวัสดุพรุน และจะมีระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น หลังจากนั้นไอดีจะไหลลงมาสู่บริเวณทางออกของชั้นวัสดุพรุนเข้าสู่ขอบเขตที่สามก่อให้เกิดการจุดติดไฟ (Ignition) และเผาไหม้ในที่สุด (Combustion zone) เปลวไฟ ที่เกิดขึ้นจะแผ่รังสีความร้อนย้อนกลับไปยังชั้นวัสดุพรุนทำให้มีความร้อนหมุนเวียนภายในระบบเป็นวัฏจักรเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องตราบที่มีเชื้อเพลิงป้อนมายังชั้นวัสดุพรุน ที่บริเวณที่เกิดการเผาไหม้และมีเปลวไฟนี้จะทำการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นขณะที่หัวพ่นไฟเกิดการเผาไหม้ก็ทำการจ่ายอากาศเย็น (Cold air) ไหลเข้า Heat exchanger เพื่อรับความร้อนจากการเผาไหม้และไหลออกจาก Heat exchanger จะได้อากาศร้อน (Heat air) ที่สามารถนำไปใช้งานต่าง ๆ ได้ตามวัตถุประสงค์ต่อไป

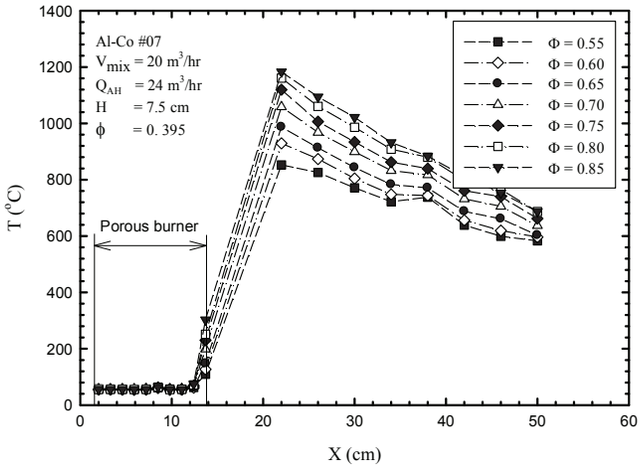
3. ผลการทดลอง

3.1 อิทธิพลของอัตราส่วนสมมูล

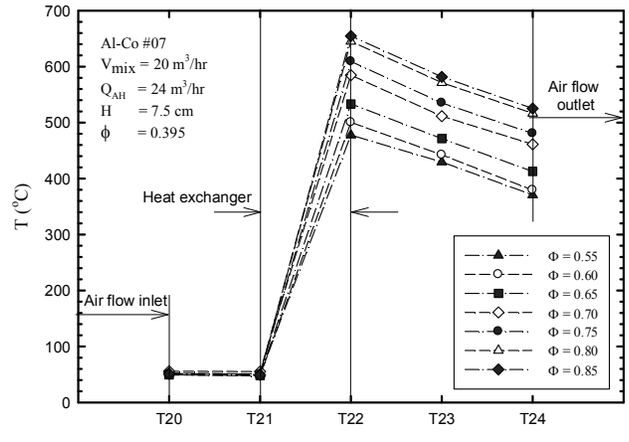
รูปที่ 2 แสดงอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูล (Equivalenct ratio, Φ) ที่มีต่อโครงสร้างทางความร้อน ซึ่งแสดงอยู่ในรูปการกระจายตัวของอุณหภูมิตามแนวแกนตลอดความยาวของอุปกรณ์การทดลอง ในที่นี้ จะเรียกว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิ (Temperature profile, T) โดยเป็นการทดลองที่สภาวะอัตราความเร็วเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงแก๊สเผสมก่อน (Volumetric premixed gas velocity, V_{mix}) เท่ากับ 20 m^3/hr ความหนาของชั้นวัสดุพรุน (Porous matrix height, H) เท่ากับ 7.5 cm อัตราการจ่ายอากาศไหลเข้า อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Air flow rate into heat exchanger, Q_{AH}) เท่ากับ 24 m^3/hr และมีค่าความพรุน (Porosity, ϕ) คือ 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Φ จาก 0.55 ถึง

0.85 แนวโน้ม T จะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดซึ่งปรากฏการเช่นนี้เป็นไปตามกายภาพการเผาไหม้จริง เนื่องจากระบบได้รับเชื้อเพลิงที่เพิ่มหรือปริมาณไอดีผสมที่หนาขึ้นย่อมทำให้การเผาไหม้มีความรุนแรงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สำหรับกลไกการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้แสดงในรูปที่ 3 โดยเป็นการแสดงอิทธิพลของ Φ ต่ออุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า (Inlet temperature, $T_{c,in}$) และที่ทางออก (Outlet temperature, $T_{c,out}$) โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ V_{mix} = 20 m^3/hr, H = 7.5 cm, Q_{AH} = 24 m^3/hr และ ϕ = 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Φ จาก 0.55 ถึง 0.85 อุณหภูมิ $T_{c,out}$ จะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเนื่องจากอากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนมากขึ้น จากเปลวไฟที่มีระดับอุณหภูมิสูงตามปริมาณ Φ เช่นกันที่เพิ่มขึ้น เป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติของการเผาไหม้



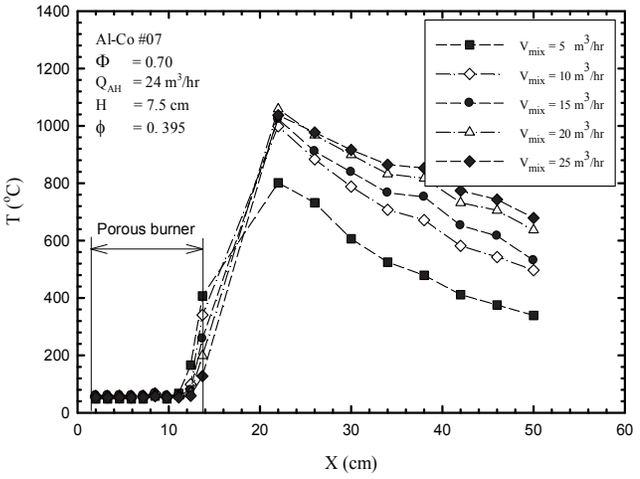
รูปที่ 2: อิทธิพลของ Φ ต่อ T



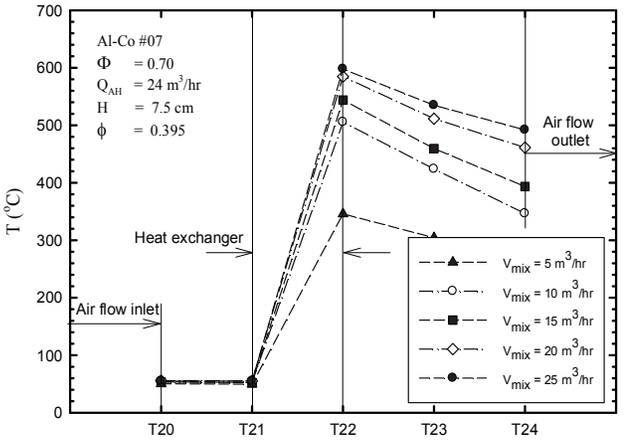
รูปที่ 3: อิทธิพลของ Φ ต่อ $T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$

3.2 อิทธิพลของอัตราความเร็วเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงแก๊สผสมก่อน

รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของ V_{mix} ที่มีต่อ T โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ Φ = 0.70 H = 7.5 cm, Q_{AH} = 24 m^3/hr และ ϕ = 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า V_{mix} จาก 5 ถึง 25 m^3/hr แนวโน้มของ T จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบมีอัตราการได้รับเชื้อเพลิงที่เพิ่มหรือเชื้อเพลิงป้อนเข้าสู่ระบบเร็วและมากขึ้น ย่อมทำให้การเผาไหม้มีความรุนแรงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิในการเผาไหม้มีค่าสูงตามไปด้วยส่วนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นได้แสดงในรูปที่ 5 เป็นอิทธิพลของ V_{mix} ที่มีต่อ $T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$ โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ Φ = 0.70, H = 7.5 cm, Q_{AH} = 24 m^3/hr และ ϕ = 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า V_{mix} จาก 5 ถึง 25 m^3/hr แนวโน้มของอุณหภูมิ $T_{c,out}$ จะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเนื่องจากอากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนมากขึ้นจากเปลวไฟ เป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติของการเผาไหม้



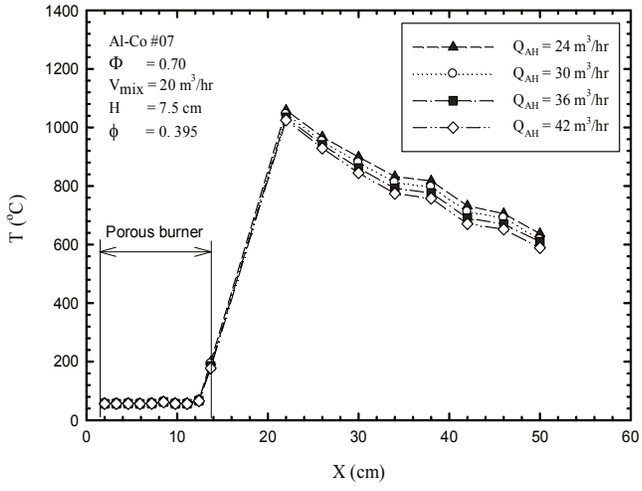
รูปที่ 4: อิทธิพลของ V_{mix} ต่อ T



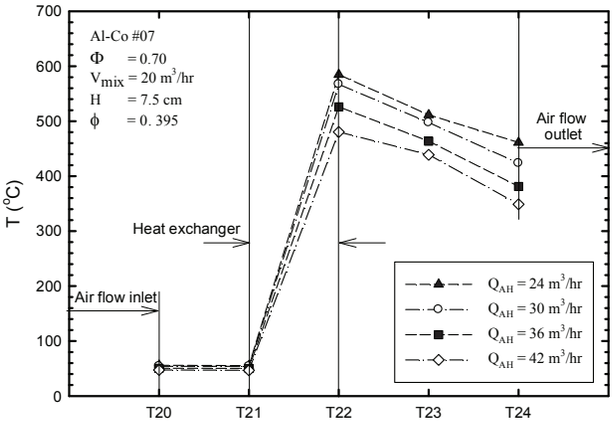
รูปที่ 5: อิทธิพลของ V_{mix} ต่อ $T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$

3.3 อิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

รูปที่ 6 แสดงอิทธิพลของ Q_{AH} ที่มีต่อ T โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ Φ = 0.70 V_{mix} = 20 m^3/hr, H = 7.5 cm, และ ϕ = 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Q_{AH} จาก 24, 30, 36, และ 42 m^3/hr ตามลำดับ แนวโน้มของ T จะลดลง เนื่องจากระบบมีอัตราการได้รับเชื้อเพลิงหรือเชื้อเพลิงป้อนเข้าสู่ระบบเท่าเดิมแต่อัตราการจ่ายอากาศผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความเร็วเพิ่มขึ้นจึงสามารถนำ ความร้อนออกไปได้มากขึ้นส่งผลให้ T ลดลงเมื่อ Q_{AH} เพิ่มขึ้น ส่วนอุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อนได้ แสดงในรูปที่ 7 เป็นการแสดงอิทธิพลของ Q_{AH} ที่มีต่อ $T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$ โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ Φ = 0.70 , V_{mix} = 20 m^3/hr, H = 7.5 cm, และ ϕ = 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Q_{AH} จาก 24, 30, 36, และ 42 m^3/hr ตามลำดับ แนวโน้มของอุณหภูมิ $T_{c,out}$ จะลดลงอย่างชัดเจนเนื่องจากระยะเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลงส่งผลให้อากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนจากเปลวไฟลดลงเมื่อค่า Q_{AH} เพิ่มขึ้น



รูปที่ 6: อิทธิพลของ Q_{AH} ต่อ T



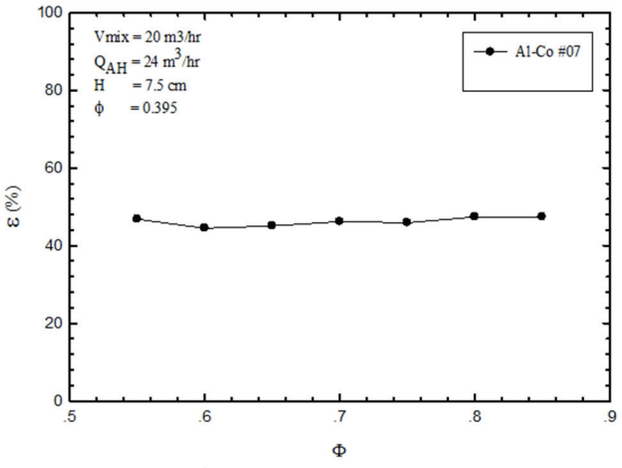
รูปที่ 7: อิทธิพลของ V_{mix} ต่อ $T_{c,in}$ และ $T_{c,out}$

3.4 ประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

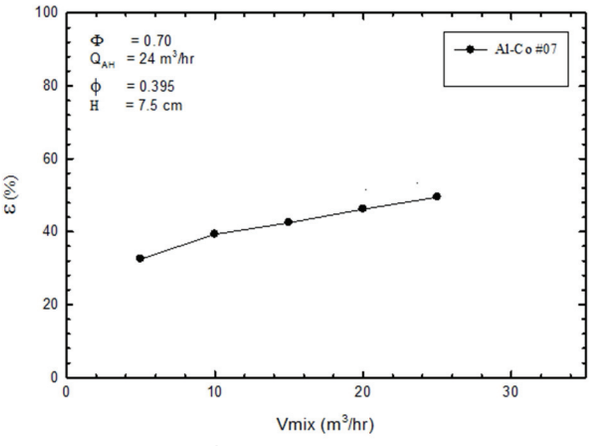
รูปที่ 8 แสดงอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratio, Φ) ที่มีต่อประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ε) โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ V_{mix} = 20 m^3/hr H = 7.5 cm และ Q_{AH} = 24 m^3/hr จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Φ แนวโน้มของ ε จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากระบบได้รับเชื้อเพลิงที่เพิ่มหรือปริมาณไอดีผสมที่หนาขึ้นการเผาไหม้มีความรุนแรงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่งผลให้ ε มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

รูปที่ 9 แสดงอิทธิพลของ V_{mix} ที่มีต่อ ε โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ Φ = 0.70 H = 7.5 cm และ Q_{AH} = 24 m^3/hr จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า V_{mix} แนวโน้มของ ε จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบมีอัตราการได้รับเชื้อเพลิงที่เพิ่มหรือเชื้อเพลิงป้อนเข้าสู่ระบบเร็วมากขึ้น การเผาไหม้มีความรุนแรงและ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น เมื่อค่า V_{mix} เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ ε เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

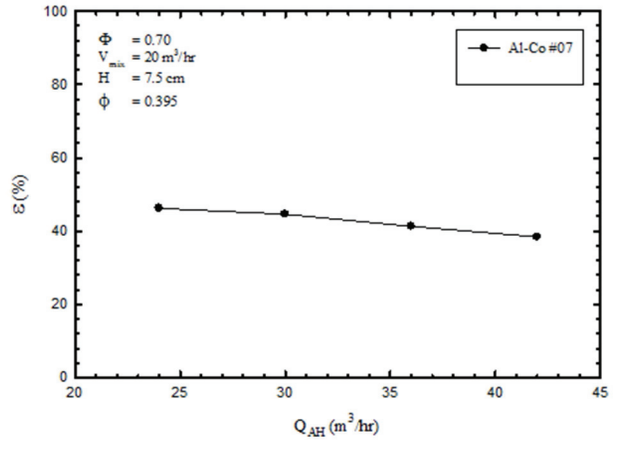
รูปที่ 10 แสดงอิทธิพลของ Q_{AH} ที่มีต่อ ε โดยเป็นการทดลองที่สภาวะ Φ = 0.70 V_{mix} = 20 m^3/hr, H = 7.5 cm และ ϕ = 0.395 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Q_{AH} จาก 24, 30, 36, และ 42 m^3/hr ตามลำดับ แนวโน้มของ ε จะลดลงเนื่องจากระยะเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง ส่งผลให้อากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนจากเปลวไฟลดน้อยลง เมื่อค่า Q_{AH} เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ ε ลดลงตามไปด้วย



รูปที่ 8: อิทธิพลของ Φ ต่อ ε



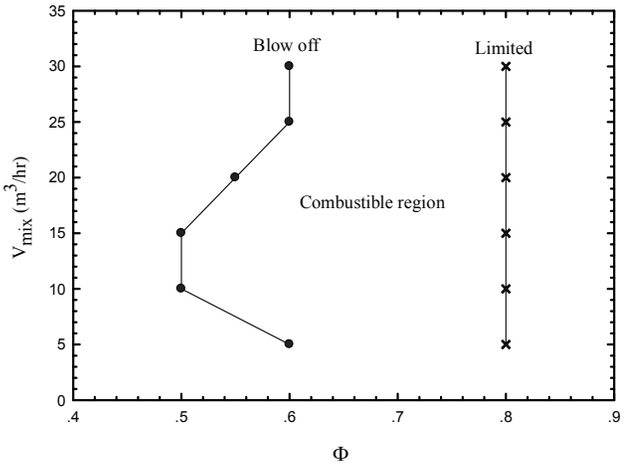
รูปที่ 9: อิทธิพลของ V_{mix} ต่อ ε



รูปที่ 10: อิทธิพลของ Q_{AH} ต่อ ε

3.5 ขอบเขตการเผาไหม้

สภาวะขอบเขตเปลวไฟเสถียร (Stability of combustion) ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแก๊สแบบเม็ดกลมอัดแน่นชนิดเซรามิกซ์ อะลูมินา-คอร์ดีไรท์ (Al-Co) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 7 mm จะถูกกำหนดโดยขอบเขตการเป่าดับ (Blow off limit) คือปรากฏการณ์ที่เปลวไฟ (Flame) เคลื่อนตัวออกจาก ผิวด้านล่างของชั้นวัสดุพรุนและจะดับ (Extinguishment) ในที่สุดโดยแสดงผ่านอัตราส่วนสมมูล (Φ) มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 ถึง 0.6 และช่วงประมาณ 0.5 ถึง 0.65 ถ้าเปลวไฟเคลื่อนตัวย้อนกลับหรือสวนทางกับทิศการจ่ายเชื้อเพลิงออกจากผิวด้านบนของชั้นวัสดุพรุนแล้วเกิดการดับ จะเรียกว่าขอบเขตการย้อนกลับ (Flash back limit) ยังสรุปไม่ได้ เนื่องจากเป็นขีดจำกัดของอุปกรณ์การทดลอง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 11 การเผาไหม้หัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแก๊ส มีขอบเขตการเผาไหม้ที่กว้าง เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในหัวพ่นไฟ ดังนั้นหากจะนำไปใช้งานจึงควรเลือกใช้หัวพ่นไฟที่มีขอบเขตการเผาไหม้กว้างมากกว่าจะได้ไม่ต้องกังวลในเรื่องการดับหรือควบคุมเสถียรภาพของเปลวไฟ



4 สรุปผลการทดลอง

4.1 โครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) ของหัวพ่นไฟชนิดนี้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม Φ และ V_{mix} ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบได้รับเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นทำให้การเผาไหม้มีความรุนแรงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่มีแนวโน้มลดลงตาม Q_{AH}

4.2 อุณหภูมิ $T_{c,out}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม Φ และ V_{mix} ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนมากขึ้นจากเปลวไฟที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณ $T_{c,out}$ มีแนวโน้มลดลงเมื่อ Q_{AH} เพิ่มขึ้นเนื่องจากอากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนจากเปลวไฟลดลง

4.3 แนวโน้มของ ε จะเพิ่มขึ้นตาม Φ และ V_{mix} ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศได้รับพลังงานหรือ ความร้อนมากขึ้นจากเปลวไฟที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้น แต่มีแนวโน้มลดลงตาม Q_{AH} ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศได้รับพลังงานหรือความร้อนจากเปลวไฟลดลง

4.4 ขอบเขตการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแก๊สเม็ดกลมอัดแน่นชนิดเซรามิกส์ ชนิด Al-Co #07 มีขอบเขตการเผาไหม้ที่กว้างมากสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้หลายประเภท

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนายชัชวาลย์ จำปาบุรี นายศราวุธ สีสันต์ และนายวสันต์ ป้อมไธสง นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลซึ่งทำงานวิจัยภายในห้องปฏิบัติการวิจัยการ (DiTo-Lab) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.อีสาน ที่ได้ช่วยเก็บข้อมูลการทดลองบางส่วนจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] Baukal, C. E. and Schwartz, R. E., 2001, "The John Zink Combustion", Boca Raton, CRC Press.

[2] Echigo, R., Yoshizawa, Y., Hanamura, K. and Tomimura, T., 1986, "Analytical and Experimental Studies on Radiative Propagation in Porous Media with Internal Heat Generation", Proceeding of the 8th International Heat Transfer Conference, 827-832.

[3] Yoshizawa, Y., Ssaki, K. and Echigo, R., 1988, "Analytical Study of the Structure of Radiation Controlled Flame", International Journal Heat and mass Transfer, Vol. 31, 311-319.

[4] Hanamura, K. and Echigo, R., 1991, "An Analysis of Flame Stabilization Mechanism in Radiation Burners", Warme-und Sttoffubertragung, Vol. 26, 377-383.

[5] Khanna, V., Goel, R. and Ellzey, J. L., 1994, "Measurements of Emissions and Radiation for Methane Combustion within a Porous Medium Burner", Combustion Science and Technology, Vol. 99,. 133-142.

[6] Mital, R., Gore, J. P. and Viskanta, R., 1997, "A Study of the Structure of Submerged Reaction Zone in Porous Ceramic Radiant Burners", Combustion and Flame, Vol. 111, 175-184.

[7] Pereira, J. C. E. and Zhou, X. Y., 1998, "Comparison of Combustion Model for Simulating the Premixed Combustion in Inert Porous Media", Fir and Materials, Vol. 22, 187-197.

[8] Bouma, P. H. and De Goey, L. P. H., 1999, "Premixed Combustion on Ceramic Foam Burner", Combustion and Flame, Vol. 119, 133-143.

[9] Leonardi, S. A., Viskanta, R. and Gore, J. P., 2001, "Radiation and Thermal Performance Measurements of a Metal Fiber Burner", JQSRT, Vol. 73, 491-501.

[10] Krittacom, B. and Kamiuto, K., 2009, "Radiation Emission Characteristics of an Open-cellular Porous Burner", JSME Journal of Thermal Science and Technology, Vol.4 (1), 13-24.

[11] บัณฑิต กฤตาคม, 2552, "คุณลักษณะการแผ่รังสีของหัวเผาไหม้วัสดุพรุนแบบเซรามิกช์ชนิดเซลูลาร์เปิด," การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 23 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 4-7 พฤศจิกายน 2552.

[12] ปรีชา ศรีสุวรรณ, ณัฐนรรท์ ชวรัฐสินธรณ์ และบัณฑิต กฤตาคม, 2555, "การประยุกต์ใช้หินตู้ปลาเป็นวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่นในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงแก๊ส," การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 18-20 ธันวาคม 2555.

P-ES12

ตู้ไฟจราจรพลังงานแสงอาทิตย์

Solar Traffic Light Box

อาภาพล มหาวีระ[1*], นครินทร์ ศรีปัญญา[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160

โทร 0-4277-2931โทรสาร 0-4277-2932E-mail:apapol.ma@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างป้ายไฟจราจรแอลอีดีโดยจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นป้ายเตือนบนท้องถนนช่วยลดอุบัติเหตุ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน คณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบป้ายจราจรแอลอีดีขนาด 50 × 50 เซนติเมตร โดยมีหลอดแอลอีดีแสดงผลทั้งหมด 1600 หลอด ป้ายจราจรแอลอีดีจะมีการแสดงผลทั้งหมด 20 ป้าย แบ่งออกเป็นป้ายเตือนจำนวน 11 ป้ายและป้ายบังคับ 9 ป้าย โดยที่ป้ายไฟจราจรจะใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่สามารถประจุได้ทั้งกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 V และจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ใน 1 วันจะได้ประมาณ 6.5 A จะสามารถจ่ายพลังงานให้กับป้ายจราจรที่ใช้พลังงานสูงสุดได้ประมาณ 3 ชั่วโมง โดยที่ป้ายจราจรที่ใช้พลังงานสูงสุด คือป้ายอุบัติเหตุข้างหน้า ใช้พลังงานไป 2.70A ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าได้

คำสำคัญ: ป้ายไฟจราจร, เซลล์แสงอาทิตย์

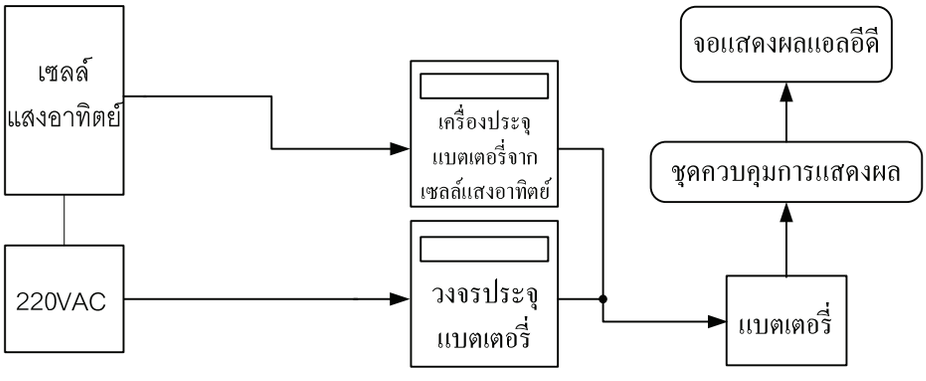
1. บทนำ

ความปลอดภัยเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการใช้รถใช้ถนน เนื่องจากเป็นผลดีต่อผู้ขับขี่เองแล้วยังส่งผลดีต่อเพื่อนร่วมทางรอบข้างแต่การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนก็มากขึ้นทุกขณะซึ่งเมื่อตัดปัจจัยของการเพิ่มปริมาณรถยนต์บนท้องถนนที่ทำให้ตัวเลขทางอุบัติเพิ่มมากขึ้นแล้ว ความประมาทและการขาดความรู้เรื่องการใช้รถใช้ถนนนับว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นการมีสัญลักษณ์ทางจราจรที่สามรถทำให้ผู้ใช้รถใช้ถนนเข้าใจได้ตรงกันนั้นจึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ แต่ในปัจจุบันจะพบว่าภาพป้ายสัญญาณจราจรแบบเดิมๆที่มีการใช้งานทั่วไปตามท้องถนนนั้นจะเป็นเพียงแบบป้ายสัญญาณจราจรแบบธรรมดาที่มีการนำเอาภาพสัญลักษณ์ทางจราจรมาติดไว้เท่านั้นและยังไม่มีความหลากหลายในการใช้งานเท่าใดนัก อีกทั้งทำการติดตั้งได้เฉพาะในส่วนของเขตชุมชนเท่านั้น เนื่องจากจะต้องอาศัยไฟจากการไฟฟ้าเพิ่มแสงสว่างให้กับป้ายจราจร จึงทำให้ไม่สะดวกต่อการนำไปติดตั้งในสถานที่ที่ห่างไกลจากชุมชน

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะสร้างป้ายไฟจราจรแอลอีดีขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกในการนำไปติดตั้งและเคลื่อนย้ายได้กับการใช้งานในที่ๆห่างไกลจากเขตชุมชนและกระแสไฟจากการไฟฟ้า เพราะได้มีการนำเอาพลังงานสะอาดเข้ามาใช้ เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นต้นซึ่งถือว่าเป็นการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน เพราะเลือกการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำการประจุเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ทำให้สามารถจ่ายพลังงานได้แม้ในช่วงของเวลากลางคืนหรือจะในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ก็สามารถทำการชาร์จประจุจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ได้ และจะมีแบบป้ายสัญญาณจราจรให้เลือกทั้งหมด 20 แบบ อีกทั้งมีการนำเอาหลอดแอลอีดีเข้ามาใช้ ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาจะประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวหรือเฟสต่อเนื่องกัน จะแตกต่างจากแสงธรรมดาที่คนทั่วไปมองเห็นโดยหลอดไดโอดเปล่งแสงเมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้นประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างก็ยังดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กๆอีกด้วย

2. หลักการออกแบบ

การทำวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาป้ายไฟจราจรด้วยแอลอีดี และศึกษาระบบการทำงานของป้ายไฟจราจรด้วยแอลอีดี โดยมีระบบผังงานดังนี้



รูปที่ 1:แผนภาพโครงสร้างของป้ายไฟจราจรแอลอีดี

2.1. การออกแบบและสร้างจอแสดงผลแอลอีดี

การออกแบบป้ายไฟจราจรด้วยแอลอีดีนั้น คณะผู้จัดทำได้ยึดแบบขนาดของป้ายจราจร ตามคู่มือเครื่องหมายควบคุมจราจรภาค 1 ฉบับปี พ.ศ. 2531 เป็นเกณฑ์ ขนาดของป้ายมาตรฐานทั่วไป ขนาด 60 ซม. 75 ซม. และ 90 ซม.จากมาตรฐานขนาดของป้ายจราจร จึงได้สร้างป้ายไฟจราจรด้วยแอลอีดีขึ้นมาเพื่อให้ได้ขนาดตามมาตรฐานหรือใกล้เคียงกับมาตรฐานของป้ายจราจรดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบป้ายไฟจราจรดังนี้

2.2.1.การออกแบบป้ายไฟจราจร

การออกแบบป้ายไฟจราจรบังคับและป้ายเตือนที่แสดงด้วยข้อความ สัญลักษณ์หรือทั้งสองอย่างรวมกัน รวมทั้งป้ายแนะนำต่างๆ ตามข้อกำหนดของคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ปฏิบัติ แต่มิได้ห้ามที่จะปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยให้รักษาหลักการสำคัญเรื่องรูปร่างและสีของป้าย กล่าวคือป้ายในลักษณะเดียวกันให้ออกแบบเหมือนกัน รูปร่างและสีของป้ายให้มีลักษณะเช่นเดียวกันกับป้ายที่ทำหน้าที่เหมือนกันป้ายจราจรจะต้องมีลักษณะสำคัญคือ ผู้ใช้ทางต้องอ่านออกและเข้าใจ สามารถปฏิบัติตามได้ในเวลาอันสั้น โดยมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1) มองเห็นได้ชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน

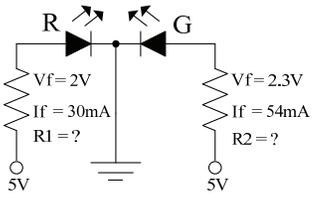
2) อ่านออกได้ดี หมายถึง การที่มีขนาดตัวอักษรและสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว

2.2.2. การออกแบบสัญลักษณ์ของป้ายจราจร

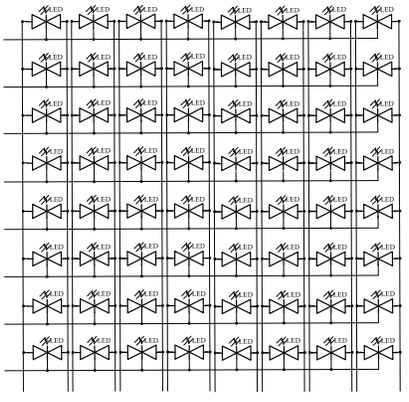
ป้ายจราจรจะมีลักษณะต่างกันไปตามข้อกำหนดมาตรฐานสากลซึ่งรูปแบบและสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น รูปแบบ ตัวเลข สี ขอบป้าย จะมีความหมายและสื่อถึงประเภทและการใช้งานที่แตกต่างกันทางคณะผู้จัดทำได้ยึดแบบขนาดของป้ายจราจร ตามคู่มือเครื่องหมายควบคุมจราจรภาค 1 ฉบับปี พ.ศ. 2531 [2] เป็นเกณฑ์

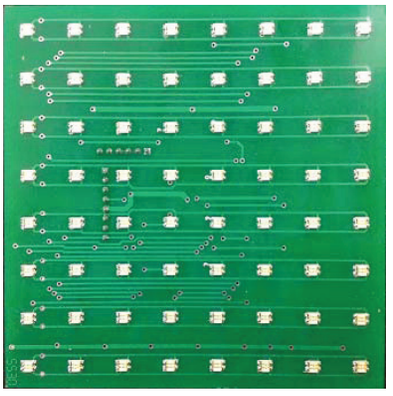
2.2.3.การออกแบบแผงจอแอลอีดี

เมื่อทำการเปรียบเทียบระยะทางกับขนาดตัวอักษรนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบแผงและจอแสดงผลแอลอีดีแบบดอทเมตริกซ์ขนาด 10×10 ซม.โดยการออกแบบแผงจอแอลอีดีต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของหลอดแอลอีดีด้วย เช่น ขนาดของหลอดแอลอีดี สีที่ใช้ในการแสดงผล กระแสและแรงดันที่ตกคร่อมหลอดด้วยดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้หลอดแอลอีดี2 สี คือสีแดงและสีเขียวที่เป็นแบบ SMD (surface mount device) ขนาด 3.2×2.7 มม.โดยที่สีแดงมีแรงดันตกคร่อมที่ 2V กระแส 30mA และสีเขียวมีแรงดันตกคร่อมที่ 2.3V กระแส 54mA แต่ถ้ามีกระแสที่ไหลผ่านมากกว่านี้อาจจะทำให้หลอดแอลอีดีเสียหายได้ จึงได้คำนวณค่าความต้านทานที่นำมาจำกัดกระแสของหลอดแอลอีดีได้ดังรูปที่ 2



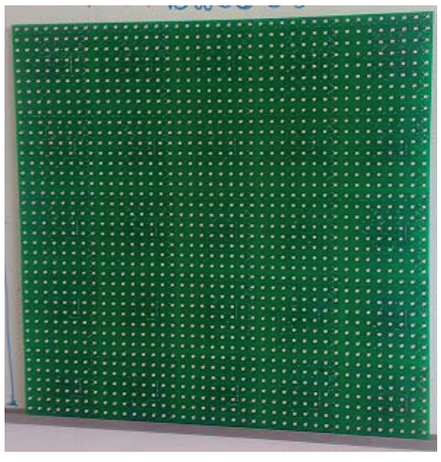
รูปที่ 2:วงจรของหลอดแอลอีดี





รูปที่ 3: โครงสร้างหลอดแอลอีดีเมตริกซ์ 8 หลัก 8 แถว

เมื่อเราได้คุณสมบัติของหลอดแอลอีดีแล้ว คณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบจอแสดงผลเป็นแบบดอตเมตริกซ์ซึ่งจอแสดงผลแบบดอตเมตริกซ์นี้จะเป็นกลุ่มของหลอดแอลอีดีที่นำมาต่อกันเป็นเมตริกซ์แบบ 8×8 โดยหลอดแอลอีดีที่นำมาแสดงผลแบบดอตนี้จะมีสามสีให้เลือกในการแสดงผลไม่ว่าจะเป็น สีแดง สีเขียว สีเหลือง เป็นต้นรูปร่างลักษณะการต่อของหลอดแอลอีดีแสดงผลแบบดอตเมตริกนี้จะแสดงดังรูปที่ 3เพื่อให้ได้ขนาดของป้ายจราจรแอลอีดีขนาด 50×50 ซม. จึงได้นำแผงจอแอลอีดีขนาด 10×10 ซม.ที่ได้ออกแบบไว้แล้วนั้น นำมาต่อกันเป็นแบบดอตเมตริกซ์แบบ 5×5(5 แถว 5 หลัก) ซึ่งรูปร่างลักษณะของแผงจอแสดงผลแอลอีดีแบบดอตเมตริกซ์นี้ จะแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: ลักษณะของแผงจอแอลอีดีแสดงผลขนาด 50×50 ซม.

เมื่อเราได้จอแอลอีดีขนาด 50×50cm แล้ว เราจึงนำหลอดแอลอีดีมาคำนวณหาค่าพลังงานที่หลอดแอลอีดีใช้งานทั้งหมด กรณีที่หลอดแอลอีดีติดหมดทั้งจอ ดังนั้นเราจะสามารถคำนวณการใช้พลังงานของหลอดแอลอีดีค่าพลังงานที่หลอดแอลอีดีใช้สูงสุดคือ 84 W/h

ตารางที่ 2: ค่าพลังงานที่หลอดแอลอีดีใช้ทั้งหมดโดยแยกค่าพลังงานตามสีของหลอดแอลอีดี

ช่วงเวลา	V_S	I_R	I_G	I_Y	R	G	Y
1 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
2 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
3 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
4 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
5 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
6 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
7 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W
8 ms	5 V	30 mA	54 mA	84 mA	30 W	54 W	84 W

2.2.4 การหาขนาดของแบตเตอรี่

เนื่องจากค่าพลังงานที่ป้ายแอลอีดีใช้สูงสุดคือ 84 W/h จากตารางที่ 2 และป้ายแอลอีดีมีการใช้งานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเราจึงหาขนาดความจุของแบตเตอรี่หาที่คำนวณได้จากสูตรตามสมการที่ (1) ดังนี้

$$Ah = \frac{(84\text{Watt/h})\times 24\text{h}}{\%\text{DOD} \times V_{batt}} \quad (1)$$

เมื่อ Ah คือ ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงาน

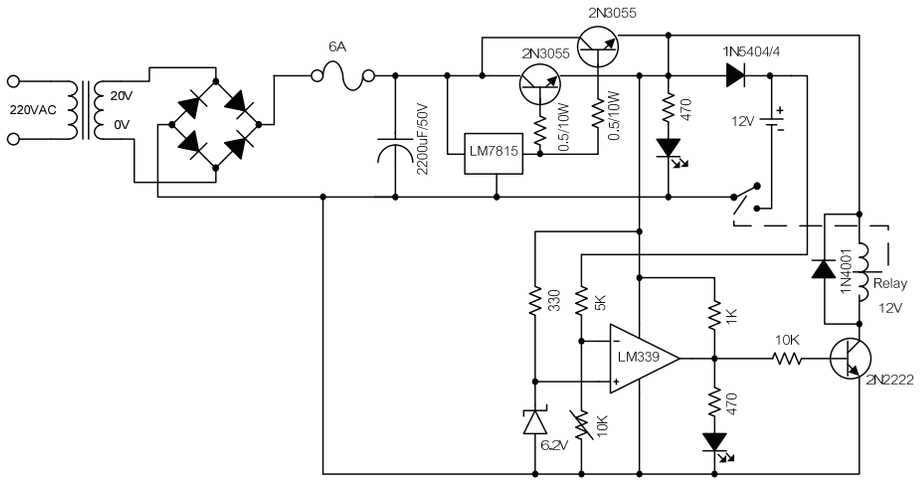
%DOD คือ ค่าพลังงานที่แบตเตอรี่สามารถให้พลังงานได้

V_{batt} คือ แรงดันของแบตเตอรี่

ค่าพลังงานที่ป้ายเตือนอุบัติเหตุใช้สูงสุดคือ 20.79 W/h หาขนาดความจุของแบตเตอรี่ได้ใหม่เมื่อโหลดมีการใช้งาน 24 ชั่วโมงดังนั้นเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 70 Ah

2.2.5 ชุดชาร์จแบตเตอรี่

1) เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ 12 Vด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V



รูปที่ 5: วงจรชาร์จแบตเตอรี่

จากวงจรดังรูปที่ 5 เป็นวงจรชาร์จแบตเตอรี่จากไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ผ่านหม้อแปลงเป็น 20Vแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อผ่านชุดไดโอดบริดจ์ทั้งสี่ตัว จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมา โดยมีคาปาซิสเตอร์กรองกระแสให้เรียบขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ถูกแปลงแล้วจะส่งต่อมายังไอซีเรกูเลเตอร์และทรานซิสเตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันและกระแสให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนไปสู่การชาร์จแบตเตอรี่ โดยมีไดโอด 1N5404 เป็นตัวกั้นกระแสไม่ให้ไหลย้อนกลับจากแบตเตอรี่เข้าสู่วงจรชาร์จ โดยแรงดันเอาต์พุตที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่จะใช้แรงดันที่ 15V และกระแสชาร์จขณะแบตเตอรี่หมดประมาณ 4 A เมื่อทำการชาร์จแรงดันแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นกระแสจะลดลง เมื่อแรงดันแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นจนถึง 13.8 V วงจรจะตัดการชาร์จแบตเตอรี่ทันทีโดยมีออฟแอมป์เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน

2) เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ 12 V ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

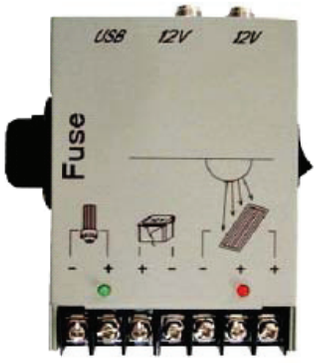
ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ จะทำให้ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากแผงโซล่าเซลล์สู่แบตเตอรี่เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคือ 12V 5Aดังในรูปที่ 6 ในการหาขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงโซลล่าเซลล์ซึ่งคำนวณได้จากสูตรตามสมการที่ (2)

$$C_{Batt} = \frac{PV}{V_{Batt}} \qquad (2)$$

เมื่อ C_{Batt} คือ ขนาดกระแสไฟฟ้า

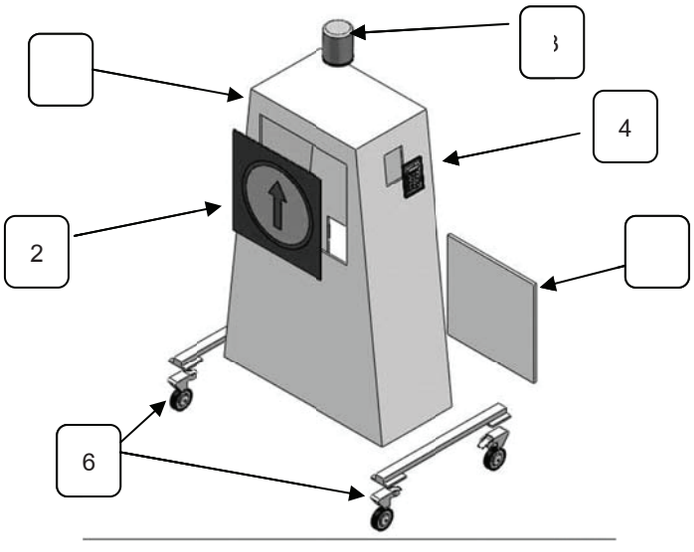
PV คือ กำลังวัตต์ของแผงโซล่าเซลล์

V_{Batt} คือ แรงดันแบตเตอรี่



รูปที่ 6:เครื่องประจุแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์

3. โครงสร้างของป้ายไฟจราจรแอลอีดี



หมายเลข 1 ส่วนของโครง
หมายเลข 2 จอแสดงผล
หมายเลข 3 ไซเรน
หมายเลข 4 คีย์แพด
หมายเลข 5 ประตูด้านหลัง
หมายเลข 6 ล้อ

รูปที่7: โครงสร้างของป้ายไฟจราจรแอลอีดี

จากรูปที่ 7 เป็นการออกแบบโครงสร้างของป้ายไฟจราจรแอลอีดีได้ออกแบบขนาดตัวโครงให้มีความกว้าง 90 ซม.ความสูง 170 ซม. เพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรงและเคลื่อนย้ายได้สะดวก

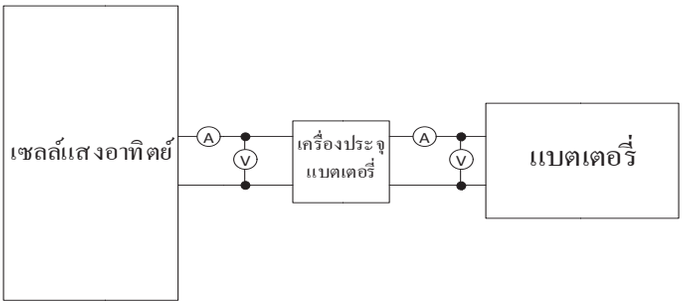
4. ผลการทดลอง

จากการออกแบบและสร้างโครงงาน ผู้จัดทำได้ดำเนินการเก็บผลแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยแผงที่ทำการวัดนั้นเป็นแผงแบบอะมอร์ฟัส [1] และเก็บผลการประจุแบตเตอรี่ด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ผ่านวงจรการประจุ จากนั้นจึงทำการเก็บผลในส่วนของจอ แอลอีดีของการแสดงป้ายจราจรแบบต่างๆ ด้วยเพื่อแสดงผลการมองเห็นและเวลาของการแสดงผลให้ชัดเจนมากขึ้น

<u>4.1.การเก็บผลการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส</u>

จากการเก็บผลการประจุแบตเตอรี่กับเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้มีขนาด 40 W แรงดันเท่ากับ 62.2 V กระแสเท่ากับ 1.14 A โดยใช้การบันทึกข้อมูลในทุกๆ 5 นาที และมีการเก็บผลผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงเพื่อให้ทราบถึงช่วงเวลาที่แสงแดดมีความเข้มอ่อนมากน้อยเพียงใด

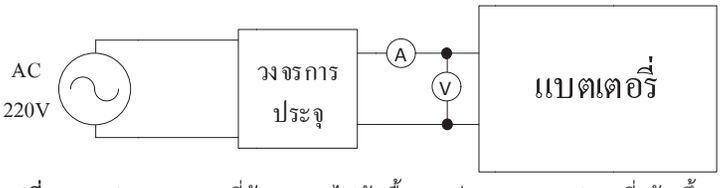
จากการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ใน 1 วัน จะได้กระแส 6.59A



รูปที่ 8: การวัดแรงดันและกระแสขณะประจุแบตเตอรี่

4.2.การเก็บผลการประจุแบตเตอรี่ด้วยระบบไฟฟ้าพื้นฐานผ่านวงจรการประจุที่สร้างขึ้น

จากการเก็บผลของการประจุแบตเตอรี่ด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ผ่านวงจรการประจุจะทำการวัดค่าของแรงดันของแบตเตอรี่และกระแสที่ประจุแบตเตอรี่ ดังนี้

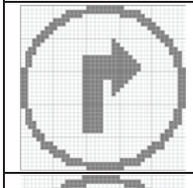
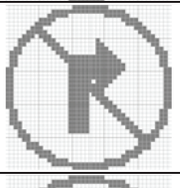
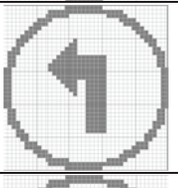
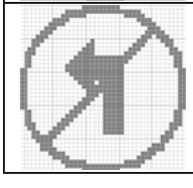
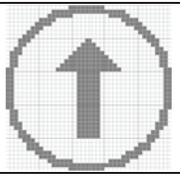


รูปที่ 9 การประจุแบตเตอรี่ด้วยระบบไฟฟ้าพื้นฐานผ่านวงจรการประจุที่สร้างขึ้น

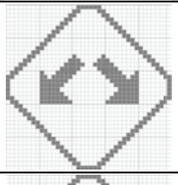
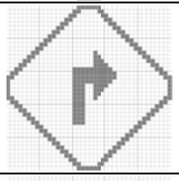
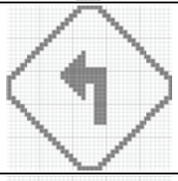
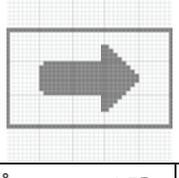
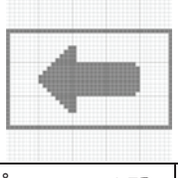
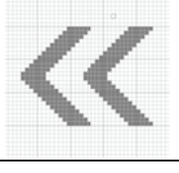
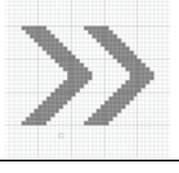
4.3.การทดสอบการแสดงผลของป้ายไฟจราจรแอลอีดี

จากการออกแบบป้ายไฟจราจรแอลอีดี ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบให้สามารถแสดงผลได้ 20 รูปแบบ แบ่งออกเป็นป้ายบังคับ 9 ป้าย และป้ายเตือนจำนวน 11 ป้ายลักษณะของสัญญาณป้ายไฟจราจรในแต่ละรูปแบบ ข้อมูลจำนวนหลอดแอลอีดีที่ใช้และค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งานแต่ละป้าย ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ลักษณะของสัญญาณป้ายไฟจราจรแบบบังคับ 9 ป้าย

	จำนวนหลอดLED 461 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.26 A		จำนวนหลอดLED 406 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.20 A		จำนวนหลอดLED 421 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.23A
	จำนวนหลอดLED 409 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.04 A		จำนวนหลอดLED 467 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.14 A		จำนวนหลอดLED 409 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.04 A
	จำนวนหลอดLED 467 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.14 A		จำนวนหลอดLED 410 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.05 A		จำนวนหลอดLED 459 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.25 A

ตารางที่ 4 ลักษณะของสัญญาณป้ายไฟจราจรแบบเตือน 11 ป้าย

	จำนวนหลอดLED 778 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.70 A		จำนวนหลอดLED 560 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.26 A		จำนวนหลอดLED 530 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.22 A
	จำนวนหลอดLED 580 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.26 A		จำนวนหลอดLED 498 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.18 A		จำนวนหลอดLED 498 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.18 A
	จำนวนหลอดLED 692 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.42 A		จำนวนหลอดLED 674 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.33 A		จำนวนหลอดLED 674 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 2.34 A
	จำนวนหลอดLED 576 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 1.94 A		จำนวนหลอดLED 576 หลอด กระแสไฟที่ใช้งาน 1.94 A		

5. สรุป

จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้งานได้ดีบนเส้นทางการจราจรในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากกำลังวัตต์ของหลอดแอลอีดีไม่เพียงพอที่จะให้แสงในช่วงเวลาตอนกลางวัน โดยมีภาพป้ายสัญญาณจราจรหลักๆจำนวน 20 ป้าย แบ่งเป็นป้ายเตือนจำนวน 11 ป้าย จะใช้การผสมสีของการเปล่งแสงของหลอดแอลอีดีระหว่างสีแดงกับสีเขียวเพื่อให้ได้สีส้มส่วนป้ายบังคับจำนวน 9 ป้าย จะใช้หลอดแอลอีดีสีแดงเพียงสีเดียวเท่านั้น ดังนั้นทางผู้ทำวิจัยจึงพิจารณาป้ายเตือนเนื่องจากมีการใช้การผสมสีของการเปล่งแสงของหลอดแอลอีดีมาพิจารณา เพราะว่าใช้ค่ากระแสไฟฟ้าในการจ่ายให้กับการขับหลอดแอลอีดีสูงกว่าการเปล่งแสงเพียงสีเดียว เพราะฉะนั้นป้ายที่มีการใช้พลังงานสูงสุดคือ ป้ายอุบัติเหตุข่างหน้า มีค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน 2.70 A ส่วนป้ายที่ใช้พลังงานต่ำสุดคือ ป้ายเตือนแนวทางด้านซ้ายและป้านเตือนแนวทางด้านขวา มีค่ากระแสที่ใช้งาน 1.94 A ทั้งนี้ยังสามารถที่จะทำการเชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ในพื้นที่ไกลจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อมาใช้ในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่จากการประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ใน 1 วัน จะได้กระแส 6.59Aสามารถนำมาคำนวณหาเวลาในการใช้งานของป้ายจราจรแบบต่างๆได้ ซึ่งป้ายที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดคือ ป้ายเตือนอุบัติเหตุข้างหน้า สามารถใช้งานได้ประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนป้ายที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดคือป้ายเตือนแนวทางซ้าย สามารถใช้งานได้ประมาน 3 ชั่วโมง ดังนั้นในการชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ใน 1 วัน สามารถใช้งานป้ายจราจรในแต่ละป้ายได้ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมงทำให้สามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้ ซึ่งจะช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

บรรณานุกรม

[1] บริษัทลีโอนิคส์,2555, “ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์,” http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php[10 กรกฎาคม 2555].

[2] สำนักมาตรฐานประเมินผล,2555, “คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร ภาค 1 ป้ายจราจร,” www.hwstd.com/Welcome/ContentDetail.aspx?cid=52 [7 ตุลาคม 2555].

[3] SyamsulRais B Ahmed Tazalli, November 2010, “Solar LED Based Traffic Light,” Faculty of Electrical Engineering University Malaysia Pahang.

P-ES13

วิเคราะห์ความคุ้มค่าการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานเกิน 10 ปี
A Cost worthiness Analysis of Changing 10 years Used Air-Conditioner

ประจวบ อินระวงศ์ พันธ์พงศ์ อภิชาตกุล รุ่งเพชร ก่องนอก และสุพล บุญเอิบ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000
Email: inr_prajuab@hotmail.com, krungphet@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ เสนอการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานเกิน 10 ปี ใน ศูนย์กลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยการสำรวจ ค่าของพลังงานไฟฟ้า กระแส แรงดัน และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของเครื่องปรับอากาศ นำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณหากำลังไฟฟ้า อัตราค่าไฟของเครื่องปรับอากาศตามชั่วโมงของการใช้งาน เปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน และอัตราคืนทุนของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ (ยี่ห้อ เอ และ ยี่ห้อ บี) กับ เครื่องปรับอากาศเก่า จากนั้นมาทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ การวิเคราะห์พบว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่ ยี่ห้อ เอ มีจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ควรเปลี่ยน 184 เครื่อง และมีอัตราการประหยัดไฟอยู่ที่ประมาณ 157.84 กิโลวัตต์ ต่อ ปี ยี่ห้อ บี มีจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ควรเปลี่ยน 183 เครื่อง และมีอัตราการประหยัดไฟมากกว่า ยี่ห้อ A ประมาณ 22.74 กิโลวัตต์ ต่อ ปี ทั้งสองยี่ห้อ มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ทีประมาณ 2.4 ปี ซึ่งข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นประโยชน์สำหรับการอนุรักษ์พลังงานต่อไปได้

คำสำคัญ : ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การประหยัดพลังงาน

1.ความสำคัญ

ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่ภายใน ศูนย์กลาง มทร.อีสาน จำนวนมาก ใช้งานเกิน 10 ปี ทำให้ประสิทธิภาพลดลง ในขณะที่การใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่าไฟเพิ่มมากขึ้น ทำให้ทางมหาวิทยาลัยต้องสูญเสียงบประมาณค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านพลังงานที่สูญเสียจากการใช้เครื่องปรับอากาศ คณะผู้วิจัย จึงวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ ที่มีอายุเกิน 10 ปี โดยเปรียบเทียบถึงอัตราการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศเก่า และใหม่ที่จะติดตั้ง วิเคราะห์ต้นทุนการลงทุนติดตั้ง และค่าดูแลรักษาระบบ รวมถึงจุดคุ้มทุน ระยะคืนทุน และวิเคราะห์ถึงผลประโยชน์ของโครงการ ทั้งด้านการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยนำเอาต้นทุน และผลประโยชน์ดังกล่าว มาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และเสนอต่อมหาวิทยาลัยเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยต่อไป

2. ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนำ

ประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ภายในอาคารจำเป็นต้องมีการปรับอากาศ เพื่อให้บุคลากรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบปรับอากาศโดยการทำความเย็นมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง ระบบปรับอากาศประกอบด้วย อุปกรณ์จำนวนมาก ซึ่งสามารถปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จะช่วยให้ประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายลง และการใช้งานระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

2.2 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

การแบ่งประเภทของเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ การแบ่งตามใช้งาน การระบายความร้อนของคอนเด็นซิ่ง ตามชนิดของคอมเพรสเซอร์ และตามขนาด ซึ่งเป็นที่นิยมมากที่สุด [2]

1. เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเป็นเครื่องปรับอากาการที่ใช้อยู่ตามบ้านเรือน และสำนักงานขนาดเล็ก เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมักเป็นเครื่องเดี่ยว เรียกว่า Unitary สามารถปรับอากาศได้โดยไม่ต้องต่อพ่วงอุปกรณ์อื่น

2. เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างจะรวมอุปกรณ์ทั้ง 4 อย่าง ในตัวเครื่องเดียวกัน ติดตั้งโดยให้ด้านหนึ่งอยู่ในห้องส่วนอีกด้านอยู่ภายนอก ทำหน้าที่ระบายความร้อน ดังนั้นการติดตั้งจึงต้องติดตั้งบริเวณช่องหน้าต่างหรือเจาะช่องที่ผนังด้านที่แข็งแรงในกรณี ที่เป็นบ้านไม้ก็อาจมีเสียงดังข้อดีของเครื่องปรับอากาศประเภทนี้คือประหยัดเนื้อที่ไม่จำเป็นต้องมีที่สำหรับตั้งคอนเด็นซิ่งยูนิต และความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดนี้จะสูงกว่าแบบอื่นๆ เพราะทุกอย่างประกอบเสร็จจากโรงงานไม่ขึ้นกับการติดตั้งดังนั้นการสูญเสีย ประสิทธิภาพในการ ทำความเย็นจึงมีน้อยมาก

3. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt Type) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจะแยกเป็น 2 ส่วนคือส่วนทำความเย็นที่เรียกว่าแฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit) จะเป็นส่วนที่อยู่ภายในห้อง ซึ่งภายในประกอบด้วย อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator Coil) และอุปกรณ์ลดความดัน (บางรุ่นจะติดตั้งไว้ในคอนเด็นซิ่ง) อีกส่วนหนึ่งคือคอนเด็นซิ่งยูนิต (Condensing Unit) จะตั้งอยู่ภายนอกประกอบด้วยคอนเด็นเซอร์คอยล์ (Condensor Coil) และคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทั้งสองส่วนนี้จะต่อถึงกันโดยระบบท่อน้ำยา เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีข้อดีคือส่วนที่ปรับอากาศจะเงียบ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการติดตั้งแฟนคอยล์ยูนิตได้ดังนี้

- แบบตั้งพื้นจุดเด่นของการติดตั้งลักษณะนี้คือ สะดวกต่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซมแต่ฝุ่นละอองในห้องอาจเข้าเครื่องได้ง่ายเป็น ผลให้ต้องทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆและยังเสียพื้นที่ใช้สอยไปส่วนหนึ่งด้วย

- แบบติดผนังต่ำลักษณะนี้คล้ายกับแบบแรกแต่ต่างกันตรงที่ฝุ่นละอองจะเข้าเครื่องน้อยกว่า

- แบบติดผนังจะประหยัดเนื้อที่ดูแลรักษาง่าย แต่จะยากกว่าแบบตั้งพื้นการติดตั้งส่วนใหญ่ จำกัดกับสถานที่ซึ่งต้องเป็นผนังที่ติดกับด้านนอกและคอนเด็นซิ่งยูนิต อยู่ใกล้ๆกับแฟนคอยล์ยูนิต

- แบบแขวนใต้เพดานประหยัดเนื้อที่มากที่สุด ระยะลมเป่าไกลกว่า ฝุ่นละอองเข้าเครื่องยาก และการระบายลมดีแต่การบำรุงรักษาไม่สะดวกนัก

4. เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันในอุตสาหกรรมและอาคารขนาดใหญ่เช่น โรงงาน โรงแรม ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล เป็นต้นเครื่องปรับอากาศประเภทนี้มักประกอบด้วยวงจรทำความเย็น 2 ส่วน จึงต้องมีอุปกรณ์มาต่อพ่วงเพื่อให้ระบบสมบูรณ์ เครื่องปรับอากาศแบบนี้จะมีราคาแพงแต่ประสิทธิภาพสูง

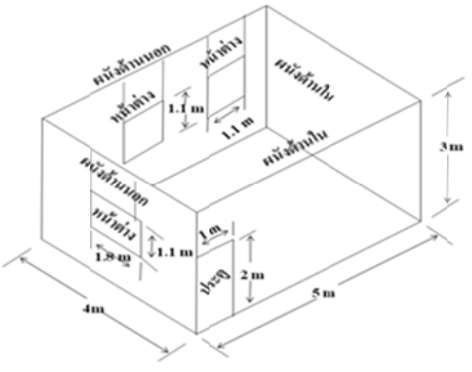
2.3 การคำนวณหาขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU)

BTU (British Thermal Unit) คือ หน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อนหน่วยหนึ่ง สามารถเทียบได้กับหน่วยจูล หรือแคลอรีในระบบสากล โดยที่ความร้อน 1 Btu คือปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น/ลดลง 1 ˚F เครื่องปรับอากาศนั้นจะวัดกำลังความเย็นหรือความสามารถในการดึงความร้อน ออกจากห้องปรับอากาศในหน่วยบีทียู (Btu) เช่น เครื่องปรับอากาศขนาด 14,000 บีทียูต่อชั่วโมง หมายความว่าเครื่องปรับอากาศสามารถในการดึงความร้อนออกจากห้อง 14,000 บีทียูภายในเวลา 1 ชั่วโมง

การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ข้อมูลที่ต้องทราบเกี่ยวกับห้องที่ต้องการปรับอากาศคือ

1. ห้องที่ต้องการปรับอากาศอยู่ชั้นไหนของอาคาร
2. ตำแหน่งของห้องตั้งอยู่ทิศใด
3. ช่วงเวลาที่จะใช้เครื่องปรับอากาศ
4. เพดานได้รับความร้อนโดยตรงหรือไม่
5. จำนวนคนที่อยู่ในห้องปรับอากาศ
6. ดวงไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในห้อง
7. มีพัดลมดูดอากาศเพื่อการระบายอากาศหรือไม่
8. ขนาดพื้นที่ห้องที่ต้องการปรับอากาศ

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ให้คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศที่จะใช้ติดตั้งสำหรับห้องทำงานตามแปลน ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร เพดานสูง 3 เมตร เป็นห้องที่อยู่ในชั้นกลางของอาคาร และตั้งอยู่ทางทิศใต้ของตัวอาคาร สภาพการใช้งาน-ใช้งานทั้งกลางวันและกลางคืน จำนวนคนที่อยู่ในห้อง 3 คน มีดวงไฟภายในห้องประมาณ 80 วัตต์ เป็นห้องที่ไม่มีพัดลมดูดอากาศ และอุณหภูมิภายนอกห้องปรับอากาศเป็น 35 ˚C (95 ˚F)



รูปที่ 1 แปลนห้องที่จะหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

วิธีทำ ในการคำนวณใช้ข้อมูลที่ได้รับ ใช้แบบฟอร์มการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

1.พื้นที่ห้องและปริมาณความร้อน คำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามา ตามขนาดของพื้นที่ห้องเนื่องจากอุณหภูมิ ของอากาศที่แตกต่างระหว่างในห้องปรับอากาศกับอากาศภายนอกห้อง

พื้นที่ห้อง = ความกว้าง x ความยาว = 4x5 = 20 ตร.ม.

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ห้อง x แฟกเตอร์ = 20x32 (32 คือแฟกเตอร์ที่ช่วงอุณหภูมิ 35°C) = 640 Btu/h

2.ปริมาตรห้อง คำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ที่เกิดจากการถ่ายเทอากาศภายในห้อง

ปริมาณความร้อน = ปริมาตรห้อง x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 20 เป็นค่าแฟกเตอร์) = (4x5x3)x20 = 1,200 Btu/h

3.หน้าต่างที่แดดส่อง (เลือกเฉพาะด้านที่ได้รับความร้อนสูงสุดเพียงด้านเดียว) จากตัวอย่างตามแปลน มีหน้าต่างอยู่สองด้านคือทิศใต้กับทิศตะวันตกและเนื่องจากทิศตะวันตกได้รับความร้อนสูงกว่าจึงคิดจากด้านทิศตะวันตก

ปริมาณความร้อน = พื้นที่หน้าต่าง x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า1,200 เป็นค่าแฟกเตอร์) = (1.1x1.1x2)x1,200 = 2,904 Btu/h

4.หน้าต่างทุกบานที่เหลือ (ไม่รวมในข้อ 3)

ปริมาณความร้อน = พื้นที่หน้าต่าง x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 160 เป็นค่าแฟกเตอร์) = (1.8x1.1)x160 = 317 Btu/h

5.ผนังภายนอกห้องด้านที่แดดส่อง (ทิศตะวันตก) เป็นการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังห้องด้านที่ถูกแดดส่อง

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ผนังภายนอก x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 144 เป็นค่าแฟกเตอร์) = [(3x5)+(1.1x1.1x2)]x144

=1,812 Btu/h

6.ผนังภายนอกทั้งหมด (ไม่รวมข้อ 5)

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ผนัง x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 100 เป็นค่าแฟกเตอร์) = 10.02x100 = 1,002 Btu/h

7.ผนังด้านในติดกับห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ผนังด้านใน x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 44 เป็นค่าแฟกเตอร์) = [(3x5)+(3x4)]x44 = 1,188 Btu/h

8.ฝ้าเพดานหรือหลังคา

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ฝ้าเพดาน x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 32 เป็นค่าแฟกเตอร์) = (5 x 4) x 32 = 640 Btu/h

9.จำนวนคนที่อยู่ในห้อง 3 คน

ปริมาณความร้อน = จำนวนผู้อาศัย x แฟกเตอร์ (ใช้ค่า 600 เป็นค่าแฟกเตอร์) = 3 x 600 = 1,800 Btu/h

10.ดวงไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้า (คำนวณหาปริมาณความร้อนในเวลากลางวัน ความร้อนจากดวงไฟจึงไม่มี)

11. ปริมาณความร้อนทั้งหมดรวม (จากข้อ 1 ถึง ข้อ 9) = 640 +1,200 + 2,904 + 317 +1,812 +1,002 +1,188 + 640 1,800

= 11,503 Btu/h

ในทางปฏิบัติให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าที่คำนวณได้เล็กน้อย จากตัวอย่างนี้ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu/h

2.4 การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ หรือค่า EER

EER หรือค่า Energy Effective Ratio เป็นค่าบ่งบอกอัตราส่วนของเครื่องปรับอากาศ เป็นค่าที่เป็นค่าหลักที่ใช้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กับ ค่าไฟโดยสรุปแล้ว ค่า EER นั้นคือค่าอัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศทำได้จริง หารด้วย กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้

โดยมีสมการดังนี้ EER = [(Btu/hr) / (Watt)]

ซึ่งค่า EER เป็นเกณฑ์ ในการตัดสินฉลากพลังงานอีกด้วย

2.5 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

โครงการของภาคเอกชน และโครงการของภาครัฐมีความแตกต่างกันหลายประการ ดังนั้นในการวิเคราะห์เพื่อที่จะตัดสินใจจึงแตกต่างกัน ซึ่งในการวิเคราะห์โครงการของภาครัฐบาลแตกต่างกันออกไป เพราะว่าโครงการส่วนมากไม่ได้มีรายได้หรือรายรับมีแต่รายจ่ายเท่านั้น เช่น ลงทุนสร้างสะพานให้รถข้าม จะต้องลงทุนสร้างในขั้นต้นและต้องเสียค่าบำรุงรักษาอีก ระยะเวลาของโครงการหรืออายุของโครงการจะยาวนานกว่าของเอกชน ประกอบกับเงื่อนไข มีกฎระเบียบในการลงทุนมากกว่า โครงการบางโครงการแบ่งการลงทุนเป็นหลายช่วง ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจจึงยากกว่าของเอกชน อย่างไรก็ตามโครงการของรัฐบาลถึงแม้ว่าจะไม่มีผลกำไร (Non-Profit) แต่ก็ยังเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะชนให้ได้ใช้กัน ซึ่งประโยชน์ดังกล่าวสามารถวัดเปรียบเทียบด้วยอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (benefit – cost ratio; B/C) โดยจะต้องพยายามแปลงผลประโยชน์ที่ได้รับออกมาเป็นมูลค่าของเงิน ส่วนเงินที่ใช้ลงทุนรู้แน่นอนอยู่แล้วอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนมีลักษณะดังสมการที่ 1 [2]

$$\text{อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)} = \frac{\text{ผลประโยชน์}}{\text{เงินลงทุน}} \quad (1)$$

อัตราส่วน > 1 แสดงว่า ควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วน < 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน แต่อัตราส่วน = 1 แสดงว่าโครงการนั้นคุ้มทุน ในทางปฏิบัติจริง ผู้ลงทุนจะมี B/C ที่ต่ำสุดของแต่ละคน

การวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนนั้น มูลค่าของเงินจะอยู่ในช่วงเวลาในการลงทุนแตกต่างกัน ผู้วิเคราะห์จะต้องแปลงมูลค่าเงินที่อยู่ตามช่วงเวลาต่างๆ มาอยู่ที่จุดเดียวกัน อาจจะแปลงเป็นมูลมูลค่า ปัจจุบันมูลค่ารายปี หรือมูลค่าอนาคตก็ได้ ดังนั้นสมการที่ 1 จึงดัดแปลงให้เหมาะสมได้ดังสมการที่ 2

$$\text{อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน } \mathbf{(B/C)} = \frac{\text{ผลประโยชน์เทียบเท่า}}{\text{เงินลงทุนเทียบเท่า}} \quad (2)$$

2.6 การคำนวณอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนโครงการเดี่ยว

การทำธุรกิจหากเป็นโครงการเดี่ยว จะมีผลประโยชน์ที่ได้รับกับเงินลงทุนขั้นต้น และค่าดำเนินการเป็นส่วนใหญ่แต่ในบางครั้งการที่เป็นสาธารณูปโภค ผลประโยชน์ที่สูญเสียไป เช่น การสร้างเขื่อน ทำให้สูญเสียป่าไม้ที่มีอยู่เดิม เป็นต้น จึงประยุกต์สูตรได้เป็นสมการ 3

$$\text{อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน } \mathbf{B/C} = \frac{\text{ได้ประโยชน์ - เสียประโยชน์}}{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}} \quad (3)$$

ค่าใช้จ่าย หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมด เช่น ค่าซ่อมบำรุง ค่าดำเนินการ เป็นต้น ในบางครั้งจะเปรียบเทียบกับเงินลงทุนครั้งแรก ดังสมการที่ 4

$$\text{อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน } B/C = \frac{\text{ได้ประโยชน์ - เสียประโยชน์ - ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ}}{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}} \quad (4)$$

จากสมการทั้งสองสมการ ควรจะลงทุนต่อเมื่อ B/C >1 สมการที่ 3 นิยมใช้มากกว่าสมการที่ 4 เพราะใช้วิเคราะห์ธุรกิจได้ทุกประเภท ถ้าใช้สมการที่ 2.4 มีจุดที่ไม่เหมาะสมสำหรับธุรกิจบางประเภท เงินลงทุนขั้นต้นสูง เมื่อเทียบกับค่าดำเนินการต่ำ เช่น หอพัก ส่วนธุรกิจบางประเภท เงินลงทุนต่ำ แต่ค่าดำเนินการสูง จะมีผลต่อค่า B/C มาก

3. การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

การวางแผนการดำเนินงานดำเนินการเกี่ยวกับการสำรวจ มีการวางแผนการดำเนินงานโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.สำรวจเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานเกิน 10 ปี ตามรายการสำรวจของ ศูนย์กลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

2.ศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ระหว่างเครื่องปรับอากาศเครื่องเก่ากับเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่

3.วิเคราะห์ต้นทุน ความคุ้มค่าของ ระยะเวลาคืนทุน อัตราการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

3.1การสำรวจข้อมูล

ข้อมูลที่ทำการสำรวจ ประกอบด้วย กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า เพาเวอร์แฟคเตอร์ ซึ่งข้อมูลจะนำไปวิเคราะห์อัตราค่าไฟ และประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ของเครื่องปรับอากาศ โดยมีรายละเอียดจากการสำรวจหน่วยงาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ได้ทำการสำรวจ รวมทั้งสิ้น 231 เครื่อง

ที่	หน่วยงาน	จำนวน	ที่	หน่วยงาน	จำนวน
1	วิศวกรรมไฟฟ้า	33	11	สถาปัตยกรรม	26
2	วิศวกรรมโยธา	27	12	การจัดการผังเมือง	2
3	วิศวกรรมสำรวจ	8	13	เทคโนโลยีมัลติมีเดีย	7
4	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	5	14	สำนักงานอธิการบดี	39
5	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	6	15	สำนักงานส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน	1
6	วิศวกรรมโทรคมนาคม	9	16	สำนักวิทยาบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ	6
7	วิศวกรรมอุตสาหการ	8	17	สำนักงานคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์	4
8	วิศวกรรมวัสดุและโลหะการ	10	18	ศูนย์การเรียนรวมเครื่องทำความเย็นและ ปรับอากาศ	12
9	วิศวกรรมเครื่องกล	7	19	คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์	11
10	เครื่องจักรกลเกษตร	5	20	คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม	5

3.2 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้า และประสิทธิภาพการประหยัดไฟของเครื่องปรับอากาศใหม่กับเครื่องปรับอากาศเก่า

จากการสำรวจค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ทราบค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศและสามารถนำมาคำนวณหาอัตราค่าไฟของเครื่องปรับอากาศเครื่องเก่าแต่ละเครื่อง และได้เปรียบเทียบอัตราค่าไฟของเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่กับเครื่องปรับอากาศเครื่องเก่า ซึ่งได้ยกตัวอย่างเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่สองยี่ห้อได้แก่ ยี่ห้อ A และ ยี่ห้อ B การคำนวณหาประสิทธิภาพอัตราการประหยัดของเครื่องปรับอากาศ ในตารางที่ 2

การคำนวณหาอัตราค่าไฟ ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 4 ชั่วโมงต่อวัน เครื่องปรับอากาศ (เครื่องเก่า) ห้องฝ่ายสารบรรณ รับ-ส่งหนังสือ ขนาด 36,362.03 บีทียู (ยี่ห้อ Fujibishi)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการใช้เครื่องปรับอากาศเก่า กับเครื่องปรับอากาศแบบ A แบบ B

ชนิดเครื่องปรับอากาศ	กำลังไฟฟ้า(kW)	ชั่วโมงใช้งาน	ค่าไฟต่อหน่วย	ค่าไฟต่อวัน	ค่าไฟต่อเดือน	ค่าไฟฟ้าต่อปี	หมายเหตุ
Fujibishi (ของเดิม)	5.356	4	4	85.696	2570.88	30,850.56	-
A	3.239	4	4	51.824	1554.72	18,656.64	EER = 11.76
B	3.427	4	4	54.832	1644.96	19,739.52	EER = 11
เครื่องปรับอากาศเก่า เทียบกับเครื่องแบบ A						12,193.92	
เครื่องปรับอากาศเก่า เทียบกับเครื่องแบบ B						11,111.04	
เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศเก่า เทียบกับเครื่องแบบ A						39.53	
เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศเก่า เทียบกับเครื่องแบบ B						36.02	

ดังนั้น หากเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่เป็นแบบ B จะประหยัดค่าไฟมากกว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องเก่า 11,111.04 บาท/ปี

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานระหว่างเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่กับเครื่องเก่า เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ตามนโยบายประหยัดพลังงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน 10 % ขึ้นไปถือว่าเงื่อนไขแรกผ่าน น่าลงทุนติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เครื่องใหม่

ตัวอย่าง วิธีคิดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า คิดเป็น %

= (อัตราค่าไฟของเครื่องปรับอากาศเครื่องเก่า – อัตราค่าไฟของเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่) x 100
อัตราค่าไฟของเครื่องปรับอากาศเครื่องเก่า

= (30,850.56 - 12,193.92) x 100 = 39.53 %
30,850.56

ดังนั้น ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน = 39.53 %

3.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่ ยี่ห้อ A และ B

จากการเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพอัตราการประหยัดไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองยี่ห้อ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพอัตราการประหยัดไฟจำนวน และยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ ที่จะต้องทำการเปลี่ยน โดยเปรียบเทียบหากประสิทธิภาพอัตราการประหยัดไฟ 10 % ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเงื่อนไขที่ควรจะทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ การคำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)

การตั้งงบลงทุน ยี่ห้อ A

งบลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่ยี่ห้อ A จำนวน 184 เครื่อง เป็นทั้งหมด 7,388,500 บาท

ระยะเวลาคืนทุน

อัตราการประหยัดไฟต่อปี อัตราการประหยัดไฟต่อปีของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ A เป็นเงิน 2,243,681.28 บาทต่อปี

ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน/อัตราการประหยัดไฟ = 7,388,500 / 2,243,681.28 = 3.29 ปี

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)

หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน จากสมการที่ 2.4 แบบ (B/C) , B/C > 1 น่า

ลงทุน เงินลงทุน 7,388,500 บาท ระยะเวลา 10 ปี ลดการสูญเสียได้ปีละ

ต้นทุนต่อปี = 7,388,500 (A/P,7%,10) = (7,388,500) (0.14238) = 1,051,974.63

คิดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 500 บาท/ปี

ดังนั้น (B/C) = (ได้ประโยชน์) - (เสียประโยชน์) - (ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ)
ค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปีทั้งหมด

ดังนั้นอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) = 2,243,681.28 - 500 = 2.13 (อัตราส่วน (B/C) >1 น่าลงทุน)
1,051,974.63

การคำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)

การตั้งงบลงทุน ยี่ห้อ B

งบลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่ยี่ห้อ B จำนวน 183 เครื่อง เป็น ทั้งหมด 6,785,500 บาท มีระยะเวลาคืนทุน เทียบอัตราการประหยัดไฟต่อปี อัตราการประหยัดไฟต่อปีของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ B เป็นเงิน 1,035,488.24 บาท/ปี

ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน/อัตราการประหยัดไฟ = 6,785,500 / 2,044,431.36 = 3.32 ปี

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)

หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน จากสมการที่ 2.4 แบบ (B/C), B/C > 1 น่าลงทุน

เงินลงทุน 6,785,500 บาท ระยะเวลา 10 ปี ลดการสูญเสียได้ปีละ

ต้นทุนต่อปี = 6,785,500 (A/P,7%,10) = (6,785,500) (0.14238) = 966,119.49

คิดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 500 บาท/ปี

ดังนั้น B/C = ได้ประโยชน์-เสียประโยชน์-ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
ค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปีทั้งหมด

ดังนั้นอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) = 2,044,431.36 - 500 = 2.12 (อัตราส่วน(B/C) >1 น่าลงทุน)
966,199.49

4. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจข้อมูลพลังงานของเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานเกิน 10 ปี ใน ศูนย์กลาง มทร.อีสาน แล้ววิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ สรุปได้ ดังนี้

เครื่องปรับอากาศทั้งหมด จำนวน 231 เครื่อง กำลังไฟฟ้ารวม 719.80 kW

เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ A จำนวน 184 เครื่อง กำลังไฟฟ้ารวม 561.95 kW อัตราประหยัดกว่าเครื่องเก่า 157.84 kW/ปี

เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ B จำนวน 183 เครื่อง กำลังไฟฟ้ารวม 539.21 kW อัตราประหยัดกว่าเครื่องเก่า 180.58 kW/ปี

การตั้งงบลงทุนและผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ A จำนวน 184 เครื่อง ลงทุน 7,388,500 บาท ประหยัด 1,152,170.29 บาท/ปี คืนทุน 3.29 ปี อัตรา B/C มีค่าเท่ากับ 2.13 และเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ B จำนวน 183 เครื่อง ลงทุน 6,785,500 บาท ประหยัด 1,035,488.24 บาท/ปี เวลาคืนทุน 3.32 ปี อัตรา B/C มีค่าเท่ากับ 2.12

5. บรรณานุกรม

[1] ชูชัย ต.ศิริวัฒนา, การทำความเย็นและการปรับอากาศ พิมพ์ครั้งที่ 12 กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น): 2550.

[2] ไพบูลย์ แย้มเผื่อน เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น: 2548

[3] http://www.thavechaiair.com/All-เครื่องปรับอากาศ/SAIJO-DENKI/ราคาและ ข้อมูล- แอร์ติดผนัง-SAIJO-DENKI-ซัยโจเด็นกิ 5พฤษภาคม พ.ศ.2557

[4] http://www.thavechaiair.com/All-เครื่องปรับอากาศ/CARRIER/ราคาและ ข้อมูล- แอร์ติดผนัง- CARRIER -แคร์เรีย 5 พฤษภาคม พ.ศ.2557

P-ES14

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้แบบกึ่งอัตโนมัติ

Semiautomatic Juice Pasteurization Machine

ณฐพรภัทร์ อินทร์ศิริพงษ์[1*] ครองศักดา ภัคธนกนก[2] และเจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์[3]

[1, 2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง 70150

[3]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

อีเมล์: Nattapornpash@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้หรือผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่น ที่มีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ มีกำลังการผลิตรอบละไม่เกิน 20 ลิตร ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง และใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบควบคุม โครงสร้างของเครื่องและอุปกรณ์ประกอบทำจากสแตนเลสเพื่อความแข็งแรงและง่ายต่อการทำความสะอาด เครื่องถูกออกแบบให้ทำการพาสเจอร์ไรซ์โดยใช้วิธีความร้อนสูง-เวลาสั้น (HTST: High Temperature - Short Time) โดยจัดวางองค์ประกอบของเครื่องให้มีระดับสูงต่ำเรียงลำดับกันเพื่อให้วัตถุดิบที่นำมาพาสเจอร์ไรซ์เคลื่อนที่จากบนลงล่างได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และสามารถไหลผ่านส่วนให้ความร้อนและส่วนทำความเย็นได้ตามเวลาที่ต้องการ โดยสามารถควบคุมอัตราการไหลได้จากวาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างถัง จากผลการทดลองพบว่าเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอสามารถสร้างเงื่อนไขของอุณหภูมิและเวลาในการรับความร้อนของวัตถุดิบ ได้ตามข้อกำหนดของการทำพาสเจอร์ไรซ์

คำสำคัญ: เครื่องพาสเจอร์ไรซ์, ความร้อนสูง-เวลาสั้น, กึ่งอัตโนมัติ

1. บทนำ

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปนั้นเป็นการช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสด ช่วยยกระดับราคาผลิตผลไม่ให้ตกต่ำ ช่วยให้ผลผลิตมีอายุยาวนานขึ้นสามารถเก็บรักษาไว้จำหน่ายได้เป็นเวลานานก่อนจะเน่าเสีย ทั้งนี้การแปรรูปสินค้าเกษตรยังสามารถสร้างเป็นอาชีพหลักหรือเสริมให้กับเกษตรกรได้ขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณในการผลิต การแปรรูปสินค้าเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารนั้นต้องมีการวางแผนผลิตสินค้านั้นล่วงหน้า และเหมาะสมกับฤดูกาล เพื่อสินค้านั้นจะมีต้นทุนต่ำขายได้ ราคาสูง ต้องมีความสนใจ และตั้งใจต่อการทำผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อให้มีความสม่ำเสมอของรสชาติและคุณภาพที่ดี ต้องคำนึงถึงความสะอาดความปลอดภัยเสมอ ต้องมีความรู้ในสารปรุงแต่งอาหารที่ใช้อย่างแม่นยำ การแปรรูปผลิตผลการเกษตร ถ้าต้องการให้ ผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพดี และการคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปจะต้องมีลักษณะและคุณภาพตรงตามชนิดของอาหาร และต้องคำนึง ถึงเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบด้วย [1]

ปัจจุบันการแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรประเภทของเหลว เช่น น้ำผลไม้ หรือนม เพื่อการถนอมอาหารให้เก็บไว้ได้เป็นเวลานานนั้นจะใช้วิธีการพาสเจอร์ไรซ์ หรือการสเตอริไลซ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิตแต่ทั้งสองวิธีการนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตโดยเฉพาะเข้าช่วย ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวถึงการและสร้างและทดสอบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้แบบกึ่งอัตโนมัติที่มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายง่าย และมีราคาถูก เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยสามารถนำไปใช้แปรรูปผลผลิตของตนเองเพื่อเป็นอาชีพเสริมได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างและทดสอบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้หรือผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่นที่ทำงานได้แบบกึ่งอัตโนมัติ มีกำลังการผลิตรอบละไม่เกิน 20 ลิตร ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง และใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบควบคุม

3. ทฤษฎี

การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) คือ การทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารบูดเน่า เป็นวิธีการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บอาหาร ทำให้อาหารปลอดภัยโดยที่ไม่ทำให้กลิ่นรส ส่วนประกอบของอาหารเปลี่ยนแปลง ทั้งยังคงคุณภาพของอาหารให้ไม่แตกต่างจากอาหารดิบมากนัก การพาสเจอร์ไรซ์อาหารสามารถทำลายเซลล์ ยีสต์ ราและแบคทีเรีย ที่ไม่ทนร้อน แต่ยังไม่เพียงพอที่จะทำลายแบคทีเรียที่ทนความร้อนสูง (thermophillic bacteria) และไม่สามารถทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสปอร์ จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

การพาสเจอร์ไรซ์เป็นการตั้งชื่อเพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ซึ่งเป็นคนแรกที่คิดค้นการฆ่าจุลชีพที่แปลกปลอมอยู่ในเหล้าไวน์ระหว่างปี พ.ศ. 2407-2408 โดยการใช้ความร้อนประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ซึ่งการค้นพบนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการผลิตเครื่องดื่มที่ต้องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ แต่ใช้อุณหภูมิสูงมากไม่ได้ เพราะจะทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนแปลง โดยหลักการ ก็คือความร้อนจากการให้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์จะส่งผลทำให้สารโปรตีนที่มีอยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ และเอนไซม์แข็งตัวจับกันเป็นก้อนและเสื่อมสภาพ โดยการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีจากความร้อนจึงทำลายเอนไซม์และสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ วิธีการพาสเจอร์ไรซ์ วิธีการพาสเจอร์ไรซ์มี 2 วิธีคือ

1. วิธีใช้ความร้อนต่ำ-เวลานาน (LTLT: Low Temperature - Long Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส กรรมวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำนมด้วย

2. วิธีใช้ความร้อนสูง-เวลาสั้น (HTST: High Temperature - Short Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรกแต่ใช้เวลาน้อยกว่า คืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียสคงไว้เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลง กล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส [2]

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอในบทความนี้ ถูกออกแบบให้ทำการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยวิธีความร้อนสูง-เวลาสั้น (HTST: High Temperature - Short Time) เราสามารถแบ่งย่อยชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์ได้อีกหลายชนิดตามเวลาและอุณหภูมิที่ให้กับวัตถุดิบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์ตามเวลาและอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	เวลา	ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์
63 °C (145 °F)*	30 นาที	Vat Pasteurization
72 °C (161 °F)*	15 วินาที	High temperature short time Pasteurization (HTST)
89 °C (191 °F)	1.0 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
90 °C (194 °F)	0.5 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
94 °C (201 °F)	0.1 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
96 °C (204 °F)	0.05 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
100 °C (212 °F)	0.01 วินาที	Higher-Heat Shorter Time (HHST)
138 °C (280 °F)	2.0 วินาที	Ultra Pasteurization (UP)

* ในกรณีที่มีไขมันในนมเกินกว่าร้อยละ 10 หรือมีการเพิ่มความหวานลงในวัตถุดิบที่ใช้ หรือวัตถุดิบมีความเข้มข้นสูง อุณหภูมิจำเพาะที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์จะต้องเพิ่มขึ้นอีก 3 องศาเซลเซียส (5 องศาฟาเรนไฮต์) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์ตามเวลาและอุณหภูมิเมื่อวัตถุดิบมีไขมันเกินร้อยละ 10 หรือมีการเพิ่มความหวาน

อุณหภูมิ	เวลา	ชนิดของการพาสเจอร์ไรซ์
69 °C (155 °F)	30 minutes	Vat Pasteurization
80 °C (175 °F)	25 seconds	High temperature short time Pasteurization (HTST)
83 °C (180 °F)	15 seconds	High temperature short time Pasteurization (HTST)

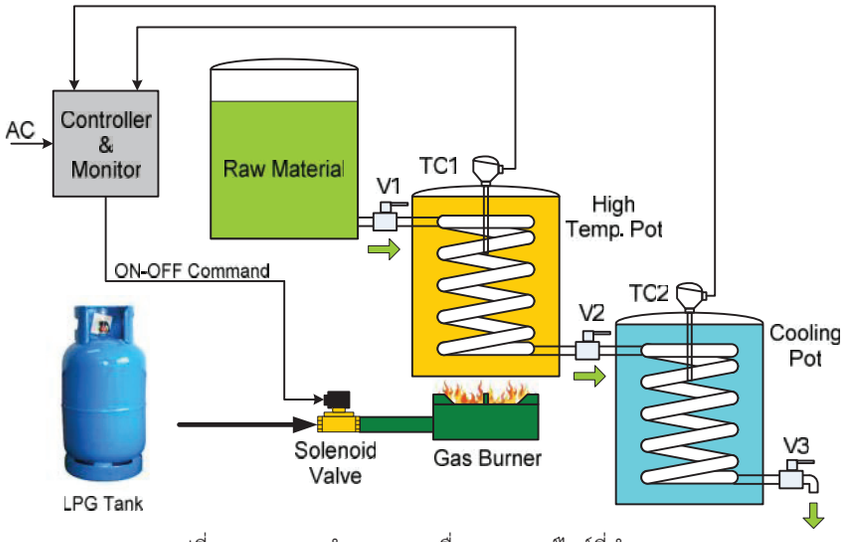
4. การออกแบบและสร้าง

โครงสร้างของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่ออกแบบขึ้นแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนของการเก็บพักวัตถุดิบ ส่วนการให้ความร้อน ส่วนของการทำความเย็น และส่วนของการตรวจวัดและระบบควบ โดยวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจะทำจากสแตนเลสเพื่อความแข็งแรงง่ายต่อการทำความสะอาดและปราศจากสนิม ติดตั้งล้อ 4 ล้อ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย รายละเอียดของอุปกรณ์และการทำงานขององค์ประกอบแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

4.1 ส่วนของการเก็บและพักวัตถุดิบ

ส่วนของการเก็บวัตถุดิบทำขึ้นจากหม้อสแตนเลส จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 จะเห็นว่าถังสำหรับเก็บวัตถุดิบนั้นถูกวางอยู่ในตำแหน่งบนสุด เนื่องจากออกแบบให้เครื่องทำงานโดยอาศัยหลักการแรงโน้มถ่วงของโลก โดยเมื่อผู้ใช้เปิดวาล์ว V1 วัตถุดิบจะไหลจากถังเก็บลงสู่ส่วนของการให้ความ

ร้อนเองตามแรงโน้มถ่วงโดยไม่ต้องใช้กำลังจากปั๊ม เนื่องจากถังสำหรับเก็บวัตถุดิบมีขนาด 20 ลิตร ซึ่งการเติมวัตถุดิบจะทำได้อยากเพราะต้องยกวัตถุดิบที่มีน้ำหนักมากขึ้นที่สูง จึงออกแบบให้ใช้รอกไฟฟ้าทำเป็นลิฟต์ยกของขนาดเล็กเพื่อช่วยผ่อนแรง (ดูรูปที่ 2) ทำให้คนสูงอายุหรือผู้หญิงสามารถใช้งานเครื่องนี้คนเดียวได้



รูปที่ 1 ระบบการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอ



รูปที่ 2 เครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบกึ่งอัตโนมัติที่นำเสนอ

4.2 ส่วนของการให้ความร้อน

ส่วนของการให้ความร้อนทำขึ้นจากหม้อสแตนเลสขนาดเดียวกันกับที่ใช้เก็บวัตถุดิบ วางอยู่บนเตาแก๊สโดยภายในติดตั้งท่อสแตนเลสขนาด ½ นิ้ว ขดเป็นวงเพื่อทำเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) โดยใช้หลักการให้ความร้อนทางอ้อม คือ การให้ความร้อนกับวัตถุดิบที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการรับความร้อนจากเตาแก๊สแล้วถ่ายเทให้กับวัตถุดิบที่ไหลอยู่ในท่อขด ทำให้วัตถุดิบได้รับความร้อนได้โดยไม่ต้องสัมผัสหรือเจือปนกับสารทำงานตัวกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ส่วนของการเก็บและพักวัตถุดิบและส่วนของการให้ความร้อน

4.3 ส่วนของการทำความเย็น

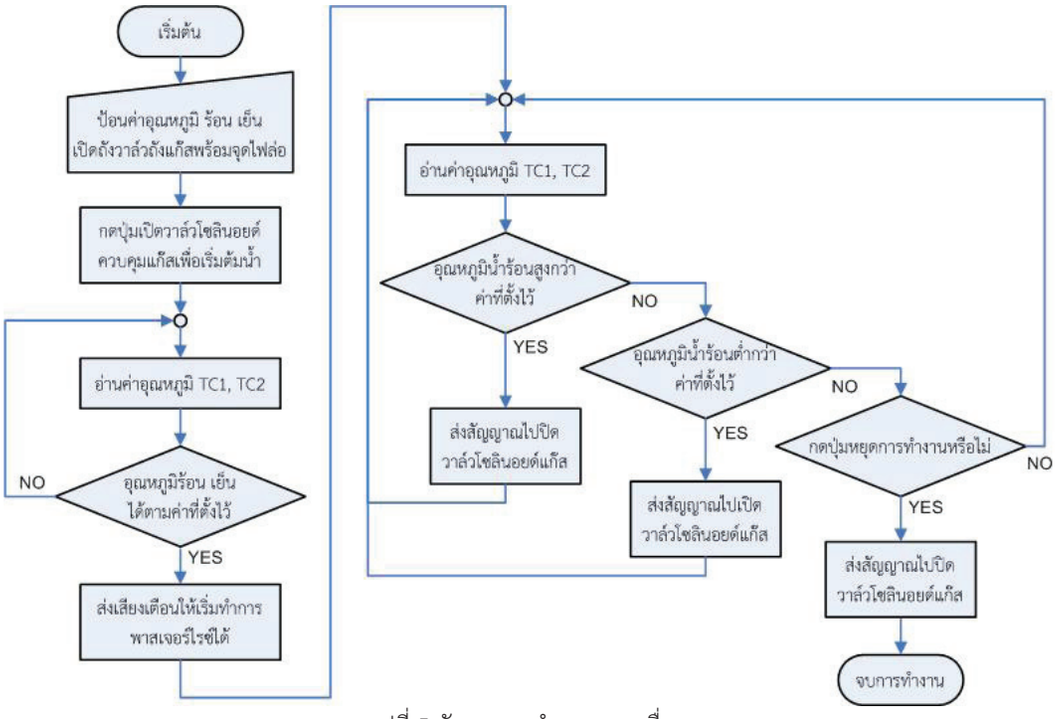
ส่วนของการทำความเย็นทำขึ้นจากหม้อสแตนเลสขนาดเดียวกันกับทั้งสองส่วนแรก ภายในติดตั้งท่อสแตนเลสขนาด ½ นิ้ว ขดเป็นวงเพื่อทำเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเช่นเดียวกับส่วนให้ความร้อน ในขณะใช้งานต้องใส่น้ำแข็งให้เต็มหม้อเพื่อลดความร้อนของวัตถุดิบที่ไหลผ่านในท่อลงอย่างรวดเร็ว

4.4 ส่วนของการตรวจวัดและระบบควบคุม

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์ที่นำเสนอในบทความนี้ควบคุมการทำงานด้วย PLC (Programmable Logic Controller) ขนาดเล็ก และมีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (user interface) เป็นหน้าจอสัมผัส ใช้เซนเซอร์แบบเทอร์โมคัปเปิลตรวจจับอุณหภูมิที่ส่วนของการทำความร้อน (TC1) และที่ส่วนของการทำความเย็น (TC2) ส่งข้อมูลให้กับ PLC เพื่อเป็นข้อมูลในการปิด-เปิด หัวเตาแก๊สด้วยโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมอุณหภูมิของส่วนทำความร้อนให้ได้ตามที่ตั้งค่าไว้ และสามารถแสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้ที่หน้าจอสัมผัสของเครื่อง ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 เทอร์โมคับเปิลและโซลินอยด์วาล์วปิด-เปิดแก๊ส



รูปที่ 5 ผังงานการทำงานของเครื่อง

4.5 วิธีการใช้งานเครื่อง

ก่อนทำการพาสเจอร์ไรซ์ควรล้างเครื่องและภาชนะที่จะใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำร้อน การใช้งานเครื่องเริ่มต้นจากเทวัตถุดิบลงในถังเก็บแล้วยกขึ้นด้วยลิฟท์ไฟฟ้าให้ได้ระดับจากนั้นต่อสายยางจากถังเก็บเข้ากับถังให้ความร้อนต่อสายยางจากถังให้ความร้อนเข้ากับถังทำความเย็น เติมน้ำใส่ถังให้ความร้อนจนเต็ม เตรียมน้ำแข็งสำหรับใส่ถังทำความเย็น ตั้งอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเครื่อง เปิดวาล์วที่ถังแก๊ส จุดไฟล่อที่หัวเตาแก๊สแล้วกดปุ่มแก๊ส ON ที่หน้าจอเพื่อเริ่มทำงาน เครื่องจะส่งสัญญาณไปเปิดโซลินอยด์วาล์วที่ควบคุมหัวเตาแก๊สและเริ่มต้มน้ำ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเริ่มเพิ่มขึ้นระดับหนึ่งให้เติมน้ำแข็งลงในถังทำความเย็น เมื่ออุณหภูมิในส่วนร้อน และอุณหภูมิในส่วนเย็นได้ตามที่ตั้งค่าไว้ เครื่องจะส่งสัญญาณเตือนให้ทำการพาสเจอร์ไรซ์ได้ การพาสเจอร์ไรซทำได้โดยการเปิดวาล์ว V1 ให้วัตถุดิบไหลผ่านความร้อน และเปิดวาล์ว V2 ให้วัตถุดิบไหลลงผ่านความเย็นและไหลลงภาชนะสำหรับบรรจุ โดยการทำงาน 1 รอบจะสามารถบรรจุวัตุดิบได้ประมาณ 20 ลิตร

5. การทดลองและผลการทดลอง

ผลการทดลองในตารางที่ 3 ได้ทำการทดลองโดยใช้วัตถุดิบที่จะพาสเจอร์ไรซ์เป็นน้ำอ้อย โดยเริ่มจากป้อนน้ำอ้อยคั้นสดบรรจุลงไปในถังวัตถุดิบ ซึ่งสามารถบรรจุน้ำอ้อยได้ปริมาตรสุทธิเท่ากับ 32 ลิตร อุณหภูมิวัตถุดิบเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 28 °C และ °Brix เท่ากับ 12.5 เมื่อส่งน้ำอ้อยเข้าสู่ส่วนการถ่ายเทความร้อน (High Temp. Pot) อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการให้ความร้อนซึ่งวัดที่ตำแหน่ง V2 มีค่าเท่ากับ 73 °C และ °Brix เท่ากับ 12.5 และเมื่อส่งน้ำอ้อยเข้าสู่ส่วนของการทำให้เย็น (Cooling Pot) อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการทำให้เย็นซึ่งวัดที่ตำแหน่ง V3 มีค่าเท่ากับ 2.5 °C และ °Brix เท่ากับ 12.5

ตารางที่ 3 อุณหภูมิและ °Brix ที่วัดได้จากระบบการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์

รายการ	อุณหภูมิ (°C)	°Brix
อุณหภูมิของวัตถุดิบก่อนการทำพาสเจอร์ไรซ์	28	12.5
อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการให้ความร้อน	73	12.5
อุณหภูมิของวัตถุดิบหลังผ่านการทำให้เย็น	2.5	12.5



รูปที่ 6 การวัดอุณหภูมิของวัตถุดิบที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว

6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องที่ออกแบบขึ้นนี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุดิบ ซึ่งต้องเติมน้ำลงในหม้อต้มจำนวน 30 ลิตร จึงจะท่วมคอยด์ร้อนได้ทั้งหมด การต้มน้ำในหม้อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำพาสเจอร์ไรซ์ (ประมาณ 72-73 °C) จะต้องใช้แก๊สประมาณ 0.7 กิโลกรัม เพื่อต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 78 °C (อ่านค่าจากตำแหน่ง TC1) และใช้เวลาในการให้ความร้อนประมาณ 20 นาทีด้วยไฟแรงสุด และเมื่อทำการทดลองพาสเจอร์ไรซ์น้ำอ้อยจำนวน 32 ลิตร จะต้องใช้แก๊สประมาณ 0.3 กิโลกรัม โดยมีการจุดไฟและดับไฟเป็นระยะเพื่อควบคุมให้อุณหภูมิของการทำความร้อนให้อยู่ในช่วง 72-73 °C ใช้เวลาในการทำพาสเจอร์ไรซ์ทั้งสิ้น 40 นาที ดังนั้นอัตราการผลิตน้ำอ้อยพาสเจอร์ไรซ์จึงมีค่าเท่ากับ 0.8 ลิตรต่อนาที ใช้แก๊สไป 1 กิโลกรัม

7. เอกสารอ้างอิง

[1] KU eMagazine. (2547), **การแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร**, ค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2557, จาก http://www.ku.ac.th/e-magazine/january47/agri.html

[2] ปัถย์ สำเภาเงิน (2556), นมพาสเจอร์ไรซ์ คืออะไร, สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2557, จาก http://www.vs.mahidol.ac.th/jerse/index.php?option=com_content&view=article&id=7

[3] Guha, E. (2000). **Basic thermodynamics**. Pangbourne: Alpha Science.

[4] Pitts, R. D. & Sissom, E. L. (1983). Heat transfer. Schaum's outline series.New York: McGraw-Hill.

O-EN01

การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในขยะอินทรีย์ในเขตเทศบาลตำบลพังโคน

Risk Assessment of Pesticide Residues in Organic Waste in PhangKhon Municipality

กอบกุล นงนุช [1*], รินรวี อินทรภูมิ [1]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160

E-mail: khopkul25 @ gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในขยะอินทรีย์ชนิดพืชผักจากตลาดสด ในเขตเทศบาลพังโคน ต.พังโคน จ.สกลนคร โดยการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ พบว่ามีสารเคมีในกลุ่มไพริทรอยด์ คือ เดลตาเมทริน และแลมบ์ดาไซฮาโลทริน ซึ่งปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 0.012 ถึง 0.987 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบตกค้างมากในขยะอินทรีย์ชนิดผักคะน้า กะหล่ำปลี และผักกาดขาว ตามลำดับ ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นจากการนำเศษผักไปใช้เป็นอาหารสัตว์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์เสี่ยงต่ออันตรายจากการได้รับสารพิษตกค้าง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบห่วงโซ่อาหาร

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง, สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, ขยะอินทรีย์

1. บทนำ

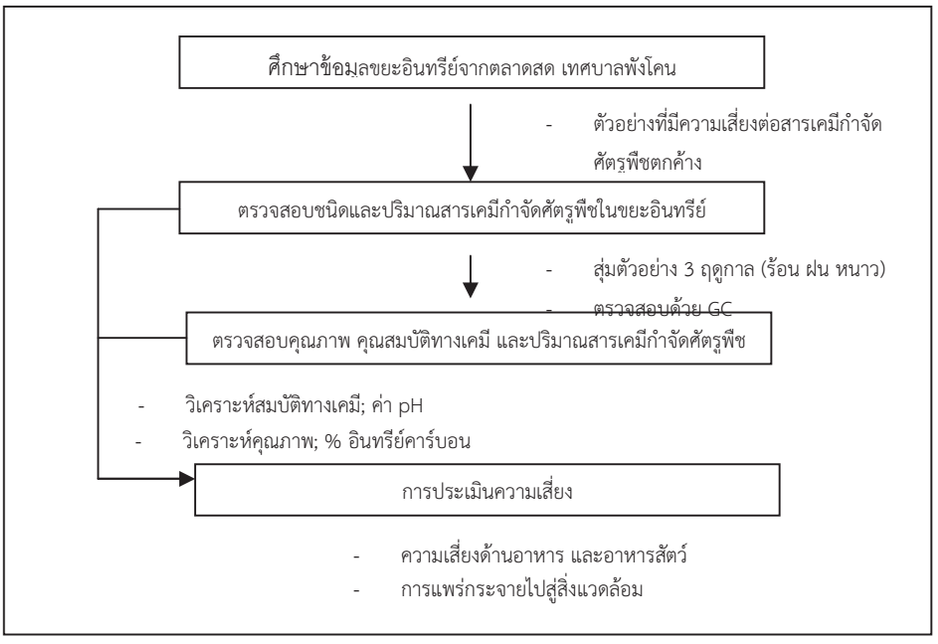
ปัจจุบันภาคการเกษตรของไทยยังคงต้องพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากต่างประเทศเป็นจำนวนมหาศาล ที่สำคัญคือวัตถุอันตรายทางการเกษตร ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร ในปี 2556 มีการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ประมาณ 96,793 ตัน เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลงประมาณ 12,661 ตัน มูลค่ารวมกว่า 2,246,367,346.20 ล้านบาท ซึ่งมูลค่าและปริมาณสารสำคัญที่นำเข้า มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จากความนิยมในการใช้สารเคมีเกษตรอย่างกว้างขวางและต่อเนื่องยาวนาน ขณะที่เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงพิษภัยของสารพิษเหล่านี้ ทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรของไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่พ้น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรโดยตรงซึ่งพบว่าความเจ็บป่วยที่เกิดจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ปัญหาสารเคมีกำจัดศัตรูตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร นอกจากต้องดำเนินมาตรการป้องกันอย่างจริงจังแล้ว การตรวจติดตามเพื่อประเมินผลกระทบก็เป็นอีกภารกิจที่จะช่วยบ่งชี้ หรือเป็นสัญญาณเตือนถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นหรืออาจจะเกิดขึ้นได้ อันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างรอบด้าน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในขยะอินทรีย์ชนิดเศษพืชผัก เพื่อให้ได้ข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงความปลอดภัยทางอาหารและอาหารสัตว์ รวมถึงข้อมูลในการพิจารณาจัดการขยะอินทรีย์ให้เกิดความเหมาะสมและปลอดภัยต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการเลือกสุ่มเก็บตัวอย่างพิจารณาจากปริมาณเศษผัก ความเสี่ยงที่จะมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง และมีการนำไปใช้ประโยชน์ โดยเก็บตัวอย่างขยะอินทรีย์ชนิดพืชผักซึ่งเป็นขยะสดที่เพิ่งผ่านการปอกและคัดแยกทิ้ง โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเช้าจากตลาดสดในเขตเทศบาลตำบลพังโคน ตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์แยกตามชนิด 3 ชนิด คือ ผักคะน้า กะหล่ำปลี และผักกาดขาว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างตามวิธีชักตัวอย่าง เพื่อตรวจหาสารพิษตกค้าง มกอช. 9025-2551 [1]เก็บตัวอย่าง 3 ระยะคือ เดือนกรกฎาคม (ฤดูฝน) ธันวาคม (ฤดูหนาว) และเมษายน (ฤดูร้อน) เพื่อให้ได้ข้อมูลเฉลี่ยตลอดปี ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยประยุกต์ใช้วิธีสกัดแบบ Quechers (Anastassiades et al., 2003) โดยวิเคราะห์สารกลุ่ม Pyrethoidด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC)ตัวตรวจวัดชนิด Electron capture detector (ECD) และการหาชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยการวัดค่า Retention time ของ Peak ตัวอย่าง นำไปเปรียบเทียบกับ Retention time ของ Peak มาตรฐาน ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันค่า Retention time (RT) จะเท่ากัน คำนวณหาความเข้มข้นของสารพิษตกค้างในสารละลายโดยการคำนวณจากสมการ Linear Regression ของ Calibration Curve ซึ่งต้องมีค่าCorrelation ไม่น้อยกว่า 0.995

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความเสี่ยง ทำโดยนำข้อมูลสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง มาวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น โดยระดับความเป็นพิษ ค่า Hazard Quotation (HQ) [2] คำนวณจากปริมาณสารพิษที่พบทั้งหมดในเศษผักที่ให้สัตว์กินเข้าไป การคำนวณความเสี่ยงเป็นผลรวมของสารพิษแต่ละชนิด ค่าที่ใช้ในการคำนวณคือ ปริมาณสารพิษตกค้าง, ปริมาณที่ได้รับสารพิษ (Intake) และปริมาณสารเคมีที่สามารถรับเข้าไปได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ (RfD: Reference Dose) ถ้า HQ ≤ 1 หมายถึง อยู่ในระดับไม่เป็นอันตราย, HQ > 1 หมายถึงอยู่ในระดับเป็นอันตรา



รูปที่ 1 แผนดำเนินการทดลอง

3. การอภิปรายและวิเคราะห์ผล

3.1 สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในขยะอินทรีย์ชนิดพืชผัก ข้อมูลสารพิษตกค้างเป็นข้อมูลเฉพาะเดือนที่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง และกำหนดแทนช่วงฤดูกาลนั้นๆ โดยกำหนดการเก็บตัวอย่างใน ฤดูหนาว (ธันวาคม) ฤดูร้อน (เมษายน) และฤดูฝน (กรกฎาคม) ซึ่งผลการวิเคราะห์จากการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะอินทรีย์ชนิดพืชผักในตลาดสดเทศบาลพังโคน พบว่า มีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในจำนวนตัวอย่างจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ chlorpyrifos, deltametrhrinและ lambda-cyhalothrin

โดยพบว่า chlorpyrifos พบในฤดูหนาว และฤดูร้อนปริมาณอยู่ในช่วง0.063-0.946 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ deltametrhrin และ lambda-cyhalothrin พบปริมาณอยู่ในช่วง 0.012-0.987 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

3.2 ผลการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามชนิดของพืชผักผลการวิเคราะห์โดยแยกชนิดตัวอย่างขยะอินทรีย์ พบว่าคะน้ามีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง โดยตรวจพบชนิดของสารได้แก่ chlorpyrifos, deltamethrin และ lambda-cyhalothrin ปริมาณอยู่ในช่วง0.053-0.876 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนในกะหล่ำปลี ชนิดสารที่พบมี 2 ชนิด คือ chlorpyrifos และ deltamethrin ปริมาณอยู่ในช่วง0.068-0.974 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในผักกาดขาว พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ปริมาณอยู่ในช่วง 0.012-0.812มิลลิกรัม/กิโลกรัม

3.3 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในขยะอินทรีย์การประเมินความเสี่ยงอันตรายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสัตว์เลี้ยง จากการนำเศษผักไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ในการประเมินความเสี่ยงนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงขั้นต้น ยังไม่สามารถประเมินไปถึงความเสี่ยงต่อมนุษย์ผู้บริโภคเนื้อสัตว์ได้ แต่หากพบว่าการใช้เศษผักเป็นอาหารสัตว์มีความเสี่ยงแล้ว ย่อมมีผลต่อการมีสารพิษตกค้างในระบบห่วงโซ่อาหารได้ โดยผลการคำนวณความเสี่ยงพบว่า สัตว์เลี้ยง(สุกร) จะมีโอกาสได้รับสาร chlorpyrifos, deltamethrin ในปริมาณ 0.0014 และ 0.0032 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน เมื่อนำไปเทียบกับปริมาณที่ยอมรับให้เข้าสู่ร่างกายโดยไม่เป็นอันตราย ได้ค่าบ่งชี้ความเสี่ยง (Hazard index) รวมเป็น0.99 อยู่ในระดับที่ไม่เสี่ยงต่ออันตราย

ตารางที่ 1 สารพิษตกค้างในขยะอินทรีย์ชนิดพืชผัก

ขยะอินทรีย์	สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	ตัวอย่าง	> MRL	ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
กะหล่ำปลี	คลอไพรีฟอส	3	2	0.068
	เดลตาเมทริน	3	1	0.974
คะน้ำ	คลอไพรีฟอส	3	2	0.876
	เดลตาเมทริน	3	1	0.532
	แลมบ์ดาไซฮาโลทริน	3	1	0.053
ผักกาดขาว	คลอไพรีฟอส	3	1	0.012
	เดลตาเมทริน	3	1	0.812

3.4 การประเมินการแพร่กระจายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไปยังสิ่งแวดล้อมเปรียบเทียบจากเกณฑ์การประเมินของ [3] ค่าการละลายน้ำ Kow ความดันไอ และสมบัติทางกายภาพ แยกตามชนิดของสารที่ตรวจพบปริมาณสูงสุด เรียงตามลำดับดังนี้

3.4.1 chlorpyrifos ในอากาศ สามารถระเหยได้ในระดับปานกลาง, ที่ระเหยในอากาศสลายตัวไปด้วยปฏิกิริยา Photochemical มีค่า half-life เพียง 4.2 ชั่วโมง [4]ดังนั้นจึงมีโอกาสที่สารพิษระเหยจากเศษผักและผ่านเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจของผู้สัมผัสเปลือกผักได้ ในดิน พบว่า chlorpyrifos มีความคงตัวในดิน มีค่า half-life 7-120 วัน สามารถสลายตัวได้จากแสง UV ในปฏิกิริยา Photolysis, ปฏิกิริยา Hydrolysis และจุลินทรีย์ในดิน แต่จะระเหยจากดินได้น้อย ดังนั้นจะเห็นว่ามีความคงตัวในดินสูง การตกค้างในดินจึงอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินหรือส่งผ่านสู่ระบบห่วงโซ่อาหารได้ และในส่วนของน้ำ พบว่า chlopyrifos มักจะดูดซับในดินมากกว่าการถูกชะลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนใหญ่มักจะระเหยออกไปจากน้ำ, ช่วงฤดูร้อน ปฏิกิริยา Photolysis ทำให้ chlopyrifos ในน้ำ มีค่า half-life 21-28 วัน [4]การระเหยจากน้ำจะช่วยลดปริมาณสารพิษที่ปลาจะได้รับจากเศษผัก แต่เนื่องจาก chlopyrifos มีความเป็นพิษฉับพลันสูงจึงถือว่ามีความเสี่ยงต่อปลาและสัตว์น้ำ

3.4.2 deltamethrin ในอากาศ มีค่าความดันไอต่ำ (25 ^{o}C) จึงไม่ค่อยระเหยไปในอากาศ ส่วนในดินพบว่า deltamethrin สลายตัวโดยปฏิกิริยา Hydrolysis, ในน้ำ deltamthrin มีความเสถียรในการสลาย (Hydrolysis) ในสารละลายที่มีค่า pH 5-7 ส่วนในสารละลายที่มีค่า pH 9 มีค่าเฉลี่ย half-life2.5 วัน

3.4.3 lambda-cyhalothrin ในอากาศ มีค่าความดันไอต่ำ จึงไม่ค่อยระเหยในอากาศ และมีค่า Henry's law constant ต่ำแสดงมีแนวโน้มที่จะไม่ระเหยจากสารละลาย แม้ภายใต้แสงที่ค่อนข้างคงที่ตามธรรมชาติ จะมีค่า half-life > 21 วัน แต่ในปฏิกิริยา Photolysis จะเกิดการระเหยอย่างรวดเร็วจากการได้รับแสง UV ซึ่งจะทำให้ค่า half-life < 10 นาที [5]ในดิน พบว่า lambda-cyhalothrin มีความคงตัวในสภาพแวดล้อมดินทั่วไปได้ปานกลางมีค่า half-life 28-84 วัน ส่วนในน้ำ พบว่าปฏิกิริยา Photolysis ในน้ำที่ pH 9 มีค่า half-life 8.66 วัน และสำหรับปฏิกิริยา Photolysis มีค่า half-life 53.7 วัน [5]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นเพื่อเตือนให้เกิดความระมัดระวังในการนำเศษผักไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งพฤติกรรมการเลี้ยงสัตว์ในสภาพความเป็นจริงอาจไม่ได้ใช้เศษพืชผักชนิดใดชนิดหนึ่งในการเลี้ยงสัตว์ตลอดทั้งปี แต่ไม่ว่าจะเป็นเศษพืชผักชนิดใด ผู้ที่จะนำเศษพืชผักเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์ควรระมัดระวังป้องกัน โดยอาจล้างทำความสะอาดหรือหมักเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงจากอันตรายต่อสัตว์โดยตรงและป้องกันการตกค้างของสารพิษสู่ระบบห่วงโซ่อาหาร

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

5. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. วิธีชักตัวอย่างเพื่อตรวจหาสารพิษตกค้าง, มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 9025-2551. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[2] มลิวรรณ บุญเสนอ. 2552. นิเวศพิษวิทยา (Ecotoxicology). มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

[3] Ney, R.E. 1990. Where did that chemical go? : A practical guide to chemical fate and transport in the environment. Van Nostrand Reinhold, New York USA.

[4] NPIC. 2009a. Chlorpyrifos technical fact sheets. Available from : URL: http://www.npic.orst.edu/factsheets/chlorptech. Pdf.

[5] He, L.M., Troiano, I, Wang, A. and Goh, k.2008. Environmental chemistry, ecotoxicity and fate of lambda-cyhalothin. California Environmental Protection Agency Springer, Sacramento. USA.

O-EN02

การก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

CONSTRUCTION FOR GREEN BUILDING

จักรพงศ์ ไชยานุพัทธกุล[1*], ศรันยู พรมศร[2]

[1]คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตน์โกสินทร์ 73170

E-mail: Chackaphong.cha@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษากระบวนการการรักษาสภาพแวดล้อม ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้าง ที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบันในประเทศไทยว่ามีกระบวนการหรือขั้นตอนอย่างไร รวมถึงศึกษาปัญหาและสาเหตุของปัญหาเพื่อหาแนวทางนำเสนอในการแก้ไขและปรับปรุงให้เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานในภาคปฏิบัติทั้งโครงการหน่วยงานของราชการและโครงการของหน่วยงานอื่นๆการศึกษาทำโดยรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างทั้งในส่วนของเจ้าของงานผู้บริหาร ผู้ควบคุมงานก่อสร้างผู้รับเหมางานก่อสร้างผู้ที่เกี่ยวข้องและหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเอกสารที่เกี่ยวข้องรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างและปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเข้าใช้งานอาคารโดยเก็บข้อมูลจากโครงการที่อยู่ในช่วงเวลาการก่อสร้างและโครงการที่ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จโดยสมบูรณ์แล้ว โดยทำการส่งแบบสอบถามไปยังหน่วยงานของรัฐบาลและหน่วยงานอื่นๆหน่วยงานละ30 ตัวอย่าง ได้กลับคืนมาหน่วยงานละ 15 ตัวอย่าง โดยวิธีของไคสแควร์ในการหาความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับโครงการหน่วยงานอื่นๆจากการศึกษาพบว่าประเด็นที่แตกต่างกันระหว่างหน่วยงานรัฐบาลกับหน่วยงานอื่นๆ ได้แก่ปัญหาที่เกิดจากการที่ขาดผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการทำงานจริงไม่สอดคล้องในช่วงเวลาการก่อสร้าง โดยพบว่าโครงการที่เป็นหน่วยงานของราชการนั้นเกิดปัญหา อยู่ในระดับที่มากที่สุด และโครงการรัฐบาลอื่นๆเกิดปัญหาเดียวกันในระดับน้อยถึงปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นงานที่มีการทำงานด้านงานระบบต่างๆ มากและซับซ้อนประกอบกับผู้รับเหมางานก่อสร้างในแต่ละด้านนั้นเป็นคนละบริษัทกัน ทำให้ขาดการประสานงานที่ดี ทั้งนี้ในการศึกษานี้ได้เสนอรายละเอียดของแนวทางโดยได้ใช้เกณฑ์เปรียบเทียบจากเงื่อนไขของสัญญางานก่อสร้างด้วยระบบการวัดอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา Leadership in Energy and Environmental Design LEED หรือประเทศไทยใช้ชื่อโครงการอาคารเขียว (Green Building) มาเปรียบเทียบกับรูปแบบสัญญาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในประเทศไทย เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่การก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และผู้วิจัยยังได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงแก้ไขความไม่ชัดเจน ความไม่รัดกุม รวมถึงเพิ่มเติมสาระสำคัญที่จำเป็นบางประการเพื่อสนับสนุนให้กระบวนการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ให้มีความรัดกุมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: อาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม/ปัญหาที่เกิดขึ้นในการก่อสร้าง/ปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลังการเข้าใช้งาน

1.ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเกือบทุกประเทศเริ่มให้ความสำคัญต่อการสร้างรากฐานการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งทางกายภาพ สภาพสิ่งแวดล้อม ทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งจะเห็นได้ว่าการพัฒนาที่เน้นการมีสภาพแวดล้อมที่ดีนำมาซึ่งการใช้ชีวิตที่มีความสุข ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ ช่วยรักษาที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ และช่วยลดการเกิดภาวะโลกร้อนจากการสร้างความร้อนบนพื้นโลก จากการสร้างสิ่งปลูกสร้าง ทำลายสภาพธรรมชาติและนิเวศวิทยา การพัฒนาอาคารให้เป็นอาคารเขียวจึงเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

หากเราพูดถึงอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหรืออาคารเขียวหรือ Green Building เรามักนึกถึงภาพอาคารที่สร้างเสร็จออกมาแล้วสวยงาม มีต้นไม้ มีสนามหญ้ามีบ่อน้ำดูร่มรื่น มีการใช้วัสดุปลอดสารพิษ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หลายคนไม่ได้นึกภาพว่าก่อนที่จะได้อาคารหลังนั้นมา มีกิจกรรมการก่อสร้างใดๆที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบ้าง แล้วมีประเด็นอะไรที่ต้องคำนึงถึงบ้างหากท่านกำลังเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมสร้างอาคารเขียว แล้วไม่อยากให้ถูกกล่าวหาว่าเป็นอาคารเขียวที่เขียวไม่จริงเพราะต้องทำลายความเขียวที่มีอยู่เดิมเพื่อสร้างความเขียวใหม่

ก่อนที่จะไปดูว่าจะจัดการอะไรอย่างไรให้เป็นการก่อสร้างแบบเขียวๆก็ต้องเข้าใจว่ามีประเด็นอะไรบ้างเกี่ยวกับมลภาวะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมก่อสร้างซึ่งจุดประสงค์ของการควบคุมมลภาวะจากการก่อสร้างนั้นก็เพื่อป้องกันขยะก่อสร้างต่างๆที่เกิดจากการก่อสร้างอาคารมิให้ถูกปลดปล่อยออกไปสู่สภาพแวดล้อมโดยเน้นที่การควบคุมการกัดกร่อนของหน้าดินจนทำให้เกิดการชะล้างและไปสะสมเป็นตะกอนในท่อน้ำทิ้ง หรือทางน้ำสาธารณะ รวมทั้งการเกิดฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งหากมองต่อไปก็ยังมีประเด็นอื่น ๆที่เกี่ยวกับสุขอนามัยของคนงานก่อสร้าง และต้นไม้เดิมที่อยู่ในที่ก่อสร้างซึ่งสิ่งที่สำคัญมากของการควบคุมการก่อสร้างที่มีคนงานมากมาย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเขียนแผนการควบคุมที่ดี และยังต้องมีการควบคุมให้คนงานทำตามแผนนั้น ในกรณีที่ต้องการให้อาคารของเราเป็นอาคารเขียวตั้งแต่เริ่มทำการก่อสร้างจึงมีข้อควรระวังหลักๆดังนี้

ป้องกันการสูญเสียหน้าดินเดิมระหว่างการก่อสร้างอันเนื่องจากการชะล้างของน้ำหรือลมแรง

ป้องกันการตกตะกอนสะสมของดินที่โดนน้ำชะลงสู่ท่อระบายน้ำฝนหรือทางน้ำใดๆ

ป้องกันการเกิดมลภาวะทางอากาศอันเนื่องจากฝุ่นผงจากดินและวัสดุก่อสร้าง
ป้องกันมลภาวะอากาศภายในโครงการที่จะก่อผลกระทบต่อสุขภาพของคนงานเอง
ป้องกันกิจกรรมก่อสร้างที่จะไปทำความรบกวนแก่สิ่งมีชีวิตพืชพันธ์ใกล้เคียง เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาถึงกระบวนการการรักษาสภาพแวดล้อม ในส่วนตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้างที่ปฏิบัติกันอยู่ในภาวะปัจจุบันเพื่อหาแนวทางนำเสนอในการแก้ไขและปรับปรุงให้เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานในภาคปฏิบัติเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้กำหนดวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้คือ

เพื่อศึกษาขั้นตอนของการรักษาสภาพแวดล้อมตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้างหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องเอกสารที่เกี่ยวข้องรวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างและปัญหาที่พบเมื่อเจ้าของงานมีการเข้าใช้งานอาคารและเพื่อเสนอแนวทางอ้างอิง และเพื่อสร้างสื่อการเรียนรู้ในขั้นตอนของกระบวนการการรักษาสภาพแวดล้อมของงานก่อสร้าง ในส่วนตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้าง

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาช่วงเวลาตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้างจากหน่วยงานของบริษัทผู้รับเหมางานก่อสร้างให้แก่เจ้าของงาน โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้าง หน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้อง และเอกสารที่ใช้ รวมถึงแนวทางที่จะทำให้การนำไปใช้งานในภาคปฏิบัติในปัจจุบันมีประสิทธิภาพ จากผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้ที่มีประสบการณ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงขั้นตอนสามารถและเสนอขั้นตอนในทางด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในงานก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มทำการก่อสร้างหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องเอกสารที่เกี่ยวข้องรวมทั้งปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในและปัญหาที่พบเมื่อมีการเข้าใช้งานอาคารของเจ้าของงานในภาวะปัจจุบันรวมทั้งแนวทางป้องกันและแก้ไข

2.เพื่อให้ส่วนราชการและหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวกับด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในงานก่อสร้างใช้เป็นแนวทางปรับปรุงรูปแบบสัญญาจ้างการก่อสร้างให้ชัดเจนไปในทิศทางเดียวกันและเหมาะสมยิ่งขึ้นและสถาบันการศึกษาใช้เป็นเครื่องมือในรูปแบบสื่อ เพื่อสำหรับการทำงานและด้านการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องให้เกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิจารณ์ ตันติธรรม วิศวกรโยธาชำนาญพิเศษ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย กล่าวว่าปัจจุบันการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติในกลุ่มธุรกิจสำคัญ 3 ด้าน คือ ด้านการขนส่ง ด้านอาหาร และด้านการก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า 70-80 % ทำให้ทรัพยากรในประเทศไทยเสื่อมโทรมลง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ทุกคนในประเทศต้องช่วยกันรักษาพัฒนาให้มี การใช้ทรัพยากรของประเทศอย่างยั่งยืนซึ่งโครงการอาคารเขียวเป็นแนวทางหนึ่งที่มีผลดีเป็นอย่างมากในการช่วยแก้ไขปัญหานี้

โครงการอาคารเขียวอาจเป็นเรื่องใหม่สำหรับคนส่วนมาก และบางครั้งมีการเข้าใจผิดคิดว่าอาคารเขียวคืออาคารประเภทอาคารอัจฉริยะที่มีค่าใช้จ่ายสูงไม่เหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนามีทุนน้อยเช่นประเทศไทย แต่จริงๆแล้ว โครงการอาคารสีเขียวคือโครงการที่มีประโยชน์และคุ้มค่าระยะยาว

ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ คณะกรรมการบริหาร สถาบันอาคารเขียวไทย กล่าวว่าปัจจุบันประเทศไทยได้มีสถาบันอาคารเขียวไทย ซึ่งหลักๆแล้วก็จะจัดทำเกณฑ์และคู่มืออาคารเขียวที่เหมาะสมสำหรับบริบทของเมืองไทย อบรมให้ความรู้สาธารณชน โดยเน้นการมีการปลุกกระแสอาคารเขียวในประเทศ โดยเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลมาตรฐานการออกแบบจากแหล่งต่างๆ และกระจายข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับอาคารเขียว

ระบบการวัดอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา Leadership in Energy and Environmental Design LEED ในวงการออกแบบและก่อสร้างทุกวันนี้ เรื่องอาคารเขียวกลายเป็นเรื่องที่ทุกคนมีความเคยชินในด้านของเนื้อหา ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีความเข้าใจลึกซึ้ง แต่อย่างน้อยก็ต้องมีความคุ้นเคยกับคำศัพท์บ้าง เมื่อพูดถึงอาคารเขียว เรื่องของ LEED หรือ Leadership in Energy and Environmental Design ซึ่งเป็นระบบการวัดอาคารเขียว ของสหรัฐอเมริกาก็มักจะเป็นเรื่องที่ถูกหยิบยกขึ้นมาคุยพร้อมๆกันแทบจะทันที โครงการใหญ่ๆในประเทศไทยหลายๆโครงการที่มีการประกาศ TOR เพื่อประกวดแบบในปี 2553 ได้มีการนำ LEED มาเป็น Requirement ของอาคาร ว่าอาคารที่ออกแบบจะต้องมีคุณสมบัติที่จะนำไปขอ LEED Certificationได้ สำหรับอาคารเก่าที่มี องค์กรชั้นนำของประเทศเป็นเจ้าของ หรืออาคารใหม่ที่กำลังจะถูกสร้างโดยองค์กรลักษณะดังกล่าวก็เริ่มจะมีการนำแนวคิดของLEEDเข้ามาใช้และเตรียมที่จะขอ LEED Certification เช่นกัน

ตัวอย่างอาคารที่มีแนวคิดแบบ GREEN BUILDING เช่น DYNAMIC TOWER ที่ดูไบ เป็นตึกสูงระฟ้าที่เคลื่อนไหวได้มีความสูง 420 ม. โดยหมุนได้ 80ชั้นผลิตพลังงานจากกังหันลมที่มีทุกชั้นได้เป็นต้น

สรชัย กรณ์เกษม. (2510) “Green Building in Thailand : อาคารสีเขียวของคนไทย.สำหรับประเทศไทยทางสมาคมสถาปนิกสยามในพระราชูปถัมน์ได้มีการมอบรางวัล ASA Green Award 2009 ซึ่งเป็นรางวัลส่งเสริมให้งานด้านสถาปัตยกรรมเข้ามามีบทบาทในการสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นและเป็นการเผยแพร่สถาปัตยกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานโดยได้มอบรางวัลให้กับอาคารสีเขียวได้แก่อาคารที่ทำการการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.)ธนาคารกสิกรไทยสาขาแจ้งวัฒนะและธนาคารอาคารแห่งประเทศไทย The Avenue รัชโยธิน เป็นต้น

อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2556)

1. มาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารเขียว 1

มลภาวะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมก่อสร้างซึ่งจุดประสงค์ของการควบคุมมลภาวะจากการก่อสร้างนั้นก็เพื่อป้องกัน สสารต่างๆที่เกิดจากการก่อสร้างอาคารมิให้ถูกปลดปล่อยออกไปสู่สภาพแวดล้อมโดยเน้นที่การควบคุมการกัดกร่อนของหน้าดิน

2. มาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารเขียว 2

สิ่งที่สำคัญมากสำหรับการควบคุมการก่อสร้างอาคารเขียวให้สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยนอกจากจะต้องมองในเรื่องของการควบคุมการชะล้างสิ่งสกปรกสิ่งแปลกปลอมที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้างไม่ให้เล็ดลอดออก

3. มาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารเขียว 3

ในการบริหารงานก่อสร้างอาคารเขียวนอกเหนือจากการระมัดระวังการแพร่กระจายของสารพิษจากการก่อสร้างอาคารสู่สิ่งแวดล้อมและคนงานก่อสร้าง

4.มาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารเขียว 4

แผนการป้องกันมลภาวะสำหรับการก่อสร้างอาคารเขียวในการก่อสร้างอาคารเขียว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องระมัดระวังการปลดปล่อยมลภาวะจากกิจกรรมก่อสร้างออกไปสู่ภายนอกเป็นพิเศษ ซึ่งหากเป็นไปได้จะต้องไม่มีการปลดปล่อยสิ่งแปลกปลอมใดๆ ออกไปสู่ภายนอกสถานที่ก่อสร้าง

5.มาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารเขียว 5

หลังจากที่อาคารได้กำหนดให้มีแผนการควบคุมการปลดปล่อยสารมลพิษออกจากสถานที่ก่อสร้างกองเก็บวัสดุก่อสร้างอาคารแล้ว ในระหว่างทำการก่อสร้างอาคาร

3.ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและค้นคว้าเอกสารอ้างอิง ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทั้งภายในประเทศ และ ต่างประเทศ เพื่อที่นำมาใช้เป็นแนวทางตั้งหัวข้อแบบสอบถาม

2. สำรวจขั้นตอนในการก่อสร้างหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างเอกสารที่และวิธีการในการก่อสร้างรวมทั้งปัญหาที่พบของหน่วยงานราชการและหน่วยงานอื่น ๆ ในประเทศไทยในภาวะปัจจุบันโดยการใช้แบบสอบถามเจ้าของงาน ผู้บริหารงาน ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง และ ผู้รับเหมางานก่อสร้าง

3. รวบรวมเอกสารข้อมูลจากการสำรวจ และที่ได้จากแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขในด้านขั้นตอนการก่อสร้างอาคารหน้าที่ เอกสารและวิธีการที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างและภายหลังเมื่อมีการใช้อาคาร

4. สรุปผลงานวิจัย เพื่อให้สามารถจำแนกสาเหตุของปัญหาที่พบ ในการก่อสร้างและปัญหาที่เกิดภายหลังเมื่อมีการใช้วิธีการก่อสร้าง พร้อมทั้งหาแนวทางลดและป้องกันข้อบกพร่องที่เกิด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคปฏิบัติให้กับผู้เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม

5. นำเสนอแนวทางขั้นตอนในการก่อสร้างหน้าที่เอกสารและวิธีการที่เกี่ยวข้องในที่มีรูปแบบที่เหมาะสม และสะดวกในการใช้งานในภาคปฏิบัติเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ

4.ตัวอย่างวิธีวิเคราะห์ผล

ขั้นตอนที่ 1นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาใส่ในตาราง4.1โดยป้อนข้อมูลแยกตามประเภทของโครงการตามแถวนอน (Row) และ คอลัมน์ (Column) ทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลและหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งจะได้ผลรวมของแต่ละประเภทของโครงการดังตัวอย่างนี้คือ ผลรวมของหน่วยงานของโครงการอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 77 และผลรวมของหน่วยงานของโครงการรัฐบาล มีค่าเท่ากับ 39 เป็นต้น และจะได้ค่าขนาดตัวอย่างของบุคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทเพื่อนำผลที่ได้ดังกล่าวไปคำนวณหาค่าโดยวิธีไคสแควร์(Chi – Square Test) ต่อไป

ตารางที่ 1: รวมข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

ผู้เกี่ยวข้อง	โครงการ อื่น ๆ	โครงการรัฐบาล	ขนาดตัวอย่าง
วิศวกร	12	8	**20**
สถาปนิก	17	6	**23**
เจ้าของโครงการ	12	7	**19**
ผู้รับเหมา	12	9	**21**
ผู้ควบคุมงาน	12	7	**19**
ผู้บริหารโครงการ	12	2	**14**
อื่นๆ	0	0	**0**
รวม	**77**	**39**	**116**

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งสมมติฐาน โดยสมมติให้ H0 คือค่าที่แสดงถึงความสอดคล้องกันของข้อมูลตัวอย่างที่ได้สำรวจมาแสดงว่าบุคลากรในทุกตำแหน่งของทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับหน่วยงานอื่นๆ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการการก่อสร้างดังกล่าวคล้ายคลึงกันหรือบุคลากรในทุกตำแหน่งของทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับหน่วยงานอื่น ๆ ไม่เป็นอิสระต่อกัน หรือหมายความว่าโครงการที่ต่างกันทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับหน่วยงานอื่น ๆ นั้นจะไม่เป็นผลต่อหน้าที่ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานก่อสร้างและในตรงกันข้ามสมมติค่า H1 คือค่าที่แสดงถึงความไม่สอดคล้องกันของข้อมูลที่ทำการสำรวจมา แสดงว่าบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการก่อสร้างของทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับหน่วยงานอื่น ๆ ทำหน้าที่ดังกล่าวไม่คล้ายคลึงกัน หรือ บุคลากรในทุกตำแหน่งของทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับหน่วยงานอื่น ๆ ทำหน้าที่เป็นอิสระต่อกันหรือหมายความว่าหมายความว่าโครงการที่ต่างกันทั้งโครงการหน่วยงานของรัฐบาลกับหน่วยงานอื่นๆ นั้นจะเป็นผลต่อหน้าที่ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานก่อสร้าง

โดยที่ถ้าผลที่ได้มีค่าออกมามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดของตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไคสแควร์ (Chi – Square) ก็จะแสดงว่าค่าที่เปรียบเทียบกันนั้นเป็นอิสระต่อกัน และถ้าผลออกมาปรากฏว่ามีค่าน้อยกว่า ก็จะแสดงว่าค่าที่เปรียบเทียบกันนั้นไม่เป็นอิสระต่อกัน

ตั้งสมมติฐาน

H0 : P1 = P2 = P3 =... Pn (ข้อมูลตัวอย่างสอดคล้องกันหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน) (1)

H1 : P1 ≠ P2 ≠ P3 ≠ ...Pn (อย่างน้อย 1 ตัว) (ข้อมูลตัวอย่างไม่สอดคล้องกันหรือเป็นอิสระต่อกัน) (2)

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่านัยสำคัญ

กำหนดนัยสำคัญ$\propto$ = 0.05 (3)

ขั้นตอนที่ 4 ตัวสถิติในการทดสอบข้อมูลจำแนกประเภทสองทาง

ตัวสถิติสำหรับการทดสอบ

$$x^2 = \sum_{1=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 5การกำหนดค่าองศาอิสระ โดยแทนค่าตามสูตรที่กำหนด โดยที่ให้ ค่า r คือจำนวนของข้อมูลที่เป็นจำนวนของแถวตามแนวนอน (Row) ทั้งหมด และ กำหนดให้ค่า c คือจำนวนของข้อมูลที่เป็นจำนวนของแถวตามแนวตั้ง (Column) ทั้งหมด โดยทั้งค่า r และค่า c นั้นดูจำนวนของข้อมูลจากตารางที่ 4.2 นำค่าดังกล่าวมาแทนค่าสูตรดังนี้เช่นมีองศาอิสระ = (r –1) (c –1) = (7–1) (2 –1) =

ขั้นตอนที่ 6หาค่าความคาดหวังจากสูตรที่กำหนด โดยการกำหนดให้E11 คือค่าที่ได้จากค่าของแถวที่ 1 และคอลัมน์ที่ 1 จากผลของตารางที่1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 77 กับ 20 นำไปแทนค่าในตารางที่2 จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 2ก็จะได้ค่าความคาดหวัง ของ E11 เท่ากับ 13.28เป็นต้น

หาค่าความคาดหวัง

$$E_{ij} = \frac{n_{i.} n_{.j}}{n..} \quad (5)$$

ตารางที่ 2: ค่าความคาดหวัง

E11 = (20)(77) / 116	=13.28	E12 = (20)(39) / 11	=6.72
E21 = (23)(77) / 116	=15.27	E22 = (23)(39) / 116	=7.73
E31 = (19)(77) / 116	=12.61	E32 = (19)(39) / 116	=6.39
E41 = (21)(77) / 116	=13.94	E42 = (21)(39) / 116	=7.06
E51 = (19)(77) / 116	=12.61	E52 = (19)(39) / 116	=6.39
E61 = (14)(77) / 116	=9.29	E62 = (14)(39) / 116	=4.71
E71 = (0)(77) / 116	=0.00	E72 = (0)(39) / 1163	=0.00

ขั้นตอนที่ 7ตารางคำนวณผลไคสแควร์ โดยนำค่าที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและขั้นตอนที่ 6 ข้อมูลจากตารางค่าความคาดหวังนำมาป้อนใส่ในตารางที่ 3 ในช่อง O_{ij} คือจำนวนความถี่จากการสังเกตในแนวนอนที่ iแถวตั้งที่ j และ E_{ij} คือจำนวนความถี่ตามทฤษีในแนวนอนที่ iแถวตั้งที่ j ตามลำดับเพื่อหาค่า $O_{ij} - E_{ij}$, $(O_{ij} - E_{ij})^2$ และ $(O_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}$ เพื่อคำนวณหาค่าไคสแควร์โดยได้จากผลรวมของค่าที่ได้จาก $(O_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}$ ซึ่งมีค่า X^2เท่ากับ 4.28

ตารางที่ 3: ตารางไคสแควร์(Chi – Square)

แถวนอน - แถวตั้ง	O_{ij}	E_{ij}	$O_{ij} - E_{ij}$	$(O_{ij} - E_{ij})^2$	$(O_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}$
1 - 1	12	13.28	-1.28	1.64	0.12
1 - 2	8	6.72	1.28	1.64	0.24
2 - 1	17	15.27	1.73	2.99	0.20
2 - 2	6	7.73	-1.73	2.99	0.39
3 - 1	12	12.61	-0.61	0.37	0.03
3 - 2	7	6.39	0.61	0.37	0.06
4 - 1	12	13.94	-1.94	3.76	0.27
4 - 2	9	7.06	1.94	3.76	0.53
5 - 1	12	12.61	-0.61	0.37	0.03
5 - 2	7	6.39	0.61	0.37	0.06
6 - 1	12	9.29	2.71	7.34	0.79
6 - 2	2	4.71	-2.71	7.34	1.56
7 - 1	0	0.00	0	0.00	0.00
7 - 2	0	0.00	0	0.00	0.00
รวม	**116**	**116**			**4.28**

ขั้นตอนที่ 8 สรุปผลความเป็นอิสระต่อกัน หรือไม่เป็นอิสระต่อกันระหว่างตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบกันโดยสรุปจากผลการคำนวณที่ได้จากตารางที่ 3 เนื่องจาก X^2_{cal} = 4.28 (ภาคผนวก ข แสดงผลการคำนวณค่าไคสแควร์ ตารางที่ข.4 วิเคราะห์ผู้ที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหน้า 111) < $X^2_{.95(6)}$ = 12.60 (ภาคผนวก ค) ตารางที่ ค.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไคสแควร์ จึงไม่ปฏิเสธ H0 แสดงว่าสัดส่วนของหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องระหว่างโครงการหน่วยงานรัฐบาลกับโครงการหน่วยงานอื่น ๆ ไม่เป็นอิสระต่อกัน

จากการสำรวจพบว่าหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมระหว่างหน่วยงานของรัฐบาลและหน่วยงานอื่น ๆ นั้นพบว่าบุคลากรในแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่ที่คล้ายกัน ไม่ว่าจะเป็นโครงการเล็กและโครงการใหญ่ และพบว่าทุกฝ่ายมีความตั้งใจในการทำงานในการทำหน้าที่ แต่ทั้งนี้ยังขาดการประสานงานและการตกลงทำความเข้าใจกันก่อนเข้าสู่ขั้นตอน ทั้งนี้พบว่าทุกฝ่ายพยายามทำหน้าที่เพื่อให้ฝ่ายตนเองได้ประโยชน์มากที่สุดเป็นหลัก จึงเป็นที่มาของความขัดแย้ง ทั้งนี้เนื่องจากว่าการประชุมเพื่อกำหนดแนวทางการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไม่มี

การตกลงกันถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนว่าควรดำเนินไปอย่างไรเช่นหลักเกณฑ์การทำงานรายละเอียดและกำหนดเวลาของเอกสารที่ต้องทำเป็นต้นทำให้เกิดปัญหาขึ้นเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารรวมถึงเกิดปัญหาเมื่อมีการใช้งานอาคาร

จากการศึกษาของพบว่าผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในโครงการที่ทำการศึกษานั้นแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1คือโครงการที่มีเพียงเจ้าของงาน และ ผู้รับเหมางานก่อสร้าง พบว่าเกิดขึ้นในโครงการขนาดเล็กโดยเจ้าของงานคิดว่าการมีหน่วยงานดังกล่าวเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้ม เจ้าของงานจึงเป็นผู้ทำการตรวจสอบและพิจารณาการแล้วเสร็จของงาน ทำให้เจ้าของงานได้งานที่พอใจมากที่สุด แต่อย่างไรก็ดีการที่ไม่มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่ผู้บริหารและควบคุมงานก่อสร้างนั้นได้เกิดผลเสียเช่นกันคือ เจ้าของงานซึ่งไม่มีความรู้ด้านวิศวกรรมการก่อสร้างสามารถที่จะตรวจสอบงานด้านความสวยงามแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถตรวจสอบงานที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของโครงสร้างได้หรือที่เกี่ยวกับงานด้านวิศวกรรมได้ และการตรวจสอบก็ไม่มีหลักการหรือวิธีการในการตรวจสอบทำให้เกิดการตรวจสอบที่ซ้ำซ้อน และในการต่อรองใด ๆ กับผู้รับเหมางานก่อสร้างไม่สามารถทำได้มากเนื่องจากผู้รับเหมางานก่อสร้างมักอ้างถึงประสบการณ์ที่มากกว่า

ประเภทที่ 2คือโครงการที่มีเจ้าของงาน ผู้บริหารโครงการและผู้ควบคุมงานก่อสร้าง และผู้รับเหมางานก่อสร้าง จากการศึกษาพบว่าเป็นลักษณะของโครงการขนาดกลางขึ้นไป เนื่องจากงานมีรายละเอียดที่ซับซ้อนขึ้น ทำให้เจ้าของงานไม่สามารถทำการบริหาร ควบคุม และตรวจสอบงานได้ด้วยตนเอง ซึ่งทำให้ได้งานที่มีคุณภาพถูกต้องตามหลักวิศวกรรม แต่ข้อเสียคือเจ้าของงานไม่สามารถได้งานที่ตนเองพึงพอใจเท่ากับที่ได้ควบคุมและตรวจสอบงานด้วยตนเอง

บรรณานุกรม

[1] United Stated Green Building Council หรือ USGBC. “Leadership in Energy and Environmental Design: LEED หลักเกณฑ์อาคารเขียวของสภาอาคารเขียวสหรัฐฯ” (1993)

[2] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ และสมาคมสถาปนิกสยามฯ.”เกณฑ์การประเมินอาคารเขียว” เมื่อครั้ง ลงนามร่วมกันจัดตั้งสถาบันอาคารเขียวไทย (2552)

O-EN03

การประเมินก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ธนวรกฤต โอฬารธนพร[1]*

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง52100 E-mail: tinlampang@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยการคำนวณและแสดงผลเป็นค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยใช้แนวทางการประเมินของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย โดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 ขอบเขตได้แก่ 1) ครอบคลุม การรั่วไหลของสารทำความเย็น การเกิดมีเทนจากบ่อกักเก็บน้ำเสีย2)ครอบคลุมการใช้พลังงานไฟฟ้า และ3)ครอบคลุมการใช้กระดาษ การใช้น้ำประปา เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในปีการศึกษา 2556 มีปริมาณเท่ากับ281.04 tonCO_2eq โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 99.78รองลงมาคือก๊าซเรือนกระจกจากบ่อกักเก็บ คิดเป็นร้อยละ 0.22 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในระบบส่องสว่าง ทำให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 561 .8 kgCO_2eq จากผลการประเมินที่ได้สามารถนำมาใช้ในการนำเสนอมาตรการในการบริหารจัดการและหาแนวทางลดการใช้พลังงาน ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และนำไปสู่การวางแผนปรับปรุงการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นจริงของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในปีการศึกษาต่อไป

คำสำคัญ:ก๊าซเรือนกระจก; การลดการใช้พลังงาน

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนและเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มาจากก๊าซเรือนกระจกซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์บ่งชี้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาเพิ่มขึ้น จึงทำให้ทั่วโลกเริ่มตระหนักถึงความสำคัญและหาแนวทางความร่วมมือในการลดก๊าซเรือนกระจก โดยที่วิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ซึ่งเป็นวิธีที่แสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีการปล่อยออกมาจากดำเนินการขององค์กร และยังสามารถพบว่าก๊าซเรือนกระจกสามารถเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั้งการใช้พลังงาน การทำการเกษตร การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การใช้ทรัพยากรและการทำลายสิ่งแวดล้อม และองค์กรการศึกษาก็เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแหล่งหนึ่งเช่นกัน ในปัจจุบันสถาบันการศึกษามีการขยายตัวในส่วนของการก่อสร้าง ปริมาณนักศึกษาและบุคลากรที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการใช้พลังงานที่สูงขึ้น เพื่อตอบสนองกิจกรรมด้านการศึกษาให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวล้วนก่อให้เกิดมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามมา เช่น ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ก๊าซเรือนกระจกเกิดจากการการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ร้อยละ 59.2 (ธนัท พูลประทิน และคณะ , 2554)[1].ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น จะพบว่า มีการปล่อยในปริมาณที่สูง ดังจะเห็นได้จากก๊าซเรือนกระจกของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีปริมาณเท่ากับ 3,648.18 tonCO_{2eq} โดยที่การใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด (Nida Chaimoon, 2014) [2]. จากประเด็นดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ในด้านการคิดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เพื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าก๊าซเรือนกระจกและหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะแสดงถึงความรับผิดชอบขององค์กรต่อสังคม และสามารถแนวผลที่ได้ไปใช้กับองค์กรอื่นๆในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตัวอย่างเช่น

Antonio Scipioni*et al*.,(2010) [3]. ได้ใช้วิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต สำหรับระบุกระบวนการและห่วงโซ่อุปทาน ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ใช้กรณีศึกษาของกลุ่มบริษัท Tetra Pak ซึ่งเป็นบริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์ของอาหาร การประเมินตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตพบว่ากระบวนการที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมที่บริษัทไม่ได้ควบคุมการดำเนินการนำมาคิดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตาม ISO 14064-1 ผลแสดงว่าการใช้พลังงานในองค์กรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมขององค์กร ที่องค์กรสามารถควบคุมการดำเนินการขององค์กรได้ เพื่อผลที่ได้จะสามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรได้อย่างถูกต้อง

Leticia, *et al*., (2011) **[4].** ได้ทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน มหาวิทยาลัย De Montfort โดยใช้หลักการของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยทำการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ขอบเขต ดังต่อไปนี้ 1) การใช้พลังงานในอาคาร คิดจากการปล่อยมลพิษทางตรงของอาคารและอุปกรณ์ต่างๆ 2) การเดินทาง โดยคิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและทางอ้อมจากการเดินทางของเจ้าหน้าที่ การเดินทางของนักศึกษา

และการเดินทางทัศนศึกษา 3) การจัดซื้อจัดจ้าง จากการขนส่งสินค้าของอุตสาหกรรม (ทางอ้อม) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสินค้าและบริการจากมหาวิทยาลัย (ไม่รวมพลังงานและการเดินทาง) ผลแสดงให้ทราบว่าการใช้พลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด งานวิจัยนี้ได้นำวิธีการการประเมินก๊าซเรือนกระจกมาใช้ เพื่อให้ทราบแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ครอบคลุมทุกกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประเมินก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางจะดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย(องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2556)[5] ซึ่งพัฒนาโดยอ้างอิงมาจากอนุกรมมาตรฐานISO 14064-1 [6]. และ Greenhouse Gas Protocol ของWorld Business Council for Sustainable Development (WBCSD) [7]

3.1 ขอบเขตการศึกษา

ทยาลัยราชภัฏลำปางคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิประกอบด้วยอาคาร4หลังในปี2556 มีจำนวน 60 คน การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานหรือกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ได้กำหนดขอบเขตรวบรวมแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control Approach) โดยจำแนกออกเป็น 3 ขอบเขต (Scope) ได้แก่

- ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงได้แก่การรั่วไหลของสารทำความเย็นบ่อกักเก็บน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

-ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานได้แก่การใช้พลังงานไฟฟ้า

-ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆได้แก่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆนอกเหนือจากที่ระบุไว้ในขอบเขตที่1 และ2ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อรายงานผลเพิ่มเติมได้โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับโดยกิจกรรมที่ประเมินในงานวิจัยนี้ได้แก่การใช้กระดาษขององค์กร

3.2 การจัดทำบัญชีรายการ

การจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม2555ถึงวันที่ 30 กันยายน2556 โดยแบ่งข้อมูลตามขอบเขตการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ข้อมูลกิจกรรมที่ได้รวบรวมจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางจะพิจารณากิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเท่านั้น

3.3 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง คำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ คูณค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emissions factors) ตามสมการที่ 1 และแสดงผลอยู่ในหน่วยของตันหรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq)

$$GHG_j = \sum (A_i x EF_j) \quad (1)$$

GHG คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกชนิดj

A คือข้อมูลปริมาณวัตถุดิบและพลังงานชนิดi

EF คือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซชนิดj ข้อมูลวัตถุดิบและพลังงานi จากนั้นแปลงค่าก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยคูณกับค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนในรอบ100 ปีตามสมการ (2)

$$GHG = \sum (E_i x GWP_{ij}) \quad (2)$$

GHG คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

E_iคือข้อมูลกิจกรรมแต่ละกิจกรรม

GWP คือค่าศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซชนิดj ปริมาณวัตถุดิบและพลังงานi ซึ่งเป็นค่าตัวเลขที่ระบุถึงผลกระทบของก๊าซชนิดนั้นๆในการทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกโดยค่าGWP ใช้ข้อมูลจากIPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

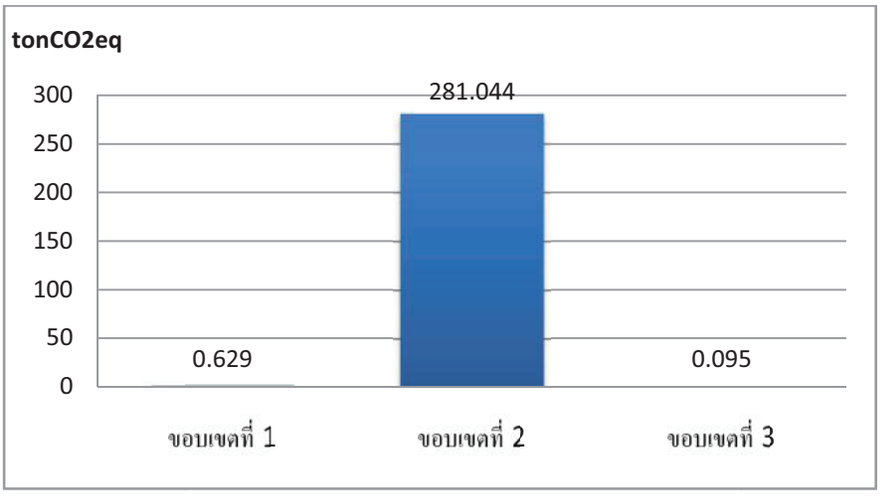
ตารางที่ 1 วิธีการจัดเก็บข้อมูลกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ขอบเขต	กิจกรรม	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	การได้มา	หลักฐาน
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยทางตรง	บ่อกักเก็บน้ำเสีย	Methane	50.01	kg	ตรวจวัดการใช้น้ำ	บันทึกการใช้น้ำ
	การรั่วไหลของสารทำความเย็น	R-22	3.00	kg	แบบสอบถามการตรวจซ่อม	ใบเสร็จค่าตรวจซ่อม

ขอบเขต	กิจกรรม	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	การได้มา	หลักฐาน
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยทางอ้อม	การใช้พลังงานไฟฟ้า	Electricity	483,475.00	kWh	บันทึกการใช้ไฟฟ้า	บันทึกการใช้ไฟฟ้า
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยทางอ้อมอื่นๆ	การใช้กระดาษ	กระดาษ	840	Kg	บันทึกการซื้อกระดาษ	ใบเสร็จค่ากระดาษ

4. ผลการประเมินและการอภิปรายผล

ผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางในปี2556 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 281,763.66 $kgCO_2$-eq แบ่งตามขอบเขตของการดำเนินงาน ประเภทที่ 1 มีปริมาณ 629.14 $kgCO_2$-eq ขอบเขตที่ 2 281,044.02 $kgCO_2$-eq และขอบเขตที่ 3 90.5 $kgCO_2$-eq ตามกราฟที่ 1



กราฟที่ 1ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามขอบเขตการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

จากผลการประเมิน สามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขอบเขต พบว่า พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึง 281,763.66 $kgCO_2$-e หรือเท่ากับร้อยละ 78.99 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดอันดับที่สองเป็นก๊าซเรือนกระจกจากบ่อกักเก็บเท่ากับ 629.14 $kgCO_2$-eq หรือร้อยละ0.22และอันดับที่สามคือการใช้กระดาษเท่ากับ 90.5 $kgCO_2$-eq ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ขอบเขต	กิจกรรม	ก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)	สัดส่วน (%)
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยทางตรง	บ่อกักเก็บน้ำเสีย	629.14	0.22
	การรั่วไหล R-22	2	0.00
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยทางอ้อม	การใช้ไฟฟ้า	281,044.02	99.78
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยทางอ้อมอื่นๆ	การใช้กระดาษ	90.5	0.00
	total	**281,763.66**	**100**

5. สรุปผล

การวิจัยนี้ใช้วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผลที่ได้จากการประเมินพบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า มีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 281,044.02 $kgCO_2$-eq หรือเท่ากับร้อยละ 99.78 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด รองลงมาเป็นก๊าซเรือนกระจกบ่อกักเก็บน้ำเสียเท่ากับ 629.14 $kgCO_2$-eq หรือร้อยละ 0.22 และอันดับที่สามคือก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระดาษ เท่ากับ 90.5 $kgCO_2$-eqการศึกษานี้ สามารถนำมาใช้เสนอแนะมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง รวมทั้งสามารถนำผลไปวางแผนการบริหารจัดการบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกในปีต่อไป ให้ถูกต้องตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยอย่างแท้จริง

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และข้อมูลในการจัดทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. ธนัท พูลประทิน และคณะ. 2554. การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์ แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, 10 – 11 พฤศจิกายน, 2554
2. Nida Chaimoon, 2557 Carbon Footprint of Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Thailand. International Conference on Green and Sustainable innovation (ICGSI 2014) p. 64
3. Antonio Scipioni*et al*., (2010). Voluntary GHG management using a life cycle approach. A case study. V 18. P.299-306
4. Leticia, *et al*., (2011). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. Journal of Cleaner Production 56. P.185-198
5. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). 2556. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. กรุงเทพ.
6. ISO 14064-1: 2006, Greenhouse Gas Part-1: Specification with guidance at the Organization level for quantification and reporting of GHG emission and removals.
7. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) 2004. The GHG Protocol for Project Accounting

O-EN04

การดูดซับฟีนอลและสีย้อมจากสารละลายด้วยลีโอนาร์ไดต์และดินแดง

อาทิตย์ อัศวสุขี*,ชลหวรรณ คำภูแสน, อัจฉรา เก่งนอก, นิติ กองสิน, นฤมล งามดี

ห้องปฏิบัติการวิจัยตัวเร่งปฏิกิริยาและวัสดุนาโนเพื่อพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000 E-mail: ausavasukhi@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำลีโอนาร์ไดต์และดินแดงซึ่งเป็นวัสดุที่มีมูลค่าต่ำจากเหมืองแร่ลิกไนต์อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปางมาใช้ในการดูดซับฟีนอลและสีย้อมรวมถึงอินดิเคเตอร์ซึ่งใช้เป็นแบบจำลองของสีย้อมจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ รีแอคทีฟเรด พี8บี (Reactivered P8B), แอซิดบลู5อาร์ (Acidblue 5R), ไดเรคต์สการ์เล็ต4บีเอส (Directscarlet 4BS), คองโก เรด (Congored), และเมทิลออเรนจ์ (Methylorange) จากสารละลาย จากผลการทดลองพบว่าลีโอนาร์ไดต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลและสีย้อมจากสารละลายสูงกว่าดินแดง เมื่อนำลีโอนาร์ไดต์ซึ่งมีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบในธรรมชาติ เช่น กรดฮิวมิค (Humicacid) กรดฟูลวิค (Fulvicacid) มาปรับสภาพทางความร้อนด้วยกระบวนการคาร์โบไนเซชัน (Carbonization) ที่อุณหภูมิ 300-900 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงพบว่าให้ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลสูงขึ้น แต่ในกรณีของการดูดซับสีย้อมมีทั้งให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงขึ้นและลดต่ำลงขึ้นกับชนิดของสีย้อม ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพขั้วและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ

คำสำคัญ:การดูดซับ;ฟีนอล; สีย้อม; ลีโอนาร์ไดต์; ดินแดง

1. บทนำ

การทำเหมืองแร่ลิกไนต์ที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปางนอกจากจะได้ถ่านหินลิกไนต์ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว จะมีผลผลิตที่เป็นมูลแร่มูลดินทรายซึ่งเป็นดินปนถ่านหินแทรกอยู่ด้วยซึ่งเรียกว่า “ลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite)” [1] และ “ดินแดง (Red clay)”[2] ส่วนเหลือทิ้งจากการทำเหมืองแร่นี้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนกลายเป็นปัญหาในการจัดการ ภายหลังจึงได้มีความสนใจที่จะเพิ่มมูลค่าของของเหลือทิ้งดังกล่าว ตัวอย่างเช่นมีการค้นพบว่าลีโอนาร์ไดต์มีองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร [1, 3] ได้แก่กรดฮิวมิค (Humic acid) กรดฟูลวิค (Fulvic acid) ฮิวมิน (Humin) และมีโลหะอื่นๆจึงมีการศึกษาการสกัดสารเหล่านี้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร [3] รวมถึงการใช้ดินแดงเป็นส่วนผสมในปุ๋ย [2] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการนำลีโอนาร์ไดต์และดินแดงไปใช้เป็นตัวดูดซับ (Adsorbent) โลหะหนักด้วย [4-5] รวมถึงสารพอลิไซคลิกอะโรเมติกส์ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs) [6]

จากการศึกษางานวิจัยในเบื้องต้นพบว่าลีโอร์นาไดต์ มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างหลักเป็นอะโรเมติกส์พอลิเมอร์ (Aromatic polymer) ของสารฟีนอลิก (Phenolic compound) และมีหมู่ฟังก์ชันของเอมีน แอลดีไฮด์รวมอยู่ด้วย [1, 6] สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่และมีวงอะโรเมติกส์เป็นส่วนประกอบนี้จะมีความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่และมีวงอะโรเมติกส์เป็นส่วนประกอบ และมีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน เช่น สารพอลิไซคลิกอะโรเมติกส์ [6] รวมถึงสีย้อมซึ่งโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วยวงอะโรเมติกส์ และเมื่อทำการปรับสภาพสารอินทรีย์ที่อยู่ภายในโครงสร้างของลีโอนาร์ไดต์จะเกิดการแปรสภาพทางความร้อนที่อุณหภูมิสูงเปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) [7] จะทำให้มีรูพรุน และสภาพขั้วที่เปลี่ยนแปลงเป็นผลให้ความสามารถในการดูดซับเปลี่ยนแปลงไปด้วย นอกจากนี้ลีโอนาร์ไดต์ยังมีส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ของยิบซัม (Gypsum) แคลไซต์ (Calcite) เกาลิไนต์ (Kaolinite) มัสโคไวต์(Muscovite) ควอตซ์ (Quartz) และไอร์ออน(II) ซัลไฟด์ (Iron(II) sulfide) [1] ซึ่งสามารถมีอันตรกิริยา (Interaction) กับสีย้อมทำให้มีศักยภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีของดินแดงพบว่ามีแร่เคลย์ (Clay mineral) ของฮัลลอยไซต์ (Halloysite) และแร่เหล็กเป็นส่วนประกอบ [5] ดังนั้นลีโอนาร์ไดต์และดินแดงซึ่งมีสารอินทรีย์และ/หรือสารอนินทรีย์นี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นตัวดูดซับโดยตำแหน่งที่ว่องไวต่อการดูดซับอาจเป็นออกซิเจนที่พื้นผิวที่ต่อกับคาร์บอนซึ่งมีสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส [8] หรือตำแหน่งที่ว่องไวต่อการดูดซับเป็นโลหะแทรนซิชันซึ่งอยู่บนตัวดูดซับ [9] หรือการดูดซับเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ตัวดูดซับมีรูพรุนขนาดเล็ก [10]

สารประกอบกลุ่มฟีนอล (Phenolic compounds) เป็นกลุ่มสารที่ถูกใช้มากในภาคเกษตรกรรมเช่น สารฆ่าแมลงสารปราบศัตรูพืชและในภาคอุตสาหกรรมเช่น สีย้อม [11-12] การกำจัดที่ไม่ถูกวิธีทำให้สารประกอบฟีนอลส่วนหนึ่งปนเปื้อนเข้าสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตสารประกอบฟีนอลจัดเป็นสารเคมีอันตรายมีความเป็นพิษสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟีนอลสามารถแพร่เข้าสู่ร่างกายโดยผ่านการดูดซึมทางผิวหนังได้ทำให้เกิดอาการปวดหัวหน้ามืดหรือทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและตานอกจากนี้อุตสาหกรรมสิ่งทอซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญของประเทศไทยโดยในปีหนึ่งๆโรงงานฟอกย้อมจะใช้สีย้อมผ้าเป็นจำนวนมาก [13] และมีการปล่อยน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสีย้อมผ้าออกมาสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณที่มากตามไปด้วยเช่นกัน จนก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษและทัศนียภาพทางสิ่งแวดล้อม [14] นอกจากนี้สีย้อมผ้าแทบทุกชนิด

มีส่วนประกอบที่เป็นพิษย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก สีที่ปนเปื้อนลงไปในแหล่งน้ำยังมีผลบดบังการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนและพืชน้ำซึ่งมีผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศโดยตรง

กระบวนการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียทำได้โดยวิธีทางกายภาพเคมีและชีวภาพ[15]การใช้กระบวนการดูดซับ (Adsorption) เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีการนำมาใช้เทคโนโลยีนี้ประกอบด้วยตัวดูดซับ (Adsorbent) ที่ใช้เป็นตัวจับฟีนอลและสีย้อมที่ปนเปื้อนในน้ำเสียเทคโนโลยีนี้ไม่เพียงแต่มีประสิทธิภาพและมีค่าใช้จ่ายน้อยเท่านั้นแต่ยังเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรต่อระบบนิเวศในธรรมชาติอีกด้วย [16] การศึกษากระบวนการดูดซับฟีนอลและสีย้อมสามารถทำได้โดยใช้ตัวดูดซับชนิดต่างๆ เช่น ถ่านหิน เถ้าลอย ไม้ ซิลิกา ถ่านกำมันต์ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (เช่น กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย แกลบ) ซีโอไลต์และเคลย์ [17-20] อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลและสีย้อมด้วยลิโอนาร์ไดต์และดินแดงยังมีอยู่อย่างจำกัดดังนั้นในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาการกำจัดฟีนอลและสีย้อมรวมถึงอินดิเคเตอร์ซึ่งใช้เป็นแบบจำลองของสีย้อมจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ รีแอคทีฟเรด ฟี8บี, แอซิดบลู5อาร์, ไดเรคต์สการ์เล็ต4บีเอส, คองโก เรด, และเมทิลออเรนจ์จากสารละลายโดยการใช้ลิโอนาร์ไดต์และดินแดงที่ได้จากเหมืองแม่เมาะเป็นตัวดูดซับ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของการปรับสภาพลิโอนาร์ไดต์ด้วยกระบวนการทางความร้อนต่อประสิทธิภาพการดูดซับอีกด้วย

2. วิธีการทดลอง

2.1. การปรับสภาพทางความร้อนด้วยกระบวนการคาร์โบไนเซชัน (Carbonization)

ให้ความร้อนกับลิโอนาร์ไดต์ที่อุณหภูมิ 300, 500, 700 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง ด้วยอัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในเตาเผาแล้วจึงนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น สารที่เตรียมได้ในขั้นตอนนี้เรียกว่า Leo (300), Leo (500), Leo (700) และ Leo (900) ตามลำดับ

2.2. การตรวจสมบัติของตัวดูดซับด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโทรสโคปี

นำตัวอย่างประมาณ 50 มิลลิกรัม ใส่ภาชนะบรรจุ และนำมาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันตั้งแต่เลขคลื่น 4000-400 เซนติเมตร$^{-1}$

2.3.การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ

2.3.1.การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอล

เตรียมสารละลายฟีนอลความเข้มข้น 1000มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายนี้จำนวน 50 มิลลิลิตร ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 7เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายฟีนอลความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่ายสารละลายนี้จำนวน 200 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด500 มิลลิลิตร เติมตัวดูดซับจำนวน 0.10กรัมปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง กรองเอาตัวดูดซับออก จากนั้นเจือจางสารละลายที่กรองได้จำนวน 10 เท่า โดยปรับพีเอชให้เป็น 7 วัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟีนอลด้วยเครื่องอุลตราไวโอเลตวิซิเบิลสเปคโทรมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น270นาโนเมตร

2.3.2. การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมรวมถึงอินดิเคเตอร์ซึ่งใช้เป็นแบบจำลองของสีย้อมจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ รีแอคทีฟเรด ฟี8บี, แอซิดบลู5อาร์, ไดเรคต์สการ์เล็ต4บีเอส, คองโก เรด, และเมทิลออเรนจ์ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายนี้จำนวน 50 มิลลิลิตร ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 7 เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายสีย้อมความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่ายสารละลายนี้จำนวน 200 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมตัวดูดซับจำนวน 0.25 กรัมปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง กรองเอาตัวดูดซับออก จากนั้นเจือจางสารละลายที่กรองได้จำนวน 10 เท่า โดยปรับพีเอชให้เป็น 7 วัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสีย้อมด้วยเครื่องอุลตราไวโอเลตวิซิเบิลสเปคโทรมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นสูงสุด (ขึ้นกับชนิดของสีย้อม)

2.3.3.การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดูดซับ

ภายหลังจากการทดสอบการดูดซับ และเจือจางสารละลายฟีนอลและสีย้อมจนมีความเข้มข้นที่เหมาะสม สามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซับจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซับ} = [(C_o-C_t)/C_o] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ C_o,C_t คือ ความเข้มข้นของฟีนอลหรือสีย้อมก่อนและหลังจากการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

และสามารถคำนวณค่าปริมาณฟีนอลหรือสีย้อมที่ถูกดูดซับบนตัวดูดซับ (q_t) จากสมการ

$$q_t = [(C_o-C_t)V]/m \quad (2)$$

เมื่อ q_t คือ ปริมาณของฟีนอลหรือสีย้อมที่ถูกดูดซับบนตัวดูดซับ(มิลลิกรัมต่อกรัม)

C_o, C_t คือ ความเข้มข้นของฟีนอลหรือสีย้อมก่อนและหลังการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

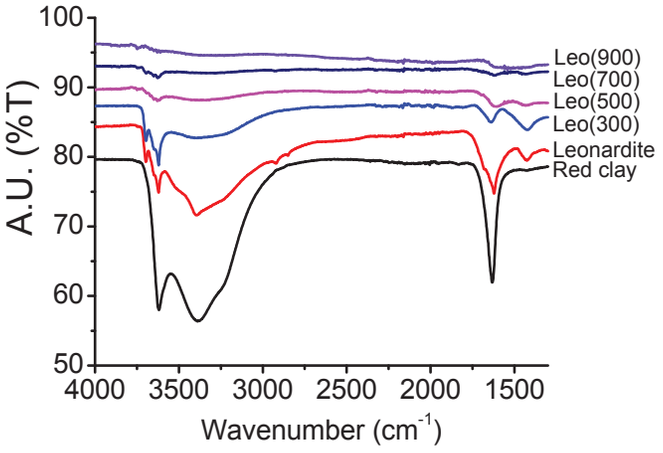
m คือ น้ำหนักของตัวดูดซับ (กรัม)

V คือ ปริมาตรของสารละลายฟีนอลหรือสีย้อมที่ใช้ทดสอบการดูดซับ (ลิตร)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1. สมบัติของตัวดูดซับ

ผลการวิเคราะห์ตัวดูดซับด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโทรสโคปีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: สเปคทราการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของตัวดูดซับ

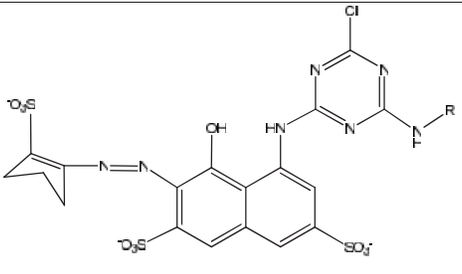
จากรูปที่ 1 พบว่าดินแดงให้พีคของการสั่นเนื่องจากพันธะของO-H อย่างชัดเจนที่เลขคลื่น 3600-3200 เซนติเมตร$^{-1}$และ 1630 เซนติเมตร$^{-1}$ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำที่ปนอยู่ในดินแดงรวมถึงหมู่ไฮดรอกซิลของเหล็ก(Fe-OH) และซิลิกอน (Si-OH)ที่อยู่ในดินแดง ในขณะที่ลีโอนาร์ไดต์ให้พีคการสั่นของพันธะ O-H ที่เลขคลื่นใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบพีคของการสั่นที่เลขคลื่น2930 และ 2870 เซนติเมตร$^{-1}$ซึ่งแสดงการสั่นแบบยืดของพันธะC-Hที่เลขคลื่น 1665เซนติเมตร$^{-1}$ซึ่งแสดงการสั่นแบบยืดของพันธะC=O และที่เลขคลื่น 1640และ 1430 เซนติเมตร$^{-1}$ซึ่งแสดงการสั่นแบบยืดของพันธะC=Cในวงอะโรเมติกส์ แสดงว่าลีโอนาร์ไดต์มีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าลีโอนาร์ไดต์ในธรรมชาติมีกรดฮิวมิคกรดฟูลวิคฮิวมินปนอยู่[3] เมื่อทำการปรับสภาพทางความร้อนด้วยกระบวนการคาร์โบไนเซชันพบว่าพีคของการสั่นเหล่านี้ลดลง แสดงว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในลีโอนาร์ไดต์เกิดการสลายตัวทางความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับสภาพทางความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 700 องศาเซลเซียสขึ้นไป

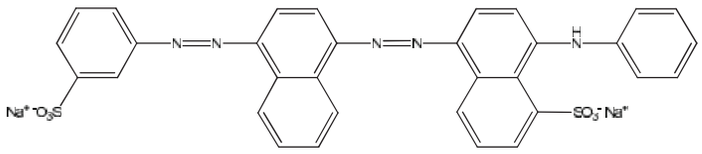
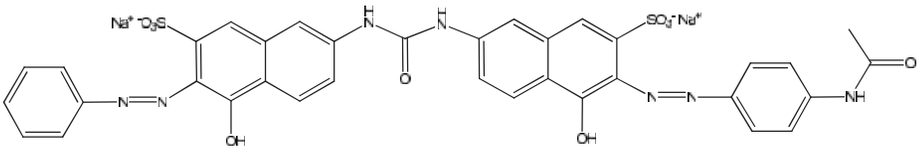
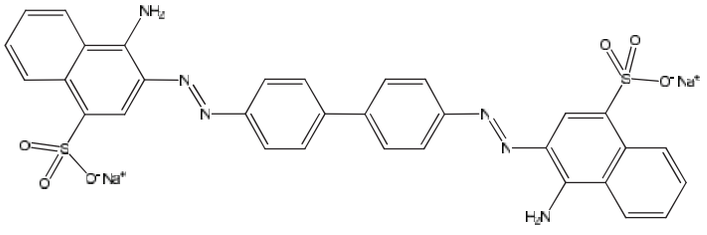
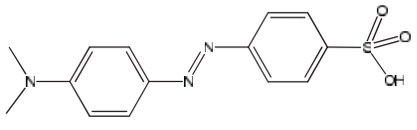
3.2. ประสิทธิภาพในการดูดซับ

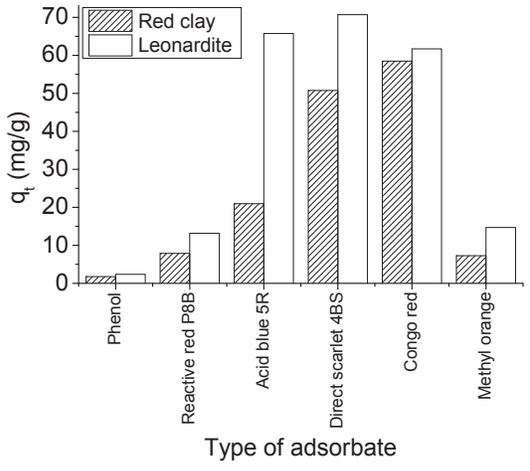
เมื่อนำดินแดงและลีโอนาร์ไดต์มาศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของฟีนอลและสีย้อมรวมถึงอินดิเคเตอร์ซึ่งใช้เป็นแบบจำลองของสีย้อมซึ่งแสดงโครงสร้างดังตารางที่ 1 และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของดินแดงและลีโอนาร์ไดต์ให้ผลการทดลองดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 พบว่าดินแดงให้ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลและสีย้อมทั้ง 5 ชนิดต่ำกว่าลีโอนาร์ไดต์ทั้งนี้อาจเนื่องจากลีโอนาร์ไดต์มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ได้แก่ กรดฮิวมิคกรดฟูลวิคฮิวมินซึ่งสารเหล่านี้มีสภาพขั้วใกล้เคียงกับฟีนอลและสีย้อมทำให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างสารอินทรีย์ในส่วนประกอบของลีโอนาร์ไดต์และสารอินทรีย์ในสารละลาย (ฟีนอลและสีย้อม) ทำให้เกิดการดูดซับได้ดีขึ้น ส่วนในกรณีของดินแดงอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นกับฟีนอลและสีย้อมอาจเกิดขึ้นเนื่องจากแร่ธาตุ เช่น เหล็กซึ่งเป็นส่วนประกอบในดินแดง

ตารางที่ 1 โครงสร้างของสารที่ใช้เป็นแบบจำลองในการดูดซับ

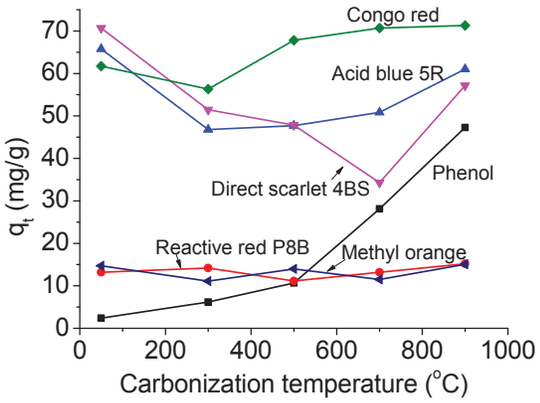
สาร	สูตรโครงสร้าง
รีแอคทีฟ เรด พี8บี [9]	

แอซิด บลู5อาร์ [21]	
ไดเรคต์สการ์เล็ต 4บีเอส [22]	
คองโกเรด [23]	
เมทิลออเรนจ์ [24]	



รูปที่ 2: เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของดินแดงและลีโอนาร์ไดต์

เมื่อนำลีโอนาร์ไดต์มาปรับสภาพทางความร้อนด้วยกระบวนการคาร์โบไนเซชันที่อุณหภูมิ 300-900 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงและนำมาศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับให้ผลการทดลองดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: อุณหภูมิของการคาร์บอไนเซชันต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

จากรูปที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบการใช้ลิโอนาร์ไดต์ที่ยังไม่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนกับลิโอนาร์ไดต์ที่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนที่อุณหภูมิ 300, 500, 700 และ 900 องศาเซลเซียสพบว่าลิโอนาร์ไดต์ที่ได้รับการปรับสภาพทางความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลสูงขึ้น ส่วนในกรณีของการดูดซับรีแอคทีฟเรด พี8บี, และเมทิลออเรนจ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการปรับสภาพทางความร้อนไม่ส่งผลต่อการดูดซับมากนัก แต่ในกรณีของการดูดซับแอซิดบลู5อาร์, ไดเรคต์สการ์เล็ต4บีเอส, และคองโก เรดการปรับสภาพทางความร้อนส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับโดยประสิทธิภาพในการดูดซับมีทั้งสูงขึ้นและลดต่ำลงขึ้นกับชนิดของสีย้อม ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพขั้วและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ[25] โดยการปรับสภาพทางความร้อนจะทำให้หมู่ฟังก์ชันที่เคยเป็นตำแหน่งที่ว่องไวในการดูดซับ (Adsorption site) เช่นคาร์บอกซิลิก แอนไฮไดรด์(Carboxylic anhydride) แลกโทน (Lactone) หรือแลกทอล(Lactol) [8] ลดต่ำลงทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับของลิโอนาร์ไดต์ที่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนมีค่าลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับลิโอนาร์ไดต์ที่ยังไม่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อน ในขณะเดียวกันการปรับสภาพทางความร้อนก็จะช่วยกำจัดสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายในลิโอนาร์ไดต์รวมถึงกระตุ้นสารอินทรีย์ที่อยู่ในลิโอนาร์ไดต์ให้เปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์ทำให้พื้นที่ผิวของลิโอนาร์ไดต์ภายหลังการปรับสภาพทางความร้อนมีค่าสูงขึ้น และส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับของลิโอนาร์ไดต์ที่ผ่านการปรับสภาพทางความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ด้วยอิทธิผลของปัจจัยทั้งสองนี้จึงทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับของลิโอนาร์ไดต์ที่ผ่านกระบวนการคาร์โบไนเซชันมีค่าแตกต่างไปจากเดิม

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำลิโอนาร์ไดต์และดินแดงมาใช้ในการดูดซับฟีนอลและสีย้อมรวมถึงอินดิเคเตอร์ซึ่งใช้เป็นแบบจำลองของสีย้อม ซึ่งลิโอนาร์ไดต์ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลและสีย้อมจากสารละลายสูงกว่าดินแดง ในขณะที่เมื่อนำลิโอนาร์ไดต์มาปรับสภาพทางความร้อนด้วยกระบวนการคาร์โบไนเซชันพบว่าให้ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลสูงขึ้น แต่ในกรณีของการดูดซับสีย้อมมีทั้งให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงขึ้นและลดต่ำลงขึ้นกับชนิดของสีย้อมเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพขั้วและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยตามโครงการความร่วมมือระหว่างการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (สัญญาเลขที่ RDG57D0001)

เอกสารอ้างอิง

[1] วิวัฒน์โตธิรกุล, พลยุทธศุขสมิติ,จินดารัตน์โตกมลธรรม,2552,“การเตรียมสารประกอบเกลือฮิวเมตจากดินปนถ่านหินจากเหมืองลิกไนต์แม่เมาะจังหวัดลำปาง”, www.dpim.go.th/articles/article?catid=128&articleid=701 [5 สิงหาคม 2557].

[2] SutisaPinitpaitoon, 2012,“Enhancing Productivity of Red Clay Soil for Maize Cropping byOrganic Fertilizer Application in Combination with Mineral Fertilizers”,Graduate School, Kasetsart University.

[3] วิวัฒน์โตธิรกุล, 2550,“ดินปนถ่านหินเพื่อการเกษตรกรรม”, www.dpim.go.th/purchase/article?catid=128&articleid=2011[5 สิงหาคม 2557].

[4] Lao, C., Zeledo´n, Z., Gamisans, X., Sole´, M., 2005,“Sorption of Cd(II) and Pb(II) from Aqueous Solutions by a Low-rank Coal (Leonardite)”, Separation and Purification Technology, 45, 79-85.

[5] Santana Tantiwit, 2011,“Arsenic Removal from Gold Mine Water by Using Red Clay as Adsorbent”,Graduate School, Chiang Mai University.

[6] Zeledo´n, Z., Lao, C., Xavier, F., Sole, M., 2007,“Removal of PAHs from Water Using an Immature Coal (Leonardite)”, Chemosphere, 67, 505-512

[7] Young, B.C., Olson, E.S., Knudson, C.L., Timpe, R.C.,“Activated Carbons from North Dakota Lignite and Leonardite”, web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/40_2_ANAHEIM_04-95_0280.pdf[5 August2014].

[8] Boehm, H.P., 2002, “Surface Oxides on Carbon and Their Analysis: A Critical Assessment”, Carbon 40, 145-149.

[9] Peter, H., Roger, F.S., Christopher, R.L., 1984, “Studies on the Nature of Transition-metal-ion-Mediated Binding of Triazine Dyes to Enzymes”, European Journal of Biochemistry, 144, 135-142.

[10] Pan, B., Xing, B., 2008, “Adsorption Mechanisms of Organic Chemicals onCarbon Nanotubes”,Environmental Science & Technology, 42(24), 9005-9013.

[11] Wu, Y., Taylor, K.E., Biswas, N., Bewtra, J.A., 1997, “Comparison of Additive in the Remove of Phenol Compound by Peroxidase-catalyzed Polymerization”, Water Research, 31, 2699-2704.

[12] Caza, N., Bewtra, J.A., Biswas, N., Taylor, K.E, 1998, “Removal of Phenolic Compounds from Synthetic Wastewater UsingSoybean Peroxidase”, Water Research, 33, 3012-3018.

[13] สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2555,“สถานการณ์สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย ปี 2554”, www.thaitextile.org/main/index_t.php [5 สิงหาคม 2557].

[14] ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, 2555,“ปัญหามลพิษจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ”, teenet.tei.or.th/Knowledge/weave2.html.[5 สิงหาคม 2557].

[15] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2550,วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม,พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[16] เดชา ฉัตรศิริเวช, 2552,กระบวนการดูดซับ,พิมพ์ครั้งที่ 1,กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[17] Mall, I.D., Srivastava, V.C., Agarwall, N.K., and Mishra, I.M., 2005, “Removal of Congo Red from Aqueous Solution by Bagasse Fly Ash and Activated Carbon: Kinetic Study and Equilibrium Isotherm Analysis”, Chemosphere, 61, 492-501.

[18] Dogan, M., Alkan, M.,Onguner, Y., 2000,“Adsorption of Methylene Blue on Perlite from Aqueous Solutions”, Water, Air, and Soil Pollution, 120, 229-248.

[19] Ozacar, M.,Sengil, I.A., 2005,“A Kinetic Study of Metal Complex Dye Sorption onto Pine Sawdust”,Process Biochemistry, 40, 565-572.

[20] Annadurai, G., Juang, R.S., Lee, D.J., 2002,“Use of Cellulose-based Wastes for Adsorption of Dyes from Aqueous Solutions”, Journal of Hazardous Materials, 92, 263-274.

[21] Mehdi, S.S., Seyed, J.J., Omid, G., Imsoon, K., Seung-Mok, L., Jae-Kyu, Y., 2014, “Removal of Acid Blue 113 and Reactive Black 5 Dye from Aqueous Solutions by Activated Red Mud”, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20, 1432-1437.

[22] Yuman, L., Zuliang, C., Mallavarapu, M., Ravendra, N., 2012, “Degradation of Scarlet 4BS in Aqueous Solution Using Bimetallic Fe/Ni Nanoparticles”, Journal of Colloid and Interface Science, 381, 30-35.

[23] Asma, M., Mohamed, F.N., Ammar, H., 2014, “Doping Level Effect on Visible-light Irradiation W-doped TiO_2-anatase Photocatalysts for Congo Red Photodegradation”, ComptesRendusChimie, 17, 818-823.

[24] Nidhi, G., Bonamali, P., 2014, “Core-shell Structure of Metal Loaded CdS-SiO_2Hybrid Nanocomposites for Complete Photomineralization of Methyl Orange by Visible Light”, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 391, 158-167.

[25] Wenjin, Y., Dingcai, W., Ruowen, F., 2008, “Effect of Surface Chemistry on the Adsorption of Basic Dyes on Carbon Aerogels”, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 312, 118-124.

O-EN05

การผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วทิ้ง

Roof Production from fluff Coconut mixing waste drink boxs.

ณิชาภา มินาบูลย์ *, สิริชัย จิรวงศ์นุสรณ์ และชัชชติภัช จิตมณี

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170 E-mail: nichapha.min@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วทิ้ง โดยผสมวัสดุธรรมชาติ คือ ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 20 โดยน้ำหนัก ทำการผลิตกระเบื้องหลังคาโดยใช้วิธีรีดร้อน จากนั้นนำผลที่ได้มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ , ลักษณะทางด้านมิติ , การดูดซึมน้ำ, ความแข็งแรงตามขวาง ,การรั่วซึมน้ำ และการนำความร้อนของกระเบื้องมุงหลังคาตามมาตรฐานการผลิตกระเบื้องหลังคา (มอก.535-2527) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของขยะทางด้านอุตสาหกรรม และของเหลือทางด้านเกษตรกรรม เพื่อนำมาเป็นวัสดุทางเลือกในการผลิตกระเบื้องหลังคาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางด้านมิติ,การดูดซึมน้ำ, ความแข็งแรงตามขวาง ,การรั่วซึมน้ำ และ การนำความร้อนของกระเบื้องมุงหลังคา พบว่ากระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วทิ้ง ที่ผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วน ร้อยละ 5 มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตกระเบื้องหลังคา (มอก.535-2527) และการผสมขุยมะพร้าวตั้งแต่ร้อยละ 10 ขึ้นไป จะทำให้กระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้มีค่าการดูดซึมน้ำมากและไม่เป็นไปมาตรฐานการผลิตกระเบื้องหลังคา (มอก.535-2527) ผลการศึกษายังพบว่านอกจากขุยมะพร้าวแล้วยังมีวัสดุที่นำมาผลิตกระเบื้องหลังคาผสมกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วทิ้งได้อีก เช่น กากอ้อย , เส้นใยวัสดุทางการเกษตร และขี้เลื่อย

คำสำคัญ : กระเบื้องมุงหลังคา, ขุยมะพร้าว และวัสดุเหลือใช้

1.บทนำ

ประเทศไทยมีรายได้หลักที่เกิดจากการส่งออกคือการเกษตร ซึ่งแต่ละปีจะมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ถูกนำไปแปรรูปเป็นพลังงาน แต่ยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่ต้องเผาทำลาย ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อันใด ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยอาศัยอยู่ในชนบทซึ่งมีอาชีพเกษตรกรรม สภาพที่อยู่อาศัยของชาวชนบทเหล่านี้มักทำด้วยวัสดุที่ไม่ถาวรและหาได้ง่ายในพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องความร้อนภายในอาคาร ทำให้อยู่อาศัยไม่สบาย แต่หากพิจารณาสภาพการทำงานในภาคเกษตรกรรมแล้ว จะเห็นว่ามีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรเกิดขึ้น ในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก และมีความหลากหลาย เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ขุยมะพร้าว ซังข้าวโพด ต้นมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งมีหน่วยงานและองค์กรหลายแห่ง ได้ให้ความสนใจที่จะนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ เช่น ทำเป็นอาหารสัตว์ ผลิตพลังงาน เป็นต้น ส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็น วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารที่สามารถผลิตได้โดยชาวชนบทเองมีขบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน หรือเพื่อให้เป็นวัสดุทางเลือกเพิ่มเติม พบว่ายังไม่ได้มีการพัฒนาเท่าที่ควร

มีสิ่งของหลากหลายสิ่งที่เราใช้อยู่ในชีวิตประจำวันที่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ แต่สิ่งที่คิดเป็นปริมาณมหาศาลในแต่ละวันจากการดื่มกินนั่นก็คือ“กล่องเครื่องดื่ม”ทุกวันนี้ผู้คนทั่วโลกบริโภคน้ำ นม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มอื่นๆ วันละมากกว่า 14,000 ล้านลิตร และมีกล่องเครื่องดื่มจำนวนไม่น้อยที่ถูกทิ้ง ทั้ง ๆ ที่ทุกส่วนใน “กล่องเครื่องดื่ม” ทั้งที่เป็นกระดาษ พลาสติก และอะลูมิเนียมฟอยล์ ยังสามารถนำกลับมา “รีไซเคิล” ใช้ประโยชน์ได้ 100% ปัจจุบันกล่องเครื่องดื่ม เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติกล่องปลอดเชื้อที่คงคุณค่า และเก็บความสดใหม่ให้กับเครื่องดื่มได้นานถึง 6 เดือนโดยไม่ต้องใส่วัตถุกันเสีย และไม่ต้องแช่เย็น จึงปลอดภัย สำหรับผู้บริโภคทุกวัย โดยเฉพาะกับเด็กๆ ที่ต้องดื่มนมเป็นประจำ เมื่อไม่ต้องแช่เย็นก็ไม่ต้อง เปลืองค่าไฟ น้ำหนัก กล่องเบายังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการขนส่ง กระดาษซึ่งเป็นวัสดุหลักในการผลิตกล่อง มาจากสวนป่า ที่ปลูกทดแทนต่อเนื่องพร้อมหมุนเวียนมาใช้ใหม่ (renewable) จึงไม่ต้องทำลายป่าไม้จากธรรมชาติ กล่องเครื่องดื่ม จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่รักษาสิ่งแวดล้อมตั้งแต่กระบวนการผลิต จนถึงการนำไปรีไซเคิล ซึ่งไม่มีส่วนใด เหลือทิ้งเป็นขยะเลย และในแต่ละปีกล่องเครื่องดื่มกว่า 3,000 ล้านใบ ถูกทิ้งไปโดยไม่มีใครรู้ถึงคุณค่า ว่ามันสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ [1]

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีความคิดที่จะทำโครงการวิจัยเรื่อง“การผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว” ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการการศึกษาความเป็นไปได้การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรคือขุยมะพร้าว [2] นำมาผสมกับกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วเพื่อผลิตเป็นกระเบื้องหลังคาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการผลิตแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตจากขุยมะพร้าวและกล่องนมในงานวิจัยนี้ จะไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ในการผสม จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นฉนวน ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เครื่องมืออุปกรณ์

2.1.1 เครื่องตีเยื่อกระดาษมีลักษณะเป็นกล่องเหล็กขนาดเท่ากับ 55 x 45 x 90 เซนติเมตร และติดใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ มีใบมีดตีเยื่อ 10 ใบ สามารถตีเยื่อกระดาษได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม



ภาพที่ 1 แสดงถังปั่นแยกเยื่อกระดาษ

2.1.2 เครื่องบดแบบละเอียด ยี่ห้อโรเวอร์ ROVER-09885 เครื่องบดแบบละเอียด (CHIP & SHRED) เครื่องยนต์ 3.5 แรงม้า มอเตอร์ 2.42 กิโลวัตต์ 240 โวลต์ 50 เฮิร์ท สามารถบดวัตถุให้ได้ขนาดเล็กถึง 70 มม. และผ่าให้บางจนละเอียดด้วยการใช้มีด เครื่องบดละเอียดเป็นการบดวัสดุที่จะทำการศึกษาให้มีขนาดอยู่ที่ 2 ± 0.5 มม.



ภาพที่ 2 เครื่องบดละเอียด

2.1.3 เครื่องอัดร้อน ยี่ห้อ PAGNONI – MONZA ITALY มอเตอร์ขับ ขนาด 75 กิโลวัตต์ เครื่องใช้น้ำมันในการขับเคลื่อน (Hydraulic Pump) ขนาดตัวเครื่อง 1.00 เมตร x 2.50 เมตร สามารถส่งกำลังการอัดได้ถึง 13 ตัน ขนาดหน้ากว้าง 2.30 เมตร สามารถสร้างความร้อนได้ตั้งแต่ 0 – 1200 องศาเซลเซียส มีเกจบอกแรงดันพร้อมสามารถตั้งเวลาการทำงานได้ สามารถใช้งานได้นานติดต่อกัน 70 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 เครื่องอัดร้อน

2.1.4 ตู้อบระบบลมร้อน-ไฟฟ้า 24 ถาด (ELECTRIC CONVECTION OVEN) ตู้สำหรับอบแห้งไล่ความชื้นได้สม่ำเสมอทั่วทั้งตู้ โดยใช้ลมร้อนเป่าหมุนเวียนและใช้ไฟฟ้าให้ความร้อน โครงสร้างตู้ภายนอก กว้าง 160 ซม. ลึก114 ซม. สูง 168 ซม ขนาดภายใน กว้าง 124 ซม. ลึก 94 ซม. สูง 127 ซม. วัสดุที่ใช้ผลิตด้วยสแตนเลส แผ่นเกรด AISI304 หนา 1.2 มม.เป็นตู้อบระบบหมุนเวียนอากาศร้อนด้วยพัดลม เป่าลมให้ไหลเวียนจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของตู้โดยกระจายผ่านรูที่ผนังข้างตู้ และมีช่องระบายลมและความชื้นออกที่ด้านบนของตู้ มอเตอร์พัดลมหมุนเวียน ขนาด 1 แรงม้า 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮร์ท ภายในเตามีชั้นวางถาดอบได้ 2 แถว แถวละ 12 ชั้น (แต่ละชั้น สูงห่าง 10 เซนติเมตร) สำหรับใส่ถาดทำด้วยสแตน

เลสเจาะรู 6 มิลลิเมตร ขนาด กว้าง 52 x ลึก 72 x สูง 3 เซนติเมตร จำนวน 24 ใบ มีประตู 2 บานพร้อมที่จับและตัวล็อกฉนวนกันความร้อน “ใยหิน” (Rock Wool) ทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส ผนังตู้และประตูบุใยหินหนา 2 นิ้ว มีล้อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว



ภาพที่ 4 เตาอบแบบพาความร้อน

2.1.5 ชุดวัดอุณหภูมิ ความชื้น ด้วยระบบ Microcontroller (Temperature and Humidity Control) รุ่น AXON – 4003 สามารถวัดค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ค่าความคลาดเคลื่อน +/- 1% แสดงค่า 2 จุดทศนิยม และสามารถวัดค่าความชื้นได้ตั้งแต่ 10-90 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อน +/-5% ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมพัดลมแยกกันโดยอิสระได้ 8 ตัว แสดงสถานการทำงานของอุปกรณ์ปุ่มคีย์เป็นตัวเลข 0-9 สามารถปรับค่า (Calibrate) อุณหภูมิความชื้นได้เองที่หน้าจอ LCD



ภาพที่ 5 เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ

2.2 วัสดุวิจัย

2.2.1 การเตรียมเส้นใยจากขุยมะพร้าว

การเตรียมขุยมะพร้าว โดยการเก็บรวบรวมจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือภาคเกษตรกรรม และนำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ความชื้นไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง อบให้เหลือความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 แสดงการนำขุยมะพร้าวไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.2.2 การเตรียมกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว

การเตรียมพลาสติกและฟอยล์ จากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว [3] โดยการนำกล่องเครื่องดื่มที่ได้มาทำความสะอาดและฉีกออกเป็นชิ้น ๆ [4] และใส่ลงในถังปั่นเริ่มเดินเครื่องในการปั่นกระดาษ พลาสติก และฟอยล์จะแยกออกจากกัน หลังจากนั้นนำมากรองด้วยเครื่องกรองแนวราบหลังการแยกเยื่อกระดาษออกก็จะได้พลาสติกและฟอยล์ที่จะนำไปใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคา




ภาพที่ 7 การคัดแยกขนาดด้วยเครื่องคัดแยกเยื่อแบบตะแกรงราบ

2.3 วิธีดำเนินการวิจัยผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคาจากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วร่วมกับขุยมะพร้าว

2.3.1 ขั้นตอนการรีดร้อน

ทำการผสมวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5,10 และ20โดยน้ำหนักร่วมกับพลาสติกและฟอยล์ที่ได้จากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว หลังจากนั้นทำการเตรียมขึ้นใส่บล็อคด้วยเครื่องอัดแผ่น ที่ขนาด 2.40 x 0.90 เซนติเมตร และมีความสูง 0.20 เซนติเมตร และทำการอัดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นในขณะที่แผ่นกระเบื้องหลังคายังร้อนอยู่ นำออกมาขึ้นรูปลอนด้วยการนำเหล็กท่อนกลม มาวางตามรอยที่ได้เตรียมไว้ เมื่อเย็นนำแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ได้ มาตัดขอบให้เรียบและเสมอกัน ก็จะได้แผ่นกระเบื้องที่จะทำการศึกษา




ภาพที่ 8 แสดงการอัดร้อนของแผ่นกระเบื้อง

3. วิเคราะห์ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบด้านมิติความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาด้านมิติความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา (มิลลิเมตร)

วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	0	5	10	20
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว	0.30 ±0.01^{d}	-	-	-
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมขุยมะพร้าว	-	0.37 ±0.03^{c}	0.49 ±0.05^{b}	0.56 ±0.04^{a}

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าความแตกต่างกันต่อความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา ซึ่งมีค่าความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ20 โดยน้ำหนักที่ความหนาของกระเบื้องหลังคาสูงที่สุดคือ 0.56 ± 0.04 มิลลิเมตร ซึ่งผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก รองลงมาในอัตราส่วนร้อยละ 10 โดยน้ำหนักซึ่งมีความหนา 0.49±0.05 มิลลิเมตร ส่วนในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักมีความหนาน้อยที่สุด คือ 0.37±0.03 มิลลิเมตร จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุทางธรรมชาติ จะมีแนวโน้มทำให้ความหนาของกระเบื้องเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ในทุกอัตราส่วน ยังคงเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.535-2527

3.2 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคา

วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ	
	อัตราส่วนร้อยละ	ลักษณะที่ได้
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว 100 %	10	ลักษณะผิวเป็นมันวาว เรียบแบน
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว ผสมขุยมะพร้าว	5	ลักษณะผิวเป็นมันวาว เรียบแบน
	10	ลักษณะผิวเป็นมันวาว ขรุขระเล็กน้อย
	20	ลักษณะผิวมันวาว มีรอยนูนเล็กน้อยบางจุด

จากตารางที่ 2 พบว่า แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้ลักษณะ มีรอยขรุขระเล็กน้อยเนื่องจาก วัตถุดิบหลักคือพลาสติกและฟอยล์ที่ได้จากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว จึงทำให้แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตมีลักษณะไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามการใช้พลาสติกและฟอยล์เป็นส่วนผสมในการผลิตจะทำให้กระเบื้องหลังคานั้นเป็นการเพิ่มคุณสมบัติในการยึดเกาะดูจากลักษณะของเนื้อแผ่นกระเบื้องที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและยังคงมีคุณสมบัติอื่น ๆ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 535-2527 [5]

3.3 ผลการทดสอบการรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

โดยนำมาใส่ในบล็อกที่ยาแนวด้วยซิลิโคลนกาวเพื่อกันน้ำรั่ว หลังจากนั้นทำการขังน้ำให้สูงกว่าระดับความสูงจากแผ่นกระเบื้องไม่น้อยกว่า 0.5 เซนติเมตรเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและบันทึกผลโดยการสังเกตว่าไม่มีหยดน้ำให้แผ่นกระเบื้องหรือไม่ โดยผลการทดสอบการรั่วซึมน้ำแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

วัตถุดิบ	อัตราส่วนร้อยละ	ผลการทดสอบ	
		ปรากฏหยดน้ำ	ไม่ปรากฏหยดน้ำ
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว 100 %	0	-	√
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมขุยมะพร้าว	5	-	√
	10	-	√
	20	-	√

จากตารางที่ 3 พบว่า ไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นกระเบื้องหลังคาในทุกอัตราส่วนของกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมกับขุยมะพร้าว ที่ทำการศึกษาซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สมอ. 535-2527 [5] เนื่องจากพลาสติกและฟอยล์คุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะพลาสติกที่มีคุณสมบัติการเกาะเกี่ยวที่ดี จึงทำให้แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของน้ำลงสู่ด้านล่างของแผ่นกระเบื้องหลังคาได้เป็นอย่างดี

3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระเบื้อง

น้ำหนักกระเบื้องหลังคา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	0	5	10	20
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว	0.21 ± 0.01^{d}	-	-	-
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมขุยมะพร้าว	-	5.67 ± 0.05^{c}	18.18 ± 0.01^{b}	20.58 ± 0.02^{a}

จากตารางที่ 4 พบว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังคาที่ผสมกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วที่ผสม ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนักมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นคืออัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติที่แตกต่างกันมีผลต่อการดูดซับน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าอัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติที่ใช้มีผลต่อการดูดซับน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนวัสดุที่ผสมเข้าไปจะทำให้ค่าการการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคามีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเกณฑ์มาตรฐานการดูดซึมน้ำระบุไว้ว่าค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักแผ่นกระเบื้องหลังคา โดยการทดสอบพบว่า ในการผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนักมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 5.67±0.05 18.18±0.01 และ

20.58±0.02 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าในอัตราส่วนผสมที่ 5% ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของไทย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.535 - 2527 [5] ส่วนอัตราส่วนผสมร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักตามลำดับของทุกอัตราส่วนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน [5]

3.5 การทดสอบความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดลองค่าความแข็งแรงกระเบื้องหลังคา

ค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังคา (นิวตัน)				
วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	0	5	10	20
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว	> 1,200 N.	-	-	-
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมขุยมะพร้าว	-	> 1,200 N.	> 1,200 N.	> 1,200 N.

จากตารางที่ 5 พบว่า กระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วกับวัสดุธรรมชาติคือ ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนักตามมาตรฐานกำหนดค่าความแข็งแรงของกระเบื้องไม่น้อยกว่า 450 นิวตัน ซึ่งกระเบื้องหลังคาที่ทำการทดสอบทุกอัตราส่วน มีค่าความแข็งแรงมากกว่า 1,200 นิวตัน ซึ่งมีผลมาจาก พลาสติกและฟอยล์จากกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วมีความเหนียวและยืดหยุ่น ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรง กระเบื้องหลังคายังคงสภาพดีไม่เสียหายหรือแตกหัก แต่มีรอยร้าวหรือรอยหักที่เกิดจากการทดสอบ แต่ไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติของกระเบื้องหลังคาซึ่งเป็นไปตามผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สมอ. 535-2527 [5]

3.6 การทดสอบการถ่ายเทความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคา

โดยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 535 – 2527 ระบุไว้ว่าค่าการนำความร้อนต้องไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ผลการถ่ายเทความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคา

วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	0	5	10	20
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้ว	0.27 ± 0.02^{a}	-	-	-
กล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมขุยมะพร้าว	-	0.18 ± 0.00^{c}	0.26 ± 0.00^{b}	0.15 ± 0.05^{d}

จากตารางที่ 6 พบว่าการทดสอบการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาที่ผสมกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วที่ผสม ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนัก มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นคืออัตราส่วนร้อยละของวัสดุทางธรรมชาติที่แตกต่างกันมีผลต่อการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคา ซึ่งมีค่าการนำความร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าอัตราส่วนของวัสดุทางธรรมชาติที่ใช้มีผลต่อการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาโดยที่กระเบื้องหลังคาที่ผสมด้วย ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 20 สามารถนำความร้อนได้น้อยที่สุด คือ 0.15±0.05 วัตต์/ตารางเมตร ในอัตราส่วนร้อยละ 10 มีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด คือ 0.26±0.00 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนกับกระเบื้องหลังคาจากกล่องเครื่องดื่ม 100 % ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าผลการทดสอบในทุกอัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม สมอ.535-2527 [5]

4.สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการผลิตกระเบื้องหลังคาจากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมวัสดุธรรมชาติ โดยการผสมวัสดุทางธรรมชาติ คือ ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 20 โดยน้ำหนัก โดยวิธีการรีดร้อน ซึ่งไม่มีการเติมสารเคมีลงไปช่วยในการประสาน และทำการทดสอบประสิทธิภาพและคุณสมบัติของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้ โดยสรุปผลดังนี้

4.1 การศึกษาด้านมิติความหนาและลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคา ในอัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติร้อยละ 5, 10 และ 20 โดยน้ำหนัก พบว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาทุกอัตราส่วนผสมมีความหนาเป็นไปตามมาตาฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคา ในอัตราส่วนร้อยละ 20 ของขุยมะพร้าว มีความหนาสูงสุดคือ 0.56±0.04 มิลลิเมตร ในอัตราส่วนร้อยละ 5 มีความหนาน้อยที่สุด คือ 0.37±0.03 มิลลิเมตร สำหรับการผลิตกระเบื้องหลังคาจาก (มอก.535-2527) ของประเทศไทย แผ่นกระเบื้องหลังคาจะมีความหนาเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ มีลักษณะผิวมันวาวและขรุขระเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องหลังคา

4.2 การทดสอบการรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา พบว่ากระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมวัสดุธรรมชาติในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนัก ทุกอัตราส่วนผ่านการทดสอบการรั่วซึมน้ำซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องหลังคา มอก. 535-2527 เนื่องจากพลาสติกและฟอยล์ เมื่อได้รับความร้อนจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง น้ำจึงไม่สามารถซึมผ่านได้

4.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมกับวัสดุธรรมชาติได้แก่ ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วนร้อยละ 5 พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 5.67±0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องหลังคา (มอก.535-2527) ซึ่งระบุว่าการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังคาต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก ของทุกอัตราส่วนผสมมีค่าการดูดซึมน้ำเกินมาตรฐานที่กำหนดทั้งหมด ทั้งนี้อัตราส่วนที่ใช้ผสมในการผลิตกระเบื้องหลังคา มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

4.4 การทดสอบค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่มใช้แล้วผสมวัสดุธรรมชาติ โดยการรีดร้อน พบว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาทุกอัตราส่วนผสม มีค่าความแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตกระเบื้องคา (มอก.535-2527) ของประเทศไทย ซึ่งระบุว่าค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังคา ต้องมีค่าความแข็งแรงไม่น้อยกว่า 450 นิวตัน จากการทดสอบค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้ในทุกอัตราส่วนผสม พบว่าสามารถรับแรงกดได้มากกว่า 1,200 นิวตัน โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติอื่น ๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการไปได้ด้วยดี จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้วางไว้ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา และขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ผู้จัดทำจึงใคร่ขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] รีไซเคิลเครื่องดื่มช่วยทำให้โลกเย็นลง แหล่งที่มา www. thaikids-recycle.com

[2] ดรรชนี พัทธวรากร.**เอกสารประกอบการสอน เทคโนโลยีสิ่งทอ.**ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม.คณะวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[3] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. **คู่มือการคัดแยกขยะรีไซเคิล.** กรุงเทพฯ. 2546

[4] กรมควบคุมมลพิษ.**แนวทางการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยในชุมชน.** กรุงเทพฯ. 2547

[5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) 2527. **มาตรฐานกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา.**มอก. 535 2527.

O-EN06

การลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปลูกป่าอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านวังควาย อำเภองาว จังหวัดลำปาง

Voluntary Emission Reduction for Sustainable Forestation

Case Study in Wung-Kwuay's Community Forest Ngo District Lampang

วราคม วงศ์ชัย[1*],อดิศร ถมยา[1],เอกรัฐ อินต๊ะวงศา[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง52100

E-mail: dolic45@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของป่าชุมชนบ้านวังควาย อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยใช้วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปลูกป่าอย่างยั่งยืน โดยใช้สมการแอลโลเมทรี เพื่อใช้เป็นกลไกในการสร้างความตระหนักให้ชุมชนรู้คุณค่าและความสำคัญของป่าในเชิงด้านผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการศึกษาพบว่าป่าชุมชนบ้านวังควายมีพื้นที่ทั้งหมด 1,450 ไร่ โดยทำการสำรวจพื้นที่ตัวอย่างขนาด 40x 40 เมตร จำนวน 2 แปลง พบว่ามีต้นไม้โดยเฉลี่ย 96 ต้นต่อไร่ ความโตที่ระดับอกเฉลี่ย 64.15 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 11.10 เมตร และจากคำนวณพบว่าป่าชุมชนบ้านวังควายมีความสามารถกักเก็บก๊าซเรือนกระจกภายใต้กรณีฐาน (Baseline Sequestration) เท่ากับ 58,295.0tCO_2 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากที่กักเก็บการดำเนินโครงการ 10 ปี (Project Sequestration) เท่ากับ 151,787.8 tCO_2 ดังนั้นการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการ (Carbon Sequestration) มีค่าเท่ากับ 93,492.8 tCO_2

คำสำคัญ: การลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ, การปลูกป่าอย่างยั่งยืน, ชุมชนบ้านวังควาย

1. บทนำ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ทั้งการใช้พลังงานการเกษตรกรรม การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งนับเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญระดับสากลที่ภาครัฐ เอกชน และประชาชนต้องร่วมมือกันแก้ไขผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งจากการคำนวณหาปริมาณ การติดตามตรวจสอบ การรายงานผล การทวนสอบ การปล่อย และการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการริเริ่มแผนงานเพื่อจากัดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 20 เกิดจากการสูญเสียคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพ [1] เนื่องจากการตัดไม้ทำลายป่า และการสูญเสียคาร์บอนในดินจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน(ลำต้น กิ่ง ใบ) และใต้ดิน (ราก) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป ดังนั้น จึงควรลดการตัดไม้ทำลายป่าและเพิ่มพื้นที่ป่าโดยการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม หรือการปลูกสร้างสวนป่า เพื่อลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศปัจจุบันพบว่า มีการศึกษาแนวทางการประเมินการชดเชยคาร์บอนทั้งในสภาพพื้นที่ป่า [2]สวนป่าปลูก [3] ไม้ยืนต้นในเมือง (Urbantree) [4]รวมถึงการจัดการดินในแปลงข้าวโพดถั่วเหลือง [5]และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ [6]ฯลฯ ซึ่งนอกจากมีประสิทธิผลต่อการทำสัญญาซื้อขายคาร์บอนเครดิตแล้ว ยังเป็นแนวทางปฏิบัติในเชิงอนุรักษ์ดิน เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพลดการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ (Deforestation) พร้อมกับเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับพื้นที่ปลูกดังกล่าวด้วย [2, 7] ในประเทศไทยได้มีการศึกษาศักยภาพในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของพรรณไม้ต่างๆ จากผลการศึกษาของ ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณและคณะ (2555)พบว่าไม้ยางพาราอายุ 23 ปีไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 23 ปี และไม้สักอายุ 22 ปีมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 150.98, 118.32 และ 27.46 ตัน/เฮกตาร์มีการกักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 73.21, 56.97 และ 12.86 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ [1] ระวี เจียรวิภา และคณะ (2555) ศึกษาการประเมินการเก็บกักคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพารา พบว่าสวนยางพาราเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญโดยสวนยางพาราสามารถเก็บกักคาร์บอนทั้งหมดอยู่ในช่วง 50.68 - 193.72 ตัน/เฮกแตร์ (8.11 - 30.99 ตัน/ไร่) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับช่วงอายุยางพาราแบบโพลีโนเมียล (r^2 = 0.97) ส่วนรายได้สุทธิจากการทำสัญญาชดเชยการเก็บกักคาร์บอนตลอด 25 ปี ประเมินได้เท่ากับ 573.39 US$/เฮกแตร์ (3,063.27 บาท/ไร่)

การศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของป่าชุมชน กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านวังควาย อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินของต้นไม้ และการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์และการปลูกป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่การดูดซับก๊าซเรือนกระจก

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการประเมินศักยภาพการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของป่าชุมชนครั้งนี้ ทำการศึกษาป่าชุมชนบ้านวังควาย อำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งขึ้นทะเบียนเป็นป่าชุมชนเมื่อ พ.ศ. 2551มีจำนวนพื้นที่ทั้งหมด 1,450 ไร่

2.1 การศึกษาลักษณะพรรณไม้และประเมินการสะสมมวลชีวภาพของต้นไม้ [9]

สุ่มวางแปลงขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 2 แปลง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาครั้งนี้ จากนั้นสำรวจจำนวน ชนิดพันธ์ไม้ พร้อมทั้งวัดความโตที่ระดับอก 1.30 เมตรเหนือพื้นดิน และความสูงของต้นไม้ นำค่าการเจริญเติมโตทั้งสองมาแทนในสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation) เพื่อคำนวณหาค่ามวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) เหนือพื้นดิน โดยใช้สมการของ Tsutsumi et al. (1983) [10] ดังนี้

$$W_S = 0.0509\left(dbh^2h\right)^{0.919} \quad (1)$$

$$W_B = 0.00893\left(dbh^2h\right)^{0.977} \quad (2)$$

$$W_L = 0.014\left(dbh^2h\right)^{0.669} \quad (3)$$

เมื่อ W_S, W_B และ W_L คือ นำหนักแห้ง ลำต้น (Stem) กิ่ง (Branch) และใบ (Leaf) ตามลำดับ (kg)

dbh คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ระดับ 1.30 เมตรเหนือพื้นดิน (cm)

h คือ ความสูงของต้นไม้ (m)

2.2 การประเมินการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Sequestration) [9]

เมื่อได้มวลชีวภาพรวมของต้นไม้ $M_{(0),i}$ จากสมการที่ (1), (2) และ (3) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บภายใต้กรณีฐานตามสมการที่ (4), (5), (6) และ (7) โดยค่าปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้เท่ากับ 0.47 [10, 11] และสัดส่วนคาร์บอนของต้นต่อรากของต้นไม้ชนิดเท่ากับ 0.26 [10, 11]

$$C_{BSL} = B_{(0)} \times (44/12) \quad (4)$$

เมื่อ C_{BSL} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บภายใต้กรณีฐาน (tCO_2)

$B_{(0)}$ คือ ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้ ในกรณีฐาน (tC)

$$B_{(0)} = \left(\sum_{i=1}^{n}\left(B_{A(0),i} + B_{B(0),i}\right)\times A_i\right) \quad (5)$$

เมื่อ $B_{(0)}$ คือ ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้ ในกรณีฐาน (tC)

$B_{A(0),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บของต้นไม้ชนิด i ในกรณีฐาน(tC/rai)

$B_{B(0),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บของต้นไม้ชนิด i ในกรณีฐาน (tC/rai)

A_i คือ พื้นที่โครงการ (rai)

$$B_{A(0),i} = M_{(0),i} \times CF \quad (6)$$

เมื่อ $B_{A(0),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บ ของต้นไม้ชนิด i ในกรณีฐาน(tC/rai)

$M_{(0),i}$ คือ มวลชีวภาพของต้นไม้ชนิด i ในพื้นที่โครงการในกรณีฐานโดยสามารถคำนวณได้จากสมการแอลโลเมทรี (t DM/rai)

CF คือ ปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (เท่ากับ 0.47)

$$B_{B(0),i} = B_{A(0),i} \times r_i \quad (7)$$

เมื่อ $B_{B(0),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บได้ของต้นไม้ชนิด i ในกรณีฐาน (tC/rai)

$B_{A(0),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้ของต้นไม้ชนิด i ในกรณีฐาน (tC/rai)

r_i คือ สัดส่วนคาร์บอนของต้นต่อรากของต้นไม้ชนิด i(ท่ากับ 0.26)

2.3การประเมินการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Sequestration)[9]

ทำการประเมินโครงการเป็นระยะเวลา 10 ปี โดยใช้สมการที่ (8), (9), (10) และ (11) และคำนวณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการโดยใช้สมการที่ (12)

$$C_{PROJ} = P_{(t)} \times (44/12) \quad (8)$$

เมื่อ C_{PROJ} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บจากการดำเนินโครงการ(tCO_2)

$P_{(t)}$ คือ ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้ในปีที่ t (tC)

t คือ ปีที่คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

$$P_{(t)} = \left(\sum_{i=1}^{n} \left(P_{A(t),i} + P_{B(t),i} \right) \times A_i \right) \quad (9)$$

เมื่อ $P_{(t)}$ คือ ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้ในปีที่ t (tC)

$P_{A(t),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้ของต้นไม้ชนิด i ในปีที่ t (tC/rai)

$P_{B(t),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บได้ของต้นไม้ชนิด i ในปีที่ t (tC/rai)

A_i คือ พื้นที่ (rai)

$$P_{A(t),i} = M_{(t),i} \times CF \quad (10)$$

เมื่อ $P_{A(t),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้ ของต้นไม้ชนิด i ในปีที่ t (tC/rai)

$M_{(t),i}$ คือ มวลชีวภาพของต้นไม้ชนิด i ในพื้นที่โครงการในปีที่ t โดยสามารถคำนวณจากสมการแอลโลเมทรี (t DM/rai)

CF คือ ปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (กำหนดให้เท่ากับ 0.47) [9]

$$P_{B(t),i} = P_{A(t),i} \times r_i \quad (11)$$

เมื่อ $P_{B(t),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บได้ของต้นไม้ชนิด i ในปีที่ t (tC/rai)

$P_{A(t),i}$ คือ ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้ของต้นไม้ชนิด i ในปีที่ t (tC/rai)

r_i คือ สัดส่วนคาร์บอนของต้นต่อรากของต้นไม้ชนิด i

การคำนวณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการ (Carbon Sequestration) [9]

$$C_{SEQ} = C_{PROJ} - C_{BSL} - C_{LEAK} \quad (12)$$

เมื่อ C_{SEQ} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้สุทธิของโครงการ (tCO_2)

C_{PROJ} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้จากการดำเนินโครงการ (tCO_2)

C_{BSL} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้ภายใต้กรณีฐาน (tCO_2)

C_{LEAK} คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (tCO_2)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

3.1 ลักษณะพรรณไม้และมวลชีวภาพของต้นไม้

ผลการศึกษาพื้นที่ตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 2 แปลง พบว่ามีพรรณไม้จำนวน 18 ชนิด ความถี่ของต้นไม้ที่พบเท่ากับ 96 ต้นต่อไร่ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกระดับ 1.30 เมตรเฉลี่ย 22.3 เซนติเมตรความสูงของต้นไม้เฉลี่ย 11.6 เมตร และมีมวลชีวภาพแห้งเฉลี่ย 18.5 ตันต่อไร่ คิดเป็น 2,684.7 ตันต่อพื้นที่ป่าทั้งหมด 1,450 ไร่ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะพรรณไม้และมวลชีวภาพของต้นไม้ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 2 แปลง

พรรณไม้	จำนวน (ต้น)	ความโตที่ระดับอกเฉลี่ย (m)	dbh เฉลี่ย (cm)	ความสูงเฉลี่ย (m)	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (kg)			$W_S + W_B + W_L$	
					W_S	W_B	W_L	ton	ton/rai
กระพี้จั่น	4	114.0	36.3	18.0	2,134.0	671.5	47.3	2.9	1.4
ขางหัวหมู	4	65.0	20.7	13.0	563.5	163.0	17.9	0.7	0.4
แคป่า	12	41.0	13.1	8.3	479.8	128.2	21.5	0.6	0.3
งิ้วแดง	4	31.0	9.9	4.0	48.9	12.1	3.0	0.1	0.0
ต้นชิงชัน	4	99.0	31.5	15.0	1,392.6	426.6	34.7	1.9	0.9
ต้นโชค	8	85.0	27.1	14.5	2,039.9	612.7	55.3	2.7	1.4
ต้นตอง	4	155.0	49.3	15.0	3,174.5	1,024.3	63.2	4.3	2.1
เต็ง	16	78.3	24.9	12.5	3,061.1	902.9	89.7	4.1	2.0
ประดู่	12	74.3	23.7	13.3	2,207.2	649.4	65.4	2.9	1.5
มะเกิ้ม	28	73.0	23.2	12.1	4,570.7	1,334.7	139.8	6.0	3.0
ไม้จันทน์	12	79.3	25.2	12.0	2,263.4	667.0	66.6	3.0	1.5
ไม้มอก	12	42.0	13.4	8.7	523.7	140.7	22.9	0.7	0.3
รัง	8	37.0	11.8	9.0	285.3	75.7	13.2	0.4	0.2
สัก	32	46.3	14.7	9.4	1,793.7	489.6	73.4	2.4	1.2
เสี้ยวป่า	4	55.0	17.5	10.0	325.7	91.0	12.0	0.4	0.2
หมีเหม็น	4	92.0	29.3	15.0	1,217.0	369.6	31.4	1.6	0.8
เหียง	4	40.0	12.7	9.0	164.6	44.1	7.3	0.2	0.1
อ้อยช้าง	20	56.0	17.8	10.0	1,683.3	471.4	61.7	2.2	1.1
				รวม	27,928.9	8,274.7	826.4	37.0	18.5

3.2 การกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

จากตารางที่ 2 พบว่าปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้เท่ากับ 8.7tC/rai ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บได้เท่ากับ 2.3tC/rai รวมเท่ากับ 11.0tC/rai หรือคิดเป็น 40.2tCO_2/rai รวมพื้นที่ป่าทั้งหมด 1,450 ไร่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานเท่ากับ 58,295.0 tCO_2

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Sequestration)

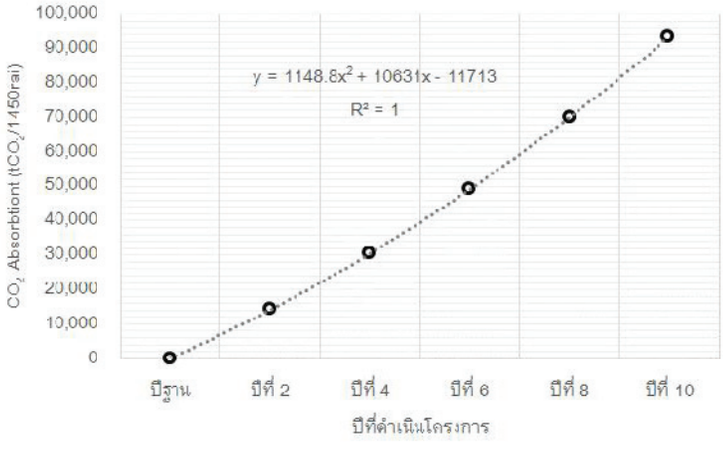
คาร์บอนเหนือพื้นดิน (tC/rai)	คาร์บอนใต้ดิน (tC/rai)	คาร์บอนรวม		C_{BSL}	
		(tC/rai)	tC/1450 rai	tCO_2/rai	tCO_2/1450 rai
8.7	2.3	11.0	15,898.6	40.2	58,295.0

3.3 การกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ

จากตารางที่ 3พบว่าปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บได้ใน ปีฐาน,2, 4, 6, 8 และ 10 เท่ากับ 8.7, 10.8, 13.3, 16.0, 19.2 และ 22.7tC/rai ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บได้ใน ปีฐาน, 2, 4, 6, 8 และ 10 เท่ากับ 2.3, 2.8, 3.4, 4.2, 5.0 และ 5.9tC/rai ตามลำดับ และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บจากการดำเนินโครงการปีฐาน, 2, 4, 6, 8 และ 10 เท่ากับ58,295.0, 72,531.5, 88,865.5, 107,431.7, 128,362.2 และ 151,787.8tCO_2/1450 rai ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บจากการดำเนินโครงการ (Project Sequestration)

ปีที่ดำเนินโครงการ	คาร์บอนเหนือพื้นดิน (tC/rai)	คาร์บอนใต้ดิน (tC/rai)	รวม		C_{PROJ}	
			(tC/rai)	tC/1450 rai	tCO_2/rai	tCO_2/1450 rai
ปีฐาน	8.7	2.3	11.0	15,898.6	40.2	58,295.0
ปีที่ 2	10.8	2.8	13.6	19,781.3	50.0	72,531.5
ปีที่ 4	13.3	3.4	16.7	24,236.1	61.3	88,865.5
ปีที่ 6	16.0	4.2	20.2	29,299.5	74.1	107,431.7
ปีที่ 8	19.2	5.0	24.1	35,007.9	88.5	128,362.2
ปีที่ 10	22.7	5.9	28.5	41,396.7	104.7	151,787.8



รูปที่ 1 การกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการ (Carbon Sequestration) พื้นที่ป่า 1,450 ไร่

จากรูปที่ 1 การกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการ พื้นที่ป่า 1,450 ไร่ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปีที่ดำเนินโครงการเพิ่มขึ้น โดยในปีที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 สามารถกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการเท่ากับ 14,237, 30,571, 49,137, 70,067 และ 93,493tCO_2 ตามลำดับโดยความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซับก๊าซเรือนกระจกกับช่วงอายุต้นไม้หรือปีที่ดำเนินโครงการ มีลักษณะแบบโพลีโนเมียลกำลังสองy = 1148.8x^2 + 10631x - 11713 มีค่า r^2เท่ากับ 1

4. สรุปผล

จากการสำรวจพื้นที่ตัวอย่างขนาด 40x 40 เมตร จำนวน 2 แปลงของป่าชุมชนบ้านวังควายซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 1,450 ไร่พบว่ามีพรรณไม้จำนวน 18 ชนิด ความถี่ของต้นไม้ที่พบเท่ากับ 96 ต้นต่อไร่ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกระดับ 1.30 เมตรเฉลี่ย 22.3 เซนติเมตรความสูงของต้นไม้เฉลี่ย

11.6 เมตร และมีมวลชีวภาพแห้งเฉลี่ย 18.5 ตันต่อไร่ คิดเป็น 2,684.7 ตันต่อพื้นที่ป่าทั้งหมด 1,450 ไร่ และจากคำนวณพบว่าป่าชุมชนบ้านวังควายมีความสามารถกักเก็บก๊าซเรือนกระจกภายใต้กรณีฐาน (Baseline Sequestration) เท่ากับ 58,295.0tCO_2 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากที่กักเก็บการดำเนินโครงการ (Project Sequestration) ในปีฐาน, 2, 4, 6, 8 และ 10เท่ากับ 15,898.6, 19,781.3, 24,236.1, 29,299.5 และ 35,007.9 และ 41,396.7 tC/1450 raiตามลำดับ ดังนั้นการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการ (Carbon Sequestration) ในปีที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เท่ากับ72,531.5, 88,865.5, 107,431.7, 128,362.2 และ 151,787.8tCO_2/1450 rai ตามลำดับโดยมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาโครงการในลักษณะแบบโพลีโนเมียลกำลังสอง $y = 1148.8x^2 + 10631x - 11713$ มีค่า r^2เท่ากับ 1

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณนายกเทศบาลตำบลหลางใต้ ผู้นำชุมชน และชาวบ้านในเทศบาลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณและคณะ“การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้บางชนิดที่ปลูกณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร” กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, Available: http://www.dnp.go.th/watershed/knowledge_files/CO_Phupan.pdf, สิงหาคม2557.

[2] Solberg, B. Forest biomass as carbon sink-economic value and forest management/policy implications. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 27(S1), 323-333, 1997.

[3] ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. การบริหารจัดการข้อมูลคาร์บอนเครดิตสู่ตลาดสมัครใจ. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 3(2), 46-59, 2553.

[4] McHale, M.R., McPherson, E.G. & Burke, I.C. The potential of urban tree plantings to be cost effective in carbon credit markets. Urban Forestry & Urban Greening, 6(1), 49-60, 2007.

[5] Al-Kaisi, M.M., Yin, X.H. & Licht, M.A. Soil carbon and nitrogen changes as influenced by tillage and cropping systems in some Iowa soils. Agriculture, Ecosystems and Environment, 105(4), 635-647, 2005.

[6] Stephenson, K., Bosch, D. & Groover, G. Carbon credit potential from intensive rotational grazing under carbon credit certification protocols. American Agricultural Economics Association Annual Meeting. (18 pp.). August 1-4, 2004.

[7] Kindermann, G., Obersteiner, M., Sohngen, B., Sathaye, J., Andrasko, K., Rametsteiner, E., Schlamadinger, B., Wunder, S. & Beach, R. Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(30), 10302-10307, 2008.

[8] ระวี เจียรวิภา, สุรชาติ เพชรแก้ว, มนตรี แก้วดวงและ วิทยา พรหมมี. การประเมินการเก็บกักคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพารา, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17, 2 : 91-102, 2555.

[9] ประกาศคณะกรรมการองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก ว่าด้วยระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ พ.ศ. 2556, “ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปลูกป่าอย่างยั่งยืน”, 2556.

[10] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). “ช่วยโลกคลายร้อน @องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น”,บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, กันยายน 2555.

[11] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). “แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตฟริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น”,บริษัท เอส.พี.ไทย เพรส จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, พฤศจิกายน 2554.

O-EN07

การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา

Life Cycle Assessment of fish Sausage, A Case study

เจนจิรา เปี่ยมดี* พัชรวรรณ สุขสร้อย และ โชติมา โคตรพัฒน์

หน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 โทร 0-4375-4322 ต่อ 1135 โทรสาร 0-4375-4379

*E-mail : energy_jane@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันส่งผลกระทบถึงสิ่งแวดล้อมโดยสาเหตุหลักๆ ที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนคือก๊าซเรือนกระจก โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่องทั้งการใช้พลังงานการเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่น ๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นเราจึงได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลิตภัณฑ์อื่นตามท้องตลาด การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลารมควันโดยได้เก็บข้อมูลในกรณีศึกษาของโรงงานแห่งหนึ่งที่จังหวัดกาฬสินธุ์ การประเมินผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนที่นำเสนอข้อมูลในรูปของ $CO_{2\text{-eq}}$ ผลของการศึกษาถูกพบว่า กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับเท่ากับ 0.57 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ของผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการชำแหละที่ได้มาซึ่งเนื้อปลาส่งผลกระทบมากที่สุดคือ 0.49 kg $CO_{2\text{-eq}}$ ส่วนกระบวนการสับผสมส่งผลกระทบน้อยที่สุดที่ 2.2 x10-5 kg $CO_{2\text{-eq}}$ การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างไส้กรอกปลารมควันและไส้กรอกไก่โมกกี้ที่มีขายตามท้องตลาดถูกพบว่าไส้กรอกไก่สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ 0.63 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ซึ่งมีค่ามากกว่าไส้กรอกปลารมควันกว่าร้อยละ 10

คำสำคัญ: ประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA), ไส้กรอก, ผลกระทบสภาวะโลกร้อน

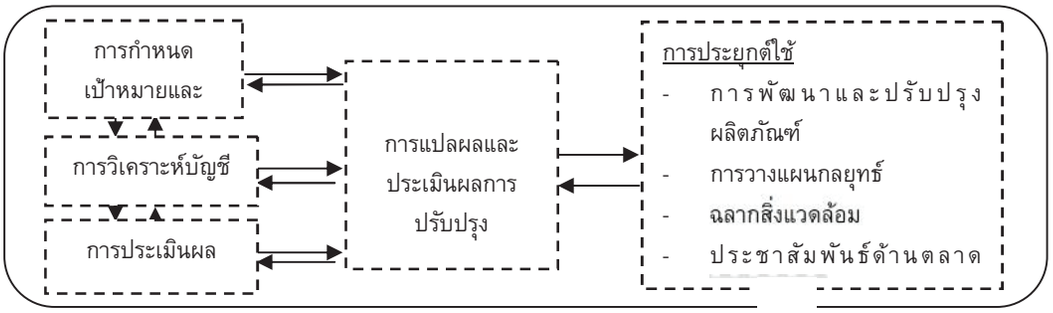
1. บทนำ

จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันส่งผลกระทบถึงสิ่งแวดล้อม โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญและมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายรูปแบบและยังส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint : CF) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ประโยชน์ของการทำ LCA ถูกนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแง่ อาทิ สามารถนำ LCA ไปใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตว่ากระบวนการใดบ้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการบวนการผลผลิตได้ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปใช้ในการออกแบบทำ Eco-design ตลอดจนทำให้ทราบถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตไม่ใช่ช่วงใดช่วงหนึ่ง ทำให้สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ครบทุกด้าน ดังนั้นเราจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรการผลิตไส้กรอกปลารมควันที่ห้างหุ้นส่วนจำกัดแห่งหนึ่งใน จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านภาวะโลกร้อนที่นำเสนอในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_{2\text{-eq}}$) และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ LCA นับเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบการแปรรูปวัตถุดิบกระบวนการผลิตการใช้ผลิตภัณฑ์การใช้ซ้ำการบำรุงรักษาหรือการนำกลับมาใช้ใหม่การกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายตลอดจนการขนส่งในทุก ๆขั้นตอนตลอดจนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ทำได้โดยการจำแนกชนิด และปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก ที่เกี่ยวข้องกับระบบของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา ปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก จะถูกนำมาเชื่อมโยงกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยทำการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณต่อหน่วยหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (Functional unit) ซึ่งพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่ครอบคลุมไปถึงระบบนิเวศน์ และสุขอนามัย เพื่อหาวิธีในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ขั้นตอนการดำเนินงาน LCA ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบวิธีปฏิบัติและหลักการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต

3. แนวทางการการศึกษาและประเมิน

3.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขต

เป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อคำนวณหาปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควัน โดยกำหนดหน่วยของการทำงาน (Functional Unit) คือ ไส้กรอกปลากรมควัน 250g/ถุง ขอบเขตของการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควัน โดยจะทำการศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตถึงบรรจุภัณฑ์ และจะไม่รวมค่าผลกระทบอันเนื่องมาจากการได้มาซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันถูกแบ่งออกเป็น 10 กระบวนการคือ ชำแหละ แช่เย็น เตรียมเครื่องปรุงสับผสม ผสม ขึ้นรูปไส้กรอก รมควัน ต้ม ลดอุณหภูมิไส้กรอก และบรรจุภัณฑ์ดังรูปที่ 2

3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ

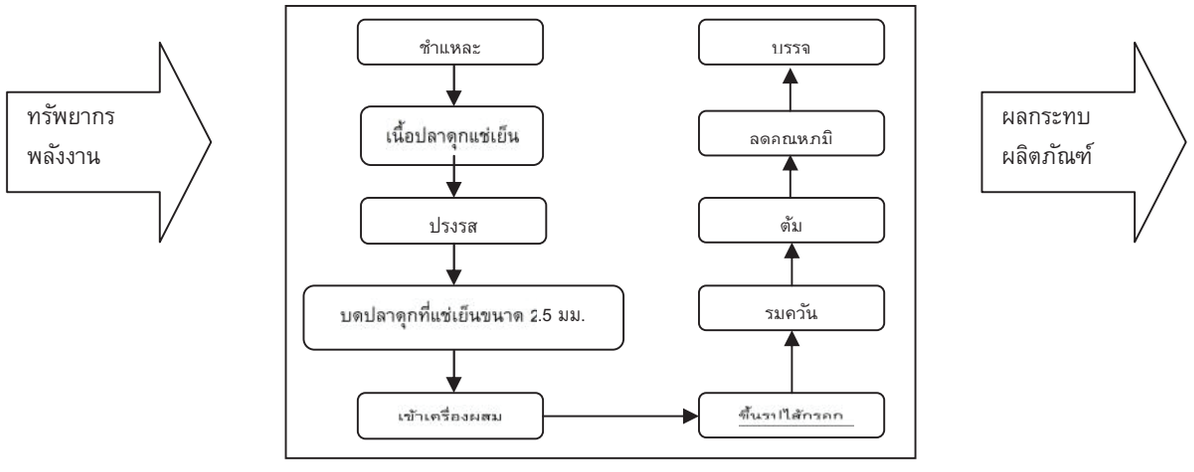
ข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง สารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้มีการจำแนกและกำหนดไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องมีความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้ ในกรณีที่ระบบผลิตภัณฑ์มีการผลิตผลิตภัณฑ์ข้างเคียง ขั้นตอนนี้ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามและการอ้างอิงข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ สารขาเข้าซึ่งประกอบไปด้วยทรัพยากรพลังงาน ส่วนสารขาออกต้องประกอบไปด้วยมลพิษและผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยให้เก็บข้อมูลทีละขั้นตอนเพื่อสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนได้

3.3 การประเมินผลกระทบ (LCA)

การประเมินผลกระทบโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเพื่อบ่งชี้ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(EF) โดยการประเมินถูกนำมาประเมินโดยใช้ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานต่อหน่วยผลผลิต (Emission Factor: EF) เช่น ตลอดวัฏจักรการผลิตไฟฟ้า 1 kWh คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนเท่ากับ 0.6093 $kgCO_2eq$ตัวอย่างค่าค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แสดงได้ดังตารางที่ 1

3.4 การแปลผล

การแปลผล ทำให้ทราบว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมถึงแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



ตารางที่ 1 ค่า EF ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ตารางที่ 1 ค่า EF ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

รายการ	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิง	หมายเหตุ
น้ำประปา	0.7043	Thai national database	การประปาส่วนภูมิภาค
ก๊าซหุงต้ม	0.4232	Thai national database	LPG จากก๊าซธรรมชาติ
เกลือ	0.0052	Thai national database	เกลือสินเธาว์แบบตากลานดิน
ปลา	0.88	Thai national database	เลี้ยงในบ่อดิน
ถุงพลาสติก Polyethylene (PE)	1.5200	LDPE Sheet จาก JEMAI Pro ด้วยไฟฟ้าของประเทศไทย	-
ไฟฟ้า	0.6093	Thai national database	Thai Electricity
ชานอ้อย	0.0109	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007GWP.100a	โรงผลิตน้ำตาล
เครื่องเทศ	1.0800	Substitute;TGO EF Database, June,2012	-
ไส้คลอลาเจน	2.7297	Highest จากกลุ่มบรรจุภัณฑ์คือถุง PET/LLDPE	-
พริกไทยป่น	0.0682	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007GWP.100a	-
น้ำตาลทรายแดง	1.0800	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007GWP.100a	การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ฟอสเฟต	6.0400	Sodiumtripolyphosphate; TGO EF Database, June,2012	-
ไขมันปาล์ม	1.06100	Thai national database	-
น้ำแข็ง	0.0421	รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ 2011,หนังสือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร	-
น้ำเสีย	0.625	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)	-

4. ผลการศึกษา

จากการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลารมควันทั้ง 10 กระบวนการ คือ กระบวนการชำแหละ กระบวนการแช่เย็น กระบวนการเครื่องปรุง กระบวนการสับผสม กระบวนการผสม กระบวนการขึ้นรูปไส้กรอก กระบวนการรมควัน กระบวนการต้ม กระบวนการลดอุณหภูมิไส้กรอกปลา และกระบวนการบรรจุภัณฑ์ การประเมินค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ โดยยึดหลักการตามแนวทางการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก การประมวลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควัน โดยคิดค่าการปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ ต่อไส้กรอกปลา 250 g พร้อมบรรจุภัณฑ์ พบว่าไส้กรอกปลา 250 g จะปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ ออกมา 0.57 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g

กระบวนการที่ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ มากที่สุด คือ กระบวนการชำแหละ เพราะมีการใช้วัตถุดิบเป็นปริมาณมากในการผลิตปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.49 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รองลงมาคือ กระบวนการเครื่องปรุง ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.03 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ น้อยที่สุด คือ กระบวนการสับผสม เพราะไม่มีการใช้ทรัพยากรเลย และมีการใช้วัตถุดิบน้อยมาก ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 2.2×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รองลงมา คือ กระบวนการรมควันปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 3.3×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g แต่เมื่อพิจารณาสารขาเข้า ซึ่งประกอบไปด้วย วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงาน และสารขาออก คือ ของเสีย พบว่ากระบวนการที่ใช้วัตถุดิบมากที่สุด คือ กระบวนการชำแหละปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.49 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้วัตถุดิบน้อยที่สุด คือ กระบวนการสับผสมปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 2.2×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รวมกระบวนการนี้ปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.54 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g

กระบวนการที่ใช้ทรัพยากรมากที่สุด คือ กระบวนการบรรจุภัณฑ์ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 8.5×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด กระบวนการรมควันปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 1×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250g รวมกระบวนการนี้ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.02 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ กระบวนการแช่เย็นปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 4.6×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ กระบวนการสับผสมปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 4.3×10^{-9} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250g รวมกระบวนการนี้ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.01 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g

กระบวนการที่ปล่อยของเสียมากที่สุด คือ กระบวนการลดอุณหภูมิปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 1.7×10^{-3} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g กระบวนการที่ปล่อยของเสียน้อยที่สุด คือ กระบวนการชำแหละปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 4×10^{-5} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g รวมกระบวนการนี้ปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 3.1×10^{-4} $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g ดังตารางที่ 2 หากจะพิจารณาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนส่วนมากอันเนื่องมาจากการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน ดังนั้น ควรเลือกใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ส่วนพลังงานควรเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานจากพลังงานทดแทนให้สูงขึ้นเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า หากเปรียบเทียบกันแล้ว

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาข้อมูลของบริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ จำกัด ที่ได้ทำการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุต พริ้นของผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกไก่สโมกกี้ 250g ปลดปล่อยค่า $CO_{2\text{-eq}}$ คิดเป็น 0.63 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g มาเปรียบเทียบกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้จากงานวิจัยนี้ ถูกพบว่า การผลิตไส้กรอกไก่สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 0.57 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250g ในขณะที่ไส้กรอกปลารมควันปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเพียง 0.63 $kgCO_{2\text{-eq}}$/250 g ซึ่งต่างกัน 10% แสดงว่าไส้กรอกไก่ สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าไส้กรอกปลา

5. สรุป

ประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลารมควันโดยได้เก็บข้อมูลในกรณีศึกษาของโรงงานแห่งหนึ่งที่จังหวัดกาฬสินธุ์ กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับเท่ากับ 0.57 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ของผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการชำแหละที่ได้มาซึ่งเนื้อปลาส่งผลกระทบมากที่สุดคือ 0.49 kg $CO_{2\text{-eq}}$ ส่วนกระบวนการสับผสมส่งผลกระทบน้อยที่สุดที่ 2.2 x10-5 kg $CO_{2\text{-eq}}$ การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างไส้กรอกปลารมควันและไส้กรอกไก่โมกกี้ที่มีขายตามท้องตลาดถูกพบว่าไส้กรอกไก่สโมกกี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ 0.63 kg $CO_{2\text{-eq}}$/250 g ซึ่งมีค่ามากกว่าไส้กรอกปลารมควันกว่าร้อยละ 10

ตารางที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อย $CO_{2\text{-eq}}$ ต่อ ไส้กรอกปลา 250 g พร้อมบรรจุภัณฑ์

ลำดับ	กระบวนการ	$kgCO_{2\text{-eq}}$/250g				$kgCO_{2\text{-eq}}$/250g
		วัตถุดิบ	ทรัพยากร	พลังงาน	ของเสีย	
1	ชำแหละปลา	0.49	1.1×10^{-3}	-	4×10^{-5}	0.49
2	แช่เย็น	-	-	4.6×10^{-3}	-	4.6×10^{-3}
3	เครื่องปรุง	0.03	-	-	-	0.03
4	สับผสม	2.2×10^{-5}	-	4.3×10^{-9}	-	2.2×10^{-5}
5	ผสม	3.7×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-7}	-	5×10^{-3}
6	ขึ้นรูปไส้กรอก	0.01	-	1.2×10^{-7}	-	0.01
7	รมควัน	-	1×10^{-5}	3.3×10^{-3}	-	3.3×10^{-3}
8	ต้ม	-	2.1×10^{-3}	3.3×10^{-3}	1.4×10^{-3}	6.8×10^{-3}
9	ลดอุณหภูมิ	-	7.5×10^{-3}	-	1.7×10^{-3}	9.2×10^{-3}
10	บรรจุภัณฑ์	-	8.5×10^{-3}	1.2×10^{-7}	-	8.5×10^{-3}
	รวม	**0.54**	**0.02**	**0.01**	**3.1×10^{-3}**	**0.57**

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ และหน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และโรงงานไส้กรอกปลารมควัน ที่จังหวัดกาฬสินธุ์

เอกสารอ้างอิง

[1] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. [ออนไลน์]. 20 มิถุนายน 2557 สืบค้นจากhttp://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonfootprint/products.php?id=1212

[2] สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ; กรุงเทพฯ: 2549.

[3] เจนจิรา พุทธวรชัย. การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มกระป๋องโดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2552.

[4] ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. [ออนไลน์] .20 มิถุนายน 2557.

O-EN08

การออกแบบสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สายโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์

Design of the Wireless Micro-Weather Station based on Microcontroller

นภัทร วัจนเทพินทร์[1]* ไชยยันต์ บุญมี[1]

[1] ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมินนทบุรี 11000 Email: [1] watjanatepin@rmutsb.ac.th [2]yantnong@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสถานีวัดอากาศขนาดเล็กเป็นระบบไร้สายมีการรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุที่ความถี่ 433 MHzโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 45mW เป็นตัวตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์ และใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ 16 บิตเป็นตัวควบคุมการรับส่งข้อมูลผลการวิจัยพบว่าสถานีวัดอากาศขนาดเล็กทำงานได้ดีสามารถวัดสภาวะอากาศได้ 5 ค่า คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม และค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ การรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างชุดเซ็นเซอร์ และชุดแสดงผลไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น และระยะทางไกลที่สุดในที่โล่ง ที่สถานีวัดอากาศขนาดเล็กทำงานได้คือ 145 เมตร

คำสำคัญ: สถานีวัดอากาศขนาดเล็ก, โปรแกรมสถานีวัดอากาศขนาดเล็ก, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเข้มของแสงอาทิตย์

1.บทนำ

สถานีวัดอากาศเป็นเครื่องมือวัดที่มีความจำเป็นและมีความสำคัญมากในโลกปัจจุบัน ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมอย่างมากจนมนุษย์ทั่วไปคาดไม่ถึง สถานีวัดอากาศใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอากาศ และนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่นใช้ในการพยากรณ์อากาศเพื่อให้ประชาชนได้รู้ข้อมูลล่วงหน้า เกี่ยวกับสภาวะอากาศ ฝน หิมะ อุณหภูมิ แรงลม ฯลฯ เพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือเพื่อแจ้งเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น ภัยน้ำท่วม ภัยแผ่นดินไหว หรือ ภัยจากพายุฝน และพายุหิมะ เป็นต้นนอกจากนี้แล้วยังมีการใช้สถานีวัดอากาศเพื่อการเก็บข้อมูลของสภาวะอากาศในแต่ละพื้นที่ที่มีการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ข้อมูลของ ความเข้มแสงอาทิตย์ ความเร็วลมและทิศทางลม อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ จะใช้ในการประเมินค่ากำลังผลิตไฟฟ้าและสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าว[1] นอกจากนี้แล้วยังมีการนำสถานีวัดอากาศไปใช้ในด้านการเกษตร เช่นงานฟาร์ม และเกษตรกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น ไร่องุ่นเพื่อผลิตไวน์คุณภาพสูง ไร่มะนาว ไร่มันสำปะหลัง ไร่มันฝรั่ง ไร่ข้าวโพดและแปลงเกษตรชนิดอื่นๆ รวมทั้งในสถานีวิจัยทางการเกษตร[2][3] ซึ่งจะต้องมีเซ็นเซอร์ที่วัดค่าอื่นๆได้มากกว่าเช่น วัดความชื้นในดิน วัดปริมาณน้ำฝน ความดันอากาศ และอาจมีระบบกล้องเพื่อตรวจดูสภาพแวดล้อมอื่นๆ ได้อีกด้วย สถานีวัดอากาศโดยทั่วไป มี 2 ลักษณะ คือ แบบมีสาย และแบบไร้สาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้ง ในโครงการนี้จะกล่าวเฉพาะระบบการวัดสภาวะอากาศแบบที่ส่งข้อมูลไร้สาย ที่วัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะของระบบ ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เท่านั้น สถานีวัดสภาวะอากาศนั้นจะใช้ เซ็นเซอร์หลายชนิดในการวัดพารามิเตอร์ต่างๆ และนำค่าที่วัดได้จะเก็บไว้ในดาต้าล็อคเกอร์ หรือส่งไปที่คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลโดยระบบการสื่อสารข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง [4][5]สถานีวัดอากาศที่กล่าวมานั้นประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ตัวแปลงสัญญาณ ตัวส่งสัญญาณไร้สายผ่านคลื่นวิทยุแหล่งจ่ายไฟฟ้าและแบตเตอรี่ อุปกรณ์ดังกล่าวล้วนแต่เป็นเครื่องมือวัดที่มีราคาค่อนข้างสูง โดยเฉพาะราคาของเซ็นเซอร์วัดความเข้มของแสงอาทิตย์ เช่น ผลิตภัณฑ์ของ Kipp&Zonen, Novalynx หรือ DAVIS instruments ที่มีคุณภาพดีจะมีราคาสูงมาก และต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงมีแรงจูงใจที่จะพัฒนาระบบที่มีราคาถูกลง โดยใช้โซล่าเซลล์ขนาดเล็กเป็นเซ็นเซอร์วัดแสงอาทิตย์ ทดแทนเซ็นเซอร์วัดความเข้มของแสงอาทิตย์ที่นำเข้าจากต่างประเทศและพัฒนาวงจรอินเตอร์เฟซให้มีค่าผิดพลาดจากการวัดต่ำเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการใช้งานและต่อร่วมกับวงจรขยายแบบที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง เช่น วงจรขยายอินสตรูเมนต์ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ M.Benghanem [6] , และการทดลองของ M.A. Muñoz-García [7] และผู้วิจัยจะเลือกใช้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีในประเทศราคาไม่สูง และเลือกเซ็นเซอร์วัดความเร็วและทิศทางลมที่เหมาะสมมาใช้ร่วมกัน และพัฒนาไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อทำหน้าที่ควบคุม เก็บข้อมูล และรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุในย่านความถี่ 433 MHzและทดลองการทำงานของระบบดังกล่าวว่าใช้งานได้หรือไม่ ดีอย่างไร ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการเก็บข้อมูลและการประยุกต์ใช้งานอื่นๆ ต่อไป

2.อุปกรณ์และวิธีการ

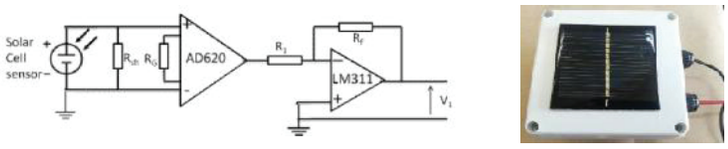
2.1เซ็นเซอร์วัดแสงอาทิตย์

พัฒนาขึ้นโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึกเดี่ยว ขนาด 5x5 cm 0.5V 90mA และใช้ R_{sh} ค่า 0.01Ω ต่อขนานกับเซลล์แสงอาทิตย์ และนำไปทดลองวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์(W/m^2) เพื่อลดค่าใช้จ่ายของระบบลง หลักการคือ ค่ากระแส I_{SC} จะแปรผันตรงกับค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (Irradiances, W/m^2) และค่าแรงดันที่ตกคร่อม R_{sh} โดยใช้หลักการวัดค่ากระแสลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์ตามสมการ(1)อย่างไรก็ตามแรงดันที่ได้ออกมาจะมีค่าน้อยมากจึงใช้อินสตรูเมนต์แอมพลิไฟร์เบอร์ AD620ที่มีอิมพีแดนซ์อินพุตสูงมากเพื่อขยายสัญญาณดังรูปที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้นี้มีค่า Calibration factor เท่ากับ 67 $mA/\frac{kW}{m^2}$ค่านี้ได้มาจากการทดลอง

$$I_{SC} = K H_i \quad (1)$$

เมื่อ K คือCalibration factor

H_i คือค่าความเข้มแสงอาทิตย์



รูปที่ 1 วงจรเซ็นเซอร์วัดแสงอาทิตย์

2.1**เซ็นเซอร์วัดลม**ผู้วิจัยเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดความเร็วลมและทิศทางลม รุ่น 7911, ผลิตภัณฑ์ของ DAVIS Instruments มีค่าเอาต์พุตคือความเร็วลม1600 rev/hour = 1 mph และทิศทางลมเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ระหว่าง0 - 20KΩ; 10KΩ = south, 180°ดังรูปที่ 2

2.1เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผู้วิจัยเลือกเซ็นเซอร์แบบติดตั้งภายนอกทนต่อสภาพแวดล้อมและฝุ่นละอองรุ่นPMHM-005-01 ของ PRIMUS เซ็นเซอร์ตัวนี้สามารวัดความชื้นและอุณหภูมิได้ในตัวเดียวกันดังรูปที่ 2 วงจรเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์0-100%RH และอุณหภูมิ 0-100องศาเซลเซียส เป็นสัญญาณ4-20mA/0-10V/RS-485



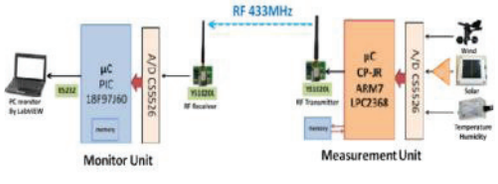
รูปที่ 2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเซ็นเซอร์วัดลม

2.1**โมดูลสื่อสารไร้สายD-YS1020L**เป็นตัวรับส่งข้อมูล ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจาก RS232 หรือ RS485 เป็นคลื่นวิทยุความถี่ 433MHz ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 1,200-19,200 bps สามารถเลือกช่องความถี่ได้ 8 ช่อง ระยะทางการรับส่ง 200 เมตรในที่โล่งมีพอร์ตเชื่อมต่อ 1 ช่อง สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ลักษณะของโมดูล YS1020L แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โมดูลรับ-ส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ รุ่น YS1020L

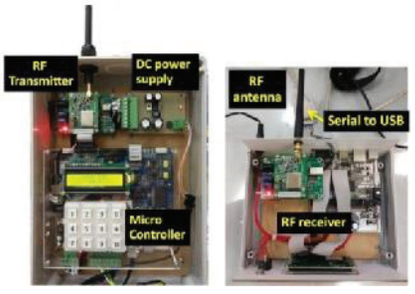
2.1การออกแบบระบบไดอะแกรมการออกแบบระบบสถานีวัด อากาศขนาดเล็กไร้สายในบทความนี้แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สาย

2.1.1 Measurement Unitจะนำสัญญาณจากเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ คือ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ ตัววัดความเร็วและทิศทางลมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ผ่านตัวแปลงสัญญาณ A/D เบอร์ C55526 ของบริษัท CIRRUS LOGIC เป็น A/D Converter ,16-bitรองรับอินพุต 4-20mA 4 ช่อง,0-10VDC 2 ช่อง มีวงจรขยาย 2 ช่อง(ระดับ mV) ใช้ MCU ARM7 TDMI-S เบอร์ LPC2368 ของบริษัท PHILIPS บนบอร์ดของ ETT ควบคุมการรับส่งสัญญาณ A/D converterตั้งค่าผ่าน Keypad ขนาด 8x4 ได้แสดงผลผ่านจอ LCD 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร Logger ค่าที่วัดได้ลงใน SD CARD ตามเวลาที่กำหนด (อย่างน้อย 5 วินาที)รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้ใช้ตัวแปลงสัญญาณโมดูลสื่อสารรุ่นYS1020L เป็น RF Moduleดังรูปที่ 5

2.1.2 Monitor Unitใช้โมดูลสื่อสารที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลเบอร์เดียวกัน นำสัญญาณที่รับได้ผ่าน A/D และส่งเข้า MCU ตระกูล PIC เบอร์18F97J60 ของบริษัท MICROCHIP และมี SD card สำหรับบันทึกค่าข้อมูลและสามารถแสดงผลได้บนจอ LCD ที่เครื่องรับ และสามารถต่อ serial port เข้าสู่ คอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล และด้วยโปรแกรม Lab VIEWดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Measurement Unit and Monitor Unit

2.1.3การสอบเทียบเมื่อพัฒนาสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สายเสร็จแล้วผู้วิจัยได้นำมาสอบเทียบกับสถานีวัดอากาศมาตรฐาน ในโครงการนี้ใช้ สถานีวัดอากาศผลิตภัณฑ์ของ DAVIS Instruments รุ่น Vantage Pro II โดยสอบเทียบเฉพาะการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์เท่านั้น เพราะว่า เซ็นเซอร์วัดลม และ วัดอุณหภูมิได้มีการสอบเทียบจากบริษัทผู้ผลิตมาแล้ว

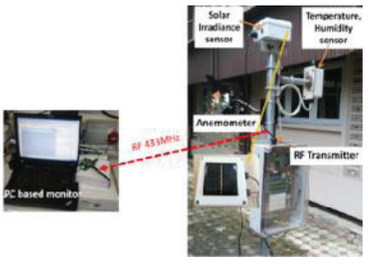
3.วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สายที่นักวิจัยพัฒนาขึ้นบริเวณนอกอาคารดังรูปที่ 8ดำเนินการทดลองวัดและเก็บข้อมูลสภาวะอากาศในวันที่ 20พฤษภาคม พ.ศ.2557 ระหว่างเวลา 09.00น.–10.00 น. โดยตั้งค่าเวลาสุ่มตัวอย่างของเครื่องวัดเท่ากับ 10 วินาทีโดยระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 20 เมตร ดังรูปที่ 6

2. ติดตั้ง ชุด Monitor ในห้องปฏิบัติการ และต่อสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์ ที่ติดตั้งโปรแกรมอ่านค่าข้อมูล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่ออ่านค่าข้อมูลสภาวะอากาศที่วัดได้

3. อ่านค่าและบันทึกผลการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม และค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ จากจอภาพของ ชุด Measurement เทียบกับค่าที่อ่านได้จากชุด Monitor (หน้าจอคอมพิวเตอร์)ดังรูปที่ 7

4. ทำการทดลองตามข้อ 3 ซ้ำจำนวน 5 ครั้ง



รูปที่ 6 สถานีวัดอากาศที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น



รูปที่ 7 การอ่านค่าผลการทดลอง

5.ทดลองหาระยะทางที่ไกลที่สุดโดยติดตั้งชุดสถานีวัดอากาศขนาดเล็กภายนอกอาคาร และติดตั้งชุด Monitor ในแนวตรงที่สามารถมองเห็นกันได้ ไม่มีอาคารมาบังการรับ–ส่ง สัญญาณ โดยใช้บริเวณถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี เขตใต้บริเวณข้างอาคาร 16 และอาคารราชมงคล 36สังเกตและบันทึกผล

4.ผลการวิจัย

4.1ผลการทดสอบการทำงานผลการวัดค่าสภาวะอากาศทั้ง 5 ค่า คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางลม และความเข้มของแสงอาทิตย์ ที่วัดได้จากชุดสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สายที่นักวิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน5 ครั้ง พบว่าข้อมูลที่วัดได้จาดชุด Measurement มีค่าตรงกันกับข้อมูลที่อ่านได้จากชุด Monitorทุกครั้งดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สาย(31 พฤษภาคม 2557)

ครั้งที่	เวลา	ค่าที่อ่านได้	ความชื้นสัมพัทธ์ RH(%)	อุณหภูมิ Degree C	ความเร็วลม m/s	ทิศทางลม Degree	ความเข้มแสงอาทิตย์ W/m^2
	9:19	Measurement	57.8	26.6	0.0	288.3	385.1
1	9:19	Monitor	57.8	26.6	0.0	288.3	385.1
	9:23	Measurement	59.2	26.9	0.0	288.3	405.5
2	9:23	Monitor	59.2	26.9	0.0	288.3	405.5
	9:29	Measurement	58.7	27.3	0.0	270.6	409.7
3	9:29	Monitor	58.7	27.3	0.0	270.6	409.7
	9:31	Measurement	57.0	27.4	0.0	272.0	423.9
4	9:31	Monitor	57.0	27.4	0.0	272.0	423.9
	9:34	Measurement	54.6	27.2	0.0	271.6	448.9
5	9:34	Monitor	54.6	27.2	0.0	271.6	448.9

4.2 ผลการวัดระยะทางการรับ–ส่ง สัญญาณที่ไกลที่สุดผลการทดลองพบว่า ระยะไกลที่สุดที่มีการรับ –ส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุที่ความถี่ 433 MHz มีระยะทาง 145 เมตร เมื่อทดสอบในที่โล่ง ดังตารางที่ 1และเมื่อทดสอบในที่ที่มีอุปสรรคกีดขวางโดยการติดตั้งตัวรับ(ชุด Monitor)ไว้ในอาคาร และตัวส่ง(ชุด Measurement) ไว้นอกอาคารพบว่า ระยะทางที่รับ-ส่งสัญญาณได้ไกลที่สุดคือ70 เมตร

ตารางที่ 2 ผลการทดลองของระยะการรับ–ส่ง ข้อมูลไกลที่สุดในที่โล่ง

ระยะทาง (เมตร)	การทดลองรับ – ส่ง ข้อมูลครั้งที่				
	1	2	3	4	5
80	Y	Y	Y	Y	Y
100	Y	Y	Y	Y	Y
120	Y	Y	Y	Y	Y
145	Y	Y	Y	Y	Y
150	N	N	N	N	N

5.สรุปและวิจารณ์

จากผลการทดสอบการสถานีวัดอากาศขนาดเล็กไร้สายที่พัฒนาขึ้นนี้ พบว่าทำงานได้ถูกต้อง การรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างชุด Measurement และชุด Monitor ผ่านโมดูลการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ รุ่นYS1020L ทำได้ดี มีความถูกต้องทุกครั้ง และทำงานได้ระยะไกล 145 เมตร ในที่โล่ง และระยะทาง70 เมตรในที่มีสิ่งกีดขวาง สามารถประยุกต์ใช้ได้ในงานด้านฟาร์มอัจฉริยะ และงานภาคสนามอื่นๆ ถ้าได้พัฒนาโปรแกรม Monitor ให้มีความสมบูรณ์ จะสามารถใช้ได้กับงานประยุกต์ที่กว้างขวางขึ้น เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน โรงไฟฟ้าแบบผสมผสาน โรงไฟฟ้าพลังงานลม และสถานีวัดอากาศ เป็นต้นอย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าเครื่องมือวัดสภาวะอากาศที่ใช้เซ็นเซอร์ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเองนี้ ส่งผลให้ราคาของสถานีวัดอากาศขนาดเล็กมีราคาลดลงเพราะไม่ต้องนำเข้าเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ที่จากต่างประเทศในอนาคตควรวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น การป้องกันน้ำและอุณหภูมิในการนำไปใช้งานภาคสนามการเพิ่มระยะของการส่งสัญญาณที่ไกลขึ้น และความผิดพลาดจากการวัดให้มีค่าลดลง และเพื่อจะได้ประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย

7.เอกสารอ้างอิง

[1] N. Watjanatepin and C. Boonmee**"Development of LabVIEW Monitoring System for the Hybrid PV–Wind Energy System"**, Tech Connect World Conference and Expo 2010. June 21-25, 2010, Anaheim, California, USA.

[2]http://www.smartfarmthailand.com/granmonte/Micro_Climate_Station.htm(online access on 30 December 2013)

[3] NattapongTongrod, KrisanadejJaroensutasinee, AdisornTuantranont andTeerakiatKerdcharoen**Information Technology for Smart Vineyard** World conference on agricultural information and IT, IAALD AFITAWCCA 2008, TokyoUniversity of Agriculture, Tokyo, Japan, 24 - 27 August, 2008

[4] Prodata, Affordable automatic Weather Station, http://www.weatherstation.cu.uk/ (Online)

[5]ศิวาพรเหมียดไธสง และคณะ**ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ ไร้ สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว**5thECTI-CARD2013, 8-10 May 2013, Suranaree University of Technology, Thailand

[6] M. Benghanem, **Measurement of meteorological data based on wireless data** M **acquisition systemmonitoring**, Applied Energy, Volume 86, Issue 12, December 2009, Pages 2651-2660, ISSN 0306-2619,

[7]M.A. Muñoz-García, A. Melado-Herreros, J.L. Balenzategui, and P. Barrerio**Low-cost Irradiance sensors for Irradiation AssessmentsInside Tree Canopies**, Solar EnergyVolume 103, May 2014, Pages 143–153

O-EN09

การพัฒนาเครื่องมือทดสอบแรงอัดดินแบบสามแกนโดยใช้ระบบมอเตอร์แทนระบบมือหมุน

Development of Triaxial Compression Test Machineby using Motor System instead of Manual Control

ชูศักดิ์ คีรีรัตน์[1*],อนุมัติ วงษ์สวรรค์[2]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล 77110

[2]บริษัท เอสทีดีไซด์แอนด์คอนสตรั๊คชั่น จำกัด หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์77110

E-mail: qg49850084@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือทดสอบแรงอัดดินแบบสามแกน โดยประยุกต์ใช้เครื่องกดที่ใช้ระบบการควบคุมอัตราการกดด้วยระบบมือหมุนมาทดแทนเครื่องกดระบบไฮโดรลิคที่เสียหาย เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมซึ่งมีราคาสูงและเป็นการนำวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด ราคาไม่แพง มาประยุกต์เข้ากับวงจรไฟฟ้า โดยยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง และได้ออกแบบการจัดวางรวมทั้งรูปลักษณ์ของเครื่องกดให้สามารถใช้งานได้ง่าย ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าเครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้ตามหลักการทำงานของชุดเครื่องมือทดสอบเดิมและมีความเสถียรในการกดตัวอย่างดิน อีกทั้งเมื่อนำมาใช้ในการทดสอบแรงอัดสามแกนแบบไม่อัดตัวไม่ระบายน้ำกับตัวอย่างดินเหนียวกรุงเทพที่เก็บได้จากสนาม พบว่าค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ทั่วไป ดังนั้นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

คำสำคัญ:เครื่องทดสอบแรงอัดแบบสามแกน;ระบบมอเตอร์;การทดสอบแบบไม่อัดตัวไม่ระบายน้ำ

1. บทนำ

การทดสอบแรงอัดแบบสามแกน (Triaxial Test) เป็นการทดสอบหนึ่งในห้องปฏิบัติการ (LaboratoryTesting) ที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมปฐพี และเป็นการทดสอบในรายวิชาปฏิบัติการทดสอบปฐพีกลศาสตร์ ซึ่งเป็นรายวิชาบังคับที่ต้องเรียนในหลักสูตรวิศวกรรมโยธา การทดสอบดังกล่าวต้องใช้เครื่องกดตัวอย่างดิน (Compression Machine) แต่เนื่องจากระบบไฮดรอลิกและระบบควบคุมของเครื่องกดตัวอย่างดินเกิดการชำรุดเสียหายทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ซึ่งส่งผลทำให้การเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการทดสอบปฐพีกลศาสตร์มีความไม่สมบูรณ์ โดยเครื่องกดตัวอย่างดินได้เคยถูกส่งซ่อมระบบไฮโรอลิคแล้วซึ่งต้องใช้งบประมาณค่อนข้างมากและต้องรอเป็นระยะเวลานานด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้มีแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องกดตัวอย่างดินที่มีอยู่ซึ่งเป็นระบบมือหมุนให้เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการประยุกต์การควบคุมการกดด้วยระบบรอบการหมุนของมอเตอร์แทนระบบการกดแบบไฮดรอลิก โดยมุ่งเน้นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้โดยทั่วไปในท้องตลาด และการพัฒนาครั้งนี้จะรวมถึงการออกแบบตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์และแผงวงจรใหม่ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาต่อไปในอนาคต

2.วิธีการศึกษา

2.1วัสดุและอุปกรณ์การศึกษาครั้งนี้ใช้วัสดุอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

1.อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกดตัวอย่างดินดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย

1.1อุปกรณ์ควบคุมอัตราความเร็วรอบการกดต่อนาที สามารถควบคุมอัตราความเร็วรอบตั้งแต่ 1-212 รอบต่อนาที การใช้งานโดยการหมุนปรับเหมือนกับการปรับระดับเสียงในเครื่องเสียง

1.2สวิตช์ควบคุมการเครื่องที่ขึ้นลงของเครื่องกดตัวอย่างดิน เป็นสวิตช์สามทาง เมื่อต้องการกดตัวอย่างดินให้เลื่อนสวิตช์ไปทางซ้ายมือจะแสดงไฟสถานะสีเขียว เมื่อเลื่อนสวิตช์กลับมาตรงกลางเป็นการหยุดการกด และเมื่อต้องการนำตัวอย่างดินออกให้เลื่อนสวิตช์ไปทางขวามือจะแสดงไฟสถานะสีแดง

1.3จอแสดงผลจำนวนรอบการกดต่อนาที ซึ่งจะสัมพันธ์กับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ จอแสดงผลนี้สามารถแสดงผลได้ตั้งแต่0-9999 รอบต่อนาที ใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดรอบจากตัวมอเตอร์ เมื่อปรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบจอแสดงผลจะแสดงจำนวนตัวเลขรอบต่อนาทีโดยใช้เวลาในคำนวณจำนวนรอบต่อนาทีประมาณ 5 วินาที

1.4 สวิตช์ปิด-เปิดเครื่องกดดินโดยสวิตช์จะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟ 220 V. ให้กับวงจรไฟฟ้า โดยเมื่อไฟสถานะสีแดงแสดงที่ตัวสวิตช์แสดงว่าวงจรไฟฟ้าพร้อมทำงาน โดยมีฟิวส์ต่อคร่อมไว้เพื่อใช้ตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรหรือมีความผิดพลาดของวงจรเกิดขึ้น



รูปที่ 1 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกดตัวอย่างดิน

2.เครื่องกดตัวอย่างดิน เป็นเครื่องทดสอบระบบมือหมุนดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องกดตัวอย่างดิน

3.มอเตอร์ควบคุมการกด ใช้สำหรับขับเคลื่อนเฟืองเพื่อให้เครื่องกดเคลื่อนที่ขึ้นและลง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 มอเตอร์ควบคุมการกด

4.ลิมิตสวิชต์สำหรับควบคุมขอบเขตการเลื่อนขึ้นและลงดังรูปที่4



รูปที่ 4 ลิมิตสวิชต์

2.2ขั้นตอนการศึกษา

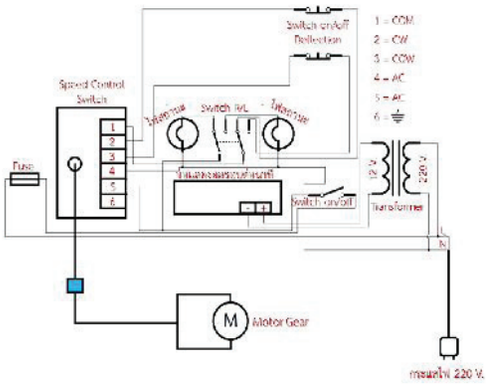
1.ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบแกน จากเอกสารการทดสอบที่เกี่ยวข้อง [1,2,3] ซึ่งอธิบายวิธีการทดสอบแรงอัดแบบสามแกนสามารถทดสอบทั้งรูปแบบซิงเกิ้นสเตจและมัลติสเตจ

2.ตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของอุปกรณ์ประกอบชุดเครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบสามแกนและปรับปรุงให้พร้อมใช้งานดังรูปที่ 5



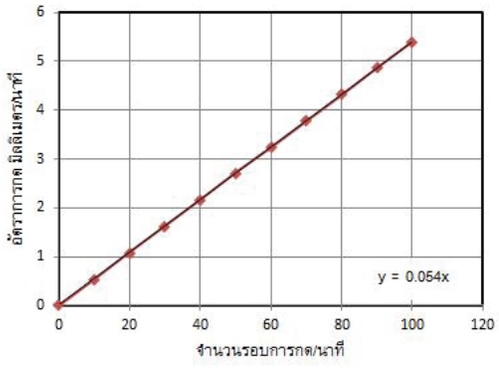
รูปที่ 5 อุปกรณ์ประกอบชุดเครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบสามแกน

3.ออกแบบระบบการทำงานของวงจรควบคุมจำนวนรอบของมอเตอร์ที่จะต่อเข้ากับเครื่องกดตัวอย่างดินดังรูปที่ 6 และทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อควบคุมและแสดงผลการทดสอบ



รูปที่ 6 ระบบการทำงานของวงจรควบคุมจำนวนรอบของมอเตอร์ที่จะต่อเข้ากับเครื่องกดตัวอย่างดิน

4.ดำเนินการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์และอัตราการกดตัวอย่างดิน เพื่อใช้สำหรับกำหนดจำนวนรอบในการทดสอบตามอัตราการกดที่ต้องการ



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์และอัตราการกดตัวอย่างดิน

5.ดำเนินการทดสอบแรงอัดแบบสามแกนเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องกดตัวอย่างดินที่พัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนการใช้งานเครื่องกดดินที่พัฒนาขึ้น ดังต่อไปนี้

5.1เมื่อเตรียมตัวอย่างดินเรียบร้อยและนำตัวอย่างดินมาวางบนแท่นทดสอบแล้ว เปิดสวิตช์เครื่องกดดินโดยจะต้องทำการรอการเซตวงจรการวัดรอบประมาณ 5 วินาที สังเกตได้จากหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 8



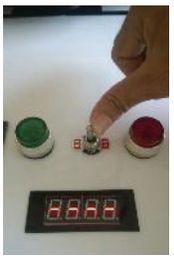
รูปที่ 8 เปิดสวิตช์เครื่องกดดิน

5.2 ปรับรอบการกดให้ตามมาตรฐานการทดสอบให้ได้ 0.05 นิ้วต่อนาที ซึ่งจะตรงกับจำนวนรอบของมอเตอร์ 24 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9การปรับความเร็ว

5.3 เลือกดันสวิตซ์ไปทางด้านซ้ายเพื่อกำหนดให้แท่นกดตัวอย่างเลื่อนขึ้น เป็นการเพิ่มน้ำหนักกดให้กับตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเลือกทิศทางการทำงานของเครื่องกดดิน

5.4 ดำเนินการกดตัวอย่างดินจนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติ ดังรูปที่ 11 แล้วจึงดันสวิซต์ไปทางด้านซ้ายเพื่อให้เครื่องกดดินถอนน้ำหนักกระทำ



รูปที่ 11 การวิบัติของตัวอย่างดิน

5.5ดำเนินการหาค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่ได้จาการทดสอบโดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าทั่วไปที่แนะนำโดยผู้วิจัยท่านอื่น

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การทดสอบแรงอัดแบบสามแกนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการทดสอบแบบไม่มีการอัดตัวและไม่มีการระบายน้ำออก (UU-Test) ใช้ตัวอย่างดินเหนียวกรุงเทพจากบริษัท เจ แอล พี เอ็นจิเนียริ่ง เซอร์วิส จำกัด โครงการก่อสร้างถนนลาดปลาเค้า มีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 41.90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความลึก 9.00 เมตร ถึง 9.50 เมตร โดยมีรูปแบบการทดสอบ 2รูปแบบดังนี้

1.1 ตัวอย่างดินในสภาพไม่อิ่มตัววิธีการทดสอบแบบชิงเกิลสเตจซึ่งใช้จำนวนตัวอย่างดิน3 ตัวอย่าง โดยใช้ดินตัวอย่างชนิดเดียวกัน [4]สำหรับผลการทดสอบดังตารางที่ 1เมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินพบว่ามีค่าหน่วยแรงยึดเกาะ (Cohesion, c) เท่ากับ 0.512 ตัน/ตร.ม. และมุมเสียดทานภายในของดิน (Internal Friction Angle, ϕ) เท่ากับ 1.234 องศา

ตารางที่ 1 รายละเอียดผลการทดสอบแบบชิงเกิลสเตจ

รายละเอียด	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
แรงดันด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	10	20	30
แรงดันเบี่ยงเบนสูงสุด (ตัน/ตร.ม.)	1.52	1.89	2.40

1.2 ตัวอย่างดินในสภาพอิ่มตัว วิธีการทดสอบแบบมัลติสเตจซึ่งใช้ตัวอย่างดินเพียง 1 ตัวอย่าง แต่สามารถหาค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้ [4] โดยใช้ตัวอย่าดินชนิดเดียวกับตัวอย่างดินในข้อ 3.1 สำหรับผลการทดสอบดังตารางที่ 2เมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินพบว่ามีค่าหน่วยแรงยึดเกาะเท่ากับ 0.533 ตัน/ตร.ม. และมุมเสียดทานภายในของดินเท่ากับ 0 องศา

ตารางที่ 2 รายละเอียดผลการทดสอบแบบมัลติสเตจ

รายละเอียด	ตัวอย่างดิน		
แรงดันด้านข้าง (ตัน/ตร.ม.)	10	20	30
แรงดันเบี่ยงเบนสูงสุด (ตัน/ตร.ม.)	0.91	1.12	1.35

1.3 ผลการทดสอบทั้งสองรูปแบบเป็นไปตามทฤษฎีการทดสอบแรงอัดสามแกน โดยสำหรับดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนจะมีค่าทั้งหน่วยแรงยึดเกาะ และมุมเสียดทานภายในในขณะที่เมื่อทดสอบกับตัวอย่างดินอิ่มตัวด้วยน้ำค่าพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนจะมีเฉพาะค่าทั้งหน่วยแรงยึดเกาะเท่านั้นและเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทั่วไปที่แนะนำโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[4]พบว่า อยู่ในช่วงที่ค่าได้ถูกแนะนำไว้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

ชนิดดิน	หน่วยแรงยึดเกาะ (กก./ตร.ซม.)	มุมเสียดทานภายใน (องศา)
ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ	0.05 – 0.15	0 – 10°
ดินตัวอย่าง (ซิงเกิ้นสเตจ)	0.0512	1.234
ดินตัวอย่าง (มัลติสเตจ)	0.0533	0

4.สรุปผล

การทำงานของเครื่องกดตัวอย่างดินที่ปรับปรุงจากเครื่องกดตัวอย่างดินแบบใช้ระบบมือหมุนเป็นเครื่องกดตัวอย่างดินแบบใช้ระบบมอร์เตอร์เป็นไปตามวัตถุประสงค์ สามารถใช้งานได้สะดวกทดแทนเครื่องกดตัวอย่างดินที่ชำรุดได้ ผลที่ได้จากการทดสอบแรงอัดแบบสามแกนให้ค่าที่สอดคล้องกับค่าแนะนำจากนักวิจัยท่านอื่น แสดงให้แน่ใจว่าเครื่องกดตัวอย่างดินที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถใช้งานได้จริง อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการเป็นเงิน 8,500 บาทเมื่อเปรียบเทียบกับการซ่อมแซมระบบไฮดรอลิกพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างน้อย 3 เท่า และยังสามารถแก้ไขได้เอง เนื่องจากระบบไม่ซับซ้อน ซึ่งเป็นการประหยัดเวลา รวมถึงยังสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไปข้างหน้า

5.เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติเทพ เฟื่องขจร,2552, การประดิษฐ์เครื่องกดทดสอบหินในสามแกนจริง. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[2] พลากร พีรภาคย์,2547, การทดสอบการกดกรวดขนาดเล็กในเครื่องมือทดสอบแรงอัดสามแกน. วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์หมาวิทยาลัย.

[3] จารุวรรณ รสเกษร,2547,การศึกษาระบบการทำงานของเครื่องมือทดสอบแรงอัดสาม แกนที่แสดงผลโดยระบบคอมพิวเตอร์. ปริญญานิพนธ์ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] Head, K. H., 1986,Manual of Soil Laboratory Testing Volume 3: Effective Stress Tests First Edition. London, Pentech Press.

[5] เชิดพันธุ์ อมรกุล, สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์,“การทดสอบแรงแรงอัดสามแกน)”www.gerd.eng.ku.ac.th/cai/ch14/ch014.htm [22 เมษายน2557].

O-EN10

เครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

กาญบัญชา พานิชเจริญ[1*], ชาญยุทธ อุปายโกศล[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170 E-mail: kanbuncha.pan@rmutr.ac.th; chanyut.a@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในด้านการจัดการพลังงานทางด้านการเกษตรกรรมเพื่อลดการใช้ทรัพยากรการใช้น้ำในการเกษตรกรรมนั้น นับว่ายิ่งจะมีคุณค่ามากขึ้น อีกทั้งต้นยางพารานั้นเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ของประเทศ ปัจจุบันสวนยางพาราในประเทศไทยมีประมาณ 11.5 ล้านไร่ คิดเป็นประมาณร้อยละ 93.01 ของสวนยางทั้งหมด เป็นสวนยางขนาดเล็ก ขนาดของสวนยางเฉลี่ย 13 ไร่ เป็นการปลูกลักษณะเชิงเดี่ยวของเกษตรกรรายย่อย เป็นสินค้าเกษตรที่มีลักษณะธรรมชาติที่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลเก็บเกี่ยว ผลผลิตที่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน รวมทั้งระยะเวลาในการเพาะปลูก การให้น้ำแก่ต้นยางพาราที่ต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นอยู่ตลอดเวลา โครงงานวิจัยนี้จึงเป็นการทดลองสร้างและพัฒนาเครื่องวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา โดยอาศัยการสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Sensor Network) มาประยุกต์ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบวัดความชื้นในดินและระบบฐานข้อมูล ทำให้สามารถนำระบบวัดความชื้นในดินไปใช้ในที่ไกลๆ ได้ ทำให้ไม่เสียเวลาในการบันทึกค่าความชื้นในดินที่ได้จากการอ่านค่าในแต่ละวัน ซึ่งจะเสียทั้งต้นทุนและบุคลากรในการทำงาน โดยตัวระบบจะทำการวัดค่าที่ได้จากความชื้นในดินมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ผลการวัดความชื้นในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา ที่ระดับความลึก 10-50 เซนติเมตร ควรมีค่าเฉลี่ยมากว่า 12 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

คำสำคัญ: เครื่องวัดความชื้นในดิน, เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย, การปลูกต้นยางพารา

1. รายละเอียดโดยรวม

การนำประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทางด้านการเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการผลิตมากยิ่งขึ้น การให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนจะต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นในดินให้สม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องรับทราบข้อมูลที่มีผลกับการเจริญเติบโตของ พืชไร่พืชสวน การเก็บค่าอุณหภูมิ การวัดความชื้น หรือการวัดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ซึ่งมีขั้นตอนการวัดค่าต่างๆ ภายในชั้นดินที่มีความยุ่งยาก หากเก็บข้อมูลในบริเวณกว้างจะทำให้เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลในแต่ละจุด จึงมีแนวคิดที่สร้างเครื่องอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่างๆ ผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สายที่มีการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วและน่าเชื่อถือ การใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นแนวคิดใหม่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการใช้งานระบบเครือข่ายนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านเกษตรกรรม ด้านการเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติ ด้านการแพทย์ ฯลฯ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ที่สามารถสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ได้ทั้งบนดินสู่ใต้ดินและระหว่างใต้ดินกับใต้ดิน ทำการสร้างระบบวัดความชื้นผ่านการสื่อสารไร้สาย(Sensor Network) เป็นสื่อกลางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างระบบเครื่องวัดความชื้นในดินและระบบฐานข้อมูล จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเป็นระบบจัดการควบคุมขนาดใหญ่ เช่น ไร่สวนขนาดใหญ่ที่ยากต่อการควบคุมระบบการให้น้ำเป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนที่มีจำนวนมากหรือน้อยเกินไปและรองรับการใช้งานในภาคปฏิบัติจริง จึงมีแนวคิดในการศึกษาต้นแบบที่มีอยู่ พร้อมทั้งพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างจำนวนโนดเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งศึกษาการสร้างระบบเครือข่ายจากโนดที่ได้พัฒนาต่อไป

2. บทนำ (Introduction)

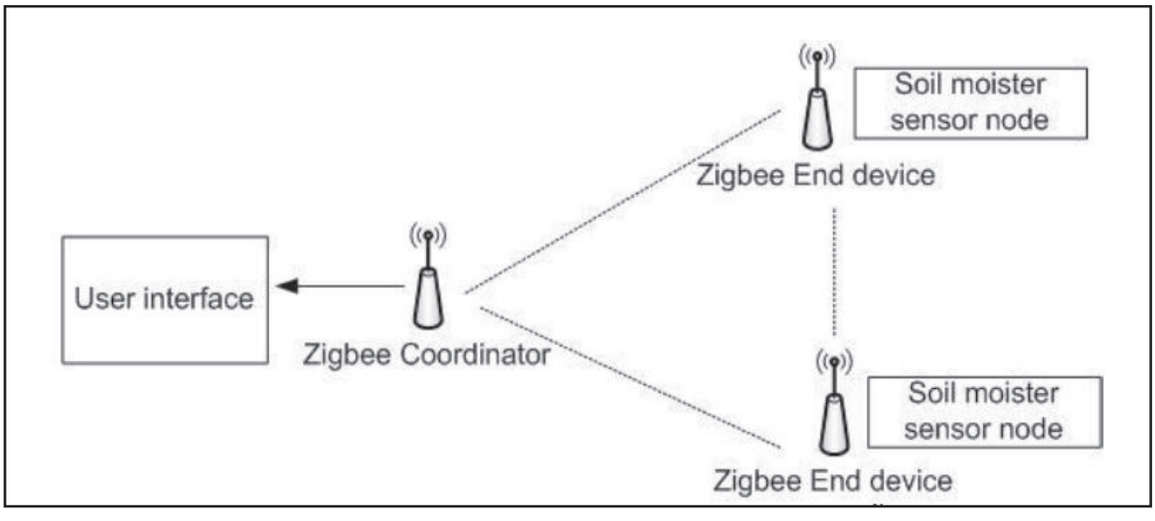
การนำประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทางด้านการเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการผลิตมากยิ่งขึ้น การให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนจะต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นในดินให้สม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องรับทราบข้อมูลที่มีผลกับการเจริญเติบโตของ พืชไร่พืชสวน การเก็บค่าอุณหภูมิ การวัดความชื้น หรือการวัดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ซึ่งมีขั้นตอนการวัดค่าต่างๆ ภายในชั้นดินที่มีความยุ่งยาก หากเก็บข้อมูลในบริเวณกว้างจะทำให้เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลในแต่ละจุด จึงมีแนวคิดที่สร้างเครื่องอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่างๆ ผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สายที่มีการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วและน่าเชื่อถือ การใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นแนวคิดใหม่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการใช้งานระบบเครือข่ายนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านเกษตรกรรม ด้านการเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติ ด้านการแพทย์ ฯลฯ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ที่สามารถสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ได้ทั้งบนดินสู่ใต้ดินและระหว่างใต้ดินกับใต้ดิน ทำการสร้างระบบวัดความชื้นผ่านการสื่อสารไร้สาย(Sensor Network) เป็นสื่อกลางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างระบบเครื่องวัดความชื้นในดินและระบบฐานข้อมูล จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเป็นระบบจัดการควบคุมขนาดใหญ่ เช่น ไร่สวนขนาดใหญ่ที่ยากต่อการควบคุมระบบการให้น้ำเป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนที่มีจำนวนมากหรือน้อยเกินไปและรองรับการใช้งานในภาคปฏิบัติจริง จึงมีแนวคิดในการศึกษาต้นแบบที่มีอยู่ พร้อมทั้งพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างจำนวนโนดเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งศึกษาการสร้างระบบเครือข่ายจากโนดที่ได้พัฒนาต่อไป

3. วิธีการศึกษา (Methodology) การออกแบบโครงสร้างของระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราเป็นเครือข่ายแบบเมสส์ (Mesh Topology) โดยแบ่งออกเป็น 3 โนด แบ่งตามหน้าที่การทำงานคือโนดที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างฐานข้อมูล (Server) ของอุปกรณ์เชื่อมต่อ (User Interface) ส่วนที่เหลืออีก 2 โนด จะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา (Soil Moisture Sensor) โดยมีการออกแบบโครงสร้างของระบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1

จากการออกแบบเครือข่ายที่ใช้พัฒนาระบบ สามารถอธิบายการทำงานทั้งหมดได้ดังนี้

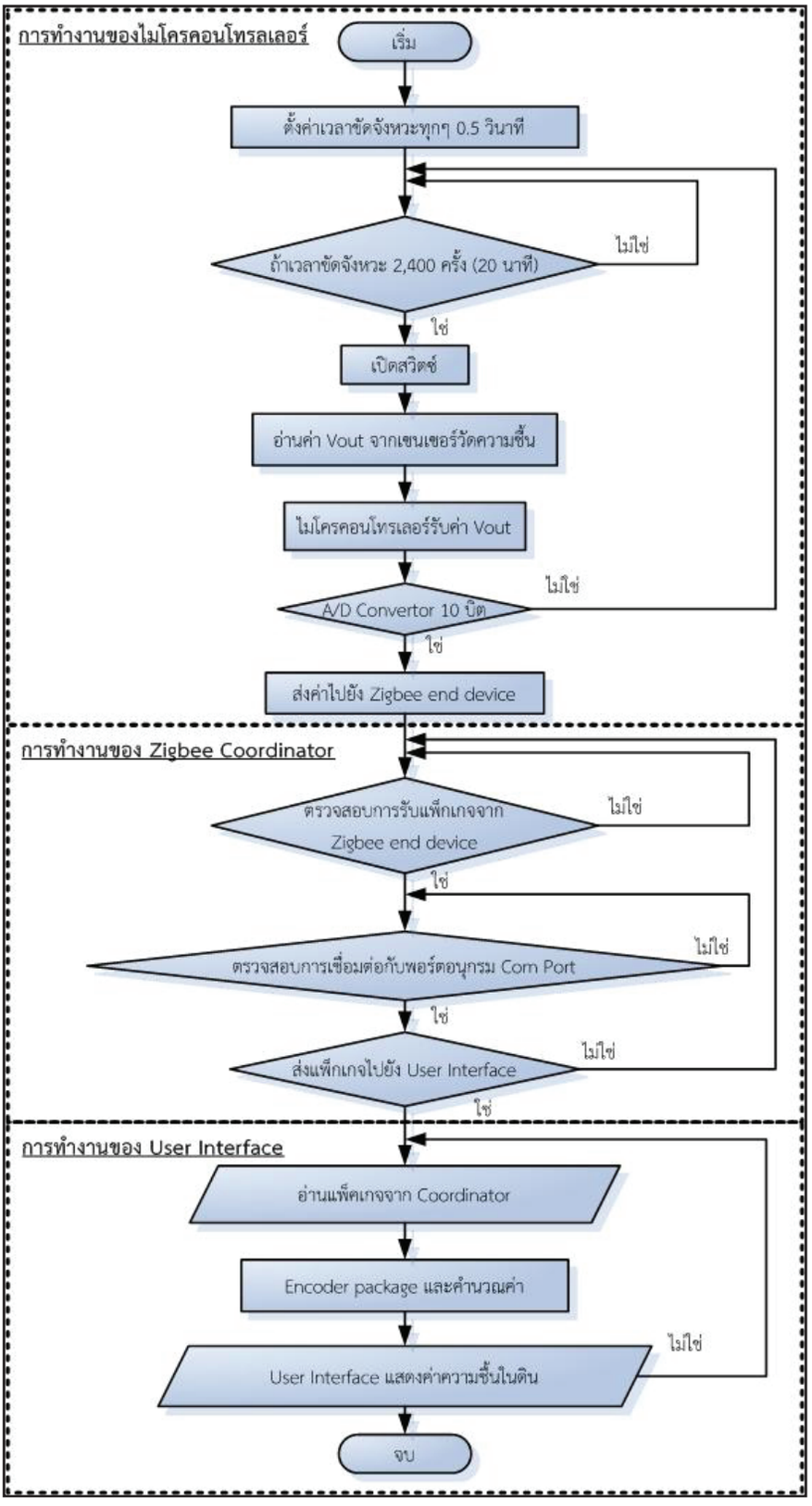
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จัดเก็บฐานข้อมูล (Server) จะมี Zigbee Coordinator ใช้เป็นสื่อกลางระหว่าง Zigbee End Device กับ User Interface
- อุปกรณ์เครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา จะมีการเชื่อมต่อกับ Zigbee End Device โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานในการอ่านค่าในแต่ละครั้ง
- อุปกรณ์ Zigbee ที่ในมาใช้พัฒนาระบบจะต้องเป็นแบบ Xbee Series 2 เป็นอย่างน้อย เพื่อรองรับระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมสส์ (Mesh Topology)



รูปที่ 1: การออกแบบเครือข่ายที่ใช้พัฒนาระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

หลักการทำงานของระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราโดยใช้ Zigbee ในการสื่อสาร สามารถอธิบายได้จากโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) รูปที่ 2 โดยมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำเวลาขัดจังหวะ (Timer Interrupt) ทุกๆ 0.5 วินาที เมื่อเวลาขัดจังหวะ (Timer Interrupt) เกิดครบ 2,400 ครั้ง (20 นาที) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้สวิตช์เปิดการทำงานเพื่ออ่านค่าของแรงดันที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์จะเข้าสู่กระบวนการ ADC Conversion ความละเอียด 10 บิต ก่อนที่จะส่งให้ Zigbee End Device
- โนด Zigbee Coordinator จะทำการตรวจสอบข้อมูลว่าได้รับข้อมูลหรือไม่ เมื่อได้รับข้อมูลแล้ว ขั้นต่อมาจะตรวจสอบว่า Coordinator ได้ต่อกับคอมพิวเตอร์ไว้หรือไม่ โดยทำการตรวจสอบกับพอร์ทอนุกรม (Com Port) เมื่อพบว่า Coordinator ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ จะทำการส่งข้อมูลที่เป็น Packet ไปยัง User Interface ต่อไป
- เมื่อ User Interface ได้รับข้อมูลจาก Coordinator จะทำการส่งค่า Package ที่แปลงได้เป็นตัวเลข 10 bits และนำค่าที่ได้ไปคำนวณในสมการที่ได้จากการทดลองและแสดงค่าความชื้นในดินบน User Interface

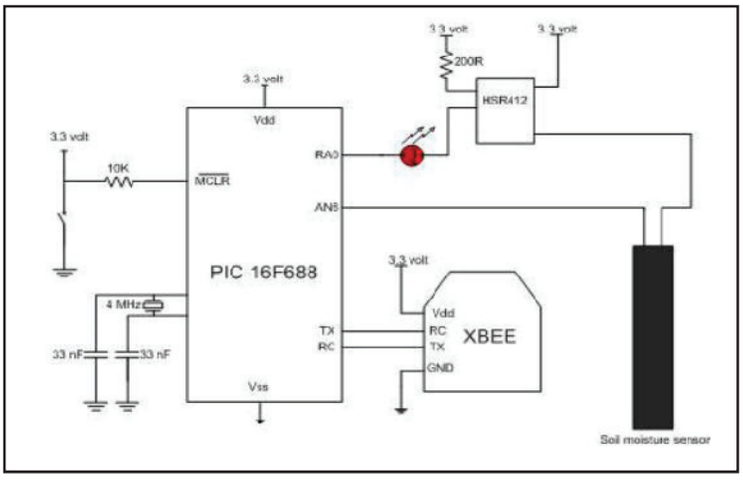


รูปที่ 2: โฟลว์ชาร์ต (Flowchart) การทำงานของระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการขัดจังหวะการทำงานของหน่วยประมวลผลข้อมูล(Timer Interrupt) ทุกๆ 0.5 วินาที เมื่อการขัดจังหวะการทำงาน (Timer Interrupt) เกิดครบ 2,400 ครั้ง (20 นาที) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิตช์เปิดการทำงานเพื่ออ่านค่าของแรงดันที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา โดยแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์จะเข้าสู่กระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (ADC Conversion) ความละเอียด 10 บิต ก่อนที่จะส่งสัญญาณให้ Zigbee End Device

โนด Zigbee Coordinator จะทำการตรวจสอบข้อมูลว่าได้รับข้อมูลแล้วหรือไม่ เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วขั้นตอนต่อมาจะตรวจสอบว่า Coordinator ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บฐานข้อมูลหรือไม่ โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบ Com Port ดังแสดงในโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) รูปที่ 2 เมื่อพบว่า Coordinator ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บฐานข้อมูลอยู่จะทำการส่งข้อมูลที่เป็น packet ไปยัง User Interface ต่อไป

การออกแบบวงจรโนดเซนเซอร์ มีส่วนประกอบหลักของวงจร ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688, Zigbee และเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3: การออกแบบวงจรโนดเซนเซอร์ไร้สาย เพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

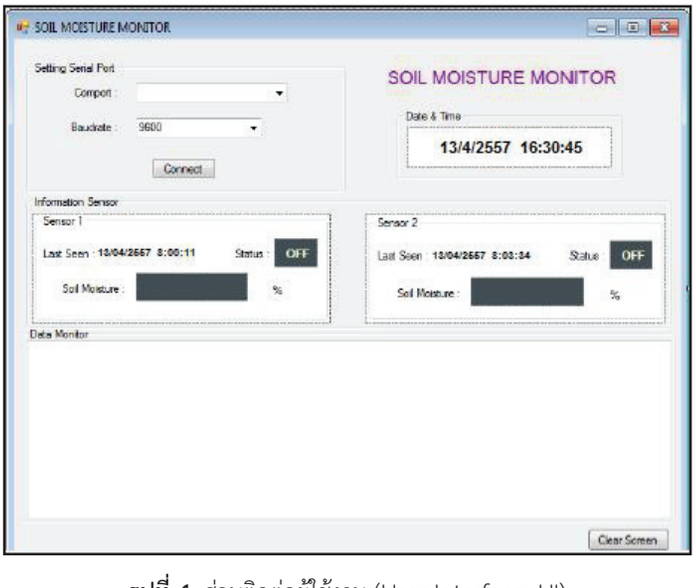
การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI) ใช้โปรแกรม Visual Studio 2010 ด้วยภาษา C# เพื่อควบคุมการทำงานของโนดเซนเซอร์ระบบวัดความชื้น และการแสดงผลค่าวัดความชื้นที่ได้จากการทำงานแต่ละครั้งที่ออกจากระบบ การแสดงส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1: Setting Serial Port เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อโนดเซนเซอร์และคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ผู้ใช้งานจะต้องเลือก Comport ให้ตรงกับพอร์ตที่โนดของ Zigbee ต่ออยู่

ส่วนที่ 2: Date & Time แสดงวัน และเวลา ณ ขณะนั้น

ส่วนที่ 3: Information Sensor แสดงค่าความชื้นในดิน (%) ที่ได้จากการอ่านจากเซนเซอร์แต่ละครั้ง โดยแบ่งเป็นเซนเซอร์โนดที่ 1 และเซนเซอร์โนดที่ 2

ส่วนที่ 4: Data Monitor แสดง packet ที่รับส่งข้อมูลผ่านกันระหว่างเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราและ Zigbee Coordinator ในแต่ละครั้งที่อ่านค่ามาจากเซนเซอร์



รูปที่ 4: ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI)

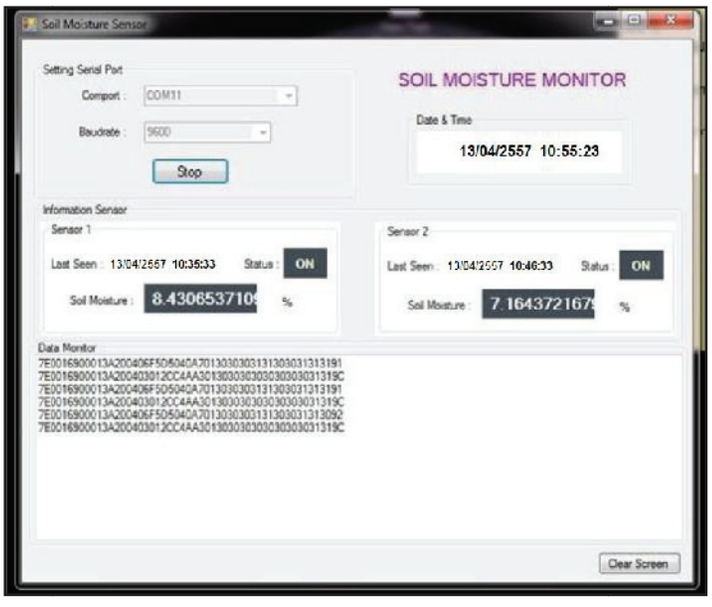
การเทียบเคียงค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินกับวิธีการวัดค่าความชื้นในดินแบบมาตรฐาน (Calibration) อาศัยจากหลักการทางไฟฟ้าทำให้ต้องมีการเทียบเคียงค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้น โดยการ Calibrate เทียบกับวิธีวัดค่าความชื้นในดินแบบมาตรฐาน มีขั้นตอนทดลองดังนี้

- นำเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่สร้างขึ้นใส่ลงไปในดิน กดดินรอบๆ เซนเซอร์ให้แน่น เพื่อให้ดินสัมผัสกับเซนเซอร์วัดความชื้นได้ทั่วถึงแล้วทำการวัดค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้น
- ทำการเก็บตัวอย่างดินบรรจุลงในกระป๋องนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักดินก่อนการอบ
- นำตัวอย่างดินเข้าเตาอบ อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เพื่อทำการไล่น้ำที่อยู่ในดินออก เมื่ออบเสร็จแล้วจึงนำตัวอย่างดินไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักดินหลังการอบ

นำน้ำหนักของตัวอย่างดินที่ชั่งได้ทั้งก่อนการอบและหลังการอบมาคำนวณหาค่าความชื้นในดิน ตามสูตรโดยปริมาณความชื้นในดินที่คำนวณได้จะมีค่าเป็นร้อยละความชื้น

$$\text{ความชื้นในดิน(\%)} = \{(\text{น้ำหนักของดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักของดินหลังอบ})/\text{น้ำหนักของดินหลังอบ}\}*100$$

4. ผลการศึกษา (Results) จากทดลองการทำงานของระบบวัดความชื้นในดิน ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบมี 2 โนด มีลักษณะที่แตกต่างกันคือ กำหนดให้ในภาชนะของโนดที่ 1 มีความชื้นมากกว่าในภาชนะที่ 2 (หยดน้ำใส่ให้พอประมาณ) โนดเซนเซอร์วัดความชื้นถูกตั้งค่าให้อ่านอัตโนมัติทุกๆ 10 นาที จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินออกมาในช่อง Information Sensor (%) เมื่อเปิดสวิตช์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอการสั่งงานจาก Server เมื่อได้รับคำสั่งให้ทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการเปิดสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ (Optocouplers HSR412) ซึ่งทำหน้าที่กำหนดการไหลของกระแสไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลไปยังเซนเซอร์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับค่า Vout เข้าสู่กระบวนการ ADC Conversion เพื่อทำการแปลงค่าจาก Analog เป็น Digital แล้วจึงส่งค่า Vout ที่แปลงแล้วไปยัง Zigbee เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Server ในรูปของ packet แบบ Application Programming Interface: API ดังแสดงในรูปที่ 5



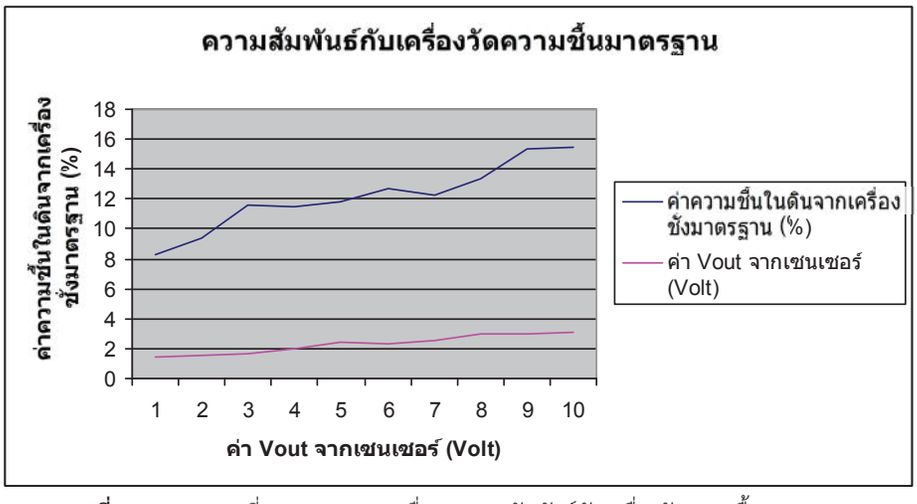
รูปที่ 5: ค่าความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ที่ได้จากการอ่านค่าที่ระดับความลึก 10 และ 50 เซนติเมตร

5. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดลองจะพบว่า เมื่อค่าความชื้นในดินจากเครื่องชั่งมาตรฐาน(%) มีค่ามากขึ้น จะทำให้ค่า Vout ที่ได้จากเซนเซอร์มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตัวอย่างดิน	น้ำหนักของดินก่อนอบ(กรัม)	น้ำของดินหลังอบ(กรัม)	ค่าความชื้นดินจากเครื่องชั่งมาตรฐาน(%)	ค่า Vout จากเซ็นเซอร์(Volt)
1	84.8	78.3	8.301	1.45
2	114.9	105	9.429	1.58
3	102.7	92	11.630	1.68
4	81.3	72.9	11.523	2.00
5	63.5	56.8	11.796	2.40
6	77	68.3	12.738	2.37
7	67.8	60.4	12.252	2.57
8	88.3	77.9	13.350	2.94
9	81.9	71	15.352	3.00
10	57.5	49.8	15.462	3.10
ค่าโดยเฉลี่ย	81.97	73.24	12.183	2.31

ตารางที่ 1: แสดงค่าความชื้นมาตรฐานและค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์



รูปที่ 6: แสดงกราฟที่จากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์กับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐาน

จากกราฟความชื้นมาตรฐานในดิน มีลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ความถูกต้องในการวัดค่าไม่เที่ยงตรงหรือถูกต้องมากนัก เมื่อนำค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นมา Calibrate กับความชื้นในดินที่คำนวณได้ นำข้อมูลจากกราฟมาเขียนเป็นสมการเส้นตรง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาค่าความชื้นในดินของโปรแกรมที่เขียนไว้ โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$y = 3.97\,x + 3.16$$

สมการค่าความชื้นในดินที่จะนำไปใช้ในส่วนของการ Calibrate เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานในส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI) จะพบว่าเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่ทำขึ้นมานั้นยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีเท่าที่ควร อันเป็นผลจากการวัดค่าความต้านทานที่ยังได้ค่าที่ไม่นิ่งพอ อาจจะทำให้เกิดปัญหาในการคำนวณได้ในอนาคต

5. สรุป (Conclusion) ระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่ได้สร้างขึ้น โดยได้ทำการ Calibrate ค่าที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ต่างๆ เทียบกับวิธีการวัดความชื้นแบบมาตรฐานโดยได้แสดงในรูปที่ 6 จะเห็นว่ากราฟมีลักษณะไม่คงที่ เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยของกราฟซึ่งอาจจะทำให้การวัดความชื้นในบางช่วงได้ค่าความชื้นในดินที่คาดเคลื่อน โดยผลการทดลองเมื่อได้รับค่าแรงดันที่ส่งมาจากโนดของเซนเซอร์วัดความชื้นแล้วทำการประมวลผลหาค่าความชื้นในดินจากโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น ทำให้ได้ค่าความชื้นปรากฏขึ้นที่การแสดงผลของโปรแกรม ซึ่งถ้านำไปใช้งานจริงควรมีการแก้ไขเกี่ยวกับสมการเพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณหาค่าความชื้นในดินที่มีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น ผลการวัดความชื้นในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา ที่ระดับความลึก 10-50 เซนติเมตร ควรมีค่าเฉลี่ยมากว่า 12 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

7. คำขอบคุณ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านค่าย จังหวัดระยอง ที่อนุเคราะห์ความช่วยเหลือในการหาสถานที่ใช้ในการทดสอบ ขอขอบคุณคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการวิจัยและอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ที่อนุเคราะห์ หาสถานที่เผยแพร่งานวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง (References)

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.reocities.com/p_pirat/mcs51.htm (30 มิถุนายน 2557).

จักรกฤษณ์ มุขพรม, พิสิษฐ์ สุวัณณุสส์. 2555. ระบบเครื่องวัดความชื้นในดินโดยใช้ Zigbee ในการสื่อสาร. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ธนพงศ์ หยุ่มไธสง, ธีรานุวัฒน์ อื้อประเสริฐ. 2553. เครื่องโหวตอิเล็กทรอนิกส์ไร้สาย. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เดชฤทธิ์ มณีธรรม,สำเริง เต็มราม, คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller PIC), พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ.

How to make a cheap soil moisture sensor. (online) Available: http://www.cheapvegetablegardener.com/2009/11/how-to-make-cheap-soil-moisture-sensor-2.html (2014 June 30).

PIC16F688 datasheet, Microchip Technology Inc. (online) Available: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41203D.pdf (2014 June 30).

Xbee Basic configuration in Network Application (online) Available: http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-basic-configuration-in-network-application.html (2014 June 30).

Zigbee คืออะไร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/what-is-zigbee.html (30 มิถุนายน 2557).

P-EN11

การศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตและพิจารณาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ ในกรณีที่มีการใช้รถไฟฟ้า BTS , MRT รถยนต์ไฟฟ้า EV และ PHEV ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

A study and analysis of electrical energy demand and consideration of CO_2 emission reduction in case of using BTS, MRT, EV and PHEV in Thailand by using mathematical model

สุรินทร์ แหงมงาม[1]*, ศศิวรรณ อินทรวงศ์[2], สักรินทร์ ตรียุทธ[1] และ ปภัสรา แจ้งจิตย์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
[2]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
*E-mail: surin.n@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาราคาน้ำมันในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้น ส่งผลทบต่อการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ภาคการขนส่งเป็นระบบที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ รัฐบาลจึงมีนโยบายให้ลดการใช้พลังงาน รถไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ตอบสนองนโยบายโดยมีการส่งเสริมให้มีการใช้รถไฟฟ้าแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แต่ถ้ามีการใช้รถไฟฟ้าจำนวนมาก ปริมาณพลังงานไฟฟ้าอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตและพิจารณาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ในกรณีที่มีการใช้รถไฟฟ้า BTS , MRT รถยนต์ไฟฟ้า EV และPHEV ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากผลการจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าในกรณีคาดการณ์ว่าเมื่อการเพิ่มขึ้นของรถไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้น 5% และ 10% นั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบันเพียงพอต่อความต้องการ แต่ในกรณีที่คาดการณ์ว่าเมื่อการเพิ่มขึ้นของรถไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้น 20% นั้นปริมาณพลังงานไฟฟ้าจะไม่เพียงพอต่อความต้องการ และเมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าการลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยจะลดลง 7.885 %, 12.157 % และ 20.701 % เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของรถไฟฟ้า 5% , 10% และ 20% ตามลำดับ

คำสำคัญ: รถไฟฟ้า, ระบบอุปสงค์-อุปทาน, ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต

1. บทนำ

จากสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทย พบว่าพลังงานในภาพรวมของภาคส่วนต่าง ๆ ในประเทศนั้น ภาคการขนส่งใช้พลังงานเป็นอันดับสอง รองจากภาคอุตสาหกรรม และภาคการขนส่งทางถนนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ มากที่สุดถึงร้อยละ 74 ของภาคการขนส่งทั้งหมด ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ ที่ปล่อยออกมาทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนขึ้น จากสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นทำให้มีการนำพลังงานอย่างอื่นมาใช้ในระบบขนส่ง เช่น LPG NGV เอทานอล ไบโอดีเซลพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในรถยนต์ ซึ่งมีทั้งรถยนต์ไฟฟ้าลูกประสมแบบเสียบปลั๊กหรือ Plug-in Hybrid Vehicle (PHV) และรถยนต์ที่ใช้แต่ไฟฟ้าที่เรียกว่ารถยนต์ไฟฟ้า หรือ Electric Vehicle (EV)

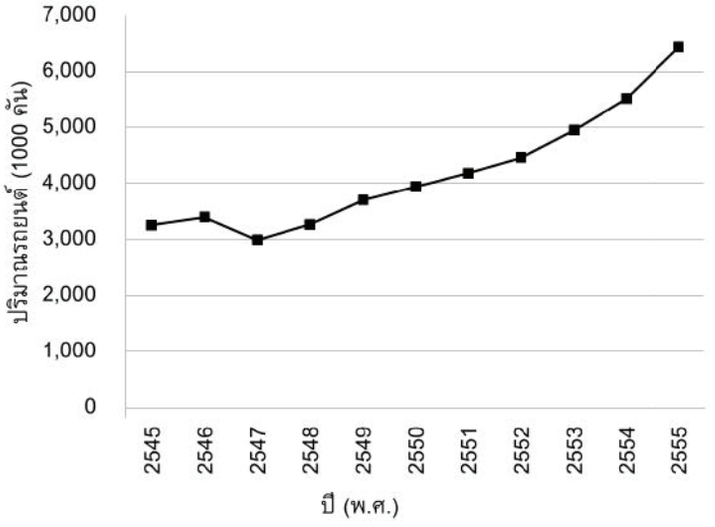
ในปัจจุบันประเทศไทยส่งเสริมให้มีการใช้ PHV และ EV มากขึ้น แต่เนื่องจากราคาของรถยนต์ไฟฟ้าปัจจุบันค่อนข้างสูง ทำให้ยังมีใช้ในท้องถนนไม่มาก แต่ในอนาคตรถยนต์ไฟฟ้าจะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ใช้รถ และจะมีการใช้กันมากขึ้น ในอนาคตถ้ามีรถยนต์พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากย่อมส่งผลในหลาย ๆ อย่าง ผลดีอย่างหนึ่งคือทำให้ช่วยลดการปล่อยกาซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ซึ่งนับวันจะเพิ่มมากขึ้น และลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ซึ่งแต่ละปีมีมูลค่าสูงมาก แต่ที่สำคัญที่สุดที่ต้องพิจารณาคือถ้ามีการใช้รถไฟฟ้ามากขึ้นทำให้ความต้องการการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น บทความนี้จึงนำเสนอการศึกษาความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศในกรณีมีการนำ PHV และ EV มาใช้และวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (CO_2)โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1)เพื่อศึกษาความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า 2)เพื่อศึกษาความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศในกรณีมีการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ในประเทศไทย และ 3)เพื่อศึกษาปริมาณการลดลงของการปล่อยก๊าซคาร์บอนได อ๊อกไซด์ เมื่อมีการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้แทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน

2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1. สถิติปริมาณรถยนต์ของประเทศไทย[1]

ในแต่ละปีจะมีรถยนต์จดทะเบียนเพิ่มขึ้นในทุกๆปี แต่ในขณะเดียวกันก็มีรถยนต์ที่ไม่สามารถใช้การได้ หรือ ไม่มีการต่อทะเบียน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก รถยนต์ที่ประสพอุบัติเหตุ สูญหาย หรือชำรุดจนไม่สามารถใช้การได้ต่อไป จึงทำให้ปริมาณรถยนต์มีการลดลงในบางปี จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า จำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน ในประเทศไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 6,440,485

คัน โดยเฉลี่ยแล้วรถยนต์จะเพิ่มขึ้นปีละ 325,138คัน/ปี โดยคำนวณจากจำนวนรถยนต์จดทะเบียนที่เพิ่มขึ้นและลดลง(คิดโดยเฉลี่ย) ในแต่ละปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 จนถึงปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2555)ปริมาณรถยนต์ตั้งแต่ปี 2545-2555 แสดงดังรูปที่ 1.



รูปที่ 1: ปริมาณรถยนต์ตั้งแต่ปี 2545-2555

2.2. รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดรถยนต์ไฟฟ้า MRT และ BTS

2.2.1. รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Vehicle)[2]

รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดเป็นรถยนต์ลูกประสม ที่มีทั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและใช้เครื่องยนต์แบบเผาไหม้ ข้อดีของรถยนต์ชนิดนี้คือสามารถชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้โดยการเสียบปลั๊กที่บ้านเช่นเดียวกับการชาร์จแบตเตอรี่โน้ตบุ๊ก กล้องดิจิตอล โทรศัพท์มือถือและเครื่องเล่นเกมขนาดพกพาทั่วไป

2.2.2. รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) [2]

รถยนต์ไฟฟ้า คือรถยนต์ที่ใช้ มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนอย่างเดียวไม่มีเครื่องยนต์เหมือนรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด รถไฟฟ้าจะมีแบตเตอร์รี่ที่มีความจุสูงมาก โดยแบตเตอร์รี่จะเป็นตัวจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า ระยะทางวิ่งของรถไฟฟ้า จะอยู่ที่ขนาดความจุของแบตเตอร์รี่เป็นสำคัญ

ข้อได้เปรียบในเชิงประสิทธิภาพของรถยนต์ไฟฟ้า คือระบบแบตเตอรี่-มอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบน้ำมัน-เครื่องยนต์แบบสันดาปภายในถึงประมาณ 3เท่า รถยนต์ไฟฟ้าขนาดมาตรฐานจะใช้พลังงานประมาณ 0.16 กิโลวัตต์-ชม. ต่อ 1 กม.หรือประมาณ 0.50 บาท/กม. ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำมันมากและหากชาร์จไฟฟ้าในเวลากลางคืนราคาพลังงานไฟฟ้าจะต่ำกว่านี้ ในการชาร์จแบตเตอรี่จะใช้เวลาในการชาร์จ 7 ชั่วโมง แบตเตอรี่ถึงจะเต็มและสามารถวิ่งได้ 160 กิโลเมตร

จากข้อมูลข้างต้นถ้ารถยนต์ไฟฟ้าวิ่งในระยะทาง 1 กิโลเมตร จะใช้เวลาในการชาร์ตแบตเตอรี่ 2.625 นาที ซึ่งจะใช้พลังงาน 0.007 kW

2.2.3. รถไฟฟ้า BTS (Bangkok mass Transit System)[2]

รถไฟฟ้าบีทีเอส (Bangkok mass Transit System) เป็นรถไฟฟ้าสายแรกของประเทศไทยที่ดำเนินการ โดยบริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เป็นระบบขนส่งมวลชนความจุสูงแบบมาตรฐาน ที่ใช้กันแพร่หลายในเมืองใหญ่ทั่วไป ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน วิ่งบนรางคู่ยกระดับ แยกทิศทางไปและกลับ โดยมีรางป้อนกระแสไฟฟ้าอยู่ด้านข้าง (Third Rail System) สามารถให้บริการแก่ผู้โดยสารได้มากกว่า 1,000 คน ต่อขบวน ในขณะที่การเดินทางโดยรถยนต์ ต้องใช้รถยนต์จำนวนมากถึง 800 คัน เพื่อขนส่งผู้โดยสารในจำนวนที่เท่ากัน

2.2.4. รถไฟฟ้า MRT (Mass Rapid Transit) [2]

รถไฟฟ้ามหานคร คือโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายแรกของประเทศไทย ริเริ่มขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรในกรุงเทพฯ ที่ได้สะสมต่อเนื่องมาจากการขยายตัวของเมือง และจำนวนประชากรที่มากขึ้นในกรุงเทพฯ เป็นระยะเวลาต่อเนื่องนับสิบปีโครงการนี้เกิดขึ้นโดยความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน โดยมี การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) เป็นเจ้าของโครงการมีเส้นทางการเดินรถรวมระยะทาง 20 กิโลเมตรเป็นโครงการใต้ดินตลอดสาย มีสถานีทั้งหมด 18 สถานี จำนวนรถไฟฟ้า MRT วิ่งบริการสูงสุด 19 ขบวน

2.3. ความต้องการการใช้พลังงานของประเทศไทย[3]

จากแผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2551 - 2564 (PDP 2007) ซึ่งมีเหตุผลความจำเป็นในการจัดทำแผนดังนี้ เพื่อให้ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าสำรองของประเทศอยู่ในระดับที่เหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์เศรษฐกิจที่ชะลอตัว ลดภาวะการลงทุนขยายโครงการผลิต

ไฟฟ้าและระบบส่งไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นของประเทศลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ประโยชน์ที่ได้จากการทำแผนพัฒนาผลิตไฟฟ้าของประเทศคือ กำลังการผลิตไฟฟ้าสำรองของประเทศอยู่ในระดับที่เหมาะสม การลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าและระบบส่งไฟฟ้าของประเทศลดลง สามารถเร่งรัดการลงทุนในโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (Small Power Producer : SPP)

จากแผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2551 - 2564 (PDP 2007) ในปี 2564 การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเป็น 44,281เมกวัตต์โดยมีแผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 51,792เมกวัตต์ เพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นดังนั้นกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ในปี2551-2564จะประกอบด้วยโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆดังนี้ โครงการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนการรับซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศและโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ แต่จากแผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2551-2564 (PDP 2007) ไม่ได้พิจารณาในส่วนของการนำรถไฟฟ้าเข้ามาใช้ในประเทศไทย

2.4. แบตเตอรี่ [4]

แบตเตอรี่แบบลิเทียมไอรอน ฟอสเฟส (Lithium Iron Phosphate: $LiFePO_4$) เป็นแบตเตอรี่มาตรฐานสำหรับรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้มีข้อดีกว่า แบตเตอรี ที่ใช้กันในเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเล่นเพลงดิจิตอล และโทรศัพท์มือถือ ที่เป็นประเภทลิเทียม โคบอสต์ไดออกไซด์ (Lithium Cobalt Dioxide: $LiCoO_2$) ตรงที่สามารถประจุไฟได้มากกว่า ทำให้ใช้งานได้ยาวนานกว่าอีกทั้งยังปลอดภัยมากกว่าด้วยสามารถให้พลังงานได้อย่างเต็มเปี่ยมจนกว่า แบตจะหมดสามารถชาร์จได้จนเต็มภายในเวลาประมาณ 2.5 ชั่วโมง วัสดุที่นำมาใช้ในการทำแบตเตอรี่ประเภทนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นพิษน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับบรรดาตระกูลแบตเตอรี่ทั้งหมดใช้งานได้นานถึง 7 ปี หรือมีรอบการชาร์จทั้งหมด 3,000 ครั้ง แบตเตอรี่ ที่กำลังได้รับความสนใจมากที่สุดสำหรับรถปลั๊กอินไฮบริดคือแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม-ไอรอน เพราะมีขนาดเล็กแต่สามารถเก็บพลังงานได้มากแต่จะใช้เวลาในการชาร์จไฟค่อนข้างนาน ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้ นิยมใช้กับเครื่องโน้ตบุ๊ก โทรศัพท์มือถืออุปกรณ์ทางการแพทย์เกี่ยวกับหัวใจ เครื่องไฟฟ้าและเครื่องมือชนิดต่างๆที่พกพาไปได้ เป็นต้นสำหรับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จ 1 ครั้ง ประมาณ 10.4 kWh ซึ่งการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้งนั้นรถยนต์ไฟฟ้าสามารถขับได้ประมาณ 65 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่นั้นจะอยู่ประมาณ 32.50 บาท ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ถ้าชาร์จแบตเตอรี่ในเวลากลางคืนค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการชาร์จอาจจะมีค่าลดน้อยลง เนื่องจากอยู่ในช่วง off-peak

2.5.ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมา[5]

รถยนต์ในประเทศไทยมีการปล่อย CO_2โดยประมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 120 g/km [5] จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ารถยนต์ในประเทศไทยโดยเฉลี่ยจะถูกใช้งานประมาณ 10,000 km/year [6]ดังนั้นปริมาณ CO_2ที่ถูกปล่อยออกมาจากรถยนต์มีปริมาณเท่ากับปริมาณ CO_2ที่ถูกปล่อยออกมาโดยเฉลี่ยคูณกับระยะทางรถยนต์ที่ถูกใช้งานโดยเฉลี่ย ซึ่งจะเท่ากับ 1.2 ตัน/ปี ต่อ รถยนต์ 1 คัน และจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน ในประเทศไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 4,462,231 คัน โดยเฉลี่ยรถยนต์เพิ่มขึ้นปีละ 173,100 คัน/ปี นั่นแสดงว่ารถยนต์ทั้ง 2 ชนิดในประเทศไทยมีการปล่อย CO_2ประมาณ 207,702ตัน/ปี

3.แบบจำลอง

การหาปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ามีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 2กำหนดให้ X เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตทั้งหมดในประเทศมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ซึ่งในประเทศไทยก็จะมีผู้ใช้ไฟต่างๆ เช่น ที่พักอาศัย อาคารร้านค้า และอุตสาหกรรมเป็นต้น ซึ่งผู้ใช้ไฟทั้งหมดก็จะใช้พลังงานในประเทศแต่ไม่ได้ใช้ทั้งหมด ซึ่งก็จะมีพลังงานเหลือเอาไว้ใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ถ้าให้ Y คือ พลังงานของผู้ใช้ไฟทั้งหมดในประเทศ จะหาพลังงานที่เหลือจากผู้ใช้ไฟได้จากสมการ

พลังงานที่เหลือจากผู้ใช้ (A) = X – Y (W) (1)

พลังงานที่รถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันใช้ (B) = nZS (W/km) (2)

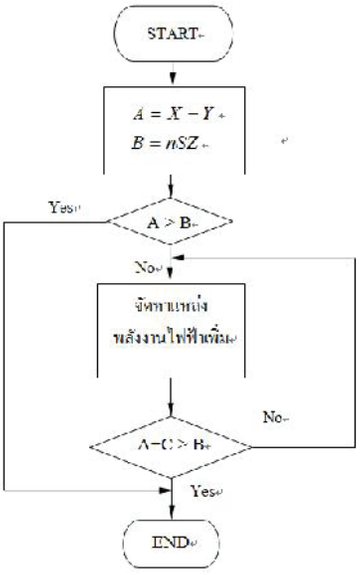
เมื่อ

n คือ จำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่มีในปัจจุบัน (คัน)

Z คือ จำนวนพลังงานที่รถ 1 คันใช้ (W/คัน)

S คือ ระยะทางที่รถยนต์วิ่งเฉลี่ยใน 1 ปี (km)

หากจะนำพลังงานที่เหลือมาใช้ในด้านอื่น เช่น รถยนต์พลังงานไฟฟ้า ที่จะมีเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ต้องมาดูพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจากผู้ใช้ไฟ (A) ว่าจะมีปริมาณเพียงพอที่จะจ่ายให้กับรถยนต์ไฟฟ้านี้หรือไม่ เพราะฉะนั้น กำหนดให้ B เป็นพลังงานที่รถยนต์ไฟฟ้าใช้ทั้งหมดใน 1 ปี สามารถหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่รถยนต์ไฟฟ้าใช้ได้ในสมการ



รูปที่ 2:แผนผังการการคำนวณหาความต้องการการใช้ไฟฟ้า

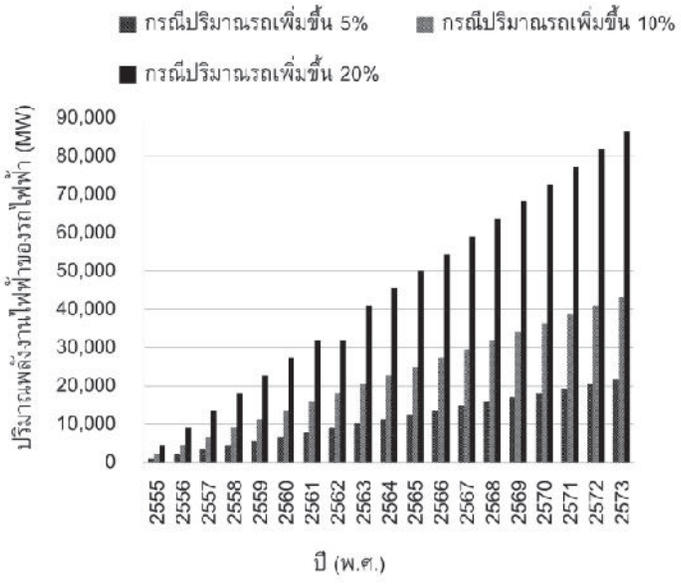
พลังงานที่เหลือจากสมการที่ (1) และพลังงานทั้งหมดที่รถยนต์ไฟฟ้าใช้จากสมการที่ (2) เราจะใช้ค่าที่คำนวณได้ทั้ง 2 สมการเปรียบเทียบกันว่าพลังงานที่เหลือจะเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าหรือไม่ ถ้าหากสมการ (1) มากกว่าสมการที่ (2) แสดงว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตยังเพียงพอต่อความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า แต่ถ้าหาก (2)มากกว่าสมการที่ (1) แสดงพลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการใช้ของรถยนต์ไฟฟ้าควรมีการจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มจากรูปที่ 2 ถ้ากำหนดให้ C เป็นปริมาณไฟฟ้าที่จัดหาเพิ่มเพราะฉะนั้น A+C คือพลังงานไฟฟ้าที่เหลือ และ B คือพลังงานไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า นำ 2 สมการดังกล่าวมาเปรียบเทียบอีกครั้งว่าพลังงานที่จัดหาเพิ่มบวกกับพลังงานที่เหลือจะเพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าหรือไม่

4. ผลการจำลอง

จากการศึกษาความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับรถพลังงานไฟฟ้าชนิด EV และ PHEV พบว่ารถพลังงานไฟฟ้าขนาดมาตรฐานจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.16 กิโลวัตต์-ชม. ต่อ 1 กม.และรถยนต์ในประเทศไทยโดยเฉลี่ยแล้วจะถูกใช้งานประมาณ 10,000 กิโลเมตร/ปี ซึ่งคิดเป็น 1,600 กิโลวัตต์-ชม./ปี และการเพิ่มปริมาณของจำนวนรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่อาจจะเพิ่มขึ้นในแต่ละปีพบว่า ปริมาณรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน ในประเทศไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 6,440,485 คัน (ในปีพ.ศ.2555) โดยเฉลี่ยแล้วรถยนต์จะเพิ่มขึ้นปีละ 325,158 คัน/ปี ในงานวิจัยนี้ตั้งสมมติฐานไว้ 3 กรณีดังนี้

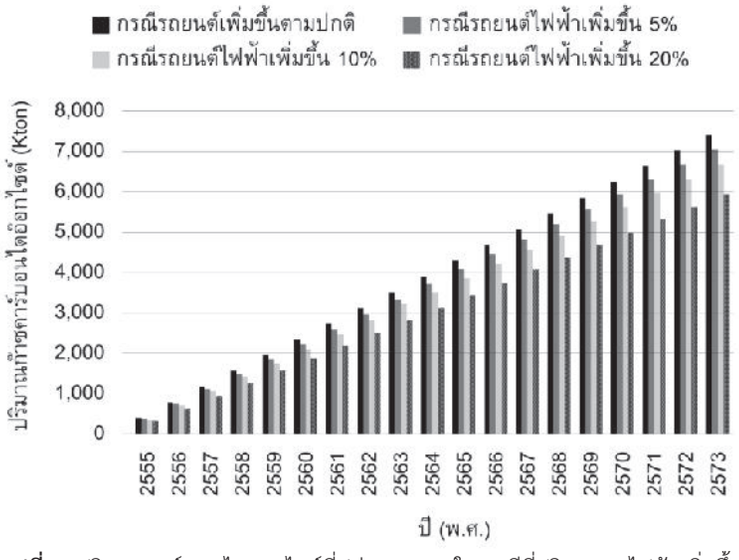
1) กรณีที่ 1 คาดการณ์ว่า รถพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นปีละ 5% เท่าๆ กัน
2) กรณีที่ 2 คาดการณ์ว่า รถพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นปีละ 10% เท่าๆ กัน
3) กรณีที่ 3 คาดการณ์ว่า รถพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นปีละ 20% เท่าๆ กัน

จากการศึกษาความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศในกรณีมีการนำรถพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในประเทศไทย พบว่ารถพลังงานไฟฟ้า 1 คัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 70 กิโลวัตต์/ปี ถ้าจำนวนรถยนต์ที่เปลี่ยนเป็นรถพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 5% 10% 20% ต่อ ปี ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของรถพลังงานไฟฟ้า และ จากการศึกษาความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับรถพลังงานไฟฟ้าชนิดBTSและ MRT พบว่าจากรายงานสถานการการจำหน่ายไฟฟ้าและบทวิเคราะห์การไฟฟ้านครหลวง พบว่าการใช้ไฟฟ้าของระบบขนส่งของรถไฟฟ้า BTS และรถไฟฟ้า MRT นั้นใช้ไฟฟ้ารวมกันไม่เกิน400 MW จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 8,383 MW คิดเป็นเพียง 4.8% จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของการไฟฟ้านครหลวงและในอนาคตคาดการณ์ว่าจะใช้ไฟฟ้าประมาณ 750 MWการคาดการณ์ปริมาณรถพลังงานไฟฟ้าชนิดEVและPHEVที่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละปีทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของรถพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณพลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.



รูปที่3: การเพิ่มขึ้นของปริมาณพลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในแต่ละกรณี

ในกระบวนการผลิตรถไฟฟ้าในแต่ละคันนั้นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานในการผลิตจึงทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยในการทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมาจากกระบวนการผลิตและการขนส่ง ในที่นี้จะอ้างอิงจากบริษัทโตโยต้ามอเตอร์ประเทศไทย จำกัด ในการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตรถไฟฟ้า 1 คันซึ่งถ้านำปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งหมดของบริษัทปล่อยออกมาในแต่ละปี มาหารกับจำนวนของรถยนต์ที่ผลิตได้ในแต่ละปีก็จะได้ค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการผลิตรถยนต์จำนวน 1คัน ในปี 2550 บริษัทโตโยต้ามอเตอร์ประเทศไทย จำกัดนั้น ผลิตรถยนต์ได้จำนวน 770,000 คัน/ปี และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตทั้งหมดจำนวน 486,234 ตัน/ปีเพราะฉะนั้น ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตรถยนต์ 1 คัน มีค่า 0.1748 ตัน/คันรูปที่ 4 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ลดลง



รูปที่ 4: ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในกรณีที่ปริมาณรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

5. สรุปผลการจำลอง

จากการดำเนินงานของโครงงานการวิจัยในหัวข้อเรื่องการศึกษาความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้าในประเทศไทยและการพิจารณาการปล่อยก๊าซCO_2 ที่ลดลงจากการมีรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในอนาคตในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าราคาต่ำสุดในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการเพิ่มขึ้นของโรงไฟฟ้าชนิดต่างๆ ว่าควรจะเลือกโรงไฟฟ้าหรือการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าประเภทไหนที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในราคาถูกที่สุด และทางเลือกที่ดีที่สุดของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GAMS เข้ามาช่วยวิเคราะห์นั้นมีผลออกมาคือ การนำเข้าพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศนั้นจะเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่มีราคาต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งได้ราคาต้นทุนต่ำสุดโดยประมาณ9 ล้านบาท/

MW ซึ่งจะได้ค่านำเข้าพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่ขาดคือ19,824 MWส่วนในด้านการพิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะประเมินผลจากการใช้รถไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากปี 2553-2573 ตามแผน PDP2012 จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้รถไฟฟ้ามากขึ้นรวมรถไฟฟ้า BTS และ MRTในกรณีเพิ่มขึ้น 5% จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะลดลง 7.885% ในปี2573และในกรณีเพิ่มขึ้น 10% จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะลดลง 12.157 %ในปี 2573 และในกรณีเพิ่มขึ้น 20% จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง 20.701 %ในปี2573 ซึ่งค่าที่ได้มาจากการเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของรถยนต์ที่จะเพิ่มในปี 2573

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตและพิจารณาการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ในกรณีที่มีการใช้รถไฟฟ้า BTS , MRT รถยนต์ไฟฟ้า EV และ PHEV ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นโครงการที่จัดทำขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณประจำปี 2558 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการวิจัยนี้ดำเนินการและสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ คน และหน่วยงานหลาย ๆ หน่วยงาน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวปภัสรา แจ้งจิตร์ และนายสักรินทร์ ตรียุทธ นักศึกษาจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยในการหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจทั่วไปที่จะนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

บรรณานุกรม

[1] สถิติจำนวนรถจดทะเบียน. [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก :http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html

[2] ข้อได้เปรียบในเชิงประสิทธิภาพของรถยนต์ไฟฟ้า.[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก :http://www.vcharkarn.com/varticle/38425

[3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย“แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2551 - 2564”มีนาคม 2552.

[4] แบตเตอรี่. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.physorg.com/news156097422.html

[5] ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้รถยนต์ไฟฟ้า. [ออนไลน์]http://www.dae.mi.th/articles/hybrid-car.htm

[6] ค่าเฉลี่ยระยะทางการใช้รถยนต์ในประเทศไทย [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.toyota.co.th/th/aftersale_hybrid.asp

P-EN12

การศึกษาศักยภาพของชุมชนที่มีต่อบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีในพื้นที่ตลาดน้ำดอนหวาย

วสันต์ พรพุทธพงศ์[1], ธีระวัฒน์ จันทึก[2]

[1]คณะบัญชี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี โทร0-2806-2952E-mail: Watson.por@gmail.com
[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร โทร0 3259 4043-50 (41228)E-mail: Thirawat.scb@gmail.com Thirawat@ms.su.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ศักยภาพการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคโดยทั่วไปของชุมชนตลอดจนวิเคราะห์แนวทางในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมภายในชุมชนผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informant) ในการวิจัยคือ นักวิชาการปราชญ์ชุมชน และร้านค้าในตลาดน้ำดอนหวายจำนวนทั้งสิ้น 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

ผลการวิจัยพบว่า การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่ได้มีการวางแผนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอัตลักษณ์ โดยมีการจัดประชุม และติดตามการดำเนินงานโดยตลอดเพื่อเป็นการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี ได้มีการนำทรัพยากรในชุมชนมาเพิ่มมูลค่า ทำให้เศรษฐกิจชุมชนดีขึ้นโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกทั้งยังมีการควบคุมรูปแบบของผลิตภัณฑ์โดย เลือกใช้วัสดุที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่เป้าหมายด้านชุมชนนั้นถือว่าประสบความสำเร็จเนื่องจากเกิดความสามัคคีภายในชุมชนและมีการช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อม ทำให้คนในชุมชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน

คำสำคัญ: ศักยภาพ, ชุมชน, สิ่งแวดล้อม

1. ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวถือว่าเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีบทบาทสำคัญสร้างรายได้หลักกับประเทศ แต่ก็เป็นอุตสาหกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อผลกระทบจากเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกประเทศเพื่อเตรียมการรองรับให้อุตสาหกรรมท่องเที่ยวของไทย สามารถปรับตัวและเผชิญกับปัญหาที่มีผลกระทบต่อการท่องเที่ยวของประเทศ จึงจะต้องมีการวางยุทธศาสตร์หรือแนวทางการบริหารจัดการที่ดี (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2547)ในอดีตที่ผ่านมาการจัดอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวจะเน้นการดำเนินการในเชิงพาณิชย์ มุ่งหวังทางด้านผลกำไร แต่ขาดการพิจารณาถึงปัจจัยด้านต่างๆ เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคมและวัฒนธรรม ตลอดจนด้านจิตวิญญาณ ซึ่งก่อให้เกิดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมอันเป็นวัตถุดิบและต้นทุนในการดึงดูดความสนใจของนักท่องเที่ยว โดยการท่องเที่ยวในปัจจุบันได้เกิดขึ้นมากมายทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทะเล น้ำตก หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น สวนสัตว์ ศูนย์การค้า และตลาดน้ำ เป็นต้น

สำหรับแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นตลาดน้ำจัดเป็นสถานที่ชุมนุมเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนสินค้าที่มีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยในสมัยก่อนอาชีพการขายของทางเรือหรือว่าตลาดชาวบ้านเกิดขึ้นจากการที่ชาวบ้านใช้การคมนาคมทางน้ำชะส่วนใหญ่การค้าขายทางน้ำจึงเป็นเรื่องง่ายสำหรับการจับจ่ายใช้สอยสินค้าอาหารต่างๆของชาวบ้านทำให้เกิดการพบปะพูดคุยและมีการแลกเปลี่ยนข้าวของต่างๆซึ่งกันและกันแต่เนื่องจากการพัฒนาด้านต่างๆมีมากขึ้นทำให้ตลาดน้ำชาวบ้านแบบเก่าๆเริ่มหายไป(วรรณลดา ต่วนภูษา, 2552)ในปัจจุบันมีการพัฒนาศักยภาพเพื่อการแข่งขันเพิ่มมากขึ้นทำให้ต้องแย่งพื้นที่ส่วนแบ่งของตลาดขาดการสนับสนุนและการอนุรักษ์ที่ยั่งยืนในการรักษาตลาดริมน้ำของชุมชนการดำรงไว้ซึ่งวิถีชีวิตเดิมขนบธรรมเนียมประเพณีเก่าๆเพื่อเป็นการสร้างเวทีการจำหน่ายสินค้าและฟื้นวิถีชุมชนกลับมา(พรเพ็ญ ทับเปลี่ยน,2543) พร้อมพัฒนาเครือข่ายตลาดกลางเพื่อชุมชนและช่วยต่อยอดการกระจายสินค้าทั้งยังเป็นการให้การศึกษาและเป็นแหล่งท่องเที่ยวในเชิงอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมที่มีเอกลักษณ์(ดวงพร พรรณพนาวัลย์, 2551)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาต่างๆเข้ามาสู่วิถีชีวิตของคนไทยการพัฒนาจะส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจชุมชนโดยการพัฒนาคุณภาพชีวิตและสมรรถนะของคนและชุมชนให้สามารถปรับตัวและดำรงอยู่ได้ในกระแสการเปลี่ยนแปลงเพิ่มศักยภาพของคนในชุมชน(อภิญญา ผูกพานิช,2553)ส่งเสริมการประกอบอาชีพสามารถเลี้ยงดูครอบครัวได้อย่างมีความสุขซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของพิสมัยรัตนโรจน์สกุล (2545) ที่ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่าการสร้างทุนชุมชนชุดใหม่ขึ้นเพื่อช่วยแก้ปัญหาของชุมชนการปรับตัวของทุนชุมชนที่เข้มแข็งย่อมก่อให้เกิดการสร้างอำนาจอิสระให้แก่ชุมชนในการจัดการต่อทรัพยากรในชุมชนอีกทั้งการขยายตัวทางเศรษฐกิจช่วยยกระดับชุมชนให้ดียิ่งขึ้นด้วยเหตุนี้ตลาดน้ำจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อดึงดูดใจของนักท่องเที่ยวตลาดริมน้ำที่ยังคงอยู่ได้แก่ตลาดน้ำดอนหวาย จังหวัดนครปฐมสอดคล้องกับผลการศึกษาของสดใสสร่างโศรก (2544) ที่ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่าการสร้างโอกาสการมีส่วนร่วมของสมาชิกในชุมชนและการกระจายรายได้ให้กับสมาชิกในชุมชนได้อย่างเป็นธรรมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศป่าดงนาทามจะนำไปสู่การสร้างโอกาสให้ชาวบ้านได้สร้างการเรียนรู้ในการทำงานร่วมกัน

ตลาดดอนหวายตั้งอยู่หลังวัดดอนหวายริมแม่น้ำท่าจีนตำบลบางกระทึกอำเภอสามพรานจังหวัดนครปฐมภายในตลาดน้ำจะมีอาหารและขนมจำหน่ายมากมายจนทำให้สถานที่ดูคับคั่งไปด้วยผู้คนอันมากมายมีเรือบริการชมวิวสองฝั่งแม่น้ำท่าจีนจะได้พบกับบ้านทรงไทยหลายๆแบบที่หาชมได้น้อยมากในปัจจุบันและสามารถชมบรรยากาศอันร่มรื่นและการดำเนินชีวิตของชาวบ้านสองริมฝั่งแม่น้ำท่านจีนตลาดดอนหวายตลาดมีลักษณะตัวอาคารเป็นอาคารไม้เก่าๆตั้งแต่อดีตสมัยรัชกาลที่ 6 ที่อยู่ติดริมแม่น้ำท่าจีนมีพ่อค้าแม่ค้านำสินค้าและอาหารมาจำหน่ายในบริเวณวัดดอนหวายมีตลาดนัดสินค้าทางการเกษตรที่วัดดอนหวายทุกวันนอกจากนี้แล้วก็ยังมีโปรแกรมล่องเรือชมวิวทิวทัศน์สองฝั่งแม่น้ำที่ไม่ควรพลาดเพราะจะได้เห็นวิถีชีวิตของชาวบ้านที่อาศัยริมแม่น้ำท่าจีนปลูกผักบุ้งและผักที่ขึ้นบนน้ำชนิดต่างๆเรียกได้ว่าเกือบตลอดระยะทางที่เรือผ่านเป็นการใช้พื้นที่หน้าบ้านให้เป็นประโยชน์นั่งเรือจะได้เห็นชาวบ้านพายเรือเก็บผักบุ้งเป็นระยะๆเป็นการปลูกโดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงใดๆทั้งสิ้น

สำหรับตลาดแห่งนี้จะอยู่ได้เนื่องจากการมีการสร้างตลาดในรูปแบบของมิติเวลาโดยมีการให้เห็นถึงความเป็นอดีตและปัจจุบันโดยการใช้แม่น้ำท่าจีนเป็นตัวสื่อกลางในการข้ามเวลาไปในอีกมิติหนึ่งโดยการสร้างสะพานหรือจะใช้เรือในการข้ามฟากจากปัจจุบันไปหาอดีตซึ่งเป็นการดึงดูดความสนใจแก่การท่องเที่ยวให้เข้ามาท่องเที่ยวในสถานที่แห่งนี้

จากปรากฏการณ์ดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาศักยภาพของชุมชนที่มีต่อบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี ในพื้นที่ตลาดน้ำดอนหวาย โดยต้องการศึกษาในประเด็นศักยภาพการดำเนินงานปัญหาและอุปสรรคโดยทั่วไปของตลาดน้ำดอนหวายและทำการศึกษาภาวะพึ่งพึงความเข้มแข็งเศรษฐกิจชุมชนจากการพัฒนาตลาดน้ำดอนหวาย ตลอดจนศึกษาศักยภาพทำการวิเคราะห์แนวทางในการพัฒนาศักยภาพตลาดน้ำดอนหวาย

2.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

2.2 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informant) คือ นักวิชาการปราชญ์ชุมชน และร้านค้าในตลาดน้ำดอนหวายจำนวนทั้งสิ้น 17 คน

2.3 การสุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Nonprobability sampling) เลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น การศึกษาจากเอกสารและการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อมูลทุติยภูมิการศึกษาจากเอกสาร หนังสือ วิทยานิพนธ์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หนังสืออิเล็กทรอนิกส์

2. ข้อมูลปฐมภูมิ การเก็บข้อมูลภาคสนาม ผู้ศึกษาเก็บข้อมูลภาคสนามจากการสัมภาษณ์ นักวิชาการปราชญ์ชุมชน และร้านค้าในตลาดน้ำดอนหวาย

3. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ ร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจด้านผลิตภัณฑ์ เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 และหากพิจารณาตามรายด้านพบว่า วัสดุที่ผลิตสินค้ามีความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 จุดเด่นของสินค้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ผลิตภัณฑ์มีการตอบสนองความต้องการของลูกค้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 มีการตรวจคุณภาพสินค้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 และเพิ่มจำนวนสินค้าและผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 ตามลำดับ สำหรับด้านราคา ร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.66 และหากพิจารณาตามรายด้าน พบว่า ค่าบริการที่เหมาะสมของห้องน้ำ-ห้องสุขา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ราคาเช่าพื้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ราคาของอาหาร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 ราคาประกันร้านค้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 และราคาการให้บริการขนส่งแก่ผู้ประกอบการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ตามลำดับ

สำหรับด้านช่องทางการจัดจำหน่ายร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 และหากพิจารณาตามรายด้านพบว่าความสะดวกในการเรียกรถโดยสารสาธารณะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ทำเลที่ตั้งมีความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ความหลากหลายของเส้นทางเข้าถึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ระบบการขนส่งที่หลากหลายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 สถานและที่จอดรถมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ตามลำดับรวมถึงด้านการส่งเสริมตลาดร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจด้านการส่งเสริมการตลาดเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.22 และหากพิจารณาตามรายด้านพบว่าความชัดเจนของป้ายร้านค้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 การประชาสัมพันธ์ของตลาดดอนหวายมีความทั่วถึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 สินค้าที่ขายสื่อความหมายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 สวัสดิการของผู้ประกอบการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00อีกทั้งด้านบุคลากรร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจด้านบุคลากรเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.10และหากพิจารณาตามรายด้านพบว่าการบริการ/การให้ข้อมูลของเจ้าหน้าที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 มีการจัดการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 การกระจายตัวของจุดบริการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 การให้ข้อมูลบริการของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 และความเพียงพอของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงด้านกายภาพร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจด้านกายภาพเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.76หากพิจารณาตามรายด้านพบว่าความปลอดภัยของห้องน้ำ-ห้องสุขามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 ความสะอาดของห้องน้ำห้องสุขามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 การกระจายตัวของห้องน้ำ-ห้องสุขามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.70 รูปแบบการแต่งกายของเจ้าหน้าที่พนักงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.70 และความเพียงพอของห้องน้ำ-ห้องสุขามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.60 ตามลำดับในขณะที่ด้านกระบวนการตัวอย่างกลุ่มร้านค้าและผู้ประกอบการตลาดดอนหวายมีความพึงพอใจด้านกระบวนการเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.70หากพิจารณาตามรายด้านพบว่าการเข้าถึงของระบบไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 การเข้าถึงของระบบประปามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 ความสว่างบริเวณทางเดินและจุดต่างๆริมน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 ระบบเตือนภัยเช่นสัญญาณเสียง/เสียงตามสายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 และป้ายเตือนจุดอันตรายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 ตามลำดับ

ตารางที่1: การประเมินแนวทางในทางพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจชุมชนในพื้นที่ตลาดดอนหวายด้านการพัฒนาตลาดดอนหวาย

ด้านการพัฒนาตลาดดอนหวาย	ชุมชนในพื้น $\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. มีกลุ่มอาชีพเสริมเพิ่มมากขึ้น	3.62	0.885	มาก
2. ผู้เข้าร่วมกลุ่มมีรายได้เพิ่มขึ้น	3.64	0.859	มาก
3. มีเข้าร่วมกลุ่มมีระเบียบวินัยในการทำงานร่วมกัน	3.53	0.858	มาก
4. สร้างความรู้สึกแบ่งปันช่วยเหลือ	3.74	0.787	มาก
5. ทำให้ชุมชนมีชื่อเสียง	3.92	0.872	มาก

6. ทำให้ชุมชนมีรายได้จากการท่องเที่ยว	3.90	0.823	มาก
7. ทำให้ชุมชนมีรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์	3.82	0.881	มาก
8. คนในชุมชนไม่ไปทำงานนอกชุมชน	3.47	0.915	มาก
[illegible]	**3.71**		**มาก**

จากตารางที่ 1 การพัฒนาตลาดดอนหวายกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านการพัฒนาตลาดดอนหวายเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71 หากพิจารณาตามรายด้านพบว่าทำให้ชุมชนมีชื่อเสียงทำให้ชุมชนมีรายได้จากการท่องเที่ยวทำให้ชุมชนมีรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์สร้างความรู้สึกแบ่งปันช่วยเหลือผู้เข้าร่วมกลุ่มมีรายได้เพิ่มขึ้นมีกลุ่มอาชีพเสริมเพิ่มมากขึ้นผู้เข้าร่วมกลุ่มมีระเบียบวินัยในการทำงานร่วมกันและคนในชุมชนไม่ไปทำงานนอกชุมชนอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 3.90 3.82 3.74 3.64 3.62 3.53 และ3.47 ตามลำดับ

ตารางที่ 2: การประเมินแนวทางในทางพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจชุมชนในพื้นที่ตลาดดอนหวายด้านเป้าหมายด้านชุมชน

เป้าหมายด้านชุมชน	[illegible]	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ทุกคนมีส่วนร่วมมีความสามัคคี	3.80	0.888	มาก
2. ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม	3.82	0.809	มาก
3. รัฐบาลให้ความช่วยเหลือและมีเครือข่ายชัดเจน	3.49	0.904	ปานกลาง
4. พัฒนาความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น	3.68	0.909	มาก
5. ส่งเสริมการพัฒนาชุมชนและพัฒนาจิตใจ	3.68	0.875	มาก
6. การเกื้อกูลประโยชน์ต่อผู้ด้อยโอกาส	3.50	0.916	ปานกลาง
7.คนในหมู่บ้านกลับคืนสู่ท้องถิ่น	3.29	1.038	ปานกลาง
[illegible]	**3.61**		**มาก**

จากตารางที่ 2 เป้าหมายด้านชุมชนกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านเป้าหมายด้านชุมชนเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 และหากพิจารณาตามรายด้านพบว่าไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมทุกคนมีส่วนร่วมมีความสามัคคีพัฒนาความเป็นอยู่ให้ดีขึ้นส่งเสริมการพัฒนาชุมชนและพัฒนาจิตใจอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 3.80 3.68 และ3.68 ตามลำดับส่วนการเกื้อกูลประโยชน์ต่อผู้ด้อยโอกาสรัฐบาลให้ความช่วยเหลือและมีเครือข่ายชุมชนชัดเจนคนในหมู่บ้านกลับคืนสู่ท้องถิ่นอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 3.49 และ 3.29 ตามลำดับ

ตารางที่ 3: การประเมินแนวทางในทางพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจชุมชนในพื้นที่ตลาดดอนหวาย ด้านประโยชน์ชุมชน

ด้านประโยชน์ต่อชุมชน	ตำบลท่ายาง		
	[illegible]	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ชุมชนเกิดความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น	3.92	0.837	มาก
2. ทำให้ตลาดยอมรับสินค้า	3.61	0.898	มาก
3. ชุมชนเข้มแข็ง	3.73	0.897	มาก
4. สามารถพึ่งพาตนเองได้	3.74	0.917	มาก
5. มีรายได้เสริมเพิ่มขึ้น	3.78	0.860	มาก
6. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน	3.70	0.905	มาก
[illegible]	**3.75**		**มาก**

จากตารางที่ 3 ด้านประโยชน์ต่อชุมชนกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านประโยชน์ต่อชุมชนเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75หากพิจารณาตามราย ด้านพบว่าชุมชนเกิดความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นมีรายได้เสริมเพิ่มมากขึ้นสามารถพึ่งพาตนเองได้ชุมชนเข้มแข็งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกันทำให้ตลาดยอมรับสินค้าอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ3.92 3.78 3.74 3.73 3.70และ 3.61ตามลำดับ

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการวิจัย ทำให้ได้ข้อค้นพบ ในด้านของปัญหาและอุปสรรคที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพตลาดดอนหวายทำให้ทราบแนวทางในการพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจชุมชนในพื้นที่ตลาดดอนหวายซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยภายในด้านการบริหารจัดการ , กลยุทธ์ส่วนประสมทางการตลาด สภาวะพึ่งพิงความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจชุมชนที่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากการบริหารจัดการในด้านการวางแผนของตลาด มีการวางแผนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอัตลักษณ์ ในขณะด้านการจัดการองค์กรนั้น มีการประชุมของนักวิชาการ นักปราชญ์ และพ่อค้าแม่ค้าในชุมชน เพื่อวางแผนในการพัฒนา สำหรับด้านการนำหรือการสั่งการ นำทรัพยากรในชุมชนมาเพิ่มมูลค่า ทำให้เศรษฐกิจชุมชนดีขึ้น และด้านการควบคุมมีการพัฒนารูปแบบของสินค้า ให้มีมาตรฐาน ซึ่งมีการสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุรัสวดี ราชกุลชัย (2543)ที่ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่า กระบวนการเพื่อให้บรรลุ

จุดมุ่งหมายขององค์กร ซึ่งกระบวนการการบริหารจัดการนี้ สามารถแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวเนื่องกันได้อย่างมี ปฏิสัมพันธ์สอดคล้องและต่อเนื่อง หน้าที่ของการบริหาร กลยุทธ์ส่วนผสมทางการตลาดในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีการเลือกใช้วัสดุที่มีความปลอดภัยในการผลิตสินค้า มีราคาค่าเช่าพื้นที่ และค่าบริการของห้องน้ำ-ห้องสุขาที่มีความเหมาะสม มีความสะดวกในการเรียกรถโดยสารสาธารณะ ตามลำดับซึ่งมีการสอดคล้องกับผลการศึกษาของศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541) ที่ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่าได้อ้างถึงแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ(Service Mix) ของPhilip Kotler ไว้ว่าเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจที่ให้บริการซึ่งจะได้ส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix) หรือ 7Ps ในการกำหนดกลยุทธ์การตลาด สำหรับสภาวะพึ่งพิงความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจชุมชน ในด้านการพัฒนาตลาด ทำให้ชุมชนมีชื่อเสียงก่อให้เกิดรายได้จากการท่องเที่ยว ในขณะด้านเป้าหมายด้านชุมชน เกิดความสามัคคีและการรักษาสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น และด้านประโยชน์ต่อชุมชน คนในชุมชนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดความก้าวหน้าในชุมชน ซึ่งมีการสอดคล้องกับผลการศึกษาของ บุญอนันต์ พินัยทรัพย์และพลาพรรณ คำพรรณ์ (2549) ที่ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่า กลไกการบริหารจัดการส่งผลต่อเศรษฐกิจชุมชนโดยสมาชิกกลุ่มมีอาชีพเสริมและมีรายได้เพิ่มขึ้น พึ่งตนเองได้ในทางเศรษฐกิจ ทำให้ครอบครัวมีรายได้เพิ่มเศรษฐกิจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ชุมชนเข้มแข็งและพึ่งตนเองได้

5. ข้อเสนอแนะผลการวิจัย

1. การบริหารจัดการในด้านการวางแผนของตลาดมีการวางแผนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอัตลักษณ์ ทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบของตลาดที่ชัดเจน ควรปรับปรุงในด้านการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน โดยการพัฒนาแบบยั่งยืนเพื่อเสริมสร้างรากฐานความมั่นคงของตลาด

2. กลยุทธ์ส่วนผสมทางการตลาดในด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจำหน่าย เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีการเลือกใช้วัสดุที่มีความปลอดภัยในการผลิตสินค้า มีราคาค่าเช่าพื้นที่และค่าบริการของห้องน้ำ-ห้องสุขาที่มีความเหมาะสม มีความสะดวกในการเรียกรถโดยสารสาธารณะ ส่งผลให้เกิดมาตรฐานในการวางรูปแบบของร้านค้า ควรปรับปรุงในการเพิ่มจำนวนสินค้าและผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย เช่น สินค้าภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นต้น มีราคาประกันร้านค้าที่เหมาะสม การจัดราคาให้บริการขนส่งแก่ผู้ประกอบการที่เป็นมาตรฐานและควรมีสถานที่จอดรถ ที่มีความเพียงพอและปลอดภัย

3. สภาวะพึ่งพิงความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจชุมชนในด้านการพัฒนาตลาดทำให้ชุมชนมีชื่อเสียง ก่อให้เกิดรายได้จากการท่องเที่ยว ในด้านเป้าหมายด้านชุมชนเกิดความสามัคคีและการรักษาสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น และด้านประโยชน์ต่อชุมชน คนในชุมชนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดความก้าวหน้าในชุมชน ควรปรับปรุงและส่งเสริมการปลูกจิตสำนึกให้คนในชุมชนไม่ไปทำงานนอกชุมชน และกลับคืนสู่ท้องถิ่น ขอความช่วยเหลือจากรัฐบาลกำหนดให้มีเครือข่ายที่ชัดเจน จัดอบรมในเรื่องของสินค้าให้มีมาตรฐานส่งผลให้ตลาดยอมรับสินค้ามากยิ่งขึ้น

6. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

หากมีการนำแนวทางในการพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจชุมชนในพื้นที่ตลาดดอนหวาย ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ไปขยายผลกับพื้นที่การวิจัยอื่นๆ ควรศึกษาเรื่องความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อตลาดดอนหวาย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

7.บรรณานุกรม

[1] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2547, รายงานประจำปี 2547 กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬากรุงเทพฯ: กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.
[2] ดวงพรพรรณพนาวัลย์, 2551, “การศึกษาสถานการณ์สภาวะปัจจุบันของตลาดน้ำเพื่อการพัฒนากรณีศึกษาตลาดน้ำอัมพวาอำเภออัมพวาจังหวัดสมุทรสงคราม,” วิจัยทางธุรกิจศิลปะศาสตร์หลักสูตรบัณฑิตสาขาวิชาการจัดการธุรกิจทั่วไปคณะวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยศิลปากร,
[3] บุญอนันต์ พินัยทรัพย์ พลาพรรณ คำพรรณ์, 2549, “โครงการศึกษาชุมชนเข้มแข็งกระบวนการสร้างสรรค์คืนพลังสู่ชุมชน : หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์,” สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
[4] พรเพ็ญ ทับเปลี่ยน, 2543, “การวิเคราะห์การอยู่รอดของชุมชนในระบบเศรษฐกิจเพื่อการค้า,” ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาพัฒนาศึกษาศาสตร์.
[5] พิสมัย รัตนโรจน์สกุล, 2545, “เงื่อนไขในการดำรงอยู่ของชุมชนในระบบทุนนิยม,” ปริญญานิพนธ์กศ.ด. (พัฒนาศึกษาศาสตร์), กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
[6] วรรณลดา ต่วนภูษา, 2552, “ดัชนีการประเมินคุณภาพสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการท่องเที่ยวตลาดน้ำ,” วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาวิชาการประกอบการบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร.
[7] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, 2541, กลยุทธ์การตลาดและการบริหารการตลาด, กรุงเทพฯ: Diamond in Business World.
[8] สดใส สร่างโศรก สุภาวดี บุญเจือ และนันทโชติ ชัยรัตน์, 2544, “โครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อหารูปแบบและแนวทางการท่องเที่ยวเชิงนิเวศอย่างยั่งยืนของป่าดงนาทามกรณีศึกษา : ป่าดงนาทามอำเภอโขงเจียมจังหวัดอุบลราชธานี,
[9] สุรัสวดี ราชกุลชัย, 2543, การวางแผนและการควบคุมทางการบริหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์จามจุรี.
[10] อภิญญา ผูกพานิช, 2553, “ประเมินโครงการเพิ่มศักยภาพผู้ว่างงานเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและสังคมในชุมชน (โครงการต้นกล้วอาชีพ),” วิจัยทางธุรกิจปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาการการประเมินมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

P-EN13

ผลการดำเนินงานธุรกิจสีเขียว (Green Business) เพื่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน

ธีระ กุลสวัสดิ์[1], ธีระวัฒน์ จันทึก[2]

[1]คณะรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โทร0-3810-2369 หรือ 0-3839-3475 E-mail: teera@buu.ac.th

[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร

โทร0-3259 4043-50 (41228) E-mail: Thirawat.scb@gmail.com Thirawat@ms.su.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำเนินธุรกิจสีเขียว (Green Business) ในส่วนของธุรกิจรับซื้อของเก่า โดยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากผู้แทนองค์กร และชาวบ้านในชุมชน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แนวการสัมภาษณ์ พื้นที่ที่ศึกษา ได้แก่ จังหวัดนครปฐมผลจากการศึกษาพบว่า ธุรกิจรับซื้อของเก่าหรือธุรกิจแปรสภาพขยะเป็นเงินนั้น ปัจจุบันได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ขยะเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ธุรกิจนี้มีบทบาทสำคัญในการช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมในชุมชนดีขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกิดการจ้างงานการสร้างรายได้ด้วยการเก็บขยะขาย ทำให้ปริมาณขยะลดลง จากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการทำธุรกิจพบว่า ผู้ประกอบการมีเงินหมุนเวียนไม่มากพอในการรับซื้อขยะจากชุมชนและปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงาน ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีนโยบายในการส่งเสริมหรือให้การสนับสนุนธุรกิจประเภทนี้ เนื่องด้วยธุรกิจนี้ส่วนช่วยให้สิ่งแวดล้อมในชุมชนมีความน่าอยู่ มลภาวะที่เกิดจากขยะลดลง ตลอดจนช่วยให้การเผาขยะที่เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้โลกร้อนลดลง

คำสำคัญ:ธุรกิจสีเขียว, ชุมชน, สิ่งแวดล้อม

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันเป้าหมายสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์คือความอยู่ดีมีสุขสุขภาพดีและมีความมั่นคงปลอดภัยแต่ที่ผ่านมามนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือยและไม่ระมัดระวัง(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)จึงส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกเกิดสภาวะโลกร้อน(สุนทรบุญญาธิการและคณะ, 2545)และภัยธรรมชาติต่างๆดังนั้นสิ่งที่ทุกคนต้องการคือการดำเนินชีวิตบนพื้นฐานเดิมกับธรรมชาติ(ศศินา ภารา, 2550) โดยปัจจัยแห่งความสำเร็จในการมุ่งสู่ความอยู่ดีมีสุขที่เป็นเป้าประสงค์ได้นั้นคือการลดขั้นตอนของการทำงานร่วมคิดร่วมวางแผนร่วมแก้ปัญหาหรือการทำงานร่วมกันเป็นกระบวนการเป็นต้น (พิพัฒน์ วีระถาวร, 2555) และคงต้องยอมรับความจริงว่าการใช้ชีวิตเกิดมาเป็นมนุษย์ต้องใช้ทรัพยากรและทำลายทรัพยากรมากพอสมควร การประกอบธุรกิจบางอย่างมีผลในทางทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่น ธุรกิจค้าไม้ ขุดเจาะน้ำมัน รู้จักกันในนามของ “เศรษฐกิจทุนนิยม” ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดในการเปลี่ยนสิ่งต่างๆ ให้เป็นเงินมากที่สุด ส่งผลต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เกิดสารเคมีปนเปื้อน ซึ่งถือว่าธุรกิจดังกล่าว ทำลายทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนัก เพราะกลไกลการแข่งขันจึงทำให้เกิดทางเลือกใหม่ในการดำเนินธุรกิจที่สร้างผลกำไรไปพร้อมๆกับการรักษาสิ่งแวดล้อมนั่นก็คือ “ธุรกิจสีเขียว”

โดยธุรกิจสีเขียว หมายถึง องค์กรที่ประกอบธุรกรรมโดยมีปณิธานในการทำงาน มุ่งอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติทั้งหลายของโลกมนุษย์ มีชีวิตอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศวิทยาที่ดีที่สุดและอย่างยั่งยืน มีนโยบายและกระบวนการในการประกอบธุรกิจที่พยายามใช้ หรือทำลายสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และหากเป็นไปได้ต้องพยายามสร้างขึ้นทดแทน หรือพยายามบำบัดสภาพแวดล้อมที่ถูกทำลายไปให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เรื่องที่มีความสลับซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายแฝงอยู่ด้วยพอสมควร จะอาศัยเพียงจิตสำนึกความรับผิดชอบเพียงปัจจัยเดียวไม่เพียงพอ แต่ในขณะเดียวกัน ถ้าไม่มีจิตสำนึกรับผิดชอบ โลกคงถล่มทลายเป็นอย่างแน่นอนจากปัญหา ภาวะโลกร้อน (Global Warming) กลายเป็น ภาวะโลกเดือดพล่าน (Global Boiling) องค์กรแต่ละองค์กรสามารถเลือกวางนโยบายได้ว่า ตนเองมีความต้องการและความพร้อมที่จะ “เขียว” ขนาดไหน ปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการเลือกระดับความเขียว หรือระดับความรับผิดชอบต่อทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน (นงนุช อสัมภินวงศ์, 2553)ได้แก่ ระดับศีลธรรม จริยธรรม ความรับผิดชอบของเจ้าของบริษัทหรือ CEOกฎหมายที่ควบคุมผู้ประกอบการทัศนคติของผู้บริโภคและสาธารณชน เป็นต้น โดยเน้นให้ความสำคัญกับความรับผิดชอบด้านสังคมเป็นการมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมภายในและภายนอกองค์กร (จณิน เอี่ยมสอาด, 2550)

จากปรากฏการดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลการดำเนินงานธุรกิจสีเขียว (Green Business) เพื่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน โดยมุ่งศึกษา รูปแบบทางธุรกิจกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน ตลอดจนการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน

2.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ ผู้ประกอบการธุรกิจสีเขียว และผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 17 คน (ดวงนภา มกรานุรักษ์, 2554)

2.2 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยโดยเลือกแบบไม่อาศัยหลักความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) คือ การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย (วรรณี แกมเกตุ, 2551)

2.3การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

2.3.1 การค้นคว้าเอกสารรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบธุรกิจสีเขียวจากแหล่งสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต และเอกสารวิชาการต่างๆ รวมทั้ง การค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทวงษ์พาณิชย์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ต่อไป

2.3.2การสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลใช้วิธีการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ (Informal interviewการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูล 1 ท่าน ใช้เวลาประมาณ 1ชั่วโมง ขออนุญาตจดบันทึก ภาคสนาม (Fieldnote) และบันทึกเทปเพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลในกรณีที่จดบันทึกไม่ทัน

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แนวสัมภาษณ์เชิงลึก

2.5 การวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Non-participant observation) ได้เข้าไปสังเกตการณ์สภาพแวดล้อม (Setting) การทำงาน (Acting) และการวิเคราะห์เรื่องราว ผู้วิจัยพูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากการจดบันทึก และการถอดความในเทปบันทึกเสียงมาอ่าน-ฟัง-วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันเพื่อใช้เป็นข้อมูลต่อไป

3.สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการสัมภาษณ์ ผู้ทำวิจัยได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น4 ส่วน ประกอบด้วย

1. รูปแบบทางธุรกิจ ผลการศึกษาพบว่าธุรกิจสีเขียวมีรูปแบบการทำธุรกิจในระบบเฟรนไชส์ มีสาขาเครือข่ายและฟรนไชส์กระจายทั่วไปตามจังหวัดต่างๆ แต่ละปีสามารถรีไซเคิลขยะกว่าได้1 แสนตัน และเมื่อดำเนินงานไปสักระยะทำให้เริ่มมองเห็นช่องทางในการดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการรีไซเคิลขยะ จึงตัดสินใจเข้าร่วมซื้อเฟรนไชส์ของบริษัทอื่น ภายใต้เงื่อนไขคือ ต้องผ่านการอบรมตามหลักสูตรที่กำหนด มีความพร้อมทางด้านทุนหมุนเวียน ทำเล ที่ตั้ง จำนวนพนักงาน และการจ่ายค่าประกันในการใช้สิทธิ์ต่างๆ เช่น ชื่อร้าน ซึ่งรูปแบบของธุรกิจระบบเฟรนไชส์เป็นสัญญาหรือข้อตกลงอย่างเป็นทางการระหว่างสองกิจการที่มีกำหนดระยะเวลาของการทำธุรกิจที่ชัดเจนโดยให้สิทธิพิเศษแก่ผู้ซื้อสิทธิ์ (Franchisee) ในการขายสินค้าหรือดำเนินธุรกิจภายใต้ชื่อตราสินค้าและภาพลักษณ์ของเจ้าของสิทธิ์ (Franchisor) ผู้ซื้อสิทธิ์จะต้องจ่ายค่าตอบแทนในการใช้ชื่อการค้าให้แก่ผู้ให้สิทธิ์เช่นค่าธรรมเนียมเริ่มแรก (Franchise Fee) ค่าลิขสิทธิ์ (Royalty Fee) และค่าส่งเสริมการโฆษณา (Advertising Fee) เป็นต้น

2. กลยุทธ์การดำเนินธุรกิจจากการเรียบเรียงข้อมูลที่ได้จากผู้สัมภาษณ์พบว่า การดำเนินธุรกิจสีเขียว แบ่งกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจ 2ด้าน คือ 1) กลยุทธ์ทางการตลาด 4Ps ได้แก่ กลยุทธ์ด้านราคา (Price) ตั้งราคาที่เป็นมาตรฐาน และยุติธรรม กลยุทธ์ด้านสถานที่ (Place) ใช้รถเคลื่อนที่ไปรับซื้อ หรือทำลายเอกสารตามสถานที่ต่างๆเพื่อสร้างความแตกต่างให้กับคู่แข่งขัน ตรงที่รับทำลายและรับซื้อถึงที่ กลยุทธ์ด้านสินค้า (Product) ธุรกิจสีเขียวได้ทำธุรกิจเกี่ยวกับขยะ ของเก่า กระดาษ นำสิ่งของพวกนี้มาผ่านกระบวนการเพื่อให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และกลยุทธ์ด้านการส่งเสริมการขาย (Promotion) ส่งเสริมให้ลูกค้ารู้จักแยกขยะ และให้ความรู้แก่ลูกค้าเกี่ยวกับประเภทของขยะ และสิ่งของชิ้นไหนสามรถนำไปรีไซเคิลได้ และถ้าไม่สามารถนำไปรีไซเคิลควรจะต้องเอาไปจัดการให้ถูกวิธีและ 2)กลยุทธ์การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (Customer Relationship Management):CRM ที่เน้นกระบวนการเน้นการรักษาความสำคัญกับลูกค้า เพื่อสามารถสร้างและรักษาความจงรักภักดีลูกค้าที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อองค์กรและเป็นผู้สร้างกำไรระยะยาวให้กับองค์กร

3.ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานผลการศึกษาพบว่า ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานงาน หลักๆ มี 2 ประการ ได้แก่ 1)ขาดแคลนในด้านปัจจัยนำเข้า เช่น เงินทุน แรงงาน เป็นต้น โดยถือว่าเงินทุนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจ การขาดเงินทุนจะทำให้การดำเนินธุรกิจหยุดชะงัก และส่งผลกระทบไปถึงเงินทุนหมุนเวียนภายภาคหน้า เนื่องจากการรับซื้อของเก่าจำเป็นจะต้องใช้เงินทุนหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา 2)ขาดแคลนแรงงาน นั่นคือ การมีแรงงานไม่เพียงพอต่องานที่มี ทำให้ระบบการทำงานของพนักงานต้องปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ตลอดเวลา เช่น พนักงานที่ต้องคัดแยกของภายในโรงงาน อาจต้องออกนอกสถานที่เพื่อไปทำลายเอกสารที่มีจำนวนมากและมีเวลาจำกัด ดังนั้นงานแยกก็จะค้างอยู่ในโรงงาน ส่งผลให้งานไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ และแรงงานส่วนใหญ่ขององค์กรเป็นชาวต่างด้าว แม้ทุกคนจะมีใบอนุญาตทำงาน แต่อย่างไรก็ตามยังเกิดปัญหากับเจ้าหน้าที่ตำรวจบ่อยๆ เช่น ขอตรวจบัตร แต่ลูกจ้างไม่ได้พกบัตรติดตัวไว้ เป็นต้น

4. ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนผลจากการศึกษาพบว่า ธุรกิจรับซื้อของเก่าที่มีการขยายเฟรนด์ไชส์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีบทบาทสำคัญในการช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมในชุมชนดีขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกิดการจ้างงานการสร้างรายได้ด้วยการเก็บขยะขาย ทำให้ปริมาณขยะลดลง

4.ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการวิจัย ทำให้ทราบว่า ธุรกิจสีเขียวในปัจจุบันมีรูปแบบการทำธุรกิจในระบบเฟรนไชส์ แต่ละปีสามารถรีไซเคิลขยะกว่าได้1 แสนตัน โดยระบบเฟรนไชส์มีเงื่อนไขคือ ต้องผ่านการอบรมตามหลักสูตรที่กำหนด มีความพร้อมทางด้านทุนหมุนเวียน ทำเล ที่ตั้ง จำนวนพนักงาน และการจ่ายค่าประกันในการใช้สิทธิ์ต่างๆ เป็นต้นสำหรับกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจพบว่า การดำเนินธุรกิจสีเขียวแบ่งกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจ 2ด้าน คือ 1) กลยุทธ์ทางการตลาด 4Ps โดยด้านราคา (Price) พบว่า มีการตั้งราคาที่เป็นมาตรฐาน และยุติธรรม กลยุทธ์ด้านสถานที่ (Place) มีการใช้รถเคลื่อนที่ไปรับซื้อ หรือทำลายเอกสารตามสถานที่ต่างๆเพื่อสร้างความแตกต่างให้กับคู่แข่งขัน ตรงที่รับทำลายและรับซื้อถึงที่ ด้านกลยุทธ์ด้านสินค้า (Product)

ธุรกิจสีเขียวได้ทำธุรกิจเกี่ยวกับขยะ ของเก่า กระดาษ นำสิ่งของพวกนี้มาผ่านกระบวนการเพื่อให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และด้านกลยุทธ์ด้านการส่งเสริมการขาย (Promotion) ส่งเสริมให้ลูกค้ารู้จักแยกขยะ และให้ความรู้แก่ลูกค้าเกี่ยวกับประเภทของขยะ และสิ่งของชิ้นไหนสามรถนำไปรีไซเคิลได้ และถ้าไม่สามารถนำไปรีไซเคิลควรจะต้องเอาไปจัดการให้ถูกวิธี โดยวิธีการดังกล่าวได้สอดคล้องกับแนวคิดธุรกิจสีเขียวของนรินทร์องค์อินทรี (2552) ที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อชุมชนเป็นหลักและ 2)กลยุทธ์การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ได้เน้นกระบวนการรักษาความสำคัญกับลูกค้า เพื่อสามารถสร้างและรักษาความจงรักภักดีลูกค้าและเป็นผู้สร้างกำไรระยะยาวให้กับองค์กร

สำหรับปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานพบว่า ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานงาน หลักๆ มี 2 ประการ ได้แก่ 1)ขาดแคลนในด้านปัจจัยนำเข้า เช่น เงินทุน แรงงาน เป็นต้น โดยถือว่าเงินทุนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจ การขาดเงินทุนจะทำให้การดำเนินธุรกิจหยุดชะงัก และส่งผลกระทบไปถึงเงินทุนหมุนเวียนภายภาคหน้า เนื่องจากการรับซื้อของเก่าจำเป็นจะต้องใช้เงินทุนหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา 2)ขาดแคลนแรงงาน นั่นคือ การมีแรงงานไม่เพียงพอต่องานที่มี ทำให้ระบบการทำงานของพนักงานต้องปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ตลอดเวลา เช่น พนักงานที่ต้องคัดแยกของภายในโรงงาน อาจต้องออกนอกสถานที่เพื่อไปทำลายเอกสารที่มีจำนวนมากและมีเวลาจำกัด ดังนั้นงานแยกก็จะค้างอยู่ในโรงงาน ส่งผลให้งานไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ และแรงงานส่วนใหญ่ขององค์กรเป็นชาวต่างด้าว แม้ทุกคนจะมีใบอนุญาตทำงาน แต่อย่างไรก็ตามยังเกิดปัญหากับเจ้าหน้าที่ตำรวจบ่อยๆ เช่น ขอตรวจบัตร แต่ลูกจ้างไม่ได้พกบัตรติดตัวไว้ เป็นต้น ตลอดจนผลการศึกษายังพบว่า ธุรกิจสีเขียวได้ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน โดยธุรกิจรับซื้อของเก่าที่มีการขยายเฟรนด์ไชน์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีบทบาทสำคัญในการช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมในชุมชนดีขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกิดการจ้างงานการสร้างรายได้ด้วยการเก็บขยะขาย ทำให้ปริมาณขยะลดลงอีกด้วย ซึ่งได้สอดคล้องกับสุนีย์ สุทีปธรรม และพิทักษ์ ศิริวงศ์ (2556) ได้ศึกษาเส้นทางสู่ฟาร์มสีเขียว : รูปแบบกระบวนการจัดการสิ่งแวดล้อมและความรับผิดชอบต่อสังคมภายในฟาร์มสุกรกาญจนบุรีในเครือบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารจำกัด (มหาชน) พบว่าชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้ฟาร์มสุกรมากที่สุดได้รับประโยชน์จากการจัดการสิ่งแวดล้อมได้แก่การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการทำไร่อ้อยซึ่งช่วยประหยัดต้นทุนปุ๋ยและน้ำไปได้มากและชุมชนมีความรู้สึกที่ดีต่อฟาร์มสุกรกาญจนบุรีเพราะการเข้ามาของฟาร์มสุกรกาญจนบุรีช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชนใกล้เคียงให้ดีขึ้น จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการที่ชุมชนอยู่ใกล้กับแหล่งธุรกิจสีเขียวมิใช่จะไม่ได้รับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังส่งผลให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นอีกด้วย

5.ข้อเสนอแนะผลการวิจัย

1. จากผลการศึกษาที่พบปัญหาการขาดแคลนเงินทุน ซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้าสำคัญในการดำเนินธุรกิจ ผู้ประกอบการควรหาแหล่งเงินทุนจากแหล่งเงินกู้ หรือ หาผู้ร่วมลงทุนเพิ่ม

2.ปัญหาด้านแรงงานไม่เพียงพอต่องานปัจจุบัน หากผู้ประกอบการต้องการจัดการปัญหาด้านแรงงาน ผู้ประกอบการควรศึกษาจำนวนที่ต้องทำในแต่ละวัน และจัดระบบการทำงาน ตารางการทำงานของพนักงานให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงานที่มีอยู่ หรืออาจจะรับสมัครพนักงานใหม่เพิ่มเข้ามาช่วยในการทำงาน

3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีนโยบายในการส่งเสริมหรือให้การสนับสนุนธุรกิจประเภทนี้ เนื่องด้วยธุรกิจนี้ส่วนช่วยให้สิ่งแวดล้อมในชุมชนมีความน่าอยู่ มลภาวะที่เกิดจากขยะลดลง ตลอดจนช่วยให้การเผาขยะที่เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้โลกร้อนลดลง

6.บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550, “คู่มือประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ”.กรุงเทพฯ; บริษัทไทยวิศวกรที่ปรึกษาทางเลือกจำกัด.

[2] จณิน เอี่ยมสะอาด, 2550, “รูปแบบและการสื่อสารการดำเนินธุรกิจอย่างรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรธุรกิจไทย,”.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตคณะวารสารศาสตร์และสื่อมวลชนมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] ดวงนภา มกรานุรักษ์, 2554, “อนาคตภาพการอาชีวศึกษาไทยในทศวรรษหน้าพ.ศ. 2554 -2564”, วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[4] นงนุช อสัมภินวงศ์, 2553, “การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนารูปแบบการอนุรักษ์พลังงานกรณีศึกษาโรงเรียนเบญจมราชูทิศจังหวัดจันทบุรี,” ดุษฎีนิพนธ์สาขาบริหารการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์,มหาวิทยาลัยบูรพา.

[5] นรินทร์ องค์อินทรี, 2552, “กลยุทธ์สร้างองค์กรสีเขียว.,กรุงเทพมหานคร: แมคกรอ-ฮิล.

[6] พิพัฒน์ วีระถาวร, 2555, “ธุรกิจสีเขียว (Green Business) โอกาสของประเทศไทย”, แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ, หน้า 11-13.

[7] วรรณี แกมเกตุ, 2551, .วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.,กรุงเทพฯ. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาคณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] ศศินา ภารา, 2550, “ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,” กรุงเทพมหานคร: บริษัทส.เอเซียเพรส(1989) จำกัด.

[9] สุนทร บุญญาธิการ, อุทัยศุจิสกุลวงศ์และศศินวิบูลบัณฑิตยกิจ, 2545, “พลังงานใกล้ตัว,” กรุงเทพฯ: เฟลสท์ออฟเซท,

[10] สุนีย์ สุทีปธรรม และพิทักษ์ ศิริวงศ์, 2556, “เส้นทางสู่ฟาร์มสีเขียว :รูปแบบกระบวนการจัดการสิ่งแวดล้อมและความรับผิดชอบต่อสังคมภายในฟาร์มสุกรกาญจนบุรีในเครือบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารจำกัด (มหาชน)”, วารสารวิชาการVeridian E-Journal, (6)3, หน้าที่ 794-804.

P-EN14

ความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

จรีรัตน์ อินทรจำนงค์[1], ธีระวัฒน์ จันทึก[2]

[1]มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช E-mail: chareeratana@gmail.com

[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร E-mail: Thirawat.scb@gmail.com Thirawat@ms.su.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติผู้ให้ข้อมูลหลักที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ และเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ จำนวนทั้งสิ้น 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในศึกษา คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก

ผลการศึกษา พบว่า ความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติ เกิดขึ้นมาจากหน่วยงานที่เป็นกลไกหลักในการให้ความช่วยเหลือ และดูแลโครงการเป็นอย่างดีส่งผลให้โครงการบรรลุเป้าหมาย นอกจากนี้ยังพบว่าด้านการสื่อสารและการขับเคลื่อนกิจกรรมอย่างต่อเนื่องนั้นส่งผลความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชน ที่ทำให้ประชาชนในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรทฤษฎีใหม่การดำรงชีวิตได้อย่างพออยู่พอกิน ตลอดจนมีความสามารถในการบริหารจัดการที่ดินและน้ำของเกษตรกรในพื้นทีขนาดเล็กให้เกิดประโยชน์สูงสุดอันส่งผลดีต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนทำให้ประชาชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สามารถทำการเกษตรได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในรูปแบบการบริหารจัดการนั้นพบว่าหน่วยงานได้ใช้แนวคิดการบริหารจัดการ 4 ประการเข้ามาใช้ ได้แก่ การวางแผน การจัดองค์กร การชี้นำ และการควบคุม มาใช้ในการดำเนินโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ ซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชน

คำสำคัญ:สิ่งแวดล้อม, ชุมชน, เกษตรทฤษฎีใหม่, เศรษฐกิจพอเพียง

1.ที่มาและความสำคัญ

การพัฒนาประเทศในปัจจุบันเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม เพื่อให้คนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545 – 2549)ที่กล่าวถึงวิสัยทัศน์การพัฒนาประเทศในส่วนของการพัฒนาสังคมคุณภาพ โดยยึดหลักความสมดุลความพอดีมุ่งการพัฒนาประเทศให้มีรากฐานที่เข้มแข็งมีการกระจายผลประโยชน์ได้อย่างทั่วถึงรวมทั้งเพิ่มขีดความสามารถและโอกาสในการพึ่งตนเองและการที่จะรู้ว่ามีคุณภาพชีวิตที่ดีหรือไม่นั้นจำเป็นต้องมีการวัดที่เป็นรูปธรรมและสิ่งสำคัญในการวัดคุณภาพชีวิตของประชาชนชนบทก็คือเครื่องชี้วัดที่เรียกว่าความจำเป็นพื้นฐาน(จปฐ.) โดยการจัดเก็บข้อมูลจปฐ. ทุกครัวเรือนทั่วประเทศทุกปี เพื่อการประมวลผลวิเคราะห์คุณภาพคนไทยในภาพรวม และข้อมูลความจำเป็นพื้นฐานเหล่านี้จะแสดงให้เห็นลักษณะของสังคมไทยที่พึงประสงค์ตามเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของเครื่องชี้วัดว่าอย่างน้อยคนไทยควรจะมีคุณภาพชีวิตในเรื่องใดบ้างและควรจะมีระดับความเป็นอยู่ไม่ต่ำกว่าระดับไหนซึ่งทำให้ประชาชนสามารถทราบได้ด้วยตนเองว่าในขณะนี้คุณภาพชีวิตของตนเองครอบครัวรวมไปถึงหมู่บ้านมีปัญหาที่จะต้องแก้ไขเรื่องใดบ้าง(กระทรวงมหาดไทย, 2548)

นอกจากการพัฒนาคุณภาพชีวิตประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งคือวิธีการที่จะทำให้คนในชุมชนดำรงชีวิตตามหลักการพื้นฐานเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อไม่ให้เข้ามาทำลายเอกลักษณ์และวัฒนธรรมชุมชนดังนั้นจึงต้องมีการสร้างให้ชุมชนเกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ในการดำรงชีวิตที่พอเพียงซึ่งรัฐบาลมีวิสัยทัศน์ที่เน้นการคืนความเข้มแข็งสู่ท้องถิ่นและคืนอำนาจการตัดสินปัญหาสู่ชุมชนโดยให้สอดคล้องกับนโยบายและทิศทางการบริหารราชการแผ่นดินพ.ศ. 2544 – 2551ดังนั้น “เศรษฐกิจพอเพียง” จึงเป็นปรัชญาที่ทำให้เห็นแนวทางการดำรงชีวิตและการปฏิบัติตนของประชาชนในทุกระดับบริหารประเทศให้ดำเนินไปในทางสายกลางโดยเฉพาะด้านของการพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อให้ก้าวทันต่อโลกยุคโลกาภิวัตน์ (สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2547 : 5-7) สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติจึงได้น้อมเกล้าอัญเชิญ “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” มาเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายวางแผนและทำแผนปฏิบัติการทุกระดับเป็นแนวทางในการพัฒนาทุกมิติอย่างเป็นองค์รวมโดยมี “คน” เป็นศูนย์กลางเพื่อให้เกิด “การพัฒนาอย่างยั่งยืนและความอยู่ดีมีสุขของคนไทย” (มูลนิธิชัยพัฒนา.2548) ทั้งนี้การที่ชุมชนจะเข้มแข็งและก้าวไปสู่ความยั่งยืนได้นั้น จะต้องมีการร่วมกลุ่มกันอย่างถาวรหรือมีความเป็นรูปธรรม เพื่อให้คนภายในกลุ่มได้ร่วมกันคิดร่วมกันทำ ร่วมกันแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อปกป้องและรักษาสิ่งแวดล้อมในชุมชนไม่ให้ถูกทำลายไปพร้อมกับเทคโนโลยีที่พัฒนามากขึ้นในปัจจุบันโดยการรวมกลุ่มกันอย่างถาวรหรือเป็นรูปธรรมนี้มักจะมีกระบวนการบริหารจัดการเข้ามาใช้ในการดำเนินงานของกลุ่ม(ขจรศักดิ์ วงศ์วิราช, 2552) เช่นมีโครงสร้างของการบริหารงานอย่างชัดเจนมีระเบียบข้อบังคับกติกาของกลุ่มการมีบทบาทหน้าที่ภายในกลุ่มมีการดำเนินการและการบริหารทีมีความโปร่งใส/ตรวจสอบได้มีการขยายจำนวนสมาชิก/การพัฒนาความรู้สมาชิกและที่สำคัญคือมีผู้นำกลุ่ม(จักรีสุจริตธรรม, 2547) จากการศึกษาบริบท

ชุมชนของตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมด้วยวิธีการสังเกตและการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร และมีการรวมกลุ่มกันทำอาชีพเสริม ด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติจากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

2.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) มุ่งศึกษาความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมซึ่งมีวิธีการศึกษาค้นคว้าดังนี้

2.1ผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informant)ของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ และเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ จำนวนทั้งสิ้น 17 คน (ดวงนภา มกรานุรักษ์,2554)โดยเลือกแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็นสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) (วรรณี แกมเกตุ, 2551)

2.2การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการพัฒนาแนวสัมภาษณ์ข้อมูลหลัก (Key informant) เพื่อดำเนินการวิจัยในการสัมภาษณ์ โดยแนวสัมภาษณ์ได้สังเคราะห์มาจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้เป็นแนวทาง จากนั้นจึงนำแนวสัมภาษณ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบ และนำกลับมาแก้ไขจนสมบูรณ์

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยดำเนินการโดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบการเทียบเคียง รูปแบบ (pattern matching) โดยการสร้างข้อสรุปจากการเก็บข้อมูลที่ได้ นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลทางทฤษฎี (theory) และงานวิจัยที่ผ่านมา โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวทางของไมล์และฮูเบอร์แมน (Miles, M. B. &Huberman, A. M., 1994) ที่ได้เสนอแนะถึงขั้นตอนการจัดการกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิจัยในรายละเอียดซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การลดข้อมูล (data reduction) การจัดรูปข้อมูล (data display) และการร่างข้อสรุปและการยืนยัน (conclusion drawing and verification) โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

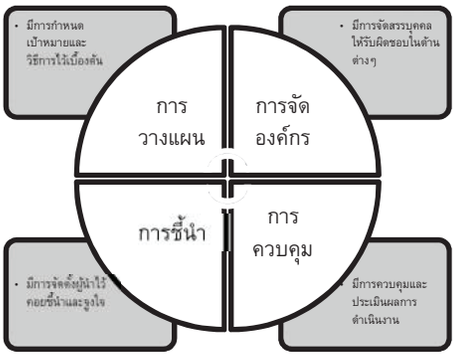
1. การลดข้อมูล หมายถึง กระบวนการคัดเลือก การเน้น การทำให้อยู่ในรูปที่ เข้าใจง่าย การย่อความ และการแปลงข้อมูลด้วยการลดข้อมูลดิบให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป การจัดกระทำกับข้อมูลด้วยการลดข้อมูลนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดการทำวิจัย รวมถึงก่อนที่จะเริ่มทำการวิจัยก็ต้องมีการวางแผนเกี่ยวกับแนวทางการลดข้อมูลนับตั้งแต่การระบุกรอบแนวคิดการวิจัย กรณีศึกษา ที่ต้องการทำวิจัย ปัญหาการวิจัยและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสมแล้วด้วย สิ่งที่ผู้วิจัยกระทำในการลดข้อมูลคือ การเขียนสรุป การให้รหัส การร่างหัวข้อย่อยที่เกี่ยวข้อง การจัดกลุ่ม การสร้างหลักในการจำแนกกลุ่มของข้อมูล การเขียนบันทึกเพื่อเตือนความจำหรือความคิดที่ร่างไว้

2. การจัดรูปข้อมูล หมายถึง การสร้างรูปแบบข้อมูลที่สามารถสื่อสารกับผู้อ่าน ให้เข้าใจง่าย โดยการใช้ข้อมูลภายหลังการลดข้อมูลและนำมาจัดรูปข้อมูล เพื่อพิจารณาถึงข้อมูลที่มีความเหมือนกัน เพื่อยืนยันความถูกต้อง และพิจารณาถึงความต่างกันของข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อสรุปของการวิจัย

3. การร่างข้อสรุปและการยืนยัน หมายถึง การตีความ การทำความเข้าใจถึง รูปแบบความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันของข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมา

3. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม พบว่าส่งที่ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งนั้นคือความสามัคคีของคนในชุมชนดูได้จาก ศาลากลางหมู่บ้าน ที่จัดไว้เป็นพื้นที่สำหรับปรึกษา หรือชุมนุมกันภายในหมู่บ้าน ซึ่งจะทำให้ชาวบ้านรับรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสารภายในหมู่บ้าน อีกทั้งยังมีเสียงตามสายที่เป็นสื่อกระจายข่าวเพื่อความสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยที่จากการศึกษาข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลัก พบว่า เป็นสื่อที่ดีที่สุดที่ทำให้ได้รับข่าวสารได้อย่างรวดเร็วทันใจ และสะดวกต่อการไปประชุม สำหรับอีกปัจจัยที่สำคัญคือหน่วยงานที่เป็นกลไกหลักในการให้ความช่วยเหลือและดูแลโครงการเป็นอย่างดีส่งผลให้โครงการบรรลุเป้าหมาย นอกจากนี้ยังพบว่าด้านการสื่อสารและการขับเคลื่อนกิจกรรมอย่างต่อเนื่องนั้นส่งผลความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชน ที่ทำให้ประชาชนในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรทฤษฎีใหม่การดำรงชีวิตได้อย่างพออยู่พอกิน ตลอดจนมีความสามารถในการบริหารจัดการที่ดินและน้ำของเกษตรกรในพื้นที่ขนาดเล็กให้เกิดประโยชน์สูงสุดอันส่งผลดีต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนทำให้ประชาชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สามารถทำการเกษตรได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในรูปแบบการบริหารจัดการนั้นพบว่าหน่วยงานได้ใช้แนวคิดการบริหารจัดการ 4 ประการเข้ามาใช้ ได้แก่ การวางแผน การจัดองค์กร การชี้นำ และการควบคุม มาใช้ในการดำเนินโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ ซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชน โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1:แนวคิดการบริหารจัดการ 4 ประการที่ใช้ในการดำเนินงาน

จากรูปที่ 1 แนวคิดการบริหารจัดการ 4 ประการที่ใช้ในการดำเนินงาน พบว่าการวางแผน (Plan) เป็นการดำเนินการพื้นฐานของการดำเนินกิจกรรมโดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของกลุ่มการกำหนดนโยบายของกลุ่มเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการและช่วยให้ธุรกิจดำเนินการตามสำหรับการจัดองค์การ (Organize) เป็นการจัดองค์การเกี่ยวข้องกับโครงสร้างการทำงานจากระดับสูงสุดไล่ลงมาจนถึงระดับต่ำสุดลักษณะโครงสร้างขององค์การระบุถึงการมอบอำนาจหน้าที่การชี้นำ (Leading) เป็นการวางแผนที่ดีและการจัดองค์การดียังไม่เพียงพอยังต้องอาศัยความร่วมมือของคนในกลุ่มเพื่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยแรงกระตุ้นจากผู้เป็นหัวหน้าหรือการให้ข้อแนะนำเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานด้วย และสุดท้ายการควบคุม (Control) เป็นหน้าที่อันสุดท้ายของการบริหารการควบคุมเป็นเรื่องจำเป็นในกิจกรรมของการบริหารเช่นการผลิตการขายการคัดเลือกบุคลากรการวางแผนทางการเงินเป็นต้นและจากการศึกษาข้อมูลของตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม พบว่าด้านการชี้นำเป็นส่งที่มีความสำคัญที่สุด เนื่องจากในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม มีผู้นำที่ดีที่คอยช่วยส่งเสริม มีความเข้าใจ และใส่ใจคนในชุมชน อย่างเช่น การนัดประชุม และการประสานงานกับคณะกรรมการ และคนในชุมชนได้เป็นอย่างดี มีการทักทายชาวบ้านถามถึงความเป็นอยู่ ซึ่งทำให้ชาวบ้านในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมมีความผูกพันกับผู้นำ และสามารถปรึกษาเรื่องราวต่างๆได้ สำหรับในด้านอาชีพของคนในชุมชนก็เป็นปัจจัยที่ทำให้ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมเข้มแข็ง เนื่องจากอาชีพของคนในชุมชนที่ทำส่วนมากคือ การทำเกษตรกรรมการปลูกพืช ผัก ผลไม้ และการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติคนในชุมชนจะมารวมตัวกันที่ศาลากลางหมู่บ้าน โดยที่จะมีบุคคลภายนอกเข้ามาศึกษาดูงาน และซื้อผลิตภัณฑ์กลับไปด้วยอีกทั้งคนในชุมชนก็ยังผลิต และนำไปจำหน่ายในชุมชนใกล้เคียงอีกหลายชุมชนในด้านProduct ของชุมชนเน้นสินค้าที่มีคุณภาพ และสดใหม่สะอาดอยู่เสมอ โดยคนในชุมชนปลูกเองที่ไม่มีการใส่สารเร่งการเจริญเติบโต เพื่อเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมของชุมชนไม่ให้ถูกทำลาย มีการควบคุมโดยใช้หลักการบริหารจัดการในการควบคุมวัตถุดิบ ให้ใช้แต่สิ่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิต หรือการเพาะปลูกก็ไม่ใช้สารเคมี โดยใช้การสารกำจัดศัตรูพืชจากน้ำหมักธรรมชาติตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4.ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม พบว่าส่งที่ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งนั้นคือความสามัคคีของคนในชุมชน โดยมีปัจจัยที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน ได้แก่ การสร้างศาลากลางหมู่บ้าน เพื่อจัดการประชุมปรึกษาหารือกัน การมีผู้นำที่มีศักยภาพเป็นต้นแบบ โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมกัน คนในชุมชนมีความเชื่อมันในตนเอง และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ขนิฏฐากาญจนรังสีนนท์ (2542:18) กล่าวไว้คือ สมาชิกของชุมชนมีความเชื่อมั่นในศักยภาพของตนเอง และชุมชน ที่จะแก้ไขปัญหา และพัฒนาความเป็นอยู่ของตัวเอง สมาชิกของชุมชนพร้อมที่จะร่วมกันจัดการปัญหาของตนเอง และชุมชน มีกระบวนการ ของชุมชนที่มีการเคลื่อนไหว อย่างต่อเนื่องจนวิถีชีวิตของชุมชนซึ่งขับเคลื่อนโดยผู้นำองค์กรอีกทั้งยังมีเสียงตามสายที่เป็นสื่อกระจายข่าวเพื่อความสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยที่จากการศึกษาข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลัก พบว่าเป็นสื่อที่ดีที่สุด ที่ทำให้ได้รับข่าวสารได้อย่างรวดเร็วทันใจ และสะดวกต่อการไปประชุม สำหรับอีกปัจจัยที่สำคัญคือหน่วยงานที่เป็นกลไกหลักในการให้ความช่วยเหลือ และดูแลโครงการเป็นอย่างดีส่งผลให้โครงการบรรลุเป้าหมาย นอกจากนี้ยังพบว่าด้านการสื่อสารและการขับเคลื่อนกิจกรรมอย่างต่อเนื่องนั้นส่งผลความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชน ที่ทำให้ประชาชนในชุมชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรทฤษฎีใหม่การดำรงชีวิตได้อย่างพออยู่พอกิน ตลอดจนมีความสามารถในการบริหารจัดการที่ดินและน้ำของเกษตรกรในพื้นทีขนาดเล็กให้เกิดประโยชน์สูงสุดอันส่งผลดีต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนทำให้ประชาชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สามารถทำการเกษตรได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในรูปแบบการบริหารจัดการนั้นพบว่าหน่วยงานได้ใช้แนวคิดการบริหารจัดการ 4 ประการเข้ามาใช้ ได้แก่ การวางแผน การจัดองค์กร การชี้นำ และการควบคุม (Bartol and Martin,

1998) มาใช้ในการดำเนินโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนสอดคล้องกับงานวิจัยของณลินีหอวงศ์รัตนะ (2550) ที่ได้ศึกษากลยุทธ์การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพึ่งตนเองกรณีศึกษา : วิสาหกิจชุมชนส่งเสริมผลิตข้าวพันธุ์ดีบ้านห้วยหมาก ตำบลโพธิ์พระยาอำเภอเมืองจังหวัดสุพรรณบุรีพบว่าวิสาหกิจชุมชนเกิดขึ้นจากรวมกลุ่มเพื่อรองรับการสนับสนุนจากภาครัฐเพื่อต่อรองและจัดซื้อปัจจัยการผลิตและช่วยเหลือเงินทุนทำนาโดยใช้กองทุนหมุนเวียนมีการบริหารจัดการงบประมาณหมุนเวียนปัจจัยการผลิตการสนับสนุนกิจกรรมการสื่อสารการจัดการเรียนรู้และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมาร่วมกิจกรรม

และจากการศึกษาข้อมูลของตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม พบว่าด้านการชี้นำเป็นส่งที่มีความสำคัญที่สุด เนื่องจากในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม มีผู้นำที่ดีที่คอยช่วยส่งเสริม มีความเข้าใจ และใส่ใจคนในชุมชน อย่างเช่น การนัดประชุม และการประสานงานกับคณะกรรมการ และคนในชุมชนได้เป็นอย่างดี มีการทักทายชาวบ้านถามถึงความเป็นอยู่ ซึ่งทำให้ชาวบ้านในพื้นที่ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมมีความผูกพันกับผู้นำ และสามารถปรึกษาเรื่องราวต่างๆได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของ Fiedler and Garcia (1987: 18) ผู้นำหมายถึงบุคคลในกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้กำกับและประสานงานให้กิจกรรมของกลุ่มมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งผู้นำอาจเป็นผู้ที่อาจได้รับการเลือกตั้งหรือแต่งตั้งหรือเป็นผู้ที่แสดงตัวเป็นผู้ที่มีอิทธิพลในกลุ่มเพื่อที่จะกำกับและประสานงานที่จะนำไปสู่เป้าหมายด้วยพลัง

สำหรับในด้านอาชีพของคนในชุมชนก็เป็นปัจจัยที่ทำให้ตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมเข้มแข็ง เนื่องจากอาชีพของคนในชุมชนที่ทำส่วนมากคือ การทำเกษตรกรรมการปลูกพืช ผัก ผลไม้ และการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปฏิบัติคนในชุมชนจะมารวมตัวกันที่ศาลากลางหมู่บ้าน โดยที่จะมีบุคคลภายนอกเข้ามาศึกษาดูงาน และซื้อผลิตภัณฑ์กลับไปด้วยอีกทั้งคนในชุมชนก็ยังผลิต และนำไปจำหน่ายในชุมชนใกล้เคียงอีกหลายชุมชนในด้านProduct ของชุมชนเน้นสินค้าที่มีคุณภาพ และสดใหม่สะอาดอยู่เสมอ โดยคนในชุมชนปลูกเองที่ไม่มีการใส่สารเร่งการเจริญเติบโต เพื่อเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมของชุมชนไม่ให้ถูกทำลาย มีการควบคุมโดยใช้หลักการบริหารจัดการในการควบคุมวัตถุดิบ ให้ใช้แต่สิ่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิต หรือการเพาะปลูกก็ไม่ใช้สารเคมี โดยใช้การสารกำจัดศัตรูพืชจากน้ำหมักธรรมชาติ ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงด้วยการได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างไรได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขจรศักดิ์ วงศ์วิราช (2552) ได้ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการกลุ่มอาชีพเกษตรผักปลอดสารพิษบ้านจำหมู่ที่ 6ตำบลปงยางคกอำเภอห้างฉัตรจังหวัดลำปางพบความเชื่อมโยงปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อการบริหารจัดการภายในกลุ่ม5 องค์ประกอบคือความรู้ความสามารถของผู้นำกลุ่ม,การได้รับความเอาใจใส่และความสำคัญจากผู้นำในชุมชน,การสนับสนุนโครงการต่างๆจากหน่วยงานภาครัฐ

5.ข้อเสนอแนะผลการวิจัย

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนี้สามารถยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในตำบลพระประโทนเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐมได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ทางหน่วยงานจึงควรมีการเอกสารเผยแพร่ประชาสัมพันธ์เพื่อให้ความรู้แก่ชุมชนข้างเคียง

2. จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนี้ทำให้ชุมชนมีการบริหารจัดการที่ดีขึ้นโดยการนำแนวคิดการบริหารจัดการ 4 ประการ มาประยุกต์ใช้ ได้แก่ การวางแผน การจัดองค์กร การชี้นำ และการควบคุม ตลอดจนการนำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงควรนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้ในชุมชนอื่นที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน

3. นำความสำเร็จของการรักษาสิ่งแวดล้อมชุมชนด้วยการนำโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนี้เป็นตัวแบบขยายผลไปยังชุมชนอื่นๆ

6.ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับโครงการขยายผลเกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของโดยขยายกลุ่มเป้าหมายให้กว้างขวางหรือมีการเปรียบเทียบระหว่าง 2 ชุมชน

7.บรรณานุกรม

[1] กระทรวงมหาดไทย. (2548). ข้อมูลความจำเป็นพื้นฐาน(จปฐ.) ปี 2548. สืบค้นเมื่อวันที่ 4พฤศจิกายน 2556, จากwww.cdd.go.th.มูลนิธิ

[2] ขจรศักดิ์วงศ์วิราช (2552) รูปแบบการบริหารจัดการกลุ่มอาชีพเกษตรผักปลอดสารพิษบ้านจำหมู่ที่ 6 ตำบลปงยางคกอำเภอห้างฉัตรจังหวัดลำปาง, วิทยานิพนธ์คณะวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

[3] ขนิฏฐา กาญจนรังสีนนท์ 2542 การสร้างเครือข่ายเพื่อการพัฒนา. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยและพัฒนากรมการพัฒนาชุมชน.

[4] จักรีสุจริตธรรม. (2547). การประเมินผลการจัดตั้งสหกรณ์โดยนโยบายของรัฐกับการจัดตั้งสหกรณ์ตามความต้องการของประชาชน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมสหกรณ์.

[5] ชัยพัฒนา. (2548). เศรษฐกิจพอเพียง:ทิศทางแผนพัฒนาฯฉบับที่ 9 ตามรอยพระยุคลบาท. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

[6] ณลินี หอวงศ์รัตนะ (2550) ศึกษากลยุทธ์การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพึ่งตนเองกรณีศึกษา :วิสาหกิจชุมชนส่งเสริมผลิตข้าวพันธุ์ดีบ้านห้วยหมากตำบลโพธิ์พระยาอำเภอเมืองจังหวัดสุพรรณบุรี สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2556, จาก https://www.gotoknow.org/posts/128295

[7] ดวงนภา มกรานุรักษ์. (2554). อนาคตภาพการอาชีวศึกษาไทยในทศวรรษหน้าพ.ศ. 2554 -2564. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[8] วรรณี แกมเกตุ, "วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์," กรุงเทพฯ, ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาคณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.(2547). การประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. กรุงเทพฯ: คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียง.

[10] Bartol, K., Martin, D., Tein,M., & Matthew. G. (1998).Management: A Pacific Rim Focus (2nded.). Roseville NSW : McGraw–Hill.

[11] Fiedler and Garcia (1987, New approaches to effective leadership: cognitive resource and organizational performance. New York: John Wiley.

[12] Miles, M. B. &Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis: An Expanded sourcebook: SAGE Publications, Inc

O-IR01

การออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย

Design and Installation of Appropriate Technology Systems for Floating House in THAILAND

กฤชกนก สุทัศน์ ณ อยุธยา *

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

E-mail: krichkanok.sud@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย โดยทำการออกแบบพื้นที่ใช้สอยให้สอดคล้องกับน้ำหนักและการลอยตัวของบ้าน จากนั้นทำการติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำให้สามารถอยู่ได้อย่างยั่งยืนด้วยระบบเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าโซลาเซลล์ เก็บพลังงานไว้ในแบตเตอร์รี่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ส่วนระบบน้ำดื่มเป็นระบบ Reverse Osmosis และระบบสุขาภิบาลที่เป็นระบบบ่อดักไขมันและเก็บกักของเสียแบบพกพา (Portable) ซึ่งสามารถต่อเชื่อมสู่ระบบสาธารณะ สามารถใช้งาน และเคลื่อนที่ได้ในฤดูน้ำท่วม เมื่อน้ำลดสามารถเป็น Living Unit ที่อยู่ได้ด้วยตัวเองบนพื้นดินเช่นกัน งานวิจัยการศึกษาการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทยจึงนับได้ว่าเป็นนวัตกรรมที่ทำให้บ้านลอยน้ำเป็นที่อยู่อาศัยแห่งยุคอนาคตที่ไม่ต้องพึงพาระบบสาธารณูปโภคของภาครัฐและสามารถใช้ได้ทุกสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ : บ้านลอยน้ำ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม

1.บทนำ

ภาวะโลกร้อนนับวันยิ่งจะทวีความรุนแรงมากขึ้นและขยายวงกว้างไปทั่วทุกพื้นที่ สาเหตุเนื่องจากความไม่สมดุลของธรรมชาติที่เกิดจากการบริโภคและการทำลายล้างของมนุษย์ กว่าที่มนุษย์จะเริ่มตระหนักถึงความเสียหายอันเนื่องจากภาวะโลกร้อน ก็ยากเกินกว่าที่จะดำเนินมาตรการป้องกัน ผู้เชียวชาญชั้นนำของโลกหลายท่านได้คาดการณ์ว่าอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นเป็นสาเหตุให้น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีระดับสูงเพิ่มขึ้น ที่ราบต่ำจะถูกน้ำท่วมขัง กรุงเทพมหานครและที่ราบบริเวณภาคกลางของประเทศไทยมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1 เมตร โดยพื้นที่ดินมีอัตราการทรุดตัวลงช้า ๆอย่างต่อเนื่อง จนในที่สุดพื้นที่กรุงเทพมหานครและที่ราบภาคกลางมีโอกาสจมอยู่ใต้น้ำ ดังปรากฏให้เห็นในพื้นที่เขตบางขุนเทียนที่แผ่นดินถูกน้ำกัดเซาะ น้ำทะเลรุกล้ำกินพื้นที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การป้องกันกระทำได้ยากและมีค่าใช้จ่ายมหาศาล แต่การเตรียมความพร้อมเพื่อเตรียมรับมือกับสิ่งที่อาจเกิดขึ้นสามารถกระทำได้หลายแนวทาง บ้านลอยน้ำเป็นทางเลือกหนึ่งของการเตรียมพร้อมเพื่อรับมือกับภาวะน้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้น โครงการวิจัยเรื่องนี้ได้แนวคิดมาจากบ้านลอยน้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์ที่ซึ่งมีระดับน้ำทะเลสูงกว่าระดับพื้นดิน แต่เนื่องจากตัวบ้านมีรูปแบบสถาปัตยกรรมเมืองหนาวจึงไม่มีความเหมาะสมกับภูมิประเทศของประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับเรือนแพซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของประเทศไทย พบว่าเรือนแพความแข็งแรงทนทานน้อยกว่า ตัวบ้านก่อสร้างด้วยวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่นไม้ไผ่ จาก แฝก เป็นต้น ซึ่งวัสดุดังกล่าวมีอายุการใช้งานที่สั้น นอกจากนี้บ้านลอยน้ำยังมีส่วนช่วยให้เพิ่มมูลค่าและประโยชน์จากที่ดินที่จมอยู่ใต้น้ำอีกทางหนึ่งด้วย บ้านลอยน้ำของประเทศไทยที่มีโครงสร้างและรูปแบบที่ทัดเทียมกับบ้านลอยน้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์ยังไม่มีตัวอย่างให้เห็นมากนัก ยิ่งเป็นงานวิจัยด้วยแล้วยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง นอกจากนี้การออกแบบบ้านลอยน้ำบนโครงสร้างที่มั่นคงแข็งแรงโดยการใช้หลักทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมยังแสดงให้เห็นถึงความเจริญก้าวหน้าของประเทศในระดับที่ทัดเทียมกับนานาอารยประเทศ

การอยู่อาศัยบ้านลอยน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่า ระบบเทคโนโลยีที่ใช้ในอาคารพักอาศัยทั่วไปไม่สามารถสนองตอบการดำรงชีวิตโดยเฉพาะในสถานการณ์ภัยพิบัติได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากระบบสาธารณูปโภคสาธารณะอาจถูกตัดขาดหรือถูกทำลายเสียหาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นบ้านลอยน้ำจะต้องถูกติดตั้งด้วยระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผู้อยู่อาศัยสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน (Self Sustainable)

ข้อเสนอโครงการวิจัยเรื่องนี้มีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) เรื่องเทคโนโลยีใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม [1] เนื่องจากผลงานวิจัยสามารถนำไปต่อยอดเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใช้ภายในประเทศหรือเพื่อการส่งออก เป็นการสร้างศักยภาพทางการผลิต การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสร้างรายได้ให้กับประเทศ

2. วิวัฒนาการบ้านลอยน้ำ

ที่อยู่อาศัยโดยทั่วไปจะสร้างบนพื้นดิน แต่เนื่องจากพื้นดินมีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ ณ บริเวณหนึ่ง ๆ การก่อสร้างบ้านนิยมก่อสร้างบนพื้นดินโดยการปรับระดับให้มีความสูงกว่าระดับถนนเล็กน้อยเพื่อการระบายน้ำ ในกรณีที่ที่ดินมีความสูงแตกต่างกันมาก ๆ เช่น ในบริเวณภูเขาก็จะใช้วิธีการปรับปรุงภูมิทัศน์ให้เป็นเนินที่สามารถเดินทางได้ไม่ยากนัก การก่อสร้างบ้านบนพื้นที่ดินที่มีน้ำท่วมขังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากความไม่

สะดวกในขั้นตอนการก่อสร้าง [2] การเดินทางอีกทั้งมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและการบำรุงรักษาที่สูงกว่าการสร้างบ้านบนพื้นที่ปกติ บ้านที่สร้างบนพื้นที่มีน้ำท่วมขังจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ความสูงของระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลตามธรรมชาติ เช่น น้ำขึ้น-น้ำลง และกระแสน้ำ จึงเป็นความไม่สะดวกและไม่ปลอดภัย จากพฤติกรรมของชาวประมงที่ใช้เรือเป็นที่ประกอบกิจกรรมหลายอย่างรวมถึงการใช้เรือเป็นบ้าน ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจในเรื่องบ้านลอยน้ำ สิ่งที่ให้ใกล้ตัวมากที่สุดคือสถาปัตยกรรมเรือนแพของชุมชนในจังหวัดกาญจนบุรี และเมื่อศึกษาข้อมูลเรื่องบ้านลอยน้ำ ของต่างประเทศพบว่าบ้านลอยน้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย

เหตุดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยต้องการสร้างบ้านลอยน้ำบนโครงสร้างที่มีความมั่นคงแข็งแรงโดยอาศัยภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับความรู้ด้านวิศวกรรม รวมถึงการนำวัสดุและระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาออกแบบและจัดสร้างบ้านลอยน้ำ โดยจุดเด่นของบ้านลอยน้ำที่เห็นได้ชัดเจนคือ บ้านจะลอยอยู่เหนือน้ำตลอดเวลา สามารถเคลื่อนย้ายได้ ให้ความรู้สึกที่เหมือนอยู่ใกล้ธรรมชาติเย็นสบายเพราะอยู่ใกล้น้ำ โดยที่ผู้อยู่อาศัยสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน ระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมในบ้านลอยน้ำ รวมถึงระบบผลิตพลังงาน ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสุขาภิบาล ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบกำจัดขยะ และอื่น ๆ ที่ติดตั้งเข้ากับตัวอาคารเพื่อผู้อยู่อาศัยสามารถดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ

3. พื้นฐานของการออกแบบบ้านลอยน้ำ

ลักษณะการออกแบบบ้านลอยน้ำ คือ การออกแบบบ้านที่วางอยู่บนทุ่นที่สามารถลอยขึ้นลงได้เวลาน้ำท่วมถึง และการป้องกันการเคลื่อนตัวของบ้านจึงต้องมีเสาที่คอยเป็นเสมือนหลักยึดปักอยู่ในน้ำเพื่อให้บ้านทั้งหลังสามารถเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้ตามแนวตั้งของเสา ส่วนระบบสาธารณูปโภคทั้งหลายไม่ว่าจะเป็น ท่อประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ท่อ PVC เป็นวัสดุหลัก [3] ซึ่งมีความยืดหยุ่นไม่ว่าจะเป็นการบิดตัวตามแนวข้อต่อหรือการยืดขยายหรือหดตัวได้ตามแต่ว่าบ้านจะถูกยกตัวขึ้นลงตามระดับความสูงของน้ำ เมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมทำให้คนในบ้านจึงสามารถใช้ชีวิตได้เป็นปกติโดยไม่ได้รับความเดือนร้อน

3.1 ลักษณะของทุ่นทุ่นเป็นโครงสร้างหลักที่สำคัญสำหรับบ้านลอยน้ำ ซึ่งจะทำให้บ้านสามารถรองรับการใช้งานหรือความคงทนได้ตามพฤติกรรมต้องการ ในปัจจุบันมีทุ่นหลายประเภทที่สามารถนำมาใช้ได้แก่

3.1.1 ทุ่นลอยน้ำพลาสติก

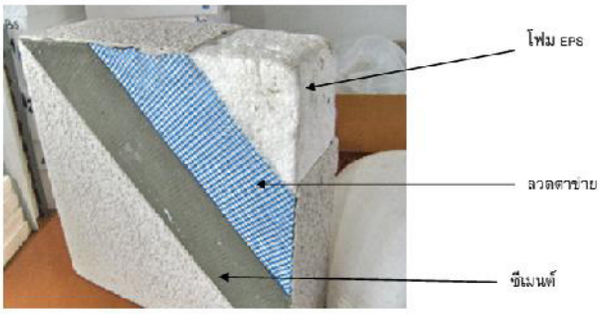
ทำจากพลาสติกประเภท High Density Polyethylene ซึ่งเรียกว่า Polyethylene Thermoplastic เป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้ มีโครงสร้างทางเคมีในที่เป็นกิ่งสาขาน้อย จึงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของโพลิเมอร์ค่อนข้างสูง มีความแข็งแรงและมีความเหนียวมาก ทำให้มีความยืดหยุ่นต่อแรงกระทบกระแทก ไม่แตกร้าวง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ตัวทำละลาย น้ำทะเล ได้มากกว่าวัสดุประเภท PP และ LDPE ความสามารถในการรับน้ำหนักของทุ่นที่ประกอบเป็นรูปทรงต่าง ๆ แล้วสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 325 กิโลกรัม/ตารางเมตร จุดเด่นของทุ่นพลาสติกนี้ คือ ความสะดวกในการประกอบติดตั้ง รื้อถอน เคลื่อนย้ายง่าย



รูปที่ 1 ทุ่นลอยน้ำพลาสติก

3.1.2 ทุ่นซีเมนต์โฟม

ทำจากโฟมประเภท EPS (Expanded Polystyrene Foam) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดี คือ เบา แต่สามารถรับน้ำหนักได้ดี และเป็นฉนวนกันความร้อนเก็บความเย็นและป้องกันการผ่านของเสียงจึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้างที่ต้องประหยัดพลังงาน งานรับน้ำหนักหรืองานกันกระแทก รวมทั้งงานที่ต้องการความ ปัจจุบันคุณสมบัติของโฟมมีบทบาทมากขึ้น ในด้านช่วยลดการใช้พลังงานและหยุดภาวะโลกร้อน



รูปที่ 2 ทุ่นซีเมนต์โฟม

3.2 Expanded Polystyrene Foam (EPS)

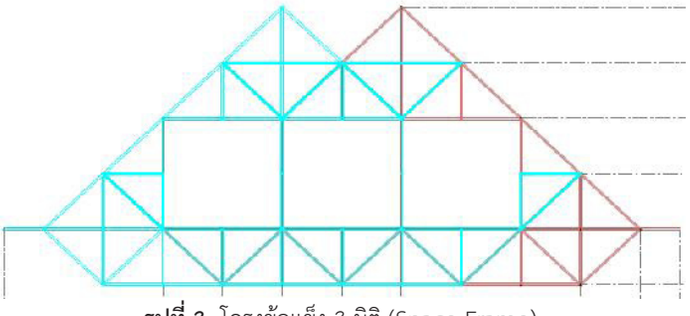
คือ โฟมที่ใช้ก๊าซ Pentane (C5H12) ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับก๊าซหุงต้ม หรือ Butane (C4H10) เป็นสารที่ทำให้ ขยายตัว ในระหว่างกระบวนการผลิต วัตถุดิบที่เรียกว่า Polymerization เนื้อพลาสติก PS จะทำปฏิกิริยากับก๊าซ Pentane เอาไว้ภายในเมื่อนำมาผลิตโฟม EPS วัตถุดิบจะขยายตัว และเมื่อได้รับความร้อนจาก ไอน้ำก็จะกลายเป็นเม็ดโฟม ขาวๆ จากนั้นจึงนำมาขึ้นรูป EPS แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

3.2.1 อัดขึ้นรูปเป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามลักษณะแม่พิมพ์ที่ทำ

3.2.2 อัดขึ้นรูปเป็นก้อนสี่เหลี่ยม แล้วนำมาตัดตามขนาดและรูปร่างที่ต้องการโดยทั่วไป

4. การออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย

บ้านลอยน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานสามารถอยู่บนทุ่นลอยน้ำและใช้ประโยชน์ทุกส่วนอาคาร มีการออกแบบและสร้างบ้านลอยน้ำเพื่อป้องกันการโคลงของบ้าน โดยใช้ทุ่นลอย รูปทรงของบ้านลอยน้ำ เป็นรูปทรงสามเหลี่ยมของโครงสร้างหลัก 3 ชิ้นมาเชื่อมต่อกันเป็นโครงข้อแข็ง 3 มิติ (Space Frame) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข้อแข็ง 3 มิติ (Space Frame)

โครงข้อแข็ง 3 มิติ (Space Frame) ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง นอกจากนี้ยังมีมีการจัดสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยภายในตัวบ้าน โดยคำนึงถึงลักษณะการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีการถ่ายเทอากาศที่ดี เนื่องจากมีช่องเปิดภายในตัวบ้าน ทำให้ลมสามารถพัดผ่านเข้ามาในบ้านได้เป็นอย่างดี โดยพิจารณา การออกแบบระบบที่เหมาะสม การจัดพื้นที่เป็นสัดส่วน ,แสงธรรมชาติ ,การระบายอากาศ ,การปรับอากาศ , และการป้องกันเสียง [4] เมื่อทำการออกแบบระบบที่เหมาะสมเสร็จจะทำการวิเคราะห์รูปแบบโดยใช้หลักการออกแบบพื้นฐานรวมถึงโครงสร้างทางด้านสถาปัตยกรรม การวิเคราะห์เกี่ยวกับการวางผัง, การทรงตัว , การถ่วงสมดุลของแพ, การจำแนกวัสดุที่ใช้งานและงานควบคุมงานระบบ แล้วเริ่มสร้างต้นแบบและติดตั้งเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย โดยดำเนินการทดสอบการใช้งาน

5.การติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำ

บ้านลอยน้ำแบบประหยัดพลังงานโดยการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยอนุรักษ์สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด เป็นการออกแบบบ้านป้องกันน้ำท่วมเพื่อใช้เป็นที่พักอาศัยช่วงน้ำท่วม [5] โดยที่ยังตอบสนองความต้องการ และค่านิยมของยุคปัจจุบันได้อย่างสมบูรณ์ โดยมุ่งเน้นการศึกษาวิเคราะห์แนวความคิดในการประยุกต์ใช้สภาพแวดล้อม ของภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมาช่วยผสมผสานกับเทคโนโลยียุคใหม่ และองค์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาสร้างเป็นสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับเขตร้อนชื้นของประเทศไทยเรา ด้วยกรรมวิธีที่ทำให้สามารถประยัดพลังงานได้มากกว่าบ้านทั่วไปหลายเท่า โดยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและราคาไม่แพงไปกว่าบ้านที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยทำการศึกษาติดตั้งระบบเทคโนโลยีระบบต่าง ๆ ดังนี้

4.1 เทคโนโลยีการติดตั้งระบบ Solar Cell ร่วมกับบ้านประหยัดพลังงาน

4.2 เทคโนโลยีระบบบำบัดบ้านลอยน้ำ

4.3 เทคโนโลยีระบบเครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน

6.วิเคราะห์ผลการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย

การออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยอนุรักษ์ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ในการวิเคราะห์ผลการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 ต้นแบบบ้านลอยน้ำในประเทศไทยที่ติดตั้งเทคโนโลยีที่เหมาะสม

6.1 ระบบผลิตไฟฟ้าโซลาเซลล์

โดยทั่วไปแผงโซล่าเซลล์ จะทำมาจากซิลิกอน (Sillicon) สามารถแบ่งเป็น2 ชนิด คือแบบอะมอฟัส (Amorphous) และชนิดเรียงผลึก (Multi aray) สำหรับบ้านลอยน้ำนี้ ดำเนินการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ ชนิดแบบผลึกผสม (Poly crystalline) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นผลึกสีออกน้ำเงินเมื่อสังเกต จะเห็นอย่างชัดเจนว่าแผ่นเซลล์ นั้นมีวัสดุที่ใช้ทำมากกว่าหนึ่งอย่าง โดยทั่วไปลักษณะของเซลล์ จะมีหลายรูปแบบทั้งนาดเล็กและขนาดใหญ่ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ ชนิดผลึกผสม



รูปที่ 5 การติดตั้งโซลาเซลล์ชนิดผลิกผสม (Poly crystalline) บริเวณหลังคาบ้านลอยน้ำ

ในการติดตั้งโซลาเซลล์ชนิดผลิกผสม (Poly crystalline) บริเวณหลังคาบ้านลอยน้ำนั้น จะทำการติดตั้งโซล่าเซลล์ขนาด 3 ตารางเมตร ผลิตพลังงานที่ต้องการประมาณ 1.5 หน่วย/วัน ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ แผงโซลาเซลล์เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ แบตเตอรี่ เครื่องปรับระบบไฟฟ้า และแบตเตอรี่ โดยระบบผลิตไฟฟ้าโซลาเซลล์ จะเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

6.1.1 การออกแบบขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับติดตั้งบนหลังคาบ้านลอยน้ำ

การกำหนดกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้ง ควรพิจารณาว่าจะใช้เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าใดบ้างเพื่อจะได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพียงพอกับความต้องการและไม่ติดตั้งมากเกินความจำเป็น

6.1.2 บ้านลอยน้ำมีเครื่องใช้ไฟฟ้าและชั่วโมงของการใช้งานดังนี้

6.1.2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์n 36 วัตต์ 3 หลอด รวม 108 วัตต์แต่ละหลอดใช้ไฟฟ้า ทั้งหมด 5 ชั่วโมง
จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 108 x 5 = 540 W/H

6.1.2.2 โทรทัศน์สี 43 วัตต์เปิดใช้ 5 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 43 x 5 = 215 W/H

6.1.2.3 พัดลมตั้งพื้น 45 วัตต์ เปิดใช้ 5 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 45 x 5 = 225 W/H

6.1.2.4 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า 720 วัตต์ ใช้ 0.5 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 720 x 0.5 = 360 W/H

จำนวนพลังงานที่ใช้ทั้งหมด = พลังงานที่เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดใช้ ให้นำมารวมกัน คือ 540+215+225+360 = 1,340 วัตต์/ชั่วโมง นำ 1,340 วัตต์ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควรติดตั้ง (Pcell) คำนวณได้ง่ายๆจากสูตรดังต่อไปนี้

$$P_{cell} = \frac{P_L}{Q \times A \times B \times C/D}$$

โดยที่ Pl : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน

Q : พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร) สำหรับประเทศไทยเท่ากับ 4,000 วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตรโดยประมาณ

A : ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8

B : ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85C : ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85 –0.9 D : ความเข้มแสงปกติ = 1,000 วัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร

เพราะฉะนั้น บ้านหลังลอยน้ำนี้ต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ

Pcell = (1,340/4,000x0.8x0.85x0.85/1,000) = 579.58 W หรือประมาณ 0.579 kW

6.2 ระบบสุขาภิบาลบ้านลอยน้ำ

6.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบสุขาภิบาลในด้านการบำบัดน้ำเสียที่ใช้สำหรับบ้านลอยน้ำ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยเป็นระบบบ่อดักไขมันและเก็บกักของเสียแบบพกพา (Portable) นำไปถ่ายเทสู่ระบบสาธารณะ ดังแสดงในรูปที่ 6 การติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียบริเวณบ้านลอยน้ำ



รูปที่ 6 การติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียบริเวณบ้านลอยน้ำ

6.2.2 ระบบน้ำดื่มเป็นระบบ Reverse Osmosis ใช้หลักการของถังบำบัดน้ำเสียหรือถังชีวอนามัยให้กลายเป็นน้ำดีระบายลงสู่ท่อระบายน้ำหรือภายนอก เป็นกระบวนการบำบัดน้ำโสโครกแบบ ACTIVED SLUDGE แบบสื่อชีวภาพเติมอากาศ คือการใช้ออกซิเจนเข้าไปเลี้ยงตะกอนแบคทีเรีย ให้ทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีย่อยสลายตัวเองเรื่อยไป ทำให้ไม่ต้องสูบส้วมบ่อยๆ สามารถบำบัดน้ำเสียรวมตั้งแต่น้ำสิ่งปฏิกูลจากส้วม น้ำล้างน้ำทิ้งจากครัว และน้ำทั้งอื่นๆ ยกเว้นน้ำฝน ให้กลายเป็นน้ำดีก่อนปล่องลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมและไม่สร้างมลภาวะ



รูปที่ 7 การติดตั้งระบบน้ำดื่มเป็นระบบ Reverse Osmosis

6.3 ระบบเครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์ มีข้อจำกัดการใช้งาน เนื่องจากระบบการผลิตจะได้รับพลังงานตอนกลางวันเท่านั้น จึงต้องมีการจัดเก็บอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าไว้ใช้งานตอนกลางคืน หรืออย่างต่อเนื่องโดยใช้แบตเตอรี่ ระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่มีระบบซ้ำซ้อนหรือมีอุปกรณ์ต่อพ่วงมากขั้นตอนก็ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น วิธีการที่ดีและประหยัดไฟฟ้าคือการเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า ดังนั้นภายในบ้านลอยน้ำจึงใช้ระบบเครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ประเภทหลอดไฟฟ้าประหยัดไฟแบบ LED บัลลาสอิเล็กทรอนิกส์ โดยเลือกดูหลอดไฟที่โครงสร้างหลอดมีความคงทนแข็งแรง ได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพมาตรฐานอุตสาหกรรม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เพื่อยืดอายุการใช้งานของหลอดไฟให้ยาวนานยิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพ หลอดไฟที่มีฉลากแสดงถึงประสิทธิภาพ และพยายามเลือกรุ่นที่มีประสิทธิภาพสูง หลอดไฟที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ซึ่งไม่ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม



รูปที่ 8 ภาพโคมไฟประหยัดพลังงานที่ติดตั้งในบานลอยน้ำ

7. บทสรุปการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย

บ้านลอยน้ำ ในการวิจัยนี้เป็นการออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทยเพื่อใช้เป็นแนวทางในการรับมือปัญหาน้ำท่วม ด้านที่อยู่อาศัยและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่อยู่อาศัยสำหรับยุคปัจจุบันและอนาคต แนวคิดนี้ก่อให้เกิดการใช้พื้นที่ใช้สอยอย่างถูกต้อง ประหยัด และนำพลังงานทดแทนมาใช้อย่างยั่งยืนที่เป็นการบูรณาการองค์ความรู้ ทุกสาขา มาสรรค์สร้างเป็น “การออกแบบและติดตั้งระบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำในประเทศไทย” สำหรับที่อยู่-อาศัยยุคปัจจุบันและอนาคต

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการไปได้ด้วยดี จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้วางไว้ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา และขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ผู้จัดทำจึงใคร่ขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแหงชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554). กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

[2] สุนทร บุญญาธิการ (2542). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ และมูลนิธิลดโลกร้อน“บ้านลอยน้ำนวัตกรรมที่อยู่อาศัยยุคปัจจุบันและอนาคต (Floating Houses: Innovative Housing for the Present and Future) ธนาคารอาคารสงเคราะห์

[4] สุนทร บุญญาธิการ (2547). บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] D. Han, J. Davis, Z. Hu, G. Lan, E. Maren and C. Twyman. 2007. Design Studies on Flood-Proof House. Sponsored by ICE R&D Enabling Fund. Department of Civil Engineering University of Bristol .

O-IR02

เครื่องต้มน้ำแบบเหนี่ยวนำ

Induction Boiler

พชร หลงสมบุญ , ชัยวัฒน์ จงกุลสถิตชัย, ไชยยันต์ ทองสองยอด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

E-mail: chaiyan.tho@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและจัดสร้างเครื่องต้นแบบในการทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง สำหรับใช้อุปโภค บริโภค และป้องกันโรคภัยจากภัยหนาวในพื้นที่ชนบท โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำความถี่สูง ทำให้เกิดความร้อนที่ท่อสูงขึ้นจนทำให้น้ำที่ไหลผ่านท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามที่ต้องการ โดยเครื่องต้นแบบใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 1,500 วัตต์ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงด้านเข้า 120 โวลต์ โดยมีวงจรแปลงผันไฟตรง - ไฟสลับ ซึ่งจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับให้มีความถี่ที่สูงขึ้นต่อร่วมกับวงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC เพื่อทำให้วงจรมีประสิทธิภาพสูงโดยอาศัยหลักการทำงานแบบสวิตชิ่งในขณะที่แรงดันเป็นศูนย์ การส่งผ่านกำลังโดยหม้อแปลงความถี่สูงที่อัตราส่วนหม้อแปลง 4:1 ไปยังขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อสร้างความร้อนให้กับท่อทำความร้อน จากการทดลองเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้ถึง 90 องศาเซลเซียส โดยการให้น้ำหมุนเวียนที่ปริมาณน้ำ 15 ลิตร และ 45 องศาเซลเซียส โดยการให้น้ำผ่านเพียงครั้งเดียวเพื่อใช้อาบ ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับขณะทำงานอยู่ที่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

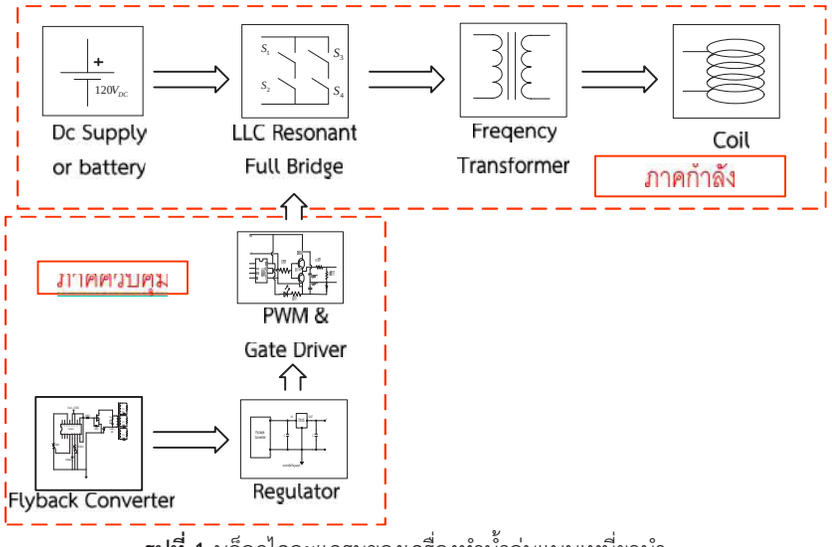
คำสำคัญ: วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์แบบ LLC, การสวิตช์บนพื้นฐานที่แรงดันเป็นศูนย์, การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย มีฤดูกาลแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อนระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และฤดูหนาวระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยในช่วงอากาศหนาวมีอุณหภูมิระหว่าง 8.0 – 15.9 องศาเซลเซียส หากอากาศหนาวจัดอุณหภูมิจะต่ำกว่า 8.0 องศาเซลเซียส สถิติอุณหภูมิต่ำที่สุดของประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดสกลนคร อุณหภูมิอยู่ที่ -1.4 องศาเซลเซียส และในปี พ.ศ. 2542 ที่ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก อุณหภูมิอยู่ที่ 0.8 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาวสภาพอากาศที่หนาวจัดจะเป็นสาเหตุในการเจ็บป่วยและเสียชีวิต เนื่องจากอากาศหนาวเย็น ทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลงกว่าปกติ และเป็นผลต่อระบบสมองและหัวใจ จาก [1] พบว่ามีผู้เสียชีวิตที่สงสัยว่ามีสาเหตุจากภาวะอากาศหนาวทั้งสิ้น 30 ราย โดยกลุ่มเสี่ยงจะมี เด็ก คนชรา และคนที่มีโรคประจำตัว เป็นต้น คำแนะนำจาก [2] เพื่อป้องกันภัยด้านสุขภาพจากอากาศหนาว ให้รักษาความอบอุ่นของร่างกาย โดยให้สวมเสื้อผ้าหนาๆ การดื่มน้ำ และเครื่องดื่มอุ่นๆ ที่นอกจากจะเพิ่มความอบอุ่นแล้ว ยังช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับร่างกาย

การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำสำหรับชาวบ้านในพื้นที่เสี่ยงภัยหนาวนั้น เป็นการลงทุนที่คุ้ม-ค่าต่อกลุ่มเสี่ยงที่มีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต และช่วยลดจำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากสถิติในแต่ละปีได้

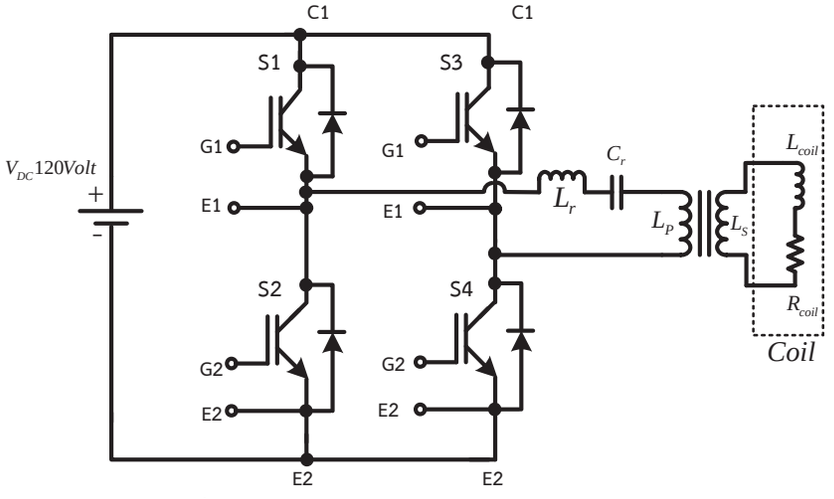
2. แบบวงจรที่ใช้ในการวิจัยทดลอง



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำ

2.1 การออกแบบวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

วงจรแปลงผันไฟตรง - ไฟสลับ แบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ [3], [4] ในรูปที่ 2 สวิตช์ทั้ง 4 ตัวจะสลับการทำงานกันโดยทำงานเป็นคู่คือ S_1 และ S_4 จะนำกระแสพร้อมกันในสัญญาณช่วงครึ่งคาบแรก ส่วนในครึ่งคาบหลัง S_2 และ S_3 นำกระแส ส่วน S_1 และ S_4 หยุดนำกระแส ทำให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ต่อไปยังขดลวดด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมซึ่งมีค่ายอดถึงยอดเป็นสองเท่าของแรงดันไฟตรงที่ป้อนเลี้ยงวงจรในภาคกำลัง และมีความถี่เท่ากับการทำงานของสัญญาณพัลส์ที่ขับให้กับสวิตช์ทำงาน ในการเลือกใช้พิกัดสวิตช์จะพิจารณาแรงดันที่ตกคร่อมตัวสวิตช์ และกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ โดยได้เลือกค่าเผื่อให้สูงกว่าพิกัดที่ต้องการ



รูปที่ 2 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC

การคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุในวงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC เพื่อใช้ในการเลือกตัวเก็บประจุ (C_r) มาต่อในวงจร โดยใช้ค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหล (L_r) มาคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{1}$$

โดยค่าตัวเหนี่ยวนำที่วัดได้มีค่าเท่ากับ $0.0196\ mH$ กำหนดความถี่สวิตชิ่งที่ใช้เท่ากับ $20\ kHz$

แทนค่าลงในสมการที่ (1) จะได้

$$20\times10^{3} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(0.01961\times10^{-3})\times C}}$$

เมื่อย้ายข้างสมการเพื่อหาค่าตัวเก็บประจุ จะได้

$$C = \frac{1}{4\pi^{2}\times(20\times10^{3})^{2}\times(0.01961\times10^{-3})}$$

$\therefore$ ค่าตัวเก็บประจุที่ได้คือ $C = 3.22\mu F$

จะได้ค่าตัวเก็บประจุของวงจรเรโซแนนซ์เท่ากับ $3.22\mu F$ จึงใช้ตัวเก็บประจุค่า $4\mu F$

เนื่องจากค่าตัวเก็บประจุที่ได้จากการคำนวณนั้น ไม่สามารถที่จะหาซื้อได้ จึงต้องใช้ค่าที่ใกล้เคียงกันเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้คือ $3.22\ \mu F$

อัตราส่วนของขดลวดเหนี่ยวนำหาได้จากสมการด้านล่าง แทนค่าลงในสมการที่ (2) จะได้

$$A = \frac{L_1}{L_2} \tag{2}$$

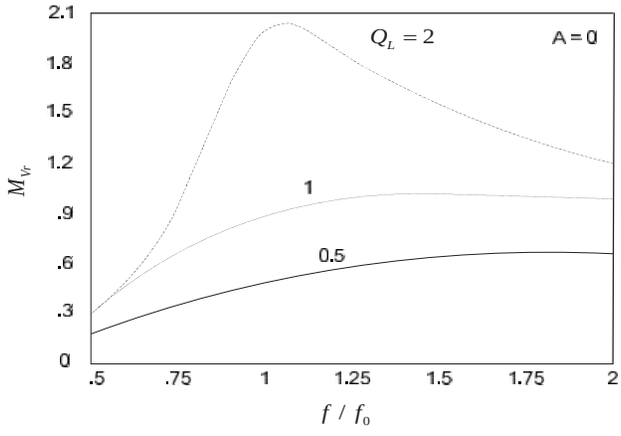
$$A = \frac{0.01961}{2.3436} = 0.0084 \approx 0.01$$

การหาอัตราส่วนแรงดันของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ค่า Q_L คงที่ เพื่อดูความเหมาะสมในการใช้ค่าความถี่และการหาค่าตัวเก็บประจุโดยเลือกความถี่สวิตชิ่งเป็น 1.1 เท่าของความถี่เรโซแนนซ์ โดยคำนวณจาก

$$fo = \frac{20\times10^3}{1.1} = 18.18\ kHz$$

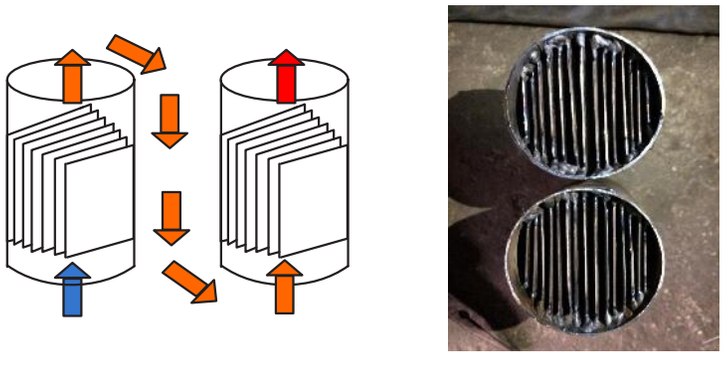
ดังนั้น $$\frac{f}{f_o} = \frac{20\times10^3}{18.18\times10^3} = 1.13$$

จากการคำนวณสามารถนำมาพิจารณาหาค่าอัตราส่วนแรงดันของวงจรเรโซแนนซ์ ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟอัตราส่วนแรงดันของวงจรเรโซแนนซ์ M_{Vr} ในฟังก์ชัน f / f_0 ที่ค่า Q_L คงที่

2.2 การออกแบบชุดทำความร้อนจากโลหะ



รูปที่ 4 ออกแบบท่อทำความร้อนจากโลหะ

จากรูปที่ 4 น้ำจะไหลผ่านตามลูกศร ของท่อทั้ง 2 ชุด โดยท่อชุดแรกทำให้เพิ่มอุณหภูมิของน้ำในระดับหนึ่ง พอน้ำผ่านเข้ามายังท่อชุดที่สองทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีก ท่อน้ำทำความร้อนทำจากเหล็ก เนื่องจากเหล็กเป็นวัสดุที่สามารถเหนี่ยวนำความร้อนได้ดี จึงทำให้เกิดความร้อนได้สูง และภายในตัวท่อยังมีการใส่ครีบที่ทำจากโลหะแผ่นบางหลายแผ่น เพื่อที่จะเพิ่มหน้าสัมผัสของน้ำให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง

2.3 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปขับสวิตช์

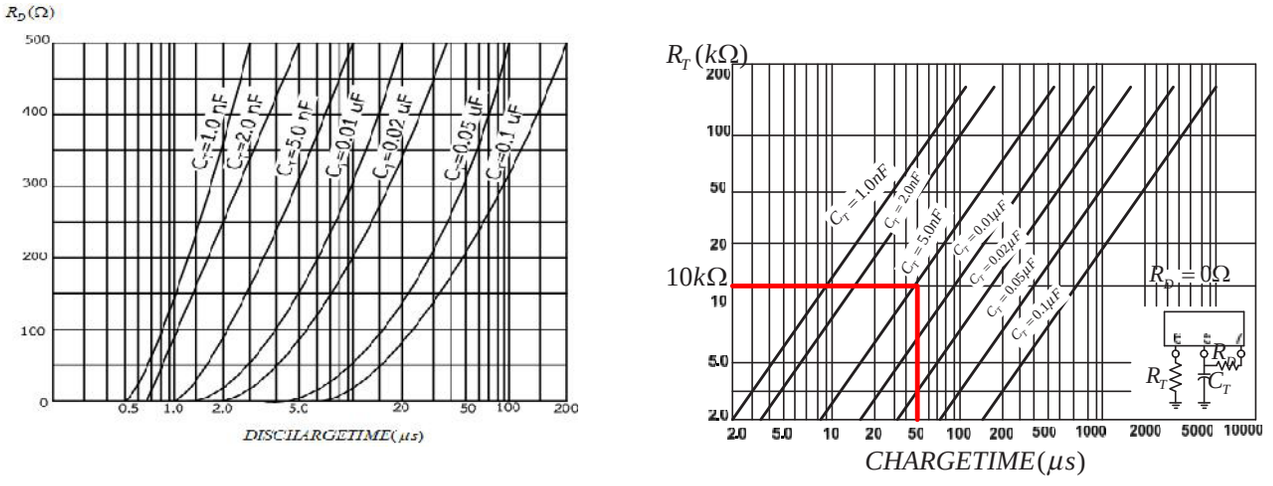
วงจรสำหรับสร้างสัญญาณและปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยใช้ไอซีเบอร์ KA3525A ในการควบคุมการทำงานของสวิตช์ โดยได้ต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจร รูปที่ 5 ตัวต้านทานที่ต่อนั้นจะมีหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลเข้าไอซี และตัวเก็บประจุจะมีหน้าที่เป็นตัวกรองความถี่สูงให้กับวงจร แต่แรงดันที่ออกจากไอซียังไม่เพียงพอที่จะสามารถขับสวิตช์ให้ทำงานได้ จึงได้ต่อวงจรโทเท็มโพลเพื่อเพิ่มแรงดันให้เพียงพอที่จะขับสวิตช์ให้ทำงานได้

ความถี่จะถูกกำหนดโดยขา C_T ที่ขา 5 และขา R_T ที่ขา 6 โดยเราสามารถปรับความถี่ได้ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ที่ขา 5 ของไอซี ความถี่ที่เราต้องการอยู่ที่ $20-50\ kHz$ โดยกำหนด C_T ให้เท่ากับ $0.01\mu F$ และค่า R_T ให้เท่ากับ $7k\Omega$ โดยดูได้จากรูปที่ 5 สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3)

$$f = \frac{1}{c_T \times (0.7 \times R_T + 3R_D)} \qquad (3)$$

แทนค่าลงในสมการที่ (3) จะได้

$$f = \frac{1}{(0.01\times10^{-6})\times(0.7\times(7\times10^{3}))+(3\times40))} = 19\text{kHz} \approx 20\text{kHz}$$



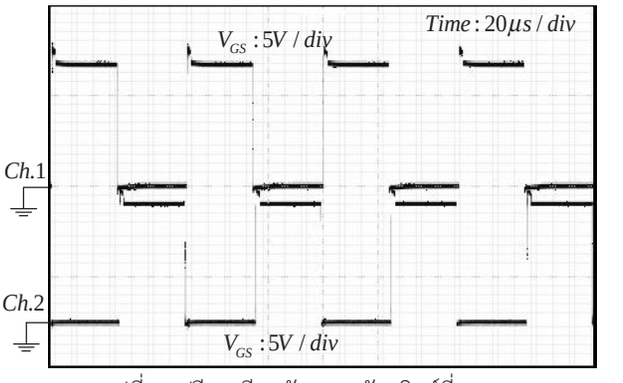
รูปที่ 5 กราฟใช้ในการเลือกค่า C_T และ R_T

3. ผลการวิจัย

จากทฤษฎีและการนำเสนอในข้างต้น ได้มีการทดลองวงจรและวัดสัญญาณส่วนต่างๆของวงจร ได้แก่วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับแบบเรโซแนนซ์ การบันทึกผลการทดลอง และภาพสัญญาณต่างขณะวงจรทำงาน จะนำเสนอได้ดังต่อไปนี้

3.1 สัญญาณเอาต์พุตจากไอซี KA3525A ที่ขา 11 และขา 14 ของวงจรขับสวิตช์

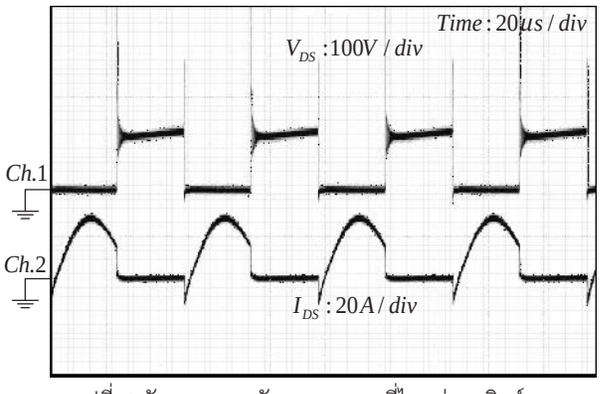
เป็นสัญญาณที่ไอซีสร้างขึ้นและจ่ายออกมาเป็นสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปใช้ในการขับสวิตช์ โดยสัญญาณเอาท์พุตของไอซีที่ขา 11 $(Ch.1)$ และขา 14 $(Ch.2)$ จะทำงานสลับกัน



รูปที่ 6 เปรียบเทียบสัญญาณขับสวิตช์ที่ขา 11 และ 14

3.3 สัญญาณแรงดันที่ตกคร่อม และกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

โดยอาศัยหลักการทำงานสวิตชิ่งที่แรงดันเป็นศูนย์ (ZVS) เพื่อลดความสูญเสียของสวิตช์ที่เกิดขึ้นขณะสวิตชิ่ง โดยแรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์จะเป็นศูนย์ก่อนที่สวิตช์จะเริ่มนำกระแส รูปที่ 7

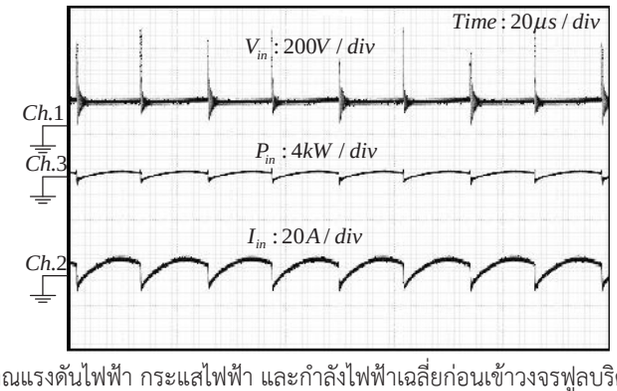


รูปที่ 7 สัญญาณแรงดันและกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

รูปที่ 7 โดยที่ $Ch.1$ เป็นสัญญาณพัลส์ของแรงดันที่ไหลผ่านสวิตช์ มีขนาดแรงดัน 120 โวลต์ และที่ $Ch.2$ คือสัญญาณกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ มีขนาดกระแส 23 แอมแปร์ ขณะเครื่องทำงาน

3.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ก่อนเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

สัญญาณแรงดันด้านเข้าที่วัดได้ ก่อนจะเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดยจะมีลักษณะแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟตรง ส่วนสัญญาณกระแสที่ไหลเข้าสู่วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยด้านเข้า มีลักษณะดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

ตารางที่ 1 แสดงผลของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำเมื่อต้มน้ำ 15 ลิตร

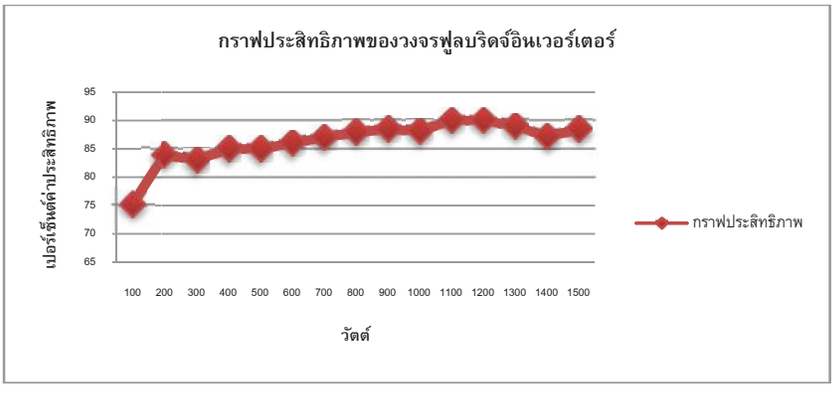
แรงดันที่ใช้	องศาที่ได้	กำลังไฟฟ้า	กระแสที่เข้าหม้อแปลง
30 โวลต์	33 องศาเซลเซียส	70 วัตต์	7 แอมแปร์
40 โวลต์	35.8 องศาเซลเซียส	128.716 วัตต์	9.6 แอมแปร์
50 โวลต์	36.7 องศาเซลเซียส	196.611 วัตต์	12 แอมแปร์
60 โวลต์	41 องศาเซลเซียส	317.234 วัตต์	15.6 แอมแปร์
70 โวลต์	47.1 องศาเซลเซียส	418.474 วัตต์	18.2 แอมแปร์
80 โวลต์	54.3 องศาเซลเซียส	548.544 วัตต์	22.1 แอมแปร์
90 โวลต์	60.2 องศาเซลเซียส	711.643 วัตต์	25.2 แอมแปร์
100 โวลต์	70 องศาเซลเซียส	906.095 วัตต์	29.3 แอมแปร์
110 โวลต์	80 องศาเซลเซียส	1.1884 กิโลวัตต์	33.6 แอมแปร์
120 โวลต์	80 องศาเซลเซียส	1.419 กิโลวัตต์	37.3 แอมแปร์

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงผลของเครื่องทำน้ำอุ่นเมื่อทำการต้มน้ำปริมาณ 15 ลิตร โดยการทดลองใช้แรงดัน 30 โวลต์ จนถึง 120 โวลต์ โดยทำการเพิ่มแรงดันทีละ 10 โวลต์

ตารางที่ 2 แสดงผลของเครื่องน้ำอุ่นยี่ห้อ Hitachi 3600 W เมื่อน้ำไหลผ่าน

อุณหภูมิหน้าเครื่อง	อุณหภูมิที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า
32 องศาเซลเซียส	31.5 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	7.65 แอมป์
33 องศาเซลเซียส	33.1 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	7.58 แอมป์
34 องศาเซลเซียส	33.8 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	8.32 แอมป์
35 องศาเซลเซียส	34.0 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	8.78 แอมป์
36 องศาเซลเซียส	36.1 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	8.78 แอมป์
37 องศาเซลเซียส	37.0 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	13.07 แอมป์
38 องศาเซลเซียส	37.8 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	14.28 แอมป์
39 องศาเซลเซียส	39.1 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	14.3 แอมป์
40 องศาเซลเซียส	40.0 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	14.71 แอมป์
41 องศาเซลเซียส	41.9 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.83 แอมป์
42 องศาเซลเซียส	42.3 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.90 แอมป์
43 องศาเซลเซียส	42.8 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.93 แอมป์
44 องศาเซลเซียส	43.2 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.95 แอมป์
45 องศาเซลเซียส	43.2 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.95 แอมป์

น้ำที่ใช้อาบทำความร้อนได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยน้ำด้านเข้ามีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลา 60 วินาที ในการเพิ่มความร้อน ที่แรงดัน 120 โวลต์ ใช้กำลังไฟฟ้า 1,419 วัตต์ โดยจะเป็นการปล่อยน้ำไหลผ่านชุดทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำ ที่ปริมาณการไหลของน้ำเท่ากับเครื่องทำน้ำอุ่น Hitachi 3600 วัตต์ ดังตารางที่ 2 ข้างต้น



รูปที่ 9 ค่าประสิทธิภาพของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

จากกราฟนี้ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพที่ดีในช่วง 1,100 วัตต์ และ 1,200 วัตต์ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยจากภาพที่ 53 จะเป็นกราฟแสดงผลที่ได้จากการบันทึกค่าประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าด้านขาออกที่กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 100 - 1,500 วัตต์ของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำ

4. สรุป

การทดลองนี้นำเสนอเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำเครื่องต้นแบบ โดยใช้วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC เป็นวงจรภาคกำลัง โดยใช้ไอจีบีทีเป็นสวิตช์ ความถี่ในการสวิตช์ 20 กิโลเฮิรตซ์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ LLC ทำงานอยู่บนพื้นฐานการสวิตช์ที่แรงดันเป็นศูนย์ (Zero Voltage Switching : ZVS) เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นบนตัวสวิตช์ วงจรกำลังจะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 120 โวลต์ วงจรควบคุมวงจรแปลงผัน

ไฟฟ้าจะใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ KA3525A เป็นไอซีกำเนิดสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลชั่น เพื่อนำไปควบคุมการสวิตช์ การทำงานของสวิตช์จะทำงานสลับกันที่วัฏจักรการทำงานใกล้เคียง 50 เปอร์เซ็นต์ เครื่องทำน้ำอุ่นต้นแบบนี้สามารถทำความร้อนให้กับน้ำได้ตั้งแต่ 37-80 องศาเซลเซียส กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับ 1,419 วัตต์ ประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เครื่องต้นแบบนี้สามารถปรับอุณหภูมิได้ด้วยการปรับความถี่ในการสวิตช์จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้เครื่องทำน้ำอุ่น สามารถใช้ในการอาบน้ำที่อุณหภูมิเหมาะสมไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และใช้ทำน้ำร้อนจะมีอุณหภูมิสูงสุด 80-90 องศาเซลเซียส ดังนั้นเครื่องต้นแบบนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับผู้ที่ประสบภัยหนาว และบ้านเรือนที่ระบบไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึงได้ เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำใช้แรงดันต่ำผู้ใช้จึงอาจนำไปต่อใช้งานกับแบตเตอรี่ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณเงินรายได้ พ.ศ. 2557 ทำให้สามารถดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

[1] แสงโฉม ศิริพานิช, พรรณนภา เหมือนผึ้ง, อนงค์ แสงจันทร์ทิพย์ และบวรวรรณ ดิเรกโภค, "การเฝ้าระวังการเสียชีวิตเนื่องจากภาวะอากาศหนาวในประเทศไทย เดือน ตุลาคม 2553 – กุมภาพันธ์ 2554," สำนักระบาดวิทยา, กรมควบคุมโรค, กระทรวงสาธารณสุข, 2555

[2] กระทรวงสาธารณสุข, "คำแนะนำ กระทรวงสาธารณสุขสำหรับประชาชนในการป้องกันภัยหนาว," 2 พฤศจิกายน 2553

[3] Hideaki Fujita and Hirofumi Akagi, "Pulse-Density-Modulated Power Control of a 4 kW, 450 kHz Voltage-Source Inverter for Induction Melting Applications," IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL 32, NO 2, MARCWAPRIL, 1996.

[4] Hideki Sadakata, Mutsuo Nakaoka, Hidekazu Yamashita, Hideki Omari and Haruo Terai, "Development of Induction Heated Hot Water Producer using Soft Switching PWM High Frequency Inverter," IEEE CONFERENCE, Power Conversion Conference (PCC), OSAKA, JAPAN, 2002.

O-IR03

เครื่องหลอมสแตนเลสแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง

High Frequency Induction Melting for Stainless Steel

กฤษฎา ทองงาม , ธีรภัทร ธัญลักษณ์เดโช, ไชยยันต์ ทองสองยอด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

E-mail: chaiyan.tho@rmutr.ac.th, chaiyan8849@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้กล่าวเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในการหลอมสแตนเลสแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง ความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นโลหะเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) จากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก เครื่องต้นแบบขนาด 8 กิโลวัตต์ ความถี่ 30 กิโลเฮิรตซ์ ออกแบบให้ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้า 3 เฟส 380 โวลท์ ภายในเครื่องประกอบไปด้วย วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ วงจรแปลงผันไฟตรง- ไฟสลับ ซึ่งวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับที่ออกแบบนี้ จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับให้มีความถี่สูงขึ้น วงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC มีหน้าที่ทำให้สวิตช์ทำงานแบบนุ่มนวลและช่วยลดความสูญเสียของสวิตช์ โดยมีเงื่อนไขการทำงานแบบสวิตช์ซิ่งในขณะที่แรงดันเป็นศูนย์ วงจรควบคุมในการปรับความถี่ในการสวิตช์ ใช้ไอซี KA3525A เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ หม้อแปลงความถี่สูงที่อัตราส่วนหม้อแปลง 17:1 ใช้เป็นตัวส่งผ่านกำลังไฟฟ้า จากการทดลองวงจรแปลงผันไฟตรง- ไฟสลับ ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ ขณะทำงานเต็มพิกัดโหลด ประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ, สวิตช์ซิ่งในขณะที่แรงดันเป็นศูนย์, วงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้งานวัสดุอยู่มากมายหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นในงานก่อสร้าง เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ซึ่งวัสดุที่ใช้จะเลือกให้ตรงกับการนำไปใช้งานนั้น โดยเฉพาะ “สแตนเลส” ที่เรารู้จักกันดีคือโลหะผสมซึ่งจะมีส่วนผสมเพื่อทำให้โลหะมีคุณสมบัติที่ดีหลายๆ อย่างเข้าด้วยกัน เช่น ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ทนอุณหภูมิสูง ซึ่งสแตนเลส เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มีราคาสูง ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ก้าวหน้า “สแตนเลส” จึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่ผู้ประกอบการเลือกเป็นวัสดุในการผลิต ซึ่งในกระบวนการผลิตบางครั้งชิ้นงานอาจไม่ได้ตามความต้องการ เสียหาย หรือมีเศษเหลือจากการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยจะนำสิ่งที่เหลือเหล่านี้ไปแปรรูป และนำกลับมาใช้ใหม่ จึงได้นำเสนอ การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อหลอมสแตนเลส ซึ่งใช้หลักการหลอมโหะแบบเหนี่ยวนำที่ความถี่สูง มาใช้ในการหลอมละลายสแตนเลส เพื่อให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย หรือนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมการหลอมโลหะได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. การเหนี่ยวนำความร้อน (Induction Heating) [1]

การเหนี่ยวนำโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในการเหนี่ยวนำเป็นเทคนิคการทำความร้อนสำหรับวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ (โลหะ) การเหนี่ยวนำความร้อนถูกนำมาใช้มากในกระบวนการให้ความร้อนหลายอย่าง เช่น การละลายโลหะและการทำให้โลหะร้อน คุณสมบัติที่สำคัญของการเหนี่ยวนำความร้อน คือ ความร้อนจะถูกสร้างขึ้นจากวัสดุที่สามารถสร้างความร้อนได้ด้วยตัวเอง สามารถให้ความร้อนได้เฉพาะที่ที่ต้องการ ความเร็วในการทำความร้อนจะสูงมากเป็นผลมาจากความหนาแน่นของพลังงานงานสูง

การเหนี่ยวนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้า (eddy-current) เหนี่ยวนำในชิ้นงานที่เป็นตัวนำไฟฟ้า สำหรับกระบวนการให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำให้มีประสิทธิภาพและในการปฏิบัติ มีความสัมพันธ์กับความถี่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และคุณสมบัติของชิ้นงานที่มีความเหมาะสม พื้นฐานธรรมชาติของการเหนี่ยวนำความร้อน คือ การเกิดกระแสไหลวนขึ้นบริเวณด้านนอกหรือผิวของชิ้นงานที่เรียกว่า "skin effect" เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นที่ผิวของชิ้นงานเกือบทั้งหมด กระแสที่ไหลวนตามชิ้นงานทรงกระบอกจะมีมากที่รอบนอกของพื้นผิว ในขณะที่กระแสจะมีอยู่ตรงกลางเล็กน้อย ระดับความลึกของความร้อนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของสนามไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า และความซึมซาบแม่เหล็กของชิ้นงาน เพื่อวัตถุประสงค์ในทางปฏิบัติ ผลกระทบจากความร้อนที่ผิว (การอ้างอิงระดับความลึก) ถูกกำหนดเป็นความลึกที่ประมาณ 86% ความร้อนเนื่องจากความต้านทานของกระแสที่เกิดขึ้น สามารถสรุปได้จากสมการที่ 1 ของแมกซ์เวลสำหรับโหลดทรงกระบอกได้ดังนี้

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}} \quad [m] \tag{1}$$

δ = ความลึกผิวที่ชิ้นงาน $[m]$

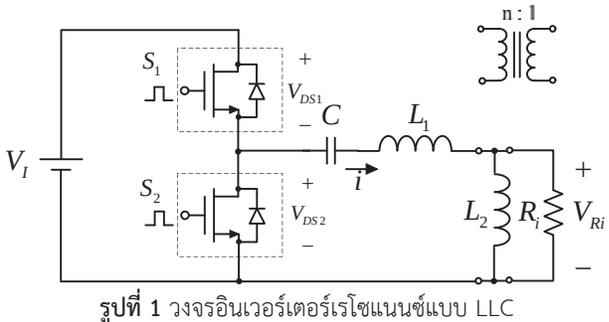
ρ = ความต้านทานไฟฟ้า $[\Omega \cdot m]$

μ = ความซึมซาบแม่เหล็ก $[H/m]$ $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$,$(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7})$

f = ความถี่ที่ใช้งาน $[\mathrm{Hz}]$

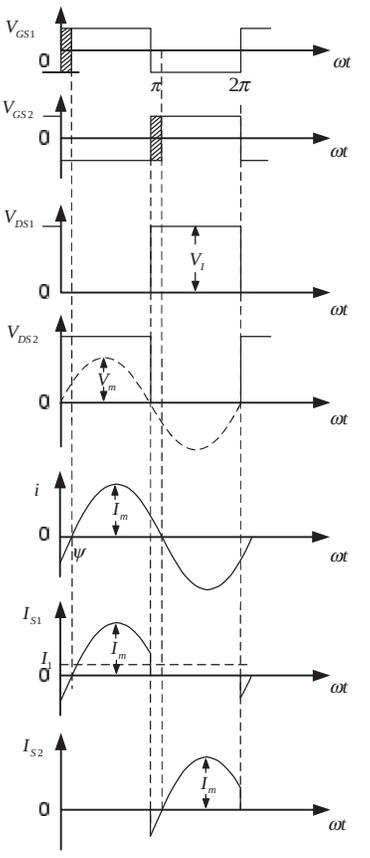
2.2 วงจรเรโซแนนซ์คลาสดีแบบแอลแอลซี (Class D LLC Resonant Circuit) [2]

อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย สวิตช์สองตัว S_1, S_2 และวงจรเรโซแนนซ์ $C-L_1-L_2$ ตัวเก็บประจุเรโซแนนซ์ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ L_1, L_2 โหลดต่อขนานกับตัวเหนี่ยวนำ L_2 ภายในสวิตช์ประกอบด้วยไดโอดในตัว และขับโดยคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยมจากแหล่งจ่ายแรงดัน V_{GS1} และ V_{GS2} โดยสวิตช์แต่ละตัวจะนำกระแสชีกบวกและกระแส ชีกลบจะสลับกันทรานซิสเตอร์จะถูกขับโดยคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยมจากแหล่งจ่ายแรงดัน V_{GS1} ,V_{GS2} สวิตช์ S_1, S_2 จะสลับการทำงานกันที่ความถี่สวิตชิ่ง $f = \omega / 2\pi$ ค่าดิวตี้ไซเคิลเป็น 50% ตัวเหนี่ยวนำ L_2 สามารถแทนโดยหม้อแปลงไอโซเลต หรือแอมพลิจูดเป็นแรงดันไฟฟ้าสลับ ในกรณีนี้ ตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็กของหม้อแปลงสามารถใช้ตัวเหนี่ยวนำ L_2 โดยช่องว่างแกปตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็กต่ำ หม้อแปลงในรูปแบบของอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบอนุกรมและอินเวอร์เตอร์แบบLLC จะคล้ายกัน แตกต่างกันอย่างเดียวคือ ตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็กในวงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบอนุกรมจะมีค่ามาก แต่ค่าเหนี่ยวนำแม่เหล็กแบบ LLC ในอินเวอร์เตอร์จะมีค่าน้อย

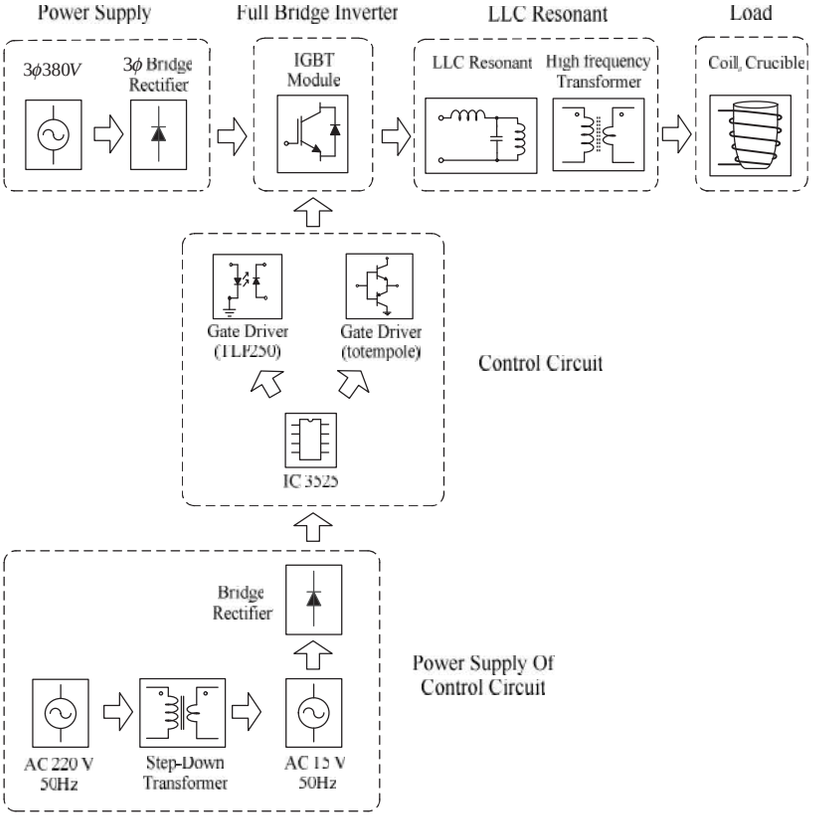


รูปที่ 1 วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC

คลื่นสัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC, $f > f_r = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ จะเหมือนกับวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน ดังรูปที่ 2 ในทางปฏิบัตินิยมใช้อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์มากกว่า เพราะการกลับคืนสู่ภาวะปกติของไดโอดภายในมอสเฟตจะไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของวงจร แรงดันขาเข้า V_{DS2} ของวงจรเรโซแนนซ์ จะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) เป็นที่ยอมรับตัวประกอบคุณรูปของโหลด Q_r ที่ความถี่เรโซแนนซ์สูง กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุจะเข้าใกล้รูปคลื่นไซน์ และไหลผ่านสวิตช์ S_1, S_2 สลับกัน



รูปที่ 2 สัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องหลอมสแตนเลสแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง

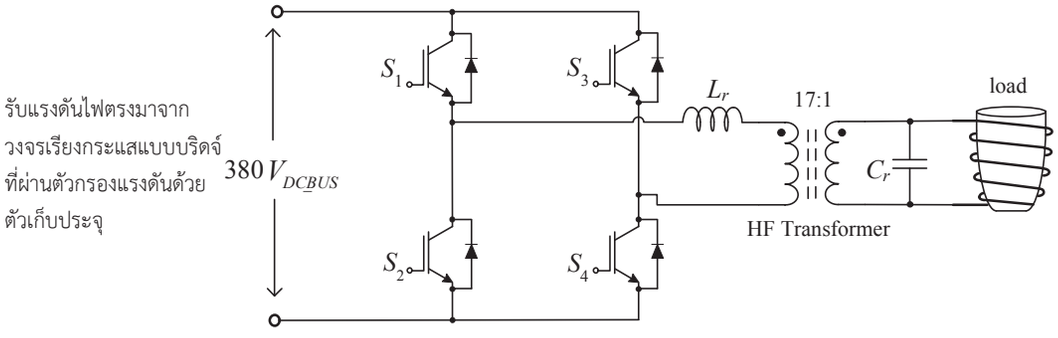
3. การออกแบบวงจร

การออกแบบวงจรนั้นจะต้องมีการออกแบบในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้วงจรที่เป็นไปตามความต้องการ ซึ่งจะมีตั้งแต่ส่วนจ่ายไฟไปยังวงจรอื่นๆ และอุปกรณ์ต่างๆ

บล็อคไดอะแกรมจากรูปที่ 3 แสดงการทำงานของเครื่องทำลายสแตนเลสแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง โดยประกอบไปด้วย ส่วนของแหล่งจ่ายไฟของภาคกำลัง (Power Supply) ซึ่งใช้ไฟ 3 เฟสต่อกับวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์พร้อมด้วยตัวเก็บประจุ เพื่อป้อนให้กับวงจรฟูลบริดอินเวอร์เตอร์แบบ LLC เรโซแนนซ์ แล้วส่งผ่านกำลังโดยผ่านหม้อแปลงความถี่สูงเพื่อลดกระแสด้านเข้าให้กับขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งวงจรควบคุมในการขับการสวิตช์ให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ซึ่งใช้ไอซี 3525 สร้างสัญญาณและวงจรขับสวิตช์เพื่อให้สวิตช์สามารถทำงานได้ ซึ่งวงจรควบคุมในการขับสวิตช์จะใช้แหล่งจ่ายไฟตรงซึ่งได้รับมาจากไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้า 220 โวลท์ ผ่านหม้อแปลงให้ไฟลงเหลือ 15 โวลท์ หลังจากนั้นจะเข้าสู่วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์พร้อมด้วยตัวเก็บประจุเพื่อทำให้เป็นแรงดันไฟตรง เพื่อนำไปจ่ายให้กับส่วนของวงจรควบคุม โดยสัญญาณที่ออกจากส่วนของอินเวอร์เตอร์จะป้อนเข้าที่วงจรเรโซแนนซ์ไปสู่ส่วนของคอยล์เป็นส่วนที่เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนขึ้น

3.1. วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

เนื่องจากวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้มากกว่าวงจรแบบฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ จึงได้เลือกวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ดังในรูปที่ 4 โดยหลักการทำงานคือ สวิตช์ ทั้ง 4 ตัวจะสลับการทำงานกันเป็นคู่คือ S_1 และ S_4 จะนำกระแสพร้อมกันในสัญญาณช่วงครึ่งคาบแรกส่วนในครึ่งคาบหลัง S_2 และ S_3 นำกระแสแทนส่วน S_1 และ S_4 หยุดนำกระแสทำให้แรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ที่ขดลวดด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง ซึ่งมีค่ายอดถึงยอดเป็นสองเท่าของแรงดันไฟตรงที่ป้อนเลี้ยงวงจรในภาคกำลังและมีความถี่เท่ากับการทำงานของสัญญาณพัลส์ที่ขับให้สวิตช์ทำงาน ในการเลือกพิกัดของสวิตช์จะใช้วิธีพิจารณาแรงดันที่ตกคร่อมตัวอุปกรณ์และกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์นั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์หรือวงจร



รูปที่ 4 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC

จากรูปที่ 4 วงจรที่ออกแบบขึ้นเป็นวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC ซึ่งเป็นการนำวงจรเรโซแนนซ์มาใช้เพื่อลดการสูญเสียของสวิตช์ขณะทำการสวิตชิ่งที่ความถี่สูงและทำให้วงจรมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำรั่วไหล L_r ของหม้อแปลงที่พันไว้ที่อัตราส่วนหม้อแปลง 17:1 มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าตัวเก็บประจุเรโซแนนซ์ C_r และการใช้ความถี่สวิตชิ่งที่เหมาะสมกับวงจร

ในที่นี้ได้ใช้ไอจีบีทีโมดูลเป็นสวิตช์ เนื่องจากต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามากและต้องการให้มีความสูญเสียน้อยกว่า เนื่องจากใช้สายไฟที่ต่อให้กับสวิตช์แต่ละตัวลดลง และถ้าเปรียบเทียบในขนาดกำลังไฟฟ้าที่เท่ากันมอสเฟตจะมีราคาสูงกว่าไอจีบีที

การเลือกพิกัดของกระแสและแรงดันไฟฟ้าของตัวอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควรเลือกค่าให้มากกว่า โดยเลือกค่าที่มากกว่า 400 V 30 A จึงได้เลือกไอจีบีทีโมดูลที่ค่ากระแสสูงสุด I_{DS} เท่ากับ 100 แอมแปร์ แรงดัน V_{DS} เท่ากับ 1,200 โวลต์มาใช้งาน

3.2. การหาค่าตัวเก็บประจุเรโซแนนซ์

กำหนดความถี่สวิตชิ่ง 30 kHz โดยค่าตัวเหนี่ยวนำที่วัดได้มีค่า 0.00234 mH จากสมการ (2)

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (2)$$

แทนค่าในสมการ

$$30\times10^{3} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.00234\times10^{-3}\times C}}$$

ย้ายข้างเพื่อหาตัวเก็บประจุ

$$C = \frac{1}{(2\pi 30\times 10^{3})^{2} 0.00234\times 10^{-3}}$$

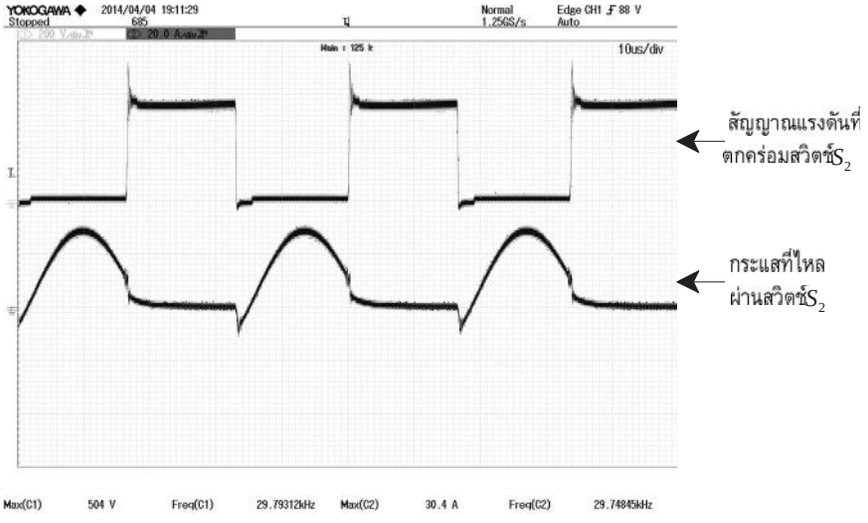
จะได้ค่าตัวเก็บประจุเรโซแนนซ์เท่ากับ 12 μF

เนื่องจากตัวเก็บประจุที่มีขายไม่มีค่าตัวเก็บประจุที่มีค่าตรงตามความต้องการอาจจะใช้ค่าใกล้เคียงได้แต่ต้องไม่น้อยกว่า 12 μF โดยค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ คือ 13.8 μF

4. ผลการทดลอง

4.1 สัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมและกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

การสวิตชิ่งในขณะที่แรงดันเป็นศูนย์ (ZVS) เพื่อลดค่าความสูญเสียของสวิตช์ที่เกิดขึ้นขณะสวิตชิ่ง โดยแรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์จะต้องเป็นศูนย์ก่อนที่สวิตช์จะเริ่มนำกระแส ซึ่งสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 สัญญาณแรงดันที่คร่อมสวิตช์และกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

4.2 ประสิทธิภาพของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

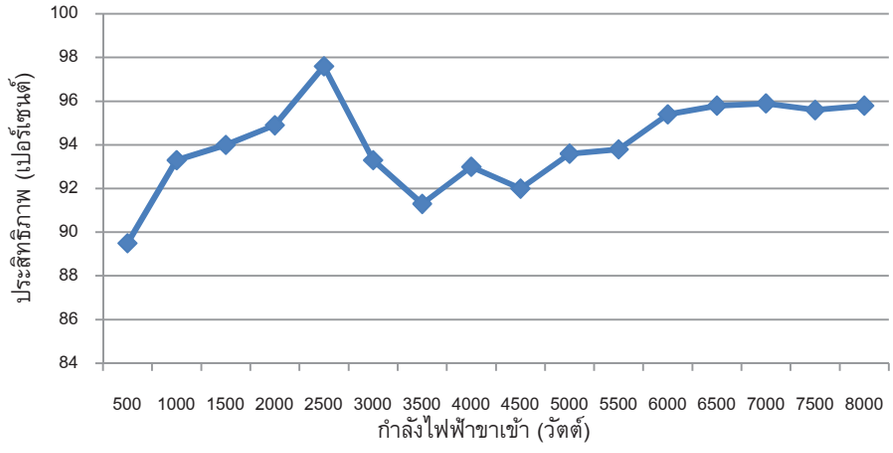
การทดลองวัดโดยกำหนดกำลังไฟฟ้าขาเข้าของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC เพื่อดูประสิทธิภาพของวงจร โดยเพิ่มทีละ 500 วัตต์ ซึ่งเริ่มที่ 500 วัตต์ จนถึง 8,000 วัตต์ พบว่า วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC มีประสิทธิภาพการทำงานของวงจรได้สูงสุดถึง 97% ที่กำลังไฟฟ้าด้านเข้า 2,500 วัตต์ ได้ค่าเป็นไปตามตารางที่ 1

จากรูปที่ 6 ประสิทธิภาพต่ำสุดของวงจรมีค่าเป็น 89% ที่กำลังไฟฟ้าขาเข้า 500 วัตต์ เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าไปเรื่อยๆ จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดถึง 97.5% ที่กำลังไฟฟ้า 2500 วัตต์ หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะลดต่ำลงและเพิ่มขึ้น จนถึงที่กำลังไฟฟ้าขาเข้า 6,000 วัตต์ ประสิทธิภาพจะเริ่มมีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 95% จนถึง 8,000 วัตต์

ตารางที่ 1 การทดลองวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC

กำลังไฟฟ้าขาเข้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าด้านเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าด้านออกวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ (วัตต์)	ประสิทธิภาพของวงจร (เปอร์เซ็นต์)
500	510	444	89.5
1,000	1,060	980	93.3
1,500	1,522	1,430	94
2,000	2,090	1,977	94.9
2,500	2,564	2,502	97.6
3,000	3,086	2,879	93.3

กำลังไฟฟ้าขาเข้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าด้านเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าด้านออกวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ (วัตต์)	ประสิทธิภาพของวงจร (เปอร์เซ็นต์)
3,500	3,550	3,241	91.3
4,000	4,130	3,840	93
4,500	4,516	4,150	92
5,000	5,080	4,754	93.6
5,500	5,563	5,218	93.8
6,000	6,110	5,828	95.4
6,500	6,570	6,294	95.8
7,000	7,089	6,798	95.9
7,500	7,564	7,231	95.6
8,000	8,036	7,698	95.8



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพและกำลังงานขาเข้าของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์แบบ LLC

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอการสร้างเครื่องต้นแบบในการหลอมสแตนเลสแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำความถี่สูงให้กับชิ้นงานที่เป็นโลหะ เครื่องต้นแบบนี้ออกแบบให้ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้า 3 เฟส 380 โวลท์ ภายในเครื่องประกอบด้วย วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (bridge rectifier) เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หลังจากนั้นจะเข้าสู่วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ (inverter) เพื่อเปลี่ยนความถี่ให้สูงขึ้นโดยควบคุมการสวิตช์โดยใช้สัญญาณจากไอซี KA3525A ในการควบคุมความถี่ในการสวิตช์แล้วส่งกำลังผ่านวงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวงจร ไปสู่ขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อนำไปใช้ในการเหนี่ยวนำไปยังโหลด เพื่อให้โหลดเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งโหลดในที่นี้คือ เบ้าหลอมกราไฟท์ เมื่อเบ้าหลอมเกิดความร้อนสูงมากก็จะถ่ายโอนความร้อนไปยังสแตนเลสที่ อยู่ภายในเบ้าหลอม จนทำให้สแตนเลสเกิดการหลอมละลายได้ ในการทดลองเครื่องต้นแบบโดยจ่ายกำลังไฟฟ้า 8 กิโลวัตต์ ความถี่ที่ใช้ คือ 30 กิโลเฮิรตซ์ สามารถทำให้สแตนเลสหลอมละลายได้ โดยวงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC ทำงานภายใต้เงื่อนไข คือ สวิตชิ่งในขณะที่แรงดันเป็นศูนย์ (ZVS) และมีประสิทธิภาพของวงจรสูงสุดถึง 97%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณเงินรายได้ พ.ศ. 2555 ทำให้สามารถดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

[1] ASM International (2013, Jun 15). Theory of heating by induction [Online]. Available: http://www.asminternational.org/documents/10192/3451119/ACFAA5C. pdf /98899692-8a69-446d-ac9a-38b8 fab3a160.

[2] Marian K. Kazimierczuk and Dariusz Czarkowski, "Resonant Power Converters," pp. 267-29, 1995.

O-IR04

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นสำหรับอบแห้งขมิ้นชัน

Experimental performance of a double collector solar tunnel dryer for drying Curcuma longa L.

ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1] , กีรติ เกิดศิริ[1]

[1]โปรแกรมวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000

โทร 034-261065 โทรสาร 034-261065 E-mail: nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันโดยใช้อากาศร้อนจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นเปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นถูกสร้างขึ้นและดำเนินการที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย โดยทำการอบขมิ้นชันสดที่หั่นเป็นแผ่นปริมาณ 100 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้น 82% จนเหลือน้ำหนัก 20 กิโลกรัม ที่ความชื้น 10% ภายในเวลา 1 วัน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบมีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 70 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ จากการคำนวณค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งขมิ้นชันของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 37.77%

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้น, การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวงอาทิตย์, ขมิ้นชัน

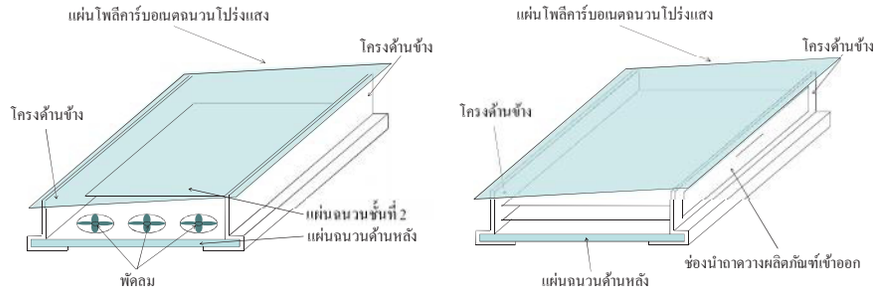
1. บทนำ

ขมิ้นชันเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อรา รวมถึงยังสามารถใช้ในการรักษาอาการผิดปกติทางจิต รวมทั้งสภาวะซึมเศร้าได้อีกด้วย ทั้งนี้การใช้งานขมิ้นชันสามารถใช้ได้หลายรูปแบบทั้งการสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหยใช้รับประทาน ทั้งในรูปของยา หรือผสมลงไปในอาหารพื้นบ้านของไทย [1-3] เนื่องจากสามารถใช้ได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ทั้งนี้ขมิ้นชันแห้งยังเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ [4] เพื่อให้คนไทยที่อยู่ต่างประเทศสามารถปรุงอาหารไทยได้ ในการทำขมิ้นชันแห้งมักนิยมใช้การตากแดดตามธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลานาน และอาจมีการรบกวนจากสัตว์หรือแมลงได้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นทางออกของการแก้ปัญหาการอบแห้งที่มีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง จากการศึกษาทบทวนรายงานการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ยังคงมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบในแต่ละครั้ง ซึ่งหากเกษตรกรรายย่อยมีความต้องการที่จะอบแห้งผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากๆ อาจจะต้องลงทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรืออาจจะต้องสร้างจำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงมากขึ้นด้วย [5-7] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมรรถนะของขมิ้นชันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นในการอบแห้งขมิ้นชันเปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

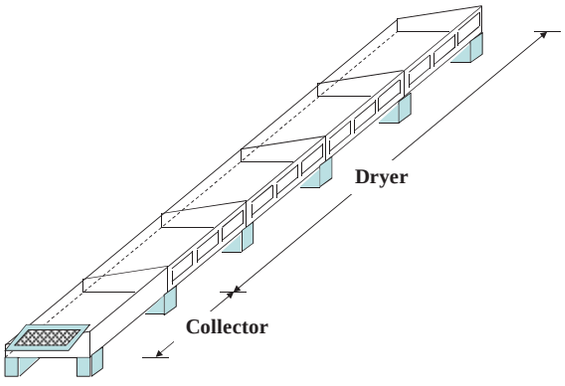
2.1. ลักษณะของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

ตัวเครื่องอบแห้งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างเหมือนกันและวางเรียงต่อกันโดยตรง โดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของท่ออากาศ อีกทั้งยังลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (Pressure drop) ในท่ออากาศ ฉนวนด้านหลังมีลักษณะเป็นแผ่นนำมาเชื่อมต่อกัน ส่วนด้านบนจะใช้แผ่นโพลี-คาร์บอเนต (Polycarbonate) ปิดด้านบนทำมุมเอียงลาดลง 14 องศา เนื่องจากจังหวัดนครปฐม ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 45 ลิปดา 10 ฟิลิปดา การเอียงทำมุม 14 องศา จะทำให้รังสีดวงอาทิตย์สามารถตกกระทบตั้งฉากกับแผ่นปิดด้านบนได้พอดี เพื่อไม่ให้เกิดการขังของน้ำในช่วงฤดูฝน นอกจากนี้ยังได้ทำการเพิ่มพื้นที่ส่วนที่ใช้รับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสองชั้น เพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่าง ลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1 เครื่องอบแห้งดังกล่าวนี้ยังใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนพัดลมดูดอากาศ สำหรับลักษณะของเครื่องอบแห้งที่ออกแบบขึ้นแสดงดังรูปที่ 2



(ก) (ข)

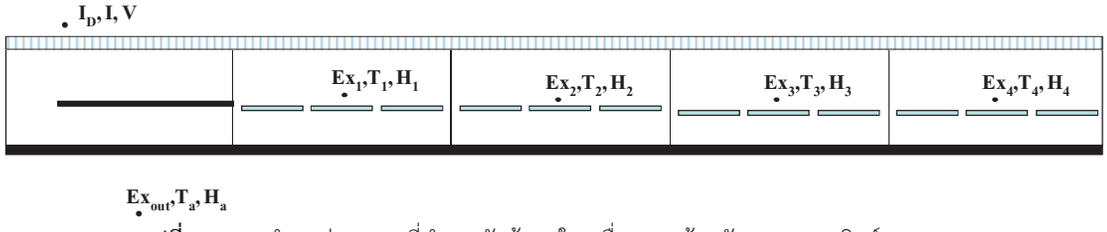
รูปที่ 1: แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง (ก) ส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และ (ข) ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2: แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

2.2. การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ยี่ห้อ TECPAL รุ่น DTM550 ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ใช้เครื่องไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CM 11 และการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ ดังแผนภูมิในรูปที่ 3 จากรูปเป็นมุมมองจากทางด้านข้างของเครื่องอบ (T_1-T_4 เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ, T_a เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และ I_D เป็นจุดที่วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์, H_1 – H_4 เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ, H_a เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม, Ex_1-Ex_4 เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบ, Ex_{out} เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายนอก, I และ V เป็นจุดที่วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของแผงโซล่าร์เซลล์ (ตามลำดับ)



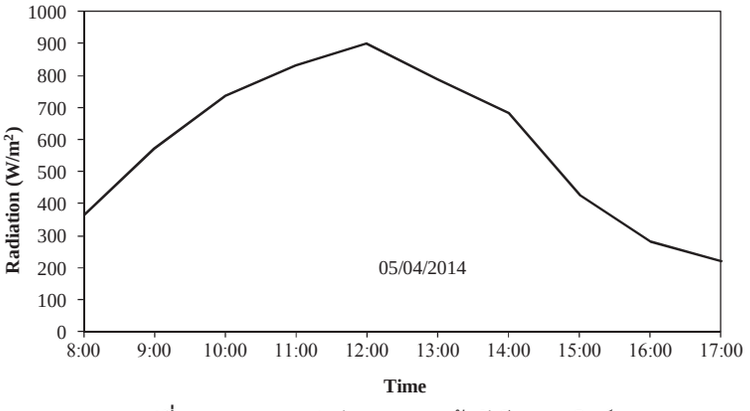
รูปที่ 3: แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดข้อมูลในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

2.3. ขั้นตอนการทดลอง

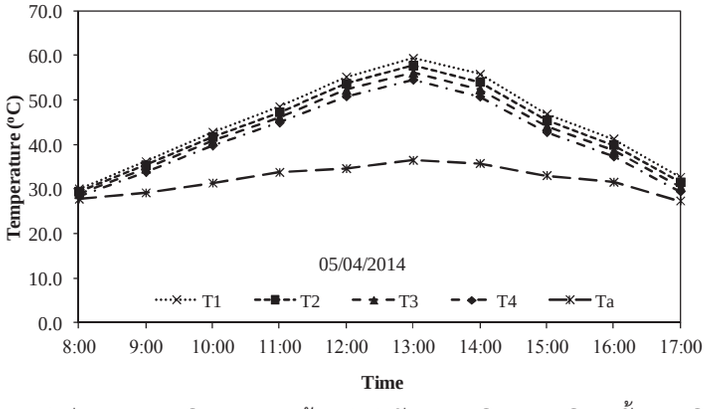
ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจะทดสอบโดยการอบแห้งขมิ้นชันสด 100 กิโลกรัม โดยจะเริ่มทำการทดลองเวลา 8:00 น. และหยุดทำการทดลองเมื่อตัวอย่างแห้ง โดยทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ รวมถึงน้ำหนักของตัวอย่างทั้งภายในเครื่องและนอกเครื่องอบ ทุกๆ ชั่วโมง ส่วนค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์

3. ผลการทดลอง

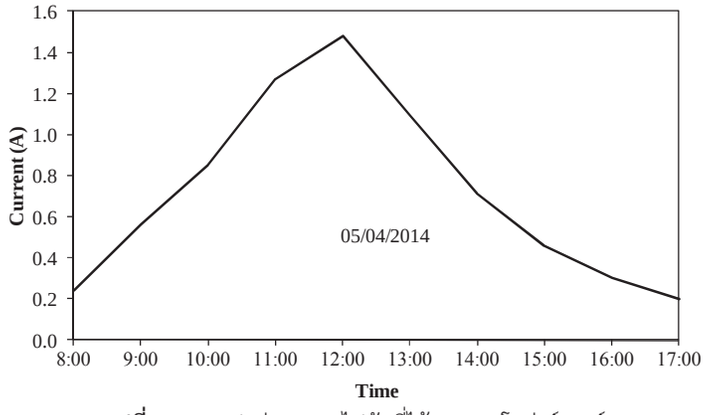
ในช่วงที่ทำการทดลองวันที่ 5 เมษายน 2557 สภาพอากาศมีลมแรง ท้องฟ้าแจ่มใส มีเมฆเล็กน้อย ซึ่งสังเกตได้จากกราฟความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ กราฟรูปที่ 4 อุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 30-40 °C โดยส่วนต้นของเครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าส่วนท้าย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5 โดยค่าอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องอบจะแปรผันค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากภายในตัวเครื่องมีพัดลมเป่าอากาศซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จึงแปรผันตามค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยควบคุมอุณหภูมิของอากาศในเครื่องอบโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มีความเข้มสูง พัดลมจะหมุนเร็วทำให้อากาศถูกดูดออกไปมากส่งผลให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบไม่สูงเกินไป ในทางกลับกันเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีค่าต่ำ พัดลมจะหมุนช้าลงทำให้อากาศถูกดูดออกไปน้อย อุณหภูมิของอากาศจึงไม่ลดลงมาก การแปรค่าของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 6 -7 ส่วนข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแสดงได้ดังรูปที่ 8 จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา จนกระทั่งเวลาประมาณ 13.00 น. ความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าอากาศแวดล้อมมาก เมื่ออากาศไหลผ่านผลิตภัณฑ์จะรับไอน้ำจากผลิตภัณฑ์มา ทำให้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็ว แต่การลดลงของความชื้นของขมิ้นชันจะไม่สม่ำเสมอ โดยขมิ้นชันที่ตากบริเวณทางออกของส่วนอบจะมีค่าความชื้นลดลงช้ากว่าส่วนต้น จึงทำให้ทราบว่านอกจากความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการแห้งของขมิ้นชันแล้ว อัตราการแห้งของขมิ้นชันยังขึ้นกับปริมาณและตำแหน่งของขมิ้นชันที่อยู่ในเครื่องอบแห้งด้วย โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 82% จนเหลือประมาณ 10% แสดงดังรูปที่ 9 เมื่ออบแห้งแล้วขมิ้นชันทั้งหมดจากน้ำหนักสด 100 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 20 กิโลกรัม



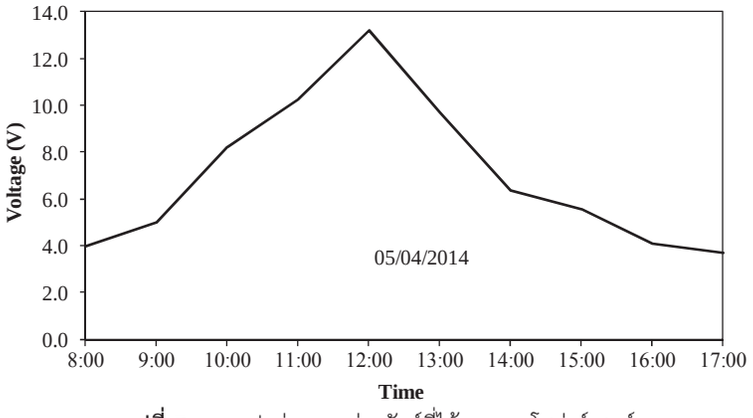
รูปที่ 4: แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



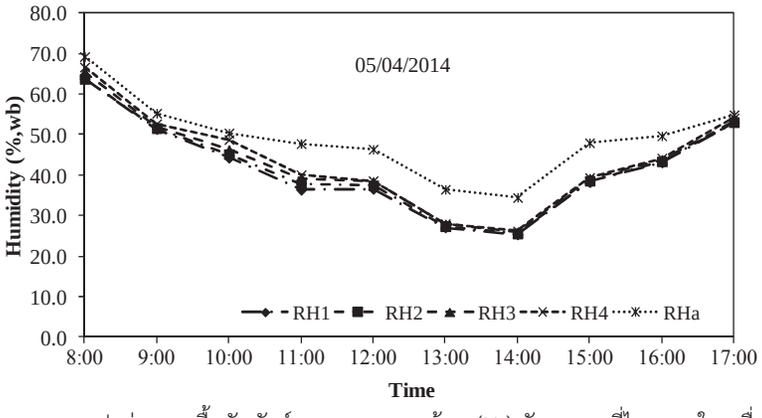
รูปที่ 5: แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) กับอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นวางผลิตภัณฑ์ (T_1-T_4)



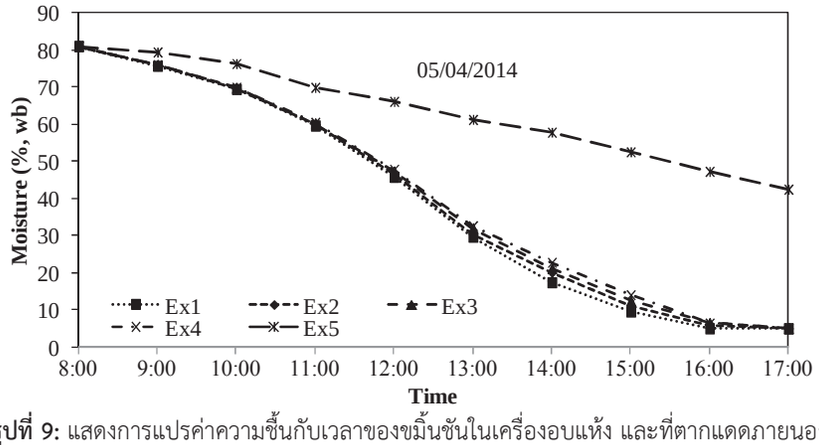
รูปที่ 6: การแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าร์เซลล์



รูปที่ 7: การแปรค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงโซล่าร์เซลล์



รูปที่ 8: แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (H_a) กับอากาศที่ไหลภายในเครื่องอบแห้ง



รูปที่ 9: แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของขมิ้นชันในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก

4. การคำนวณค่าประสิทธิภาพโรงอบแห้ง

4.1. ค่าประสิทธิภาพในการอบของส่วนอบแห้ง

ค่าประสิทธิภาพในการอบของส่วนอบแห้งหาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{\text{Output Energy}}{\text{Input Energy}} \quad (1)$$

ซึ่ง Output Energy เป็นความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ

Input Energy เป็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี

$$\text{Output Energy} = m_w L_p \quad (2)$$

เมื่อ m_w คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย (kg)

L_p คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำในผลิตภัณฑ์ (J/kg)

$$\text{Input Energy} = IA \quad (3)$$

เมื่อ I คือ ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสี (W/m^2)

A_N คือ ขนาดพื้นที่แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)

จากการคำนวณพบว่าค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งขมิ้นชันของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 37.77%

5. การคำนวณค่าความคุ้มทุน

คำนวณค่าความคุ้มทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรม โดยกำหนดให้ค่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมทรงพาราโบลามีราคาโดยประมาณ 200,000 บาท และกำหนดให้ขมิ้นชันสดมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 13 บาท เครื่องอบแห้งสามารถอบขมิ้นชันได้ครั้งละ 100 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 1,300 บาท เมื่ออบเสร็จจะได้ขมิ้นชันแห้งเหลืออยู่ประมาณ 20 กิโลกรัม สามารถขายได้กิโลกรัมละ 140 บาท คิดเป็นเงิน 2,800 บาท ทุกครั้งที่อบจะคิดค่าเสื่อมสภาพของเครื่องอบแห้ง รวมถึงค่าจ้างในการเตรียมวัตถุดิบเป็นเงิน 500 บาท ต่อรอบการอบ ดังนั้นในการอบแต่ละครั้งจะได้กำไรประมาณ 1,000 บาท ฉะนั้นถ้าสามารถอบขมิ้นชันได้ประมาณ 200 รอบ หรือคิดเป็น 200 วัน (กรณีอบต่อเนื่องกัน) จะสามารถคืนต้นทุนการผลิตได้

6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบแห้งทำงานได้ดีแม้ว่าในบางช่วงท้องฟ้าจะมีเมฆมากก็ตาม โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในช่วง 40 - 70 °C ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 82% จนเหลือประมาณ 10% โดยค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งขมิ้นชันของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 37.77% อีกทั้งยังสามารถคืนต้นทุนได้ในเวลา 1 ปี 5 เดือน (กรณีอบต่อเนื่องกัน)

บรรณานุกรม

[1] Lee, H.S., 2006, “Antiplatelet property of Curcuma longa L. rhizome-derived ar-turmerone”, Bioresource Technology, Vol. 97, 1372–1376.

[2] Flavio Dias, Ferreira, Carlos, Kemmelmeier, Carla Cristina, Arrotia, Christiane, Luciana da Costa, Carlos, Augusto Mallmann, Vanderly, Janeiro, Francine Maery Dias Ferreira, Simone Aparecida Galerani Mossini, Expedito Leite Silva, Miguel Machinski Jr., 2013, “Inhibitory effect of the essential oil of Curcuma longa L. and curcumin onaflatoxin production by Aspergillus flavus Link”, Food Chemistry, Vol. 136, 789–793.

[3] Xia, X., Cheng, G., Pana, Y., Xia, Z.H., Kong, L.D., 2007, “Behavioral, neurochemical and neuroendocrine effects of the ethanolicextract from Curcuma longa L. in the mouse forced swimming test”, Journal of Ethnopharmacology, Vol. 110, 356–363.

[4] http://www.agriman.doae.go.th/home/news/Year%202013/023_Tumeric.pdf

[5] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K., Kaewkhao, J., 2012, "Solar drying of Andrographis paniculata using a parabolicshaped solar tunnel dryer", Procedia Engineering, Vol. 32, pp. 839-846.

[6] Bala, B. K., 2009, "Solar drying of fruits, vegetables, spices, medicinal plants and fish: Developments and Potentials", paper presented in the International Solar Food Processing Conference.

[7] Janjai, S., Srisittipokakun, N., Bala, B.K., 2008, "Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices", Energy, Vol.33, pp. 91–103.

O-IR05

การอบแห้งใบเตยหอมด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

Drying *Pandanus amaryllifolius* using a mixed-mode solar dryer

กีรติ เกิดศิริ[1], ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1]

[1] โปรแกรมวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000

โทร 034-261065 โทรสาร 034-261065 E-mail: nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการอบแห้งใบเตยหอมโดยใช้อากาศร้อนจากด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมเปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยทำการอบใบเตยหอมสดที่หั่นเป็นชิ้นปริมาณ 50 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้น 80% จนเหลือน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ที่ความชื้น 0% ภายในเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบมีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 70 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ อีกทั้งยังสามารถป้องกันการรบกวนจากฝน สัตว์ และแมลงได้อีกด้วย ทั้งนี้สามารถคืนต้นทุนการผลิตได้ด้วยการอบเพียง 58 ครั้งเท่านั้น

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม, การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวงอาทิตย์, ใบเตยหอม

1. บทนำ

ใบเตยหอมนับเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่คนไทยรู้จักกันดี เนื่องจากมีการนำมาใช้กันอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาปรุงแต่งอาหาร ใบเตยสามารถนำมาใช้ได้ทั้งใบสดและใบแห้ง โดยกลิ่นหอมของใบเตยนั้นมากจากสารเคมีที่ชื่อว่า 2-acetyl-1-pyrroline นอกจากนี้ใบเตยยังประกอบด้วยสารอาหาร วิตามินและแร่ธาตุสำคัญอีกหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เบต้าแคโรทีน วิตามินซี วิตามินบี2 วิตามินบี3 ธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุฟอสฟอรัส เป็นต้น จึงทำให้ใบเตยมีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง ได้แก่ ช่วยบำรุงหัวใจ ขับปัสสาวะ ลดน้ำตาลในเลือด และกลิ่นหอมของใบเตยชื่นใจ คลายเครียดได้ดี [1-7] ในหลายกรณีได้มีการแปรรูปใบเตยโดยใช้วิธีการอบแห้ง เช่น การนำใบเตยไปทำ ชาใบเตย เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้า ในการแปรรูปใบเตยหอมมักนิยมใช้การตากแดดตามธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลานาน และอาจมีการรบกวนจากสัตว์หรือแมลงได้ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งสมุนไพรส่งออก ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่สะอาดได้รับการยอมรับในระดับสากล [8-12] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการอบแห้งใบเตยหอมด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมเปรียบเทียบกับ การตากแดดธรรมชาติ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1. การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

เริ่มจากการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องการจากปริมาณน้ำที่จะต้องระเหย โดยเริ่มต้นจากการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยจากผลิตภัณฑ์โดยอาศัยสมการ [13]

$$m_w = (M_i - M_f)/(100 - M_f) \times m_i \quad (1)$$

เมื่อ m_W คือมวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg), m_i คือ มวลของผลิตผลสดที่ต้องการอบ (kg), M_i คือ ความชื้นของผลิตผลสด (%, wb) และ M_f คือ ความชื้นของผลิตผลแห้งที่ต้องการ (%, wb) จากนั้นจะคำนวณปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้จากสมการ [13]

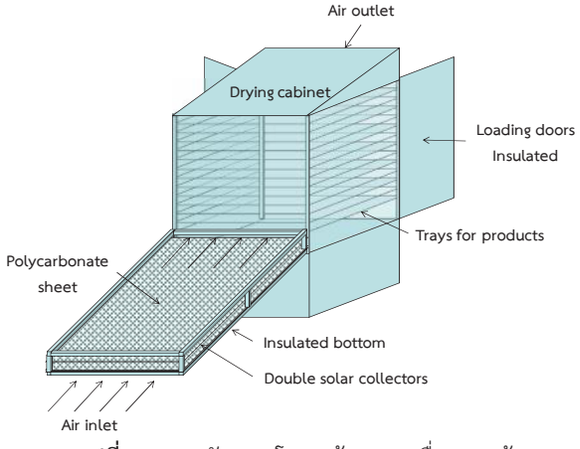
$$Q_{drying} = m_w L. \quad (2)$$

เมื่อ Q_{drying} คือ ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ (MJ), m_W คือ มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg), L คือ ความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม (MJ/kg) ในขั้นตอนสุดท้ายจะคำนวณพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง ในที่นี้จะรวมหมายถึงพื้นที่ของส่วนที่ตากผลิตภัณฑ์และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบผสมรับรังสีดวงอาทิตย์ทั้งสองส่วน โดยในการคำนวณจะอาศัยสมการ [13]

$$A = Q_{drying} / (\eta \times H_T \times N_D) \quad (3)$$

เมื่อ A_{total} คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2), H_T คือ ความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนพื้นราบ (MJ/m^2-day), N_D คือ จำนวนวันที่ต้องการใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง (day) และ η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในฐานะที่เป็นแผงรับรังสี [13]

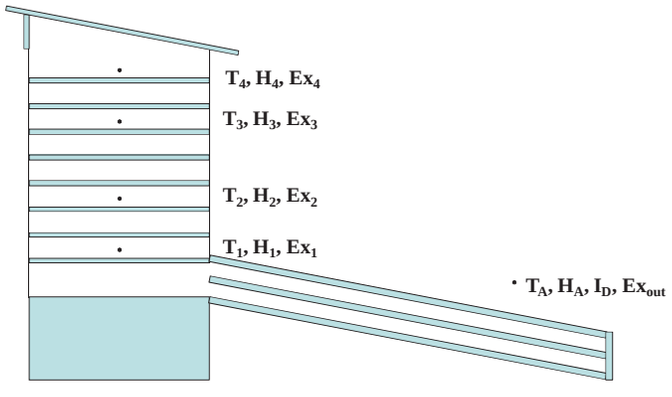
จากนั้นทำการสร้างเครื่องอบแห้งซึ่งประกอบด้วย ส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ ในส่วนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะมีสองชั้น เพื่อลดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของเครื่องอบแห้ง ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นแนวตั้ง เพื่อลดการใช้พื้นที่ทางแนวนอน โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างวางเรียงต่อกันโดยตรงโดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของท่ออากาศ อีกทั้งยังลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (Pressure drop) ในท่ออากาศ ลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1: แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง

2.2. การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ยี่ห้อ TECPAL รุ่น DTM550 สำหรับข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ใช้เครื่องไพราโนมิเตอร์ (pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CM 11 และการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ ดังแผนภูมิในรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 เป็นมุมมองจากทางด้านข้างของเครื่องอบ (T_1-T_4 เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ, T_A เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และ I_D เป็นจุดที่วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์, H_1 – H_4 เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ, H_a เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม, Ex_1-Ex_4 เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบ, Ex_{out} เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายนอก



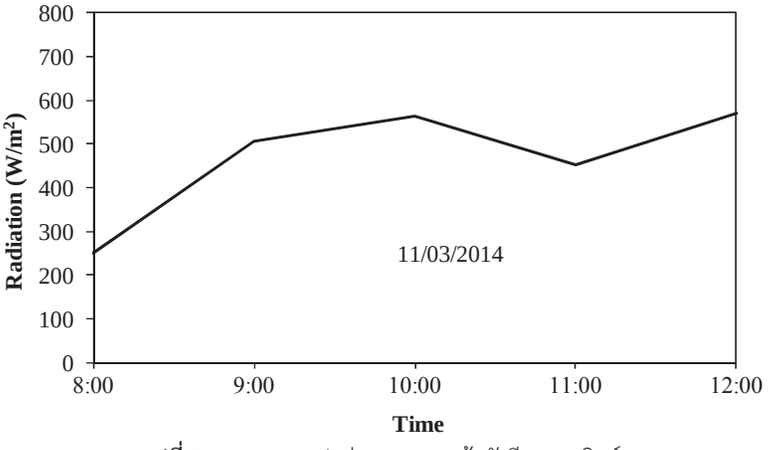
รูปที่ 2: แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดข้อมูลภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

2.3. ขั้นตอนการทดลอง

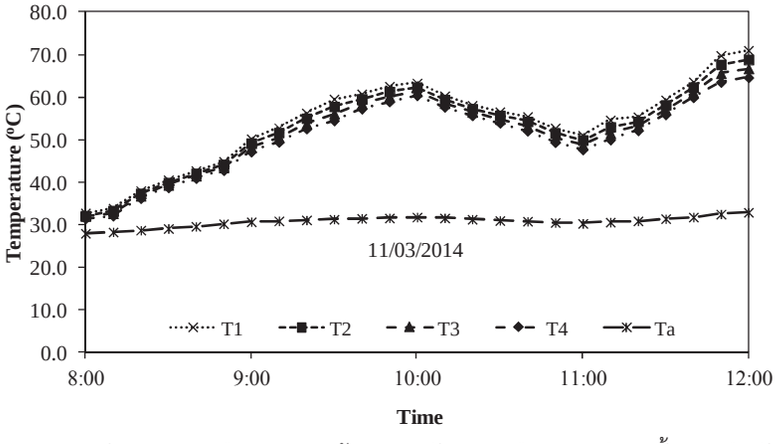
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง จะทดสอบโดยการอบใบเตยหอม 50 กิโลกรัม โดยจะเริ่มทำการทดลองเวลา 8:00 น. และหยุดทำการทดลองเมื่อตัวอย่างแห้ง โดยทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รวมถึงน้ำหนักของตัวอย่างทั้งภายในเครื่องและนอกเครื่องอบทุก 1 ชั่วโมง ส่วนค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์

3. ผลการทดลอง

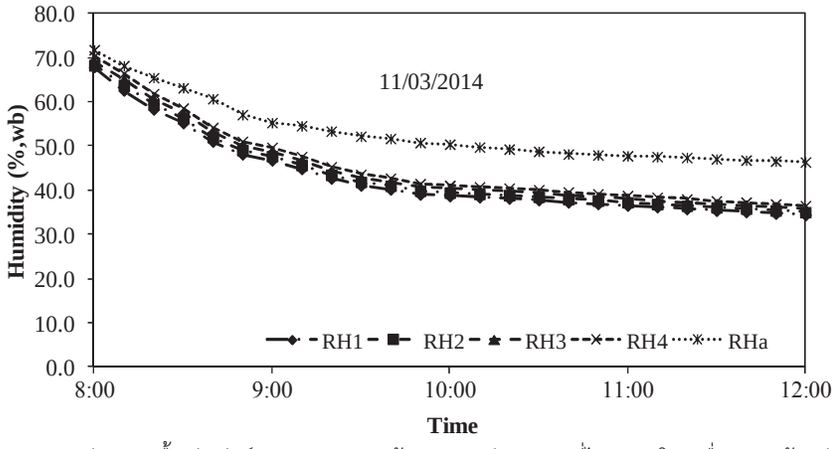
ทำการทดลองในวันที่ 11 มีนาคม 2557 ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 – 12.00 น. สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ซึ่งสังเกตได้จากกราฟความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (รูปที่ 3) จากรูปพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 20 - 40 °C ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4 โดยจะแปรค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ด้านความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา เนื่องจากภายในเครื่องอบมีอุณหภูมิสูง ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำกว่าอากาศแวดล้อม ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5 เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงแรกของการอบ และจะเริ่มคงที่ในเวลาต่อมา โดยการลดลงของความชื้นผลิตภัณฑ์ในเครื่องอบจะลดลงเร็วกว่าความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 80% จนเหลือประมาณ 0% แสดงดังรูปที่ 6 เมื่ออบแห้งแล้วใบเตยหอมทั้งหมดจากน้ำหนักสด 50 กิโลกรัม ลดลงเหลือประมาณ 10 กิโลกรัม



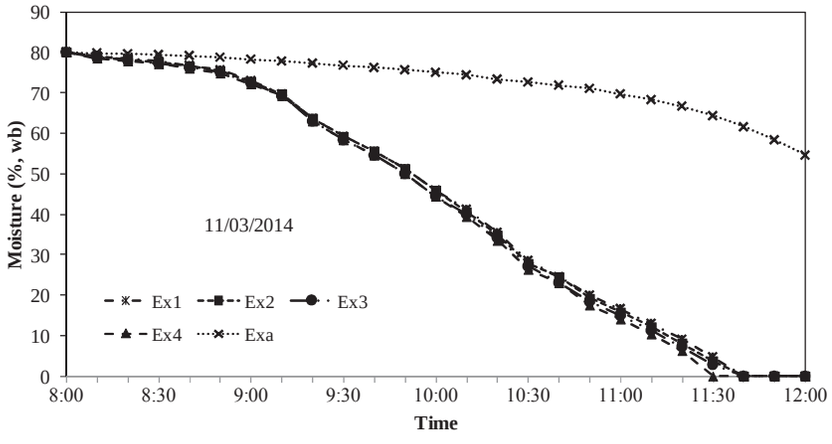
รูปที่ 3: แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 4: แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) กับอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นวางผลิตภัณฑ์ (T_1-T_4)



รูปที่ 5: แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (H_a) กับอากาศที่ไหลภายในเครื่องอบแห้งแต่ละชั้น (H_1-H_4)



รูปที่ 6: แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของใบเตยหอมภายในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก

4. การคำนวณค่าประสิทธิภาพโรงอบแห้ง

4.1. ค่าประสิทธิภาพในการอบของส่วนอบแห้ง

ค่าประสิทธิภาพในการอบของส่วนอบแห้งหาได้จากสมการ

$$\square = \frac{\text{Output Energy}}{\text{Input Energy}} \quad (1)$$

ซึ่ง Output Energy เป็นความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ

Input Energy เป็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี

$$\text{Output Energy} = m_w L_p \quad (2)$$

เมื่อ m_w คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย (kg)

L_p คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำในผลิตภัณฑ์ (J/kg)

$$\text{Input Energy} = IA \quad (3)$$

เมื่อ I คือ ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสี (W/m^2)

A_N คือ ขนาดพื้นที่แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)

จากการคำนวณพบว่าค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งใบเตยหอมของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 45.47%

5. การคำนวณค่าความคุ้มทุน

คำนวณค่าความคุ้มทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรม โดยกำหนดให้ค่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมทรงพาราโบลามีราคาโดยประมาณ 100,000 บาท และกำหนดให้ใบเตยหอมสดมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 20 บาท เครื่องอบแห้งสามารถอบใบเตยหอมได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 1,000 บาท เมื่ออบเสร็จจะได้ใบเตยหอมแห้งเหลืออยู่ประมาณ 10 กิโลกรัม สามารถขายได้กิโลกรัมละ 500 บาท คิดเป็นเงิน 5,000 บาท ทุกครั้งที่อบจะคิดค่าเสื่อมสภาพของเครื่องอบแห้ง รวมถึงค่าจ้างในการเตรียมวัตถุดิบเป็นเงิน 500 บาท ต่อรอบการอบ ดังนั้นในการอบแต่ละครั้งจะได้กำไรประมาณ 3,500 บาท ฉะนั้นถ้าสามารถอบใบเตยหอมได้ประมาณ 58 รอบ (กรณีอบต่อเนื่องกัน) จะสามารถคืนต้นทุนการผลิตได้

6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมทำงานได้ดีแม้ว่าในบางช่วงท้องฟ้าจะมีเมฆมากก็ตาม โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในช่วง 40 - 70 °C ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็ว กว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 80% จนเหลือประมาณ 0% ในเวลา 4 ชั่วโมง โดยค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งใบเตยหอมของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 45.47% ทั้งนี้สามารถคืนต้นทุนการผลิตได้ด้วยการอบเพียง 58 ครั้งเท่านั้น

บรรณานุกรม

[1] Linda, S. M. Ooi, Samuel, S. M. Sun, Vincent, E. C. Ooi, 2004, “Purification and characterization of a new antiviral protein from the leaves of *Pandanus amaryllifolius* (Pandanaceae)”, The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, Vol. 36, 1440–1446.

[2] Paramita Bhattacharjee, Amol Kshirsagar, Rekha S. Singhal, 2005, “Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from Pandanus amaryllifolius Roxb”, Food Chemistry, Vol. 91, 255–259.

[3] Fatihanim, M. N., Suhaila, M., Nor, A. I., Razali, I., 2008, “Antioxidative properties of Pandanus amaryllifolius leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies”, Food Chemistry, Vol. 110, 319–327.

[4] Kantilal, V. Wakte, Ratnakar, J. Thengane, Narendra, Jawali, Altafhusain, B. Nadaf, 2010, “Optimization of HS-SPME conditions for quantification of 2-acetyl-1-pyrroline and study of other volatiles in Pandanus amaryllifolius Roxb.”, Food Chemistry, Vol. 121, 595–600.

[5] Ping, HAN, Prakash, Kumar, Bee-Lian, Ong, 2014, “Remediation of nutrient-rich waters using the terrestrial plant, Pandanus amaryllifolius Roxb.”, Journal of Environmental Sciences, Vol. 26, 404–414.

[6] http://clgc.rdi.ku.ac.th/index.php/rs/f-product2/314-pandanus

[7] http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_03_3.htm

[8] Bukola, O.B., Ayoola P.O., 2008, “Performance Evaluation of a Mixed-Mode Solar Dryer”, AU Journal of Technology, Vol. 11(4), 225-231.

[9] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K., 2013, “Experimental performance of a mix mode solar dryer for drying Centella asiatica”, Advanced Materials Research, Vol. 770, 80-83.

[10] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K., 2014, “Drying pineapple using a mix mode solar dryer”, Advanced Materials Research, Vol. 979, 11-15.

[11] Ho-Hsien Chen, Carlos Eduardo Hernandez, Tzou-Chi Huang, 2005, “A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer”, Solar Energy, Vol. 78, 97–103

[12] Banout, J., Ehl, P., Havlik, J., Lojka, B., Polesny, Z., Verner, V., 2011, “Design and performance evaluation of a Double-pass solar drier for drying of red chilli (Capsicum annum L.)”, Solar Energy, Vol. 85, 506–515

[13] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K. and Kaewkhao, J., 2012, “Solar drying of Andrographis paniculata using a parabolicshaped solar tunnel dryer”, Procedia Engineering, Vol. 32, pp. 839-846.

O-IR06

ปั๊มลมไฟฟ้ากระแสตรงแบบใช้แหล่งจ่าย 2 ระบบ

The Direct Current in Air Compressor by Using Power Supply Two System

จักรวัฒน์ สัญใจ[1,]
[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
E-mail: Jukkravat_sunjai@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปั๊มลมไฟฟ้ากระแสตรงแบบใช้แหล่งจ่าย 2 ระบบ วิธีการดำเนินงานโดยจัดสร้างชุดชาร์จแบตเตอรี่ จำนวน 2 ระบบโดยระบบที่ 1 ได้จากโซล่าเซลล์ ขนาด 85 W จำนวน 2 แผงนำมาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้า 24VDC ผ่านเครื่องควบคุมการประจุ (charger) ขนาด 10 A ผ่านวงจรป้องกันกระแสไหลย้อนกลับแล้วนำชาร์จแบตเตอรี่ ระบบที่ 2 ได้นำพลังงานไฟฟ้ามาจากไฟฟ้า 220VAC ผ่านวงจรควบคุมการประจุขนาด 24VDC ,15A ผ่านวงจรป้องกันกระแสไหลย้อนกลับแล้วนำชาร์จแบตเตอรี่ ผลการทดลองนำระบบชาร์จ 2 ระบบมาจ่ายพลังงานไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่ร่วมกัน การชาร์จแบตเตอรี่ใช้เวลา 9 ชั่วโมงสำหรับข้อมูลเปรียบเทียบการปั๊มลมของมอเตอร์ DC และ AC ใช้เวลาในการปั๊ม มอเตอร์ DC ใช้เวลา 18 นาที ส่วนมอเตอร์ AC ใช้เวลา 2.4 นาที

Abstract

The direct current in air compressor by using power supply two systems can be constructed the battery charger by using two power supply systems. The first system is from 24 VDC by two panels' solar cells 85w, which are used via the 10A charger and diode circuit to charge the battery. Another system, the electrical power is from 24 VDC by using the electric current rectifiers, which are from 220 VAC, 15A via the diode circuit to charge the battery. From the results, the joint of power supply two systems can turn on the power for charging the battery for 9 hours. Furthermore, the direct current in air compressor, DC and AC are compared with motor pump's time. The results show that DC motor pump *spends 18 minutes*, whereas, AC motor pump *spends only 2.4 minutes*.

***Keywords*:** Power supply two system, Direct Current in Air Compressor

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้นและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในเรื่องของพลังงานไฟฟ้าอันเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เพราะเป็นปัจจัยต่อการดำเนินชีวิตประจำวันในแต่ละวันและปั๊มลมที่ผลิตลมเพื่อใช้งานก็เหมือนกันมีความต้องการสำหรับเติมลมให้กับยานพาหนะที่สัญจรไปมาแต่ในการผลิตก็ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการปั๊มลมถ้ามีการใช้งานมากๆก็ต้องทำการปั๊มบ่อยครั้งเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับที่นำมาปั๊มลม โดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง(DC) ที่มาจากการเรียงกระแสทำเป็นชุดควบคุมการชาร์จจากพลังงานไฟฟ้า 220VAC ร่วมกับพลังงานที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานโดยการเพิ่มจุดบริการในการเติมลมโดยปั๊มลมที่ได้จัดทำขึ้นนั้นเป็นปั๊มลมแบบพลังงานร่วมซึ่งเป็นปั๊มลมกระแสตรง (DC) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 220VAC ผ่านชุดเรียงกระแสทำเป็นชุดควบคุมการชาร์จ ร่วมกับพลังงานที่มาจากโซล่าเซลล์เพราะว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ต้องใช้เวลาในการชาร์จประจุนานพอสมควรและยังขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงแดดด้วยนอกจากนั้นต้องนำไปใช้ขับมอเตอร์ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าในการขับมาก อีกทั้งในเวลากลางคืนยังใช้พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ไม่ได้ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำปั๊มลมกระแสตรง(DC)ที่ใช้พลังงานซึ่งจะเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและยังเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งปั๊มลมที่ได้จัดทำมีหลักการทำงานโดยการใช้หม้อแปลงในการลดแรงดันและกระแสให้ได้ 24VDC,15A ผ่านวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเพื่อทำให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจากนั้นก็ใช้ไดโอดป้องกันกระแสไหลย้อนกลับ และชิงก์กับไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ 85W,24VDC ผ่านชุดควบคุมการชาร์จ 10A แล้วต่อเข้ากับแบตเตอรี่ เพื่อใช้ขับมอเตอร์กระแสตรง 24VDC,250W

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

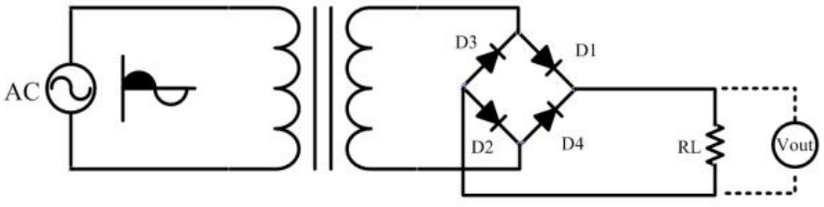
ได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้สำหรับการจัดทำปั๊มลมที่ใช้พลังงานร่วมแบบ 2 ระบบดังนี้

2.1 ปั๊มลมแบบลูกสูบ (PISTON COMPRESSOR) เป็นเครื่องอัดลมหรือปั๊มลมเนื่องจากมีความสามารถอัดลม และสร้างความดันหรือแรงดันได้ตั้งแต่ 1บาร์ (Bar) ไล่ระดับไปจนถึงเป็นพันบาร์ (Bar) ทำให้ปั๊มลมแบบลูกสูบทำได้ตั้งแต่ความดันต่ำ ความดันปานกลาง จนไปถึงความดันสูง แบบที่ใช้สายพาน จะให้เสียงเงียบกว่าแบบโรตารี่ ที่มีมอเตอร์ในตัว [4]

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ได้คำนวณและเลือกขนาดพร้อมจำนวนแผงเพื่อนำไปต่อใช้งานได้อย่างเหมาะสม [5]

2.3 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วยการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า [3]

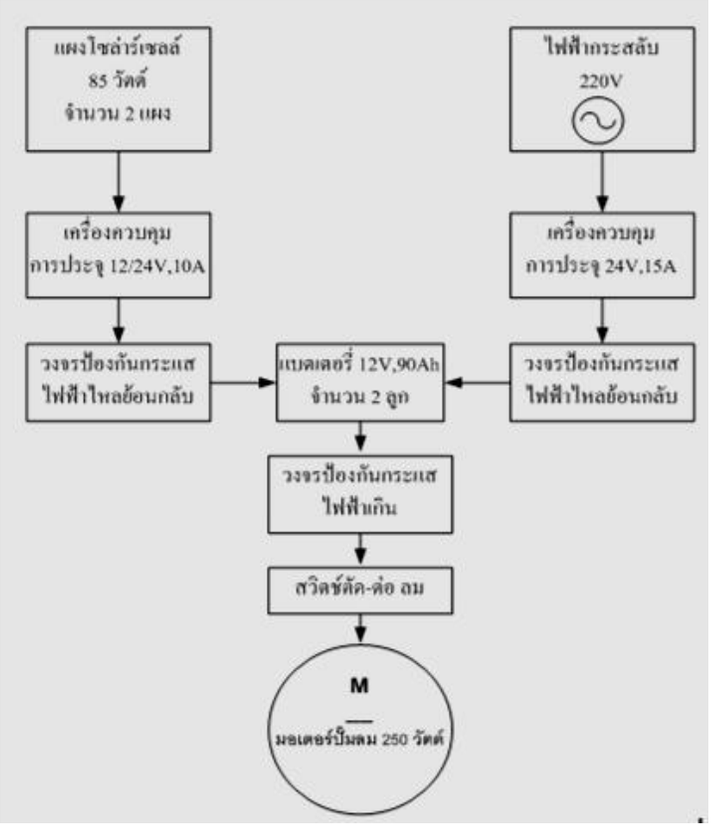
2.4 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มีลักษณะเหมือนวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเพราะแรงดันเอาท์พุทที่ได้เป็นแบบเต็มคลื่น ข้อแตกต่างระหว่างการเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์และแบบเต็มคลื่นธรรมดา ต่างกันตรงการต่อวงจรไดโอดแบบเต็มคลื่นจะใช้ไดโอด 2 ตัว แบบบริดจ์จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ก็แตกต่างกัน แบบเต็มคลื่นธรรมดาใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง (Center Trap, CT) มี 3 ขั้ว แบบบริดจ์ใช้หม้อแปลง 2 ขั้วหรือ 3 ขั้วก็ได้ แสดงดังรูปที่ 1 [1]



รูปที่ 1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

3. วิธีการดำเนินการ

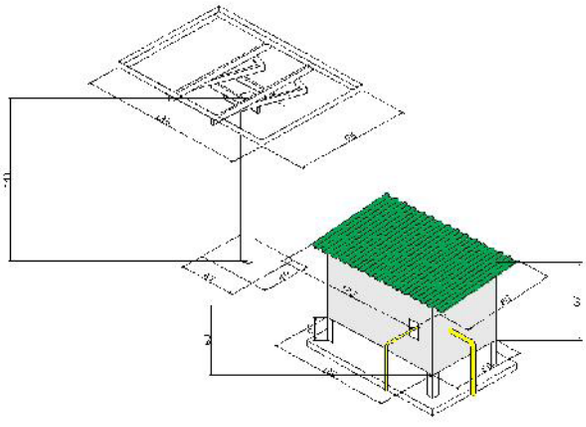
ทำการศึกษาค้นคว้าวิธีการทำเครื่องปั้มลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ระบบ โดย แบ่งกันเป็น 3 ส่วน คือ วงจรชุดปั๊มลม ชุดชาร์จแบตเตอรี่จากไฟฟ้ากระแสสลับ และการต่อซิงก์ไฟฟ้ากระแสตรงจาก 2 ระบบให้ทำงานร่วมกันส่วนของโครงสร้างของระบบมอเตอร์กระแสตรงและหัวปั้มลมแบบลูกสูบสำหรับเครื่องปั้มลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ระบบ ได้ศึกษาจากอินเตอร์เน็ตและเอกสารที่เกี่ยวข้อง



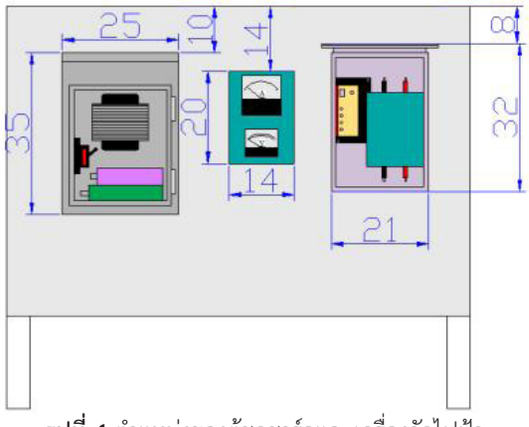
รูปที่ 2 แสดง Block Diagram วงจรปั๊มลม

จากรูปที่ 2 เป็นการแสดง Block Diagram วงจรปั๊มลม เมื่อโซล่าเซลล์รับแสงอาทิตย์จะปล่อยแรงดันออกมาเข้าเครื่องควบคุมการประจุ จะทำการชาร์จลงแบตเตอรี่และชุดชาร์จแบตเตอรี่จากไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220VAC ผ่านหม้อแปลงลดแรงดันจาก 220VAC เป็น 24VDC,15A ผ่านวงจรเรียงกระแสจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับแบตเตอรี่มอเตอร์จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อไปหมุนมอเตอร์ปั๊มลมแบบลูกสูบเพื่ออัดลมเข้าถังพักลมและเมื่อลมถูกอัดเข้าถังพักลมจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้ตัวตัดวงจรมอเตอร์จะตัดวงจรการทำงานของมอเตอร์ทันที

3.1 ออกแบบโครงสร้างของปั๊มลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ระบบ ดังนี้

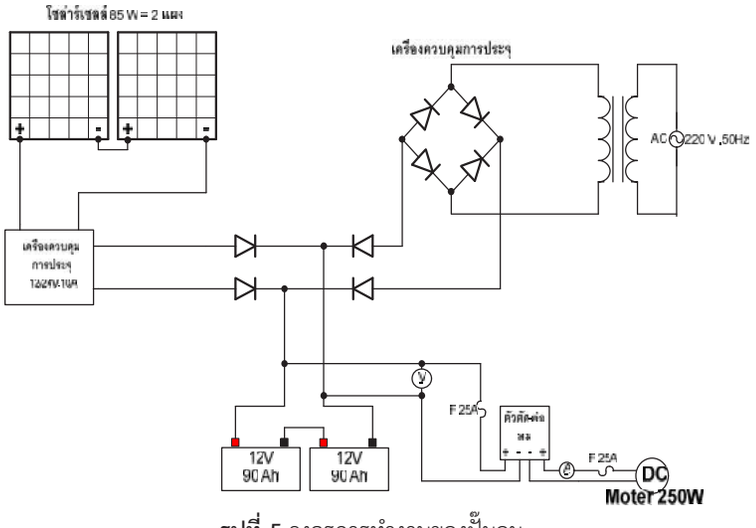


รูปที่ 3 โครงสร้างชุดแผงโซล่าเซลล์และที่วางถังพักลม



รูปที่ 4 ตำแหน่งของตู้ชุดชาร์จและเครื่องวัดไฟฟ้า

3.2 ออกแบบวงจรการทำงานของปั๊มลม



รูปที่ 5 วงจรการทำงานของปั๊มลม

1) แผงโซล่าเซลล์มีขนาด 85W แรงดัน 12VDC จำนวน 2 แผง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) โดยการต่อกันแบบอนุกรมทำแรงดันไฟฟ้าให้เป็น 24VDC, 170W และส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังชุดควบคุมการชาร์จ

คำนวณหาขนาดของแผงโซล่าเซลล์

$$\text{ขนาดของแผง} = \frac{250W}{\text{เวลาใช้งานประมาณ } 3\text{ hr.}}$$

เลือกใช้ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ที่ 85W

คำนวณหาจำนวนแผงโซล่าเซลล์

$$\text{จำนวนแผงโซล่าเซลล์} = \frac{\text{กำลัง } output \text{ รวมของโซล่าเซลล์ที่ต้องใช้}}{\text{กำลังไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ } 2 \text{ แผง}}$$

$$= \frac{250\,W}{170\,W} = 1.47 \text{ แผง}$$

= ประมาณ 2 แผง

2) ชุดควบคุมการชาร์จ 12/24VDC, 10A หน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุ

คำนวณหาขนาดของชุดควบคุมการชาร์จ

$$\text{ขนาดของชุดควบคุมการชาร์จ} = \frac{\text{แผงขนาด } 85W \times 2 \text{ แผง}}{\text{แรงดันของแผงโซล่าเซลล์}}$$

$$= \frac{170\,W}{24\,V}$$

$$= 7.083\,A$$

ใช้ชุดควบคุมการชาร์จที่มีมากกว่ากระแสที่มาจากโซล่าเซลล์ คือ 10A

3) แบตเตอรี่ 12VDC, 90Ah นำมาต่ออนุกรม ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

คำนวณหาค่าความจุของแบตเตอรี่และระยะการใช้งานของโหลด

$$\text{ขนาดของความจุแบตเตอรี่} = \frac{\text{กำลังโหลด}(W) \times \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน}(hr.)}{\text{แรงดันแบตเตอรี่} \times \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่(ธรรมดา)}}$$

$$= \frac{250W \times (7.27\text{นาที} \times 24\text{ชั่วโมง})}{24V \times 0.60}$$

$$= \frac{250W \times 2.904hr.}{24V \times 0.60}$$

$$= 50.42\,Ah.$$

หมายเหตุ กรณีไม่ใช้ Inverter จึงไม่คิดประสิทธิภาพ Inverter และเลือกใช้แบตเตอรี่ที่ 90 Ah. เนื่องจากโหลดกินกระแสสูงขณะ Start

คำนวณเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ที่ 90 Ah.

$$\text{ระยะเวลา(hr.)} = \frac{90\,Ah \times 24V \times 0.60}{250W} = \frac{1,296}{250W} = 5.184\,hr.$$

เวลาใช้งานของแบตเตอรี่กรณีชาร์จประจุเต็ม คือ ประมาณ 5 ชั่วโมง

4) โวลต์มิเตอร์กระแสตรง 50V ทำหน้าที่วัดแรงดันของแบตเตอรี่

5) ตัวตัดลม PUMA ทำหน้าที่เป็นตัวตัดวงจรการทำงานของมอเตอร์เมื่อมอเตอร์เป็นตัวขับให้คอมเพรสเซอร์ทำงานเพื่ออัดลมเข้าถังพักลม เมื่อลมถูกอัดจนถึงพิกัดตัวตัดลม PUMA จะเป็นตัวตัดการทำงานของมอเตอร์

6) แอมมิเตอร์กระแสตรง 40A ทำหน้าที่วัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์

7) มอเตอร์กระแสตรง ขนาด 250 วัตต์ ความเร็วรอบ 2,150 รอบ/นาที ทำหน้าที่หมุนหัวปั๊มลมเพื่ออัดลมเข้าถังพักลม ซึ่งต่อเข้ากับตัวตัดลม PUMA



รูปที่ 6 ชุดควบคุมการชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 7 แสดงชุดปั๊มลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ระบบ



รูปที่ 8 ปั๊มลมที่เสร็จสมบูรณ์

4. ผลการทดลอง

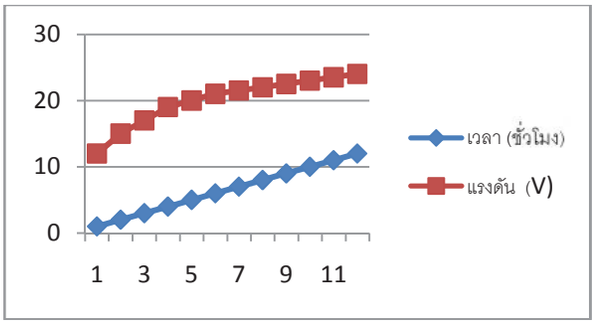
4.1 การทดสอบมอเตอร์การทดสอบมอเตอร์เป็นการทดสอบมอเตอร์ขณะมอเตอร์ทำงานมีโหลดโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เข้าชุดควบคุมตัวตัดลมมอเตอร์ให้กับมอเตอร์แล้วทำการวัดค่ากระแสที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์เริ่มปั๊มลมอัดลมได้จนถึง 7 บาร์ จึงทำการตัดการทำงานของมอเตอร์ดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตารางการเปรียบเทียบการทำงานในการปั๊มลม

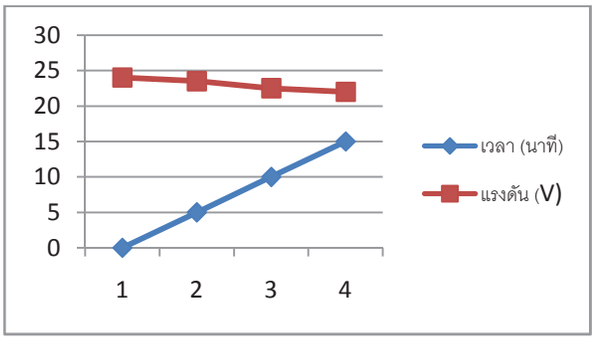
ความดันลม kPa (Bar)	เวลา (Min)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
0	00:01	24	15
1	00:11	24	17
2	00:36	22	18
3	01:14	21.5	19.4
4	01:59	21.5	19.6

5	03:45	21.2	20.16
6	05:34	21	21.10
7	07:27	20	22.15

การทดสอบเครื่องปั้มลม ตามตารางที่ 1 เป็นการทดสอบการปั้มลมเทียบกับเวลา เมื่อมอเตอร์ทำงานขณะสตาร์ทมอเตอร์จะดึงกระแสสูงมาก และแรงดันก็คงที่ เมื่อเครื่องปั้มลมอัดลมเข้าถังในระหว่าง 1 บาร์ ถึง 4 บาร์ ลมจะอัดเข้าถึงได้เร็วมาก แต่เมื่อลมถูกอัดเกิน 4 บาร์ ขึ้นไปก็จะอัดลมได้ช้าลงเพราะมีแรงดันลมในถังเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้แรงดันลมระหว่าง 4 บาร์ ถึง 7 บาร์ จึงอัดลมได้ช้าลง และเมื่อแรงดันลมถึง 7 บาร์ ตัวตัดลมก็จะทำการตัดลมทำให้มอเตอร์หยุดการทำงาน

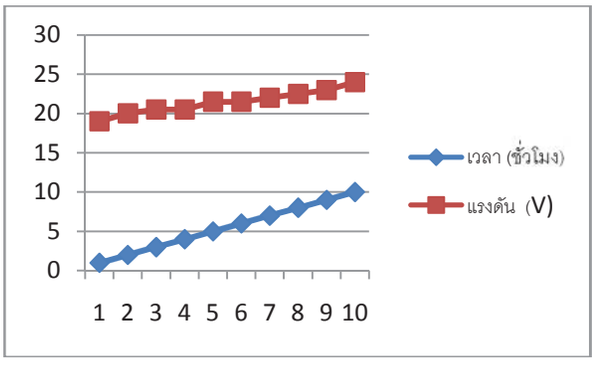


รูปที่ 9 การทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าโซล่าเซลล์



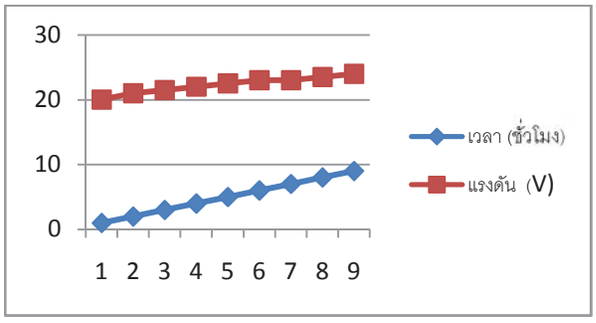
รูปที่ 10 การใช้งานแบตเตอรี่ เมื่อมอเตอร์ทำงาน

หมายเหตุ ในการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 250W มีข้อจำกัดไว้ว่าในการทำงานต่อเนื่องไม่เกิน 15 นาที (ปั๊มได้ต่อเนื่องไม่เกิน 2 ครั้ง) เพราจะทำให้มอเตอร์ร้อน



รูปที่ 11 การทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220VAC

จากรูปที่ 11 การชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้งใช้เวลาการชาร์จให้เต็ม 10 ชั่วโมง



รูปที่ 12 การชาร์จแบตเตอรี่ร่วมกันของระบบโซล่าเซลล์ และ220VAC

จากรูปที่ 12 การชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้งใช้เวลา 9 ชั่วโมงในการชาร์จให้เต็ม

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการปั๊มลมของมอเตอร์ DC และมอเตอร์ AC

ข้อเปรียบเทียบ	ปั๊มลมมอเตอร์ DC	ปั๊มลมมอเตอร์ AC
แรงดันลม kPa(Bar)	7 บาร์	7 บาร์
แรงดัน (V)	24 V	220 V
กระแส (A)	10 A	3.8 A
เวลาในการปั๊ม	18 นาที	2.40 นาที

จากผลการทดลองการเปรียบเทียบปั๊มลมมอเตอร์ DC และปั๊มลมมอเตอร์ AC จะเห็นได้ว่ามอเตอร์ AC ใช้เวลาในการปั๊มลมน้อยกว่ามอเตอร์ DC ถึง 6 เท่าในการปั๊มลมของมอเตอร์ AC

5. สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างปั๊มลมกระแสตรง(DC)ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 220VAC ผ่านชุดชาร์จแบบเรียงกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ในการทดสอบปั๊มลมกระแสตรง(DC)ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 220VAC ร่วมกับพลังงานที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่าในการทดสอบการทำงานจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากถึง 35VDC โดยสามารถชาร์จแบตเตอรี่ ขนาดแรงดัน 24VDC ในเวลา 9 ชั่วโมง ใช้เวลาน้อยกว่าแบบชาร์จด้วยไฟฟ้า AC 1 ชั่วโมง และชาร์จด้วยไฟฟ้าที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ 3 ชั่วโมงที่ความจุแบตเตอรี่เต็มพอดี และมอเตอร์ทำงานในการขับหัวปั๊มลมอัดลมเข้าสู่ถังพักลมได้แรงดันลมสูงสุด 7 บาร์ ใช้เวลาที่ 18 นาทีในระยะแรกที่ไม่มีลมในถังพักเลย

เอกสารอ้างอิง

[1] นภัทร วัจนเทพินทร์ (2538). อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ :สกายบุ๊กส์

[2] สมบูรณ์ มาลานนท์. (ม.ป.ป.). แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตชิ่ง. กรุงเทพฯ: เซ็นเตอร์.

[3]http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php (วันที่ค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม 2556)

[4] http://www.108hardware.com/articles/มารู้จักประเภทปั๊มลม.html (วันที่ค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม 2556)

[5] http://solar-system.champbizshop.com/charger.htm (วันที่ค้นข้อมูล 19 สิงหาคม 2556)

O-IR07

แบบจำลองความเข้มแสงของแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Solar Irradiance Model of Photovoltaic Module

ธีรภัทร ทวีวงศ์, อนุสรณ์ ธนเสนา, อัมรินทร์ จงไพศาล และนัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร10800

E-mail: nattachote.r@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแบบจำลองความเข้มแสงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าความเข้มแสงกับแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือเซลล์แสงอาทิตย์นำมาทดสอบการรับค่าความเข้มแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนชนิดผลึกเดี่ยวเปรียบเทียบกันระหว่างแหล่งกำเนิดแสงจากแบบจำลองความเข้มแสงที่มีชุดควบคุมความเข้มของแสง โดยมีแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดทังสเตนฮาโลเจนและจากแสงอาทิตย์ธรรมชาติในระดับความเข้มของแสง 100 ถึง 1000วัตต์ต่อตารางเมตรเพื่อศึกษาดูผลกระทบของแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แรงดันไฟฟ้าในสภาวะปกติและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะการชาร์จแรงดันไฟฟ้าที่มีโหลดไม่เกิน100 วัตต์ จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองความเข้มแสงมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.12 โดยมีค่าผิดพลาดสูงสุดร้อยละ 10.44 เมื่อนำชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมไปใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า สามารถควบคุมค่าความเข้มของแสงให้ใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์ธรรมชาติตามความเข้มแสงที่กำหนดไว้ได้ รวมถึงแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองสภาวะมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกันกับแสงอาทิตย์ธรรมชาติ และความเข้มของแสงตั้งแต่300 วัตต์ต่อตารางเมตรขึ้นไปสามารถใช้ได้กับโหลดคงที่100 วัตต์ ได้อย่างต่อเนื่องมีประสิทธิภาพ และมีความมั่นคงในการใช้ไฟฟ้า

คำสำคัญ: แบบจำลองความเข้มรังสีแสงอาทิตย์; เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว; สภาวะการชาร์จแรงดันไฟฟ้า

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเรื่อยๆจึงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าในประเทศไทยไม่เพียงพอต่อการใช้งานในปัจจุบัน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้นก็ลดลงเรื่อยๆ เช่นถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นจึงได้มีการรณรงค์ให้มีการใช้พลังงานทดแทนในการช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้า ในปัจจุบันพลังงานทดแทนที่นำมาช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าที่เห็นได้ชัดที่สุดคือพลังงานจากลมและพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในที่นี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมีชื่อเรียกว่า โซล่าเซลล์หรือเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าและในปัจจุบันก็มีการนำเอาโซล่าเซลล์มาใช้ประโยชน์ในการช่วยผลิตกระแสไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย

โซล่าเซลล์หรือเซลล์แสงอาทิตย์นั้น เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง โดยสารกึ่งตัวนำ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์หรือแสงสว่างได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์สร้างจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาเซไนด์ (Gallium Arrsenide)เป็นต้น โดยเมื่อมีแสงมาตกกระทบที่แผงโซล่าเซลล์นั้นจะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า “กระบวนการโฟโตโวตาอิก” เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสิ่งที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดกระบวนการผลิตไฟฟ้านี้ก็คือ ปริมาณแสง ความเข้มของแสง ความสม่ำเสมอของแสง ให้มีค่าที่เพียงพอ ซึ่งปัจจัยข้างต้นนั้นมีผลต่อระบบการผลิตไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ ซึ่งปัญหาที่ทำให้มีผลต่อการรับแสงของโซล่าเซลล์นั้นมีปัจจัยต่างๆดังนี้คือ อุณหภูมิ ความร้อน สภาพอากาศทางธรรมชาติ ในช่วงเวลาที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก เวลากลางคืน หรือฝนตก หรือในช่วงฤดูหนาวนั้นมีปริมาณแสงที่น้อยหรือแทบไม่มีเลย ซึ่งปัญหาข้างต้นนั้นเป็นสิ่งที่ควบคุมไม่ได้

จากเหตุผลดังกล่าวโครงงานนี้จึงสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทดลอง ศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจถึงหลักการทำงานของโซล่าเซลล์ และทางผู้จัดทำได้มีแนวคิดที่จะใช้แสงเทียมแทนแสงจากดวงอาทิตย์จริง เพื่อศึกษาวิธีการรับค่าแสงของโซล่าเซลล์และสามารถทำการทดลองอุปกรณ์ชนิดนี้ได้ในช่วงที่ไม่มีแสงจากดวงอาทิตย์ เพราะในบางครั้งต้องรอเวลาในการวัดและทดสอบ เพื่อจะได้ความเข้มของแสงที่เหมาะสม ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ออกแบบแบบจำลองความเข้มแสงของแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการวัดและทดสอบโซล่าเซลล์ ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทความของ เชี่ยวชาญ โตโคกสูง [1] ได้นำเสนอออกแบบและปรับปรุงระบบแสงอาทิตย์เทียมเพื่อใช้ทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ทางแสงในห้องปฏิบัติการ ระบบแสงอาทิตย์เทียมที่ออกแบบมีขนาด 13.5x13x30 เซนติเมตร ใช้หลอดแอลอีดี สีขาวขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 81 หลอด เป็นตัวกำเนิดแสงสำหรับทดสอบ ควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงหลอดแอลอีดี ขณะทดสอบด้วยโปรแกรม Lab VIEW ผลการ

ทดสอบพบว่าระบบแสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้น สามารถทดสอบ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ที่มีขนาดไม่เกิน 12x12 เซนติเมตร มีความสว่างสูงสุด 97.92 ลักซ์

บทความของ นภัทร วัจนเทพินทร์ [2] ได้นำเสนอการพัฒนาชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมสำหรับห้องปฏิบัติการและนำมาทดสอบผลของการผลิตไฟฟ้าไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกันระหว่างแสงอาทิตย์เทียม และจากแสงอาทิตย์ธรรมชาติ ใช้หลอดทังสเตนฮาโลเจนเป็นแหล่งกำเนิดแสง มีควบคุมความเข้มของแสงอาทิตย์เทียม ปรับความเข้มของแสงได้ 10 ระดับ และมีรีโมทไร้สายควบคุมการปิดเปิดแหล่งกำเนิดแสง ผลการวิจัยพบว่า ชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมให้ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ต่างจากแสงอาทิตย์ต่างจากค่าที่คาดหมายเล็กน้อย มีค่าพลาดเฉลี่ยร้อยละ 7.28 เมื่อนำชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมไปใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้แสงอาทิตย์เทียม ที่มีความเข้มของแสงเท่ากับแสงอาทิตย์ธรรมชาติ จะผลิตไฟฟ้าได้ต่ำกว่าแสงอาทิตย์จากธรรมชาติ ที่ค่าเฉลี่ย 2.37 เท่า

บทความของ Gibson [4] ได้นำเสนอการทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการใช้งานด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนและชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนถึงการใช้สายชาร์จพลังงานไปสู่แบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ชนิดที่เป็นเหล็กฟอสเฟตได้เก็บพลังงานในการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มความจุโดยได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด ในขณะที่หลีกเลี่ยงอันตราย จากความร้อน อันตรายที่เกี่ยวข้องจากการชาร์จเกินความจำกัดของการออกแบบการควบคุมระบบการชาร์จจากแสงอาทิตย์

บทความของ Dongsen [5] ได้นำเสนอพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปสู่อุปกรณ์ตัวหนึ่งเสมือนตัวควบคุมพลังงานไฟฟ้า (qZSI) กับแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ต่อตรงกับตัวเก็บประจุของระบบ (qZSI) เพื่อความมั่นคงของพลังงาน การจัดเรียงของระบบใหม่โดยการออกแบบและการดำเนินการหลักคือการวิเคราะห์, การค้างอยู่ของพลังงานในแบตเตอรี่, ระบบผลิตไฟฟ้าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าตามความต้องการอย่างคงที่ให้โหลดแม้แต่พลังงานไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าที่วัดได้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมของระบบ ในขณะที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของแบตเตอรี่ กับพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ ระบบสามารถกำหนดพลังงานไฟฟ้าที่ไหลไปยังแบตเตอรี่ให้ปลอดภัยจากการชาร์จเกินจำกัด หรือ การขาดการชาร์จ การศึกษานี้สำรวจการควบคุมโดยรวมของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยวิธีของการควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และใช้โปรแกรม MATLAB ในการนำเสนอ การวิจัยผลว่า ระบบสามารถดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย จากการวัดค่าพลังงาน

3.หลักการพื้นฐานการส่องสว่าง

การส่องสว่าง หมายถึง ปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์ความสว่างที่ตกบนพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ถ้าพิจารณาผิวที่อยู่ห่างจากหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่าง 1 แคลเดลลา เป็นระยะทาง 1 เมตร ความเข้มแห่งการส่องสว่างจะมีค่า 1 ลักซ์โดยความเข้มแห่งการส่องสว่างจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสองดังสมการที่ 1

$$E = IR^2 \quad (1)$$

ให้ E คือความสว่าง (lux)

R คือระยะห่างจากหลอดไฟถึงผิวที่พิจารณา(m)

I คือกำลังส่องสว่าง (แคนเดลลา,cd) โดยที่ $I = \frac{p}{4\pi r^2}$

P แทนกำลังของ หลอดไฟ (Watt) และ $4\pi r^2$ คือ พื้นที่ผิวที่แสงตกกระทบ(m^2)

4. วัสดุ อุปกรณ์

4.1. การออกแบบและสร้างแบบจำลองความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

ศึกษารายละเอียดข้อมูลต่างๆจากทฤษฎี และ โครงการวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวคิดในการออกแบบแบบจำลองความเข้มแสง เมื่อได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วจึงนำมาทำการออกแบบและสร้างแบบจำลอง โดยจะต้องออกแบบวงจรควบคุมความเข้มแสงของแบบจำลองความเข้มแสง โดยกำหนดการศึกษาเป็นระดับ ระดับละ 100 w/m^2 จนถึง 1000 w/m^2และสามารถปรับความเข้มแสงได้ด้วยวงจรแสงสว่างดิมเมอร์ 1000 W จัดหาอุปกรณ์ตามที่ออกแบบเพื่อที่จะนำมาสร้างวงจรควบคุมความเข้มแสงและโครงสร้างของแบบจำลองความเข้มแสง ประกอบตัวกำเนิดแสง และทำการทดลองเพื่อปรับระดับความเข้มแสงให้ได้ 10 ระดับตามที่กำหนด ภายใต้เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์Solar Power Meter รุ่น ST-1307 คณะผู้วิจัยเลือกใช้หลอดทังสเตนฮาโลเจน 1500 W 220 V จำนวน 3 หลอด แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว 130 W 18 V(Monocrystalline Photovoltaic) ส่วนโครงสร้างทำด้วยเหล็ก ให้มีความแข็งแรงรับน้ำหนักได้ดี มีล้อเลื่อนด้านล่างสะดวกในการเคลื่อนย้ายแบบจำลองความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ฐานแกนหลอดไฟสามารถเลื่อนเข้าออกได้เพื่อในการทดลอง สามารถหาจุดกระจายแสงที่ดีเครื่องมือวัดใช้ Digital MultiMeter รุ่น

Sanwa PC700และโปรแกรม PCLink7 แสดงการทำงานของแผงแสงอาทิตย์ มีตัวควบคุมการประจุไฟฟ้า (Charge Controller)แบบPulse Width Modulation 10 A 12 Vอินเวอร์เตอร์แบบPure Sine Wave 300 W 12 VDC to 220 VAC

4.2. แบบจำลองความเข้มแสง

แบบจำลองความเข้มแสงนี้ได้แบ่งการการทำงานไว้ 2 ชุดการทำงานคือ ชุดแสดงการทำงานของแสงอาทิตย์เทียมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับ ชุดควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล



รูปที่ 1: ชุดแสดงการทำงานของแสงอาทิตย์เทียมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2: ชุดควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล

5. วิธีการทดลอง

5.1. ทดลองวัดค่าจากแสงอาทิตย์ธรรมชาติ

5.1.1 นำแผงโซล่าเซลล์ติดตั้งนอกอาคารบริเวณที่ไม่มีเงาบังหันหน้าไปทางทิศใต้โดยมีความชัน 15 องศาจากพื้นดิน[3,6]

5.1.2 ต่อเอาต์พุตเข้ากับโหลดคงที่ 100 วัตต์

5.1.3 ทดลองวัดค่าความเข้มของแสงโดยใช้ Solar Power Meter รุ่น ST-1307 ทำการวัดค่าที่ได้ทุก 30 นาทีพร้อมกับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ Digital MultiMeter รุ่น Sanwa PC700เริ่มตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 13.00 น. ช่วงเดือนมิถุนายน 2557

5.1.4 ทำการทดลองในสองสภาวะคือ สภาวะแบบปกติและสภาวะการชาร์จแรงดันไฟฟ้าแล้วบันทึกผลการทดลอง

5.2.ทดลองด้วยชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียม

5.2.1 ดำเนินการทดลองแบบจำลองความเข้มแสงอาทิตย์ในห้องปฏิบัติการ

5.2.2 ต่อเอาต์พุตเข้ากับโหลดคงที่ 100 วัตต์

5.2.3 ปรับระดับความเข้มแสงทั้ง 10 ระดับ ตั้งแต่ 100-1000 W/m² ทดลองวัดค่าความเข้มของแสงโดยใช้ Solar Power Meter รุ่น ST-1307โดยกำหนดจุดที่วัดในตำแหน่งที่กำหนดไว้ 9 จุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในระยะฉายแสง 60 เซนติเมตรคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่กำหนดไว้แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาด

5.2.4 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง10 ระดับโดยใช้ Digital MultiMeter รุ่น Sanwa PC700

5.2.5 ทำการทดลองในสองสภาวะคือ สภาวะแบบปกติและสภาวะการชาร์จแรงดันไฟฟ้า แล้วบันทึกผลการทดลอง

5.3.ทดลองด้วยโปรแกรม PCLink7 ช่วงความเข้มแสง 100 W/m^{2}ถึง 1000 W/m^2

5.3.1 ดำเนินการทดลองแบบจำลองความเข้มแสงอาทิตย์ในห้องปฏิบัติการ

5.3.2 ต่อเอาต์พุตเข้ากับโหลดคงที่ 100 วัตต์

5.3.3 ต่อDigital MultiMeter รุ่น Sanwa PC700เข้ากับ Notebookเปิดโปรแกรม PCLink7

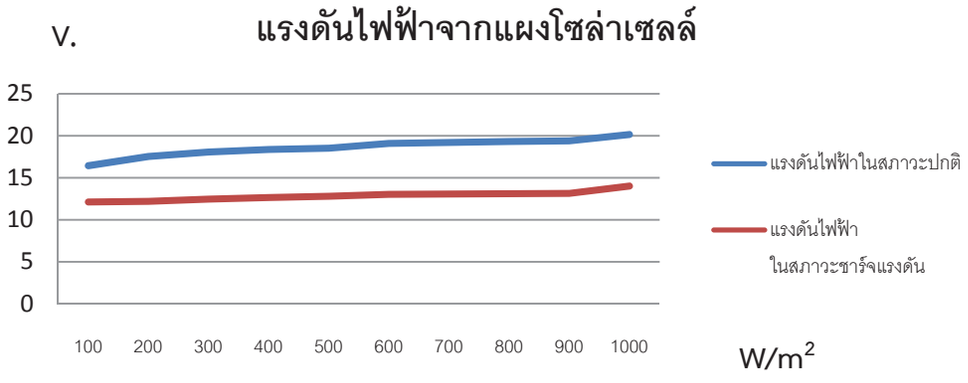
5.3.4 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง10 ระดับโดยใช้ Digital MultiMeter รุ่น Sanwa PC700

5.3.5 ทำการทดลองในสองสภาวะคือ สภาวะแบบปกติและสภาวะการชาร์จแรงดันไฟฟ้า แล้วบันทึกผลการทดลอง

6. ผลการทดลอง

6.1.ผลการทดลองค่าจากแสงอาทิตย์ธรรมชาติ

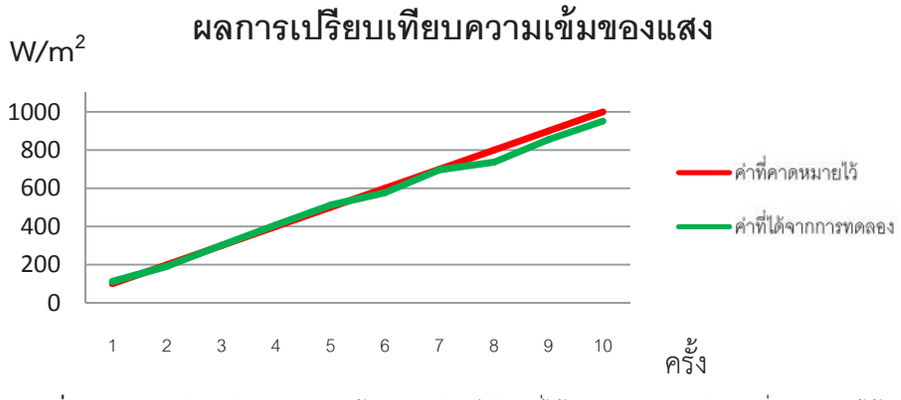
แสงที่เกิดขึ้นเป็นแสงที่ได้จากธรรมชาติจะมีช่วงเวลาที่มีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอน ดังนั้นค่าแรงดันที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์จึงไม่คงที่ เมื่อเริ่มวัดระดับความเข้มของแสงอาทิตย์จริงตามช่วงเวลาที่กำหนดตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 13.00 น. ช่วงเดือนมิถุนายน 2557เพื่อหาค่าความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์จริงตั้งแต่ 100 W/m^{2}ถึง 1000 W/m^2 โดยมีการต่อโหลดก็จะได้ช่วงเวลาของความเข้มแสงที่กำหนดและแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์ในสภาวะปกติและในช่วงที่กำลังชาร์จแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: ผลแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 130 W

จากรูปที่ 3 พบว่าที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 21.15 V ที่ความเข้มของแสงอาทิตย์ธรรมชาติ 1000 W/m^2 และแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดเท่ากับ 16.43 V ความเข้มของแสงอาทิตย์ธรรมชาติ 100 W/m^{2}แรงดันไฟฟ้าจากความเข้มแสงอาทิตย์ธรรมชาติเฉลี่ย18.631 V

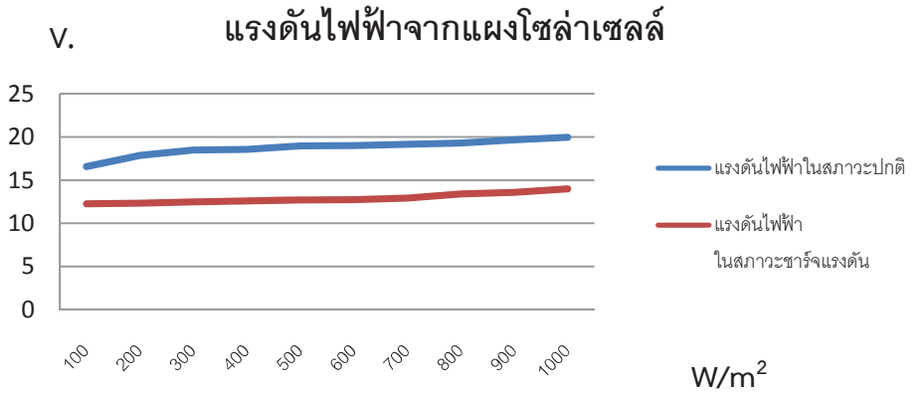
6.2.ผลการทดลองค่าจากแสงอาทิตย์เทียม



รูปที่ 4: ผลการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงอาทิตย์เทียมที่ได้จากการทดลองกับค่าที่คาดหมายไว้

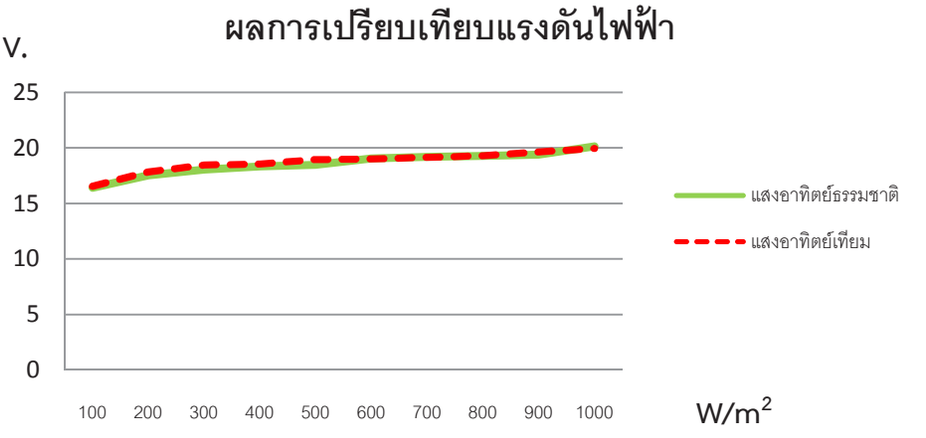
จากรูปที่ 4 พบว่าเมื่อวัดค่าความเข้มแสงโดยเฉลี่ยของการทดลองกับค่าที่กำหนดไว้มีค่าความผิดพลาดของแบบจำลองความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.12 โดยมีค่าผิดพลาดสูงสุดร้อยละ 10.44ที่ความเข้มแสงแสงอาทิตย์เทียมที่ 100 W/m^2 และมีค่าผิดพลาดต่ำสุดร้อยละ 0.37ที่ความเข้มแสงแสงอาทิตย์เทียมที่ 300 W/m^2

การวัดค่าแสงจากแสงอาทิตย์เทียมเป็นแสงจากหลอดทังสเตนฮาโลเจน โดยกำหนดการวัดค่าไว้ 10 ระดับ เริ่มตั้งแต่ 100 W/m^2ถึง 1000 W/m^2วัดค่าความเข้มของแสงด้วย Solar Power Meter รุ่น ST-1307 ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์ ปรับระดับความเข้มของแสงอาทิตย์เทียมที่ได้จากหลอดทังสเตนฮาโลเจนตั้งแต่ 100 W/m^2ถึง 1000 W/m^2โดยมีการต่อโหลดไม่เกิน 100 W เพื่อดูแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์และเมื่อแผงโซล่าเซลล์อยู่ในสภาวะที่กำลังชาร์จแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ วัดค่าทั้งหมด 10 ระดับ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: ผลแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 130 W

จากรูปที่ 5 พบว่าเมื่อค่าความเข้มของแสงอาทิตย์เทียมเพิ่มขึ้นแรงดันที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 19.95 DCV แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 16.56 DCV



รูปที่ 6: ผลการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 130 W
เมื่อทดลองด้วยแสงอาทิตย์ธรรมชาติและแสงอาทิตย์เทียม

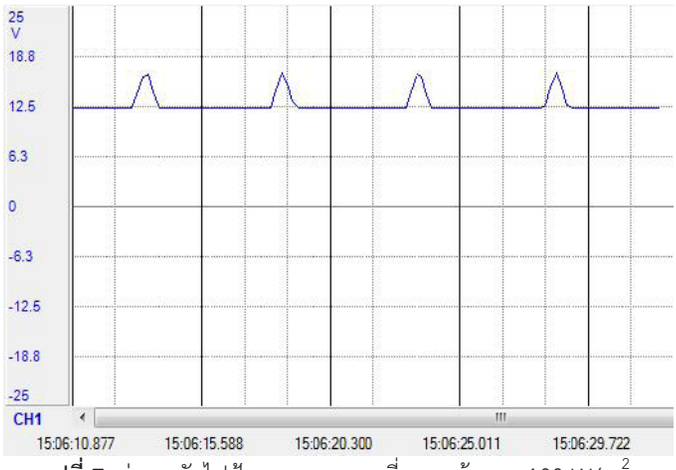
จากรูปที่ 6 เมื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์ธรรมชาติและแหล่งกำเนิดจากแสงอาทิตย์เทียมมาเปรียบเทียบกันพบว่า มีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน ที่ค่าความเข้มแสงสูงสุดของแสงอาทิตย์เทียมสูงสุดเฉลี่ย 951.77 W/m^2ได้แรงดันไฟฟ้า 19.95 V แต่ที่ได้จากแสงอาทิตย์ธรรมชาติ คือ 20.15 Vค่าความเข้มแสงสูงสุดประมาณ 1000W/m^2คิดเป็นสัดส่วน 0.99 เท่า

6.3.แสดงการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ด้วยโปรแกรม PCLink7 ช่วงความเข้มแสง 100 W/m^2ถึง 1000 W/m^2

เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานในสภาวะชาร์จแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ จะไม่สามารถวัดได้ด้วยสายตาหรือมิเตอร์แบบปกติได้เพราะจะมีค่าที่ไม่คงที่อยู่ตลอดเวลา จึงต้องใช้โปรแกรมในการช่วยแสดงผลออกมา เพื่อดูการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะที่กำลังชาร์จแรงดันไฟฟ้าจากแบบจำลองความเข้มแสงโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงจากอาทิตย์เทียม

6.3.1. ค่าความเข้มแสงที่ 100 W/m^2

เมื่อความเข้มแสงเท่ากับ 100 W/m^{2}และโหลดสูง ทำให้แรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ตกลง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะทำการชาร์จแรงดันไฟฟ้าเพิ่ม โดยแรงดันไฟฟ้าที่ความเข้มแสง 100 W/m^{2}สูงสุดอยู่ที่ 16.56 V แรงดันไฟฟ้าในสภาวะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์กำลังชาร์จแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 12.42 V ระยะเวลา 4 วินาที ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7: ค่าแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาที่ความเข้มแสง 100 W/m^2

6.3.2. ค่าความเข้มแสงที่ 300 W/m^2

เมื่อความเข้มแสงเท่ากับ 300 W/m^{2}และโหลดสูง ทำให้แรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ตกลง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะทำการชาร์จแรงดันไฟฟ้าเพิ่ม โดยแรงดันไฟฟ้าที่ความเข้มแสง 300 W/m^{2}สูงสุดอยู่ที่ 18.46 V แรงดันไฟฟ้าในสภาวะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์กำลังชาร์จแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 12.50 V ระยะเวลา 4 วินาที ดังรูปที่ 8



รูปที่8 ค่าแรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาที่ความเข้มแสง 300 W/m^2

7.อภิปรายผล

แบบจำลองความเข้มแสงที่ใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดทังสเตนฮาโลเจนขนาดกำลังไฟฟ้ารวม 4500 วัตต์ สามารถควบคุมความเข้มได้เมื่อนำไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อศึกษาแรงดันไฟฟ้า พบว่า แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์เทียม มีค่าที่ใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์ธรรมชาติแต่ในภาพรวมจะต่ำกว่าแสงอาทิตย์ธรรมชาติเล็กน้อย ที่ค่าความเข้มแสงสูงสุดของแสงอาทิตย์เทียมสูงสุดเฉลี่ย 951.77 W/m^2 ได้แรงดันไฟฟ้า 19.95 V แต่ที่ได้จากแสงอาทิตย์ธรรมชาติ คือ 20.15 V ค่าความเข้มแสงสูงสุดประมาณ 1000W/m^2 แรงดันไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วน 0.99 เท่าความเข้มแสงของการทดลองกับค่าที่กำหนดไว้มีค่าความผิดพลาดของแบบจำลองความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.12 โดยมีค่าผิดพลาดสูงสุดร้อยละ 10.44 ที่ความเข้มแสงแสงอาทิตย์เทียมที่ 100 W/m^2 และมีค่าผิดพลาดต่ำสุดร้อยละ 0.37 ที่ความเข้มแสงแสงอาทิตย์เทียมที่ 300 W/m^{2}อาจเป็นเพราะการกระจายแสงของแสงอาทิตย์เทียมที่ไม่สม่ำเสมอกันที่เกิดจากการติดตั้งหลอดระยะห่างการฉายแสง

8. สรุปผล

ชุดแสดงการทำงานของแสงอาทิตย์เทียมที่สร้างขึ้นนี้สามารถกำเนิดแสงให้มีความเข้มระหว่าง100-1000 W/m^2ได้เทียบเท่าแสงอาทิตย์จริง แต่เมื่อไปส่องให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า ในสภาวะแบบปกติแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าที่สูงขึ้นเรื่อยๆตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและสภาวะแบบชาร์จแรงดันไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามความเข้มของแสงและโหลด เพื่อทำการชาร์จแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากการทดลองด้วยแสงอาทิตย์ธรรมชาติและแสงอาทิตย์เทียมจะมีค่าที่ไม่ต่างกันมากและความเข้มของแสงตั้งแต่300 วัตต์ต่อตารางเมตรขึ้นไปกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว 130 วัตต์สามารถใช้ได้กับโหลดคงที่ 100 วัตต์ ได้อย่างต่อเนื่องโดยที่แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ต่ำลง แบบจำลองความเข้มแสงของแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวเหมาะสมที่จะใช้ในการเรียนการสอน หรือใช้ในการสาธิต ฝึกอบรม เพื่อเป็นการสร้างแนวคิด การออกแบบ หรือแสดงในเห็นถึงการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์

บรรณานุกรม

[1] เชี่ยวชาญ โตโคกสูง, 2550, การพัฒนาระบบแสงอาทิตย์เทียมด้วยแอลอีดี, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] นภัทร วัจนเทพินทร์, 2554,"การพัฒนาชุดกำเนิดแสงเทียมสำหรับห้องปฏิบัติการ," การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย ครั้งที่ 1.

[3] บางจากปิโตรเลียม, “โครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์,” www.bangchak.co.th/Download/SunnyEbookDownload_2sunny-report2012-final.pdf [15 กรกฎาคม 2557].

[4] Gibson,T.L. andKelly,N.A.,“Solar Photovoltaic Charging of Lithium-Ion Batteries,”IEEEVehicle Powerand Propulsion Conference, USA, pp.310-316, 2009.

[5] Sun Dongsen and GeBaoming, “Power Flow Control for Quasi-Z Source Inverter with Battery based PV Power Generation System”, IEEE Trans on Power Electronics, 2011, pp.1051-1055.

[6] ThaiSolarFuture, 2009,“ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์,” www.thaisolarfuture.com/solarroof.php?cat=13, [21 กรกฎาคม 2557].

O-IR08

คุณลักษณะจำเพาะของฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีการเติมธาตุดีบุกบนท่ออะลูมิเนียมเพื่อใช้เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์

Characterization of Tin-pigmented Aluminium Oxide Films on Aluminium Tube for Using as Solar Receiver

ธวัช สุริวงษ์[1] ,ฐิติพร เจาะจง[1], ชานนท์ บุญมีพิพิธ[1], สุขฤดี สุขใจ[1], ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์[2]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000 E-mail: tawats@nu.ac.th

[2] สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาคุณลักษณะเฉพาะของท่ออะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการ อะโนไดซ์โดยมีการเติมธาตุดีบุกลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ ($Sn\text{-}Al_2O_3$) เพื่อใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่มีสมบัติเป็นสารเลือกรับรังสีอาทิตย์ มีการวิเคราะห์ความหนาของฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสี (Reflectance, R) ที่ช่วงความยาวคลื่น250 ถึง 2,500 นาโนเมตร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)และ Ultraviolet-Visible-NearInfraredSpectrophotometerตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีผิวสีดำเข้ม มีความมันวาวน้อย ความหนาเฉลี่ยของชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีธาตุดีบุกในชั้นฟิล์มเท่ากับ18.9 ไมโครเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีและสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α) เท่ากับ0.078 และ0.92ตามลำดับ สำหรับค่าการสูญเสียความร้อน (Heatloss) ของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าที่ต่ำ โดยค่าการสูญเสียความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.166 วัตต์/เมตรที่ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{abs}-T_{amp}=ΔT) เท่ากับ 53.3°C สรุปได้ว่า ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์สามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์ได้

คำสำคัญ: ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar collector); อะลูมิเนียม (Aluminium); ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorber); ตัวรับรังสีอาทิตย์ (Solar receiver); ค่าการสูญเสียความร้อน (Heatloss)

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกของเรามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องส่งผลทำให้วิถีชีวิตและกิจกรรมต่างๆของผู้คนมีความผูกพันและพึ่งพาการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ขณะนี้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณ 1 ใน 3 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ทุกประเทศถือเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งที่เป็นยุทธศาสตร์ของชาติ เพื่อให้มีความมั่นคงทางด้านพลังงานไฟฟ้าอย่างยั่งยืน [1-2] ดังนั้นการที่ประเทศไทยต้องการมีความมั่นคงทางพลังงานไฟฟ้าแบบยั่งยืนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อเพิ่มคาร์บอนเครดิตของประเทศ ส่งผลให้พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนเข้ามามีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในความพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวพลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดชนิดหนึ่งในบรรดาพลังงานทดแทนทั้งหมดในปัจจุบัน สำหรับประเทศไทยพื้นที่ทั้งหมดของประเทศมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูง คือได้รับความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีมีค่าสูงถึง19-20MJ/m^2-day และ 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วง 18-19MJ/m^2-day [3,4] ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกแรกๆ ที่เหมาะสมกับประเทศไทย ทั้งเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าและเทคโนโลยีผลิตความร้อน สำหรับเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้ามี 2 แบบด้วยกันคือ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ซึ่งปัจจุบันมีโรงไฟฟ้าประเภทนี้อยู่หลายแห่งและกระจายอยู่ทั่วทุกภาคในประเทศ และประเภทที่สองคือ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลา (Parabolic trough collector) โดยนำความร้อนที่ได้จากการรวมรังสีอาทิตย์จากรางพาราโบลาลงบนท่อรับรังสีอาทิตย์ (receiver tube หรือ absorber tube) ที่บริเวณผิวท่อถูกเคลือบด้วยวัสดุดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (absorber coating) มาถ่ายโอนความร้อนให้กับของไหลที่ไหลภายในท่อรับรังสีอาทิตย์จนมีอุณหภูมิและความดันสูง แล้วนำของไหลที่มีอุณหภูมิและความดันสูงนี้มาหมุนกังหันไอน้ำเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพของอุปกรณ์สามารถทำอุณหภูมิของน้ำหรือน้ำมันได้สูงถึง 60-300°C [5-7]ทั้งนี้หนึ่งในอุปกรณ์หลักของเทคโนโลยีประเภทการรวมแสงอาทิตย์ คืออุปกรณ์รับรังสีอาทิตย์ที่บริเวณผิวถูกเคลือบด้วยวัสดุดูดกลืนรังสีอาทิตย์ หากตัวรับรังสีอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงก็สามารถนำพลังงานรังสีอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีการนำเข้าอุปกรณ์ดังกล่าวมาจากต่างประเทศเกือบทั้งหมดทำให้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีราคาที่สูง และปัจจุบันไม่สามารถผลิตภายในประเทศได้จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการรายงานผลการใช้อะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์และมีการเติมธาตุนิกเกิลลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ ($Ni\text{-}Al_2O_3$) เพื่อใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่มีสมบัติเป็นสารเลือกรับรังสีอาทิตย์(Selective solar absorber) สำหรับอุณหภูมิปานกลาง (300-500°C) [8-10]Kennedy C.E. รายงานสารเลือกรับรังสีอาทิตย์สำหรับงานทางด้านระบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสง (Concentrating solar power, CSP) ที่มีอุณหภูมิการใช้งานที่สูงกว่า500°C เช่น $Co\text{-}Al_2O_3$, $Mo\text{-}Al_2O_3$, $W\text{-}Al_2O_3$, $Pt\text{-}Al_2O_3$และ $Al_2O_3\text{-}Pt\text{-}Al_2O_3$โดยมีการเตรียมด้วยเทคนิค RF sputtering และ Chemical vapor

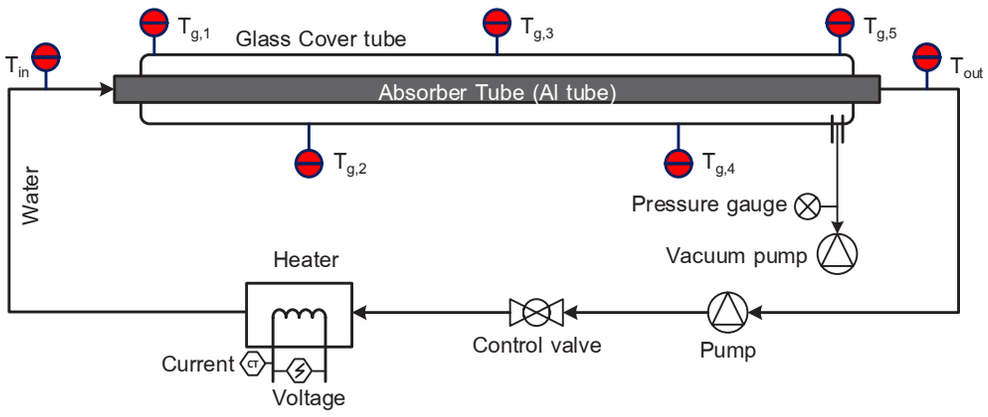
deposition (CVD)[10] เห็นได้ว่างานวิจัยที่ผ่านมา มีการใช้ธาตุเคมีหลายหลายชนิดมาเติมลงบนชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ และใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย แต่ยังไม่มีการรายงานผลการเติมธาตุดีบุกลงบนชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Sn-Al_2O_3) ด้วยกระบวนการอะโนไดซ์ เพื่อนำมาใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลา ซึ่งเป็นการพัฒนาและเลือกใช้วัสดุภายในประเทศที่สามารถนำมาเป็นตัวรับรังสีอาทิตย์และเคลือบวัสดุดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้ รวมทั้งมีศักยภาพที่ผลิตได้ภายในประเทศเมื่อเทียบกับเทคนิคการเตรียมอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ชุดนี้ รวมทั้งมีเทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นของตัวเองเพื่อพัฒนาศักยภาพการแข่งขันในตลาดโลก และอยู่บนแนวทางของเศรษฐกิจแบบพอเพียง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาคุณลักษณะเฉพาะของท่ออะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์ โดยมีการเติมธาตุดีบุกลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Sn-Al_2O_3) เพื่อใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่มีสมบัติเป็นสารเลือกรับรังสีอาทิตย์ทำการวิเคราะห์และทดสอบค่าการสูญเสียความร้อน (Heat loss) ของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่ใช้เป็นท่อรับรังสีอาทิตย์ (Solar receiver) สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลา

2. วิธีการทดลอง

ท่ออะลูมิเนียมเกรด 6063 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 0.0254 เมตรหนา 3×10^{-3}เมตรและยาว 1.5เมตร นำไปผ่านกระบวนการทำฟิล์มอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุก (Tin, Sn) ลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Tin-pigmented aluminium oxide, Sn-Al_2O_3) หรือเรียกว่าท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ ณ บริษัท บางปูชุบเคลือบผิว จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในชุดท่อรับรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลาทำการวิเคราะห์ความหนาของฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)รุ่น JEOL JSM-5910 โดยมีการทำงานที่ 12 kV สำหรับค่าการสะท้อนรังสี (Reflectance, *R*) ของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrometerรุ่น Shimadzu UV-3101PC spectrophotometerในช่วงความยาวคลื่น 250-2,500 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นเดียวกับช่วงความยาวคลื่นรังสีอาทิตย์การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorbtance, α) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) เมื่อ $R(\lambda)$ คือสเปกตรัมของการสะท้อนแสงของผิวตัวอย่าง และ $I_{sol}(\lambda)$ คือสเปกตรัมความหนาแน่นกำลังรังสีอาทิตย์ ($W/m^2\cdot\mu m$) ตามมาตรฐานASTM G173-03 ที่ air mass เท่ากับ 1.5(1.5 AM)[10-12]

$$\alpha = \frac{\int_{0.3\,\mu m}^{2.5\,\mu m} I_{sol}(\lambda)\left(1-R(\lambda)\right)d\lambda}{\int_{0.3\,\mu m}^{2.5\,\mu m} I_{sol}(\lambda)d\lambda} \qquad (1)$$



รูปที่ 1: ไดอะแกรมของชุดทดสอบค่าการสูญเสียความร้อน (Heat loss)

ไดอะแกรมการทดสอบค่าการสูญเสียความร้อน (Heat loss)ของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่ใช้เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์แสดงในรูปที่ 1 โดยชุดทดสอบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยผ่านมาสำหรับการทดสอบค่าการสูญเสียความร้อนของท่อรับรังสีอาทิตย์สำหรับระบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลา [13,14]จากรูปใช้ท่อแก้วที่ทำให้เป็นสุญญากาศโดยต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ เพื่อทำให้ช่องว่างระหว่างท่อแก้วกับท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นสุญญากาศที่ความดันสมบูรณ์เท่ากับ 4.3±1 kPa เพื่อลดการสูญเสียความร้อนของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ สามารถวิเคราะห์และคำนวณค่า

การสูญเสียความร้อนได้ตามสมการที่ 2[14] เมื่อค่าQ_{loss}คือความร้อนที่มีการสูญเสียต่อหนึ่งหน่วยความยาวท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์(วัตต์/เมตร)เมื่อ $\dot{m}$ คืออัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (0.1667 กิโลกรัม/วินาที) ค่าC_pคือค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ของน้ำมีค่าเท่ากับ 4.230 kJ/(kg·°C) สำหรับT_{in} และ T_{out} คืออุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออกชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ ตามลำดับ

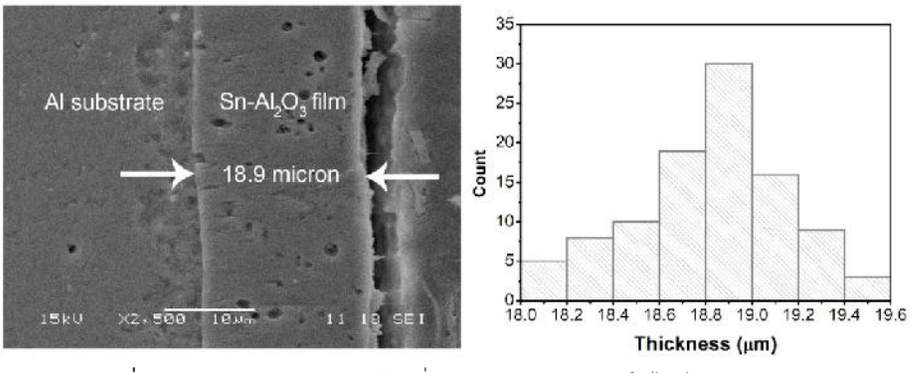
$$Q_{loss} = \dot{m}C_p\left(T_{out} - T_{in}\right) \quad \text{(วัตต์/เมตร)} \qquad (2)$$

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ท่ออะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์และมีการเติมธาตุดีบุกลงบนชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ พบว่าผิวท่อมีสีดำเข้ม และมีความมันวาวน้อย เมื่อเทียบกับท่ออะลูมิเนียมทั่วไปที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์หรือผ่านการทำอะโนไดซ์แต่ไม่มีการชุบธาตุดีบุกลงบนชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ทำให้มีความเป็นไปได้และเหมาะสมกับการเป็นท่อรับรังสีอาทิตย์ (Receiver tube) เนื่องจากเป็นวัตถุที่มีสีดำ ซึ่งโดยพื้นฐานแล้ววัตถุที่มีสีดำมีสมบัติการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ดีและนอกจากนี้ฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีการเติมธาตุอนินทรีย์ลงในชั้นฟิล์มยังมีสมบัติการเป็นสารเลือกรับรังสีอาทิตย์อีกด้วย (Selective absorber) [10] แสดงดังรูปที่ 2

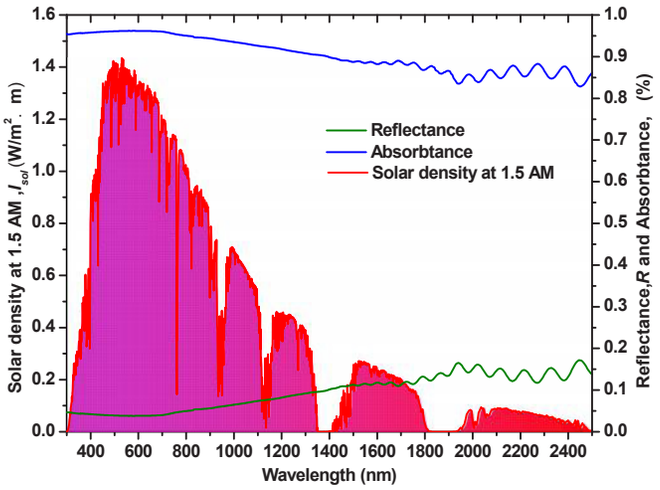


รูปที่ 2: ท่ออะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์ (Sn-Al_2O_3)



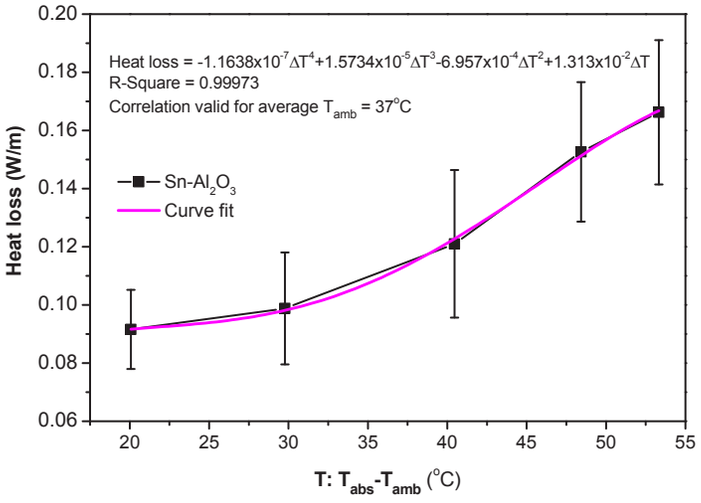
รูปที่ 3: ภาพตัดขวางท่ออะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์ (Sn-Al_2O_3)

รูปที่ 3 แสดงภาพตัดขวางของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าท่ออะลูมิเนียมมีลักษณะแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกเป็นผิวท่ออะลูมิเนียม และส่วนที่สองเป็นฟิล์มของอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีการเติมธาตุดีบุกภายในชั้นฟิล์ม ซึ่งชั้นฟิล์มนี้เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์ โดยความหนาของชั้นฟิล์มมีแนวโน้มคงที่ตลอดชิ้นงาน และมีความหนาของชั้นฟิล์มเฉลี่ยเท่ากับ 18.9 ไมโครเมตร



รูปที่ 4: ค่าการสะท้อนรังสี (Reflectance, *R*) และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Absorbtance, α) ของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เปรียบเทียบกับความหนาแน่นกำลังรังสีอาทิตย์ที่ air mass เท่ากับ 1.5AM ในช่วงความยาวคลื่น 250-2,500 นาโนเมตร

รูปที่ 4แสดงผลจากการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (*R*) และผลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)ที่ช่วงความยาวคลื่น 250-2,500 นาโนเมตร โดยใช้ค่าความหนาแน่นกำลังรังสีอาทิตย์ที่ air mass เท่ากับ 1.5AM ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกมีค่าที่ค่อนข้างต่ำและมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่สูง โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงความยาวคลื่นเท่ากับ 0.078 และ 0.92ตามลำดับ โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมบัติตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ทางอุดมคติคือ มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ต่ำหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ (*R*=0) และมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังอาทิตย์ที่สูง (α=1.0) ในช่วงความยาวคลื่น 300-2,500 นาโนเมตร [10,16] ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นของรังสีอาทิตย์ที่ผ่านมายังโลก เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาและที่มีการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมตัวเก็บรังสีอาทิตย์ พบว่าตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบมีสมบัติเลือกรับรังสีอาทิตย์มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วง 0.85-0.95[10,16] นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ชนิดอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุชนิดอื่นลงบนชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ เช่นนิกเกิล (Ni-Al_2O_3) [17] โคบอล (Co-Al_2O_3) โมลิบดีนัม (Mo-Al_2O_3) ทังเสตน (W-Al_2O_3) และแพลทินัม (Pt-Al_2O_3) [10] พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.85-0.97, 0.94, 0.96, 0.85 และ 0.90-0.98 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกมีค่าใกล้เคียงและอยู่ในช่วงที่มีสมบัติการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่สูง จากผลวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ สามารถสรุปได้ว่าท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกลงบนชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์สามารถใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้



รูปที่ 5: ค่าการสูญเสียความร้อน (Heat loss) ของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

ตามหลักการพื้นฐานของการสูญเสียความร้อนของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์พบว่าเป็นฟังก์ชันกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างของไหลภายในท่อดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หรือเป็นฟังก์ชันกับความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิ

สิ่งแวดล้อม รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ค่าการสูญเสียความร้อน (Heat loss) กับความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{abs}-T_{amp}=ΔT) ของท่อชุดรับรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลาที่ใช้ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ในช่วง ΔT ที่ 20-53°Cค่าการสูญเสียความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ ΔT มีค่าเพิ่มสูงขึ้นและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.166วัตต์/เมตร ที่ ΔT=53.3°Cค่าการสูญเสียความร้อนของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ของงานวิจัยนี้มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากช่องว่างระหว่างท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์กับท่อแก้วมีความเป็นสุญญากาศที่สูง ส่งผลให้มีส่วนช่วยลดค่าการนำความร้อนและการพาความร้อนของอากาศภายในช่องว่าง เหลือเพียงการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีเท่านั้น เนื่องจากไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการนำหรือพาความร้อน สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูญเสียความร้อนกับ ΔT คือ Heatloss = $-1.1638\times10^{-7}\Delta T^{4}+1.15734\times10^{-5}\Delta T^{3}-6.957\times10^{-4}\Delta T^{2}-1.313\times10^{-2}\Delta T$ (วัตต์/เมตร) โดยมีค่า R-square = 0.9997 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยเท่ากับ 37°C ค่า โดยสมการความสัมพันธ์นี้สอดคล้องงานวิจัยที่มีการทดสอบการสูญเสียความร้อนของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลา เช่น Solel's UVAC3 [13] และ 2008 PTR70 [14] เมื่อเปรียบเทียบค่าการสูญเสียความร้อนของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับ Solel's UVAC3 [13] และ 2008 PTR70 [14] ที่ ΔT=53.3°C พบว่าชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าการสูญเสียความร้อนต่ำกว่า โดย Solel's UVAC3 และ 2008PTR70 มีค่าการสูญเสียความร้อนเท่ากับ 13.94[13] และ8.52วัตต์/เมตร[14] ตามลำดับ เป็นไปได้ว่าค่าการสูญเสียความร้อนที่ต่ำกว่างานวิจัยที่ผ่านมาอาจเนื่องจากระหว่างการทดสอบค่าการสูญเสียความร้อนของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์มีการทำให้ช่องว่างระหว่างท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์กับท่อแก้วมีความเป็นสุญญากาศที่สูงตลอดเวลาการทดสอบ โดยมีความดันสัมบูรณ์เท่ากับ 4.3±1 kPa ซึ่งอาจมีระดับความเป็นสุญญากาศที่สูงกว่าชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ทั่วไป ส่งผลทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับท่อแก้วเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่า ดังนั้นท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีความเหมาะสมทางเทคนิคคือมีค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ต่ำ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่สูง ในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอาทิตย์ และมีค่าการสูญเสียความร้อนในชุดท่อรับรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาลาโบลาที่ต่ำ นอกจากนี้ถ้าพิจารณาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีศักยภาพเนื่องจากสามารถผลิตได้เองภายในประเทศและมีราคาถูก

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการวิเคราะห์หาลักษณะจำเพาะของท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกลงในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ (Sn-Al_2O_3) ด้วยกระบวนการอะโนไดซ์เพื่อนำมาประยุกต์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในท่อรับรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลา โดยท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์มีสีดำเข้ม มีความมันวาวน้อย ความหนาเฉลี่ยของชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีธาตุดีบุกในชั้นฟิล์มเท่ากับ18.9ไมโครเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง(R) และสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α) มีความสอดคล้องกับสมบัติตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในอุดมคติในช่วงความยาวคลื่น 250-2,500 นาโนเมตร (ค่าR=0 และ α=1)สำหรับค่าการสูญเสียความร้อน (Heatloss) ของชุดท่อรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในระบบชุดท่อรับรังสีอาทิตย์มีช่องว่างระหว่างท่ออะลูมิเนียมอะโนไดซ์กับท่อแก้วที่มีความเป็นสุญญากาศที่สูง ดังนั้น ท่ออะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการทำอะโนไดซ์ที่มีการเติมธาตุดีบุกในชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์สามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในชุดท่อรับรังสีอาทิตย์สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมแสงชนิดรางพาราโบลาได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช) และมหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับทุนงบประมาณแผ่นดิน (ปกติ) ประจำปี 2557 รหัสโครงการวิจัย R2557B042 ที่สนับสนุนทุนวิจัยตลอดทั้งโครงการรวมทั้งขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำงานวิจัย และอุปกรณ์ทดสอบต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554, "รายงานประจำปี 2554", www.egat.co.th/images/stories/annual/reports/2554/annual 2011-all.pdf [10 สิงหาคม 2555].

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน, 2554, "รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2554", www.eppo.go.th/info/cd-2011/index.html [10 สิงหาคม 2555].

[3] สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555,"แผนที่พลังงานแสงอาทิตย์",http://dede.go.th [11 สิงหาคม 2555].

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2557,“คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์”, http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/h_solar.pdf [22 กรกฎาคม 2557].

[5] Kalogirou S.A., 2004, “Solar thermal collectors and applications”, Progress in Energy and Combustion Science, 30, 231-295.

[6] Kalogirou S.A., 2009,“Solar Energy Engineering:Process and Systems”, United State of America: Academic Press.

[7] Fernandez-Carcia, A., Zarza, E., Valenzuela, L. and Perez, M,2010,“Parabolic-trough solar collectors and their applications”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 1695-1721.

[8] Kadirgan, F., Wäckelgård, E., Söhmen, M., 1999, “Electrochemical characterization of Al_2O_3-Ni thin film selective surface on aluminium”, Turk. J. Chem, 23, 381-391.

[9] Salmi, J., Bonino, J.-P., Bes, R.S., 2000, “Nickel pigmented anodized aluminum as solar selective absorbers”, J. Mat. Sci., 35, 1327-1351.

[10] Kennedy, C.E., 2002, “Review of mid-to High-Temperature Solar Selective Absorber Materials”, Technical Report, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado, NREL/TP-520-31267, http://large.stanford.edu/publications/coal/references/troughnet/ solarfield/docs/31267.pdf [1 สิงหาคม 2557].

[11] Katumba, G., Olumekor, L., Forbes, A., Makiwa, G., Mwakikunga, B., Lu, J., Wäckelgård, E., 2008, “Optical, thermal and structural characteristics of carbon nanoparticle embedded in ZnO and NiO as selective solar absorbers”, Solar Energy Materials & Solar cells, 92, 1285-1292.

[12] National Renewable Energy Laboratory (NREL), “Reference Solar Spectral Irradiance: Air Mass 1.5”,http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am1.5/#a [24/09/2556].

[13] Burkholder, F., Kutscher, C., 2008, “Heat loss testing of Solel’s UVAC3 parabolic trough receiver”, Technical Report, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 1-13, http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/42394.pdf [1 สิงหาคม 2557].

[14] Burkholder, F., Kutscher, C., 2009, “Heat loss testing of Schott’s 2008 PTR70 parabolic trough receiver”, Technical Report, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 1-53, http://www.nrel.gov/docs/fy09osti/45633.pdf [1 สิงหาคม 2557].

[15] Touloukian, Y.S., DeWitt, D.P., 1972, “Thermal radiative properties, nonmetalic solid”, Thermophysical Properties of Matter, 8, New York, Plenum Publishing.

[16] Peuser, F.A., Remmers, K.H., Schnauss, M., 2002, “Solar thermal Systems”, Berlin:Solarpraxis AG.

[17] Süzer, S., Kadirgan, F., Söhmen, H.M., Wetherilt, A.J., Türe, İ.E., 1998, “Spectroscopic characterization of Al_2O_3-Ni selective absorbers for solar collectors”, Solar Energy Materials & Solar cells, 52, 55-60.

O-IR09

การเชื่อมโลหะโดยใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ

ชัยรัตน์ หงษ์ทอง

สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

โทร 02-549-4746 โทรสาร 02-549-4746 E-mail: chairatorn@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ในงานเชื่อมโลหะ โดยนำก๊าซชีวภาพที่บรรจุลงสู่ถังขนาด 48 กิโลกรัม โดยใช้ชุดบรรจุก๊าซชีวภาพแบบมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1.5 แรงม้า บรรจุด้วยแรงดัน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำการทดลองเชื่อมไฟฟ้า ใช้เวลา 15 นาที และกระแสไฟ 95 แอมแปร์ หลังจากนั้นนำมาใช้เป็นพลังงานเพื่อทดลองหาสมรรถนะ ในการเชื่อมโลหะแบบต่อชนโดยใช้เครื่องยนต์เบนซินเป็นต้นกำลัง ขนาด 5.6 แรงม้า ทำการเชื่อมชิ้นงานที่มีขนาด 50 × 100 × 5 มิลลิเมตร ผลการทดลองสมรรถนะ เครื่องยนต์ในการใช้ก๊าซชีวภาพไป 0.3 กิโลกรัมต่อการเชื่อม 1 ครั้ง ดังนั้น ก๊าซชีวภาพชีวภาพ 1.5 กิโลกรัม สามารถเชื่อมได้ จำนวน 5 ครั้ง การเชื่อมเฉลี่ยสิ้นเปลืองลวดเชื่อม 4 เส้น/ครั้ง ค่าใช้จ่าย 0.254 บาท/กิโลกรัม โดยอัตราสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพ 0.019 บาท/เส้น การซึมลึกเฉลี่ย 0.75 มิลลิเมตร เครื่องเชื่อมไฟฟ้าสามารถปรับกระแสไฟได้สูงสุดเพียง 105 Amp.

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, หม้อต้มก๊าซ, เครื่องยนต์ขนาดเล็ก

Abstract

This research is the gas used in welding. By bringing gas into the tank containing 48 kg of the set contains an electric motor 1.5 hp gas filling pressure of 200 pounds per square inch. Welding test takes 15 minutes and 95 ampere electrical energy is then used to test the performance. In connection with the metal using a gasoline engine of 5.6 horsepower, etc. are welded to the size of 50 × 100 × 5 mm test performance. Engine using biogas to 0.3 kg the first time, the biogas biomass 1.5 kg can be 5 times the average consumption of welding wire 4 strands / time costs 0.254 THB / kg consumption of biogas. 0,019 Baht / line penetration average 0.75 mm Welding Power can be supplied with power up to 105 Amp.

Keyword: Biogas, Regulator, small engine

1.ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานที่ใช้กันอยู่นั้นส่วนมากจะมาจากฟอสซิลที่มีการทับถมกันเป็นเวลานาน ซึ่งเมื่อมีใช้กันอย่างแพร่หลายและมากมาย หรือที่รู้จักกันดีในนามว่า น้ำมัน ไม่ว่าจะน้ำมันดีเซลหรือเบนซินก็ตาม ปัญหาที่ตามมาก็คือ สิ่งที่ใช้กับพลังงานที่จะเกิดขึ้นไม่มีความสมดุลกัน ในที่นี้หมายถึงว่าการใช้พลังงานน้ำมันมากกว่าที่พลังงานน้ำมันจะเกิดขึ้นได้ ในโลกนี้หรือแม้แต่ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน ต่อมาเริ่มรู้จัก คำว่าก๊าซหุงต้ม(แอลพีจี) ซึ่งในปัจจุบันเข้ามาแทนที่ ฝืนหรือถ่านที่ใช้กันในสมัยก่อน ก๊าซหุงต้มถูกนำมาใช้ตามบ้านเรือนในการประกอบอาหาร ภายหลังน้ำมันที่ใช้กับยานยนต์มีราคาสูงขึ้น จึงเริ่มเกิดการนำก๊าซหุงต้มมาใช้กับยานยนต์ ในแรกเริ่มอาจจะมีปัญหาอยู่บ้างแต่ในปัจจุบันนี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในเวลาต่อมารัฐบาลมีการให้ยานยนต์ที่ใช้ก๊าซหุงต้มมาใช้ก๊าซ NGV ที่มีสิ่งจูงใจคือมีราคาถูกกว่าก๊าซหุงต้มร่วมถึงรัฐบาลสนับสนุนการติดตั้งก๊าซ NGV ทั้งหมดนี้เพื่อลดการใช้พลังงานน้ำมัน แต่ว่าวันนี้รัฐบาลเองกับจะขึ้นราคาก๊าซหุงต้มและก๊าซ NGV ที่ใช้กับยานยนต์ อนาคตของก๊าซหุงต้มที่ใช้ตามบ้านเรือนอาจมีราคาสูงขึ้น หรือแม้แต่ค่าไฟฟ้าที่น่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่สูงขึ้นประเทศไทยได้มีการคิดค้นพลังงานทดแทนที่จะนำมาใช้แทนน้ำมันกันอย่างมากมาย เช่นพลังงานใต้พิภพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานก๊าซชีวภาพเป็นต้น ปัจจุบันที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงทางอุตสาหกรรมกลุ่มประเทศอาเซียนมากขึ้นซึ่งในด้านอุตสาหกรรมงานเชื่อมที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านเครื่องมือ-อุปกรณ์และด้านฝีมือของช่างอุตสาหกรรมของประเทศซึ่งงานเชื่อมในปัจจุบันมีทั้งงานเชื่อมภายในโรงงานและภาคสนามซึ่งต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์แตกต่างกันออกไปโดยงานภาคสนามการใช้เครื่องเชื่อมชนิดต่างๆ เครื่องเชื่อมที่ได้รับความนิยมเป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า ขับด้วยเครื่องยนต์ส่วนใหญ่เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงปัจจุบันราคาน้ำมันเบนซินในประเทศไทยมีราคาพุ่งสูงขึ้นทุกวันดังนั้นทำให้การทำงานเชื่อมภาคสนามต้องประสบปัญหาด้านราคาน้ำมัน เพราะในการทำงานเชื่อมภาคสนามในปัจจุบันนี้ต้องใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า ขับด้วยเครื่องยนต์มาใช้ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นงานก่อสร้างที่ไม่มีไฟฟ้าใช้และต้องการความสะดวกในการเคลื่อนที่และเมื่อพูด

ถึงพลังงานทดแทนที่ใช้ในปัจจุบันมีมากมายแต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมืองที่มีความเจริญแล้วกับชนบทซึ่งการหาพลังงานทดแทนก็มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนแต่ประเทศไทยยังมีพลังงานทดแทนอีกอย่างคือพลังงานก๊าซชีวภาพซึ่งจากงานวิจัยต่างๆพบว่าสามารถผลิตและกักเก็บไว้ใช้เองได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตระหนักถึงการนำก๊าซชีวภาพที่ทุกวันนี้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตขึ้นมาอย่างมากมายแต่มีการถ่ายทอดการนำไปใช้งานเพียงการหุงต้มเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์เบนซินขนาด 5.6 แรงม้าและทดลองหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์จะได้เป็นแนวทางในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. บ่อก๊าซชีวภาพ
2. ชุดบรรจุก๊าซชีวภาพแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 HP.
3. เครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า
4. ถังก๊าซหุงต้มขนาด 48 กิโลกรัม

<u>การดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซชีวภาพ</u> มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า
2. หม้อต้มก๊าซสำหรับเครื่องยนต์เล็ก
3. วาล์วปรับแรงดันหัวถังและท่อก๊าซ
4. ท่อก๊าซ
5. ท่อแวคคั่ม
6. ถังก๊าซ



รูปที่ 1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า



รูปที่ 2 หม้อต้มก๊าซ, วาล์วปรับแรงดันหัวถังและท่อก๊าซ



รูปที่ 3 การติดตั้งระบบก๊าซเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า



รูปที่ 4 การต่อก๊าซเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า

3. วิธีการทดลอง

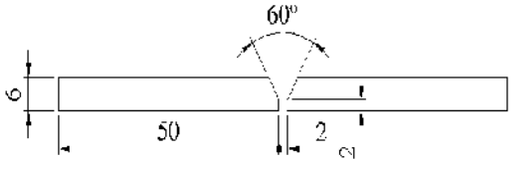
3.1. <u>การทดลองหากระแสไฟฟ้าและลวดเชื่อม</u>

การทดลองหากระแสไฟฟ้าและลวดเชื่อมที่เหมาะสม โดยการทดลองเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้า 85 Amp. 95 Amp. และ 105 Amp.และลวดเชื่อมขนาด Ø 2.6 มิลลิเมตร และ Ø 3.2 มิลลิเมตร

3.2. <u>การทดลองหาสมรรถนะเครื่องเชื่อมก๊าซชีวภาพ</u>

การทดลองหาสมรรถนะเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด5.6 แรงม้าโดยใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซชีวภาพ มีการดำเนินการทดลอง ดังนี้

การเตรียมชิ้นงาน





รูปที่ 5 แสดงการเตรียมชิ้นงานเชื่อมต่อชน

ก๊าซชีวภาพที่บรรจุในถังก๊าซหุงต้ม ขนาด 48 กิโลกรัม



รูปที่ 6 ก๊าซชีวภาพบรรจุในถังขนาด 48 กิโลกรัม

3.3. วิธีการทดลอง

หลังจากที่ได้ศึกษาข้อมูลและเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปคือ การ บรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซ LPG ขนาด 48 กิโลกรัม เพื่อทำการทดลอง ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.1 ทำการบรรจุก๊าซด้วยชุดบรรจุก๊าซชีวภาพแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 HP.

3.3.2 ใช้ค่าแรงดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพ ที่ 200 PSI

3.3.3 ทดลองเชื่อมเดินแนวเพื่อหาอัตราสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพ โดยเชื่อมและจับเวลา 15 นาที วิธีวัดโดยการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังเชื่อม

3.3.4 ทดลองเชื่อมต่อชนเพื่อหาการซึมลึกของแนวเชื่อมเมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

3.3.5 โดยใช้ ค่ากระแสไฟ 95 Amp.ขนาดลวดเชื่อม Ø 3.2 มิลลิเมตร

3.3.6 เมื่อทดลองจนได้เวลา 15 นาที ปิดวาล์วที่ถังก๊าซให้เครื่องดับ



รูปที่ 7 ทดลองเชื่อมชิ้นงาน

4. ผลการทดลอง

4.1. ผลการทดลองหากระแสไฟฟ้าและลวดเชื่อม

ลักษณะของแนวเชื่อมที่ดีจะขึ้นอยู่กับกระแสเชื่อม การปรับกระแสไฟเชื่อมจะขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อมและความหนาของชิ้นงานซึ่งขนาดความหนาของชิ้นงาน 6 มิลลิเมตร จึงเลือกใช้ลวดเชื่อมขนาด 3.2 มิลลิเมตร โดยปรับกระแสไฟฟ้า 95 Amp. ส่วนลวดเชื่อมขนาด 2.6 มิลลิเมตร ต้องใช้กับขนาดชิ้นงานหนา 2-3 มิลลิเมตร

4.2. ผลการทดลองหาสมรรถนะเครื่องเชื่อมก๊าซชีวภาพ

ก่อนที่จะทำการทดลองหาสมรรถนะเครื่องเชื่อมก๊าซชีวภาพได้มีการทดลองหาสมรรถนะเครื่องเชื่อมโดยใช้น้ำมันเบนซิน 95 มีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการเชื่อมเดินแนวด้วยน้ำมันเบนซิน 95

ครั้งที่	ความหนาชิ้นงาน(มิลลิเมตร)	จำนวนลวดเชื่อม(เส้น)	ปริมาณก๊าซที่ใช้(ลิตร)
1	6	7	0.3
2	6	7	0.3
3	6	7	0.3
เฉลี่ย	6	7	0.3

การทดลองโดยการนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า ในเครื่องยนต์เบนซินแบบคาร์บูเรเตอร์โดยมีการติดตั้งระบบหม้อต้มก๊าซ LPG ช่วยในการจ่ายก๊าซ สรุปได้ว่า เครื่องเชื่อมไฟฟ้าประเภทเครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้า ใช้เวลาเชื่อม 15 นาที ค่ากระแสไฟ 95 Amp. ใช้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 0.3 กิโลกรัมต่อการเชื่อม 1 ครั้ง ดังนั้น ก๊าซชีวภาพ 1.5กิโลกรัม สามารถเชื่อมได้จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ ค่าใช้จ่ายในการเชื่อม 0.019 บาท/เส้น การซึมลึกเฉลี่ย 0.75 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการเชื่อมเดินแนวด้วยก๊าซชีวภาพ

ครั้งที่	ความหนาชิ้นงาน(มิลลิเมตร)	จำนวนลวดเชื่อม(เส้น)	ปริมาณก๊าซที่ใช้(กิโลกรัม)
1	6	4	0.3
2	6	4	0.3
3	6	4	0.3

ครั้งที่	ความหนาชิ้นงาน(มิลลิเมตร)	จำนวนลวดเชื่อม(เส้น)	ปริมาณก๊าซที่ใช้(กิโลกรัม)
เฉลี่ย	6	4	0.3



รูปที่ 8 แสดงแนวเชื่อมจากการเชื่อมต่อชน โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

ตารางที่ 3 แสดงสมรรถนะของก๊าซชีวภาพ

รายการ	ก๊าซชีวภาพ
ปริมาณลวดเชื่อมที่ใช้ (เส้น)	4
จำนวน (กิโลกรัม)	0.3
สมรรถนะ (เส้น/กิโลกรัม)	13.33
ค่าใช้จ่าย(บาท/กิโลกรัม)	0.254
อัตราสิ้นเปลือง (บาท/เส้น)	0.019

ตารางที่ 4 แสดงผลปริมาณการเชื่อมเดินแนวและซึมลึกของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

ครั้งที่	ความยาวแนวเชื่อม(มม.)	การซึมลึก(มม.)
1	95	0.87
2	87	0.78
3	102	0.76
เฉลี่ย	94.66	0.75



รูปที่ 9 แสดงการซึมลึกของแนวเชื่อมจากการเชื่อมต่อชน โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 10 แสดงการซึมลึกของแนวเชื่อมโดยใช้ก๊าซชีวภาพ

โดยการตรวจสอบด้วยสายตา การซึมลึกของแนวเชื่อมใช้ก๊าซชีวภาพพบว่ามีการซึมลึกที่ไม่สมบูรณ์(Lack Of Penetration) แต่ไม่พบรูพรุนหรือโพรงอากาศ (Porasity) และสแลกฝังใน (Slag Inclusion) การแหว่งขอบแนวเชื่อม(Undercut) และการพอกเกยขอบแนวเชื่อม (Overlap)

การเปรียบเทียบแนวเชื่อมจากการเชื่อมต่อชน



รูปที่ 11 แสดงแนวเชื่อมจากการเชื่อมต่อชนโดยใช้ก๊าซชีวภาพ

โดยการตรวจสอบด้วยสายตา พบว่าแนวเชื่อมโดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ไม่พบการแหว่งขอบแนวเชื่อม (Undercut) และก๊าซชีวภาพแต่ยังพบแนวเชื่อมไม่เต็ม (Underfill) และรูพรุนหรือโพรงอากาศ (Porosity)

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยเรื่องการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ในงานเชื่อมโลหะนั้นสามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโลหะโดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 5.6 แรงม้าและนำก๊าซชีวภาพมาบรรจุลงถังก๊าซหุงต้มขนาด 48 กิโลกรัม แรงดันที่บรรจุ 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำมาเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนา 6 มิลลิเมตร ใช้ลวดเชื่อมจำนวน 4 เส้น ใช้ก๊าซชีวภาพ 0.3 กิโลกรัม ความยาวแนวเชื่อม 94.66 มิลลิเมตร เป็นการนำเอาพลังงานก๊าซชีวภาพมาใช้ทดแทนน้ำมันได้แต่ยังประสบปัญหาในเรื่องการบรรจุก๊าซชีวภาพรวมถึงความสะอาดของพลังงานก๊าซชีวภาพที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในงานเชื่อมต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมมลพิษ. 2544. กระบวนการชีวภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.agro.cmu.ac.th

[2] กลุ่มพัฒนามาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง. ความรู้เกี่ยวกับก๊าซชีวภาพอัด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.doeb.go.th/knowledge/data/2Compressed_Biogas.pdf

[3] ธงชัย. 2524. ก๊าซชีภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.agro.cmu.ac.th.

[4] พื้นฐานความรู้เบื้องต้นงานเชื่อมไฟฟ้า.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://km.sukhothaitc.ac.th/

[5] สุประดิษฐ์ วงพฤกษ์. งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://www.supradit.com/Contents/metal/Data/5/1.html

[6] หลักการทำงานของเครื่องยนต์.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.nuttarut.rmutt.ac.th/Engine/topic1_Prineiple.pdf

O-IR10

การจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยหลักการป้อนกลับแบบ พี ไอ ดี และ ฟัซซี่ ลอจิก ชนิดทันเวลา

Real-time Photovoltaic Simulator using PID and Fuzzy Logic Control

มาลี พัฒน์ช่วย[1] และ วันชัย ทรัพย์สิงห์[1]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

E-mail: lee_eei@hotmail.com; wanchai.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการจำลองระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการแสดงค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าขาออกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิสภาวะแวดล้อม เป็นต้น โดยการใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปมีลักษณะการทำงานแบบไม่เชิงเส้น ทั้งนี้งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำไปสร้างเป็นระบบจำลองเชิงปฏิบัติแบบทันเวลา (Real-Time PV Simulator) โดยการประยุกต์ใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบวงจรทอนแรงดัน (DC Buck Converter) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมแบบป้อนกลับ ทั้งนี้ในบทความนี้จะเป็นการสร้างแบบจำลองเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพิจารณากราฟคุณลักษณะต่างๆของเซลแสงอาทิตย์ จากนั้นจึงพิจารณาวิธีการควบคุมป้อนกลับของระบบจำลองเพื่อให้ได้กราฟคุณสมบัติในการทำงานมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่อ้างอิงมากที่สุด ทั้งนี้วิธีการป้อนกลับสามารถใช้การประยุกต์ได้ทั้งแบบ PID Control และ Fuzzy Logic Control

คำสำคัญ: ค่าความเข้มแสง, ค่าอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม

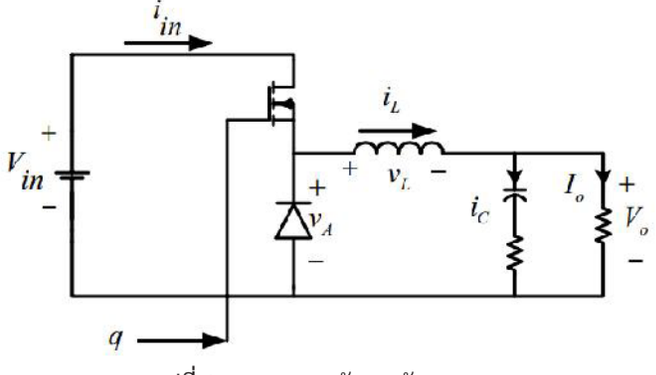
1.บทนำ

ในปัจจุบันนี้พลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานที่ทั่วโลกให้ความสนใจ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีข้อจำกัดในการนำมาใช้งาน คือพลังงานไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ยังไม่คงที่ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำไปสร้างเป็นระบบจำลองเชิงปฏิบัติแบบทันเวลา (Real-Time PV Simulator) โดยการประยุกต์ใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบวงจรทอนแรงดัน (DC Buck Converter) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมแบบป้อนกลับ ในบทความนี้จะเป็นการสร้างแบบจำลองเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพิจารณากราฟคุณลักษณะต่างๆของเซลแสงอาทิตย์ จากนั้นจึงพิจารณาวิธีการควบคุมป้อนกลับของระบบจำลองเพื่อให้ได้กราฟคุณสมบัติในการทำงานมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่อ้างอิงมากที่สุด

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบทอนระดับแรงดัน

วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสตรง หรือวงจร Buck Converter เป็นวงจรที่ทำให้แรงดันขาออกของวงจรมีค่าต่ำกว่าแรงดันขาเข้า หรือ กระแสไฟฟ้าขาออกสูงกว่ากระแสขาเข้า และเนื่องจากรูปคลื่นแรงดันขาออกมีการกระเพื่อมจากสัญญาณควบคุม ตัวเก็บประจุซึ่งต่ออยู่กับโหลดจะเป็นตัวลดแรงดันกระเพื่อมที่ขาออก เพื่อลดทอนสัญญาณรบกวนและเพื่อให้แรงดันขาออกมีความเป็นไฟตรงมากๆ ลักษณะวงจรทอนระดับแรงดัน และการทำงานเป็นดังภาพ



รูปที่ 1 วงจรทอนระดับแรงดัน

สมการคำนวณค่าดิวตี้ไซเคิลได้จาก

$$D=\frac{V_o}{V_{in}} \quad (1)$$

สมการคำนวณค่าความเหนี่ยวนำที่เล็ก(L_{min}) ได้จาก

$$L_{\min}=\frac{(1-D).R}{2f} \quad (2)$$

สมการคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้อัตราระลอกคลื่น ได้จาก

$$C=\frac{(1-D)}{8Lf^2\frac{\Delta V_o}{V_o}} \quad (3)$$

1.2 ระบบควบคุมป้อนกลับแบบพีไอดี

วิธีการที่ใช้ในการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี ที่เป็นที่นิยมมีอยู่ 2 วิธีคือ

1.2.1 ระบบควบคุมแบบวงเปิด (open Loop Control system) เป็นการใช้อุปกรณ์ Controller หรือ อุปกรณ์กระตุ้น (Control Actuator) เพื่อให้ได้การตอบสนองที่เราต้องการ โดยไม่นำผลการตอบสนองของระบบเข้าสู่การพิจารณา

1.2.2 ระบบควบคุมแบบวงปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Closed Loop or Feedback Control System) จะแตกต่างจากระบบควบคุมแบบเปิดก็คือ มีการนำเอาผลที่ได้จากกระบวนการป้อนกลับมาเข้าเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่จะส่งเข้าไปเป็นอินพุทที่จะให้กับระบบจนกระทั่งไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าทั้งสอง ดังนั้นเราก็จะได้ว่าค่าเอาท์พุทของระบบเป็นไปตามต้องการ โดยการเลือกใช้เลือกตัวควบคุมที่เหมาะสม

1.2.3 การควบคุมแบบ พี ไอ ดี หรือ PID controller แบ่งออกเป็นสามส่วน คือ

1.2.3.1 Proportional model of Control (P-control) หรือตัวควบคุมแบบสัดส่วน โดยการเพิ่มค่าอัตราขยาย (Gain) ให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้ผลการตอบสนองที่ไวขึ้น

1.2.3.2 Integral Mode of Control (I-Control) หรือตัวควบคุมแบบอินติกรัล สามารถใช้งานเดี่ยวๆ ได้แต่ต้องปรับค่าอัตราขยายให้เหมาะสม และสามารถขจัด steady state error ได้

1.2.3.3 Derivative Mode of Control (D-Control) หรือตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ จะช่วยลดผลตอบสนองที่เป็น overshoot ในระบบวงปิด ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น

1.2.3.4 การปรับแต่ง parameters ของ P, PI หรือ PID มี 2 ลักษณะดังนี้

Open Loop จะได้ค่าของตัวควบคุม P, PI, PID ตามตาราง

	Kp	Ti	Td
P	1/RL	---	---
PI	0.9/RL	L/0.3	---
PID	1.2/RL	2L	0.5L

Closed Loop จะได้ค่าของตัวควบคุม P, PI, PID ตามตาราง

	Kp	Ti	Td
P	0.5/Kcr	---	---
PI	0.45/Kcr	1/1.2Pcr	---
PID	0.6/Kcr	0.5Pcr	0.125Pcr

Kcr : Critical Gain หรือ Ultimate Gain : Ku

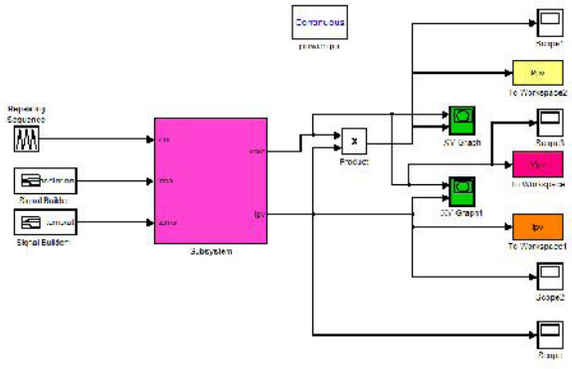
จาก PID Transfer function ค่าตังควบคุมที่ใช้ในการปรับระบบของการจำลองนี้คือ

Kp=0.2; Ki=0.5; Kd=0.3

3. การทดสอบ

ทำการจำลองการทำงานของวงจรโดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink โดยสัญญาณควบคุมจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแอนะล็อกไปสู่วงจรสร้างสัญญาณแบบ PWM ได้ค่าดิวตี้ไซเคิลเพื่อนำไปขับเกตการทำงานของ IGBT ในวงจรทอนระดับแรงดันให้ได้ค่าคุณลักษณะของกระแส แรงดันเป็นไปตามการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ในที่นี้จะกล่าวถึงการออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์ โดยโครงสร้างงานวิจัยชิ้นนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนการจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และอีกส่วนคือวงจรทอนระดับแรงดันที่มีการทำงานเชื่อมต่อกับการ์ดอินเตอร์เฟส เพื่อนำไปสู่การสร้างสัญญาณจริงที่เหมาะสมในการทดสอบการจ่ายโหลด ซึ่งจะเขียนให้อยู่ในรูปแบบจำลองทั้งหมดดังรูปที่3

3.1 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจำลองได้โดยสมการไดโอดในอุดมคติ ดังสมการ (4)

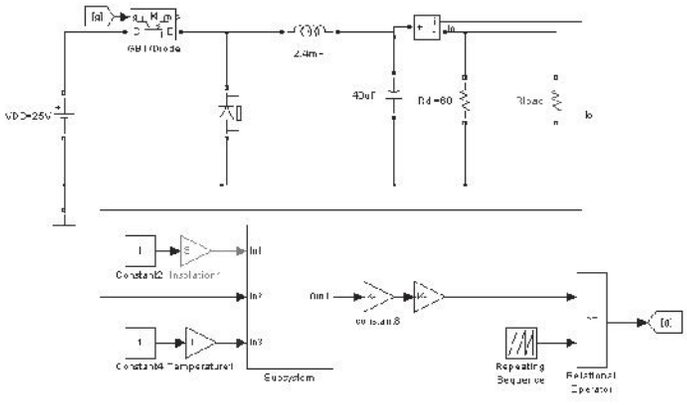
$$I = I_{ph} - I_s\left[\exp\frac{q\left(V + I\cdot R_s\right)}{N\cdot K\cdot T} - 1\right] - \frac{\left(V + I\cdot R_S\right)}{R_{SH}} \tag{4}$$

ผลกระทบจากระดับของแสงอาทิตย์ ได้ความสัมพันธ์ของกระแสโฟโตกับความเข้มแสงอาทิตย์ สามารถเขียนได้ดังสมการ (5)

$$I_{ph} = \left[I_{sc} + k_i\left(T - T_{ref}\right)\right]\cdot\lambda \tag{5}$$

ผลกระทบจากอุณหภูมิ กระแสไฟฟ้าที่ตัวเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงมากขึ้น สามารถเขียนได้ดังสมการ (6)

$$I = I_s\left(t\right)\left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1\right] \tag{6}$$



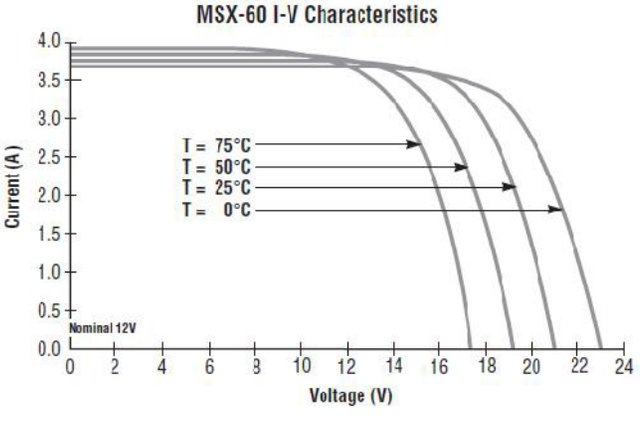
รูปที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองใช้หลักการของวงจรทอนระดับแรงดัน

Typical Electrical Characteristics of Photovoltaic Modules Solarex model MSX60	
Electrical Characteristics	**Specification**
Maximum power (Pmax)	60 W
Voltage @ Pmax (Vmp)	17.1V
Current @ Pmax (Imp)	3.5A
Guaranteed minimum Pmax	58W
Short-circuit current (Isc)	3.8A
Open-circuit voltage (Voc)	21.1V
Temperature coefficient of open-circuit voltage	–(80±10)mV/°C
Temperature coefficient of short-circuit current	(0.065±0.015)%/°C
Temperature coefficient of power	–(0.5±0.05)%/°C
NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	47±2°C

3.2 ออกแบบและสร้างวงจรทอนระดับแรงดัน โดยการนำกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองมาเป็นตัวคำนวณหาค่าของอุปกรณ์ในวงจรทอนระดับแรงดัน

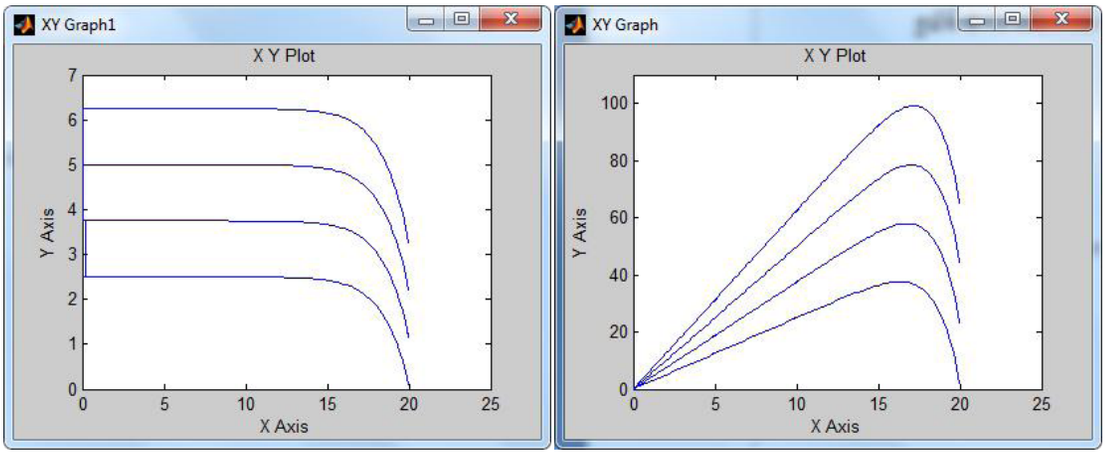
เชื่อมต่อวงจรเข้ากับวงจรสร้างสัญญาณควบคุมแบบ PWM ซึ่งจะไปควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณพัลส์ขับเกตของวงจรทอนระดับแรงดัน เพื่อการควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขาออกให้สัมพันธ์กับกระแสขาออกโดยใช้การปรับค่าดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณพัลส์ขับเกตของไอจีบีที เพื่อให้การจ่ายกำลังของวงจรทอนระดับเป็นไปตามคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ทดสอบเปรียบเทียบค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรทอนระดับแรงดัน เมื่อความเข้มแสงและอุณหภูมิแตกต่างกันกับแบบจำลองทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วเปรียบเทียบกับกราฟคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



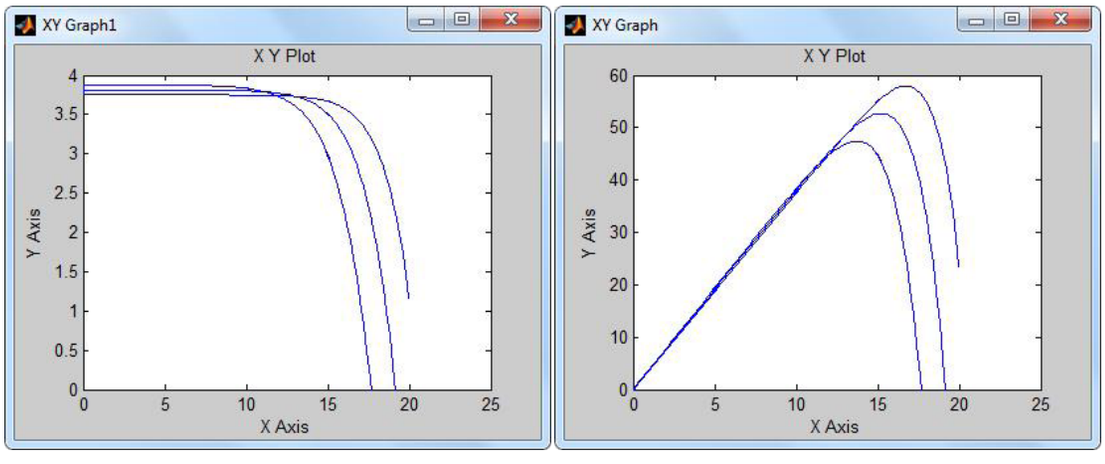
รูปที่ 4 กราฟคุณลักษณะ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น MSX60

ผลการทดลอง ในรูปที่ 5 ได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 5 กราฟ i-v curve เมื่อทดลองเปลี่ยนค่าความเข้มแสง และอุณหภูมิคงที่

เมื่อทำการทดลองเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ ค่าความเข้มแสงคงที่ จะได้ค่าความเปลี่ยนปลงของกราฟคุณลักษณะของ p-v ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟ i-v curve เมื่อทำการทดลองเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ

	MSX60	Simulations	Deviation	Target
Pmax (W)	60.0	57.9	3.5%	± 5%
Vmax (V)	21.1	20.0	5.2%	± 5%
Imax (A)	3.8	3.75	1.3%	± 5%

4. สรุปผล

จากการจำลองค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่สร้างขึ้นจากสมการพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์ และจำลองการทำงานด้วย MATLAB/Simulink เพื่อให้กราฟคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ I-V curve ในการจำลองให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อ้างอิงมากที่สุดนั้น จากผลการจำลองนี้ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับกราฟที่อ้างอิง เป็นที่พอใจ แต่ในงานวิจัยนี้ ส่วนการจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ทำด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นในการพัฒนาการวิจัยต่อไป คือทำการจำลองการป้อนกลับด้วยวิธีผ่านชุด Hardware และใช้วิธีการป้อนกลับวิธีการอื่นมาเปรียบเทียบ เพื่อให้ได้ผลจำลองมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อ้างอิงมากที่สุด เช่น การนำ Fuzzy Logic Control มาใช้เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Hayrettin CAN “Model of a photovoltaic panel emulator in MATLAB-Simulink” Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, Turk J Elec Eng & Comp Sci (2013) 21: 301 -308, 2013

[2] M. Abdulkadir, A. S. Samosir and A. H. M. Yatim “MODELING AND SIMULATION BASED APPROACH OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN SIMULINK MODEL” ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 7, NO. 5, MAY 2012, pp 616-623

[3] Samer Alsadi, Basim Alsayid “Maximum Power Point Tracking Simulation for Photovoltaic Systems Using Perturb and Observe Algorithm” International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 2, Issue 6, December 2012, ISSN: 2277-3754, pp 80-85

[4] Geoff Walker “EVALUATING MPPT CONVERTER TOPOLOGIES USING A MATLAB PV MODEL” pp

[5] เดชนิติธร อิ่มปรีดา, วันชัย ทรัพย์สิงห์ “Real- time Simulation using Mathematical model of Photovoltaic Cell/Module” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8, ENETT8-RE09 1/8-8/8, 2555

[6] R.Raja, L.Udhaya kumar, S.Rakesh kumar “FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR PHOTOVOLTAIC ARRAY SIMULATOR” R.Raja et al. / International Journal of Engineering and Technology (IJET), ISSN : 0975-4024, Vol 5 No 2, Apr-May 2013, pp 1625-1630

O-IR11

นวัตกรรมการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์สำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง

Innovative Processes for the Production of Calcium Oxide Catalyst for Biodiesel Production from Wasted Green-Mussel Shell

กรกฎ นิยมสัตย์,ดวงกมล ตุงคะสมิต, นำพล อินสิน*
ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10330
*E-mail: Numpon.i@chula.ac.th

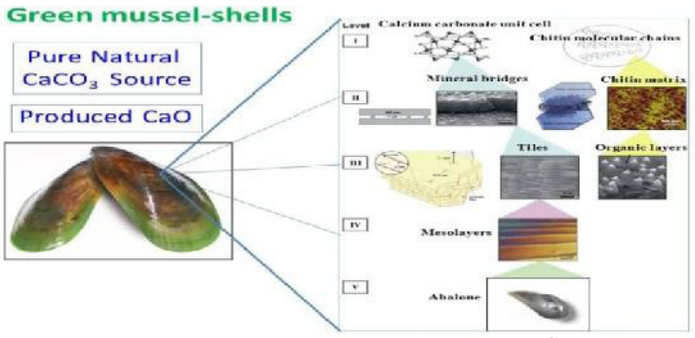
บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตและแปรรูปวัตถุดิบอาหารจากสัตว์ทะเลหลากหลายชนิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่ต้องแข่งขันให้มีความทัดเทียมนานาประเทศที่เป็นคู่แข่งทางด้านการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารทะเล ทำให้ผลกระทบที่ตามมาในแต่ละปีมีปริมาณของเสียชนิดต่างๆ หลงเหลือจากกระบวนการผลิตและแปรรูปจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากซึ่งยากต่อการจัดเก็บและทำลาย อาทิเช่น เปลือกหอยแมลงภู่ที่มีปริมาณสูงถึงหลายหมื่นตันต่อปี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยแมลงภู่ที่เป็นของเสียเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลโดยสังเคราะห์แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการสกัดโปรตีนออกแล้วมาผ่านการเผาที่อุณหภูมิ800 - 1000 °C ด้วยกระบวนการดังกล่าว พบว่าได้แคลเซียมออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์และมีความเป็นรูพรุนเหมาะสมกับการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ จากนั้นได้นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้มาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มและเมทานอล พบว่า สภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล คือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ร้อยละ 5 โดยเทียบกับน้ำหนักน้ำมันปาล์ม สัดส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่ 64 °C และอัตราการปั่นกวน500 รอบต่อนาที สามารถให้ร้อยละการเปลี่ยน (%Conversion) จากไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์สูงถึงร้อยละ 98.04 ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงนอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้ถึง 7 ครั้ง โดยค่า% Conversion ของเมทิลเอสเทอร์ยังคงสูงถึงร้อยละ 96.62

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์, เมทิลเอสเทอร์, เปลือกหอยแมลงภู่, ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

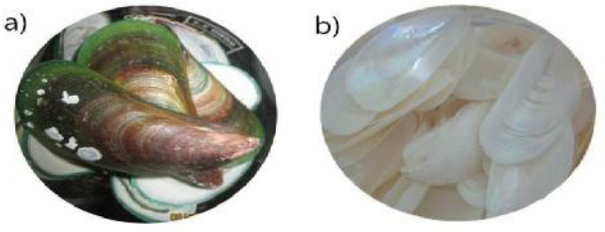
1.บทนำ

นวัตกรรมการแปรรูปทางอาหารทะเลด้วยวิธีการต่างๆ ในปัจจุบันนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อขยายกำลังการผลิตและแปรรูปอาหารหลากหลายชนิดเพื่อตอบสนองความต้องการของประชากรที่ต้องใช้ในการอุปโภคบริโภคซึ่งประเทศไทยได้มีการนำเครื่องมือที่ทันสมัยมาใช้สำหรับกระบวนการผลิตและแปรรูปภายในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เพื่อให้สามารถแข่งขันกับนานาประเทศที่เป็นคู่แข่งทางเศรษฐกิจได้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยจึงประสบผลสำเร็จทำให้ระบบเศรษฐกิจภายในประเทศเกิดการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง และในอนาคตคาดว่าน่าจะมีการเพิ่มกำลังการผลิตสินค้าและอาหารแปรรูปนานาชนิดที่มากยิ่งขึ้น สำหรับอาหารแปรรูปทางทะเลภายในประเทศส่วนใหญ่มาจากหอยแมลงภู่ซึ่งเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงมากชนิดหนึ่งในประเทศไทยเนื่องเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ราคาถูก หาง่าย และเป็นที่นิยมบริโภคทั้งคนไทยและต่างชาติ ทำให้เป็นที่สนใจในการนำมาผลิตแปรรูปเป็นอาหารทะเลนานาชนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นปัญหาที่คาดว่าจะเกิดตามมาหลังกระบวนการผลิตคือโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่วนใหญ่จะมีของเสียเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยจากเปลือกหอยแมลงภู่มีปริมาณสูงถึงหลายหมื่นตันต่อปีซึ่งยากต่อการจัดเก็บและทำลาย อีกทั้งหากกำจัดไม่ถูกวิธียังส่งผลถึงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น การฝังกลบที่ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานาน ทำให้ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ในการเพาะปลูกหรือการทำลายโดยวิธีเผาไหม้ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกและยังทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดมลพิษในด้านต่าง ๆ อีกมาก ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ เป็นต้น จากข้อมูลทางชีววิทยาพบว่าองค์ประกอบหลักของเปลือกหอยแมลงภู่ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, $CaCO_3$) สูงถึงร้อยละ 95-99 ซึ่งอยู่ในรูปของแร่อะราโกไนต์ (aragonite)[1] ลักษณะที่พบจะมีการก่อตัวเป็นชั้นๆ โดยมีขนาดเล็กประมาณ 10 ไมโครเมตร และมีความหนาในแต่ละชั้นไม่เกิน 0.5 ไมโครเมตร [2] นอกจากนี้ยังพบว่าในแต่ละชั้นยังมีการยึดเหนี่ยวกันด้วยโปรตีน เช่นβ-(1-4)-linked N-acetyl-D-glucosamine [3] มีหน้าที่เป็นสารยึดเหนี่ยวทำให้เปลือกหอยมีรูปร่างที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1องค์ประกอบของเปลือกหอยแมลงภู่ในแต่ละชั้น [4]

สำหรับชั้นแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแมลงภู่ในแต่ละชั้นมีความบริสุทธิ์สูงเนื่องจากเป็นการเลือกคัดสรรโดยธรรมชาติ (naturalselection) ดังนั้นจึงมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น ความบริสุทธิ์สูง (high purity) ความขาว (brightness)ความเสถียรทางเคมี (chemicalStability) และไม่เป็นพิษ (non-toxic) ต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งหากสามารถสกัดส่วนที่เป็นโปรตีนและสารอินทรีย์ออกจนหมดจะทำให้ได้แคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง a) ก่อนสกัด b) หลังสกัดและทำให้บริสุทธิ์

ทางเลือกหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยแมลงภู่ที่เป็นของเสียดังกล่าวคือการนำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล ซึ่งเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาด้านพลังงานซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตและเป็นสิ่งจำเป็นมากที่สุดหลายหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้ตระหนักถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในระดับประเทศที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยประเทศไทยนั้นมีการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศปีละหลายล้านลิตร ประกอบราคาน้ำมันในตลาดโลกที่มีความผันผวนทำให้มีแนวโน้มของราคาที่เพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี ดังนั้นจึงส่งผลให้ผู้ประกอบกิจการทางด้านอุตสาหกรรมทุกภาคส่วนต้องเพิ่มต้นทุนในการผลิตสินค้าชนิดต่างๆทำให้ราคาสินค้าหลายรายการมีราคาสูงส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของประชากรภายในประเทศ จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติมเพื่อนำมาทดแทนพลังงานที่นำเข้าจากต่างประเทศ พบว่าประเทศไทยนั้นเป็นแหล่งที่มีความได้เปรียบทางด้านภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ อย่างไรก็ตามหากจะนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนจำเป็นต้องผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการสำหรับการผลิตไบโอดีเซลนั้นจำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตซึ่งมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide, CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เนื่องจากสามารถกำจัดออกจากระบบการผลิตได้ง่าย ราคาถูก อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในระบบการผลิตได้หลายครั้ง ในส่วนของวิธีการสังเคราะห์แคลเซียมออกไซด์นั้นมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนแต่จำเป็นต้องมีแหล่งของวัตถุดิบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ซึ่งสามารถเตรียมได้จากการสกัดโปรตีนและสารอินทรีย์ชนิดต่างๆที่แทรกอยู่บนเปลือกหอยแมลงภู่ออกแล้วนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนดังแสดงในสมการที่ 1 [5]

$$CaCO3_{(s)} \rightarrow CaO_{(g)} + CO_{2(g)} \quad (1)$$

ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นและตระหนักถึงความสำคัญจากความสัมพันธ์ของปัญหาปริมาณของเสียเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้นหลายหมื่นตันต่อปีที่มาจากกระบวนการผลิตและแปรรูปของโรงงานอุตสาหกรรรมอาหารทะเลซึ่งยากต่อการกำจัดและปัญหาที่เกิดจากการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในระดับประเทศ โดยทางเลือกหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาหลักที่มีความสำคัญควบคู่ไปพร้อม ๆ กันภายในระยะเวลาเดียวกันได้นั้น คือ การผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงจากการนำเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งที่เป็นขยะจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตไบโอดีเซลให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของประชากรภายในประเทศ นอกจากนี้

ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียเหลือทิ้งสำหรับการพัฒนาต่อยอดนวัฒกรรมทางกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจากเดิมในด้านต่าง ๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากของเสียเหลือทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง

2.ระเบียบวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแมลงภู่

นำเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการสกัดโปรตีนออกแล้วมาบดและกรองผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิในช่วง800-1000 °Cตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้หลังจากการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ถูกนำไปวิเคราะห์เอกลักษณ์โครงสร้างด้วยเทคนิคเอกซเรย์พาวเดอร์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี (IR)

2.2 การสังเคราะห์ไบโอดีเซล

นำน้ำมันปาล์มรีไฟน์ผสมกับเมทานอลในอัตราส่วน 1:6 โดยโมล จากนั้นเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์) หลังจากนั้นทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิ 64 °Cเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการปั่นกวน 500 รอบต่อนาที หลังปฏิกิริยาสิ้นสุดลงทำการกรองของผสมเพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ออกจากระบบ นำไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์มาวิเคราะห์ร้อยละการเปลี่ยน(%Conversion)จากไตรกลีเซอร์ไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้เทคนิคโปรตรอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์-สเปกโทรสโกปี (Proton Nuclear Magnetic Resonance ; ^{1}H-NMR) และทำการวิเคราะห์ร้อยละผลได้ (%Yield) ของไบโอดีเซล โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำมันปาล์มรีไฟน์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น โดยใช้สมการที่ 2

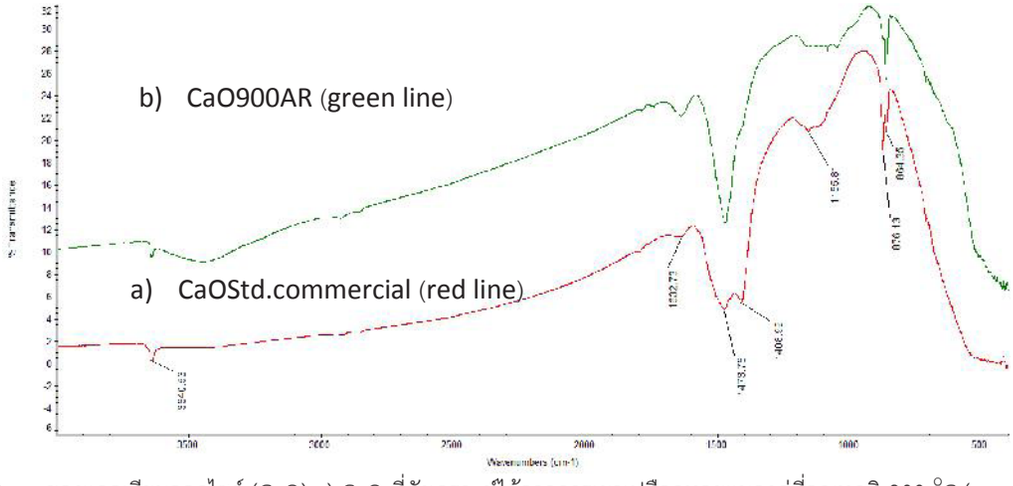
$$\text{ร้อยละผลได้ (\%Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักของไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์ (กรัม)} \times 100\%}{\text{น้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์ (กรัม)}} \qquad (2)$$

3.ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1การวิเคราะห์เอกลักษณ์เพื่อพิสูจน์ทราบโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง

3.1.1 เทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี(FTIR)

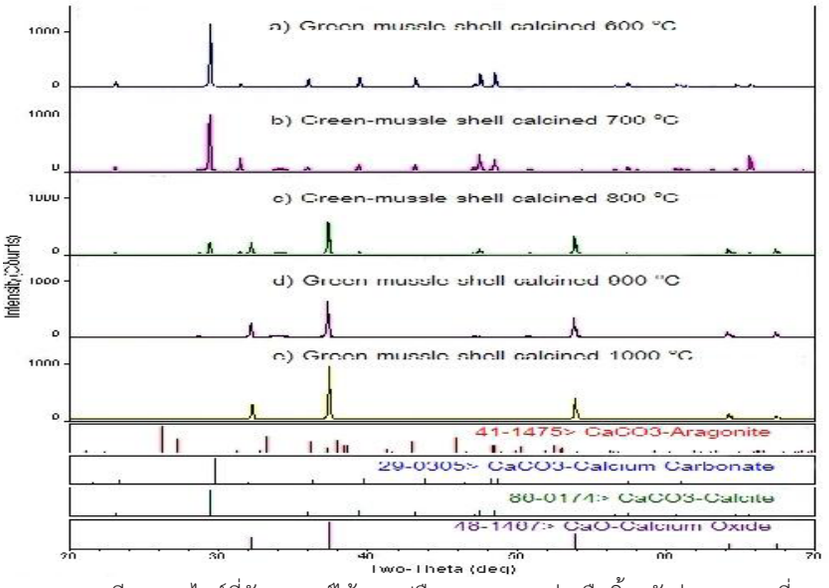
เมื่อนำแคลเซียมออกไซด์ (CaO900AR) ที่สังเคราะห์ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 900 °Cมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR โดยเปรียบเทียบกับแคลเซียมออกไซด์ที่เป็นสารมาตรฐาน (CaOStd.Commercial) สำหรับใช้เป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบข้อมูลของตำแหน่งพีคอ้างอิง (reference peak) ของสารมาตรฐานพบว่า FTIR patternแสดงพีคที่เป็นเอกลักษ์เฉพาะของแคลเซียมออกไซด์ คือ พีคที่ตำแหน่ง 1473.76 cm^{-1}มีสมมาตรการสั่นแบบ asymmetric-stretch ส่วนพีคที่ตำแหน่ง 876.13 cm^{-1}มีสมมาตรการสั่นแบบ out-of plane bend ของโมเลกุล CO_3^{2-}ที่เกิดการสลายตัวของ $CaCO_3$ และพีคที่ตำแหน่ง 3640.53 cm^{-1}เป็นพีคของหมู่ OH^-แบบ stretching band ของ $Ca(OH)_2$โดยเกิดจากการดูดซับ (adsorption) โมเลกุลของน้ำที่มาจากความชื้นในอากาศ (atmospheric air) ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว (surface area) ของแคลเซียมออกไซด์[6]แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 FTIR pattern ของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) a) CaO ที่สังเคราะห์ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 900 °C (green line) b) สารมาตรฐาน CaO Commercial (red line)

3.1.2เทคนิคเอกซเรย์พาวเดอร์ดิฟแฟรกชัน(XRD)

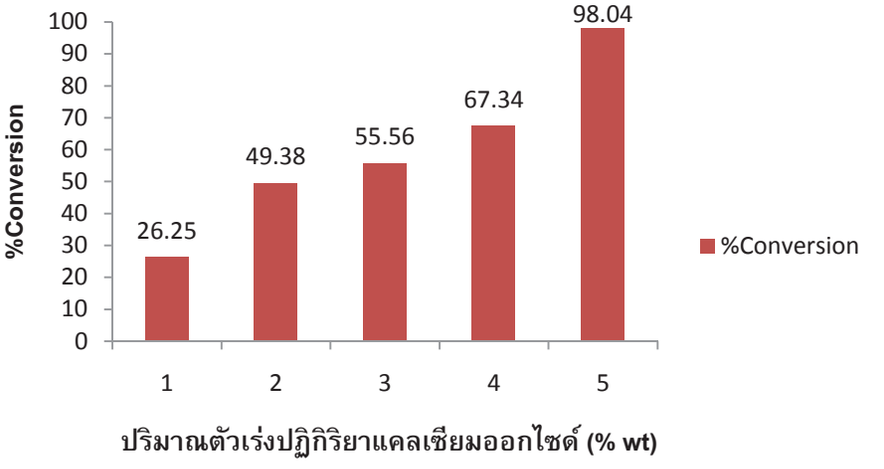
เมื่อเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 600, 700, 800, 900 และ 1000 °Cพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาสูงกว่า900 °C ขึ้นไปมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO)อย่างสมบูรณ์ ซึ่งตำแหน่งของพีคที่ 2θเท่ากับ37.38, 53.88, 32.22, 64.19 และ 67.44 เป็นตำแหน่งของพีคที่แสดงเอกลักษณ์เฉพาะของแคลเซียมออกไซด์เมื่อทำการเปรียบเทียบพีคของแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ร่วมกับJCPDS file no.48-1467 ที่เป็นไฟล์มาตรฐานของแคลเซียมออกไซด์พบว่ามี XRD pattern ตรงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 XRD pattern ของแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งหลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ600 - 1000 °C

3.2 การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

จากผลการทดลองเมื่อทำการสังเคราะห์ไบโอดีเซลภายใต้สภาวะที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มรีไฟน์ต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 และอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์เท่ากับ64 °Cโดยศึกษาการใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 900 °Cในอัตราส่วนร้อยละ 1 ถึง 5(เทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จะส่งผลทำให้ร้อยละการเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์จากไตรกลีเซอรไรด์ของน้ำมันปาล์มรีไฟน์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 5 เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของSharma และคณะ[7]

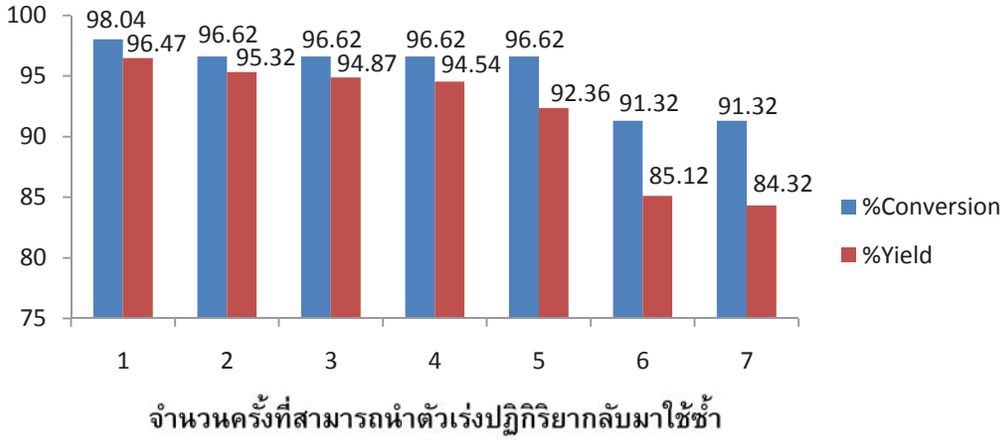


รูปที่ 5ผลของตัวเร่งปฏิกริยาแคลเซียมออกไซด์ที่มีต่อค่า %conversion ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบทำให้สารตั้งต้นสามารถเกิดปฏิกิริยาบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ได้ดียิ่งขึ้นจึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างสมบูรณ์ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 5 สามารถให้ค่า % conversionได้สูงถึง 98.04 %ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง

3.3 การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำใหม่ในระบบพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่เตรียมจากการสังเคราะห์โดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งเป็นสารตั้งต้นสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยงานวิจัยนี้สามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้ประมาณ 7 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่ามีค่า %Conversionอยู่ในช่วง 91 - 98 %ดังแสดงในรูปที่ 6แต่เนื่องจากการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำใหม่ในระบบพบว่ามีการสูญเสียปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาบางส่วนไปกับการเกิดปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชันที่ทำให้เกิดไขสบู่ [8]และมีตัวเร่งปฏิกิริยาบางส่วนปะปนอยู่ในไบโอดีเซลหลังจากการแยกสารผลิตภัณฑ์ออกจากระบบทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาหลังจากการแยกออกจากระบบดังนั้นเมื่อมีการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำใหม่ในครั้งต่อไปจึงส่งผลต่อค่าร้อยละผลได้(%Yield)ของไบโอดีเซลซึ่งทำให้มีค่าลดลง นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ถูกนำมาใช้ซ้ำหลายครั้ง อาจส่งผลต่อบริเวณพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยาจากการที่มีสารตั้งต้นหลงเหลือดังนั้นจึงไม่สามารถทำให้เกิดหมู่ -OCH_3เพื่อเข้าทำปฏิกิริยากับกลีเซอไรด์จากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ที่เป็นสารตั้งต้นได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานครั้งแรก [9] จึงส่งผลทำให้%Yieldของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณลดลงหลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยา



รูปที่ 6การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

4.สรุปผลการทดลอง

สำหรับการนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์เพื่อสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล คือ อัตราส่วนเชิงโมลระหว่างน้ำมันปาล์มรีไฟน์ต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 5 (เทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์) อุณหภูมิที่ใช้ในการดำเนินปฏิกิริยาเท่ากับ 64 °Cที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงและอัตราการปั่นกวน 500 รอบต่อนาที (rpm) โดยพบว่าสามารถให้ค่า %Yield และ%Conversion ในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลมีค่าสูงถึงร้อยละ 96.46 และ 98.04 ตามลำดับ นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ดังกล่าวสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ในระบบได้สูงถึง 7 ครั้ง โดยที่ค่า %Conversion มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นแนวโน้มการนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงสำหรับระบบกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโรงงานอาหารทะเลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี ราคาถูก ลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศที่มีราคาแพง อีกทั้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.เอกสารอ้างอิง

[1] Chen, B., Peng, X., Wang, J., Sun, S. “Investigation to interlaced microstructure of aragonite sheets of *Chamidae shell*” *Computational Materials Science*.44, pp. 201-205, 2008.

[2] Rousseau, M., Meibom, A., Gèze, M., Bourrat, X., Angellier, M., Lopez, E. “Dynamics of sheet nacre formation in bivalves” *Journal of Structural Biology*. 165, pp.190-195,2009.

[3] Boro, J., Thakur, A.J., Deka, D. “Solid oxide derived from waste shells of *Turbonillastriatula*as a renewable catalyst for biodiesel production” *Fuel Processing Technology*. 92, pp. 2061-2067, 2011.

[4] Meyers, M., Chen, P., Lopez, M.I., Seki, Y., Lin Y.M.A; "Biological materials: A materials science approach"*Journal of the mechanical behavior of biomedicalmaterials,*4,pp. 626-657,2011.

[5] Kouzu, M., Kasuno, T., Tajika, M., Sugimoto, Y., Yamanaka, S., Hidaka, J. "Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production" *Fuel*.87, pp.2798-2806, 2008.

[6] Huang, W., Tang, S., Zhao, H., Tian, S. "Activation of commercial CaO for biodiesel production from rapeseed oil using a novel deep eutectic solvent" *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 52, pp. 11943-11947, 2013.

[7] Shama, Y.C., Singh, B., Korstad, J. "Application of an efficient nonconventional heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis from Pongamiapinnata oil" *Energy Fuels*. 24, pp. 3223-3231, 2010.

[8] Berrios, M., Skelton, R.L. "Comparison of purification methods for biodiesel" *Chemical Engineering Journal*. 144, pp. 459-465, 2008.

[9] Granados, M.L., Poves, M.D.Z., Alonso, D.M., Mariscal, R., Galisteo, F.C., Moreno-Tost,R., Santamaría, J., Fierro, J.L.G. "Biodiesel from suflower oil by using activated calcium oxide" *Applied Catalysis B: Environmental*. 73, pp. 317-32615, 2007.

O-IR12

การพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วม

Pineapple Dryer Development with Solar Cell

อัญชณา อุประกูล ,จรัญ คนแรง, วิลาสินี ศรีสุวรรณ, ไพโรจน์ ด้วงนคร[1]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 57100

E-mail: unchanay@hotmail.com[1], run_jarun@hotmail.com[2], wilasinee_s@hotmail.com[3], rojchd@hotmail.com[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยการพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในโครงการบูรณาการวิชาการแก่สังคมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน และการวิจัย ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในการบูรณาการบริการวิชาการแก่สังคม ร่วมกับการวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงโรงอบแห้งสับปะรดให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกสับปะรด ตำบลนางแล จังหวัดเชียงรายให้สามารถทำการอบสับปะรดอบแห้งอย่างต่อเนื่องได้ เนื่องจากการอบแห้งในปัจจุบันสามารถทำการอบแห้งได้ในเวลากลางวันเท่านั้น นอกจากนี้วัสดุที่ใช้ทำโรงอบเป็นพลาสติกใสคลุม ไม่มีการระบายความชื้นที่ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งไม่ได้คุณภาพตามความต้องการ

ในการพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงโรงอบแห้งโดยการเปลี่ยนพลาสติกของโรงอบเป็น โพลีคาร์บอเนต และทำการติดตั้งชุดเซลล์แสงอาทิตย์ร่วม ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์, ตัวควบคุมในการชาร์จ, ตัวเก็บกระแสไฟฟ้า, ตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า, หลอดไฟที่ใช้ในการให้ความร้อน และพัดลมดูดความชื้น ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาในการอบแห้งพบว่าเวลาในการอบแห้งหลังการปรับปรุงจากเดิม 3 วัน เหลือเพียง 1 วันครึ่ง และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 70 – 80 องศาเซลเซียส นั่นคือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น นอกจากนี้กระบวนการอบแห้งยังสามารถทำได้ต่อเนื่องทั้งในกลางวันและกลางคืน

คำสำคัญ: โรงอบแห้งสับปะรด, สับปะรดอบแห้ง, เซลล์แสงอาทิตย์ร่วม

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและประชาชนส่วนใหญ่ก็ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และช่วงที่ผลผลิตมีปริมาณจำนวนมากเกินความต้องการในการบริโภคหรือจำหน่ายทำให้ราคาของผลผลิตมีราคาถูกลง ทำให้สูญเสียต้นทุนทำให้ต้องมีการนำผลผลิตส่วนเกินมาทำการแปรรูป ซึ่งการแปรรูปที่นิยมคือ กระบวนการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนกำจัดความชื้น หรือน้ำในผลิตภัณฑ์ ให้ลดลงในค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งอาหารหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน การกำจัดความชื้นในผลิตภัณฑ์ สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีการ และเครื่องอบแห้ง ของผู้ออกแบบ กระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่ เช่น มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่ [1]ตัวอย่างการอบแห้งผลผลิตเช่นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม ที่สามารถใช้ผสมผสานกับน้ำมันเตา ความร้อนจากแหล่งพลังงานน้ำมันเตา สามารถอบผักได้ครั้งละ 700 กิโลกรัม โดยใช้เวลาอบแห้ง 6-10 ชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผักที่ใช้อบ สามารถผลิตผักอบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ขึ้นกับสภาวะดินฟ้า อากาศ หรือในกรณีที่ความเข้มจากแสงอาทิตย์มีไม่เพียงพอ ใช้พลังงานเสริมด้วย พลังงานความร้อนจากท่อไอน้ำร้อน ที่ได้จากการต้มด้วยการเผาไหม้ของน้ำมันเตา [2]หรือการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลเช่นงานวิจัยของพิสิษฏ์ [3] และ ทนงศักดิ์ [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาและเผยแพร่เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานความร้อนจากชีวมวลเพื่อการแปรรูปผลิตผลทาง การเกษตรสามารถใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้หลายระดับอุณหภูมิและเหมาะที่ทำการเผยแพร่ให้กับกลุ่มเกษตรกรที่ต้องการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเพื่อลดการใช้พลังงานในการอบแห้งปัจจุบันลงเช่น LPG น้ำมัน และไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในการอบแห้งดังงานวิจัยของสุขฤดี [5] ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สชีวภาพซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีสมรรถนะทางความร้อนสูงร่วมกับระบบพลังงานความร้อนเสริมจากระบบก๊าซชีวภาพทำให้ระบบสามารถอบแห้งได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืนเช่นกัน

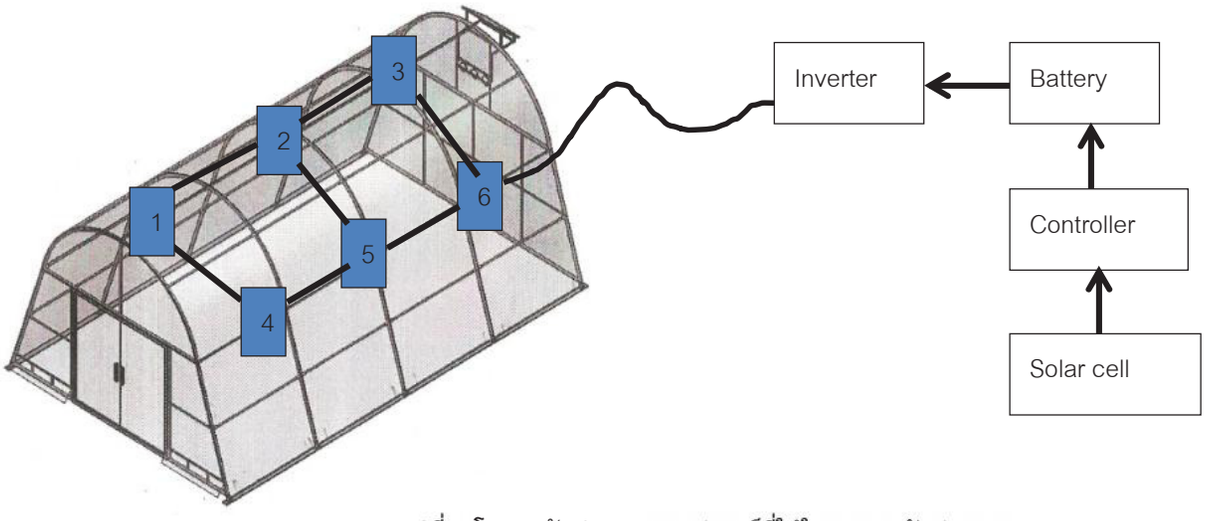
ซึ่งในบริเวณพื้นที่ของเทศบาลตำบลนางแล อ.เมือง จ.เชียงราย มีการประกอบอาชีพเกษตร อาชีพหลักของเกษตรคือ การปลูกสับปะรดนางแล ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในตำบลนางแลซึ่งมีปริมาณการผลิตจำนวนมาก ปริมาณการผลิตที่เยอะทำให้ประสบกับปัญหาหลายประการ เช่น ปริมาณสับปะรดล้นตลาด ราคาตกต่ำ โดนกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ทำให้ราคาของสับปะรดตกต่ำลง

ดังนั้นทางชุมชนนางแลได้มีการ นำเทคโนโลยีการแปรรูปสับปะรดให้อยู่ในรูปของ สับปะรดอบแห้ง สับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน และสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ประจำชุมชน หรือตำบล และจังหวัดเชียงรายเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตจากการสำรวจข้อมูลของชุมชนพบว่า มีการ

รวมตัวกันของกลุ่มแม่บ้านทำผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งโดยใช้วิธีอบแห้งแบบที่ไม่เหมาะสม โดยใช้พลาสติกใสคลุม การระบายความชื้นไม่ดีพอ เมื่อมีฝนตกก็ต้องใช้เวลาในการทำให้แห้งมากขึ้นกว่าเดิมอีก 2-3 วัน ทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งไม่ได้คุณภาพตามความต้องการ ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ในปี 2556 กลุ่มคณะนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานได้ทำโรงอบสับปะรดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อแปรรูปผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกสับปะรดแม่ปูคา ซึ่งสามารถลดระยะเวลาในการอบได้จาก 4 วันเหลือ 2 วัน แต่เนื่องจากความจำกัดทางด้านแสงอาทิตย์ทำให้การอบทำได้ไม่ต่อเนื่อง คือจะอบได้ในตอนกลางวัน ในตอนกลางคืนจะทำการอบไม่ได้ต้องทำการเก็บสับปะรดที่ตากแดดแล้วในตอนกลางวันมาเก็บไว้ในตู้เย็นและในตอนเช้าถึงจะนำออกมาตากแดดอีกครั้ง ดังนั้นทางคณะวิจัยมีความคิดที่จะพัฒนาการอบแห้งสับปะรดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนี้ให้ทำการอบได้อย่างต่อเนื่อง โดยพัฒนาโรงอบแห้งนี้โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ มาเป็นพลังงานความร้อนจากหลอดไฟเพื่อให้สามารถทำการอบได้ในเวลากลางคืน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งสับปะรด ทำให้การอบสับปะรดเป็นไปอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังสามารถใช้อบในวันที่ฝนตก หรือไม่มีแสงแดดได้ และลดเวลาการอบแห้งสับปะรดได้มากขึ้น เพื่อที่จะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ทำการออกแบบการต่ออุปกรณ์ชุดเซลล์แสงอาทิตย์ และการวางจุดของหลอดไฟเพื่อให้ความร้อนกระจายในโรงอบแห้งอย่างทั่วถึงดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โรงอบสับปะรด และอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบสับปะรด

2.ทำการติดตั้งอุปกรณ์แผงโซลาร์เซลล์, ชุดควบคุมการชาร์จไฟฟ้า, แบตเตอรี่ และหลอดไฟเพื่อให้ความร้อนและทดสอบการทำงาน โดยนำสับปะรดที่ทำการปอกเปลือก และฝานเป็นแผ่นแล้วจำนวน 120 กิโลกรัม นำมาทำการอบในโรงอบสับปะรด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การอบสับปะรดในโรงอบแห้ง

การพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดโดยใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วม คณะผู้ทำงานได้ทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้การกระบวนการอบทำได้อย่างต่อเนื่องทั้งกลางวัน และกลางคืนได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์, ตัวควบคุมในการชาร์จ (Controller), ตัวเก็บกระแสไฟฟ้า

(Battery), ตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า (Inverter) และ หลอดไฟที่ใช้ในการให้ความร้อน โดยในตอนกลางวันจะทำการอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ และในเวลากลางคืนจะให้ความร้อนจากหลอดไฟที่ให้ความร้อนซึ่งได้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ทำการเก็บกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ในตอนกลางวัน สภาพการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 3 และ สภาพก่อนการปรับปรุงโรงอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 4



ด้านนอก ด้านใน

รูปที่ 3 สภาพก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 4 สภาพหลังการปรับปรุง

3. ผลการดำเนินงาน

3.1 ผลการทดสอบเวลา และอุณหภูมิในการอบแห้ง

หลังจากการพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดโดยการติดตั้งพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้พลังงานไฟฟ้ากับหลอดไฟที่ให้ความร้อนทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกสับปะรดแม่ปูคาได้ทำการทดลองอบสับปะรดจากผลการตรวจสอบระยะเวลาในการอบแห้งพบว่าเวลาในการอบแห้งหลังการปรับปรุงเหลือเพียง 1.5วัน และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 70 – 80 องศาเซลเซียส ผลการเปรียบเทียบเวลา และอุณหภูมิในการอบแห้งแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบเวลา และอุณหภูมิในการอบแห้ง

รายละเอียด	ผลการทดลอง	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	50 – 60	70 – 80
เวลา(วัน)	2.5 วัน	1.5 วัน

จากตารางพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น นอกจากนี้กระบวนการอบแห้งยังทำได้ต่อเนื่องทั้งในกลางวันและกลางคืน

3.2 ผลการทดสอบการอบแห้งสับปะรดโดยใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วม

จากผลการทดสอบการอบแห้งสับปะรดจากโรงอบสับปะรดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมพบว่า สับปะรดที่อบได้มีลักษณะตรงตามต้องการของผู้ผลิตโดยลักษณะของสับปะรดอบแห้งที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ 5 และสับปะรดอบแห้งที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่ายแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ลักษณะของสับปะรดอบแห้งที่ได้



รูปที่ 6 สับปะรดอบแห้งที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย

4. สรุป

การพัฒนาการอบแห้งสับปะรดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้สามารถทำการอบได้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ มาเป็นพลังงานความร้อนจากหลอดไฟเพื่อให้ควมร้อนมาทำการอบได้ในเวลากลางคืน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งสับปะรด ทำให้การอบสับปะรดเป็นไปอย่างต่อเนื่องทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน นอกจากนี้ยังสามารถใช้อบในวันที่ฝนตก หรือไม่มีแสงแดดได้ และลดเวลาการอบแห้งสับปะรดได้มากขึ้น เพื่อที่จะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า

จากการพัฒนาโรงอบแห้งสับปะรดโดยใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอบทำให้กระบวนการอบสามารถทำได้อย่างต่อเนื่องทั้งกลางวัน และกลางคืน โดยทำการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่ม โดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์, ตัวควบคุมในการชาร์จ (Controller), ตัวเก็บกระแสไฟฟ้า (Battery), ตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า (Inverter) และ หลอดไฟที่ใช้ในการให้ความร้อน

จากผลการตรวจสอบระยะเวลาในการอบแห้งพบว่าเวลาในการอบแห้งหลังการปรับปรุงลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น1.5 วัน และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 70 - 80 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น นอกจากนี้กระบวนการอบแห้งยังทำได้ต่อเนื่องทั้งในกลางวันและกลางคืน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ทนงศักดิ์ วัฒนา, 2554,“ตู้อบกระเทียมพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซชีวมวล” , ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม.

[2] พิสิษฏ์ มณีโชติและคณะ,2552,“การพัฒนาและเผยแพร่เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานอาทิตย์ร่วมกับ พลังงานความร้อนจากชีวมวลเพื่อการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร”, สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา,มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[3] สุขฤดี นาถกรณกุล,2547, “เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สชีวภาพ”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

[4] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542, “เครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Vegetable Solar Dryer)”, วารสารนโยบายพลังงาน, ฉบับที่ 43, [มกราคม – มีนาคม 2542].

[5] สำนักงานพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์, 2554, “คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์”, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปกร.

O-IR13

การพัฒนาห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อใช้อบแห้งในวิสาหกิจชุมชน

The development a small solar drying room for use in drying of communities

ปรีชา ศรีประภาคาร

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150 E-mail: sriprapakhan@hotmail.com

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นเมืองเกษตร การทำให้แห้งเป็นการถนอนอาหารและผลผลิตทางการเกษตรวิธีหนึ่งที่นิยมทำกันมานาน เช่น การตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งการตากแห้งจะใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้พลังงานหลัก ทำให้ต้นทุนด้านพลังงานต่ำมาก แต่จะติดปัญหาเรื่องฝุ่น แมลงรบกวน ฝนตก เนื่องจากการตากแบบเปิด ดังนั้น ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบปิดจึงได้มีการพัฒนาขึ้น ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ กอร์ปกับในปัจจุบันชุมชนก็ได้มีพัฒนาองค์กรเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งหนึ่งในนั้นเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อบแห้งพืชสมุนไพร ในท้องถิ่นขึ้น ซึ่งจากการทำงานด้านพลังงานชุมชน พบว่าการส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทางภาครัฐนั้นมีขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้น จึงได้เกิดแนวคิดงานวิจัยเพื่อพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับชุมชนเพื่อเป็นทางเลือกขึ้น ซึ่งการวิจัยผลิตภัณฑ์ทดสอบเป็นใบหม่อนสายพันธ์บุรีรัมย์ 60 ขนาดห้องอบแห้ง กว้าง 1.5 เมตรยาว 2 เมตรและ สูง 1.2 เมตรวัสดุกรอบอาคารห้องอบแห้ง และหลังคา ทำจากแผ่นโพลีคาร์บอเนต หนา 6 มิลลิเมตร พื้นเป็นคอนกรีตโรยผงฝุ่นสีดำทับหน้า โดยทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาตักสิลา เพื่อการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิกัดละติจูดที่ 16°14.48’ 9.0” องศาเหนือ และพิกัดลองติจูดที่ 103°15’ 8.5” องศาตะวันออก น้ำหนักผลิตภัณฑ์ทำการทดสอบ ครั้งละ 3 กิโลกรัม โดยจะทำการเก็บข้อมูลการอบแห้งเพื่อหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อน และคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส และค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมเฉลี่ย 565 วัตต์ต่อตารางเมตร สามารถทำให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์ทดสอบลดลงเฉลี่ย 71.8 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมห้องอบแห้งมีค่า 7.6 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นสีเขียวของใบหม่อนอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ดังนั้น ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับชุมชนนี้ จึงสามารถเป็นทางเลือกอีกระดับหนึ่งของการขยายผลเพื่อใช้ประโยชน์และพัฒนามิติของพลังงานชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: ระบบอบแห้งพลังงานสงอาทิตย์, พลังงานชุมชน, ใบหม่อน

1. บทนำ

ในปัจจุบันเกษตรกร ผู้ประกอบการรายย่อย หรือแม้แต่วิสาหกิจชุมชน ส่วนใหญ่กระบวนการถนอนผลิตภัณฑ์เพื่อกำจัดความชื้นออกให้แห้งมักจะใช้วิธีการอย่างง่ายโดยการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่มักมีการปนเปื้อนและเสียหายจากการรบกวนของแมลง หรือแม้กระทั่งการตากผลิตภัณฑ์ใช้เวลานานมากขึ้นจากการเปียกฝน แต่เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตศูนย์สูตรได้รับค่ารังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง จึงมีศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 18.2 MJ/m^2-day[1] ดังนั้น เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying) จึงมีการประยุกต์ใช้ขึ้น นักวิจัย นักวิชาการต่างๆ จึงได้มีการพัฒนา ออกแบบระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ สำหรับอบแห้งผลิตผลด้านการเกษตรต่างๆ โดยหนึ่งระบบที่มีศักยภาพในการอบแห้ง และใช้ได้จริงคือ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ซึ่งสามารถนำไปใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ได้ อย่างไรก็ตามสมรรถนะของระบบอบแห้งดังกล่าวขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้งและสถานที่ตั้งซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องทำการวิจัยและพัฒนาระบบให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เพื่อใช้แก้ปัญหาการอบแห้งแบบธรรมชาติ ในปัจจุบันชุมชนก็ได้มีพัฒนาองค์กรเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งหนึ่งในนั้นเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อบแห้งพืชสมุนไพร ในท้องถิ่นขึ้น อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐ เช่น กระทรวงพลังงาน ก็ได้ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน โดยบูรณาการงานร่วมกับสถาบันการศึกษาต่างๆ ซึ่งจากการทำงานด้านพลังงานชุมชน พบว่าการส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทางภาครัฐนั้นมีขนาดใหญ่เกินไป และเป็นการรวมศูนย์ ชุมชนที่เป็นเครือข่ายของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบางส่วนอยู่ไกล ทำให้ไม่สะดวกแก่การนำผลิตภัณฑ์มาทำการอบแห้งที่โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หลักที่ส่งเสริมได้ ดังนั้น เพื่อลดปัญหาด้านการเดินทาง การขนส่งผลิตภัณฑ์ และนำเทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาขยายผลให้เกิดความเหมาะสมจึงเกิดแนวคิดเพื่อพัฒนาห้องอบพลังงานแห้งแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมสำหรับชุมชนเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกต่อไป

2.ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือกระบวนการกำจัดความชื้นในผลิตภัณฑ์ออกไปจนเหลือค่าที่ความชื้นสุดท้ายที่ต้องการซึ่งการกำจัดความชื้นในผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธีการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีอบแห้งโดยทั่วไปจะเป็นไปตามกราฟของการอบแห้ง (Drying Curve) ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่เช่นมีอุณหภูมิความชื้นและความเร็วลมคงที่

ช่วงการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ (Initial Period) ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) และช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period) [4]

2.2 ประเภทของการอบแห้ง

การอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ การอบแห้งแบบ (Passive)เป็นการอบแห้งที่ไม่ใช้เครื่องมือมาช่วยในการหมุนเวียนกระแสอากาศร้อนที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ เช่นพัดลมแต่จะใช้การเคลื่อนที่กระแสอากาศร้อนแบบธรรมชาติเครื่องอบแห้งด้วยระบบนี้ ต่อมาคือ การอบแห้งแบบ (Active)เป็นการอบแห้งที่มีเครื่องมือช่วยบังคับให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่และหมุนเวียนในทิศทางที่ต้องการเช่นพัดลมจะดูดอากาศภายนอกไปรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ จากนั้นจะมีการถ่ายเทความร้อนไปยังอากาศและให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านผลิตภัณฑ์เพื่อลดความชื้นให้เหลือตามต้องการประเภทสุดท้ายคือ การอบแห้งแบบ (Hybrid) เป็นการอบแห้งที่อาศัยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งความร้อนอื่น ซึ่งระบบนี้ใช้ในการแก้ปัญหาเช่น ค่าแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอดังนั้นเพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพการอบแห้งสูงขึ้นรวมถึงการลดระยะเวลาในการอบแห้งให้น้อยลงซึ่งพบว่าแหล่งพลังงานความร้อนร่วมที่มีการนำมาใช้ เช่นพลังงานความร้อนเสริมจากไฟฟ้า (Electrical)พลังงานความร้อนจากชีวมวล (Biomass)พลังงานความร้อนจากแม้แต่แก๊สชีวภาพ (Biogas) เป็นต้น

2.3 ประสิทธิภาพทางความร้อน

ค่าประสิทธิภาพของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์[5] จึงสามารถหาได้ตามสมการที่ 2.1 ดังนี้

$$\eta_{th,d} = \frac{mH_{fg}}{I_T A} \times 100 \quad (2.1)$$

โดย $\eta_{th,d}$ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

m คือปริมาณน้ำที่ระเหย (kg / day

H_{fg} คือ ความร้อนแฝงกลายเป็นไอ (kJ/kg)

I_T คือค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ (MJ/m^2-day)

A คือพื้นที่ของโรงอบแห้ง (m^2)

2.4 ผลิตภัณฑ์ทดสอบ

ใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 เป็นพืชยืนต้นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากใบหม่อนเป็นอาหารที่ดีที่สุดของหนอนไหม หม่อนที่ปลูกในเมืองไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Morusalbaชื่อภาษาอังกฤษว่า White Mulberry, Mulberry Tree ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์หม่อนหมายเลข 44 และหม่อนน้อย หม่อนหมายเลข 44 หม่อนหมายเลข 44 เป็นพันธุ์ที่นำมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดีให้ผลผลิตสูงแต่ใช้ท่อนพันธุ์ปักชำในแปลงโดยตรงไม่ได้เพราะอัตราการออกรากต่ำจึงได้นำหม่อนทั้งสองพันธุ์มาผสมกันโดยมีเป้าหมายที่จะใช้ท่อนพันธุ์ปลูกในแปลงโดยตรง หรือปักชำก่อนปลูกหม่อนที่มีลักษณะดีเด่นพันธุ์ “บุรีรัมย์ลูกผสม 60” ผ่านการรับรองพันธุ์เมื่อเดือนตุลาคม 2530

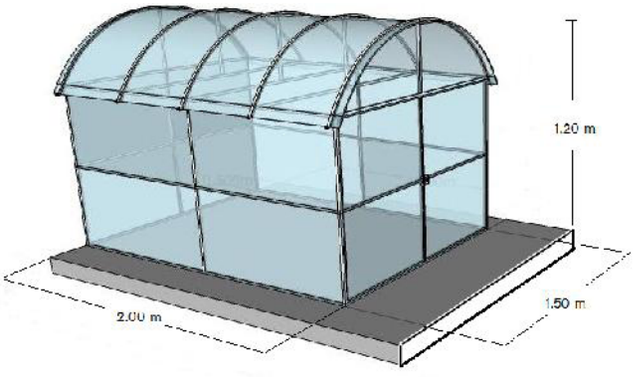
3. วิธีดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการออกแบบ

3.1.1 ขั้นตอนการออกแบบ

ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาตักสิลา เพื่อการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิกัดละติจูดที่ 16°14.48’ 9.0” องศาเหนือ และพิกัดลองติจูดที่ 103°15’ 8.5” องศาตะวันออกมีขนาด 1.50 x 2.00 x 1.20 เมตร ส่วนประกอบของโรงอบแห้งมีดังต่อไปนี้ งานโครงสร้างใช้เหล็กกล่องขนาด 1x2 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร ทาสีป้องกันสนิม งานหลังคาและผนังกรุด้วยแผ่นโพลี่คาร์บอเนตแบบใส ขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร มีความแข็งแรงทนต่อแสงยูวี บริเวณขอบมีซีลกันน้ำด้านงานคอนกรีต พื้นเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ฐานมีขนาด 2.00 x 2.60 x 0.10เมตร มีความแข็งแรง รองรับน้ำหนักของห้องอบและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดผิวหน้าคอนกรีตฉาบเรียบโรยผงฝุ่นสีดำทับหน้าก่อนการเทคอนกรีตปูทับหน้าดินด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อกันความชื้นจากผิวดินลักษณะพิเศษของห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ งานโครงสร้าง

แต่ละด้านประกอบกันโดยวิธีการเชื่อม และจะประกอบโครงสร้างแต่ละด้านโดยใช้วิธียึดด้วยน็อตและสกรู ทำให้สามารถถอด-ประกอบได้ง่าย (แบบน็อคดาวน์) เมื่อต้องการจะย้ายสถานที่ตั้ง งานประตู ลักษณะประตูแบบ 2 บานเปิด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 3.6 m^3

3.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

การทดสอบห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะนำเอาใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยนำผลิตภัณฑ์มาชั่งซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดไว้ที่น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 3,000 กรัม เมื่อได้น้ำหนักผลิตภัณฑ์แล้วจึงนำไปใส่ตะแกรงชั้นตากที่เตรียมไว้ข้างในโรงอบและ เริ่มเก็บข้อมูลต่างๆ เช่นลักษณะอุณหภูมิของห้องอบและค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เมื่อสิ้นสุดการเก็บข้อมูลจะนำเอาผลิตภัณฑ์มาชั่งน้ำหนักทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทางความร้อนของห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ประสิทธิภาพทางความร้อน

การทดสอบผลิตภัณฑ์ ได้ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็นลักษณะของอุณหภูมิ ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ น้ำหนักผลิตภัณฑ์เพื่อมาคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อนแสดงดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปผลค่าเฉลี่ยการบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	M_{in} (g)	M_{out} (g)	T_{amb} (C)	A (m^2)	Time (hr)	I (W/m^2-day)	η_{th} (%)
1	3,000	839	32	3	8	566	7.6
2	3,000	766	34	3	8	598	7.9
3	3,000	845	33	3	8	571	7.6
4	3,000	872	32	3	8	548	7.4
5	3,000	906	31	3	8	540	7.3
เฉลี่ย	3,000	846	32	3	8	565	7.6

น้ำหนักผลิตภัณฑ์ทำการทดสอบ ครั้งละ 3 กิโลกรัม โดยจะทำการเก็บข้อมูลการอบแห้งเพื่อหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อน และคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส และค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมเฉลี่ย 565 วัตต์ต่อตารางเมตร สามารถทำให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์ทดสอบลดลงเฉลี่ย 71.8 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมเฉลี่ยห้องอบแห้งมีค่า 7.6 เปอร์เซ็นต์

4.2 คุณภาพสี

การทดสอบผลิตภัณฑ์ ได้ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลโดยการตรวจวัดสีของผลิตภัณฑ์ทดสอบโดยการใช้เครื่องยิงสี ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางสรุปผลค่าเฉลี่ยการบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	คุณภาพสีก่อน			คุณภาพสีหลัง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
เฉลี่ย	34.44	-7.68	16.23	39.96	-2.59	19.77

การตรวจวัดคุณภาพสีโดยค่า L* คือ ความสว่าง มีค่าระหว่าง 0-100 หรือสีดำถึงขาว ค่า a*แสดงค่า (+) สีแดง หรือ (-) สีเขียว b* แสดงค่า (+) สีเหลืองหรือ (-) สีน้ำเงิน [3] พบว่าเมื่อทำการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้สีของใบหม่อนที่ได้มีสีที่สว่างมากขึ้น 16เปอร์เซ็นต์ มีสีเขียวลดลง 66 เปอร์เซ็นต์และมีสีออกเหลืองมากขึ้น 21เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5. สรุป

ผลการออกแบบและทดลอง พบว่าห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนนี้ ใช้งบประมาณที่สร้าง 6,500 บาท โดยกินพื้นที่ 3 ตารางเมตร เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อบแห้งไม่เกิด 3 กิโลกรัม/วัน และให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางมีค่า 7.6 เปอร์เซ็นต์ที่ค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมเฉลี่ย 565 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงสามารถเป็นห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทางเลือกอีกช่องทางหนึ่งของการขยายผลเพื่อใช้ประโยชน์และพัฒนาในมิติของพลังงานชุมชนที่มีต้นทุนต่ำสำหรับวิสาหกิจการอบแห้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย**พลังงานแสงอาทิตย์**, ธันวาคม พ.ศ.2009

[2] สำนักงานพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์.**คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ร่วมกับภาคฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปกรพ.ศ.2554.

[3] สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช**หลักเกณฑ์และมาตรฐานประกอบการตรวจรับรองสินค้าเกษตรด้านพืช** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มกราคม พ.ศ. 2556

[4] G. Pirasteh, R. Saidur, S.M.A. Rahim**A review on development of solar drying applications** Renewable and Sustainable Energy Reviews, (2014), Pages 133-148

[5] O.V. Ekechukwu **Review of solar energy drying I**: an overview of drying principles and theoryEnergy Convers Manage, (1999), pp. 593–613

O-IR14

การสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์สารอินทรีย์ชนิดใหม่เพื่อใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

Synthesis and Characterization Of Novel Organic Material for Dyes Sensitized Solar Cells

เทอดเกียรติ แก้วพวง[1] , วุฒิชัย รสชาติ[1], วินิช พรมอารักษ์[1]

[1] สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

E-mail: Tkaewpuang@gmail.com

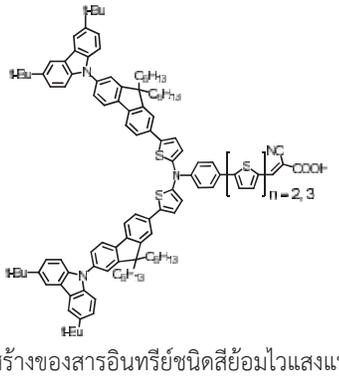
บทคัดย่อ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นโซล่าเซลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตที่สูงและกระบวนการผลิตซิลิคอนให้มีความบริสุทธิ์สูงนั้นทำได้ยากและมีอันตรายสูงส่งผลให้ราคาของแผงโซล่าเซลล์มีราคาสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงชนิดใหม่เพื่อใช้ทดแทนซิลิคอนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงชนิดใหม่สามารถสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาที่ง่าย สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ปฏิกิริยา Suzuki Cross Coupling, ปฏิกิริยา Ullmann Cross Coupling, ปฏิกิริยา Bromination และปฏิกิริยา Knoevenagel condensation เป็นต้น ซึ่งสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์เป็นสารที่หาง่าย ราคาถูกและสามารถซื้อได้โดยทั่วไป การออกแบบโครงสร้างของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงชนิดใหม่ทำการออกแบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สูง ช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง UV-Visible ถึง Near Infrared เพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงให้ได้มากที่สุดและเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด นอกจากนั้นสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงชนิดใหม่ยังมีความเสถียรทางความร้อนที่ดี และมีประสิทธิภาพที่สูงเมื่อทำการขึ้นรูปเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง, โซล่าเซลล์, ซิลิคอน

1. บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ หรืออาจกล่าวได้ว่าอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่ช่วยในการดำรงชีวิตจึงมีการหาแห่งพลังงานต่างๆ เพื่อสนองความต้องการโดยปัจจุบันพลังงานหลักที่ใช้ได้มาจากน้ำมันดิบจากธรรมชาติ แต่นับวันก็ยิ่งลดน้อยลง และแหล่งพลังงานจากน้ำมันดิบได้สร้างมลพิษ มลภาวะซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่นคราบน้ำมันดิบที่เกิดจากการอับปรางของเรือบรรทุกน้ำมันทำให้สัตว์ทะเลตายจากสารเคมีต่างๆ ของน้ำมันดิบละลายลงในทะเล นอกจากนั้นการเกิดปรากฏการเรื่อนกระจกเป็นผลจากการเผาไหม้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ดังนั้นการหาพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสัตว์ จึงเป็นสิ่งจำเป็นมากในปัจจุบัน โดยแหล่งพลังทดแทนที่ได้จากธรรมชาติได้แก่ พลังงานจากน้ำ พลังงานจากลม พลังงานจากความร้อนใต้พื้นพิภพและพลังงานจากแสงอาทิตย์ แต่ความแตกต่างของภูมิประเทศแต่ละประเทศนั้น พลังงานจากน้ำ พลังงานจากลมและพลังงานจากความร้อนใต้พื้นพิภพจึงไม่สามารถทำได้ทุกประเทศ แต่แสงอาทิตย์นั้นพบทุกประเทศทั่วโลกจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้มีการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสียอมไวแสงได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นจำนวนมาก โดยข้อดีของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสียอมไวแสงเช่น มีราคาถูก สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 11%ในปัจจุบันและมีความเสถียรทางความร้อนที่ดี [1,2] และสารอินทรีย์ชนิดสียอมไวแสงยังมีความสามารถในการดูกลืนคลื่นแสงในช่วงของวีสิเบิล [3] เช่นเดียวกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีส่วนประกอบของซิลิคอนและรูทีเดียม ซึ่งมีราคาแพงมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง[4] นอกจากนั้นยังพบปัญหาจากการผลิตซึ่งใช้สารจำพวกโลหะที่มีความเป็นพิษและเป็นอันตรายอย่างมาก ดังนั้นในงานวิจัยของเราจึงได้ทำการสังเคราะห์สารเพื่อใช้ทดแทนซิลิคอนและรูทีเดียม ซึ่งใช้กระบวนการไม่ยุ่งยาก สารเคมีที่สามารถหาง่าย แต่ให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ดีกว่าจึงได้ออกแบบโครงสร้างของสารที่ประกอบด้วยคาร์บาโซน์ ฟูลออรีน เป็นหมู่ให้อิเล็กตรอน ไทโอฟีนเป็นหมู่คอนจูเกจและไซยาโนอคิริคเป็นหมู่ยึดเกาะ [5,6] ซึ่งโครงสร้างสารแสดงดังรูปที่ 1

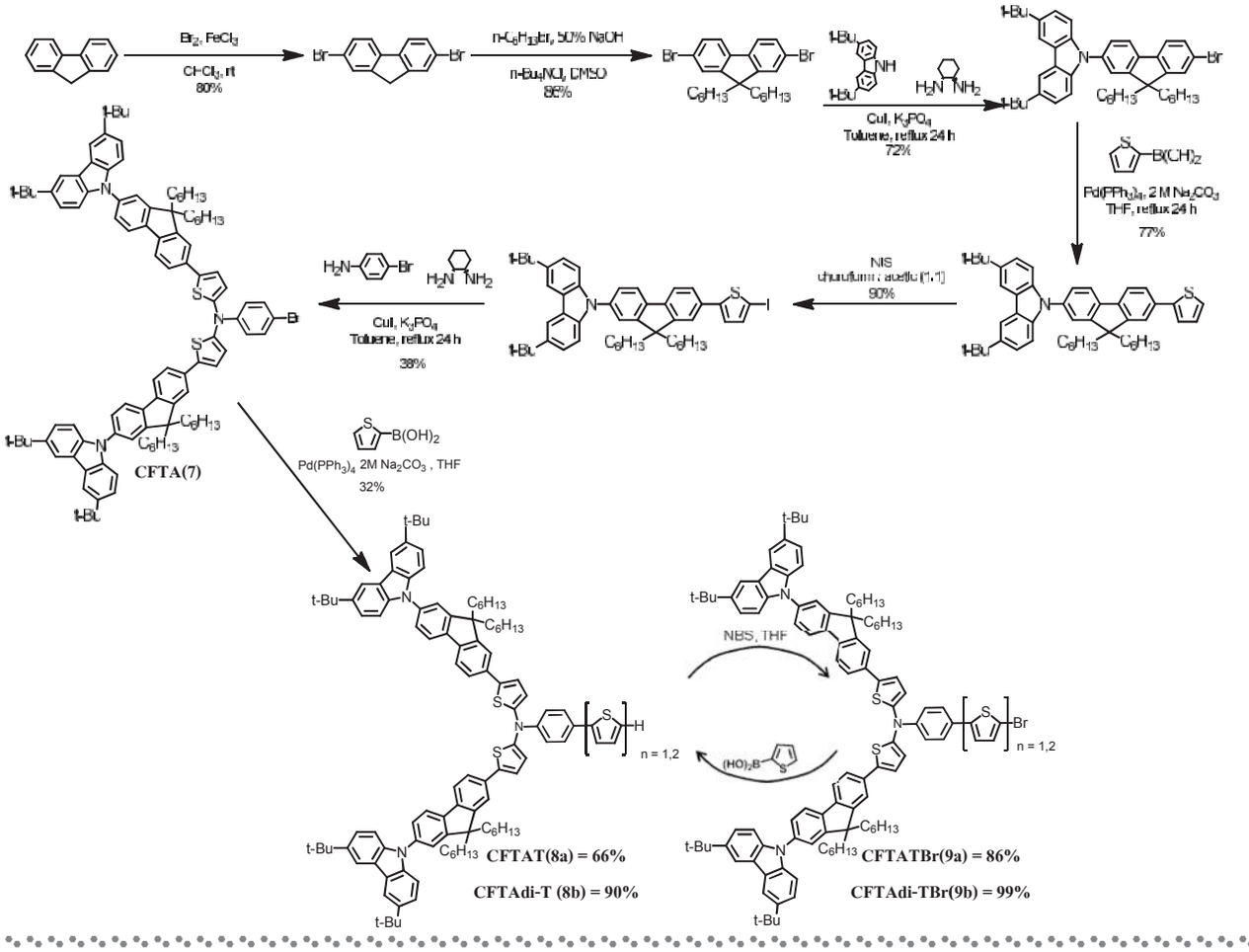


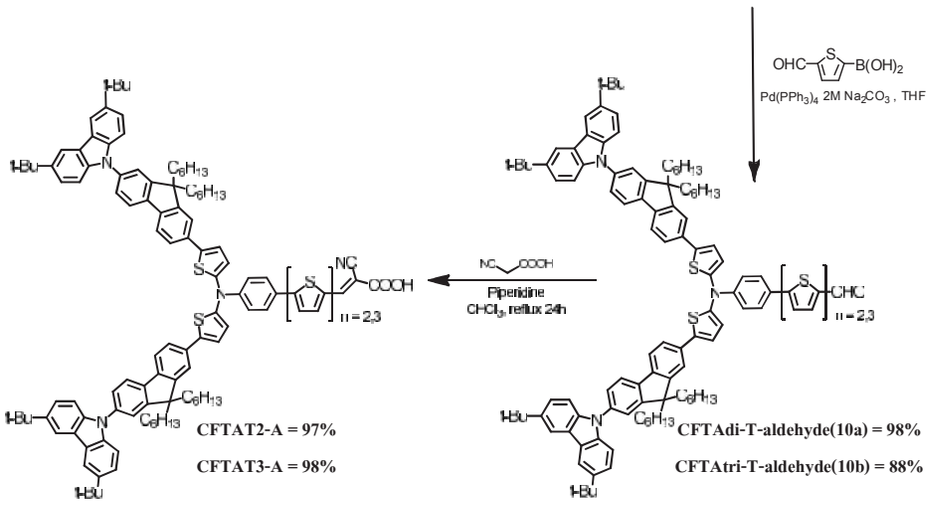
รูปที่ 1 โครงสร้างของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-π-A

2. วิธีการทดลอง

2.1 การสังเคราะห์โมเลกุลสีย้อมไวแสงเป้าหมาย

การสังเคราะห์สารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-π-A (**CFTATn-A, n = 2, 3)** ซึ่งแสดงการสังเคราะห์ในรูปภาพที่2.1. ขั้นตอนแรกนำสารตั้งต้นฟูลออรีน (**F1**) ทำปฏิกิริยา bromination กับโบรมีนโดยใช้ $FeCl_3$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสารละลาย chloroform ได้สารอินเตอร์มีเดียท **BrF(2)** 80% จากนั้นนำสารอินเตอร์มีเดียท **BrF(2)** ทำปฏิกิริยา Alkylation กับ 1-bromohexane ซึ่งใช้เบสเป็น NaOH และใช้ tetrabutyl ammonium bromide เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในตัวทำละลาย DMSO ได้สารอินเตอร์มีเดียท **Alkyl-BrF (3)** 86% ขั้นตอนต่อไปนำสารอินเตอร์มีเดียท **Alkyl-BrF (3)** ทำปฏิกิริยา Ullmann coupling กับ *t*-Bu-carbazole โดยใช้ K_3PO_4 เป็นเบส ใช้ CuI และ *trans*-diaminocyclohexane เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในตัวทำละลายโทลูอีนได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFBr (4)** 72% จากนั้นนำสารอินเตอร์มีเดียท **CFBr (4)** ทำปฏิกิริยา Suzuki cross coupling กับ 2-thiopheneboronic acid ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจนและใช้ $Pd(PPh_3)_4$เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาใช้เบสเป็น Na_2CO_3 ในตัวทำละลาย THF ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFT (5)** 77% เมื่อได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFT (5)** แล้วนำอินเตอร์มีเดียทที่ได้มาทำปฏิกิริยา Iodination กับ NIS ในตัวทำละลายผสม choroform : acetic acid (1:1) ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTIodo (6)** 90% ขั้นตอนต่อไปนำสารอินเตอร์มีเดียท **CFTIodo (6)** ทำปฏิกิริยา Ullmann coupling กับ 4-bromoaniline ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTA (7)** 45% ตามด้วยปฏิกิริยา Suzuki cross coupling ระหว่างสารอินเตอร์มีเดียท **CFTA (7)** กับ 2-thiopheneboronic acid ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจนและใช้ $Pd(PPh_3)_4$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาใช้เบสเป็น Na_2CO_3 ในตัวทำละลาย THF ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTAT (8a)** 66% ต่อด้วยปฏิกิริยา Bromination ระหว่าง **CFTAT (8a)** กับ NBS ในตัวทำละลาย THF ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTATBr (9a)** 86% ขั้นตอนถัดไปนำสารอินเตอร์มีเดียท **CFTATBr (9a)** ทำปฏิกิริยา Suzuki cross coupling กับ 2-thiopheneboronic acid ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTAdi-T (8b)** 90% ตามด้วยปฏิกิริยา bromination กับ NBS ในตัวทำละลาย THF ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTAdi-TBr (9b)** in 99% ต่อจากนั้นทำปฏิกิริยา Suzuki cross coupling ระหว่างสารอินเตอร์มีเดียท **CFTATBr (9a)** และสารอินเตอร์มีเดียท **CFTAdi-TBr (9b)** กับ 5-formyl(thiophen-2-yl)boronic acid ได้สารอินเตอร์มีเดียท **CFTAdi-T-aldehyde (10a)** และ **CFTAtri-T-aldehyde (10b)** 98% และ 88% ตามลำดับ ขั้นตอนสุดท้ายนำสารอินเตอร์มีเดียท **CFTAdi-T-aldehyde (10a)** และ **CFTAtri-T-aldehyde (10b)** ทำปฏิกิริยา Knovenagel condensation กับ 2-cyanoacetic acid โดยใช้ piperidine เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในตัวทำละลาย chloroform ได้ผลิตภัณฑ์ **Dye2** 97% และ **Dye3** 98%





รูปภาพที่ 2.1 แผนการสังเคราะห์สารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-π-A (**CFTATn-A, n = 2-3**)

2.2 เครื่องมือวิเคราะห์

การวิเคราะห์โครงสร้างสเปกตรัมของ ^{1}H-NMR ด้วยเครื่อง Brüker AVANCE (300 MHz)spectrometer และสเปกตรัม ^{13}C NMR วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brüker AVANCE (75 MHz) spectrometer การวิเคราะห์สเปกตรัม UV-visible วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Perkin-Elmer UV Lambda 25 spectrometer โดยใช้ไดคลอร์โรมีเทนเป็นตัวทำละลาย วิเคราะห์สเปกตรัม Fluorescence ด้วยเครื่อง Perkin-Elmer LS 50B Luminescence Spectrometer โดยใช้ไดคลอร์โรมีเทนเป็นตัวทำละลาย

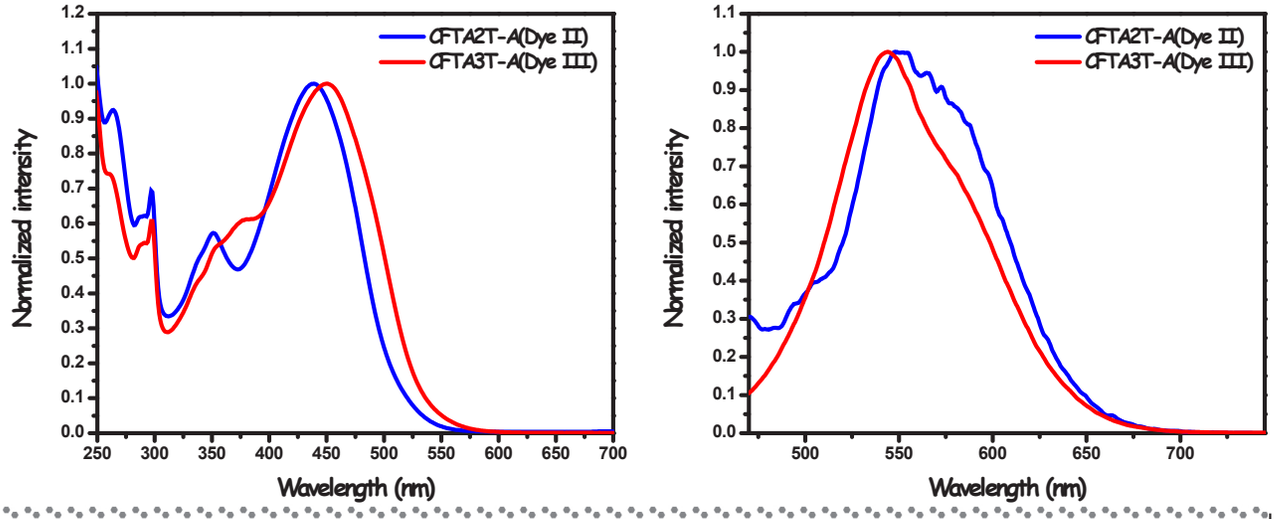
การแยกสารเพื่อให้มีความบริสุทธิ์ใช้วิธีคลอลัมน์โครมาโตกราฟี จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความเสถียรทางความร้อน (Tg) ด้วยเครื่อง TGA/SDTA851 จาก Mettler Toledo

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

3.1 สมบัติทางแสง

การวิเคราะห์ทางแสงของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-π-A (**CFTATn-A, n = 2-3**) ในสารละลายเจือจาง CH_2Cl_2 ในรูปที่ 2 และข้อมูลของการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติทางแสงพบว่าสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-π-A (**CFTATn-A, n = 2-3**) แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วง 250 ถึง 600 นาโนเมตรและพบสเปกตรัมสำคัญสองพีค โดยการดูดกลืนที่ช่วงประมาณ 294 นาโนเมตร สามารถอธิบายว่าเป็น π-π^* ทรานซิชันของคาร์บาโซ และสเปกตรัมการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตรเป็นการเกิด intramolecular charge transfer (ICT) ทรานซิชัน ระหว่างตัวให้อิเล็กตรอนและตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของ D-D-π-A นอกจากนั้นจำนวนของไทโอฟีนที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการ red shifted และทำให้ molar extinction coefficients (ε) เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นค่า ε อยู่ในช่วง 17,400 ถึง 27,800 $M^{-1}cm^{-1}$ ซึ่งสเปกตรัมการดูดกลืนในช่วงที่กว้างและค่า ε ที่มีค่าสูงเป็นกุญแจสำคัญที่ต้องการของประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

(a) (b)



รูปที่ 2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสง **(a)** และสเปกตรัมการคายแสง PL **(b)** สารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** สารละลาย CH_2Cl_2 ที่ปราศจากน้ำ

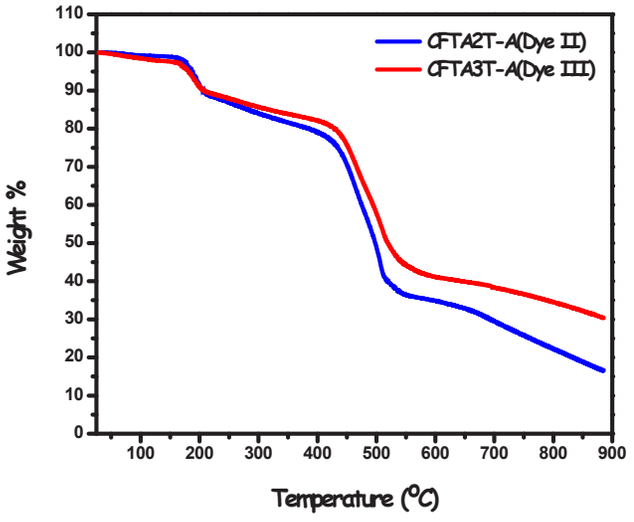
สเปกตรัมการคายแสงของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** อยู่ในช่วงสีเหลืองถึงสีส้มและมีการคายแสงสูงสุดเมื่อมีการเพิ่มจำนวนของไทโอฟีนแสดงใน**รูปที่ 2(b)**

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนและคายแสงของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** สารละลาย CH_2Cl_2 ที่ปราศจากน้ำ

Compound	max of absorbance (nm)and (10^4 $M^{-1}cm^{-1}$)	max of emission (nm)
CFTA2T-A	297 (5.58), 439 (8.04)	542
CFTA3T-A	297 (4.59), 450 (7.57)	548

3.2 สมบัติทางความร้อน

สมบัติทางความร้อนของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ TGA โดยการวิเคราะห์พิจารณาจากการอุณหภูมิที่สารสูญหายไป 5% (T_{-5d}) พบว่า สารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3) มีการสูญหายของ** 5% (T_{-5d}) ที่ 175 and 173 ^{o}C ตามลำดับ ซึ่งจากค่าพบว่ามีความเสถียรทางความร้อนที่ดีซึ่งเหมาะสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง



รูปที่ 3 เส้นแสดงค่า TGA ของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจนอัตราความร้อน 10 ^{o}C/min.

4. สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการออกแบบโครงสร้างของสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** และได้ทำการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาเคมีอย่างง่าย ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยา Bromination ปฏิกิริยา Suzuki cross coupling และปฏิกิริยา Knovenagel condensation เป็นต้น และยืนยันโครงสร้างด้วยเทคนิค ^{1H}-NMR ^{13}C-NMR และได้ศึกษาสมบัติทางแสง และสมบัติทางความร้อนซึ่งเป็นสมบัติเบื้องต้นที่ใช้บอกค่าประสิทธิภาพและการนำไปใช้ นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้ใช้สารที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและราคาถูก

5. งานที่จะทำต่อไป

จะนำสารอินทรีย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบ D-D-**π**-A **(CFTATn-A, n = 2-3)** ไปศึกษาค่าความเสถียรทางไฟฟ้า และนำไปขึ้นรูปเป็นเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัย PERCH-CIC มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยสนับสนุนทุนวิจัย สารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] O'Regan B, Grätzel M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films. Nature 1991; 353:737-40.

[2] Hagfeldt A, Grätzel M. Molecular photovoltaics. Acc Chem Re 2000;33:269-77.

[3] (a) Chen Z, Li F, Huang C. Organic D-π-A dyes for dye-sensitized solar cell. Curr Org Chem 2007;11:1241-58.

[4] Qin C, Wong WY, Han L. Squaraine dyes for dye-sensitized solar cells:recent advances and future challenges. Chem Asian J 2013;8:1706-19.

[5] T. Khanasa, N. Jantasing, S. Morada, N. Leesakul, R. Tarsang, S. Namuangruk, T. Kaewin, S. Jungsuttiwong, T.Sudyoadsuk, V. Promarak Eur. J. Org. Chem., 13 (2013), pp. 2608–2620.

[6] T. Sudyoadsuk, J. Khunchalee, S. Pansay, P. Tongkasee, S. Morada, T. Kaewin, S. Jungsuttiwong, V. Promarak Tetrahedron Lett., 54 (2013), pp. 4903–4907.

O-IR15

การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองท่อนำแสงสว่างใช้กับอาคาร

Test Performance of Solar Light-Pipe Model for Building

รณกร เทพวงษ์ , สาโรจน์ ดำรงศีล และประพัฒน์ สีใส[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

โทร 086-405-4442 E-mail: ronnakorn55@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดสอบแบบจำลองท่อนำแสงสว่างนี้ ได้ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองท่อนำแสงจากธรรมชาติเข้ามาในอาคาร แบบจำลองท่อนำแสงสว่างที่สร้างขึ้นนี้สร้างจากโลหะซึ่งเป็นวัสดุสะท้อนแสง โดยสร้างเป็นท่อนำแสงสว่างมีรูปร่างเป็นท่อกลม นำแสงสว่างเข้าอาคารจำลอง โดยศึกษาปัจจัยการนำแสงสว่างจาก ขนาดของท่อนำแสงสว่าง ทิศทางของท่อนำแสง ในแนวตั้ง แนวนอน แนวเอียง ความยาวของท่อนำแสง แล้วทำการวัดค่าแสงสว่างที่ได้จากท่อนำแสงสว่างจากแบบจำลองเปรียบเทียบแสงสว่างภายในและภายนอกอาคารจำลอง ผลลัพธ์ของการทดลองนี้ใช้สำหรับการพัฒนาท่อนำแสงสว่างเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้กับอาคารต่อไป

คำสำคัญ: ท่อนำแสง; แสงธรรมชาติ; ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง; อนุรักษ์พลังงาน; ออกแบบอาคาร

1. ที่มาและความสำคัญ

ภาวะโลกร้อน หรือ global warming กลายเป็นประเด็นและปัญหาหลักของสังคมโลกในปัจจุบันอย่างรวดเร็ว โดยไม่ทันตั้งตัว สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ส่งผลกระทบกระจายครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่บนโลกในระดับความรุนแรงแตกต่างกัน กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญด้านภาวะโลกร้อนนานาประเทศ ได้นำเสนอข้อสรุปที่ว่า มนุษย์เป็นสาเหตุและที่มาของกิจกรรมต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อนในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (climate change) [3]

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ 2550 มีสาระสำคัญเกี่ยวกับการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เป็นแนวทางที่ช่วยลดปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยเข้าสู่บรรยากาศ และส่งเสริมการลดการใช้พลังงานด้วย โดยบังคับใช้กับอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือดัดแปลงแล้วเสร็จ มีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องออกแบบให้อนุรักษ์พลังงาน กำหนดมาตรฐานการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ประกอบด้วย ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานรวมของอาคาร การใช้พลังงานหมุนเวียน [1]

การออกแบบและกระบวนการก่อสร้างอาคาร เป็นตัวแปรหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาผลกระทบที่ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงได้ การบูรณาการในการออกแบบทั้งในส่วนงานสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และงานระบบต่าง ๆ สามารถลดการใช้พลังงาน โดยใช้แนวทางการออกแบบเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับอาคารประเภทบ้านพักอาศัยและอาคารทั่วไปที่มีขนาด ใหญ่และมีความซับซ้อนในการใช้งานมากขึ้น มีเทคนิคที่เหมาะสมในการออกแบบเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้ เช่น หลักการพื้นฐานในด้านการระบายอากาศ โดยวิธีธรรมชาติ (natural ventilation) และการระบายอากาศโดยใช้เครื่องกลเข้าช่วย mechanically assisted ventilation) การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารโดยได้รวบรวมวิธีการต่าง ๆ ไว้ เช่น การออกแบบโถงอาคาร (atrium) การใช้หิ้งสะท้อนแสง (light shelve) การใช้ท่อนำแสง (light pipes) การควบคุมปริมาณความสว่างโดยใช้ระบบต่าง ๆ เป็นต้น [3]

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยวิธีการใช้ท่อนำแสง (light pipes) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ในช่วงเวลากลางวัน ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร โดยนำแสงธรรมชาติจากภายนอกนำมาสร้างแสงสว่างเข้าสู่ภายในอาคาร เนื่องจากข้อจำกัดของอาคาร สภาพแวดล้อม และตัวแปรต่าง ๆ มีผลต่อการเกิดแสงสว่าง หากท่อนำแสงที่ออกแบบและนำมาติดตั้งไม่มีความเหมาะสม ส่งผลให้ปริมาณแสงสว่างไม่เพียงพอต่อการใช้งาน [3] ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองท่อนำแสงสว่างใช้กับอาคาร โดยใช้ท่อนำแสงอลูมิเนียมทดสอบกับกล่องแบบจำลองและนำท่อนำแสงไปทดสอบกับอาคารจริง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ท่อนำแสง (Light pipe) เป็นแนวทางที่สำคัญทางหนึ่งที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ถึงห้องที่มีแสงสว่างน้อย หรือไม่มีหน้าต่างโดยรอบ จากแนวความคิดโดยการนำแสงจากธรรมชาติเข้าสู่ท่อนำแสงที่สามารถติดตั้งอยู่ด้านบนของหลังคา หรือด้านข้างของอาคารก็ได้ [5-7]

รัฐพล รุญเจริญ [4] ได้ศึกษาการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยใช้ระบบท่อนำแสง โดยนำเสนอเทคนิคการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในส่วนที่ระดับความส่องสว่างไม่เพียงพอต่อการใช้งานพื้นฐาน มีการศึกษาในระบบการรวมแสง ระบบนำพาแสง ระบบการกระจายแสง ผลการวิจัยพบว่าระบบรวมแสงต้องคำนึงถึงมุม ทิศทางการสะท้อนของแสงและอิทธิพลของมุมเปิดเห็นท้องฟ้าเป็นหลัก การรวมแสงที่ได้จากการใช้ตัวแปรดังกล่าวจะให้ประสิทธิภาพ ประมาณ 38% การวิจัยระบบนำพาแสงพบว่าแสงที่ขนานกับแนวท่อจะมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะแปรผกผันตามอัตราส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อความยาวท่อนำแสง โดยท่อที่มีหน้าตัดกลมและมีรูปทรงกระบอกจะให้ประสิทธิภาพการนำพาแสงประมาณ 90% เมื่ออัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อความยาวท่อเท่ากับ 1 ต่อ 10 อย่างไรก็ตามปริมาณแสงจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางการนำพาแสงแต่ละครั้ง โดยจะแปรผันตามอัตราส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อรัศมีโค้ง โดยข้อเชื่อมต่อที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมจะมีประสิทธิภาพลดลงในการหักมุมแต่ละครั้งประมาณ 6%เมื่อมีอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อรัศมีโค้งเท่ากับ 1 ต่อ 3 เท่า การวิจัยระบบกระจายแสงพบว่าการกระจายแสงที่ปลายท่อจะเกิดขึ้นกับทิศทางและมุมแสงที่กระทำภายในท่อลำแสงเป็นหลัก จากงานวิจัยนั้นสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบท่อนำแสงจะขึ้นอยู่กับศักยภาพของการรวมแสง อัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อความยาวท่อนำแสง อัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อต่อรัศมีโค้งข้อเชื่อมต่อที่มีพื้นที่หน้าตัดวงกลม รูปทรงกระบอก มุมและทิศทางการสะท้อนแสง [4]

บรรณสิทธิ์ จิตตะยโศธร [2] ได้ศึกษาการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยใช้ระบบท่อนำแสงทางด้านข้างของอาคารผ่านระบบท่อนำแสง โดยทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณแสงที่ผ่านระบบท่อนำแสงเข้าสู่อาคาร เพื่อจะได้ทราบอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ต่อแสงสว่างที่ผ่านระบบท่อนำแสงเข้าสู่พื้นที่ใช้งาน ทำการศึกษาแบบจำลองท่อนำแสงภายใต้สภาวะแวดล้อมจริงโดยไม่มีผลกระทบจากร่มเงาของสภาพแวดล้อมรอบข้าง และให้แสงเข้าด้านข้าง มีตัวแปร 5 ตัว คือ ทิศทางของการรับแสงของท่อนำแสงรูปแบบของท่อนำแสง ความยาวของท่อนำแสง ขนาดของท่อนำแสงและตำแหน่งการวัดแสง ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแสงที่ผ่านระบบท่อนำแสงเข้าสู่พื้นที่ใช้งาน คือ 1. ทิศเหนือเป็นทิศที่มีปริมาณแสงสม่ำเสมอและเหมาะกับระบบท่อนำแสงจากทางด้านข้างมากที่สุด 2. ท่อนำแสงแบบท่อกลมเป็นท่อที่แสงผ่านเข้าสู่พื้นที่ใช้งานมากที่สุด 3. ท่อสั้นแสงจะเข้าสู่พื้นที่ทดลองได้มากกว่าท่อยาวแต่ท่อสั้นแสงจะมีความสม่ำเสมอน้อยกว่าท่อยาว 4. ท่อขนาดใหญ่แสงจะเข้าสู่พื้นที่ทดลองได้มากกว่าท่อขนาดเล็กแต่ท่อขนาดใหญ่จะมีแสงสม่ำเสมอน้อยกว่าท่อขนาดเล็ก และ 5. ตำแหน่งที่ใกล้ท่อนำแสงปริมาณแสงจะมากกว่าตำแหน่งที่อยู่ไกลกว่า [2]

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุ อุปกรณ์

- เครื่องวัดปริมาณแสง Digital Light Meter DIGICON Model LX-73 มีย่านการวัด 0 ถึง 400,000 Lux โดยวัดปริมาณแสง จากค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาในท่อนำแสงเข้ามาในกล่องทดลอง และวัดแสงจากภายนอกกล่องทดลอง รวมทั้งใช้วัดปริมาณแสงของระบบท่อนำแสงเข้าอาคาร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: เครื่องวัดปริมาณแสง Digital Light Meter DIGICON Model LX-73

- กล่องทดลอง (A box of building) ขนาด 0.60:0.60:0.60 เมตร ใช้ในการจำลองการนำแสงเข้าสู่อาคาร มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม บุด้วยวัสดุทึบแสง มีช่องสำหรับใส่เครื่องมือวัดปริมาณแสงด้านหลัง ส่วนบนจำลองท่อนำแสงโดยการติดตั้งข้องอท่อนำแสงขนาดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: กล่องทดลอง (A box of building)

- ท่อนำแสงอลูมิเนียม (Aluminum) ความยาวท่อนละ 0.90 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ϕ20 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: ท่อนำแสงอลูมิเนียม

- ข้องอท่อนำแสงแบบสังกะสี (Galvanize steel) 90° ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ϕ20 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 4



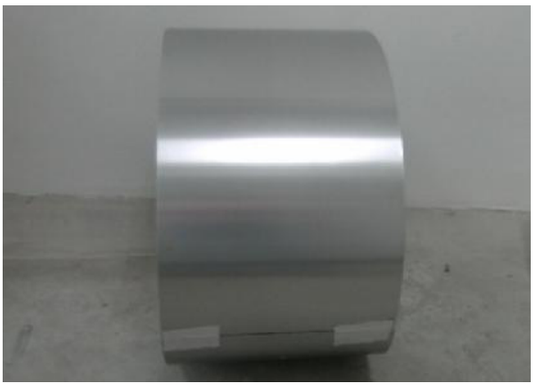
รูปที่ 4: ข้อต่อท่อนำแสงสังกะสี (Galvanize steel) 90°

- โดมครอบปากท่อนำแสง ใช้สำหรับครอบท่อนำแสงด้านนอกอาคาร ป้องกันฝุ่นละอองและน้ำฝนเข้าไปในท่อนำแสง มีลักษณะดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: โดมครอบปากท่อนำแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร

- ท่อนำแสงแบบอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้สำหรับทดสอบท่อนำแสงในอาคาร มีลักษณะดังรูปที่ 6



รูปที่ 6: ท่อนำแสงแบบอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร

- ข้องอท่อนำแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้สำหรับทดสอบท่อนำแสงในอาคาร มีลักษณะดังรูปที่ 7



รูปที่ 7: ข้องอท่อนำแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร

- เลนกระจายแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ใช้สำหรับทดสอบท่อนำแสงในอาคาร มีลักษณะดังรูปที่ 8



รูปที่ 8: เลนกระจายแสง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร

3.2. วิธีการทดลอง

3.2.1 การทดสอบปริมาณแสงของท่อนำแสงแบบจำลอง

ทำการทดสอบปริมาณแสงของท่อนำแสงแบบกลมปลายท่อหันสู่ทิศตะวันออกและปลายท่อหันสู่ทิศเหนือ โดยติดตั้งท่อนำแสงอลูมิเนียม (Aluminum) ความยาวท่อนละ 0.90 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ϕ20 เซนติเมตร ต่อเข้ากับกล่องจำลองหันปลายท่อนำแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศเหนือ จำนวน 7 ท่อน ได้ความยาวรวม 6.0 เมตร วัดปริมาณแสงที่ผ่านท่อนำแสงเข้าสู่ภายในกล่องจำลองและภายนอกท่อนำแสง ทุก ๆ ช่วงความยาวของท่อนำแสง

3.2.2 การทดสอบปริมาณแสงของท่อนำแสงกับอาคารจริง

ทำการทดสอบปริมาณแสงของท่อนำแสงอลูมิเนียมแบบกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ความยาว 7.4 เมตร วัดปริมาณแสงที่ผ่านท่อนำแสงเข้าสู่ภายในอาคารและภายนอกท่อนำแสง โดยติดตั้งโดมครอบปากท่อนำแสง ข้องอท่อนำแสง เลนกระจายแสง เข้ากับท่อนำแสง

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1. ผลการทดสอบแบบจำลองท่อนำแสง

การทดสอบท่อนำแสงอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ปลายท่อนำแสงหันสู่ทิศตะวันออก แสดงผลในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณแสงภายนอกมีค่ามาก ประมาณ 86 Klux เมื่อใช้ท่อนำแสงยาว 0.9 เมตร ปริมาณแสงภายใน 54.90 lux เมื่อเพิ่มความยาวเพิ่มขึ้น ปริมาณแสงภายในห้องทดลองก็จะลดลง จนกระทั่งความยาวได้ 6.0 เมตร ปริมาณแสงภายใน 4.27 lux เมื่อการทดสอบท่อนำแสงอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ปลายท่อนำแสงหันสู่ทิศหนือ แสดงผลในตารางที่ 2 พบว่าปริมาณแสงภายนอกมีค่ามาก ประมาณ 50 Klux เมื่อใช้ท่อนำแสงยาว 0.9 เมตร ปริมาณแสงภายใน 22.21 lux เมื่อเพิ่มความยาวเพิ่มขึ้น ปริมาณแสงภายในห้องทดลองก็จะลดลง จนกระทั่งความยาวได้ 6.0 m ปริมาณแสงภายใน 1.15 lux

จะเห็นได้ว่าปริมาณแสงภายในกล่องทดลองมีปริมาณมากนัก ได้ปรับปรุงเพิ่มขนาดท่อนำแสงให้มากขึ้น รวมทั้งเพิ่มอุปกรณ์การรับแสงและกระจายแสงก็จะทำให้ได้ปริมาณแสงมากขึ้นเมื่อทดลองกับอาคารจริง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบท่อนำแสงอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรปลายท่อนำแสงหันสู่ทิศตะวันออก

ท่อที่	ความยาว (m)	ปริมาณแสงภายใน (lux)	ปริมาณแสงภายนอก (Klux)
1	0.90	54.90	87.4
2	1.75	22.19	87.6
3	2.60	11.53	87.8
4	3.45	7.85	87.2
5	4.30	5.94	86.8
6	5.15	4.75	85.6
7	6.00	4.27	86.3
รูปแบบท่อ		กลม	
ทิศของปลายท่อนำแสง		ตะวันออก (E)	
ขนาดท่อ		เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 cm	

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบท่อนำแสงอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรปลายท่อนำแสงหันสู่ทิศเหนือ

ท่อที่	ความยาว (m)	ปริมาณแสงภายใน (lux)	ปริมาณแสงภายนอก (Klux)
1	0.90	22.21	50.0
2	1.75	9.18	50.5
3	2.60	4.67	50.6
4	3.45	2.90	50.7
5	4.30	1.90	51.0
6	5.15	1.43	51.1
7	6.00	1.15	50.9
รูปแบบท่อ		กลม	
ทิศของปลายท่อนำแสง		เหนือ (N)	
ขนาดท่อ		เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 cm	

4.2. ผลการทดสอบท่อนำแสงใช้กับอาคารจริง

จากการทดสอบท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร พบว่าสามารถนำแสงสว่างนำมาใช้ได้อย่างพอเพียงเป็นที่น่าพึงพอใจ ให้ปริมาณแสงสว่างภายในได้มากกว่า 300 lux ดังตารางที่ 3 และดังรูปที่ 9

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบท่อนำแสงอลูมิเนียมหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรความยาว 7.4 เมตร ในห้องปฏิบัติการท่อนำแสงจริง ปลายทำนำแสงอยู่ทางทิศตะวันตก (W)

เวลา (นาฬิกา)	ปริมาณแสงภายใน (lux)	ปริมาณแสงภายนอก (Klux)
9.00	410.00	17.8
9.30	429.00	17.9
10.00	469.00	17.9
10.30	495.00	18.0
11.00	507.00	18.0
11.30	531.00	19.7
12.00	540.00	20.0



รูปที่ 9: แสงที่ผ่านจากท่อนำแสง และหัวกระจายแสง เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ในห้องปฏิบัติการท่อนำแสง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์

5. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบแบบจำลองท่อนำแสงสว่างนี้ ได้ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองท่อนำแสงจากธรรมชาติเข้ามาในอาคาร โดยสร้างแบบจำลองท่อนำแสงสว่างที่สร้างขึ้นนี้สร้างจากอลูมิเนียมใช้เป็นโลหะสะท้อนแสงเข้าสู่อาคาร ท่อนำแสงสว่างมีรูปร่างเป็นท่อกลม วางอยู่ในแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง20 เซนติเมตร ที่ทดสอบจากแบบจำลองเข้าสู่กล่องรับแสงพบว่าได้ปริมาณแสงน้อยไม่เพียงพอ เมื่อเพิ่มขนาดท่อนำแสงเป็น 50 เซนติเมตร ประกอบกับโดมครอบปากท่อนำแสง ข้องอท่อนำแสง เลนกระจายแสง เข้ากับท่อนำแสง พบว่าแสงสว่างภายในอาคารมากกว่า 300 lux เกินกว่าค่ามาตรฐานของแสงภายในอาคาร แสดงว่าทำนำแสงที่มีขนาดใหญ่ให้ปริมาณแสงมากกว่าท่อนำแสงที่มีขนาดเล็ก ซึ่งจากผลการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองท่อนำแสงสว่างใช้กับอาคารจำลองและอาคารจริงในครั้งนี้ สามารถนำไปพัฒนาท่อนำแสงสว่างเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้กับอาคารต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือคำอธิบายพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) สำหรับโรงงาน ควบคุมและอาคารควบคุม. http://www2.dede.go.th/kmberc/datacenter/law/012535.pdf.

[2] บรรณสิทธิ์ จิตตะยโศธร. การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยใช้ระบบท่อนำแสงทางด้านข้างของอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.

[3] พรรณจิรา ทิศาวิภาต. บทวิจารณ์หนังสือ : Architecture in a Climate of Change-A Guide to sustainable Design. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง Journal of Architectural/Planning Research and Studies Volume 5 Issue 1. 2007.

[4] รัฐพล รุญเจริญ. การนำแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยใช้ระบบท่อนำแสง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

[5] Garcia Hansen, Veronica and Edmonds, Ian. Natural illumination of deepplan office buildings : light pipe strategies. In: ISES Solar World Congress 2003.

[6] Solartube. Sun pipe and light pipe. http://www.archiproducts.com/en/products/4941/innovation-in-daylighting-sun-pipe-and-light-pipe-solatube-infinity-motion.html.

[7] Wikipedia. Light tube. http://en.wikipedia.org/wiki/Light_tube.

O-IR16

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ้อม

Indirect Solar Dryer

ธเนศ ไชยชนะ[1] และ สุนิสา แวดอเลาะ[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93110

โทร 0-7469-3995โทรสาร 0-7469-3995E-mail: Tanatecha@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอผลการทดสอบทางความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ้อม โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้งที่มีขนาดของห้องแผงรับรังสีอาทิตย์1.0x1.2m^2 และมีขนาดห้องอบ 1.0x1.2x0.4 m^3 ผลการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนผ่านเครื่องอบแห้งมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้งลดลงการ ผลการทดสอบในกรณีการอบแห้งโดยตรงพบว่า มีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแบบอิสระเท่ากับ 0.02kg/s ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 8.07% และเมื่อทำการทดสอบกรณีการอบแห้งโดยอ้อมที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแบบบังคับที่ 0.060.04 และ 0.02kg/s ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ17.74 22.35 และ 25.20% ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ้อม, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, อัตราการไหลเชิงมวล

1. ที่มาและความสำคัญ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพค่อนข้างสูงในประเทศไทย โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านของการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า และใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อน เช่น การตากแห้ง การอบแห้ง การใช้เป็นแหล่งความร้อนเบื้องต้นสำหรับอากาศ หรือของเหลวเพื่อใช้ในงานที่ต้องการความร้อนสูง เป็นต้น สำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการลดความชื้นของวัสดุต่างๆ นั้นปัจจุบันก็มีวิธีการที่หลากหลายแตกต่างกันตามวัสดุและวัตถุประสงค์ การตากแห้งถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ง่ายและเป็นที่นิยมที่สุด เนื่องจากใช้เครื่องมือน้อย แต่ก็มีข้อเสียคือ ไม่สามารถป้องกันสิ่งสกปรกต่างๆ เช่น แมลง ฝุ่น ที่จะปนเปื้อนโดยเฉพาะกับวัสดุอาหาร และต้องเก็บวัสดุตากแห้งเมื่อมีฝนตก และไม่สามารถควบคุมคุณสมบัติของอากาศขณะทำการตากแห้งได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดปัญหาต่างๆ ข้างต้น และได้มีการพัฒนาระบบให้สามารถทำงาน และควบคุมการทำงานได้อย่างเหมาะสมกับวัสดุที่ทำการอบแห้ง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งตามการไหลเวียนของอากาศได้เป็น 2 ชนิด คือ การไหลของอากาศแบบอิสระ และการไหลของอากาศแบบบังคับ และยังสามารถแบ่งตามลักษะของห้องอบแห้งและการรับรังสีอาทิตย์ได้เป็น 2 ชนิด คือ ห้องอบแห้งรวม และห้องอบแห้งแยก ทั้งนี้ห้องอบแห้งแยกจะมีแผงรับรังสีอาทิตย์แยกออกจากห้องอบแห้งและนำอากาศร้อนที่ได้ไปใช้ในการอบแห้ง ซึ่งห้องแบแห้งสามารถสร้างให้วัสดุอบแห้งโดนแสงแดดหรือไม่ก็ได้ตามการใช้งาน ส่วนห้องอบแห้งรวมนั้นวัสดุจะโดยแสงแดด และได้รับความร้อนจากแผงรับรังสีอาทิตย์โดยตรง

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาของเครื่องอบแห้งทั้งแบบห้องอบแห้งรวมและห้องอบแห้งแยก โดยความต้องการ 2 ประการ คือ ต้องการใช้ชุดอบแห้ง (แผงรับรังสีอาทิตย์และห้องอบ) มีขนาดที่เล็กลงและไม่ต้องการให้วัสดุอบแห้งโดยแสงอาทิตย์โดยตรง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการทั้ง 2 ประการดังกล่าว โดยได้ทำการการ ออกแบบสร้างและทดสอบทางความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งมีการพัฒนาและวิจัยอย่างต่อเนื่องและเป็นลักษณะเฉพาะตามพื้นที่ตั้งเนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และลักษณะเฉพาะตามวัสดุที่ต้องการอบแห้ง โดยลักษณะของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้เป็น ประเภทใหญ่ได้ 3 ลักษณะคือ การอบแห้งแบบ Passive การอบแห้งแบบ Active และแบบ Hybrid [1] ทั้งนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแระกอบด้วย ทเนจนาคปนคำ และคณะ (2556) [2] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งกุ้งด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานความร้อน พบว่าระบบประกอบด้วยแผงรับรังสีสุริยะแบบแผ่นราบขนาด 2.64 m^2และระบบกักเก็บพลังงานความร้อนขนาด 0.352 m^3 บรรจุหินแกรนิตปริมาณ 75 kg. ใช้น้ำมัน BP36 เป็นสารทำงานในระบบการทดลองแบ่งออกเป็น 2 สภาวะคือ 1) กลางวัน (6.00-17.00น.) น้ำมันถ่ายเทความร้อนปรับตั้งอัตราการไหล 4,6 และ 8 LPM ไหลหมุนเวียนผ่านแผงรับรังสีสุริยะเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้อบแห้งกุ้งจำนวน 3 ชั้นรวม 1,500gภายในตู้อบแห้งความร้อนที่เหลือจากการอบแห้งถูกนำไปเก็บสะสมในรูปความร้อนสัมผัสภายในถังกักเก็บพลังงานความร้อน 2) กลางคืน (17.00-6.00น.) น้ำมัน BP 36 ไหลหมุนเวียนระหว่าง

ตู้อบแห้งและถังกักเก็บพลังงานความร้อนเพื่อดึงความร้อนจากหินแกรนิตไปใช้อบแห้งจากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำมันที่ออกจากตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบมีค่าอยู่ระหว่าง 50-80°Cอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งมีค่าระหว่าง 40-70°Cอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังกักเก็บความร้อนมีค่าระหว่าง 40–70°Cและค่าความชื้นสุดท้ายของกุ้งที่อบแห้งด้วยระบบนี้มีค่า 6.25% การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถคืนทุนในระยะเวลา 2.9 ปีเถลิงราชนิล เชื้อวงศ์ และคณะ(2555)[3] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับวิสาหกิจและกลุ่มสหกรณ์สวนยางพาราขนาดย่อม พบว่าเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งยางแผ่นดิบคุณภาพดีขนาด 10-15 แผ่นต่องวด โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งและจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของยางแผ่นดิบที่ความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 25-40%dry-basis อุณหภูมิอบแห้งในช่วง 40-70°C และความเร็วลมร้อนเท่ากับ 0.7m/s และค่าความชื้นสุดท้ายของยางแผ่นแห้งเท่ากับ 0.5%dry-basis ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งยางแผ่นด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งยางแผ่นตามธรรมชาติ ขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 8-20 MJ/kg ของน้ำที่ระเหย จากการศึกษาปัจจัยของสภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของยางแผ่นตามเกณฑ์ของตลาดรับซื้อยาง พบว่า คุณภาพของยางพาราแผ่นผึ่งแห้งที่ได้ผ่านเกณฑ์คุณภาพดี(เกรด 1-3) ทุกเงื่อนไขการทดลอง และความเป็นสีเหลืองยางแผ่นแห้งจะแปรตามอุณหภูมิอบแห้งกลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการบำรุงรักษา สำนักพัฒนาธุรกิจสหกรณ์กรมส่งเสริมสหกรณ์(2550)[4] ได้ทำการศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบการอบแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปผลิตผลการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพดข้าวฟ่าง ถั่วชนิดต่างๆ ผักและผลไม้บางชนิด เครื่องเทศและสมุนไพร เป็นต้น โดยวัตถุประสงค์หลักของการอบแห้ง คือ การลดความชื้นของผลิตผล เพื่อยืดอายุของการเก็บรักษา นอกจากนี้การอบแห้งยังมีวัตถุประสงค์เพื่อดัดแปลงกลิ่นรสและโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค วิธีการอบแห้งที ง่ายที่สุด คือ การตากแดดตามธรรมชาติ เนื่องจากทำได้ง่ายและไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ปัญหาที่มักพบอยู่เสมอ คือ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการอบแห้งมักถูกรบกวนจากแมลง นก หนู หรือสัตว์เลี้ยงต่างๆ การอบแห้งโดยวิธีการดังกล่าวนั้นขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งควบคุมไม่ได้ และต้องใช้เวลานานหลายวัน เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์ ลดลงช้าเกินไป ทำให้เกิดการเน่าเสียหรือเกิดราขึ้น จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานสากล ทำให้ไม่สามารถส่งออกไปขายยังตลาดต่างประเทศได้ A.Sreekumar.et.al. (2008)[5] ได้ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อมซึ่งมีขนาดพื้นที่กว้าง 1.27m^2 โดยผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายในเครื่องอบแห้งอยู่ที่ 7.81°C ซึ่งทำการวิจัยโดยใช้ผลิตภัณฑ์มะระจำนวน 4kg จะมีความชื้นเริ่มต้น 95% ความชื้นสุดท้าย 5% ใช้เวลาในการทดลอง 6h โดยผลิตภัณฑ์จะไม่เสียสี ต่ำกว่าการอบแห้งจากดวงอาทิตย์ที่ใช้เวลา 11hมีระยะคืนทุนอยู่ที่ 3.26 ปี จารุวัฒน์เจริญจิต และคณะ (2554) [6] ได้ทำการออกแบบสร้างและทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งและกลั่นความชื้นรังสีอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนสำหรับอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรเครื่องอบแห้งดังกล่าวเป็นเครื่องอบแห้งแบบ Passive ทำงานในระบบปิดผลจากการศึกษาพบว่าการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งและกลั่นความชื้นรังสีอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอนใช้ระยะเวลาการอบแห้งสั้นอัตราการอบแห้งสูงเมื่อเทียบกับการตากแห้งตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งออกแบบมาให้สามารถทำงานได้ทั้งกรณีตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผงรับรังสีรวม (การไหลของอากาศแบบอิสระ) และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ้อม (การไหลของอากาศแบบบังคับ)ขนาดของห้องแผงรับรังสีอาทิตย์ 1.0x1.2 m^2 และมีขนาดห้องอบ 1.0x1.2x0.4 m^3ดังแสดงในรูปที่ 1
- เครื่องวัดความเข้มรังสีอาทิตย์
- เครื่องวัดอัตราเร็วลม
- Thermocouple type K
- Mini Data logger
- พัดลมขนาด 4 นิ้ว จำนวน 3 ตัว

3.2 วิธีการทดลอง

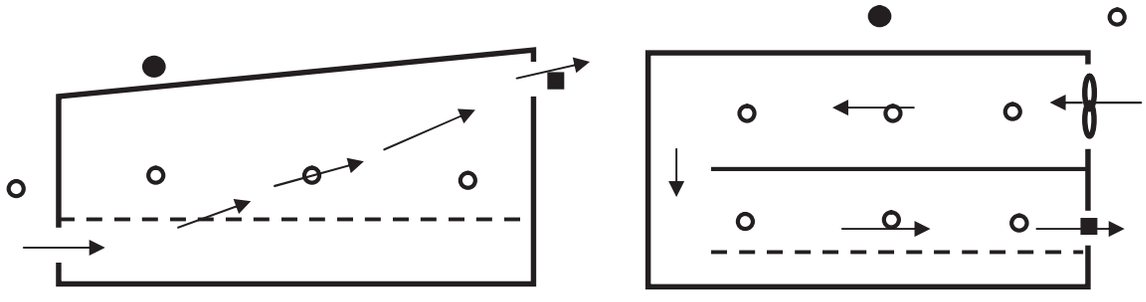
ทำการทดสอบทางความร้อน และคำนวณหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้งที่ออกแบบและสร้างขึ้นโดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 กรณี คือ

3.2.1 ทดสอบคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยตรง ขณะทำการทดสอบได้ทำการวัดอัตราเร็วลม ความเข้มรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของอากาศ ณ จุดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก)

3.2.2 ทดสอบคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยอ้อม ทำการทดสอบโดยกำหนดอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ0.06 0.04 และ 0.02 kg/s และทำการวัด ความเข้มรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของอากาศ ณ จุดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 (ข)



รูปที่ 1ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอ้อม



(มองจากด้านข้าง) (มองจากด้านหน้า)

(ก) การทดสอบคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยตรง

(ข) ทดสอบคุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยอ้อม

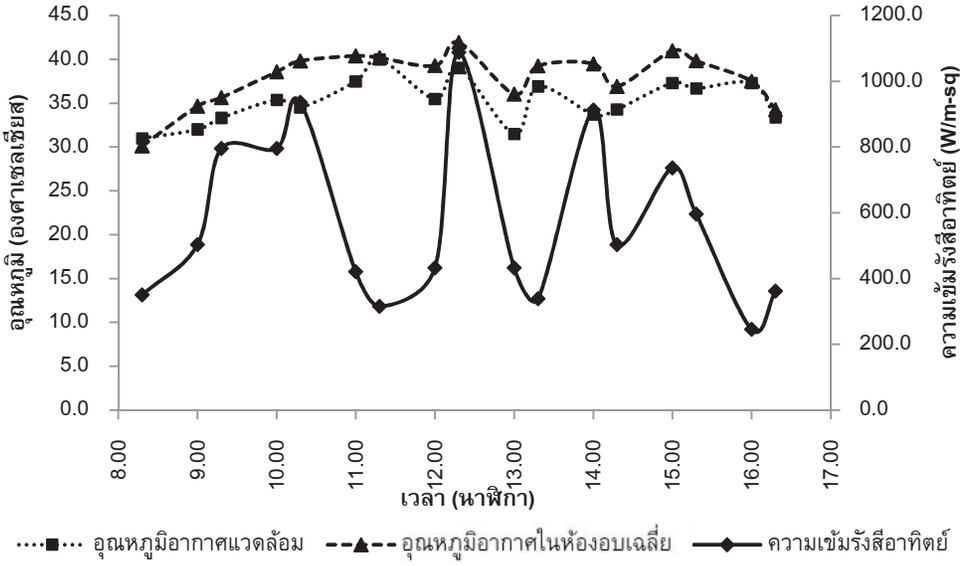
● ความเข้มรังสีอาทิตย์
○ อุณหภูมิ
■ อัตราเร็วของอากาศ
→ ทิศทางการไหลของกระแสอากาศ

รูปที่ 2 การตรวจวัดข้อมูลระหว่างทำการทดสอบ

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยตรง

การทำงานของเครื่องอบแห้งโดยตรง การไหลของอากาศเป็นแบบไหลอิสระมีอัตราการไหลเชิงมวลเฉลี่ยเท่ากับ 0.02kg/sขณะทำการทดสอบวัดความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยได้574.48±253.93W/m^2ได้ค่าอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 41.92°Cและผลต่างสูงสุดระหว่างอุณหภูมิห้องอบแห้งกับอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ2.90±1.59°Cดังแสดงดังรูปที่3 และตารางที่ 1

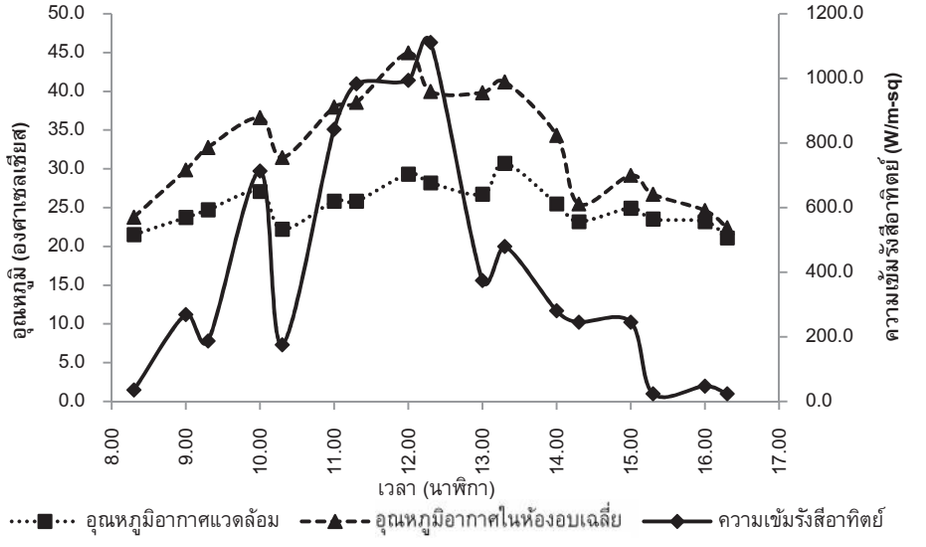


รูปที่ 3 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยตรง

4.2 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยอ้อม

4.2.1 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ0.06 kg/s

ขณะทำการทดสอบเครื่องอบแห้งโดยอ้อม ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย413.48±371.82W/m^2 พบว่าได้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิห้องอบแห้งกับอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับเฉลี่ยเท่ากับ 7.78±4.63°Cและได้ค่าอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 44.95 $^{\circ}$C ดังแสดงในรูปที่ 4และตารางที่ 1



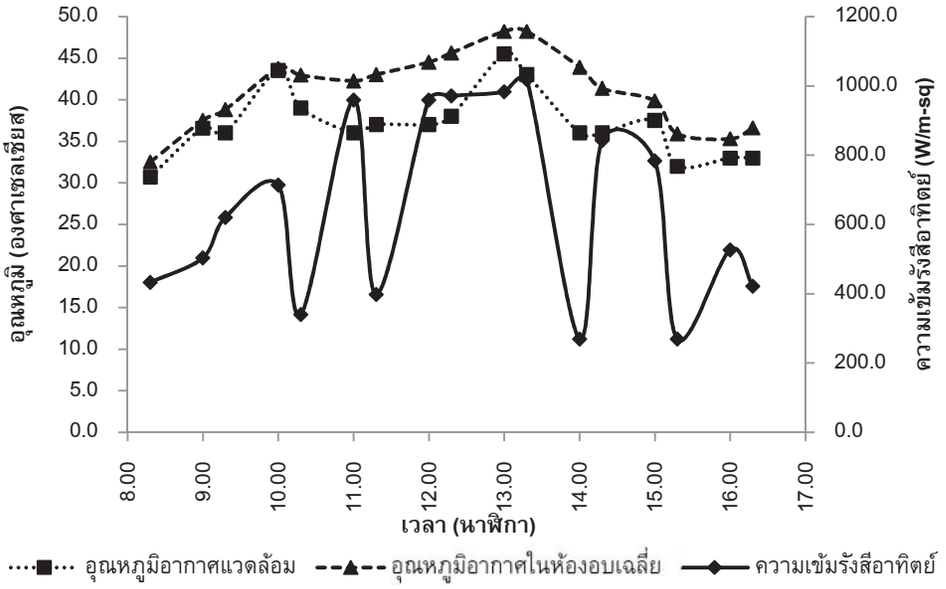
รูปที่ 4 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยอ้อม (อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ0.06 kg/s)

4.2.2 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 0.04kg/s

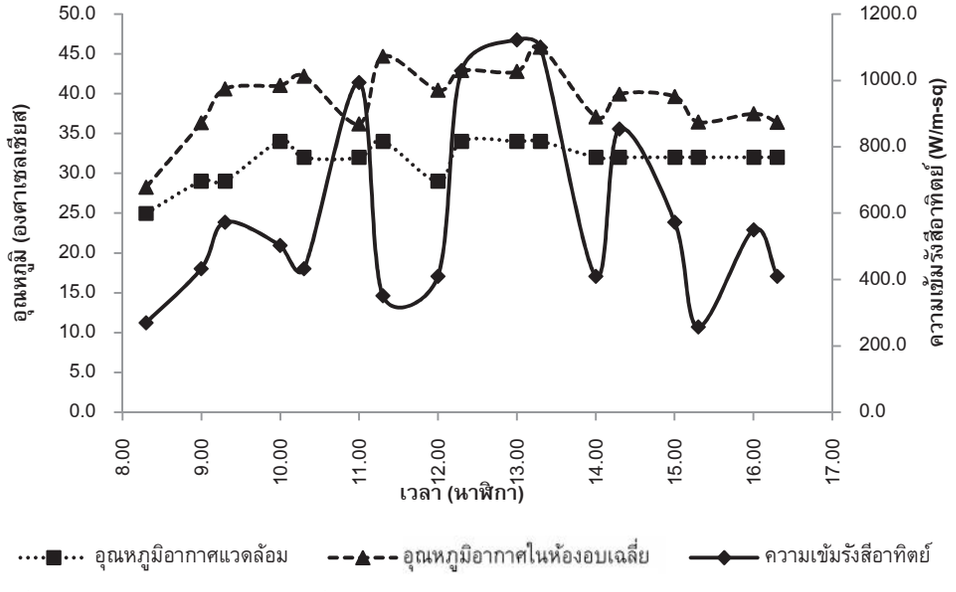
ทำการทดสอบเครื่องอบแห้งโดยอ้อม ที่มีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 0.04kg/s พบว่าที่เวลา 13.00 นาฬิกา มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 647.40±272.29W/m^2 และได้ค่าอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 32.50°C ผลต่างระหว่างอุณหภูมิห้องอบแห้งกับอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับเฉลี่ย เท่ากับ 4.14±2.37และได้ค่าอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 48.20°C ดังแสดงในรูปที่ 5และตารางที่ 1

4.2.2 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 0.02kg/s

มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 604.06±295.16W/m^2 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิห้องอบแห้งกับอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับเฉลี่ยเท่ากับ 7.67±2.85°C และได้ค่าอุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 48.20°C ดังแสดงในรูปที่ 6และตารางที่ 1



รูปที่ 5 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยอ้อม(อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ0.04 kg/s)



รูปที่ 6 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยอ้อม(อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ0.02 kg/s)

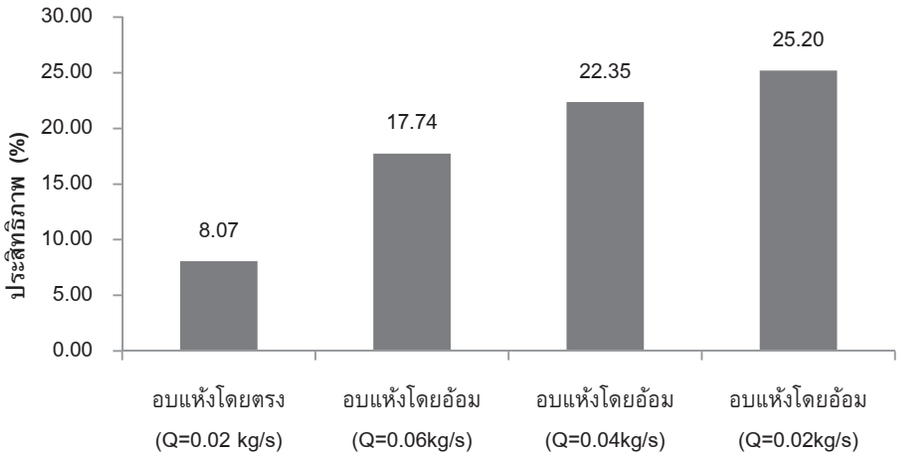
ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบเครื่องอบแห้ง

การทดสอบ	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)	ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย (W/m^2)	อุณหภูมิเฉลี่ย (^oC)		
			ในห้องอบ	แวดล้อม	ผลต่าง
อบแห้งโดยตรง	0.02	574.48±253.93	37.93±3.01	35.25±2.61	2.90±1.59
อบแห้งโดยอ้อม	0.06	413.48±371.82	32.91±6.92	25.12±2.69	7.78±4.63
	0.04	647.40±272.29	41.19±4.55	37.05±4.00	4.14±2.37
	0.02	604.06±295.16	39.32±4.16	31.65±2.42	7.67±2.85

4.3 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้ง

พิจารณาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นโดยพิจารณากรณีที่มีมีการศูนย์เสียความร้อน ดังนั้นสามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ได้รับในรูปของอากาศร้อน และพลังงานที่เข้าสู่ระบบในรูปของพลังงานแสงอาทิตย์ โดยผลการ

พิจารณาพบว่า กรณีทำการทดสอบเครื่องอบแห้งโดยตรงที่อัตราการไหลเชิงมวลเท่ากับ 0.02 kg/s จะได้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 8.07% และทำการทดสอบเครื่องอบแห้งโดยอ้อมที่อัตราการไหลเชิงมวลเท่ากับ 0.06 0.04 และ 0.02 kg/s จะได้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 17.74 22.35 และ25.20% ตามลำดับ ซึ่งการการทดสอบครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการอบแห้งโดยอ้อมจะมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศมีค่าเท่ากับกรณีอากาศไหลแบบอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้ง

5. สรุปผลการทดลอง

1. การอบแห้งโดยตรงมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแบบอิสระเท่ากับ 0.02kg/sและมีค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 8.07%
2. การอบแห้งโดยอ้อมที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแบบบังคับที่ 0.060.04 และ 0.02kg/sได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 17.74 22.35 และ 25.20% ตามลำดับ
3. การอบแห้งโดยอ้อมจะมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศมีค่าเท่ากับอัตราการไหลของอากาศกรณีอากาศไหลแบบอิสระหรือเท่ากับกรณีการอบแห้งโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานทดแทนเพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรมชุมชน
ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ
ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] ศีรินุช จินดารักษ์, เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 260311 เทคโนโลยีพลังงาน (Energy Technology) สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทบยาลัยนเรศวร

[2] ทเนจ นาคปันคำ ทวีวัฒน์ สุภารส สุจินต์ จิระชีวะนันท์ สุภาณี จอมคำสิงห์ ศุภชัย ปัญญาวีร์ และณัฐพล รุ่นประแสง. 2556.การอบแห้งกุ้งด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานความร้อน.รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพหน้าที่ 21-31

[3] เถลิงราชนิลเชื้อวงศ์ อนุพงศ์ เอกผลสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุลและยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2555. การอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับวิสาหกิจและกลุ่มสหกรณ์สวนยางพาราขนาดย่อม. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17. 2555. 2. 50-59

[4] กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการบำรุงรักษาสำนักพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์.2550.เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

[5] A.Sreekumar, P.E.Manikantan, K.P and Vijayakumar. (2008). Performance of indirect solarcabinet dryer. Energy Conversion and Management, V49, PP1388-1395

[6] จารุวัฒน์ เจริญจิต ยะฝาด ดุสะเหม๊าะ สุพัฒน์ เดชโสภา และสุริยา ช่วยอินทร์. 2554. ตู้อบแห้งและกลั่นความชื้นรังสีอาทิตย์แบบเทอร์โมไซฟอน.วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 1 (35-42) มกราคม-มีนาคม 2554

O-IR17

การออกแบบตู้อบแห้งข้าวแต๋นแบบลมร้อนขนาดเล็กสำหรับวิสาหกิจชุมชนโดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

Designing of a Crispy Rice Hot Air Dryer Mini Size for Community Enterprise Using Biogas

ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย 57000 E-mail: pakdee.me@gmail.com

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างตู้อบแห้งข้าวแต๋นแบบลมร้อนสำหรับใช้งานในวิสาหกิจชุมชน โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น การศึกษาออกแบบหาขนาดความจุของตู้อบให้เหมาะสมกับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้และทดสอบหาประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน นอกจากนั้นยังศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพในแง่ของสีและการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ โดยจะนำผลิตภัณฑ์ไปทอดในน้ำมันร้อนที่สภาวะเดียวกันทั้งหมดก่อนนำไปทดสอบคุณภาพ ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการทดลองจะใช้ ความเร็วลม 1.25 , 1.60 และ 2.28 เมตร/วินาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าตู้อบแห้งที่ออกแบบสามารถอบข้าวแต๋นได้จำนวนครั้งละ 12 ถาด (2,400 ชิ้น) ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 104 นาที ใช้ความเร็วลมที่ 2.28 เมตร/วินาที อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะเหมาะสมที่สุดในการอบแห้ง เมื่อนำผลมาเปรียบกับการตากด้วยแสงแดด ซึ่งทำให้ข้าวแต๋นมีสีสวยงามและการขยายตัวมีค่ามากกว่า

คำสำคัญ ข้าวแต๋น,ก๊าซชีวภาพ,วิสาหกิจชุมชน

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในชุมชนต่างจังหวัดทั่วๆไปพบว่ายังเป็นปัญหาอยู่มาก รวมไปถึงการส่งเสริมจากหน่วยรัฐให้ชุมชนสามารถผลิตพลังงานทดแทนขึ้นมาใช้เอง โดยอาศัยวัตถุดิบที่มีอยู่มากมายในชุมชนท้องถิ่นที่มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลักเช่น มูลวัวจากฟาร์มเลี้ยง แกลบจากโรงสีข้าว ซังข้าวโพด ฯลฯ สิ่งเหล่านี้สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ทั้งสิ้น เช่น การนำแกลบและซังข้าวโพดมาผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล รวมไปถึงการนำมูลสัตว์มาหมักเป็นเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้เช่นกัน แต่ปัญหาที่พบส่วนมากจะเป็นการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนเหล่านั้นให้เกิดประโยชน์ในกิจกรรมในชุมชนด้านต่างๆให้มากขึ้นกว่าการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มภายในครัวเรือนเท่านั้น ซึ่งการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพกับธุรกิจของชุมชนขนาดเล็กยังมีไม่มาก และวิสาหกิจชุมชนเป็นธุรกิจอีกประเภทหนึ่งที่ได้การสนับสนุนจากภาครัฐ โดยมีการก่อตั้งเกิดขึ้นมากมายในชุมชนท้องถิ่นของประเทศไทย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองหม้อใหม่ ตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ผลิตข้าวแต๋นจำหน่ายในเขตจังหวัดเชียงราย ซึ่งข้าวแต๋น เป็นขนมพื้นบ้านประจำท้องถิ่นที่ผลิตจากข้าวเหนียว โดยกระบวนการผลิตข้าวแต๋นนั้นจะต้องนำข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งมาแล้วบางส่วน มาใส่ในพิมพ์ซึ่งเป็นวงกลมแบนๆแล้วจึงนำไปตากแดดให้แห้งนานประมาณ 2 วัน จากนั้นจึงนำข้าวที่ตากแดดแล้วมาทอดในน้ำมันร้อนจนข้าวแต๋นขยายตัว ฟู และกรอบ โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซชีวภาพในการทอดข้าวแต๋น โดยที่กลุ่มวิสาหกิจมีบ่อก๊าซอยู่แล้วขนาด 16 ลบ.ม. ซึ่งจากการดำเนินการที่ผ่านมาของกลุ่มพบว่ามีปัญหาสำคัญในช่วงฤดูฝนหรือช่วงที่ไม่มีแดด จึงทำให้ไม่สามารถตากข้าวแต๋นให้แห้งได้ทำให้ไม่มีวัตถุดิบในการผลิตไม่มีสินค้าขายเกิดการยกเลิกคำสั่งซื้อจำนวนมาก จากประเด็นปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงเกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหาการตากข้าวในฤดูฝนหรือช่วงที่ไม่มีแดด โดยการสร้างตู้อบแห้งด้วยลมร้อนที่มีขนาดเหมาะสมกับระดับชุมชนโดยใช้ก๊าซชีวภาพที่มีอยู่แล้วเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่ข้าวแต๋น ทดแทนการตากแห้งโดยแสงแดดตามธรรมชาติ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น การศึกษาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ เพื่อนำข้อมูลมาออกแบบหาขนาดความจุของตู้อบและทดสอบหาประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน นอกจากนั้นยังศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพในแง่ของสีและการขยายตัวของผลิตภัณฑ์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สวัสดิ์ (2544) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากบ่อก๊าซชีวภาพของเกษตรกร ในจังหวัดเชียงราย โดยการสุ่มแบบเจาะจงจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการสร้างและใช้ก๊าซชีวภาพ จำนวน 80 ครัวเรือน จากทั้งหมด 113 ครัวเรือน พบว่าเกษตรกรเข้าร่วมโครงการส่วนมากเป็นฟาร์มปศุ

สัตว์ขนาดเล็กเช่น เลี้ยงสุกร โคนม และไก่ เป็นวัตถุดิบ จะมีการใช้ก๊าซชีวภาพเพื่อการหุงต้มเป็นส่วนใหญ่เพื่อลดการใช้พลังงานอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า ก๊าซหุงต้ม และบ่อก๊าซชีวภาพที่สร้างมีขนาด 12, 16, 30 และ 50 ลูกบาศก์เมตร

อภิชัย (2545) ได้ศึกษาโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อเป็นพลังงานทดแทนและปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในภาคตะวันตก เพื่อทราบผลการก่อสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ และการใช้ประโยชน์จากก๊าซและกากที่ได้จากการผ่านขบวนการหมัก โดยสำรวจจากกลุ่มที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 85 ราย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้เลี้ยงสุกร ขนาดบ่อเกือบทั้งหมดไม่สามารถรองรับมูลจากคอกสัตว์ภายในฟาร์มได้ทั้งหมด บ่อที่สร้างส่วนมากจะมีขนาด 100 ลบ.ม. ก๊าซที่ผลิตได้จะใช้ไม่หมดในแต่ละวันเป็นส่วนใหญ่ และส่วนมากใช้เพียงในครัวเรือนเดียวในแต่ละบ่อ ซึ่งก๊าซส่วนใหญ่นำไปทดแทนพลังงานไฟฟ้า และ ก๊าซหุงต้ม LPG ในครัวเรือนและในฟาร์ม

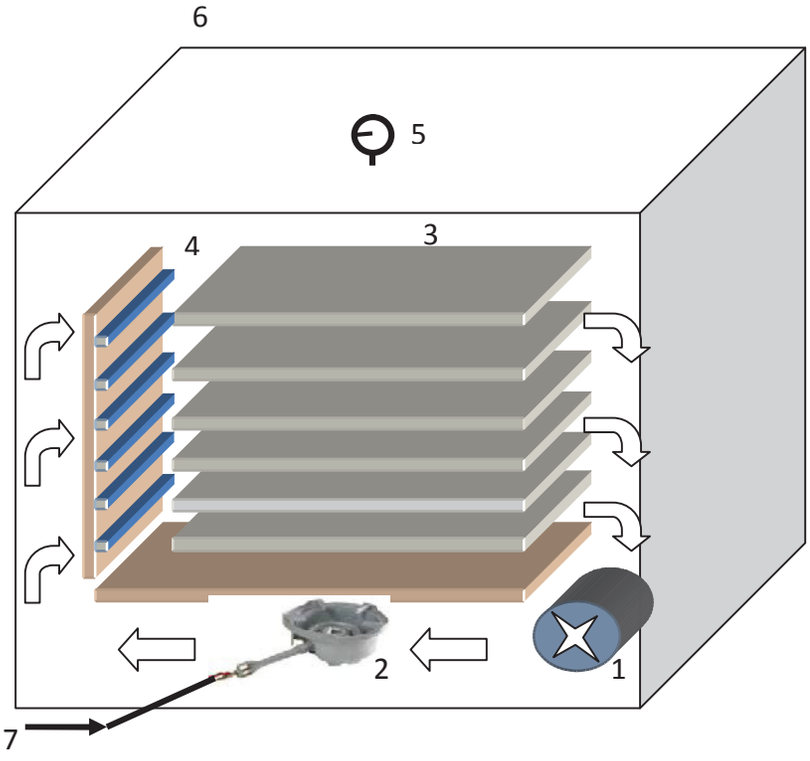
บุญมา (2544) ศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่คิดค้นขึ้นเป็นถังหมักทำด้วยคอนกรีตสูง 6 เมตร มีอุปกรณ์การกวนผสม อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1 ตัน/วัน ปริมาณก๊าซที่ได้ประมาณ 70 ลบ.ม./วัน มีระบบเก็บก๊าซและทำความสะอาดก๊าซ และนำไปใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือน ค่าลงทุน 2,000,000 บาท ปริมาณก๊าซที่ได้จากระบบคิดเป็นมูลค่า 50,000 บาท/เดือน ดำเนินการตั้งแต่ปี 2549 จนถึงปัจจุบัน

สุชน (2551) ได้ประดิษฐ์ถุงหมักก๊าซชีวภาพพีวีซี สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์รายย่อย เช่น สุกร เป็ด ไก่ นกกระทา โดยมูลสัตว์ประมาณ 10 – 15 ตัว สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 2 ลบ.ม./วัน เพียงพอสำหรับการใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มเพื่อทำอาหารในครัวเรือนได้

เสริม (2551) ได้มีการศึกษาออกแบบตู้อบแห้งข้าวแต๋นด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ออกแบบโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้มีขนาด 8 เมตร x 20 เมตร x 3. 5 เมตร โดยระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อแสงอาทิตย์มีความเข้มสูง โรงอบแห้งจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มาก อุณหภูมิของอากาศภายโรงอบจึงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันแผงโซลาร์เซลล์ก็จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้นด้วย ทำให้พัดลมดูดอากาศซึ่งได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์จะดูดอากาศให้ไหลเวียนมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในโรงอบไม่สูงเกินไป ในทางกลับกัน เมื่อแสงอาทิตย์มีความเข้มน้อยลง อากาศภายในก็จะถูกดูดออกไปภายนอกน้อยลงด้วย ทำให้อุณหภูมิไม่ลดลงต่ำมากนัก การทำงานดังกล่าวจึงไม่ต้องมีระบบอิเล็กทรอนิคส์ควบคุม และไม่มีสวิทช์ปิดเปิด ผู้ใช้เพียงแต่นำผลิตภัณฑ์เข้าไปตาก และเมื่อแห้งก็เก็บออกมา ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน

ไพโรจน์ และ คณะ (2552) ได้ศึกษาออกแบบตู้อบลมร้อนพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดระยะเวลาในการตาก เพิ่มผลผลิตของกลุ่มชุมชน และลดการสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้มจากการใช้เตาอบ มีส่วนประกอบเป็น ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 3 ตัว เพื่อให้กำลังในการทำความร้อน และใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า เป็นตัวให้กำลังในการขับชุดพัดลมเพื่อพาความร้อนไปยังห้องอบขนาด กว้าง 0.79 เมตร ยาว 1.185 เมตร และสูง 0.64 เมตร นอกจากนี้ ทีมงานได้ใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ และ รีเลย์ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าทำการควบคุมความร้อนภายในห้องอบไม่ให้เกิน 60 องศาเซลเซียส จึงช่วยประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่าเครื่องอบทั่วไป ทั้งนี้ จากการทดสอบเครื่องอบข้าวแต๋น เครื่องอบข้าวแต๋นโดยใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงถึง 3 เท่า และใช้เวลาในการอบเพียง 3 ชั่วโมง ซึ่งสามารถผลิตปริมาณข้าวแต๋นได้มากกว่าเดิม 2 กิโลกรัม

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลองภายในตู้อบแห้ง 1. พัดลม, 2.หัวเตาก๊าซ, 3.ถาดสำหรับใส่ข้าวแต๋น, 4.แผงกั้นกระจายลมร้อน, 5.เทอร์โมคัปเปิ้ล, 6.ห้องอบแห้ง, 7.ก๊าซชีวภาพ

3.1. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้ข้าวแต๋นที่ได้จากขบวนการผลิตก่อนนำไปตากแดดที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 200 % db. มาทำการทดลองอบแห้ง จนให้มีความชื้นสุดท้าย 37 % db. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร โดยจะใช้สถานที่ผลิตข้าวแต๋นเป็นที่ทดลองในครั้งนี้ทำให้มีชิ้นทดสอบอย่างต่อเนื่อง ในการทดลองครั้งแรกจะใช้ข้าวแต๋นจำนวน 2,400 แผ่น ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

3.2 วิธีการทดลอง

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพจากบ่อก๊าซของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งพบว่ามีอัตราการเกิดอยู่ที่ประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร /ชั่วโมง สามารถนำไปออกแบบตู้อบแห้งด้วยลมร้อน โดยเลือกใช้หัวก๊าซที่มีใช้ในท้องตลาดเป็นตัวให้ความร้อนซึ่งชุมชนคุ้นเคยเป็นอย่างดีและง่ายต่อการดูแล ตู้อบมีขนาด 1.50 เมตร x 1.05 เมตร x 1.55 เมตร มีความจุได้ 12 ถาด ใส่ข้าวแต๋นได้จำนวน 2,400 ชิ้น ต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง การควบคุมอุณหภูมิจะใช้ เทอร์โมมิเตอร์แบบเกจวัด ร่วมการปรับปริมาณก๊าซให้เหมาะสม การปรับปริมาณลมจะใช้มอเตอร์ที่มีการตั้งค่าความเร็วรอบมาแล้ว 3 ระดับ

ก. จัดเตรียมข้าวแต๋นโดยจำนวน 2,400 ชิ้นใส่ในถาดทดลอง 12 ถาด จากนั้นทำการอบแห้งโดยควบคุมอุณหภูมิ 40 และ 50, องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ 1.25, 1.60 และ 2.28 เมตร/วินาที

ข. เก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความเร็วลม และ มวลของข้าวแต๋น ในแต่ละการทดสอบ

ค. ทดสอบจนข้าวแต๋นมีความชื้นสุดประมาณ 37% db. และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบเวลาการอบแห้ง

ง. นำตัวอย่างไปหาน้ำหนักแห้งด้วยวิธี Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชม.

จ. นำข้าวแต๋นที่ผ่านการอบแห้งเรียบร้อยแล้วไปทดสอบคุณภาพ ในด้าน สี และการขยายตัว และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบผลในแต่ละสภาวะการทดลอง รวมไปถึงการเปรียบเทียบกับข้าวแต๋นที่ได้จากการตากโดยแสงแดดธรรมชาติ

ช. ทุกการทดสอบทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

3.3 การทดสอบคุณภาพของข้าวแต๋นหลังการอบแห้ง

ในการตรวจสอบด้านคุณภาพของข้าวแต๋นนจะพิจารณาคุณภาพ สีและการขยายตัว คือ

3.3.1. สี จะทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Miniscan XE Plus โดยวัดค่าสีออกมาเป็น L เป็นค่าความสว่าง (Lightness: 0-100; ดำ - ขาว), a เป็นค่าสีแดงและเขียว (+ Redness/Greenness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (+ Yellowness/-Blueness) ในระบบ CIE LAB โดยจะทำการวัดสีข้าวแต๋นก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้ง โดยในแต่ ละการทดลองจะทำการวัดสีข้าวแต๋นจำนวน 5 ชิ้น ชิ้นละ 3 จุ ด ๆ ละ 3 ซ้ำ

3.3.2. การขยายตัว จะทำการวัดปริมาตรของข้าวแต๋นก่อนและหลังการการทอดด้วยน้ำมันปาล์มร้อนมีการ ควบคุมอุณหภูมิคงที่ 130 องศาเซลเซียส ทำการหาปริมาตรโดยวิธีแทนที่ปริมาตรใช้การแทนที่ลงในน้ำมันพืช ในแต่ละการทดลองจะทำการวัดการขยายตัวของข้าวแต๋นจำนวน 10 ชิ้น จะทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ปริมาตรของวัตถุจะเท่ากับปริมาตรของของเหลวที่เพิ่มขึ้นในภาชนะ ดังนั้นจึงหาปริมาตรของวัตถุได้จาก สมการดังนี้

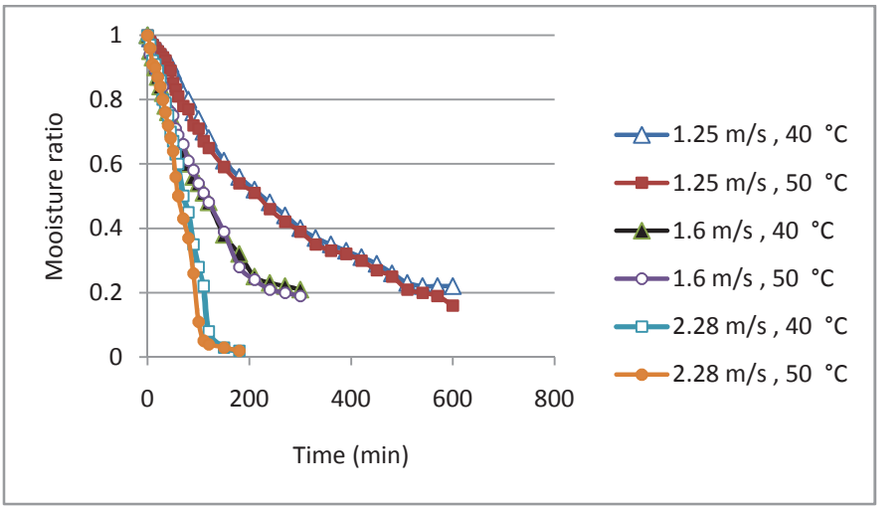
$$\text{เปอร์เซ็นต์การขยายตัว} = \frac{V_f - V_o}{V_o} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ V_o คือ ปริมาตรของวัตถุเริ่มต้นอบแห้ง, ลูกบาศก์เซนติเมตร

V_f คือ ปริมาตรของวัตถุหลังอบแห้ง, ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองอบแห้งข้างแต๋นที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างๆ จากรูปที่ 1 พบว่าที่ ความเร็วลม 1.25 เมตร/วินาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส เห็นได้ว่าอัตราส่วนความชื้นลดลงตามระยะเวลาในการทดลอง และเห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาในการอบแห้งทั้งหมดโดยประมาณ 570 นาที ใกล้เคียงกันทั้ง 2 อุณหภูมิ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากช่วงอุณหภูมิใกล้เคียงกันจึงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ใกล้เคียงกันทุกช่วงความเร็วลม แต่เมื่อเปรียบเวลาการอบแห้งกันระหว่างความเร็วลม ทั้ง 3 ช่วงพบว่า ที่ความเร็วลม 2.28 เมตร/วินาที จะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 83 นาที ซึ่งเกิดจากความเร็วลมที่มากกว่าจึงทำให้อัตราการระเหยน้ำที่ผิวของข้าวแต๋นไปได้เร็วกว่า



รูปที่ 2 การอบแห้งข้าวแต๋น ที่อุณหภูมิและความเร็วลม ต่างๆ

แต่เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 เปรียบเทียบกับการตากด้วยแสงแดดธรรมชาติที่ใช้เวลาถึง 960 นาที ซึ่งการอบแห้งที่ใช้ทดลองทุกสภาวะก็ยังเร็วกว่า เนื่องจากการตากด้วยวิธีธรรมชาติไม่สามารถควบคุมสภาวะในการตากในแต่ละช่วงเวลาได้ทั้งวัน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่สภาวะต่างๆกับการตากด้วยแสงแดดธรรมชาติ

วิธีการทำให้แห้ง	ความเร็วลม	อุณหภูมิลมร้อน	เวลาที่ทำให้แห้ง (นาที)
การอบแห้งด้วยลมร้อน	1.25 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	570
		50 องศาเซลเซียส	500
	1.60 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	220
		50 องศาเซลเซียส	155
	2.28 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	104
		50 องศาเซลเซียส	83
การตากด้วยแสงแดดธรรมชาติ	-	33 องศาเซลเซียส	960

การทดลองการขยายตัวของข้าวแต๋นที่ผ่านการอบบแห้งแล้วที่ความเร็วลม 1.25 เมตร/วินาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวได้ดีกว่า ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันทุกช่วงความเร็วลม แต่ถ้าพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกันผลปรากฏว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลงทำให้ข้าวแต๋นเนื้อไม่แน่นจนเกินไปและเมื่อนำไปทอดจึงทำให้เกิดการขยายตัวได้ดี และเมื่อเทียบกับการตากด้วยแสงแดดพบว่า เปอร์เซ็นต์การขยายตัวจะดีกว่าทุกสภาวะการทดลองยกเว้นที่ความเร็วลม 1.25 เมตร/วินาที อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากการตากด้วยแสงแดดข้าวแต๋นจะรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยการแผ่รังสีความร้อนเป็นส่วนใหญ่ทำให้อุณหภูมิที่ข้าวแตนไม่แน่นนอนตลอดทั้งวัน และยังต้องใช้เวลาในการตากนานถึง 2 วันทำให้ข้าวแต๋นมีเนื้อที่แน่นเกินไป

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การขยายตัวของข้าวแต๋นหลังการทอด

วิธีการทำให้แห้ง	ความเร็วลม	อุณหภูมิลมร้อน	ปริมาตรก่อนทอด (cm3)	ปริมาตรหลังทอด (cm3)	การขยายตัว (%)
การอบแห้งด้วยลมร้อน	1.25 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	5.71	20.42	257.62
		50 องศาเซลเซียส	4.41	23.79	439.46
	1.60 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	5.23	25.79	393.12
		50 องศาเซลเซียส	5.40	27.36	406.67
	2.28 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	4.74	28.79	507.38
		50 องศาเซลเซียส	6.04	30.64	407.28
การตากด้วยแสงแดดธรรมชาติ	-	33 องศาเซลเซียส	5.40	25.03	363.52

จากตารางที่ 3 ผลของการวัดสีพบว่าค่าความสว่าง(L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*)และค่าความเป็นสีเหลือง(b*) จะมีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นที่ความเร็วลม 2.28 เมตร/วินาที จะให้ค่าความสว่างน้อยและค่าความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด แต่ก็ไม่ต่างกันมากนัก ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบไม่สูงมากและมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเทียบกับการตากด้วยแสงแดดพบว่าการอบด้วยตู้อบก๊าซชีวภาพจะให้ความสว่างมากกว่า ค่าความสีแดงน้อยกว่าซึ่งทำให้ข้าวแต๋นสีไม่คล้ำ และค่าความเป็นสีเหลืองมากว่าทำให้ข้าวแต๋นมีสีเหลืองสวยน่ารับประทานเมื่อนำไปทอด

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวแต๋นหลังการอบแห้ง

วิธีการทำให้แห้ง	ความเร็วลม	อุณหภูมิลมร้อน	L*	a*	b*
การอบแห้งด้วยลมร้อน	1.25 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	46.07	16.88	49.56
		50 องศาเซลเซียส	52.44	16.49	51.72
	1.60 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	44.44	17.38	47.45
		50 องศาเซลเซียส	46.37	19.61	51.29
	2.28 เมตร/วินาที	40 องศาเซลเซียส	37.67	16.54	34.10
การตากด้วยแสงแดดธรรมชาติ	-	33 องศาเซลเซียส	30.41	29.03	30.51

5. สรุปผลการทดลอง

จากการการศึกษาการออกแบบหาขนาดความจุของตู้อบให้เหมาะสมกับปริมาณก๊าซที่ผลิตได้และการทดสอบหาประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน นอกจากนั้นยังศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพในแง่ของสีและการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่าตู้อบแห้งที่ออกแบบสมารถอบข้าวแต๋นได้จำนวนครั้งละ 12 ถาด (2,400 ชิ้น) โดยที่ความเร็วลมที่ 2.28 เมตร/วินาที อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาสั้นที่สุด 83 นาที แต่เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบด้านคุณภาพพบว่าที่ความเร็วลมที่ 2.28 เมตร/วินาที อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 104 นาที เป็นสภาวะเหมาะสมที่สุดในการอบแห้ง ซึ่งทำให้ข้าวแต๋นมีสีสวยงามและการขยายตัวมีค่ามากกว่าทุกสภาวะการทดลองรวมถึงวิธีที่ตากด้วยแสงแดดด้วยเช่นกัน

บรรณานุกรม

[1] ชลลดา แดงประดับ. (2554). “ผลของเวลาเก็บกักต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากต้นข้าวโพดหมัก โดยการระบวนการไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน”เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2551. “งานนิทรรศการ นวัตกรรมงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2551” ระหว่างวันที่ 30 เมษายน – 4 พฤษภาคม 2551 ณ. อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3] ไพโรจน์ จันทร์แก้ว และผศ.สุจิน สุนีย์ ,”เครื่องอบข้าวแต๋นที่ใช้ไฟฟ้าร่วมกับก๊าซ.,2552

[4] พัฒนา ภูลเปี่ยม. (2555). “ก๊าซชีวภาพ : พลังงานหมุนเวียนจากขยะมูลฝอยในครัวเรือนและชุมชนชายฝั่งทะเลตะวันตก “ กรุงเทพฯ: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

[5] เสริม จันทร์ฉาย,(2551) ”โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์”

[6] สวัสดิ์ สมวรรณ. (2544). “การใช้ประโยชน์จากบ่อก๊าซชีวภาพของเกษตรกรในจังหวัดเชียงราย” เชียงราย: สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย.

[7] สุชน ตั้งทวีพิพัฒน์, (2551), “ผลงานการประกวดสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2551” กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.) ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชทวี กรุงเทพ

[8] อภิชัย อุทัยธรรม, (2545). “โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อเป็นพลังงานทดแทนและปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในภาคตะวันตก” กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก. ราชบุรี.

O-IR18

การศึกษาการใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์

Case Study the Use of Solar Power not Via an Inverter and application of DC power device

สุทธินันท์ ต้นโพธิ์[1] รุ่งเพชร ก่องนอก[1] วิรุณ ใส่แว่น[2] อธิปัตย์ ชาสังข์[1]
เชาวโรจน์ ทองนำ[1] และณัฐกิตติ์ เกียรติกลาง[1]
[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000
Email: Nuntichar@yahoo.com
[2]แผนกวิชาช่างไฟฟ้า คณะวิชาช่างอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ จังหวัดกระบี่ 81000

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ในการสูบน้ำเพื่อการอุปโภคและเพื่อการเกษตรโดยใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 280วัตต์จำนวน 2 แผง เป็นตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเก็บสะสมพลังงานลงในแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมงจำนวน 2 ลูกใช้กำลังไฟฟ้า 448 วัตต์เพื่อจ่ายไฟให้กับโหลดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ จำนวน 3 หลอด โหลดพัดลมกระแสตรงขนาด 44 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ จำนวน 1 ตัว และโหลดมอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง ขนาด 350 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ จำนวน 1 เครื่องโดยใช้ปั๊มเป็นแบบปั๊มชัก ผลการทดลองการจ่ายโหลดให้กับมอเตอร์กระแสตรง ขนาด 350วัตต์ จากพลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่พบว่า สามารถสูบน้ำได้ 1,500 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีความเหมาะสมกว่าการใช้ปั๊มพลังงานเครื่องยนต์ ยังสามารถนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้กับหลอดไฟและพัดลม

คำสำคัญ : ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์ และประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง

Abstract

The case study is presented principles. The used of solar cells direct to pump water for agricultural use of solar cells 280 watt second panel is the solar energy is converted into electrical energy and storage energy in batteries, 100 ampere per hour 2 set to power a 448 watt. Supply power to fluorescent lamp 18 Watt Voltage 24 Volt 3 lamp DC Fan 44 Watt Voltage 24 Volt and motor pump DC 350 Watt Voltage 24 Volt with stoke pump. The results of the load to the DC motor and 350 watts of power stored in the battery. Can pump 1,500 liters per hour, which is more appropriate to use the power pump the engine. It also can be used in lamp and fan.

Keywords: Solar Power not Via an Inverter and application of DC power device.

1.ความสำคัญ

จากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ ที่สูงขึ้นเป็นอย่างมากในปัจจุบัน แหล่งพลังงานที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานไฟฟ้านั้นพบว่าการแสวงหาความมั่นคงทางพลังงานหรือการนำเอาพลังงานจากแหล่งพลังงานที่สามารถหมุนเวียนมาใช้งานใหม่ได้กลายเป็นประเด็นหลัก ที่กล่าวถึงอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน จากวิกฤติการณ์ด้านพลังงานที่เกิดขึ้นจากความต้องการใช้พลังงานที่มากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรได้ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงและช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน โดยการใช้งาน แผงโซล่าเซลล์จ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ให้กับปั๊มน้ำ ระบบแสงสว่าง และพัดลมโดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์

จากสภาพปัญหาเราพบว่าพื้นที่ในการทำการเกษตรไม่มีไฟฟ้าใช้และเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค และด้านการเกษตร เมื่อเราติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เราจะใช้อินเวอร์เตอร์ในการแปลงไฟจากกระแสตรง 24 โวลต์ เป็นไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งการใช้งานของอินเวอร์เตอร์มีอายุการใช้งานที่สั้น จึงทำการศึกษาว่า จะใช้ไฟกระแสตรงภายในเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยไม่ต้องใช้อินเวอร์เตอร์

2. ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานของแสงและพลังงานของความร้อนที่แผ่รังสีมาจาก ดวงอาทิตย์พลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ พลังงานที่เกิดจากแสงและพลังงานที่เกิดจากความร้อน

1. พลังงานที่เกิดจากแสง รูปแบบการนำพลังงานของแสงอาทิตย์มาใช้งานแบ่งอย่างกว้างๆ เป็น 2 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับวิธีการในการจับพลังงานแสง การแปรรูปให้เป็นพลังงานอีกรูปหนึ่ง และการแจกจ่ายพลังงานที่ได้ใหม่ นั้นรูปแบบแรกเรียกว่า แอคทีฟโซลาร์ เป็นการใช้วิธีการของโฟโตโวลต้าอิคส์ หรือ solar thermal เพื่อจับและเปลี่ยนพลังงานของแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนโดยตรงอีกรูปแบบหนึ่งก็คือ พาสซีฟโซลาร์ เป็นวิธีการใช้ประโยชน์ทางอ้อม

2. พลังงานที่เกิดจากความร้อน เช่นพลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น เป็นต้น

2.2 ความสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ (หรือแสงจากหลอดไฟ) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ได้โดยตรง ทันทีที่มีแสงตกกระทบ เซลล์แสงอาทิตย์ก็จะผลิตไฟฟ้าได้ทันที และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable energy) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า สะอาดและไม่สร้างมลภาวะเป็นพิษใด ๆ ขณะใช้งานไม่ทำลายสภาพแวดล้อม เพียงแต่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไว้กลางแสงอาทิตย์ ก็สามารถใช้งาน ได้ทันที เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้โดยไม่สร้างเสียงรบกวนหรือการเคลื่อนไหว และไม่เคยปรากฏว่ามีการคัดค้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น จึงเป็นการประหยัดน้ำมัน และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่มนุษย์ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานกว่า 20 ปี ดังนั้นเมื่อลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในครั้งแรก ก็แทบจะไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกต่อไป

2.3 การเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

รังสีของดวงอาทิตย์ประกอบด้วยอนุภาคของพลังงานที่เรียกว่า "โฟตอน"(Photon) โดยโฟตอนจะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์ จนอยู่ในสถานะ Excited State เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนแล้ว จะกระโดดออกมาจากอะตอมและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ขั้วไฟฟ้า (Electrode) ที่อิเล็กตรอนมารวมกันและเคลื่อนที่ผ่านเรียกว่า "ขั้วลบ" และขั้วที่อยู่ตรงข้ามจะเรียกว่า "ขั้วบวก" เมื่อขั้วทั้ง 2 ถูกต่อด้วยหลอดไฟฟ้าก็จะทำให้มีแสงสว่างเกิดขึ้น โดยสารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันคือสารซิลิคอน สาเหตุเพราะ มีราคาต่ำและหาได้ง่ายในธรรมชาติ

2.4 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดของโลก และเป็นพลังงานสะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ มนุษย์เราจึงได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ตั้งแต่โบราณกาลเริ่มแต่การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการทำให้วัสดุหรืออาหารแห้ง จนกระทั่งมาถึงในยุคปัจจุบันที่มีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้อย่างเป็นระบบ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ หรือการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์อาจจำแนกเป็น 2 รูปแบบโดยคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้รับรูปแบบที่ 1 คือ การผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และรูปแบบที่ 2 คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

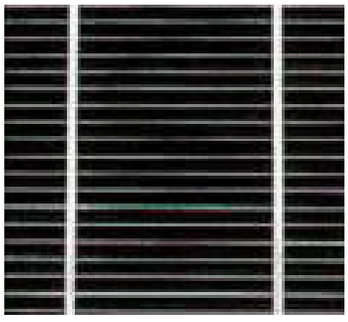
2.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบ หรือคำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ จะประกอบด้วย ความเข้มของแสง และอุณหภูมิโดยรอบพื้นที่

2.6 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

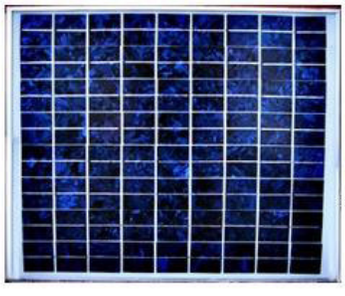
เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก คือ

1. โมโนคริสตัลซิลิกอนโซล่าเซลล์ Mono crystalline Silicon หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) สร้างจากแผ่นซิลิกอนที่แข็งและบาง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม แผ่นกลม ครึ่งวงกลม ฯลฯ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต พื้นที่เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ มีหลายขนาด เช่น 60,100,160 ตารางเซนติเมตร เป็นต้น หนาประมาณ 0.3-0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพประมาณ 14-17 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากทำมาจากซิลิกอนผลึกเดี่ยว ซึ่งมีขบวนการผลิตที่ยุ่งยากกว่าซิลิกอนแบบผลึกรวม จึงมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนชนิดอื่น มีอายุการใช้งานประมาณ 30 ปี



รูปที่ 1 โซล่าเซลล์แบบโมโนคริสตัลซิลิกอน

2. โพลี่คริสตัลซิลิกอน Poly crystalline Silicon หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก ลักษณะเป็นแผ่นแข็งเช่นเดียวกันกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยวประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมนี้ จะต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยวเล็กน้อยคือประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานที่รอยต่อของผลึกแต่ละผลึก แต่ราคาก็จะถูกกว่าแบบผลึกเดี่ยว เพราะกรรมวิธีในการผลิตจะไม่ซับซ้อนเท่ากับแบบผลึกเดี่ยว มีอายุการใช้งานประมาณ 25 ปี



รูปที่ 2 โซล่าเซลล์แบบโพลี่คริสตัลซิลิกอน

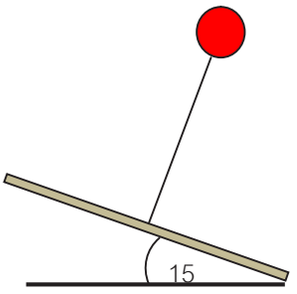
3. Amorphous silicon หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Solar Cell) มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง มีความหนาประมาณ 0.5 ไมครอน ทำให้ประหยัดเนื้อที่และไม่สิ้นเปลืองวัสดุสามารถนำไปติดบนแผ่นฟิล์มพลาสติกหรือกระจกได้ นอกจากนี้กระบวนการผลิตยังไม่ยุ่งยาก และไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงอีกด้วย แต่เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอฟัสซิลิกอนนี้ มีประสิทธิภาพต่ำประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และอายุการใช้งานยังสั้นกว่าซิลิกอนแบบผลึกอีกด้วยเหมาะกับการใช้งานกับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ เป็นต้น มีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี



รูปที่ 3 โซล่าเซลล์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน

2.7 องศาระหว่างมุมของดวงอาทิตย์กับพื้นที่ประเทศไทย

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ต้องวางแผง เซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ วิธีที่ดีที่สุดคือใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking System) โดยแผงจะติดตั้งบนโครงเหล็กที่มีมอเตอร์และระบบเซ็นเซอร์ควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หันหน้าตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน วิธีนี้จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด แต่ก็เป็นวิธีที่มีราคาแพงที่สุดเช่นกัน วิธีที่สองคือวางมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยมีการวิจัย และการทดลองจากหลายหน่วยงาน พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมเอียงที่ดีที่สุดของประเทศไทยคือมุม 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้



รูปที่ 4 การวางแผงโซล่าเซลล์สำหรับประเทศไทย

2.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นด้วยตนเอง (Self Excited) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก (Separately Excited) โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบกระตุ้นด้วยตนเอง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1. มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม หรือ เรียกว่า ซีรี่มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนาน หรือ เรียกว่า ชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสม หรือ เรียกว่า คอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.9 ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไหลไปทิศทางเดียว แต่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงแรงดันกระแสตรงเป็นบวก หรือเป็นลบก็ได้ แต่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ปกติต้องเลี้ยงด้วยไฟกระแสตรงสม่ำเสมอและคงที่ ที่ค่าหนึ่งหรือไฟกระแสตรงที่เรียบมีค่าเปลี่ยนแปลง ที่เรียกว่าริบเปิ้ลเพียงเล็กน้อย เซลล์ แบตเตอรี่ และแหล่งจ่ายกำลังแบบคุ้มค่า ให้ไฟกระแสตรงแบบสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นดีซีในอุดมคติสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แหล่งจ่ายกำลังประกอบด้วย หม้อแปลง ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับหลักให้ได้แรงดันกระแสสลับที่เหมาะสม จากนั้นก็ แปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงด้วย ตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์ แต่ไฟที่ได้ยังไม่เรียบและ ไม่เหมาะที่จะใช้กับวงจร อิเล็กทรอนิกส์ แหล่งจ่ายกำลังบางแบบจะมี ตัวเก็บประจุ เพื่อกรองไฟ ให้เรียบ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวน้อยรวมทั้งใช้กับโครงงานส่วนใหญ่ของเรา หลอดไฟ ตัวทำความร้อนและมอเตอร์ ทำงานด้วยไฟเลี้ยงกระแสตรงได้

3. วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 แผนการดำเนินงาน

ออกแบบการใช้งานแผงโซล่าเซลล์จ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้กับปั๊มน้ำระบบแสงสว่าง และพัดลม โดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง และเพื่อใช้ในการอุปโภค และด้านการเกษตร เราจึงได้มีการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานต่างๆ เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานของโครงการ (พ.ศ. 2557)

ลำดับ	การดำเนินงาน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาข้อมูล วิธีการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←	—	→													
2	ออกแบบระบบโซล่าเซลล์			←	—	—	→										
3	สร้างระบบโซล่าเซลล์					←	—	—	—	→							
4	ทดสอบระบบโซล่าเซลล์									←	—	—	—	—	—	→	
5	สรุปผลการดำเนินงาน															←	→

3.2 การออกแบบ

ออกแบบการทำงานของระบบที่จำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดทำโครงการ พร้อมกับรู้หลักการทำงานของวัสดุอุปกรณ์แต่ละตัว จึงจะสามารถออกแบบการทำงานของระบบได้ถูกต้องโดยมีรายระเอียดในการออกแบบดังนี้ดังต่อไปนี้

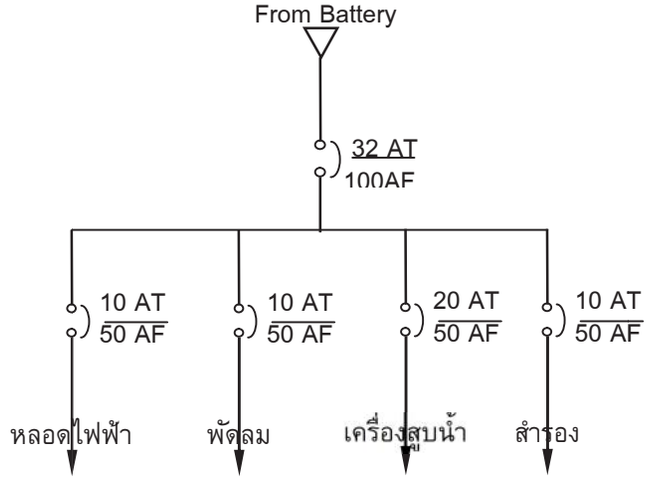
3.2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบไฟฟ้าเป็น การพัฒนาแบบแปลน หรือวิธีการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆ ทราบขนาดกำลังไฟฟ้าที่จะใช้งาน จากนั้นจึงทำการออกแบบระบบเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างพอเพียงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งภาระไฟฟ้าของระบบนี้ประกอบด้วย มอเตอร์สูบน้ำ 1 เครื่อง แสงสว่าง 3 หลอด พัดลม 1 ตัว ซึ่งโหลดที่ใช้งานทั้งหมดนี้ มีกำลังไฟฟ้ารวม 448 วัตต์ ซึ่งแสดงการคำนวณค่าภาระทางไฟฟ้า ที่ใช้งานในการดำเนินงานไว้ใน ตารางที่ 2

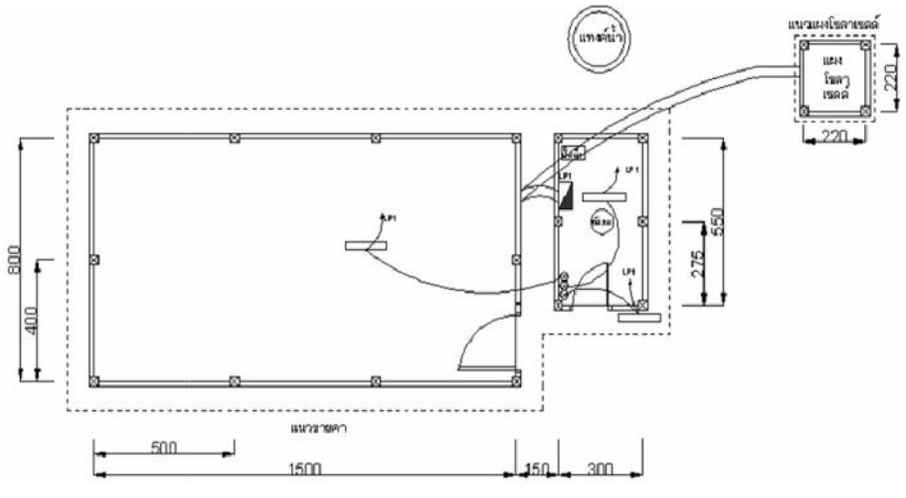
ตารางที่ 2 การคำนวณภาระทางไฟฟ้า

วงจร	รายละเอียดโหลด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ชนิดสายไฟฟ้า (mm^2.)	อุปกรณ์ป้องกัน(CB)			
				Pole	AT	AF	Ic(kA)
1	มอเตอร์สูบน้ำ	350	2 x 2.5 (VAF)	1	20	50	6
2	แสงสว่าง	54	2 x 1.5 (VAF)	1	10	50	6
3	พัดลม	44	2 x 1.5 (VAF)	1	10	50	6
กำลังไฟฟ้ารวม		448	2 x 4 (VCT)	1	32	100	10

จากตารางที่ 2 ระบบใช้งาน มีกำลังไฟฟ้ารวมที่ 448 วัตต์ ใช้ขนาดของสายป้อนวงจรขนาด 4 mm^2 เมนเบรกเกอร์ขนาด 32 AT/100 AF วงจรย่อย 3 วงจร ซึ่งนำมาเขียนเป็นวงจรเส้นเดี่ยวได้ดังรูปที่ 5



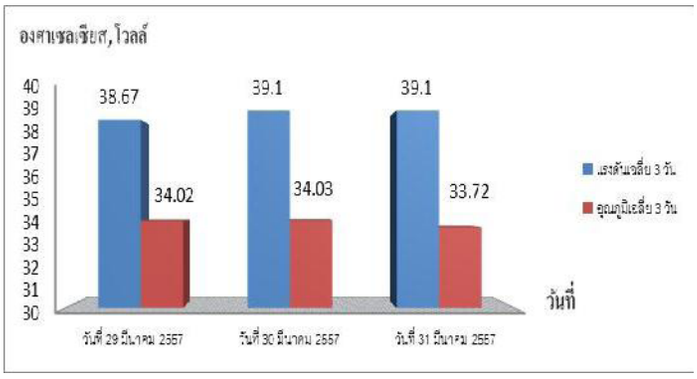
รูปที่ 5 ไดอะแกรมเส้นเดี่ยววงจรไฟฟ้า



รูปที่ 6 แปลนคอกวัวที่มีอยู่ในฟาร์ม

4. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

4.1 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน

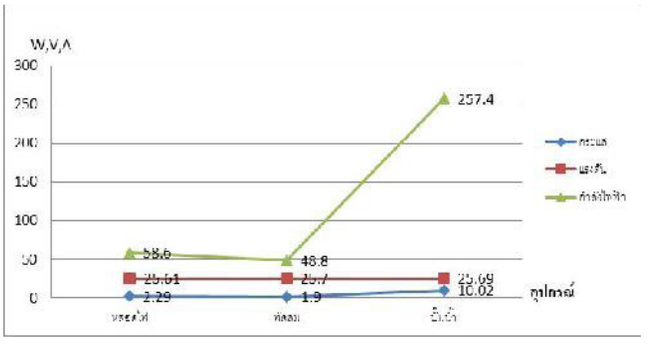


รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน

ผลการทดสอบ

พบว่าแรงดันเอาต์พุตของแผงโซล่าเซลล์ในสภาวะ เปิดวงจรมีค่าใกล้เคียงกันมาก มีเฉลี่ย V_{DC} = 38.95 โวลต์ และอุณหภูมิเฉลี่ย = 33.92 องศาเซลเซียส รวมถึงอุณหภูมิยังมีผลกับค่าของแรงดันไฟฟ้าซึ่งอุณหภูมิยิ่งมีค่าสูงแรงดันไฟฟ้ายิ่งต่ำลง

4.2 การใช้งานของโหลดทั้งหมด



รูปที่ 8 กราฟแสดงการใช้งานของโหลดทั้งหมด

4.3 การทดสอบความส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 W

ตารางแสดงการเปรียบเทียบความส่องสว่างของหลอดไฟกระแสตรงกับกระแสสลับ โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความสว่างระหว่างหลอดไฟฟ้ากระแสตรง กับหลอดไฟฟ้ากระแสสลับ

จุดที่	ระยะห่างหลอด(ซม.)	ค่าความสว่างหลอดไฟ(ลักซ์)	
		หลอดไฟกระแสตรง 24 โวลต์	หลอดไฟกระแสสลับ 220 โวลต์
1	40	500	450
2	80	180	150
3	120	80	70
4	160	50	46
5	200	38	34

ผลการทดสอบ

จากการทดสอบความส่องสว่างของหลอดไฟกระแสตรงกับหลอดไฟกระแสสลับโดยใช้ หลอดไฟชนิดเดียวกัน ที่ระยะห่างเท่ากัน พบว่าหลอดไฟกระแสตรงมีค่าความส่องสว่างมากกว่าหลอดไฟกระแสสลับ

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

1. การทดสอบการวัดพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดสอบพบว่าแรงดันเอาต์พุตของแผงโซล่าเซลล์ในสภาวะ เปิดวงจรมีค่าใกล้เคียงกันมากโดยมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เฉลี่ย V_{DC} = 38.95 โวลต์ และอุณหภูมิเฉลี่ย = 33.92 องศาเซลเซียส รวมถึงอุณหภูมิยังมีผลกับค่าของแรงดันไฟฟ้าซึ่งอุณหภูมิยิ่งมีค่าสูงแรงดันไฟฟ้ายิ่งต่ำลง

2. การทดสอบวัดค่ากระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 4 แสดงกระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า

ที่	อุปกรณ์ไฟฟ้า	ปริมาณทางไฟฟ้า		
		กระแส(แอมป์)	แรงดันไฟฟ้า(โวลต์)	กำลังไฟฟ้า(วัตต์)
1	หลอดไฟฟ้า	2.29	25.61	58.60
2	พัดลม	1.90	25.70	48.80
3	มอเตอร์ปั๊มน้ำ	10.02	25.69	257.4
4	ภาระทางไฟฟ้ารวม	14.21	25.67	364.80

3. การทดสอบความส่องสว่างของหลอดไฟ

การทดสอบหลอดไฟกระแสตรงเทียบกับหลอดไฟกระแสสลับโดยใช้ หลอดไฟชนิดเดียวกัน ที่ระยะห่างเท่ากัน พบว่าหลอดไฟกระแสตรงมีค่าความส่องสว่างมากกว่าหลอดไฟกระแสสลับ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

ก) แรงดัน 37.66 โวลต์ ใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอร์รี่ 1 ชั่วโมง 45 นาที

ข) เมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็ม เปิดโหลดทั้งหมดใช้กระแสไฟฟ้า 14 แอมแปร์ ใช้งานได้ 3 ชั่วโมง คิดเป็น 42 เปอร์เซ็นต์ จากประสิทธิภาพแบตเตอรี่ 60 เปอร์เซ็นต์

5. การทดสอบปั๊มน้ำ

การต่อใช้งานมอเตอร์จากพลังงานในแบตเตอรี่ 24 โวลต์ ปริมาณน้ำที่ได้มีค่าเท่ากับ 25 ลิตรต่อนาที ดังนั้น

ปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 ชั่วโมง = 25× 60 = 1,500 ลิตรต่อชั่วโมง

ปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 วัน = 24×1500 = 36,000 ลิตรต่อวัน

ปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 เดือน = 36,000×30 = 1,080,000 ลิตรต่อเดือน

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดัน 24 โวลต์ หาซื้อยาก และมีราคาแพง — แก้ไข เลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้แรงดัน 12 โวลต์แทน
2. มีแรงดันตกที่สายเยอะหากเดินสายในระยะยาว — แก้ไข ควรติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ใกล้กับแบตเตอรี่ให้มากที่สุด
3. แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพต่ำ — แก้ไข ควรเลือกใช้รุ่นที่มีประสิทธิภาพสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้ไฟกระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ดีกว่าเพราะว่าอุปกรณ์แรงดัน 12 โวลต์ จะมีราคาถูกกว่าอุปกรณ์แรงดัน 24 โวลต์ และมีขายซื้อตามท้องตลอดอยู่ทั่วไป หาซื้อง่าย ราคาถูก

2. อุปกรณ์ไฟกระแสตรง 24 โวลต์ สามารถหาซื้อตามร้านขายอะไหล่รถบัสได้

6. บรรณานุกรม

[1] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ผลงานวิจัย สวทช. สู่เชิงพาณิชย์ ปี 2549-2554. ปทุมธานี: สำนักงานฯ, 2554 http://th.wikipedia.org/wiki/

[2] เซลล์แสงอาทิตย์, องค์ความรู้ (KM) สำนักวิชาการพลังงานภาค 4 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ปี 2555 http://www.kanhasolar.com/index.

[3] ไฟฟ้ากระแสตรง, ปี2547 http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php

[4] ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm สืบค้นข้อมูลเมื่อ 8 มกราคม พ.ศ.2557

[5] คณะอนุกรรมการพลังงานภาคการขนส่งในคณะกรรมาธิการ พลังงานวุฒิสภา, http://www.aecplastic.com สืบค้นข้อมูลเมื่อ 8 มกราคม พ.ศ. 2557

O-IR19

Solar Concrete Wall Collector

V. Veng*, C. Sirisamphanwong

School of Renewable Energy Technology, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand E-mail: vengvisal@gmail.com

Abstract

Solar concrete wall collector (SCWC) is a new promising technology for Thailand that can absorb heat from solar radiation and transfer to the water in the pipe. This hot water can be utilized for any purposes in the building or house. Copper tube with thermal conductivity of 398 W/m·K was chosen [1]. The concrete was made of 0.55 % of water, 1 % of concrete, 1.6 % of sand, 2.3 % of limestone, and 0.03 % of steel fiber [2].The waste from dried grass mixing with water and urea formaldhyde resin was designed to be the insulation [3]. Solar concrete wall collector is not only a normal wall for a building but also serves as a solar hot water collector. The size of the two identical concrete collectors was calculated to be 1.5 meter width and 2 meter length. The concrete wall solar collector was installed to the south and was painted black with black paint (Rust Oleum) so that it can greatly absorb solar radiation under a hot climate [4]. The results of experiment indicated that solar concrete wall collector is absolutely an interesting solar thermal technology because it can produce up to 150 L of hot water per day at water temperature varying from 40 to 50 °C, and the efficiency of the solar concrete wall collectoris about 60 %.

Keywords: Solar hot water heater, concrete material, concrete wall collector, collector performance

1. Introduction

The globe nowadays is encountering a big change related to environmental pollution. A big change that cannot be ignored, and careful attention from all sides is required. Climate change, for instance, brings about natural disasters such as flood, drought, storm which affect people life significantly and are on the rise day by day. CO_2 emissions from the combustion of fossil fuels have significantly raised the concentration of CO_2 in the atmosphere. This will enhance the greenhouse effect and lead to significant climate change within a century or less, which could have major adverse impact on food production, water supply and e.g. through floods and cyclones [5]. The main reasons of CO_2 emission are the population growth, the increase in energy consumption through electricity and vehicle usage, economic development, as well as the change in people lifestyle. As the population of the world increases and people strive for a higher standard of living, the amount of energy necessary to sustain our society is ever increasing. At the same time, the availability of nonrenewable sources, particularly liquid fuels, is rapidly shrinking [6]. Furthermore, fossil fuel usage releases greenhouse gases that have a very bad effect on both the environment and people health [7]. According to the BP World Energy Outlook 2030, population and income growth are the key drivers behind growing demand for energy. By 2030 world population is projected to reach 8.3 billion, which means an additional 1.3 billion people will need energy [8]. And, in order to handle the problems mentioned above, renewable energy has very vital roles to play since renewable energy is clean energy such as solar energy, wind energy, bio-energy, and hydropower that comes from natural resources which are replenished [9]. Renewable energy is a prominent key to effectively saving the world and to developing both social and economic sectors. Renewable energy is one of effective ways to tackle environmental pollution issue. It helps reduce greenhouse gas emissions, diversify energy supply and reduce dependence on unreliable and volatile fossil fuel markets, in particular oil and gas [10]. A solar thermal collector; by extension, is one type of renewable energy used to absorb heat from the sun. In the context of buildings, the absorbed energy typically heats water, which is then used for space heating or domestic hot water [11]. There are many types of solar collectors such as flat plate, evacuated tube, compound parabolic, parabolic trough, linear Fresnel lens, parabolic dish, heliostat field, and solar concrete wall collector [12]. In this research, solar concrete wall collector is a new innovative technology in Thailand, which will help to test the efficiency, in particular the technical and economic feasibility of solar thermal energy.

Therefore, this paper is focused on the design of solar hot water concrete wall collector integrated with a constructed building and also concentrates on the efficiency of solar hot water concrete wall collector.

2. Methodology

In the present study, the methodology was divided into 5 main parts as follows: materials selection, insulation design, collector's size calculation, system design, and finally the performance and the efficiency of the whole system installed at Energy Park School of Renewable Energy Technology, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand was evacuated. First, the materials selection involved choosing the type of collector tube and concrete composition. Consequently, copper tube with thermal conductivity of 398 W/m·K was selected [1]. The concrete was made of 0.55 % of water, 1 % of concrete, 1.6 % of sand, 2.3 % of limestone, and 0.03 % of steel fiber [2]. Second, to build a good and effective concrete wall, a suitable insulation is desperately needed because insulation controls the heat loss from the concrete wall and maintains the temperature in the room comfortably; thus, the waste from dried grass mixing with water and urea formaldhyde resin was designed to be the insulation [3]. This grass insulation provides a lot of benefits. It not only helps the environment, but also recycles the waste of grass collecting from the surrounding area. The calculation of insulation thickness was also done to make sure that the right insulation is used in the system of solar concrete wall collector, so the insulation thickness was calculated, and its thermal conductivity was tested. The result suggested that it has the thermal conductivity of 0.0408 W/m·K. Thermal conductivity presents the rate at which heat passes through a specified material. It can be expressed [3] as

$$q = \frac{T_{out} - T_{in}}{\frac{\Delta_{x_a}}{k_a A_a} + \frac{\Delta_{x_b}}{k_b A_b}} \quad (1)$$

where q = heat transfer *W*, T_{out} = temperature outlet *℃*, T_{in} = temperature inlet *℃*, Δ_{x_a} = wall thickness *m*, k_a = concrete thermal conductivity *W/m·K*, A_a = concrete wall area m^2, Δ_{x_b} = insulation thickness *m*, k_a = insulation thermal conductivity *W/m·K*, A_b = insulation area m^2.

It is widely known that insulation should be as thick as possible. The thicker the insulation is the more effective it can be. Consequently, the insulation thickness was singled out to be 4 cm after plotting a graph between insulation thickness and the heat loss from the concrete wall. Third, the size of the two identical concrete collectors was calculated to be 1.5 meter width and 2 meter length. The collector was designed to fit with the normal room because the size is small enough to test and to be applied to use in the conventional room. Additionally, it can be very convenient to connect from one collector to another collector using copper tube elbows when a large-scale installation is needed. If this collector is constructed too big, it will be very hard to lift and to install as well as to mount them together.

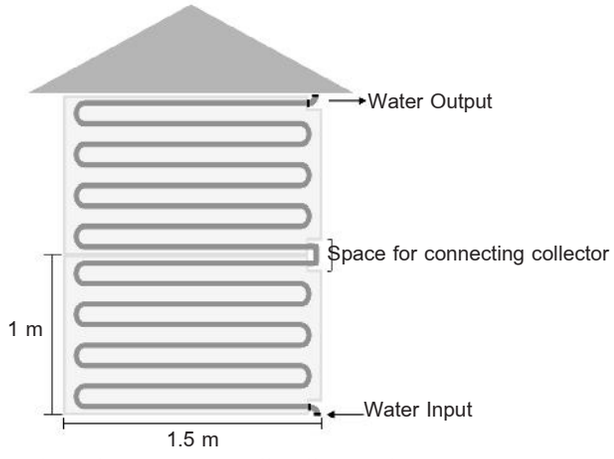


Figure 1 The solar concrete wall collector diagram

The equation (2) & (3) used to calculate the size of collector is shown [13] below

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T \quad (2)$$

where Q is power *kJ/s (W)*, $\dot{m}$ is mass flow rate *kg/s*, C_p is the specific heat of water *kJ/kg℃*, ΔT the temperature difference between inlet and outlet *℃*.

$$A_c = \frac{Q}{\eta G} \quad (3)$$

where η is system efficiency *(%)*, Ac is gross collector aperture area m^2, G is global solar irradiance $kJ/s.m^2$ and Q is power *kJ/s*[14].

In this research, solar concrete wall collector is built using serpentine design because water flow in this serpentine type taking a longer time than normal type; therefore, it will provide higher temperature and better efficiency. Absorber plate is bigger than header and riser type, and it can absorb solar radiation in a large amount. The concrete wall solar collector was installed to the south and was painted black with black paint (Rust Oleum) so that it can greatly absorb solar radiation under a hot climate [4]. Fourth, the system was designed in order to produce hot water. Collector has to be tested using pump in order to flow water into the collector. What to measure during the test are water flow rate, water input and output temperature, water temperature in the tank (T1, T2, and T3) as shown in Figure 2, mass of water in a tank, solar irradiance to the wall, ambient temperature, and system efficiency. There are a number of equipment using for testing. The impeller flowmeter type DHTF-1 was employed to measure and monitor volume flow of water. A Thermocouple type K was used to measure water temperature. PV reference cell (Sensitivity 99.47 [mV/(W/m^2)]*1000) was applied to measure solar irradiance, and data logger was needed to collect data during and after the testing. The measured data corresponds to inputs, outputs and meteorological data of the Solar Concrete Wall Collector. The data recorder collected data every 10 minutes. Collector has to be tested by utilizing pump in order to flow water into the collector.

The measure parameters, recording conditions, and the measurement locations are shown in Figure 2:

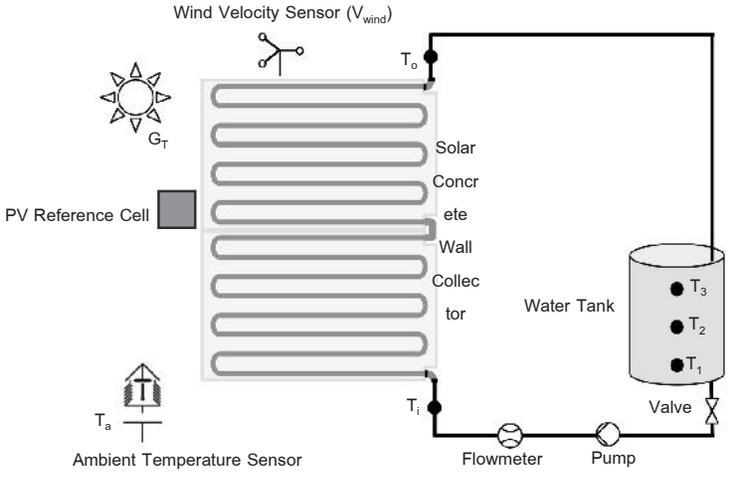


Figure 2 The measure parameters and Measurement Location of Solar Concrete Wall Collector

Table 1 Measured Data From Solar Concrete Wall Collector

Measured Parameter	Symbol	Average	Unit	Note
Solar irradiance	G_t	10 min	W/m^2	PV Reference Cell
Inlet temperature	T_i	10 min	^oC	Thermocouple
Outlet temperature	T_o	10 min	^oC	Thermocouple
Level 1 temperature in the tank	T_1	10 min	^oC	Thermocouple
Level 2 temperature in the tank	T_2	10 min	^oC	Thermocouple
Level 3 temperature in the tank	T_3	10 min	^oC	Thermocouple
Water flow rate	Q	10 min	m^3/s	Flowmeter
Wind Velocity	V_{wind}	10 min	m/s	Wind Sensor
Ambient temperature	T_a	10 min	^oC	Thermocouple

Fifth, the efficiency of the solar concrete wall collector was evacuated. The design and construction of the concrete wall plays an important role in the heating and cooling needs of a building, especially in a tropical climatic region such as Thailand, which receives abundant solar radiation [15]. To investigate the performance of the solar concrete wall collector, one room with one door and two windows were built. The room was 3.70 m height with base dimensions of 2.50 m (width) × 3.00 m (length) as shown in Figure 3.

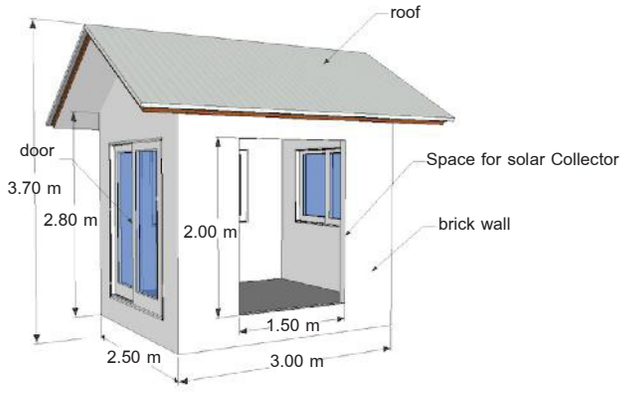


Figure 3 Tested room for solar concrete wall collector

There is an equation (4) to be taken into consideration [13].

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p\Delta T \quad (4)$$

where$\dot{Q}$ is heat rate *kW*, $\dot{m}$ is mass flow rate *kg/s*, C_p is the specific heat of water *kJ/kg℃*, ΔT the temperature difference between inlet and outlet ℃. The efficiency of the whole system was also investigated with the following equation (5):

$$\eta_{system} = \frac{mC_p(\Delta T)}{A_c G_t} \quad (5)$$

where m is mass of water *kg*, C_p is the specific heat capacity *kJ/kg℃*, ΔT is temperature difference℃, A_c is gross collector aperture area m^2, G_t is global solar irradiance at collector plane kJ/m^2[14].

3. Results And Discussion

3.1. Data Analysis

The measured data corresponds to inputs, outputs and meteorological data of the Solar Concrete Wall Collector such as solar irradiance, ambient temperature, inlet and outlet temperature, temperature of water in the tank, water flow rate as well as wind velocity. Data were recorded every 10 minutes from 7 am to 4 pm. Tests were undertaken with a duration of 30 days.

3.2. Water Inlet and Outlet

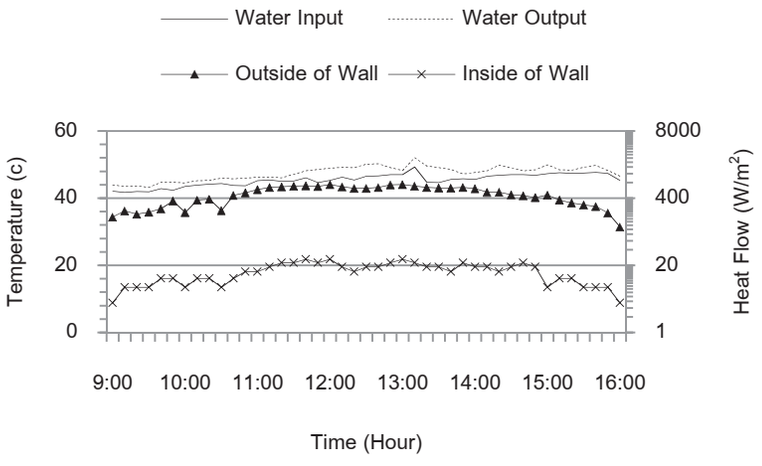


Figure 4 Water temperature difference between inlet and outlet, collected data from data logger.

The hourly variation temperature of water input and output was presented in Figure 4 from 9 am until 4 pm.From 9:00 am afterward, the water temperature started to increase and reached the highest temperature around 50 ℃. Temperature difference between water input and water output of this system was from 3 to 4 ℃. The water temperature reached maximum between 13:00 and 14:00 and begins continuous drop after that.

3.3. Water in the tank

Temperature was measured at three different locations in the tank bottom (T1), middle (T2), and top (T3). Figure 5 shows the sample of temperature of water in the tank. The tank was insulated using MicroFiber insulation with a thickness of 7.62 cm. This MicroFiber is 0.6 × 4.0 m (2.4 sq. m). The water temperature increased after passing through the solar concrete wall collector. The tank, water pipe and the wall was insulated, so the heat loss from the wall, water tank and pipe was cut down significantly, and it obviously revealed that water became hotter when solar irradiance came to the wall.

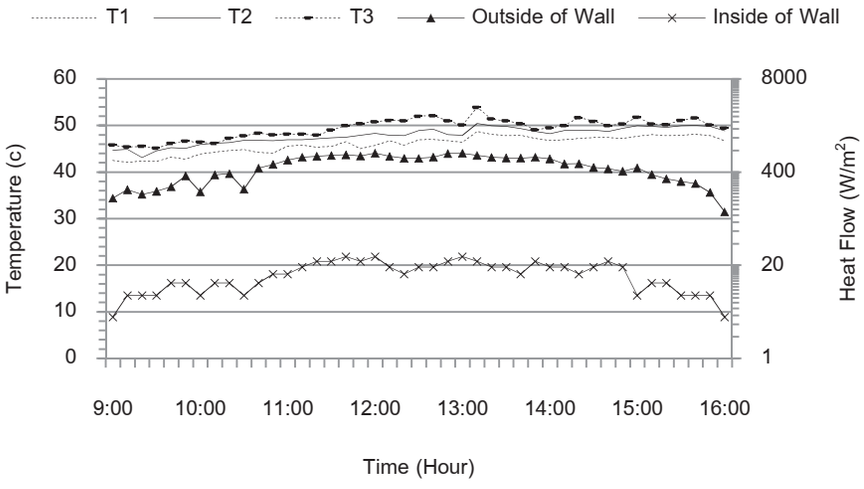


Figure 5 Temperature of water in the tank

3.4. Power of the system

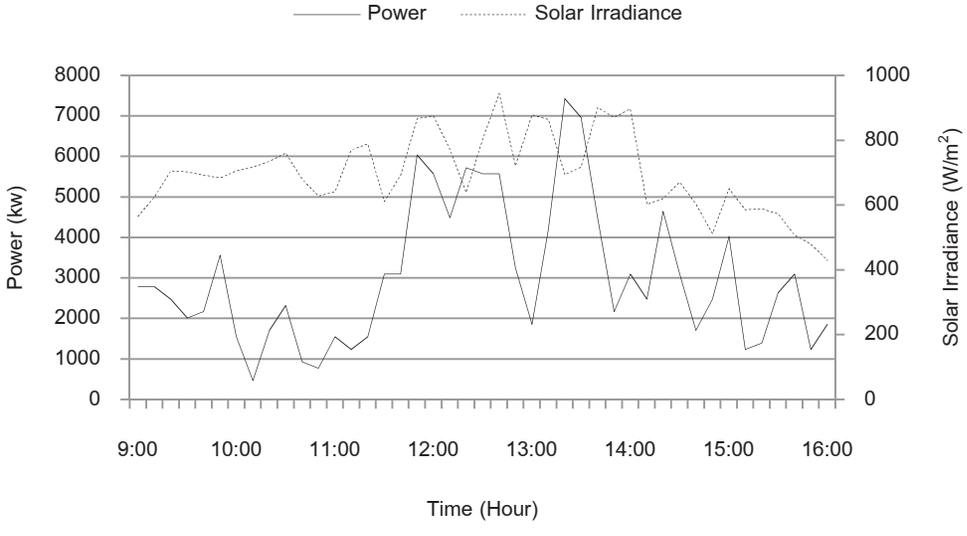


Figure 6 The power of the system

Figure 6 illustrated the sample of the power of the whole system during the day. Water in the tank was filled in the morning and its temperature was measured before the testing operation began. After data was collected from the system of solar concrete wall collector, tested data was analyzed, and the power and heat rate of this collector was calculated in order to find out the result. This calculation involved mass flow rate, specific heat of water, and finally water temperature difference between inlet and outlet.

3.5. Solar Concrete Wall Collector Efficiency

The solar concrete wall collector efficiency of the solar concrete wall collector was illustrated in figure 7. It was found that the highest efficiency of the collector is around 60 % and it reaches the maximum efficiency in the afternoon when there is a lot of sunlight coming to the wall.

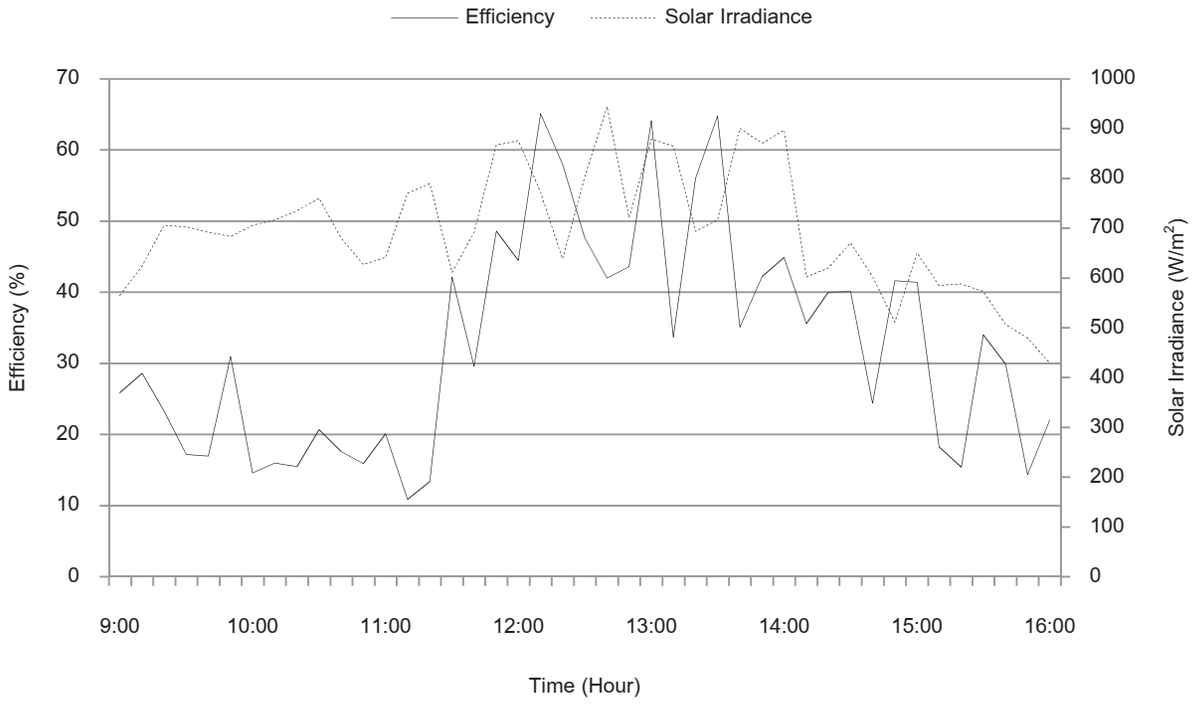


Figure 7The system efficiency of solar concrete wall collector

4. Conclusion

In this study, solar concrete wall collector was designed and its efficiency was investigated. Solar concrete wall collector is absolutely crucial to produce hot water. This research deeply concentrates on solar concrete wall collector which is a newborn collector and a very attractive technology in this 21th century since it is made by using local materials and equipment. This type of collector is also convenient to be controlled and maintained because it was designed in the wall of the building. Experimental investigations of the performance of the solar concrete wall collector also revealed that grass insulation had a very important role to play in reducing heat gain from the concrete wall, and it brings about the decrease in room temperature. Therefore, the time for operating an air conditioner is cut down, and electricity to heat up hot water is not needed, which leads to the savings of electrical energy.Once the demand of electrical energy is minimized, CO_2 emissions, greenhouse effect, and environmental pollution which is the cause of climate change as well as natural disasters are also brought down. Therefore, this system benefits both technical and economical term.There is also temperature variation of three different levels of testing water in the tank. The result indicated that the highest temperature of the water outlet was around 50 ℃, and temperature difference between water input and water output of this system was from 3 to 4 ℃ while the solar concrete wall collector efficiency was about 60 %.

5. Acknowledgement

The author is veryproud to thank Her Royal Highness Princess MahaChakriSirindhorn for providing scholarship to Mr. Visal VENG in order to pursue his master's degree at School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University, and the author also wholeheartedly wishes to extend his profound thanks to Dr. SukruedeeSukchai and Dr. Anan Pongthornkulpanich for their helps, kindness and precious advice. Additionally, acknowledgementis conveyed to Mr. Martin Huber from Fachhochschule Stralsund - University of Applied Sciences for his support in term of collector design. Our gratitude and appreciation is equally expressed to friends and staff at SERT for giving their necessary collaboration before and during the experiments.

6. References

[1] Chung, D.D.L., Materials for thermal conduction. Applied Thermal Engineering, 2001. 21(16): p. 1593-1605.

[2] Htun, M.N.N., Properties of Concrete Material for Thermal Energy Storage. 2014, Naresuan University.

[3] Pandecha, K., Thermal Performance of flate plate collector using locally agricultural residue as thermal insulation, in School of Renewable Energy Technology. 2013, Naresuan University.

[4] Data, P., Hard Hat Aerosols Marking Paint 2300; Rust-oleum Netherlands BV, Apr. 2005, 1 page.

[5] Twidell, J. and T. Weir, Renewable energy resources. 2003: Taylor & Francis.

[6] Kreith, F. and D.Y. Goswami, Handbook of energy efficiency and renewable energy. 2007: Crc Press.

[7] McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. Climate change and human health: present and future risks. The Lancet, 367(9513), 859-869.doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3

[8] Outlook, B.P.E., 2030. London, January, 2012.

[9] Baños, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Gil, C., Alcayde, A., & Gómez, J. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), 1753-1766.doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.008

[10] Bauer, N., Bosetti, V., Hamdi-Cherif, M., Kitous, A., McCollum, D., Méjean, A., . . . van Vuuren, D. CO2 emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies. Technological Forecasting and Social Change(0). doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.009

[11] Li, D. and S. Liao, An integrated approach to evaluate the performance of solar water heater in the urban environment. Energy and Buildings, 2014. 69(0): p. 562-571.

[12] Kalogirou, S.A., Solar thermal collectors and applications. Progress in energy and combustion science, 2004. 30(3): p. 231-295.

[13] Bilgen, E. and M.A. Richard, Horizontal concrete slabs as passive solar collectors. Solar Energy, 2002. 72(5): p. 405-413.

[14] Hazami, M., et al., Energetic and exergetic performances of an economical and available integrated solar storage collector based on concrete matrix. Energy Conversion and Management, 2010. 51(6): p. 1210-1218.

[15] Sarachitti, R., et al., Thermal performance analysis and economic evaluation of roof-integrated solar concrete collector. Energy and Buildings, 2011. 43(6): p. 1403-1408.

O-IR20

การพัฒนาเครื่องเติมอากาศพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

Development of Stand-Alone Solar Power Aerator

นิธิวัฒน์ ชูสกุล[1] ,สุรฤทธิ์ ปี่เพราะ[1], กิจธนาพัฒน์ บรรดลนพรัตน์[1], ณัฐรดา สถาวร[1], อัจฉรา เสรีเพียรเลิศ[1], ภูริพัฒน์ กันธา[1], รวมพร โพธิ์ทอง[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12120

E-mail: cnwatthn@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องเติมอากาศลงในน้ำ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการใช้งานแบบอิสระ (Stand-Alone) โดยมีลำดับการพัฒนาที่เริ่มจาก สร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องเติมอากาศ(รุ่นที่1)แบบใช้กังหันรูพรุน ที่มีจุดเด่นคือ ตัวกังหันที่ออกแบบ เป็นกังหันรูพรุนแบบติดตั้งเหนือน้ำ สามารถสร้างเม็ดน้ำขนาดเล็กสำหรับเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับอากาศได้ดี และทำให้น้ำจากส่วนล่างของบ่อบำบัดขึ้นมาแทนที่น้ำที่อยู่ระดับผิวน้ำ ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ แต่มีจุดด้อยคือ ตัวกังหันรูพรุนจะทำงานโดยอาศัยพลังงานศักย์จากการตกกระแทกของน้ำที่ตัวกังหันรูพรุน ซึ่งบางครั้งพลังงานศักย์จากการตกกระแทกของน้ำไม่เพียงพอ กังหันจึงไม่ทำงานส่งผลให้ไม่สามารถสร้างเม็ดน้ำขนาดเล็กได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาต่อเนื่อง และสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องเติมอากาศ(รุ่นที่2) แบบไม่ใช้กังหัน เพื่อลบจุดด้อยของเครื่องรุ่นที่1 แต่เพิ่มประสิทธิภาพในการอัดอากาศลงสู่ใต้น้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ และใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด แต่จุดด้อยของเครื่องรุ่นที่2 คือ เติมอากาศได้น้อย เนื่องจากตัวเครื่องมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับรุ่นที่1 จึงต้องปรับปรุงให้เครื่องเติมอากาศ(รุ่นที่2)ติดตั้งแบบรวมกลุ่ม (Array) เติมอากาศ 2 หัวจ่าย

คำสำคัญ: เครื่องเติมอากาศ, กังหันรูพรุน, โซล่าเซลล์

1. บทนำ

โซล่าเซลล์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้า ที่กำลังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากความที่มันสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เป็นพลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบกับการใช้งานในปัจจุบันที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนหรือราคาของโซล่าเซลล์มีราคาถูกลงนั่นเอง ด้วยเหตุนี้การใช้งานโซล่าเซลล์จึงเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญ ไม่ว่าจะในระดับครัวเรือนก็ดี หรือในภาคอุตสาหกรรมก็ดี ต่างก็เริ่มมีการติดตั้งและใช้งานโซล่าเซลล์ในรูปแบบต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ทั้งติดตั้งเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรอง หรือติดตั้งเพื่อเป็นระบบพลังงานหลักที่ทดแทนการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติหรือ ปิโตเลียม หรือแม้กระทั่งการติดตั้งโซล่าเซลล์ในรูปแบบของโซล่าฟาร์มสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบสายส่งเป็นต้น ข้อดีที่ถือว่าเป็นจุดเด่นของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลล์นั้น ก็คือ สามารถติดตั้งเป็นระบบโดดเดี่ยวได้ (Stand-alone) กล่าวคือ โซล่าเซลล์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อการใช้งานในตอนกลางวันและสามารถเก็บกักพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในตอนกลางคืนได้อีกด้วย

แต่ก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบพลังงานที่ได้จากโซล่าเซลล์ให้กับระบบการทำงานในรูปแบบใดๆก็ตาม สิ่งที่ต้องคำนึงถึง เป็นอันดับต้น ๆ คือ ความเหมาะสมในการใช้งานโซล่าเซลล์ กับระบบนั้นๆ โดยความเหมาะสมดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1. ความเหมาะสมในพลังงานที่ใช้งาน 2. ความเหมาะสมในพื้นที่ติดตั้งและปฏิบัติการ ทั้ง 2 ส่วนนี้ จะเป็นตัวช่วยเป็นตัวกำหนดหรือเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจสำหรับการจะติดตั้งระบบพลังงานจากโซล่าเซลล์

2. การออกแบบเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 1

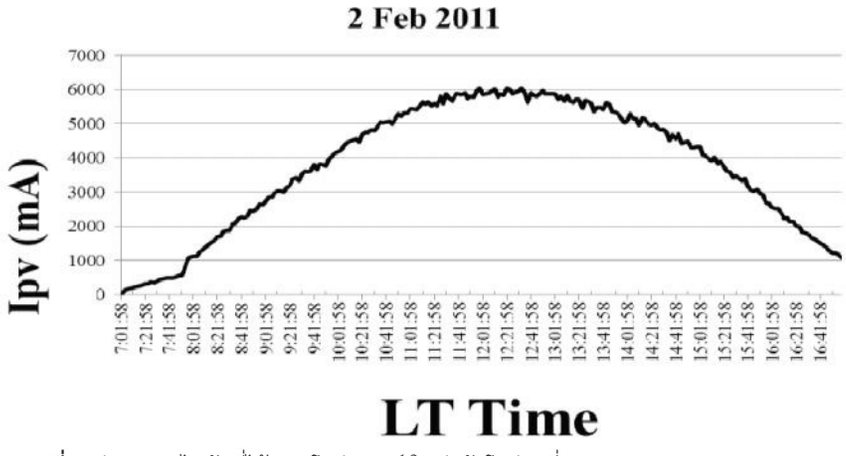
สำหรับเครื่องเติมอากาศในน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 1 เพื่อการบำบัดน้ำเสียในแหล่งชุมชนนั้น ได้มีผลศึกษาถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบจ่ายพลังงานโดยใช้โซล่าเซลล์เป็นแหล่งพลังงานหลักได้ โดยพิจารณาเป็นข้อ ดังนี้

2.1 ความเหมาะสมในพลังงานที่ใช้งาน

2.1.1 สำหรับเครื่องเติมอากาศที่ต้องการนั้น มีการออกแบบให้เป็นระบบที่ทำงานด้วยตัวเองได้ เนื่องจากจะต้องนำไปติดตั้ง บริเวณที่มีน้ำเสีย ซึ่งอาจไม่มีบ้านเรือนอยู่ใกล้เคียง และอาจส่งผลให้ไม่มีแหล่งพลังงานในการเดินเครื่อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งระบบจ่ายพลังงานจากโซล่าเซลล์เข้าไปในเครื่องเติมอากาศนี้

2.1.2 ในการออกแบบเครื่องเติมอากาศนั้น ต้องการออกแบบให้เป็นระบบประหยัดพลังงานใช้พลังงานน้อย จากผลศึกษาของ นิธิวัฒน์ และคณะ (2011) [1] ได้ชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยดังกล่าวที่ซึ่งอยู่ในเขต อ. ธัญบุรี และ อ. คลองหลวง มีลักษณะภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อ

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่จะตกกระทบลงบนแผ่นโซล่าเซลล์ กล่าวคือ ในช่วงกลางวัน แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแผ่นโซล่าเซลล์ขนาด 1kW สร้างกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ประมาณ 6000 mA ดังแสดงในรูปที่ 1 และโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาตั้งแต่ 7.00 -17.00 น. อยู่ที่ประมาณ 4300 mA ซึ่งถือว่าเหมาะสมกับระบบที่ต้องการจะออกแบบ เพื่อการประหยัดพลังงาน



รูปที่ 1 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จาก โซล่าเซลล์ ในวันฟ้าโปร่ง (ที่มา: Choosakul et al., 2011)

2.2 ความเหมาะสมในพื้นที่ติดตั้งและปฏิบัติการ

2.2.1 จากการที่เครื่องเติมอากาศจะต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งลอยอยู่บนน้ำได้ เครื่องดังกล่าวจึงต้องมีการติดตั้งไว้บนทุ่นพลาสติกลอยน้ำได้ ในส่วนของระบบจ่ายพลังงานจากแสงอาทิตย์ จะติดตั้งไว้บนบก แล้วเดินสายไฟไปที่ตัวเครื่องเติมอากาศ ในการออกแบบดังกล่าวนี้เอง จึงมีความเหมาสมกับทุกสภาวะพื้นที่ เพราะสามารถจัดรูปแบบได้ตามแต่ลักษณะสภาพพื้นที่จริงที่จะติดตั้งได้

จากการสำรวจความเหมาะสมข้างต้นจึงทำให้เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ถูกสร้างออกมาได้ดังรูปที่ 2

เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์(รุ่นที่ 1) 1 ชุด ประกอบด้วย

1. แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 18 โวลล์ 1 ชุด
2. ชุดแบตเตอร์รี่และส่วนควบคุมการอัดประจุจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ชุด
3. ชุดกังหันสร้างหยดน้ำละเอียด 1 ชุด
4. ทุ่นพลาสติก สำหรับใช้วางกังหัน 1 ชุด



รูปที่2 (ซ้าย)กังหันรูพรุนที่ออกแบบ (ขวา)เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (รุ่นที่ 1) ที่เสร็จสมบูรณ์

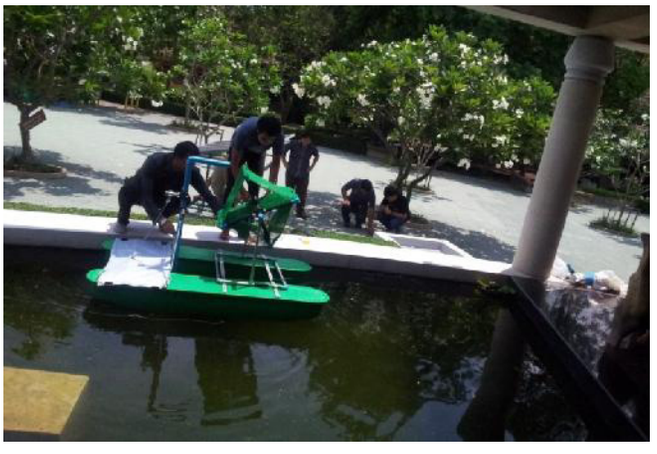
3. การปฏิบัติงานภาคสนาม

เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่เสร็จสมบูรณ์ 2 ชุด ได้ถูกนำไปติดตั้งที่ วัดปัญญาฯ อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เพื่อใช้ในการเติมอากาศลงในบ่อน้ำประดิษฐ์ข้างศาลาวัดทั้งสองด้าน เนื่องจากเป็นบ่อประดิษฐ์ ไม่มีระบบทำน้ำหมุนเวียน ทำให้น้ำในบ่อนิ่งและสาหร่ายเจริญเติบโตดีและรวดเร็ว ส่งผลทำให้กลายเกิดความเน่าเสียในน้ำ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 บ่อน้ำที่เน่าเสีย บริเวณที่ต้องการบำบัด

รูปที่ 4 แสดงการติดตั้งเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ในบ่อที่มีน้ำเน่าเสีย เครื่องเติมอากาศจะถูกติดตั้งอยู่บนทุ่นลอยน้ำ และผูกติดไว้ให้นิ่งอยู่กับที่



รูปที่ 4 การติดตั้งเครื่องเติมอากาศ พลังงานแสงอาทิตย์ (รุ่นที่ 1) ลงในบ่อน้ำเน่าเสีย

รูปที่ 5 แสดงภาพการทำงานของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อต่อสายไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อมีแสงแดดเพียงพอ เครื่องกลก็จะเริ่มทำงานตามแผนงานที่ได้โปรแกรมไว้ในระบบ



รูปที่ 5 เครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 1) ขณะปฏิบัติงาน

4. ผลการปฏิบัติงานเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 1)

เครื่องเติมอากาศชุดนี้ อาศัยหลักการในการนำน้ำเน่าเสียที่อยู่ในบริเวณนั้น ขึ้นมารับออกซิเจนในอากาศ โดยจะทำให้น้ำมีการกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆในอากาศ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับออกซิเจนของมวลน้ำที่ถูกนำขึ้นมาก่อนจะตกลงสู่น้ำด้านล่าง ดังนั้นกังหันจึงถูกทำขึ้นให้มีรูพรุนเพื่อสร้างเม็ดน้ำขนาดเล็กแล้วให้มวลน้ำที่ถูกนำขึ้นมาจากแหล่งน้ำเสีย ผ่านไปตรงกังหันที่มีรูพรุน ก่อให้เกิดน้ำที่มีลักษณะเป็นหยดขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 5

จากการสังเกตในภาคสนามในเบื้องต้นพบว่า เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถทำให้น้ำเป็นเม็ดเล็กและกระจายตัวค่อนข้างดี การทำงานของเครื่องกลเป็นไปด้วยดี เกิดเสียงรบกวนน้อยอีกด้วย

ในส่วนของปริมาณออกซิเจนในน้ำหลังจากการติดตั้งและเริ่มใช้งานเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเวลา 10 วัน ได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำมาทำสอบเพื่อหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จากผลการทดสอบ พบมามีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

วันที่ทดสอบ / รายการ	วันที่ 30 พฤษภาคม 2555 (ก่อนทำการติดตั้งเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์)		วันที่ 8 มิถุนายน 2555 (หลังทำการติดตั้งเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์)	
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/L)	7.07	6.99	**7.26**	**7.53**

จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2555 บ่อที่ 1 และ บ่อ ที่ 2 ต่างมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็น 7.07 และ 6.99 mg/L ตามลำดับ และหลังจากปล่อยให้เครื่องกลทำงานเป็นเวลา 10 วัน ก็พบว่า ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็น 7.26 mg/L ในบ่อที่ 1 และ 7.53 mg/L ในบ่อที่ 2

5. สรุปผลการปฏิบัติการและปัญหาที่พบของเครื่องเติมอากาศ รุ่นที่ 1

เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ได้สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมในพื้นที่ศึกษา การเลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักมีความเหมาะสมดีกับพื้นที่ศึกษา การทำงานของเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ มีความสมบูรณ์ดี ตลอดระยะเวลาในการทดสอบเครื่อง ผลของการใช้งานเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า มีส่วนช่วยทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังพบปัญหาที่ว่าตัวกังหันรูพรุนจะทำงานโดยอาศัยพลังงานศักย์จากการตกกระแทกของน้ำที่ตัวกังหันรูพรุน ซึ่งบางครั้งพลังงานศักย์จากการตกกระแทกของน้ำไม่เพียงพอ กังหันจึงไม่ทำงานส่งผลให้ไม่สามารถสร้างเม็ดน้ำขนาดเล็กได้

6. การออกแบบเครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่นที่ 2

จากปัญหาที่เกิดจากการใช้งานจริงในภาคสนามของเครื่องเติมอากาศ รุ่นที่ 1 ที่ซึ่งกังหันไม่หมุนในบางครั้ง จึงไม่ก่อให้เกิดเม็ดน้ำ ส่งผลให้ น้ำที่นำขึ้นมาผ่านตัวกังหันรูพรุนนั้น ไม่ได้ถูกเติมอากาศตามที่ควรจะเป็น นอกจากนี้ ในการออกแบบเครื่องเติมอากาศ รุ่นที่ 1 ที่ได้มีการแยกชุดแผงโซล่าเซลล์ กับชุดกังหันรูพรุนออกจากกัน โดยชุดแผงโซล่าเซลล์จะติดตั้งไว้บนบก ส่วนชุดกังหันจะติดตั้งในเหนือผิวน้ำโดยวางอยู่บนทุ่นลอยน้ำ ซึ่งตัวชุดแผงโซล่าเซลล์ที่ วางอยู่บนบกนั้น ก่อให้เกิดความไม่สะดวกในการจัดหาที่ที่เหมาะสม ที่ซึ่งต้องเป็นพื้นที่ที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดี และต้องอยู่ติดกับแหล่งน้ำเสียที่ต้องการเติมอากาศ เพราะว่าในบางพื้นที่นั้น อาจไม่สามารถหาพื้นที่ที่ เหมาะสมในการติดตั้งชุดแผงโซล่าเซลล์ได้ อีกทั้งขนาดของตัวกังหันรูพรุน และชุดแผงโซล่าเซลล์ มีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ ก่อให้เกิดปัญหาในการติดตั้งและการขนย้ายอีกด้วย จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาและพัฒนา เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นจาก เครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 1) และได้สร้างเครื่องต้นแบบ เป็นเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่2) แบบไม่ใช้กังหัน เพื่อลบจุดด้อยของเครื่องรุ่นที่ 1 ในส่วนของการไม่หมุนของกังหัน แต่มีประสิทธิภาพในการอัดอากาศลงสู่ใต้น้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีขนาดที่เล็กลง จนสามารถ รวมชุดแผงโซล่าเซลล์และชุดอัดอากาศลงน้ำให้สามารถวางอยู่บนทุ่นลอยเหนือผิวน้ำได้ เป็นการลดปัญหาที่เกี่ยวกับพื้นที่บนบกสำหรับวางชุดแผงโซล่าเซลล์ นอกจากนี้ การที่ขนาดของเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 2) มีขนาดเล็กลงนั้น ช่วยลดปัญหาในการติดตั้งและการขนย้ายอีกด้วย

เครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 2) นี้ อาศัยหลักทางพลศาสตร์ของของไหลของปรากฏการณ์ Venturi effect [2] โดยปรากฏการณ์ Venturi effect นั้น เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความดัน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของของไหล กล่าวคือ การสร้างปรากฏการณ์ Venturi effect นั้นสามารถสร้างจากการบังคับให้ของไหล ไหลผ่านท่อที่มีการลดขนาดท่อลงบางส่วน ของไหลที่ไหลผ่านท่อตรงส่วนที่มีการลดขนาดท่อลง จะมี

ความเร็วเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากพื้นที่หน้าตัดของท่อลดลง การที่ความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดความดันต่ำบริเวณท่อที่ลดขนาด ดังนั้นหากมีการต่อท่ออากาศอีกหนึ่งท่อเข้าไปตรงบริเวณดังกล่าว ให้เป็นลักษณะคล้ายรูปตัว T จะทำให้ความดันของอากาศที่ซึ่งมากกว่าความดันบริเวณท่อลดขนาดนั้น ดันอากาศจากท่ออากาศเข้าไปในท่อลดขนาด ก่อให้เกิดการผสมกันระหว่างของไหลและอากาศ ก่อนที่ของไหลที่มีฟองอากาศผสมกันจะพุ่งออกมาที่ปลายอีกข้างหนึ่งของท่อ หลักการดังกล่าวนี้ เป็นหลักการทั่วไปที่ใช้ในการทำหัวสเปรย์ฉีดน้ำยาชนิดต่างๆ ที่ซึ่งต้องการให้น้ำยาที่ฉีดพ่นออกมาเป็นฝอย หรือละอองขนาดเล็กนั่นเอง จากหลักการดังกล่าวทำให้สามารถออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ตัวอัดอากาศลงในน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 (ซ้าย) หัวอัดอากาศรูปตัว T แบบ Venturi Effect ที่ออกแบบ (ขวา) ชุดหัวอัดอากาศ รูปตัว Tแบบ Venturi Effectที่ติดตั้งร่วมกับ แผงโซล่าเซลล์

รูปที่ 6 แสดงหัวอัดอากาศรูป หัวอัดอากาศรูปตัว T แบบ Venturi Effect และการติดตั้งร่วมกับแผงโซล่าเซลล์ ท่อรูปตัว T คว่ำ ตรงปลายด้านน้ำเข้า ต่อเข้ากับปั๊มน้ำ DC 12 V ขนาด 1100 แกลลอนชั่วโมง โดย ปั๊มน้ำ DC นี้สามารถต่อเข้าแผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 W ได้โดยตรง ปั๊มน้ำจะทำงานทันทีเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนแผงโซล่าเซลล์ที่ความเข้มแสงเพียงพอที่จะสร้างแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ขึ้นไป น้ำก็จะถูกปั๊มเข้าทางท่อน้ำเข้า ไปสู่ตรงบริเวณท่อลดรูปตัว T คว่ำ ที่ซึ่งท่อนำอากาศถูกต่อตั้งฉากกับท่อน้ำเข้า ผลของ Venturi Effect จะให้ อากาศถูกดูดเข้ามาผสมกับน้ำที่เข้ามา แล้วไหลออกที่ปลายอีกด้านที่อยู่ตรงข้ามกับท่อน้ำเข้านั่นเอง

7. ผลการปฏิบัติงานเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 2)

จากการที่ปั๊มน้ำเริ่มทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์มีขนาดตั้งแต่ 5 โวลต์เป็นต้นไป พบว่า ในวันที่ฟ้าโปร่ง ท้องฟ้าไม่มีเมฆ ปั๊มน้ำสามารถทำงานได้ตั้งแต่ ประมาณ 8.00 น. ถึง ประมาณ 17.00 น. ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 9 ชั่วโมง ในหนึ่งวัน และขนาดของปั๊มน้ำอยู่ที่ 1100 แกลลอนชั่วโมง ดังนั้น เครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 2) นี้ มีความสามารถในการผสมอากาศลงในน้ำ ได้ประมาณ 9900 แกลลอน ต่อวัน

8. สรุปผลการปฏิบัติการและปัญหาที่พบของเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่ 2)

จากผลการปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่าเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่2) สามารถอัดอากาศลงในน้ำได้ การทำงานของระบบเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดในเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่1) ได้ แต่เนื่องด้วยขนาดที่เล็กลง ประกอบกับปั๊มน้ำที่มีขนาดเล็ก ส่งผลให้มีการอัดอากาศลงในน้ำได้น้อย ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงเพิ่มเติม โดยการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ (รุ่นที่2) แบบรวมกลุ่ม (Array) เพื่อเสริมการทำงานให้สามารถอัดอากาศลงในน้ำได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้น ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 7 โดยการติดตั้ง แบบรวมกลุ่มนี้ สามารถปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มจำนวนชุดหัวอัดอากาศและแผงโซล่าเซลล์ ได้ตามความต้องการและตามความเหมาะสมของพื้นที่ปฏิบัติการ



รูปที่ 7 ชุดเครื่องเติมอากาศ พลังงานแสงอาทิตย์ (รุ่นที่ 2) แบบรวมกลุ่ม 2 หัวจ่าย

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

10. เอกสารอ้างอิง

[1] Choosakul, N., M. Buddhakala, N. Barnthip, A. Muakngam, and C. Banglieng, “Application of Solar Cells for Daytime Weather Study”, Energy Procedia, Vol 9, P. 171-177, 2011

[2] Hugh D. Y. and A. E. Roger, ปิติพงษ์ สิทธิคง (แปล), “ฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา เล่ม 1” เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า กรุงเทพ พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2547

O-IR21

การสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำขนาดกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์ จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัสที่เหลือทิ้ง

The Construction Generator High Performance Low Speed A Power Capacity Of Higher Than 4,000 Watt of 3-Phase AC Synchronous Generator Waste

ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาล[1*]

[1*]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 84100

E-mail: chainuson.kas@gmail.com, chainuson1@hotmail.com

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของการสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำขนาดกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหลือทิ้งจากการใช้งาน งานวิจัยนี้เริ่มต้นโดยการกำหนดข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่วัสดุแม่เหล็กแรงสูงนีโอไดเมียม (Neodymium magnet ; NdFeB) และตัวนำเหล็กจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก (Pole Pairs *p*) และ จำนวนของร่องสล็อตเฟสต่อโพล กำหนดเป็นเงื่อนไขขอบ การทดสอบหาคุณลักษณะแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะเปิดวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พบว่าแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบ ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างไว้สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ 406.7 โวลต์ การทดสอบหาเส้นโค้งกำลัง (Power Curve) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะจ่ายกำลังสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ ที่พิกัดกระแส 15 A พบว่ากำลังไฟฟ้าแปรผันโดยตรงกับความเร็วรอบในขณะที่จ่ายกระแสคงที่ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายกำลังได้ 5,160 วัตต์ ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณร้อยละ 79 ผลจากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า และกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าได้

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า, กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า, กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า

Abstract

The main objective is to create the 3-phases generator prototype based on high electrical current density in series circuit with power higher than 4,000 W in order to add value of waste motor This paper was initially investigated the operational permanent magnet synchronous generator the analysis elementary which include waste motor, neodymium magnets (NdFeB), iron conductor, number of poles and number of slot / phase/ poles. The results show that generator from waste motor can produce circuit voltage output of 406.7 VAC at the ampere loading less than 15 A. The maximum electrical power is around 5,160 W_P at the 350 RPM efficacy of 79%. The result reveal that prototype can be applied in power generation for wind and hydro turbine generator design and development.

Keywords: Generator, Wind Turbine Generator, Hydro Turbine Generator

1. ที่มาและความสำคัญ

ในอนาคตปัญหาเรื่องราคาพลังงาน การแย่งชิงทรัพยากรพลังงานระหว่างประเทศ ปัญหาสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลพวงของการผลิตและการใช้พลังงาน เป็นปัญหาที่จะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชน และความสามารถในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ทางเลือกหนึ่งเพื่อเป็นพลังงานสำรองคือ การสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำที่สามารถหาได้ง่าย ใช้สะดวก ต้นทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพสูง [1, 2, 3] จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) ประกอบด้วยการประหยัดหรือการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติแต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติ ซึ่งมีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ลงร้อยละ 25 ในปี 2573 เมื่อเทียบกับปี 2548 และลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy) ลงร้อยละ 20 ในปี 2573 หรือประมาณ 30,000 พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ [4]

เนื่องจากการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าเกิดความเสียหาย บางเครื่องสามารถซ่อมแซมได้ บางเครื่องต้องทิ้งหรือนำไปขายเป็นของเก่าแสดงดังรูปที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าหากสามารถนำมอเตอร์ไฟฟ้ากลับมาใช้งานใหม่ได้ (Repair) โดยเปลี่ยนมอเตอร์จากที่สามารถขับเคลื่อนเป็นพลังงานกล เป็นการขับเคลื่อนที่สามารถทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าได้นั้น สามารถเพิ่มคุณค่าของมอเตอร์ที่เหลือทิ้ง และลดปริมาณขยะจากเครื่องมือทางไฟฟ้าได้ ซึ่งการสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส ที่เหลือทิ้งสามารถสร้างได้โดย

ไม่มีความซับซ้อน เนื่องจาดอาศัยชิ้นส่วนที่มีอยู่ภายในตัวมอเตอร์เอง และบางชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบต่ำตั้งแต่ 100-500 รอบต่อนาที



รูปที่ 1: ซากของมอเตอร์ที่ถูกนำมาทิ้งและนำมาขายเป็นของเก่า

โครงการวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาการวิจัยทางด้านนวัตกรรมพลังงานทดแทนและเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์พลังงานทดแทน ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ที่เหลือทิ้งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซิงโครนัส 3 เฟส ในการทดลอง

2. จำนวนการพันขดลวดต่อเฟสและขนาดของขดลวด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กตามหลักการของ Michael Faraday คือ สนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงขึ้นกับเวลาเวลาแสดงไว้ดังสมการที่ (1) ขนาดของฟลักซ์แม่เหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดคงที่เป็นแกนเหล็กดังสมการที่ (2) [5]

$$\varepsilon = \frac{d\varphi}{dt} \tag{1}$$

$$\phi = \frac{\mu_r \mu_0 A}{L} \times N_{ph} I \tag{2}$$

การพันขดลวดเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเป็นการพันแบบกระจาย ดังนั้นค่า Induced EMF ต้องคูณด้วยค่าแฟคเตอร์การพันขดลวด k_w แสดงดังสมการที่ (3) ซึ่งประกอบด้วย ค่าแฟคเตอร์การพันกระจายขดลวด k_d การกระจายของมุมเฟส (σ) จำนวนร่องสล็อต/เฟส/ขั้วแม่เหล็ก (g) แสดงสมการที่ (4) และพิทช์แฟคเตอร์ k_p โดยที่ ε คือ Short chord angle แสดงดังสมการที่ (5) แรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำในหนึ่งเฟส ($\mathrm{E_{rms/phase}}$) แสดงดังสมการที่ (6) [6, 7]

$$k_w = k_d k_p \tag{3}$$

$$k_d = \frac{\sin\left(\frac{\sigma}{2}\right)}{g \sin\left(\frac{\sigma}{2g}\right)} \tag{4}$$

$$k_p = \cos\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \quad (5)$$

$$E_{rms} = \sqrt{2}\pi f k_w N \phi \quad (6)$$

จำนวนการพันขดลวดต่อเฟส (N / phase) [8, 9] ได้จากสมการที่ (7)

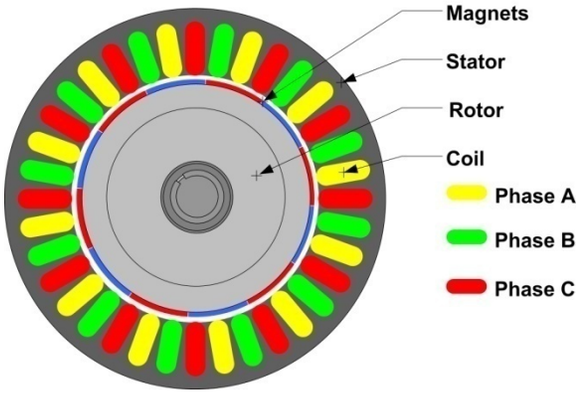
$$N = \frac{E_{rms}}{4.44 f k_w \phi} \quad (7)$$

การเลือกขนาดของขดลวดพิจารณาจากความหนาแน่นกระแส (J) ในแท่งตัวนำดังสมการที่ (8) [10]

$$J_A = \frac{6 N_{ph} a I_{rms}}{k_{sf} N_s A_{slot}} \quad (8)$$

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยโดยผู้วิจัยได้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ ที่เหลือทิ้งโดยการประเมินสภาพของมอเตอร์ด้วยสายตา จากนั้นทำการรื้ออุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ออกมา ได้แก่ ฝาครอบ เพลาแกนเหล็ก และขดลวดจากแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated sheet steel) เพื่อลดการไหลของกระแสไหลวน (Eddy Current) ในแกนเหล็กที่จะส่งผลทำให้เกิดความร้อนและทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าลดลง [11] มีจำนวนร่องสล๊อตเท่ากับ 36 ร่อง อาศัยสมการที่ (7) เพื่อหาจำนวนการพันขดลวดต่อเฟส การพันขดลวดในสเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวดจำนวน 3 ชุด ได้แก่ขดลวดชุด A B และ C แสดงดังรูปที่ 2 แต่ละชุดวางห่างกัน 120 องศา ต่อมาคือการสร้างฟอร์มพันขดลวด และเริ่มต้นพันขดลวดโดยเลือกใช้ลวดเบอร์ SWG#18 ซึ่งขนาดของขดลวดเป็นขนาดที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8) โดยการพันขดลวดสเตเตอร์จำนวน 40 รอบต่อ 1 ร่องสล๊อต ทำให้ได้รอบการพันขดลวดต่อเฟสเท่ากับ 480 รอบต่อเฟส การพันขดลวดจะต้องรองแผ่นไมก้าในร่องสล๊อต เพื่อให้เกิดความเป็นฉนวนระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนกับขดลวดทองแดง และป้องกันขดลวดทองแดงถลอกแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2: ลักษณะการลงขดลวดบนสเตเตอร์



รูปที่ 3: การรองฉนวนไมก้าในร่องสล็อตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ชุดขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการบิดร่องสล็อตที่สเตเตอร์จากงานวิจัยของคณะวิศวกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือพบว่าสามารถลดการเกิด Cogging Torque [10] ซึ่งมีผลต่อการออกตัวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [12, 13] ขั้นตอนต่อมาคือการเคลือบวานิช และอบขดลวดสเตเตอร์ แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งต้องมีการทดสอบความเป็นฉนวนของขดลวดในแต่ละขดว่ามีการลัดวงจรของขดแต่ละขดเอง หรืออาจจะมีการลัดวงจรลงที่แกนเหล็ก เมื่อมีการลัดวงจรดังที่กล่าวมา จะต้องทำการแก้ไขก่อนแล้วจึงทำการเคลือบวานิชเพื่อให้มีความเป็นฉนวนที่ดีขึ้นและป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร



รูปที่ 4: สเตเตอร์ที่ลงขดลวด และเคลือบด้วยวานิช

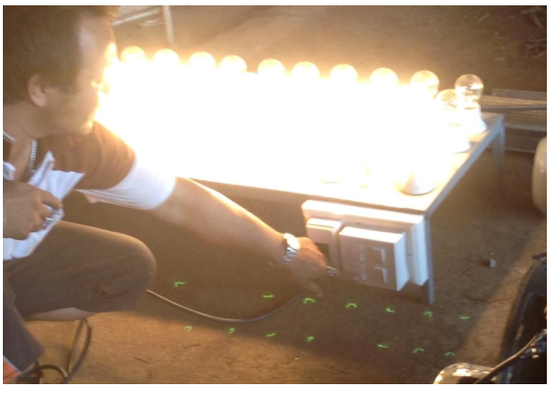
ขั้นตอนต่อมาคือการสร้างแกนโรเตอร์สำหรับใส่แม่เหล็ก จำนวน 12 โพล 48 ก้อน ในส่วนของการผลิตโรเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือในส่วนของเพลาแกนเหล็กใช้เหล็กเพลาขึ้นรูปด้วยวิธีการกลึง และชุดประกอบแม่เหล็กได้ใช้เหล็กแผ่นนำมาม้วนให้เป็นรูปทรงกระบอกจากนั้นนำเหล็กแผ่นกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเดียวกันจำนวน 2 แผ่น มาเชื่อมประกบทั้งสองด้านพร้อมทั้งเจาะรูตรงกลางสำหรับใส่แกนเพลา จากนั้นนำมาประกอบเป็นชุดของโรเตอร์ กลึงเก็บรายละเอียด การประกอบแม่เหล็กเข้ากับผิวนอกของโรเตอร์ซึ่งใช้กาวสำหรับติดโลหะยี่ห้อ Loctite Gule แสดงดังรูปที่ 5 การประกอบแม่เหล็กแรงสูงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากแม่เหล็กมีอำนาจแม่เหล็กสูงมาก และสามารถแตกหักได้ง่าย ขั้นตอนต่อมาคือการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นนำเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ 5: แกนโรเตอร์ที่ประกอบแม่เหล็กนีโอไดเมียม จำนวน 12 โพล 48 ก้อน

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อหาคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าในขณะมีภาระต่างๆ ซึ่งทำโดยการต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 6 ใช้มอเตอร์กระสลับขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนระบบ สามารถปรับความเร็วรอบด้วย Inverter ซึ่งต่ออยู่กับชุดเฟืองทดรอบที่มีอัตราทด 10:1 จากนั้นใช้ Current Transformer (CT) 3 Phase Power คล้องกับสายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออุปกรณ์ Switch 3 Phase เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า จากนั้นใช้ MULTIMETER EPM-07S เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูล การส่งข้อมูลจะใช้ RS422/458 ผ่านช่องสัญญาณ USB ซึ่งต่อสัญญาณกับ Computer ทำการทดลองโดยปรับความเร็วรอบมอเตอร์กระสลับ วัดแรงดันที่เอาท์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ทำการบันทึกค่าต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงดันไฟฟ้า

การทำงานของเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำขนาดกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์ จากมอเตอร์เหลือทิ้ง ในการทดสอบที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นความสว่างของหลอดไส้ และภาพที่ 8 แสดงการต่อเครื่องเจียรมือกับเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลปรากฏว่าสามารถนำมาใช้งานได้ปกติ



รูปที่ 7: การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับหลอดไส้



รูปที่ 8: การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับเครื่องเจียรมือ

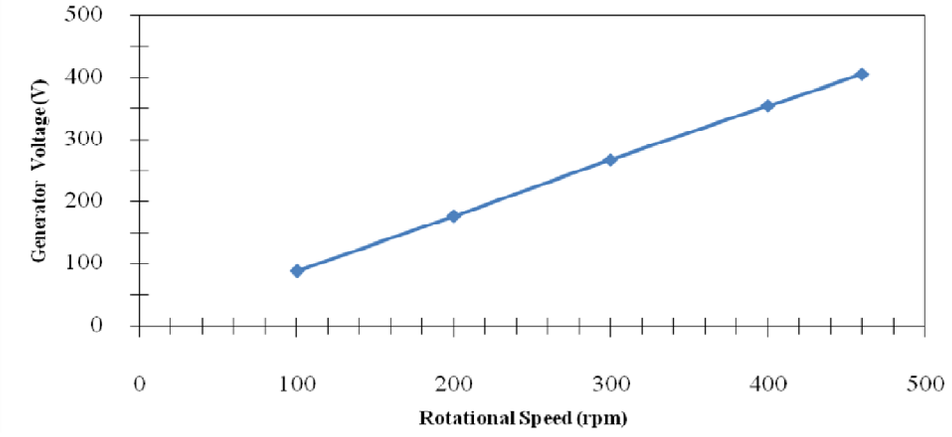
4. ผลการทดลองและวิจารณ์

ชื่อพารามิเตอร์และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำขนาดกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์ จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัสที่เหลือทิ้งแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1: ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์

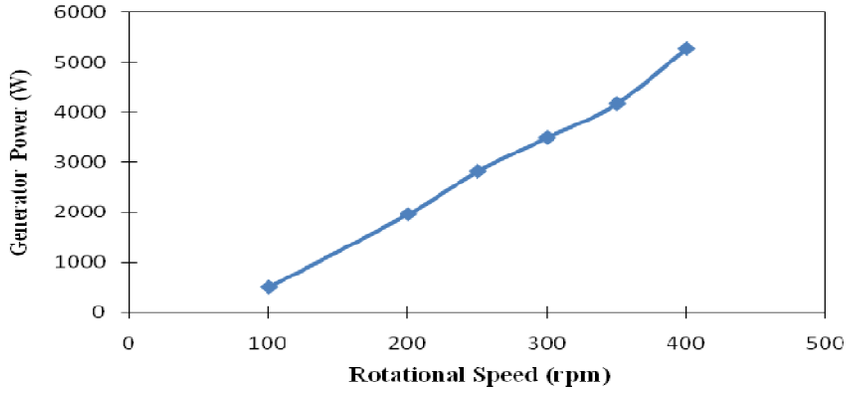
ลำดับ	ชื่อพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
1	ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร
2	ขนาดของขดลวด	18#SWG
3	จำนวนเฟส	3 เฟส
4	จำนวนขั้วแม่เหล็ก	12 ขั้ว
5	จำนวนรอบของขดลวด	480 รอบ/เฟส
6	ความต้านทานขดลวดเฟส A	1.7 Ω/เฟส
7	ความต้านทานขดลวดเฟส B	1.8 Ω /เฟส
8	ความต้านทานขดลวดเฟส C	1.6 Ω /เฟส

ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะแรงดันไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร (Open Circuit Characteristic Curve; OCC Curve) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 9 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าจะแปรผันอย่างเป็นเชิงเส้นกับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 9: ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อหาจุดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานได้สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเลือกความเร็วรอบของกังหันลมหรือกังหันน้ำให้เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจะทำให้ระบบสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด โดยการนำค่าของกำลังไฟฟ้าขณะที่กระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสมีค่าไม่เกิน 15 แอมแปร์ ที่ความเร็วรอบต่างๆ จากนั้นหาค่ากำลังไฟฟ้าแทนโดยกราฟของเส้นโค้งกำลัง (Power Curve) แสดงรูปที่ 10 ซึ่งจะเห็นชัดเจนว่ากำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบแปรผันกันเป็นเส้นตรงโดยที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถผลิตได้ประมาณ 5,160 วัตต์



รูปที่ 10: ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 4,000 วัตต์

การหาประสิทธิภาพ η ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาได้จากสมการที่ 9

$$\text{Effency} : \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \tag{9}$$

สำหรับค่า P_{out} เป็นค่าที่ได้จากการทดลองในที่นี้ เท่ากับ 4,442.7 วัตต์ ส่วนค่า P_{in} สามารถหาได้จากสมการที่ (10)

$$\begin{aligned} P_{in} &= P_{out} + P_{losses} \\ &= P_{out} + P_{copper\ loss} + P_{core\ loss} \end{aligned} \tag{10}$$

กำลังที่ศูนย์เสียที่ขดลวดทองแดง $P_{copper\ losses}$ มีค่าประมาณ 680.5 วัตต์ กำลังศูนย์เสียที่แกน $P_{core\ loss}$ มีค่าประมาณ 453.75 วัตต์ นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แทนในสมการที่ (9) จะได้ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณร้อยละ 79.6

5. สรุปผลการทดลอง

การสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำขนาดกำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 4,000 วัตต์ จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่เหลือทิ้ง พบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากมอเตอร์เหลือทิ้งสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขณะเปิดวงจรเท่ากับ 406.7 โวลต์ ที่กระแสไฟฟ้าไม่เกิน 15 แอมแปร์ ผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 5,160 วัตต์ ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณร้อยละ 79.66 ซึ่งผลจากการทดลองนี้สามารถนำเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้านี้ไปใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตกำลังไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลม และแหล่งพลังงานน้ำได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 (เพิ่มเติม)

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Robert Pindyck, S., 1980, “The structure of world energy demand,” Energy Policy, vol. 8, 178-179.

[2] William Martin, F., Albert Mediano, L., 1980, “Third world energy statistics-problems of collection and interpretation,” Energy Policy, vol 8, 176-178.

[3] Hussain, H. A., and Abdulsalam, A. A., 2010, “Low energy architecture and solar rights: restructuring urban regulations, view from Jordan,” Renewable Energy, vol. 35, 333-342.

[4] กระทรวงพลังงาน แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (2554-2573), 2557, http://www.eppo.go.th/ccep /download/NEEP2030_FINAL.pdf [4 สิงหาคม 2557].

[5] Crooks, M. J., Litvin, D. B., Matthews, P. W., Macaulay, R., and Shaw, J., 1978. One-piece Faraday generator: A paradoxical experiment from. Am. J. Phys, 46(7).

[6] Murugesh Kumar, M., 2009, “Induction and Synchronous Machines,” VIKAS PUBLISHING PVT LTD, vol 5, 219-274.

[7] Ghosh, S., 2005, “Fundamentals of Electrical and Electronics Engineering,” Prentice-Hall of India Private Limited vol 2, 439-446.

[8] Tewari, J. P., 2003, “Basic Electrical Engineering” NEW AGE INTERNATIONAL PUBLISHERS,” vol 1, 521-534.

[9] O’Kelly, D, 1992, “Performance and control of electrical machines,” McGRAW-HILL INTERNA TIONAL EDITIONS. electrical engineering series.

[10] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554. “โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อผลิตในประเทศ,” รายงานฉบับสมบูรณ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สนพ.).

[11] Casinovi, G., Veca, G.M., 1982, “Eddy current losses in the armature of a superconducting turbine-generator,” IEEE Transactions on Magnetics, vol 18, 1725-1727.

[12] Spalek, D., 1997, “Electromagnetic torque components in the synchronous salient-pole machine. COMPEL,” The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, vol. 16, 129–143.

[13] Spalek, D., 1999, “Fast analytical model of induction motor for approaching rotor eccentricity,” The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, vol. 18, 570–586.

O-IR22

Smart Solar Farm Concept and Implementation for Improving Photovoltaic Power Generation

Chanwit Boonchuay*[1,2], Songklod Sriprang[1,2], Chalerm Jinatun[1], Pacharaphon Tongvongyat[1], Niwat Mookam[2], Pongsakorn Leetrakul[2]

[1]Center for Electrical and Embedded System Technology (CEEST), [2]Faculty of Industry and Technology,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Prachuap Khiri Khan, Thailand, 77110
E-mail: chanwit.b@rmutr.ac.th

Abstract

In this paper, a smart solar farm (SSF) concept and its implementation for improving photovoltaic (PV) power generation are proposed. Four key technologies are integrated including microinvertor, sensorless solar tracking, monitoring software and ZigBee wireless communication. Technically, a SSF can increase efficiency and reliability of PV power outputs using a new concept of distributed energy conversion based on microinverters.And the solar tracking technology could significantly gain PV power outputs. In addition, data from PV modules, microinverters, and monitoring devices is transmitted to the monitoring and control center through the ZigBee wireless commutation. This could efficiently and economically manage the solar farm using the SSF concept.

Keywords: Solar farm, solar tracker, microinverter, ZigBee

1. Introduction

Solar energy is a key renewable resource promoted in many countries. In Thailand, solar power generation capacity installed in 2014 (first quarter) is 960.95MW or 24% of the domestic renewable generation and it is targeted to reach 3,000 MW in 2021 [1].However, the efficiency improvement of solar power generation system is still required to reduce investment costs and payback periods.

The efficiency of a solar power generation system depends on several factors such as natural climatic conditions, optimal matching of the system with the load, proper placement of PV panel angles, and solar tracking availability.Although the majority of the PV systems is fixed solar panels, tracking solar panels could collect higher solar energy than fixed solar panels [2].However, emergingelectro-optical sensor technologies for the solar-tracking system may not well operate under cloudy conditions.

For a PV energy conversion issue, general PV systems adopt central inverters to convert energy from several PV modules to AC signal. The maximum power point tracking function of the inverter may not efficiently perform because of shading on some PV modules. Therefore, novel solar power generation is convincing to use a module-integrated inverter or a microinverter that individually tracks the maximum power point for each PV module [3].

This paper proposes 4 key technologies to improve solar power generation including grid-connected microinvertor, sensorless solar tracking, monitoring software and ZigBee wireless communication. The smart solar farm (SSF) concept and technologies are explanted. And the implementation of the 1kW SSF system is illustrative.

2. Smart Solar Farm Concept

A smart solar farm (SSF) is a modern PV power generation system including advanced technologies to maximize PV yields and to minimize environmental impacts, e.g., green space uses. Technically, a SSF can increase efficiency and reliability of PV power outputs using a new concept of distributed energy conversion based on microinverters. And the solar tracking technology could significantly gain PV power outputs. In addition, data from PV modules, microinverters, and monitoring

devices is transmitted to the monitoring and control center through the ZigBee wireless commutation. This could efficiently and economically manage the solar farm using the SSF software. The SSF illustration is shown below.

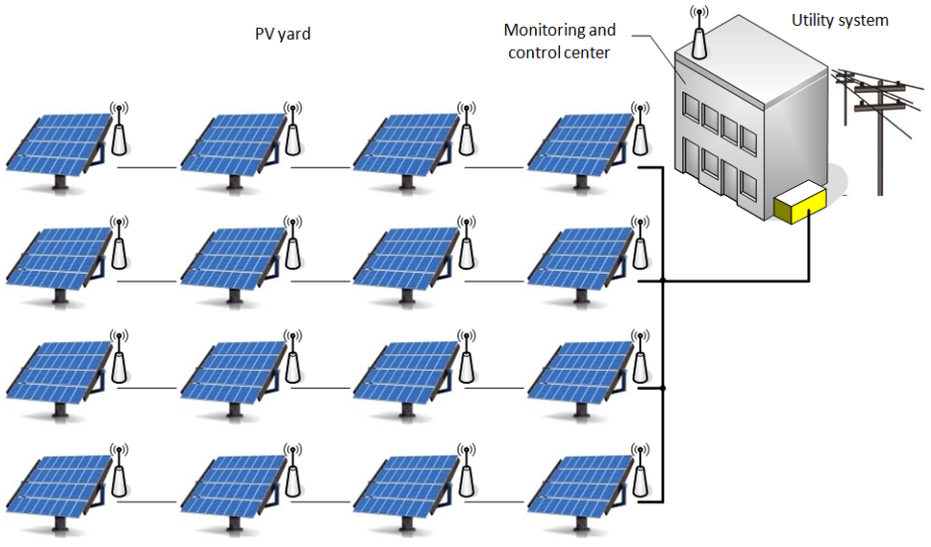


Figure 1 Smart Solar Farm components

3. Proposed smart solar farm technologies

Here, 4 key technologies areproposed for SSF including grid-connected microinverters, solar tracking system, data management system (SSF software), and ZigBee wireless communication. Although almost SSF technologies are available as commercial products, some technologies need to be developed to reduce cost and imported products.

3.1 Grid-connected microinverter

A grid-connected microinverter is a small-scaled inverter used to convert DC power of photovoltaic output to AC power. And the microinverter is able to supply the energy to the grid. In general, the microinverter power rate is between 50 to 250 W for each PV module. This allows the microinverter to closely operate at the maximum power point of PV modules. Thus, the microinverter technology could gain efficiency and reliability of PV power generation compared to the conventional technology[3].A diagram of the grid-connected microinverter is shown Figure 2.

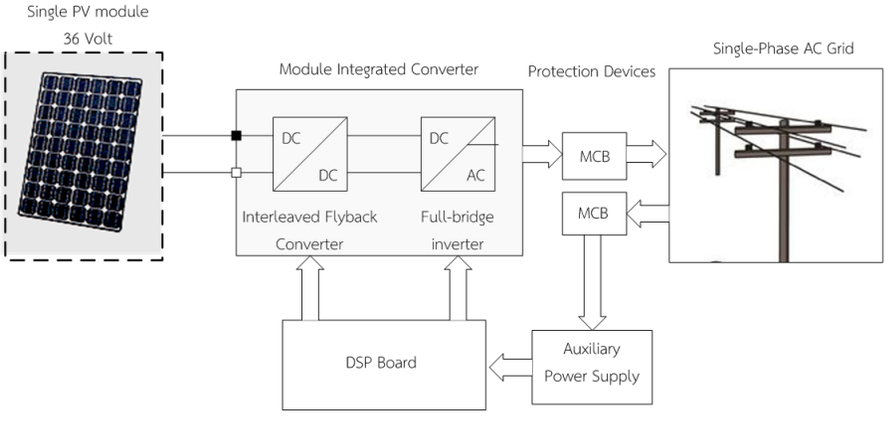


Figure 2 Diagram of grid-connected microinverter

A 250W microinverter is designed and developed. A designed PCB and electronic equipment are shown in Figure 3. Two major parts for the microinverter include an interleaved flyback converter and a full-bridge inverter. Basically, the converter maintains voltage level at a certain operating voltage of the inverter, 220Vdc. Using referent voltage signal from the

grid, the inverter creates AC signal correlating to the reference voltage. The energy conversion process from PV energy to grid is managed by a digital signal processor with designed algorithms.

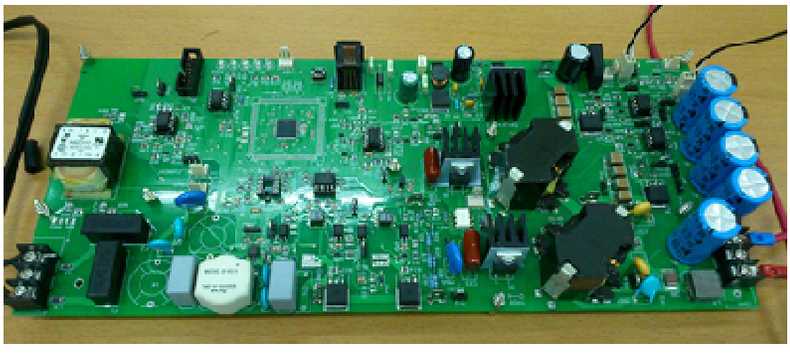


Figure 3 grid-connected microinverter prototype

3.2 Solar tracking system

A solar tracker is a device used to turn the PV panel following the sun during the day that can increase PV yields. Basically, the solar tracking system consists of the moving part structure, DC motor driver, and solar tracking controller. The project aims to develop a low cost 2-axis tracking system using a smart algorithm to calculate the sun position based on a microcontroller. The designed 2-axis solar tracker is shown in Figure 4.



Figure 4 2-axis solar tracker prototype

The solar position algorithm (SPA) is used to indicate position of the sun. Two coordinate angles of the sun, called Zenith and Azimuth, are provided to direct the mechanical tracker as shown in Figure 5. Therefore, the proposed approach does not require any photo sensor forthe solar tracking system. However, the algorithm need be implemented in the microcontroller after simulating on a personal computer. Here a published simple and efficient solar position algorithm reported in [4] is adopted.

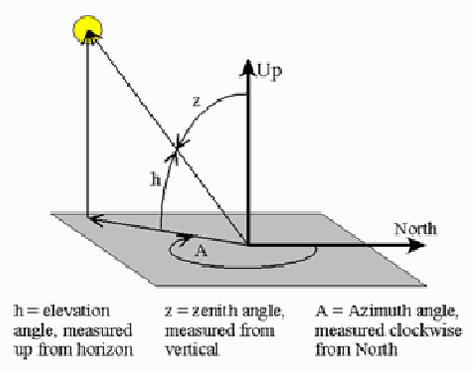


Figure 5 Coordinate angles of the sun

The solar tracking algorithm is implemented in a microcontroller to control the PV panels. The control diagram of the tracking system is shown as below.

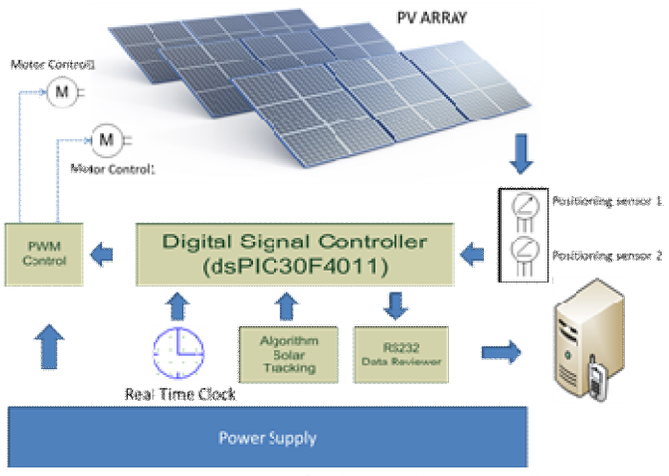


Figure 6 Diagram of solar tracking controller

3.3 Smart solar farm management system

The smart solar farm (SSF) management system or the SSF software is used to monitor, collect, detect, alarm, and analyze SSF parameters. The software could help to effectively manage the solar farm and to reduce the operation cost. The SSF software could also cooperate with future smart grids in optimally managing the non-dispatchable energy resource (optional). The graphic user interface of SSF is shown as below.

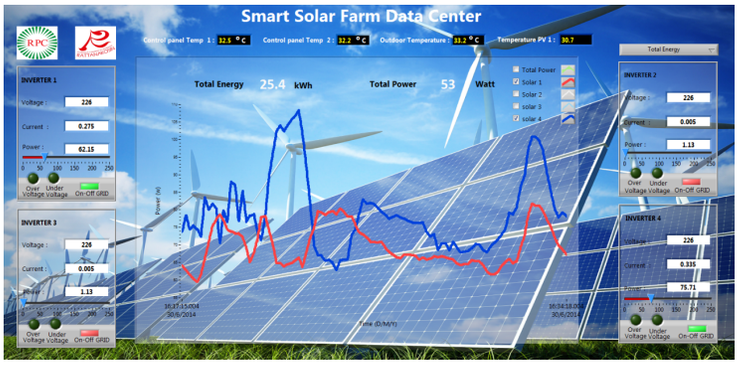


Figure 7 Graphic user interface of SSF

3.4 ZigBee wireless communication

ZigBee is a specification for a suite of high level communication protocols using small, low-power digital radios based on an IEEE 802 standard for personal area networks. For the SSF application, the ZigBee specification could efficiently transmit data from PV modules, microinverters, and monitoring devices to the data center.

Table 1 Comparison of wireless communication technologies

Items	ZigBee	Wi-Fi	Bluetooth
Transmission range (meters)	1-100	1-100	1-10
Battery life (days)	100-1000	0.5-5	1-7
Network size (nodes)	>64,000	32	7
Application	Monitoring and control	Web, e-mail, video	Cable replacement
Stack size (kB)	4-32	1,000	250
Throughput (kB/s)	20-250	11,000	720

4. Experimental Results

In this section, the experimental results from implementing SSF are described. For evaluating the grid-connected microinverter, the measurement circuit is connected as below.

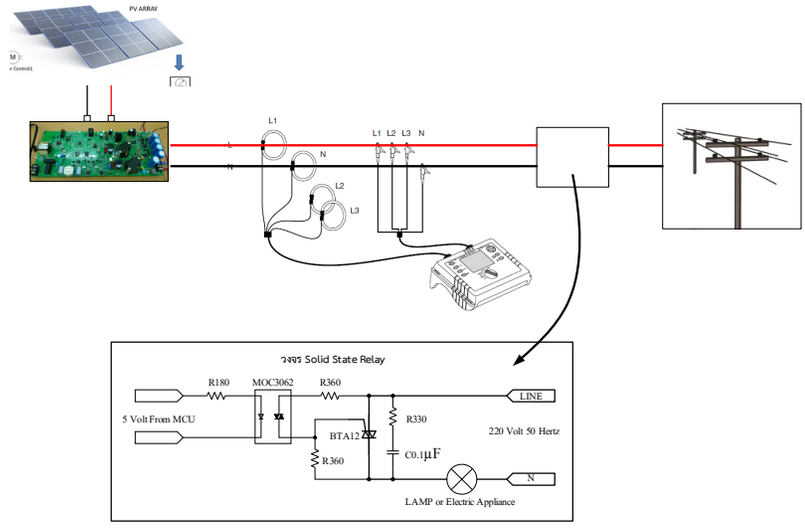


Figure 8 Measurement circuit for evaluating grid-connected microinverter

In experimental tests, voltage and currents signals from the microinverter before and after connecting to the grid are shown as follows.

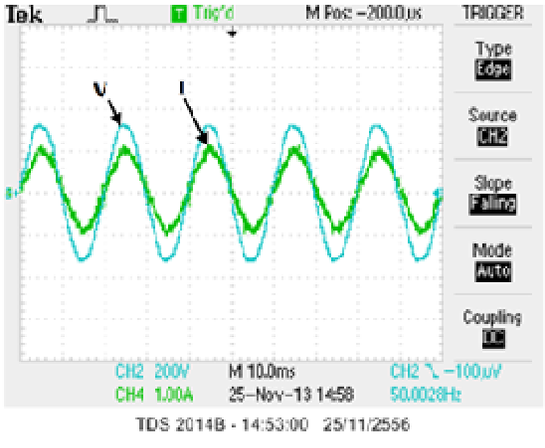


Figure 9 Voltage and current signals while connecting to grid

For power quality analysis, the current signal has total harmonic distortion (THD) of 3.5% that is lower than the standard as shown below. In a normal condition, power factor of the signal from the inverter is close to utility or more than 0.97.

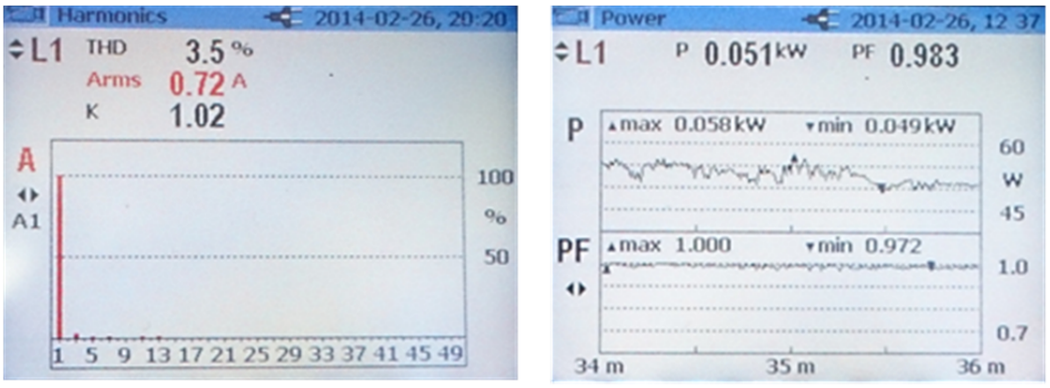
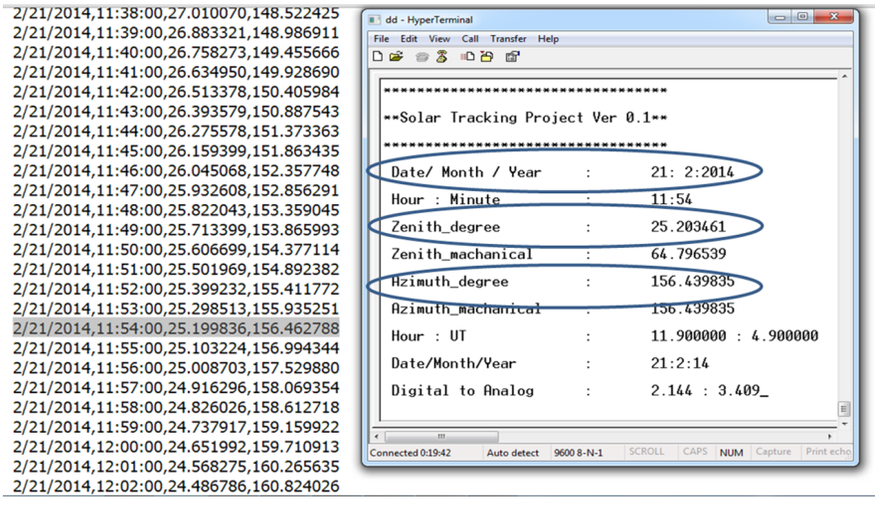


Figure 10 Harmonic and power factor measurement results

For implementing the solar tracking algorithm, the coordinate angle error is less than 1 degree over 10 years compared to the accurate solar position algorithm (SPA) [5] as shown below.



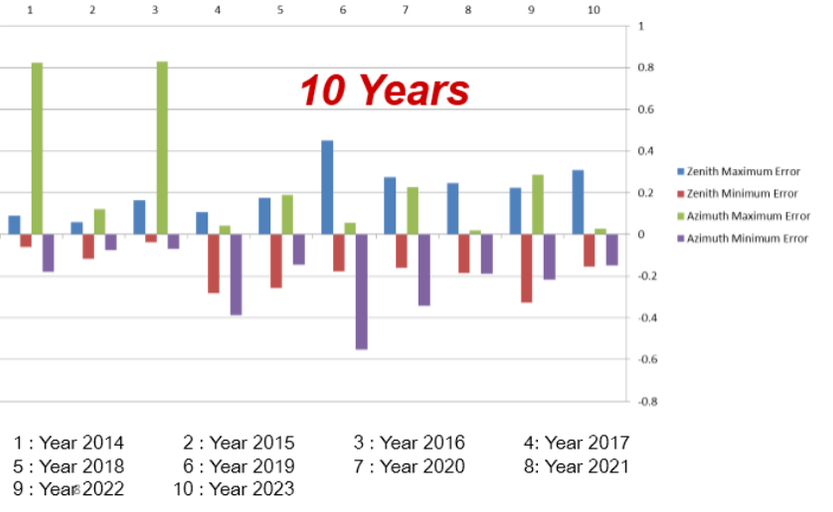


Figure 11 Solar coordinate angle errors compared with SPA

5. Conclusion

This paper expresses overview and conception of SSF.4 key technologies for SSF including grid-connected microinverters, solar tracking system, data management system (SSF software), and ZigBee wireless communication are

integrated. The 1kW SSF system has been implemented using the proposed technologies.From experimental results, the grid-connected microinverter could produce high quality sinusoidal with THD of 3.5% and a near utility power factor (more than 0.97). The implemented solar tracking algorithm is accurate with error of 1 degree over 10 years. For the future research, the improved efficiency of SSF compared to a regular PV system will be investigated.

6. Acknowledgement

The authors would like to thank Ratchaburi Power Company Limited for financial support under the contract of RPCL-CM2013-006/SHE.

7. Reference

[1] “Energy in Thailand: Facts&Figures,” Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand, 2014.

[2] K.S., Karimov, J.A.Chattha, andM.M. Ahmed, “Investigation of parameters and characteristics of solar modules at different conditions,” Journal of Academy of Sciences of Tajikistan, vol. 45, no. 9, pp. 75-83, 2002.

[3] M. Pisano , F. Bizzarri, A. Brambilla , G. Gruosso and G. S. Gajani "Micro-inverter for solar power generation," Proc. 2012 Int. Symp. Power Electronics, Elec. Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), pp.109 -113, 2012.

[4] R. Grena, “An algorithm for the computation of the solar position Solar Energy,”vol. 82, pp. 462-470, 2008.

[5] I. Reda, A. Andreas, “Solar position algorithm for solar radiation applications, Solar Energy,”vol.76, no.5,pp. 577-589, 2004.

O-IR23

การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบใช้ปั๊มความร้อน

DESIGN AND CONSTRUCTION OF FIG DRYER WITH HEAT PUMP

ศรีธร อุปคำ* ภาสวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์ [1]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 50300

E-mail: srithorn@rmutl.ac.th

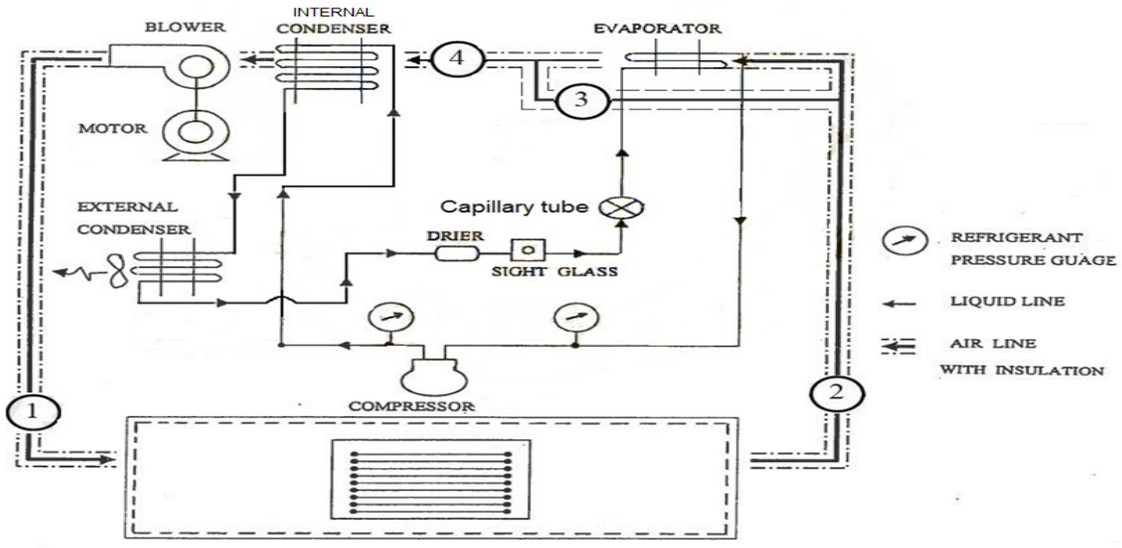
บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบใช้ปั๊มความร้อนสำหรับสถานีเกษตรหลวงปางดะการศึกษานี้ความชื้นจะควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำและออกไปจากระบบ ทำให้ลดระยะเวลาการอบแห้ง เปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการอบแห้งแบบตู้อบแห้งแบบลมร้อน และเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน ทำการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งสด 15 กิโลกรัม ห้องอบแห้งมีขนาดความกว้าง 0.54 เมตร ยาว 0.65 เมตร สูง 0.37 เมตร มีจำนวน 4 ถาดและลมร้อนไหลขนานกับชั้นวางวัสดุ ระบบปั๊มความร้อนเครื่องควบแน่นมีขนาด 3.72 กิโลวัตต์ เครื่องทำระเหยมีขนาด 2.75 กิโลวัตต์ ใช้มะเดื่อฝรั่งสด 15 กิโลกรัม มีความชื้นหลังการอบแห้งไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้ความเร็วลม 3 m/s จากผลการทดลอง โดยใช้มะเดื่อฝรั่ง เป็นผลิตภัณฑ์ในการทดสอบ พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้ความเร็วลม 3 m/s มะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือก มีลักษณะเป็นที่น่าพอใจทั้งด้านสี รสชาติ ความหวาน และกลิ่นจากผู้ชิมทั้งหมดจำนวน 100 คน ซึ่งได้ความชื้นสุดท้าย 10.92 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก การใช้ระบบทำความเย็นแบบปั๊มความร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ 28 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับตู้อบแบบลมร้อน มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะของการทำความเย็น แบบไม่ปอกเปลือกคือ 4.56 และมีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 4 เดือน

คำสำคัญ: การอบแห้ง ปั๊มความร้อน มะเดื่อฝรั่ง

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันสถานีเกษตรหลวงปางดะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีการปลูกมะเดื่อฝรั่งอย่างแพร่หลาย ทำให้สามารถออกผลผลิตได้ตลอดทั้งปี จึงได้นำผลมะเดื่อมาทำการอบแห้งเพื่อนำผลผลิตออกจำหน่ายให้ได้ราคาที่สูงขึ้นและได้รับความนิยม มะเดื่อฝรั่งที่มีขายอยู่ภายในประเทศไทยยังมีราคาสูง ส่วนใหญ่จะนำเข้ามาจากตะวันออกกลางและแถบประเทศญี่ปุ่น มะเดื่อฝรั่งอบแห้งจัดอยู่ในกลุ่มอาหารและยาเนื่องจากเป็นผลไม้อบแห้ง ที่มีคุณค่าอาหารสูงมาก อุดมไปด้วยแคลเซียม และเส้นใย มีวิตามินอี บีและซี ในแต่ละผลจะมีน้ำตาลธรรมชาติอยู่ถึง 83% ที่สำคัญจัดเป็นผลไม้อบแห้งที่เหมาะต่อผู้สูงอายุที่ใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยในระบบขับถ่ายได้เป็นอย่างดี สถานีเกษตรหลวงปางดะ จึงได้ทำการอบผลมะเดื่อฝรั่ง ซึ่งมีข้อมูลและรายละเอียดดังนี้ เป็นตู้อบแบบ Hot air oven มีขนาดฮีตเตอร์ 4.2 kW กินกระแส 6.6 A แรงดัน 380 V ความถี่ 50 Hz ทำอุณหภูมิได้สูงสุด 300 °C ขนาดของตู้ 0.73×0.7×1.7 m มี 6 ชั้น มีอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อการอบ 1 ครั้ง ประมาน 184 kW คิดอุณหภูมิการอบที่ 75 °C เป็นเวลา 48 hr คิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า 3.833 kW h คิดเป็นค่าพลังงาน 644 บาท ซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่สูง ทำให้ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการอบแห้งผลมะเดื่อฝรั่งได้เพิ่มมากขึ้น ด้วยปัญหาของพื้นที่สูงในข้อจำกัดด้านปริมาณกระแสไฟฟ้าที่น้อยและไม่คงที่ จึงมีความต้องการปรับปรุงตู้อบแห้งให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงมีแนวคิดใช้เครื่องอบแห้งแบบฮีตปั๊ม (Heat pump) ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานต่ำเมื่อเทียบกับการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและสามารถควบคุมความร้อนในการอบแห้งได้ดี ในการอบมะเดื่อฝรั่งที่ใช้การอบแห้งแบบฮีตปั๊มสามารถดึงความชื้นในอากาศออกได้รวดเร็วอีกด้วย ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งซึ่งมีปริมาณน้ำในผลมะเดื่อฝรั่งสูง



รูปที่ 1 การทำงานของระบบอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อน

วิธีการทดลอง

1 ทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนหาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งของผลมะเดื่อฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 $^{\circ}$C ตามลำดับ สำหรับมะเดื่อฝรั่งที่ปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก

2 หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างอาหารเริ่มต้น โดยใช้เครื่องวัดความชื้น Moisture Analyzer รุ่น MB45

3 นำผลมะเดื่อ ออกมาวัดความชื้นทุกๆ 2 ชั่วโมงจนมีความชื้นประมาณ15เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับความชื้นที่ได้

4. ศึกษาค่าสี ปริมาณกรด ค่าของแข็งที่ละลายได้ในลูกมะเดื่อ ก่อน-หลังการอบ โดย

4.1 การศึกษาค่าสีระบบฮันเตอร์ทำได้โดยใช้เครื่องวัดค่าสีรุ่น Color Flex Firmware Versions 1.80 and Above Manual Version 2.5 โดยเปรียบเทียบกับค่าสีก่อนการอบแห้ง

4.2 การศึกษาค่าของแข็งที่ละลายในลูกมะเดื่อ (Total Soluble Solids %TSS) โดยการใช้เครื่องวัดความหวาน (Refracto meter) รุ่น ATOGO MANUAL (Brix 0.0-33.0%) โดยเปรียบเทียบกับค่าของแข็งที่ละลายในลูกมะเดื่อก่อนการอบแห้ง

4.3 การศึกษาปริมาณกรด ทำได้โดยใช้เครื่องวัดค่า pH/mV/Temp แบบตั้งโต๊ะ รุ่น PH211M Bench pH/ mV/Temp.Meter โดยเปรียบเทียบกับความเป็นกรดของลูกมะเดื่อก่อน การอบแห้ง

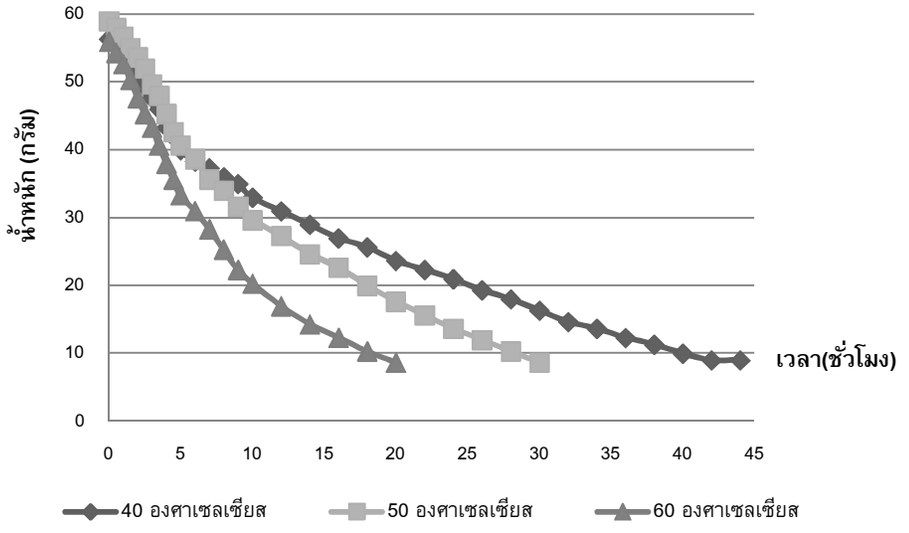
4.4 ประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) โดยวิธีการทดสอบความชอบแบบการจัดลำดับ (Ranking) โดยมีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 100 คน

5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

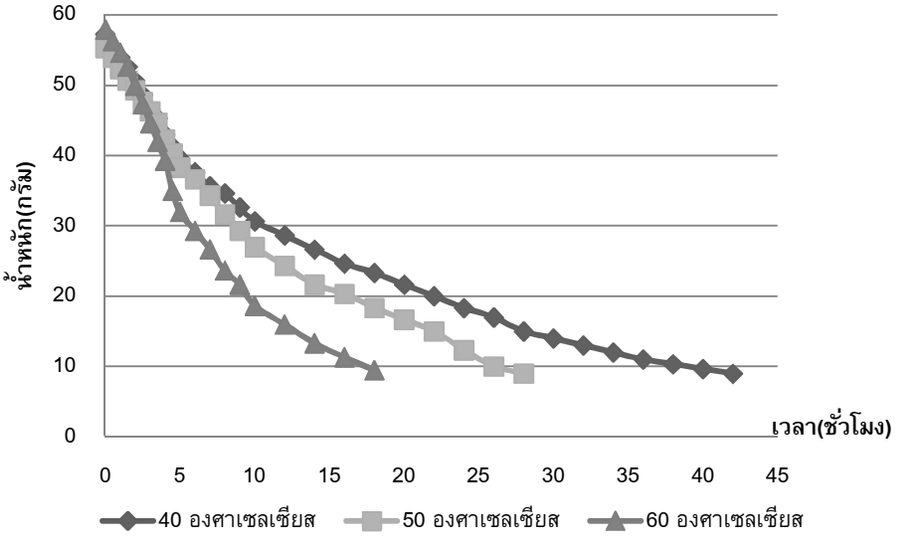
ผลการวิจัย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลองประกอบด้วยหัวข้อหลัก 5 หัวข้อ ได้แก่การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนเพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนเพื่อหาค่าสี ก่อนและหลังอบที่เหมาะสมในระบบ CIELAB การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนเพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ก่อนและหลังอบที่เหมาะสม การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนเพื่อหาปริมาณความหวาน ก่อนและหลังอบที่เหมาะสม และการทดสอบทางประมาทสัมผัสจากผู้ชิมทั้งหมด 100 คน ซึ่งมีรายระเอียดของแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนเพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักต่อเวลา ในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักต่อเวลา ในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C

จากรูปที่ 2และรูปที่ 3 พบว่า มวลของมะเดื่อฝรั่งจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและค่อยๆช้าลงเรื่อยๆ จนคงที่ โดยการเปลี่ยนแปลงมวลเป็นลักษณะดังกล่าวเนื่องจากในช่วงแรกมะเดื่อฝรั่งยังมีความชื้นสูงและที่ผิวของมะเดื่อฝรั่งอิ่มตัวด้วยน้ำการถ่ายเทมวลและความร้อนส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิว ดังนั้นในช่วงแรกมวลจึงลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อปริมาณความชื้นของมะเดื่อฝรั่งลดลง การถ่ายเทมวลและความร้อนจึงไม่ได้เกิดที่ผิวของมะเดื่อฝรั่ง แต่ยังเกิดขึ้นภายในผลของมะเดื่อฝรั่งอีกด้วย โดยมีการเคลื่อนที่ของความร้อนจากด้านในของมะเดื่อฝรั่งมายังผิวของมะเดื่อฝรั่งที่ปอกเปลือกจะมีความเหนียวจากน้ำตาลของผลมะเดื่อมากกว่ามะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือกจึงทำให้มวลในช่วงท้ายๆ ลดลงอย่างช้าๆจนคงที่ในอัตราที่ใกล้เคียงกันทั้งการอบแบบไม่ปอกเปลือกและแบบปอกเปลือกคือที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 °C ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 40 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 50 °C ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 27 ชั่วโมงและที่ อุณหภูมิอบแห้ง 60 °C ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 18 ชั่วโมง

การทดสอบหาค่าสี ก่อนและหลังอบที่เหมาะสมในระบบ CIELAB

ตารางที่ 1 ปริมาณสีก่อน - หลังอบแบบไม่ปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40 50 60 °C

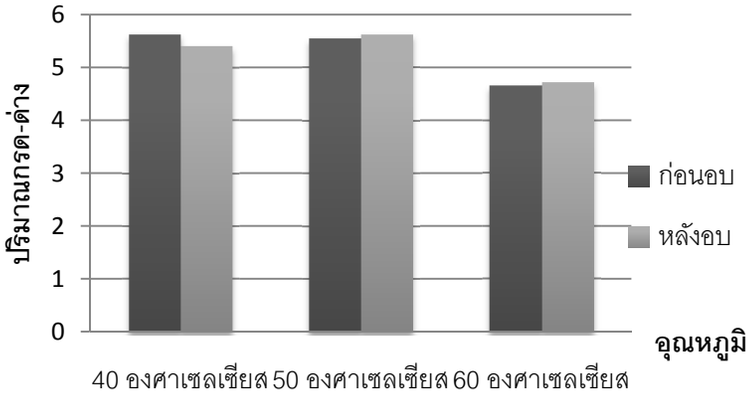
อุณหภูมิ (°C)	ก่อนอบ			หลังอบ			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE
40	26.763	3.658	22.774	0.423	0.126	0.457	34.042 ± 1.301^{b}
50	22.099	1.054	1.371	1.228	0.327	0.231	20.697 ± 0.339^{b}
60	22.099	1.054	1.371	1.893	1.223	1.240	20.211 ± 0.645^{a}

ตารางที่ 2 ปริมาณสีก่อน - หลังอบแบบปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40 50 60 °C

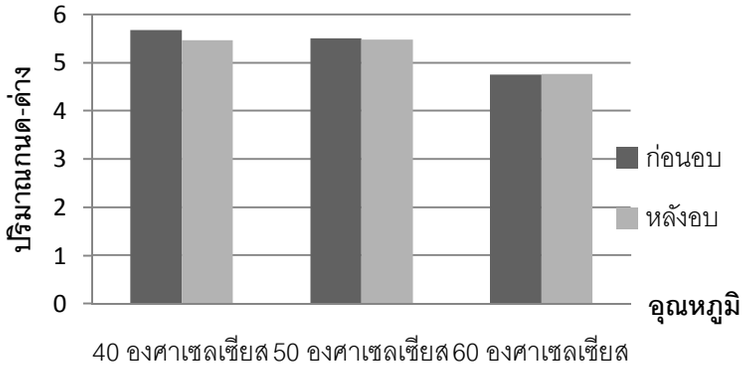
อุณหภูมิ (°C)	ก่อนอบ			หลังอบ			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE
40	60.613	5.320	32.566	28.626	2.601	19.143	34.822 ± 2.919^{b}
50	59.273	3.898	25.262	17.246	3.224	10.440	45.238 ± 4.971^{b}
60	50.802	3.763	23.336	5.190	2.190	1.111	50.805 ± 0.097^{a}

จากการทดลองการอบแห้งมะเดื่อด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน แบบปอกเปลือกพบว่าที่อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 °C มีผลทำให้ค่าสีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และ 50 40 °C ตามลำดับ เพราะอุณหภูมิที่สูงกว่าจะไปทำลายเม็ดสีแอนโทไซยานินทำให้เกิดการสลายที่อุณหภูมิสูงภายในผลมะเดื่อมากกว่าอุณหภูมิที่ต่ำลงตามลำดับ และเปลือกมีผลต่อการสลายของเม็ดสีแอนโทไซยานินด้วย แอนโทไซยานินที่มีในผักและผลไม้จะถูกทำลายได้ง่ายโดยความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีออกซิเจนอยู่ด้วย ทำให้สีซีดลง และบางกรณีจะพบมีสีน้ำตาลเนื่องจากเกิดสารพอลิเมอร์ ซึ่งระดับการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับชนิดของแอนโทไซยานินและระดับอุณหภูมิออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของพันธะคู่ที่มีในโมเลกุลทำให้เกิดสีน้ำตาล ส่วนกรดแอสคอบิกนั้นพบว่าในผักและผลไม้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วผลิตไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ซึ่งจะออกซิไดซ์แอนโทไซยานินทำให้เกิดสีน้ำตาล(รัชนี ตัณฑพานิช) ดังนั้นสีของมะเดื่อฝรั่งที่ไม่ปอกเปลือกจะมีสีที่คล้ำกว่ามะเดื่อฝรั่งที่ปอกเปลือกเพราะมะเดื่อฝรั่งที่ไม่ปอกเปลือกจะมีสารแอนโทไซยานินมากกว่ามะเดื่อฝรั่งที่ปอกเปลือก ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์เพราะมีส่วนในการต้านอนุมูลอิสระด้วย

การทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ก่อนและหลังอบที่เหมาะสม



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณกรด-ด่าง ในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่ง แบบไม่ปอกเปลือกที่ อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของปริมาณกรด-ด่างในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่ง แบบปอกเปลือกที่ อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C

จากการทดลองการอบแห้งมะเดื่อด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน แบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกของผลมะเดื่อ พบว่าที่อุณหภูมิในการอบแห้ง 40 50 และ 60 °C ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงปริมาณของน้ำในผลมะเดื่อที่ระเหยออกไป ไม่ได้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังการอบแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงไป

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของอาหารที่มีความสำคัญต่อการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนสูง ทั้งนี้ เพราะค่าความเป็น กรด – ด่าง เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ที่เจริญและขยายพันธุ์ได้ในอาหารที่เป็นกรด เป็นชนิดที่ไม่ทนความร้อน ดังนั้นที่อุณหภูมิ 60 °C ในมะเดื่อฝรั่งทั้งปอกเปลือกและไม่ปลอกมีปริมาณกรดต่ำจุลินทรีย์จึงไม่เจริญในมะเดื่อฝรั่งที่มีความเป็นกรดต่ำการยืดอายุการเก็บรักษาของมะเดื่อฝรั่งจึงมีอายุที่นานยิ่งขึ้น

การทดสอบหาปริมาณความหวาน ก่อนและหลังอบที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 ปริมาณความหวาน ก่อน - หลังอบ แบบไม่ปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40 50 60 °C

อุณหภูมิ (°C)	องศาบริกซ์ (หลังอบ)
40	61.840 ±2.235 ^{a}
50	62.030 ±1.800 ^{a}
60	61.40 ±1.385 ^{a}

ตารางที่ 4 ปริมาณความหวาน ก่อน - หลังอบ แบบปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C

อุณหภูมิ (°C)	องศาบริกซ์ (หลังอบ)
40	66.150 ±1.835 ^{c}
50	54.90 ±2.264 ^{a}
60	59.050 ±0.921 ^{b}

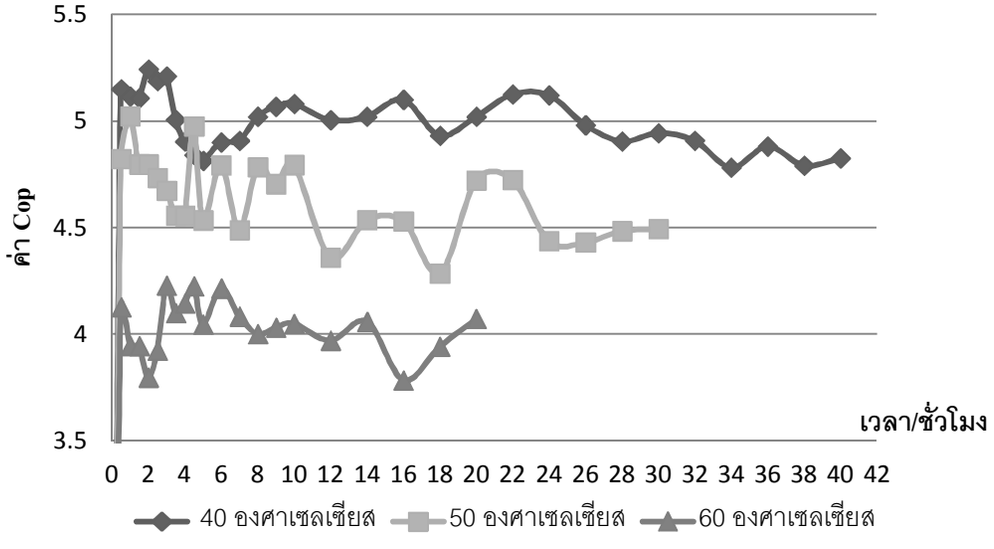
การทดลองการอบแห้งมะเดื่อด้วยเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน แบบปอกเปลือกพบว่าผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง ต่อค่าความหวานของมะเดื่อฝรั่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงความหวานมีค่าสูงขึ้นดังตารางที่ 4 เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้น้ำในผลมะเดื่อระเหยออกมามากกว่าอุณหภูมิต่ำ และการปอกเปลือกมีผลทำให้ค่าความหวานหลังการอบแห้งออกมามีค่าที่ต่างกันเล็กน้อย จากตารางที่ 3 เป็นผลมะเดื่อฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลมากหลังจากทำการอบแห้งเสร็จแต่มะเดื่อฝรั่งที่ไม่ปอกเปลือก ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลมากกว่ามะเดื่อฝรั่งที่ปอกเปลือกเพราะความหวานของมะเดื่อฝรั่งในส่วนหนึ่งจะอยู่ในเปลือกทำให้มะเดื่อฝรั่งเวลาอบแห้งเสร็จจะมีปริมาณความหวานมากกว่า

การทดสอบทางประมาทสัมผัสจากผู้ชิมทั้งหมด 100 คน

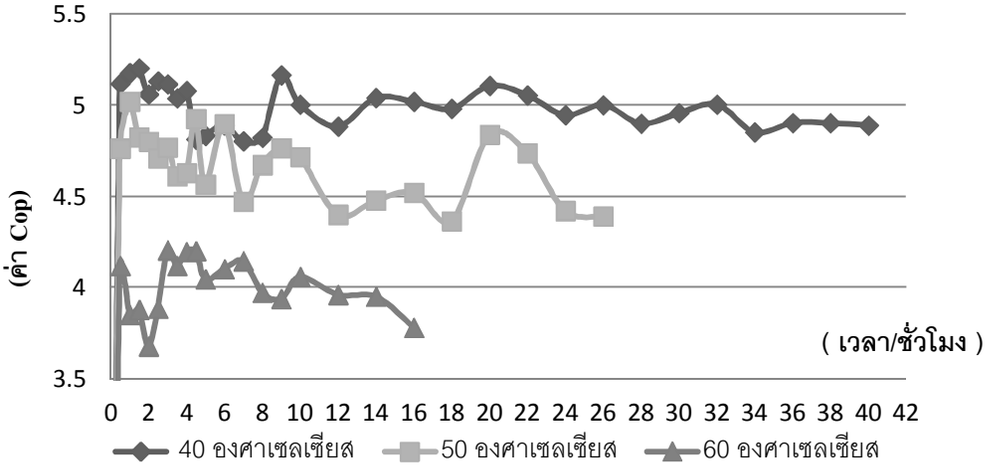
การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ชิมทั้งหมด 100 คน ทดสอบโดยวิธี Ranking เป็นการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยเฉพาะ โดยผู้ทดสอบได้รับตัวอย่างในลักษณะปกปิดพร้อมกันตั้งแต่ 3 ตัวอย่างขึ้นไป โดยเรียงลำดับตัวอย่างเหล่านั้นตามความแตกต่างของคุณลักษณะดังกล่าวจากมากไปหาน้อย เพื่อวัดความแตกต่างที่มากที่สุดของตัวอย่าง ในการเปรียบเทียบความหวานของมะเดื่อฝรั่งในการอบที่อุณหภูมิต่างกันจำนวน 6 ตัวอย่างด้วยวิธี Ranking โดยผู้ชิมทั้งหมด 100 คน ซึ่งได้ผลการทดลองออกมาว่า ที่อุณหภูมิ 40,60 °C แบบปอกเปลือกและที่อุณหภูมิ 40 °C แบบไม่ปอกเปลือกมีความหวานอยู่ในระดับความสูงเดียวกัน ที่อุณหภูมิ 50,60 °C แบบไม่ปอกเปลือก และที่อุณหภูมิ 50 °C แบบปอกเปลือกมีความหวานอยู่ในระดับกลางและมีความหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การประเมินสมมรรถนะของเครื่องอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบใช้ปั๊มความร้อน

จากรูปที่ 6 กราฟแสดงสมรรถนะของการทำความเย็นที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C จากการทดสอบพบว่า ที่อุณหภูมิ 40 °C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นเท่ากับ 5.24 ที่อุณหภูมิ 50 °C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นเท่ากับ 5.02 ที่อุณหภูมิ 60 °C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นเท่ากับ 4.22 เพราะฉะนั้นที่อุณหภูมิต่ำสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นมีค่าสูง ตรงกันข้ามที่อุณหภูมิสูงขึ้น สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นก็จะต่ำลงตามเช่นเดียวกัน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP_{HP} ในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่ง แบบไม่ปอกเปลือกที่ อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP_{HP} ในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบปอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40, 50, 60°C

จากรูปที่ 7 กราฟแสดงสมรรถนะของการทำความเย็นที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 °C จาก การทดสอบพบว่า ที่อุณหภูมิ 40 °C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นเท่ากับ 5.20 ที่อุณหภูมิ 50 °C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นเท่ากับ 5.02 ที่อุณหภูมิ 60 °C สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นเท่ากับ 4.20 เพราะฉะนั้นที่อุณหภูมิต่ำสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นมีค่าสูง ตรงกันข้ามที่อุณหภูมิสูงขึ้น สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นก็จะต่ำลงตามเช่นเดียวกัน

ค่าสมรรถนะของเครื่องอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบใช้ปั๊มความร้อนซึ่งมีค่า อัตราการดึงน้ำออกจำเพาะ (SMER) เท่ากับ 0.203 กิโลกรัมน้ำระเหยต่อกิโลวัตต์ – ชั่วโมง มีอัตราการอบแห้งเท่ากับ 0.64 กิโลกรัมน้ำระเหยต่อชั่วโมง อัตราการดึงความร้อนที่อากาศได้รับจากเครื่องควบแน่นภายในห้องอบแห้งเท่ากับ 3.168 กิโลวัตต์ อัตราการถ่ายเทความร้อนและการดึงความชื้นออกที่เครื่องทำระเหยเท่ากับ 2.96 กิโลวัตต์ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 75.52 %

ระยะเวลาคืนทุน

การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งโดยตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Hot Air Oven) กับการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งแบบใช้ปั๊มความร้อน

ตารางที่ 5 สรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อมูล	เครื่องอบแบบลมร้อน	เครื่องอบแบบปั๊มความร้อน
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อการอบ 1 ครั้ง	146 กิโลวัตต์ต่อครั้ง	63 กิโลวัตต์ต่อครั้ง
อัตราค่าไฟฟ้าที่จ่ายต่อการอบ 1 ครั้ง	574.67 บาทต่อครั้ง	247.97 บาทต่อครั้ง
ผลกำไรในการอบแห้งของแต่ละครั้ง	775.33 บาทต่อครั้ง	1102.03 บาทต่อครั้ง
ใน 1 ปี จะได้ผลกำไร	27,911.88 บาทต่อปี	39,673.08 บาทต่อปี
มีกำไรเพิ่มขึ้น	0 บาทต่อปี	11,761.22 บาทต่อปี
มีระยะเวลาคืนทุน	0 ปี	3 ปี 4 เดือน

สรุปผล

1 จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิ ส่งผลต่อระยะเวลาการอบแห้งกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาการอบแห้งลดลงทั้งแบบไม่ปอกเปลือกและแบบปอกเปลือก

2 อุณหภูมิส่งผลต่อสีของมะเดื่อฝรั่งกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้สีของมะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือกมีสีที่คล้ำกว่าสีของมะเดื่อฝรั่งแบบปอกเปลือก

3 การปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกส่งผลต่อระยะเวลาการอบแห้งของมะเดื่อฝรั่งกล่าวคือ เมื่ออบมะเดื่อฝรั่งแบบปอกเปลือกจะทำให้การอบมีระยะเวลาสั้นกว่าการอบมะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือกเพราะมะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือกจะมีผิวที่เหนียวมากขึ้นในช่วงระยะเวลาท้ายๆทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่นานกว่า

4 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งมะเดื่อฝรั่งคือ 60 °C โดยใช้มะเดื่อฝรั่งแบบไม่ปอกเปลือก จะมีความชื้น สี ความหวาน ปริมาณกรด และคุณภาพของมะเดื่อฝรั่งเป็นที่น่าพอใจมากกว่ามะเดื่อฝรั่งแบบปอกเปลือกโดยกว่าทดสอบชิมจากคนจำนวน100 คน

5 ที่อุณหภูมิ 60 °C โดยการใช้ระบบปั๊มความร้อนในการอบแห้งสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ และประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 326.70 บาท ต่อการอบแห้ง 1 ครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับตู้อบแห้งแบบ Hot Air Oven

6 มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยของการทำความเย็นแบบไม่ปอกเปลือกคือ 4.56 และแบบปอกเปลือกคือ 4.55

7 เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสามารถทำกำไรได้มากกว่าการอบแห้งแบบอื่น 11,761.22 บาทต่อปี ต่อหนึ่งกิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 4 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาในความอนุเคราะห์ด้านทุนวิจัย ขอขอบคุณนายวัชรพงศ์ จงรักษ์ นายศิวพงษ์ รินทร์ตุ้ย นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล และนางสาวศิริพร ภิรมณ์ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมอาหาร ในการช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

[1] Clements S, Jia X, Jolly P. Experimental verification of a heat assisted continuous dryer simulation model. Internation Journal of Energy Research,1993.

[2] G. Xanthopoulos , N. Oikonomou, G. Lambrinos. Applicability of a single-layer drying model to predict the dryingrate of whole figs,2007.

[3] G. Xanthopoulos , S. Yanniotis , Gr. Lambrinos .Study of the drying behaviour in peeled and unpeeled whole figs, 2009.

[4] Stamatios J.Babalis,Elias Papanicolaou, Nikolas Kyriakis , Vassilios G.Belessiotis,Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (Ficus carica), 2005.

[5] กิตตินันท์ ธรรมไชย. คุณภาพของมะเดื่อฝรั่งที่ผ่านการอบแห้งด้วนเครื่องอบแห้งแบบถาด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

[6] ฐานิตย์ เมธิยานนท์. การอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อนในระดับอุตสาหกรรม.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี, 2541.

[7] รัตนา อัตตปัญโญ .หลักการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพทางอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 1.เชียงใหม่ :มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.

O-IR24

การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือน

Harvesting Electrical Power From Vibration

จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์*, อลงกรณ์ พรมที, ภานุวัฒน์ พาไธสงค์[1]

[1] สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 41000

E-mail: churairatchinda@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือนได้นำอุปกรณ์พิโซอิเล็กทริก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร แบบมีฝาปิดต่อวงจรแบบขนานกันทั้งหมดจำนวน 64 ตัว วางลงบนแผ่นพลาสติก ขนาด 30 x 30 ซม.และใช้ขดลวดสปริงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. เป็นตัวกดแผ่นพิโซอิเล็ก ทริก มีวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ จำนวน 4 ชุด เพื่อรักษาระดับแรงดันที่ได้ให้คงที่ ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเมื่อมีการสั่นสะเทือน โดยใช้แรงกดสูงสุด 870 นิวตัน สามารถผลิตกำลังไฟฟ้า 1.63 μW ที่ค่าตัวเก็บประจุ 1,000 μF และเมื่อออกแรงกด 480 นิวตัน สามารถผลิตกำลังไฟฟ้า 0.25 μW เวลาในการประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะแปรผันผกผันกับค่าแรงดันที่ได้ในการประจุ

คำสำคัญ: พิโซอิเล็กทริก; วงจรเรียงกระแส; ตัวเก็บประจุ; กำลังไฟฟ้า

Abstract

Research on energy harvesting from vibration used piezoelectric diameter of 2.54 cm with a lid and a total of 64 pieces of parallel circuits on a plastic sheet size 30 x 30 cm, spring coil diameter of 2.5 cm and a press plate piezo ielectric. Using Bridge rectifier 4 sets to maintain the voltage level at a constant level. The change of the voltage when the quake. Using pressure up to 870 Newton can produce power 1.63 μW at the capacitor 1,000 μF and when to apply force to 480 Newton can produce power 0.25 μW time to charge the capacitor varies inversely with voltage.

Keyword: Piezoelectric Rectifier Circuit Capacitor Electric Power

1. ที่มาและความสำคัญ

การเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) เป็นกระบวนการนำหรือเปลี่ยนแปลงพลังงานซึ่งเป็นผลพลอยได้จากแหล่งพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น การเก็บเกี่ยวพลังงานการไหลหรือการตกของน้ำด้วยกังหันน้ำ แล้วนำพลังงานการหมุนของกังหันมาขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น ถ้าเราไม่เก็บเกี่ยวพลังงานดังกล่าวซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ พลังงานเหล่านี้ก็อาจจะสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ร่างกายของคนเรานั้นก็จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานซึ่งเราสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้เช่นกัน การก้าวเท้าเป็นกิจกรรมหนึ่งซึ่งใช้และให้พลังงานมาก เมื่อเทียบกับกิจกรรมในการใช้อวัยวะอื่นๆ ของร่างกาย พลังงานกลที่เกิดขึ้นในขณะที่ออกแรงเดินหรือวิ่งได้แก่ พลังงานจลน์และการลงเท้าซึ่งเกี่ยวข้องกับพลังงานศักย์ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เท่ากับพลังงานกล โดยทั่วไป ขณะเดิน แรงซึ่งกดบนพื้นขณะการลงเท้าจะมีขนาดประมาณ 1.3 เท่าของน้ำหนักตัว หากหญิงไทยโดยเฉลี่ยซึ่งหนัก 57.40 กิโลกรัม [3] เดินโดยยกก้าวเท้าสูงจากพื้นประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วลงเท้า โดยทั่วไปขณะการลงเท้าภายในระยะเวลาประมาณ 1 วินาที เรามักจะใช้ส้นเท้ากดแตะพื้นก่อน แล้วจึงใช้ปลายเท้ากดแตะพื้นก่อนจะยกก้าวเท้าเดินต่อไปในการลงเท้าครั้งหนึ่งจึงอาจคิดว่ามีแรงกดที่พื้นประมาณ 2 ครั้ง เราอาจจะคำนวณพลังงานศักย์ขณะการลงเท้าหนึ่งครั้งของหญิงไทยโดยเฉลี่ยได้จาก 1.3 x 57.40 กิโลกรัม x 9.81 เมตรต่อวินาที^{2} x 0.01 เมตร x 2 = 14.64 จูล ภายใน 1 วินาที หรือคิดเป็นกำลัง 14.64 จูล / 1 วินาที = 14.64 วัตต์ (Watt) สำหรับชายไทยโดยเฉลี่ยซึ่งหนัก 68.83 กิโลกรัม [3] คำนวณด้วยวิธีเดียวกันจะได้กำลังขณะการลงเท้าหนึ่งครั้งเท่ากับ 17.56วัตต์ [3] พลังงานขณะการลงเท้าส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน

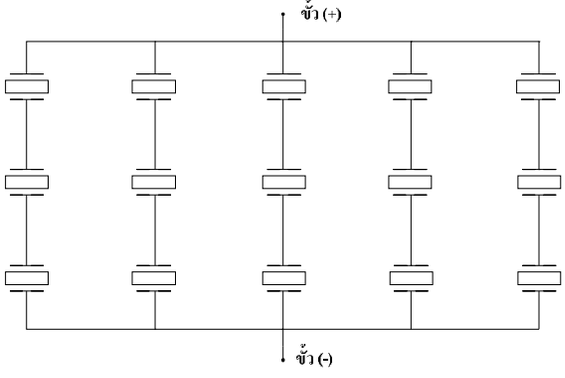
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิธิพจน์ พุทธงชัย [1] ได้ทำการศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุพิโซอิเล็กตริกพีซีทีที่มีรูปทรงแบบบัค (bulk) เพื่อศึกษาผลของสมบัติของวัสดุ PZTs ต่อการเก็บเกี่ยวพลังงานกลเมื่อวัสดุได้รับแรงทางกล 100 N – 500 N พบว่าค่ารูปร่างของเมอร์ริท (Figure of merits) ของวัสดุ พิโซอิเล็กตริก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นวัสดุมีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่วัสดุ PZTs เก็บเกี่ยวได้ โดยที่ชนิด PZT ชนิด Pz29 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ที่ต่อกับความต้านทานภายนอก 25 MΩ สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าได้ 2.53 μW แรงทางกล 500 N ความถี่ทางกลในช่วง 0.5 -

0.8 Hz ส่วน ธงชัย โชติวัฒนกานต์กุล [4] ได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานกลจากการเคลื่อนไหวเพื่อใช้งานกับเซ็นเซอร์โหนดไร้สายซึ่งจากการวิจัยพบว่าการดีดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกขนาด 12.7 * 31.8*0.51 มิลลิเมตร ^{3} 1 ครั้งจะให้แรงดันสูงที่สุด 21.3 โวลต์ และได้พลังงานเฉลี่ยที่ประมาณ 25.94 ไมโครจูล ซึ่งสามารถเป็นพลังงานให้กับเซ็นเซอร์โนดไร้สายที่อยู่ในสภาวะหลับได้ 1.44 วินาที หรือใช้ในการส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์โนดไร้สายได้ 1 แพ็กเกต ต่อการดีดประมาณ 32.29 Sunghwan Kim [5] ได้ศึกษาการนำพิโซอิเล็กตริกมาใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งพลังงานที่ได้จากพิโซอิเล็กตริกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความหนาของชั้น ทิศทางของไดอิเล็กทริค และแรงกดที่กระทำลงบนพื้นผิว โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้โครงสร้างแบบยูนิมอร์ท (Unimorph)และทริปเปิลมอร์ท (Triplemorph) โดยพิจารณาโครงสร้างในการจัดเรียงตัวของขั้ววัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณค่าพลังงานที่ได้โดยใช้อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความหนาและทิศทางของขั้วที่ตำแหน่งต่างๆ จากผลการศึกษาพบว่าการวางตัวของอิเล็กโทรดแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ส่วนYimming Liu [6] ได้ศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบซึ่งใช้อุปกรณ์ในการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบใหม่ได้แก่ พิโซอิเล็กตริก และอิเล็กโตรสตริกทีพ โดยศึกษาเปรียบการแปลงพลังงานจากวัสดุทั้งสอง ซึ่งต่อเข้ากับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรรักษาระดับแรงดัน ผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุทั้งสองชนิด ขึ้นอยู่กับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และเงื่อนไขขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงทางกล

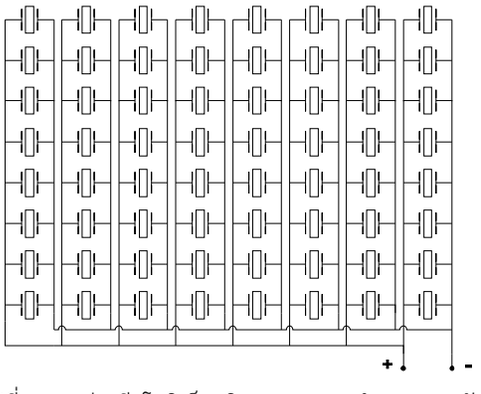
3.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 โมดูลเพียโซอิเล็กทริกแบบผสม โดยใช้เพียโซ อิเล็กทริกขนาด 27 มิลลิเมตร จำนวน 15 ตัว โดยวางบนแผ่น อะคริลิค หนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร โดยวางห่างกันทางแนวตั้ง 12 เซนติเมตร และแถวทางแนวนอน 6 เซนติเมตร โดยวางอนุกรม 3 ตัวและต่อขนานกัน 5 ชุด

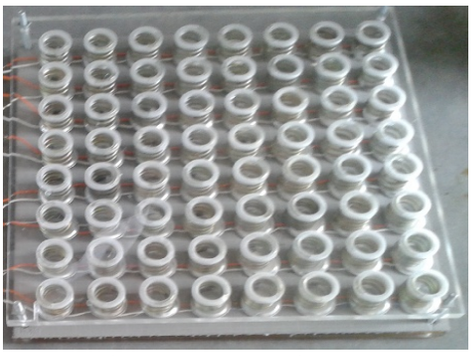


รูปที่ 1 การวางแบบผสม

3.2 โมดูลเพียโซอิเล็กทริกขนาด 27 มิลลิเมตร แบบมีฝาปิด จำนวน 64 ตัว ต่อขนานกันทั้งหมดโดยวางระยะห่างแต่ละตัวห่างกันทางแนวตั้ง 1 นิ้ว และทางแนวนอน 1 เซนติเมตร

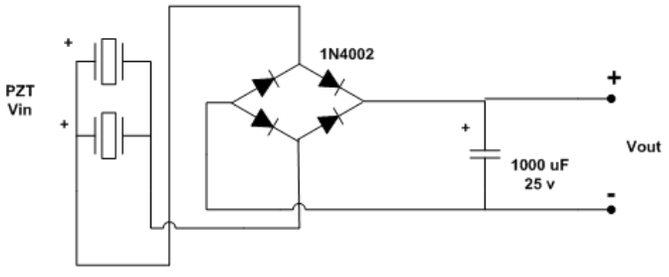


รูปที่ 2 การต่อเพียโซอิเล็กทริกแบบขนาน จำนวน 64 ตัว



รูปที่ 3 แผ่นทดสอบการสั่นสะเทือน

3.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ โดยใช้เพียโซอิเล็กทริกขนานกัน จำนวน 16 ตัว ต่อวงจรบริดจ์ 1 ชุด โดยทั้งโมดูลต่อเพียโซ อิเล็กทริกขนานกัน จำนวน 64 ตัว และใช้วงจรบริดจ์ 4 ชุด



รูปที่ 4 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

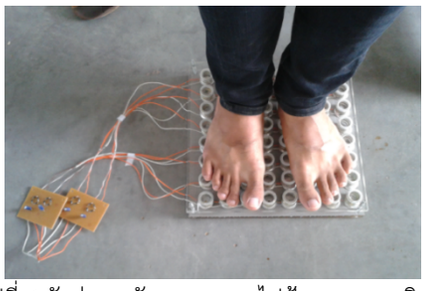
3.4. วิธีการทดลอง

3.4.1. การนำวัตถุที่มีน้ำหนักต่างๆ จำนวน 5 ขนาดมาวางที่ตัวพิโซอิเล็กทริก 1 ตัว และวัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้



รูปที่ 5 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของพิโซอิเล็กทริค

3.4.2. ทำการทดลองโมดูลเพียโซอิเล็กทริก โดยการต่อโมดูลเพียโซอิเล็กทริกกับวงจร บริดจ์โดยใช้คนที่มีน้ำหนักต่างกันขึ้นเหยียบโมดูลเพียโซอิเล็กทริก 10 ครั้งโดยในวงจรมีตัวเก็บประจุ มีค่า 100 μF ทำการวัดแรงดันและกระแส



รูปที่ 6 วัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจรบริดจ์

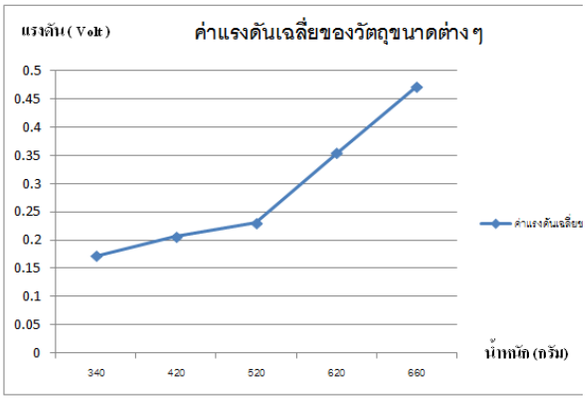
3.4.3. เปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุเป็น 1000 μF 2200 μF, 3300 μF และทำการวัดแรงดันและกระแส



รูปที่ 7 ทำการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ

4. ผลการทดลอง

4.1 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าน้ำหนักที่วางลงบนพิโซอิเล็กทริกแรงดันที่กำเนิดขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น



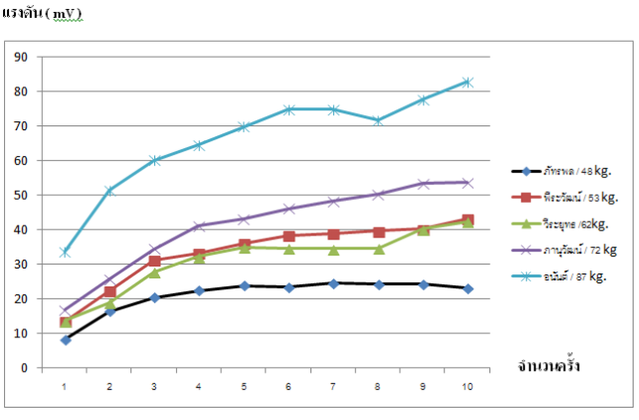
รูปที่ 8 แรงดันที่ผลิตได้จากเพียโซอิเล็กทริค 1 ตัว

4.2 การทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าบนแผ่นโมดูลเพียโซอิเล็กทริกโดยการเหยียบจากคนที่มีน้ำหนัก 87 kg จำนวน 10 ครั้งโดยต่อผ่านวงจรบริดจ์ ที่มีค่าตัวเก็บประจุค่า 1000 μF ได้ค่าแรงดันสะสมสูงสุด 82.8 mV และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 19.7 μA กำลังไฟฟ้าสะสม 82.8 mV x 19.7 μA = 1.63 μW

ตารางที่ 1 ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแผ่นพื้นทดสอบ

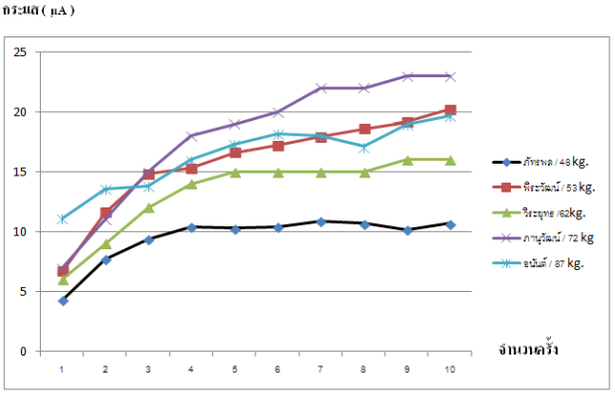
น้ำหนัก	C = 1000 µF				
	ครั้งที่	แรงดันตอนกด (mV)	แรงดันตอนลง (mV)	แรงดันสะสม (mV)	กระแสสะสม (µA)
87 kg.	1	12.4	21.2	33.6	11.1
	2	23.3	28.2	51.5	13.6
	3	27.7	32.4	60.1	13.8
	4	30.1	34.4	64.5	16
	5	32.2	37.6	69.8	17.3
	6	35.6	39.3	74.9	18.2
	7	36.6	38.2	74.8	18
	8	35.5	36.2	71.7	17.1
	9	36.6	41.1	77.7	19
	10	40.2	42.6	82.8	19.7

4.3 ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากคนที่มีน้ำหนักต่างกัน 5 คนโดยใช้ตัวเก็บประจุค่า 1000 µF คนที่มีน้ำหนัก 87 kg. สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 82.8 mV และคนที่มีน้ำหนัก 48 kg. สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้น้อยสุด 8.3 mV



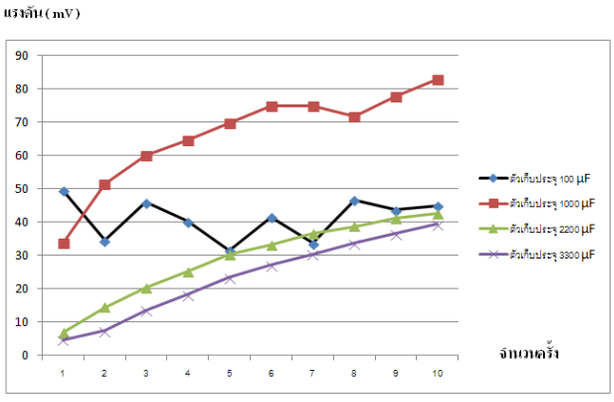
รูปที่ 9 การผลิตแรงดันไฟฟ้าจากน้ำหนักที่ต่างกัน

4.4 ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากคนที่มีน้ำหนักต่างกัน 5 คนโดยใช้ตัวเก็บประจุค่า 1000 µF คนที่มีน้ำหนัก 72 kg. สามารถผลิตกระแสได้สูงสุด 23 µA และคนที่มีน้ำหนัก 48 kg. สามารถผลิตกระแสน้อยสุด 4.3 µA



รูปที่ 10 การผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำหนักที่ต่างกัน

4.5 เปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ 100 μF ตัวเก็บประจุเป็น 1000 μF, 2200 μF, 3300 μF การเก็บประจุของตัวเก็บประจุมีค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแบบเป็นเชิงเส้นและตัวเก็บประจุขนาด 1000 μF ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 11 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุค่าต่างๆ

5. สรุปผล

5.1 ค่าแรงดันสูงสุดของเพียโซอิเล็กทริค 1 ตัวมีค่า 0.47 V ที่แรงกด 6 นิวตัน

5.2 ทำการทดลองโมดูลเพียโซอิเล็กทริก โดยการต่อโมดูลเพียโซอิเล็กทริกกับวงจร บริดจ์โดยใช้คนที่มีน้ำหนักต่างกันขึ้นเหยียบและลงจากโมดูลเพียโซอิเล็กทริก 10 ครั้ง และทำการวัดแรงดันสะสมสูงสุดของคนที่มีน้ำหนักสูงสุด 105 kg. ได้ 1.44 V และค่าแรงดันสะสมของคนที่มีน้ำหนักน้อยสุด 30 kg. ได้ 0.59 V

5.3 เมื่อใช้ตัวเก็บประจุ จำนวน 4 ค่าคือ 100 μF , 1000 μF, 2200 μF, 3300 μF พบว่าเมื่อคนที่มีน้ำหนัก 87 kg. จะผลิตแรงดันไฟฟ้าจากแรงกดได้แรงดันสะสมและกระแสสะสม มากกว่าคนที่มีน้ำหนัก 48 kg.

5.4 ตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อย จะใช้เวลาในการเก็บประจุน้อยและได้แรงดันมาก ซึ่งตัวเก็บประจุที่มีค่ามากจะใช้เวลาในการเก็บประจุมากและได้แรงดันน้อย

5.5 การหาค่ากำลังไฟฟ้า คนที่มีน้ำหนัก 87 kg. โดยใช้ตัวเก็บประจุ 1,000 μF ได้กำลังไฟฟ้า 1.63 μW และ คนที่มีน้ำหนัก 48 kg. โดยใช้ตัวเก็บประจุ 1,000 μF ได้กำลังไฟฟ้า 0.25 μW

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พฤทธิกร สมิตไมตรี. รูปแบบการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกและการเคลื่อนที่ของคลื่นในมอเตอร์อัลตราโซนิคแบบเชิงเส้นโค้ง. แหล่งที่มา URL: http://elibrary.trf.or.th

[2] นิธิพจน์ พุทธงชัย. ผลของสมบัติวัสดุ PZTs ต่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน.2552. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[3] สุพล มนะเกษตรธาร การเก็บเกี่ยวพลังงาน (ไฟฟ้า) จากการก้าวเท้าและการประยุกต์ใช้ในการทหารและการอุตสาหกรรมรองเท้าของไทย. URL:http://www.ostc.thaiembdc.org/test2012/article_Sept_12

[4] ธงชัย โชติวัฒนกานต์กุล , ชัชชัย คุณบัว .เพียโซอิเล็กทริคในระบบเก็บเกี่ยวพลังงานสำหรับเซนเซอร์โนดไร้สาย.2555.การประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 195 -201.

[5] Sunghwan Kim .2002. Low Power Energy Harvesting with Piezoelectric Generator.Faculty of School of Engineering. University of Pittsburg.

[6] Yimming Liu.2008. Active Piezoelectric Energy Harvesting .Journal of Intelligent Material System and Structures March 2009 20:575 -585 First published on October 24,2008.

O-IR25

การผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

Power Generation by the Mass Moment of Inertia using Computer System

พงษ์ศักดิ์ คงขน* และจิระศักดิ์ ชาญวุฒิธรรม[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: lekdrag@hotmail.com, jew@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการทดลองสร้างเครื่องผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมซึ่งอาศัยหลักการหมุนของมวลรอบจุดศูนย์กลางอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดงานที่เพลาหมุน ระบบขับเคลื่อนใช้ระบบไฮโดรลิกส์มีกระบอกสูบผลักดันมวลให้เคลื่อนที่อยู่ในตำแหน่งเยื้องศูนย์เพื่อให้มวลหมุนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและสร้างแรงบิดและกำลังเป็นกลวัตร การควบคุมการทำงานทางกลจะใช้ระบบไฮโดรลิกส์ซึ่งมีตัวควบคุมและประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบงานที่ป้อนให้กับระบบกับงานที่ได้รับจากการหมุนของมวล ใช้ก้อนเหล็กขนาด 375 กิโลกรัม จำนวน 2 ก้อน วางในระนาบเดียวกันมีจุดศูนย์กลางอยู่ระหว่างก้อนเหล็กทั้ง 2 ก้อน ระบบคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของก้อนเหล็กโดยคำนึงถึงกำลังอินพุตที่น้อยที่สุดและอาศัยโมเมนต์ความเฉื่อยเป็นหลัก จากผลการทดลองเครื่องผลิตกำลังนี้ให้ประสิทธิภาพได้ 38.6 % และสามารถนำไปประยุกต์กับแหล่งพลังงานธรรมชาติอื่น ๆ เพื่อแปลงเป็นพลังงานกลในรูปของเพลาหมุนได้ต่อไป

คำสำคัญ : แรงโน้มถ่วง, โมเมนต์ความเฉื่อย, คอมพิวเตอร์

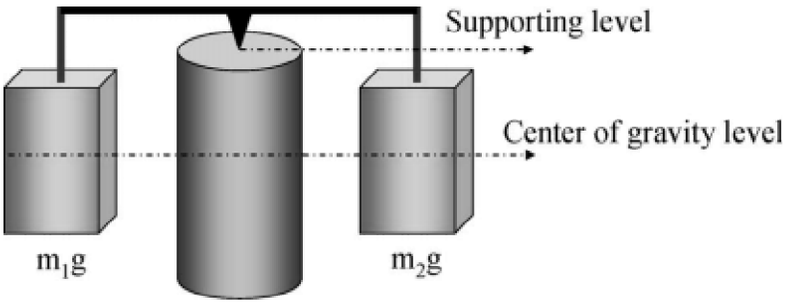
Abstract

This paper presents the experiment of power generation by the mass moment of inertia controlled by computer system, which relied on the object consistently rotating around the center shaft until the shaft work is generated. The movement is hydraulic system containing hydraulic cylinder to slide the object to the centrifugal position so that the object will be rotated by the earth gravity and creates torque and power cycles. The mechanical process is controlled by hydraulic system, which commanded and processed by computer system. This experiment is intended to study the efficiency of power generation by the mass moment of inertia by comparing the input power and output power obtained from the rotation. Two steel cubes, each weight 375 kilograms, are placed in the equivalent level of center shaft. The computer system controls the rotation of steel cubes, concerning on the lowest input power and mainly relying on moment of inertia. The result of this experiment illustrates that the power generator provides the efficacy at 38.6% and could also be applied with other natural resources in order to transform energy into mechanical energy.

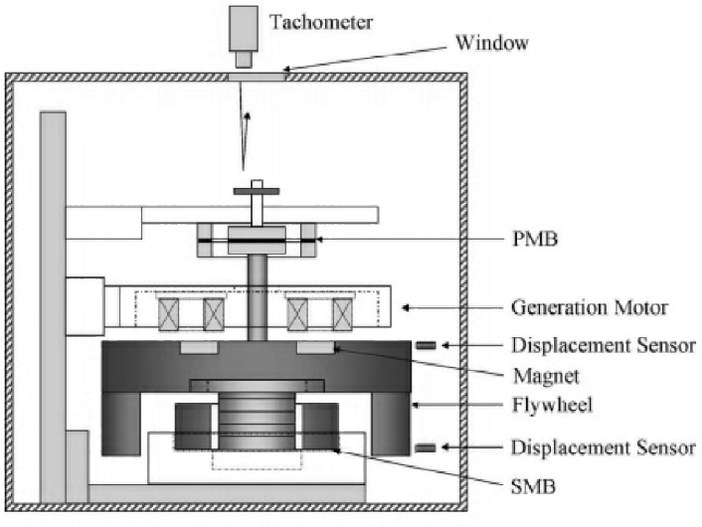
Keyword: Gravity, Moment of Inertia, Computer

1. บทนำ

การหมุนของวัตถุรอบแกนผ่านจุดศูนย์กลางจะเกิดโมเมนต์ความเฉื่อยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพลังงาน และล้อช่วยแรง (Flywheel) เป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่นิยมใช้สะสมพลังงานซึ่งเกิดจากโมเมนต์ความเฉื่อยและถือเป็นเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานรูปแบบหนึ่ง จากงานวิจัยเรื่อง New Concept for Flywheel Energy Storage System Using SMB and PMB โดย M. Subkhan และ M. Komori [1] ได้ทดลองการสะสมพลังงานจากการหมุนของแผ่นเหล็กตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการของ yajirobei (balancing toy)



รูปที่ 2 เครื่อง New Flywheel Energy Storage System Using PMB and SMB

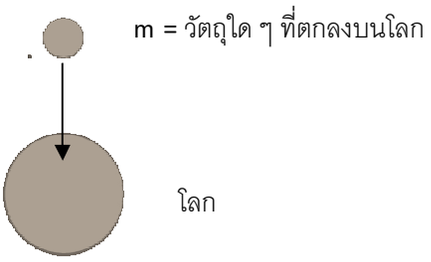
โดยเครื่อง New flywheel energy storage system using PMB and SMB มีหลักการทำงานโดยสรุป คือ การป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ Generation Motor เพื่อให้เครื่องหมุน และเมื่อมีการหมุนแม่เหล็กถาวรจะช่วยเสริมแรงผลักในชุด PMB (Permanent Magnet Bearing) และพลังงานดังกล่าวทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมในล้อช่วยแรง สามารถตัดต่อพลังงานที่ป้อนเข้าเครื่อง
เพื่อลดพลังงานด้านอินพุต ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น โครงสร้างของระบบแสดงดังรูปที่ 2

ส่วนการผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวล จะใช้วัตถุซึ่งมีน้ำหนักเคลื่อนที่รอบจุดหมุนจนเกิดกำลังไปขับโหลด ระบบการทำงานนั้นจะมีกระบอกไฮโดรลิกส์ขับดันก้อนเหล็กให้เคลื่อนที่ไปในตำแหน่งเยื้องศูนย์เพื่อให้ก้อนน้ำหนักตกด้วยแรงโน้มถ่วงโลกและเกิดแรงบิดเป็นกลวัตร การทำงานทางกลถูกควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งก้อนน้ำหนักและระยะการเคลื่อนที่อย่างละสองตัว และเซนเซอร์ตรวจจับความเร็วรอบของเครื่อง โดยคอมพิวเตอร์จะตรวจจับตำแหน่งของเครื่องแล้วสั่งเลื่อนก้อนน้ำหนักให้เยื้องศูนย์เพื่อให้ตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงโลก และในขณะเดียวกันจะตรวจสอบความเร็วรอบของเครื่องและนำไปประมวลผลสำหรับตัดต่อแหล่งจ่ายพลังงานเป็นการลดพลังงานที่จ่ายให้กับระบบ การวิจัยได้ศึกษาหาประสิทธิภาพของเครื่องโดยวิธีเปรียบเทียบงานที่ป้อนให้กับระบบกับงานที่ได้รับจากระบบและใช้หลักการวัดแรงบิดแบบโพนีเบรค (Pony Break) ซึ่งใช้ชุดเบรคทำการเบรคเครื่องและเป็นผลทำให้แขนชุดเบรคกดตาชั่งสปริงทำให้ได้ค่าแรงบิด ส่วนความเร็วรอบจะใช้ทาโคมิเตอร์ (Tachometer)

2. ทฤษฎีเบื้องต้น

จากกฎแรงโน้มถ่วงของโลก วัตถุใด ๆ จะตกลงสู่พื้นโลกด้วยอัตราเร่งประมาณ 9.81 m/s^2 และเกิดแรงกระทำตามสมการ

$$F = m\,g \qquad (1)$$



รูปที่ 3 วัตถุใดๆ ที่ตกลงบนพื้นโลก

วัตถุใดที่อยู่สูงห่างจากพื้นโลกโดยยังอยู่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก วัตถุนั้นมีพลังงานศักย์และในขณะที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ลงจะเปลี่ยนเป็นพลังจลน์ พลังงานนี้ถ้ามีมากพอก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แนวคิดในการผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลที่นำเสนอนี้จะใช้วัตถุ 2 ก้อน วางในแนวตรงข้ามกันกับจุดศูนย์กลางซึ่งถือเป็นจุดหมุน วัตถุก้อนที่มีระยะรัศมีมากกว่าจะเกิดแรงกระทำเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกทำให้ตกลงสู่ด้านล่างและเกิดโมเมนต์ความเฉื่อย (I)

$$I = mR^2 \qquad (2)$$

m คือ มวลของวัตถุ

R คือ ระยะห่างของวตถุจากจุดศูนย์กลาง

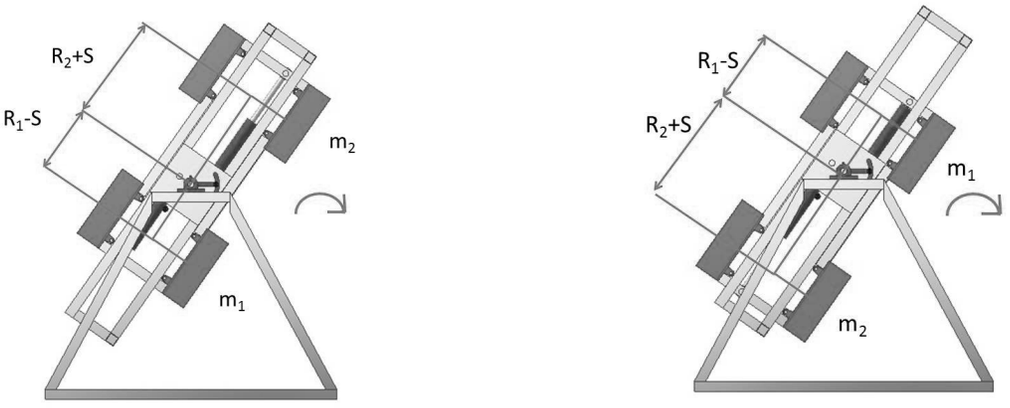
ถ้ากำหนดให้วัตถุ m_1 และ m_2 มีมวลเท่ากัน วางห่างจากจุดหมุนเป็นระยะทาง R_1 และ R_2 ตามลำดับ โดย R_1 เท่ากับ R_2 ตำแหน่งของวัตถุทั้งสองอยู่ในทิศทางตรงข้ามกันเป็นมุม 180° จากรูปที่ 4 ก สมมติให้ตอนเริ่มต้น วัตถุ m_1 มีระยะห่างจากจุดหมุนเท่ากับ R_1+S โดย S เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง และวัตถุ m_2 มีระยะห่างจากจุดหมุนเท่ากับ R_1-S แรงโน้มถ่วงโลกจะกระทำกับวัตถุ m_1 เนื่องจากมีระยะห่างจากจุดหมุนมากกว่าวัตถุ m_2 วัตถุ m_1 จะเคลื่อนที่ลงด้านล่างในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และจะทให้วัตถุ m_2 เคลื่อนที่ขึ้นด้านบนในทิศทางเดียวกันจนกระทั่งวัตถุ m_2 อยู่ในตำแหน่งดังรูปที่ 4 ข



(ก) (ข)

รูปที่ 4 โมเมนต์ความเฉื่อยเกิดขึ้นที่วัตถุ m_1 เนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

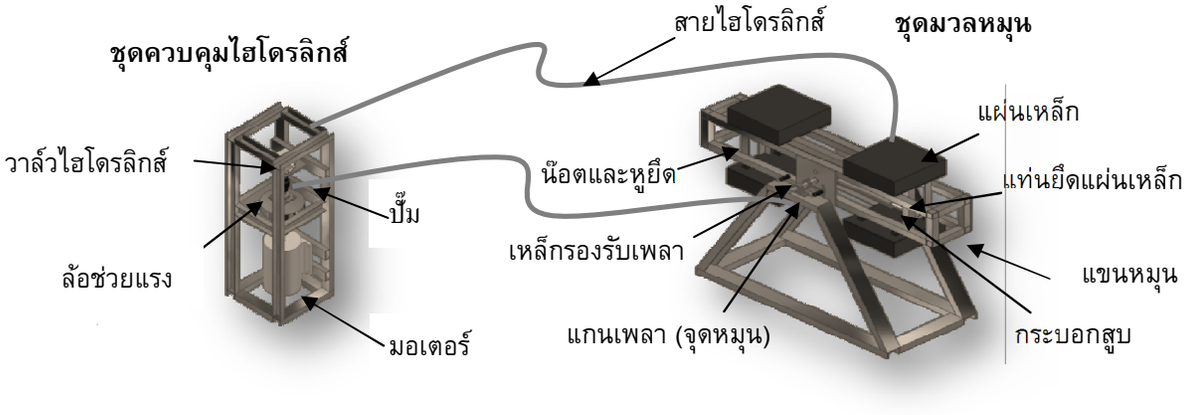
เมื่อวัตถุ m_2 อยู่ในตำแหน่งด้านบน หากเลื่อนตำแหน่งวัตถุทั้งสองให้ขยับเป็นระยะทาง S ตรงข้ามกับตอนเริ่มต้น โดยวัตถุ m_2 จะมีระยะห่างจากจุดหมุนเป็น R_2+S และวัตถุ m_1 มีระยะห่างจากจุดหมุนเท่ากับ R_1-S ดังรูปที่ 5 ก เช่นเดียวกันกับตอนเริ่มต้น วัตถุ m_2 จะได้รับอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงโลกเนื่องจากมีระยะห่างจากจุดหมุนมากกว่าวัตถุ m_1 ทำให้วัตถุ m_2 เคลื่อนที่ลงด้านล่างในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ในขณะเดียวกัน วัตถุ m_1 จะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนในทิศทางเดียวกันจนกระทั่งวัตถุ m_1 อยู่ในตำแหน่งดังรูปที่ 5 ข จากนั้นเลื่อนตำแหน่งวัตถุทั้งสองให้ขยับเหมือนตอนเริ่มต้นเพื่อให้วัตถุ m_1 เคลื่อนที่ลงล่างในรอบต่อไป ดังนั้น การหมุนของวัตถุทั้งสองนี้ก็จะดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักร ทำให้เกิดงานที่เพลานำไปใช้ประโยชน์ทางกลต่อไป



(ก) (ข)

รูปที่ 5 โมเมนต์ความเฉื่อยเกิดขึ้นที่วัตถุ m2 เนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

การควบคุมการเลื่อนของวัตถุทั้งสองบนแขนหมุนใช้ระบบไฮโดรลิกส์ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้การเลื่อนของวัตถุทั้งสองเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันในจังหวะที่เหมาะสมทำให้เกิดการหมุนอย่างต่อเนื่อง จังหวะของการเลื่อนวัตถุทั้งสองนั้นจะใช้เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งการหมุนจำนวน 2 ตัว และเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานอินพุต การจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ pump ไฮโดรลิกส์จะจ่ายเฉพาะช่วงการเลื่อนวัตถุทั้งสองเท่านั้น ลักษณะโครงสร้างทางกลของงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ชุดควบคุมระบบไฮโดรลิกส์และชุดมวลหมุนแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวล

3. การคำนวณพลังงานอินพุตและเอาท์พุต

พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนระบบไฮโดรลิกส์ [4]

$$P_{in} = \frac{P \times Q}{600} \quad (3)$$

$$P = \frac{F}{A} \times 10^{-5} \quad (4)$$

P_{in} คือ กำลังงานอินพุตของระบบไฮโดรลิกส์ หน่วยเป็น kW

P คือ ความดันภายในกระบอกไฮโดรลิกส์ หน่วยเป็น bar

Q คือ อัตราการไหลของปั้มไฮโดรลิกส์ หน่วยเป็น Liter/min

F คือ แรงของกระบอกไฮโดรลิกส์ หน่วยเป็น N

A คือ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกไฮโดรลิกส์ หน่วยเป็น m^2

พลังงานที่ป้อนให้กับมอเตอร์ของระบบไฮโดรลิกส์

$$P_m = \sqrt{3}\ EI\cos\theta \quad (5)$$

P_m คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ หน่วยเป็น W

E คือ แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน่วยเป็น V

I คือ กรสไฟฟ้าของมอเตอร์ หน่วยเป็น A

$\cos\theta$ คือ ค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์

พลังงานที่ได้รับจากเพลาหมุน [5]

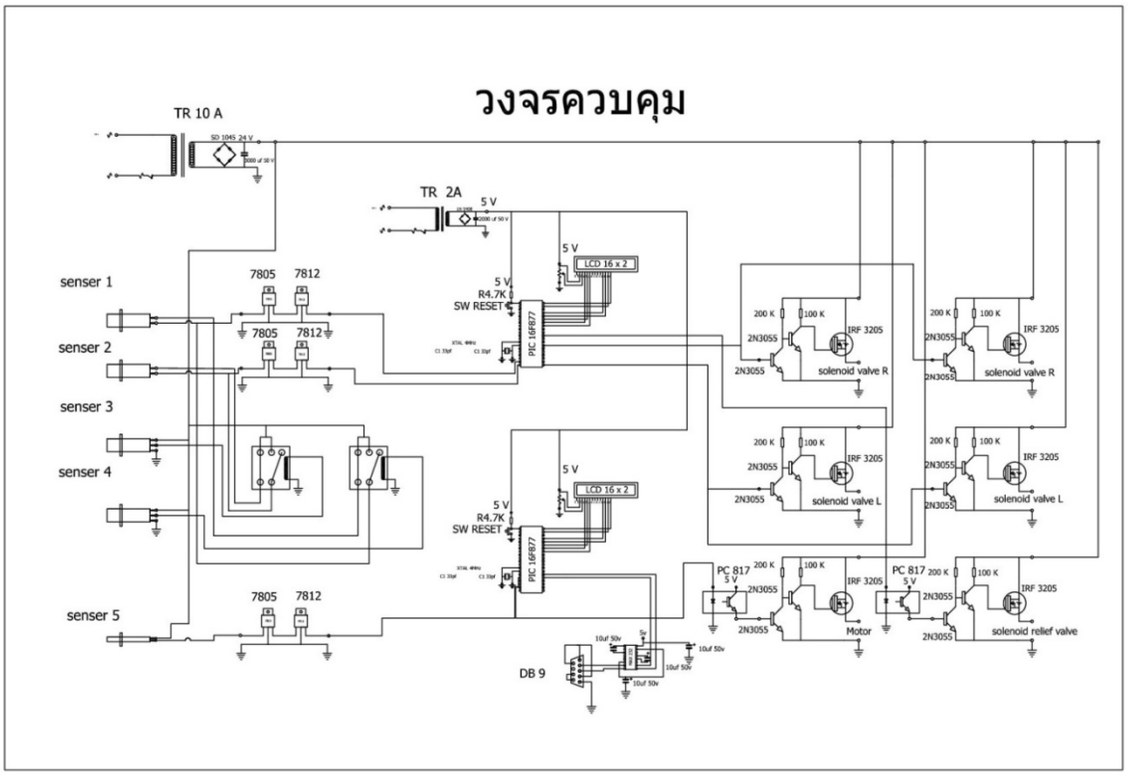
$$P_o = \frac{2\pi TN}{60} \quad (6)$$

P_o คือ กำลังเอาท์พุตจากเพลาหมุน หน่วยเป็น W

T คือ แรงบิดที่เพลา หน่วยเป็น N m

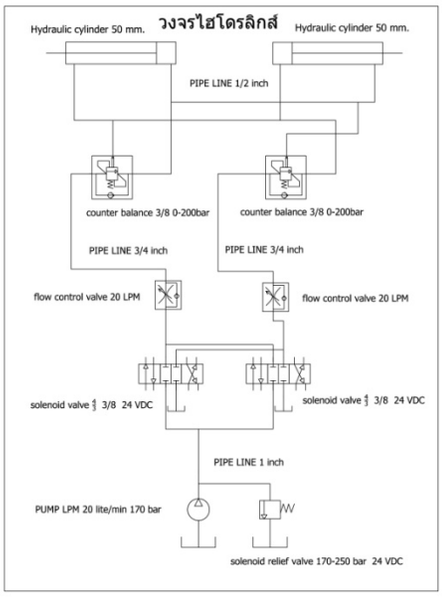
N คือ ความเร็วรอบของเพลา หน่วยเป็น rpm

วัตถุหมุนที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 400 x 400 mm หนา 125 mm จำนวน 2 แผ่นต่อวัตถุ 1 ชิ้น ดังนั้น มวลของวัตถุ m_1 และ m_2 จะมีค่า 314.8 kg (ความหนาแน่นของเหล็กคิดที่ 7.87 kg/dm^2) ขนาดกระบอกและก้านสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 และ 2.5 cm ตามลำดับ จากการคำนวณแรงเพื่อใช้เลื่อนก้อนวัตถุทั้งสอง เลือกใช้ pump ไฮโดรลิกส์ ที่มีอัตราการไหล 20 Liter/min และความดัน 170 bar การออกแบบโครงสร้างเครื่องใช้โปรแกรม Autodesk Inventor 9 และระบบควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 ควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับ pump ไฮโดรลิกส์ และวาล์วไฮโดรลิกส์ โดยส่งข้อมูลไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 7 ส่วนของวงจรไฮโดรลิกส์แสดงดังรูปที่ 8 และเครื่องต้นแบบแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 7 วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

Sensor 1 และ 2 เป็นเซนเซอร์ตรวจจับตำหน่งเพื่อเลื่อนวัตถุแต่ละก้อน Sensor 3 และ 4 ทำหน้าที่รักษาความปลอดภัยป้องกันไม่ให้วัตถุเลื่อนระยะเกินแขนหมุน Sensor 5 ทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่อง ถ้าเครื่องมีความเร็วรอบสูงกว่า 50 รอบต่อนาทีให้หยุดจ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ แต่มอเตอร์ยังคงหมุนต่อไปเนื่องจากใช้ล้อช่วยแรง (Flywheel) เป็นตัวสะสมโมเมนต์ความเฉื่อย และถ้าหากตรวจวัดความเร็วรอบต่ำกว่า 30 รอบต่อนาที จึงจ่ายพลังงานให้มอเตอร์หมุนอีกครั้ง



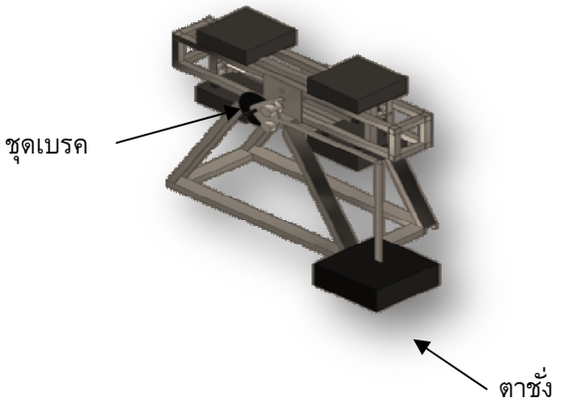
รูปที่ 8 วงจรไฮโดรลิกส์



รูปที่ 9 เครื่องผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

4. ผลการทดลอง

การทดลองการทำงานของเครื่องผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลในงานวิจัยนี้ได้ควบคุมความเร็วรอบอยู่ในช่วง 30-50 รอบต่อนาที และวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นที่เพลาโดยใช้วิธี Pony Break ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานทั่วไป ดังรูปที่ 10 ซึ่งผลการวัดที่ความเร็วรอบ 33.4 rpm ได้น้ำหนักกดที่เครื่องชั่ง 25 kg คิดเป็นแรงบิดได้ 245.25 Nm จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องโดยใช้วิธีวัดปริมาณกำลังไฟฟ้าด้านอินพุตเทียบกับกำลังทางกลด้านเอาท์พุต ผลการวัดกระแสไฟฟ้าด้านอินพุตได้ค่า 4.03 A



รูปที่ 10 ชุดวัดแรงบิดแบบ Pony Brake

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าด้านอินพุตที่จ่ายให้กับระบบมีค่า 2,228 W (Power Factor 0.84) เท่ากับ 2.98 HP ส่วนกำลังทางกลด้านเอาท์พุต จากสมการ 6 คำนวณค่าได้ 857.8 W หรือเท่ากับ 1.15 HP เมื่อคิดประสิทธิภาพทางพลังงานจะได้ค่าเท่ากับ 38.6%

5. สรุป

จากการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลด้วยระบบคอมพิวเตอร์นี้ ได้ดำเนินการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Autodesk Inventor 9 และคำนวณโหลดของระบบไฮโดรลิกส์เพื่อหาขนาดของกระบอกและ pump ไฮโดรลิกส์ ที่เหมาะสม และทดสอบการทำงานเพื่อยืนยันหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ผลการทดลองพบว่าเครื่องสามารถให้กำลังงานเอาท์พุตได้น้อยและมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับกลจักรชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้งานวิจัยนี้ถือเป็นการเริ่มต้นในครั้งแรกซึ่งยังขาดการวิเคราะห์หาค่าที่ดีที่สุดสำหรับจังหวะการเลื่อนวัตถุทั้งสองในช่วงที่พลังงานได้สิ้นสุดการถ่ายทอดจากวัตถุก้อนที่ 1 ไปยังก้อนที่ 2 เพื่อให้เกิดพลังงานใหม่ในรอบถัดไป และค่าสูญเสียต่าง ๆ ในระบบ หากได้มีการวิเคราะห์อย่างเป็น

ระบบน่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่านี้ ทั้งนี้แนวคิดในการผลิตกำลังจากโมเมนต์ความเฉื่อยมวลนี้ มีความต้องการนำพลังงานรูปแบบอื่นมาทดแทนระบบไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมระบบไฮโดรลิกส์ ซึ่งหลักการนี้จะเป็นการแปลงพลังงานจากธรรมชาติให้เป็นพลังงานกลรูปแบบหนึ่ง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Subkhan, M. and Komori, M. “New Concept for Flywheel Energy Storage System Using SMB and PMB,” IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 21, NO. 3, June 2011.

[2] Wisse, B.M., van Dorsser, W.D., Barents, R. and Herder, J.L. “Energy-Free Adjustment of Gravity Equilibrators Using the Virtual Spring Concept,” IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2007.

[3] Changhyun Cho and Sungchul Kang, “Design of a static balancing mechanism with unit gravity compensators,” IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2011.

[4] ขวัญชัย สินทิพย์สมบรูณ์ และ ปานเพชร ชินินทร “ไฮโดรลิกส์อุตสาหกรรม“บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) พ.ศ.2550

[5] อุตส่าห์ จิรากร เชื้อ ชูขำ “เครื่องยนต์สันดาปภายใน” บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) พ.ศ.2542

O-IR26

การวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

Cooling Performance Analysis of Water Cooler used Thermoelectric

โชติวัธน์ ศุภิรัตนกุล[1], สุเนตร พรหมขุนทอง[2*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000 E-mail: chotti_sut@pbru.ac.th

[2*] สาขาวิชาช่างยนต์ คณะวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคชุมพร 86000 E-mail: sunate098@gmail.com

บทคัดย่อ

เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ทางเลือกหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในงานแลกเปลี่ยนความร้อน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับต่ำไปสู่พลังงานระดับสูง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการออกแบบ และนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้กับระบบการทำน้ำเย็น และศึกษาผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ระยะเวลาการทดสอบ 240 นาที ผลการวิจัย พบว่า เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 5 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 50 นาที ก่อนที่เครื่องจะรักษาสภาวะการทำงานแบบนี้ไปถึง 2 ชั่วโมง จนอุณหภูมิใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำที่อยู่ภายในถังน้ำเย็นเป็นน้ำแข็งเกาะ ปริมาณไฟฟ้าสะสมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่ จาก 2.93 กิโลวัตต์ จนถึง 3.30 กิโลวัตต์ คิดเป็น 0.37 กิโลวัตต์ (92.5 วัตต์-ชั่วโมง) ส่วนเครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โม อิเล็กทริก มีปริมาณไฟฟ้าสะสมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่ จาก 2.65 กิโลวัตต์ จนถึง 2.87 กิโลวัตต์ คิดเป็น 0.22 กิโลวัตต์ (55 วัตต์-ชั่วโมง) ประหยัดได้ 40.54% การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้านเย็นและด้านร้อนของถังเก็บน้ำ พบว่า ตำแหน่งของจุดที่วัดด้านเย็นจะเริ่มจากด้านบนสุดของถังคือ C1A จนถึงด้านล่างคือ C4A มีอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ส่วนด้านร้อนที่วัดเริ่มจากด้านบนสุดของถังคือ H1A จนถึงด้านล่างคือ H4A มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ระดับกระแสไฟฟ้าต่างๆ พบว่า ช่วงของกระแส 5, 6 และ 7 แอมป์ นั้นอุณหภูมิของน้ำเย็นมีความใกล้เคียงกัน ที่อัตราการทำความเย็น 20.57 กิโลวัตต์ มีค่า COP เท่ากับ 1.28 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า อายุการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น 15 ปี ก่อนการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 92.5 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 650.01 บาท/ปี เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถประหยัดพลังงานได้เฉลี่ย 37.5 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 263.52 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 4 เดือน อัตราการคืนทุนภายใน 42%

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กทริก, เครื่องทำน้ำเย็น, คอมเพรสเซอร์

Abstract

Thermoelectric was device alternative commonly used in heat exchangers. The current flow through the semiconductor material made of different types of damage to the absorption of electrons. Moving from low power into high power. This research aims to design studies and thermoelectric applied with water cooler, study the economics. The operate system was 240 minute test period. The results showed that : Water coolers used a compressor with a starting temperature of water at room temperature. Then cooled down to 5^0C by 50 minutes. Before the unit will maintain current up to 2 hours until the temperature was 0^0C. The water inside bucket of cold water into ice. Accumulation has increased the amount of electricity at fixed rate from 2.93 kW into 3.30 kW was 0.37 kW (92.5 W.h). The cooler uses thermoelectric cumulative amount of electricity has increased at fixed rate from 2.65 kW into 2.87 kW was 0.22 kW (55 W.h) saving 40.54%. The change in temperature of cold side and hot water storage tank found : The position of measure, evening will begin from top of the tank was C1A below was C4A, temperature was 12 ^{0}C. The heat is measured from top of the tank was H1A below was H4A temperature was 39 ^{0}C. Temperature changes of cold water at various power levels found : Range of current 5A, 6A and 7A temperature of cooling water are similar. and has a cooling capacity 20.57 kW, COP 1.28 Economic analysis found : The useful life of water cooler was 15 year. Before installing Thermoelectric power consumption average 92.5 W.h (650.01 bath/year). Thermoelectric cooler was used to save energy on average 37.5 W.h (263.52 bath/year). Payback period was 2 year 4 month. Internal rate of return was 42%.

Keywords : Thermoelectric, water cooler, compressor

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องทำน้ำเย็นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมกันมากในสำนักงาน, หน่วยงาน, โรงพยาบาล สถานศึกษา, บริษัทต่างๆ เป็นต้น เนื่องจากง่ายต่อการบริโภค ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็นในปัจจุบันนั้นจะสังเกตได้ว่ามีการทำความเย็นเกินกว่าที่ความต้องการในการบริโภคน้ำเย็นของคนโดยทั่วไป โดยน้ำเย็นที่เหมาะแก่การบริโภคควรอยู่ที่ประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็นโดยทั่วไปที่ผลิตขายตามท้องตลาด จะมีการทำความเย็นกับน้ำที่ประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส และเมื่อเปิดเครื่องทิ้งไว้นานๆ จะทำให้เกิดน้ำแข็งเกาะที่ผิวด้านในของบริเวณที่ทำความเย็น ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ทางเลือกหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในงานแลกเปลี่ยนความร้อน หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก คือ เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่สารกึ่งตัวนำแบบ พี-เอ็น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอน ที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพีไปสู่พลังงานระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็นส่งผลให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านเย็น และในขณะเดียวกันก็เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น สู่พลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนที่ด้านร้อน ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ของเพลเทียร์ (Peltier effect) จากหลักการที่กล่าวมาข้างต้นมีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อทดแทนระบบการทำความเย็นแบบเดิม เพื่อประหยัดพลังงานในเครื่องทำน้ำเย็น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็นกันอย่างกว้างขว้าง เช่น ทำความเย็นให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือแพทย์ นอกจากนั้นยังได้นำมาใช้ในการปรับอากาศให้กับยานพาหนะทางทหาร สำหรับประเทศไทยนั้น ได้มีการศึกษาการทำความเย็น ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโดยการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ และทดลองสร้างเครื่องต้นแบบ ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้การพาความร้อนแบบอิสระ โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นทำการศึกษาถึงการออกแบบ และนำเทอร์โมอิเล็กทริก มาประยุกต์ใช้ทดแทนระบบการทำความเย็นแบบเดิม เพื่อประหยัดพลังงานในเครื่องทำน้ำเย็น จากนั้นใช้วงจรควบคุมอุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องทำน้ำเย็น ไม่ให้เกิดเป็นน้ำแข็งเกาะที่ผิวด้านในของบริเวณที่ทำความเย็น ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องทำน้ำเย็นเราใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ที่ได้โปรแกรมไว้มาควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องทำน้ำเย็น

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำเย็นประหยัดพลังงาน

2) เพื่อศึกษาหลักการทำงาน และอุปกรณ์ภายในของเครื่องทำน้ำเย็น และของเทอร์โมอิเล็กทริก

3) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพสมรรถนะ และการสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกกับแบบเดิมที่ใช้คอมเพรสเซอร์

4) เพื่อศึกษาผลทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำเย็นประหยัดพลังงาน

3. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาหลักการทำงานและอุปกรณ์ภายในของเครื่องทำน้ำเย็น ออกแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ออกแบบวงจรควบคุมที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมอุณหภูมิ ภายในเครื่องทำน้ำเย็นทดสอบ หาอุณหภูมิที่เครื่องทำน้ำเย็นระหว่างระบบแบบเดิม ที่ใช้คอมเพรสเซอร์กับที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

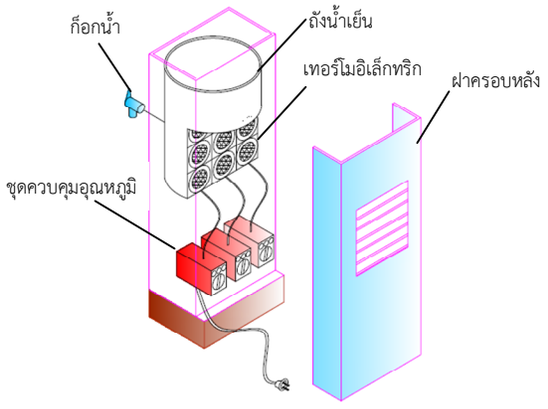
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องต้นแบบของเครื่องทำน้ำเย็นระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก ตลอดจนทราบถึงผลของสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก และทราบผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องทำน้ำเย็นระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

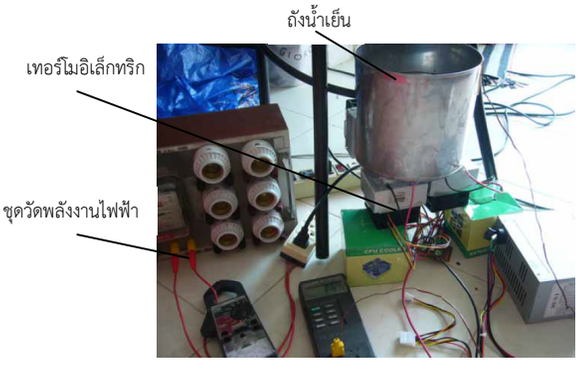
5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การออกแบบตัวถังเก็บน้ำ

ต้องมีลักษณะที่ทำให้สามารถติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก โดยวัสดุที่ใช้ทำตัวถังเก็บน้ำจะใช้ สแตนเลสเพื่อให้สามารถเชื่อมกับตัวโครงสร้างถังได้ การออกแบบตัวถังเก็บน้ำแสดงดังรูปที่ 1 โครงสร้างถังเก็บน้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวถังเป็น 18 เซ็นติเมตร ความสูงของตัวถังทั้งหมด 16 เซ็นติเมตร ซึ่งมีส่วนที่ตัดออกไปเพื่อใส่เทอร์โมอิเล็กทริก สำหรับส่วนที่ใส่เทอร์โมอิเล็กทริกนั้นมีขนาด กว้าง 10 เซ็นติเมตร ยาว 18 เซ็นติเมตร การออกแบบโครงสร้างรองรับตัวถังเก็บน้ำเย็น ต้องมีลักษณะพอดีกับตัวถังน้ำเย็นซึ่งอยู่ด้านบนดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นการนำเอาถังน้ำเย็นที่ออกแบบไว้มาเชื่อมเข้ากับ โครงสร้างรองรับตัวถังเก็บน้ำเย็น ถังน้ำเย็นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซ็นติเมตร ทำให้ตัวรองรับถังเก็บน้ำเย็นมีขนาด กว้างxยาว = 30x30 เซ็นติเมตร ส่วนด้านล่างจะมีพื้นที่สำหรับการวางเทอร์โมอิเล็กทริก และวงจรที่ออกแบบไว้ วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างรองรับตัวถังจะใช้สแตนเลส ซึ่งมีความหนาขนาดเบอร์ 21 เพื่อให้สามารถรองรับน้ำหนักของถังใส่น้ำที่มีขนาด 20 ลิตรได้



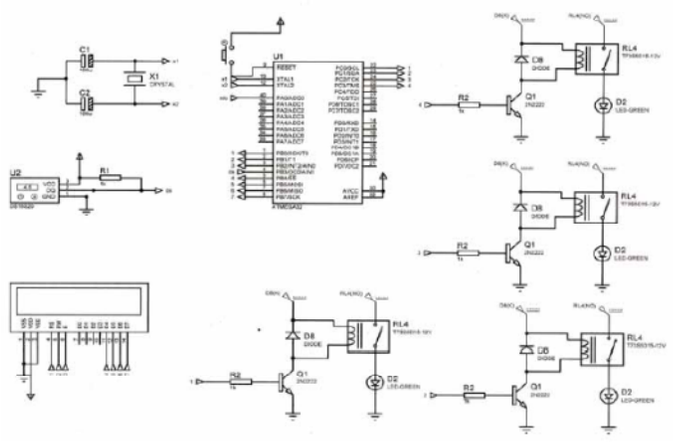
รูปที่ 1 การออกแบบตัวถังเก็บน้ำ



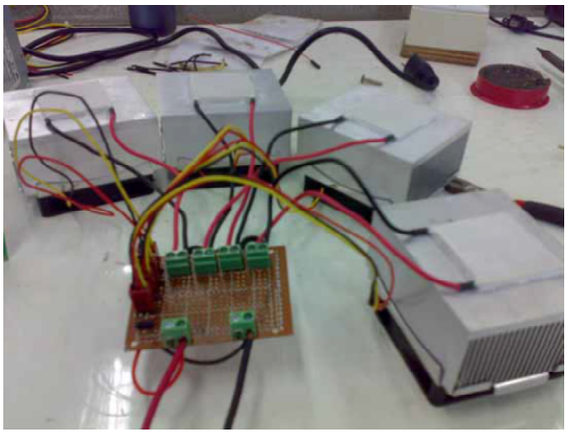
รูปที่ 2 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกที่ตัวถังเก็บน้ำ

5.2 การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ

ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุมอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 3 การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ จะเริ่มจากไมโครคอนโทรเลอร์รับค่าอุณหภูมิมาจาก DS1820 ซึ่งเป็น IC ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ มี ช่วงของการวัดอยู่ที่ +125 ถึง -55 องศาเซลเซียส เมื่อไมโครคอนโทรเลอร์รับค่ามาแล้ว จะทำการแสดงผลออกมาทางหน้าจอ LCD โดยต่อไว้ที่ PORT B ของ ไมโครคอนโทรเลอร์ จากนั้นนำวงจรรีเลย์ไปต่อไว้ที่ PORT C ของไมโครคอนโทรเลอร์โดยรีเลย์จะเลือกขาที่เป็น NO เพื่อที่เวลาไม่มีไฟเข้ามาจะทำให้วงจรในรีเลย์เปิดอยู่ ถ้ามีไฟจากไมโครคอนโทรเลอร์เข้ามาจะทำให้ PORT C ของไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานมีสถานะเป็น 1 วงจรรีเลย์ก็จะปิด ทำให้ไฟฟ้าไหลครบวงจรทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกทำงาน เมื่อถึงอุณหภูมิที่เราเขียนไว้ในโปรแกรมที่อยู่ในไมโครคอนโทรเลอร์ จะทำให้ไม่มีไฟเข้ามาในรีเลย์ ทำให้ PORT C ของไมโครคอนโทรเลอร์มีสถานะเป็น 0 วงจรรีเลย์ก็จะเปิดออก ระบบจะตัดการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก และ เมื่อถึงอุณหภูมิที่ตั้งให้ทำงาน PORT C ของ ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานมี สถานะเป็น 1 วงจรรีเลย์ก็จะปิดทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกทำงาน โดยการทำงานของวงจรควบคุมอุณหภูมิจะทำงานหมุนเวียนต่อเนื่อง



รูปที่ 3 ผังโปรแกรมชุดควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4 ชุดวงจรควบคุมอุณหภูมิ

การออกแบบ และสร้างทดลองระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกกับแบบเดิม โดยใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่มีขายตามท้องตลาดมาดัดแปลง เพื่อเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลัง มีขั้นตอนการทดสอบ คือ ออกแบบคำนวณหาปริมาณความร้อน และความเย็นที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ต่อ 1 ตัว แล้วนำมาสร้างชุดต้นแบบของเครื่องทำน้ำเย็น จากนั้นเปิดการทำงาน ของเครื่องทำน้ำเย็นโดยใช้เวลาในการทดลองแต่ละครั้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำการวัดและบันทึกผลอุณหภูมิ น้ำในถัง, ผิวถัง, น้ำเย็น และบริเวณรอบเครื่อง ที่ตำแหน่งต่างๆ ทั้งก่อน และหลังที่ติดตั้งระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเทียบกับเวลาทุกๆ 5 นาที จนสิ้นสุดการทดลองในแต่ละครั้ง วัดและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทั้งก่อนและหลัง ที่คอมเพรสเซอร์เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้เทอร์โม อิเล็กทริก จนสิ้นสุดการทดลองในแต่ละครั้ง เครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ความถูกต้อง ±0.5 องศาเซลเซียส) ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Testo 177), เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (FLUKE 189 ความถูกต้อง VDC ±0.025 % A ± 0.15 %), เครื่องวัดความเร็วอากาศแบบฮอตวาย์ (Testo model 405V-1 ความถูกต้อง ± 5 % of มิลลิโวลท์) หาค่า

คุณสมบัติต่างๆ ของอากาศจากผลการทดลองเทียบกับไซโครเมตริกชาร์ท หาค่ากำลังไฟฟ้า และความสิ้นเปลืองพลังงาน หาปริมาณและอัตราการทำความเย็นของทั้ง 2 ระบบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบ หาค่าสมรรถนะ อัตราการลดอุณหภูมิ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะประสิทธิภาพสมรรถนะ ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ได้จากการทดลอง และของเครื่องทำน้ำเย็นระบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับเครื่องต้น แบบที่ใช้ในการทดลอง วิเคราะห์ต้นทุน และความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการติดตั้ง

6. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

6.1 การวิเคราะห์สมรรถนะ

Antonio Arenas et al. ได้เสนอสมการอนุพันธ์แสดง การกระจายอุณหภูมิหนึ่งมิติสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกตามแนวแกน x สามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$e_{T_{MAX}} = \frac{E}{2} + \frac{\Delta T}{E} \times \frac{\lambda}{\rho I^2} \tag{1}$$

อุณหภูมิสูงสุดที่ผิวร้อน คือ

$$T_{MAX} = T_c + \left(\frac{E}{2} + \frac{\Delta T}{E} \times \frac{\lambda}{\rho I^2} \right) \times \left(\frac{\Delta T}{2E} + \frac{\rho I^2}{2\lambda} \times E \right) \tag{2}$$

เมื่อ I เป็นกระแสไฟฟ้า T_c เป็นอุณหภูมิที่ผิวเย็น ΔT เป็นผลต่าง ของอุณหภูมิ ρ, λ และ E เป็นค่าคงที่ขึ้นกับชนิดของวัสดุ Gao Min and D.M.Rowe (1999) ได้เสนอสมการสำหรับการคำนวณสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของเทอร์โม อิเล็กทริกโมดูล เมื่อพิจารณาถึงความต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำความร้อนเนื่องจากจุดสัมผัส คือ

$$\eta = \frac{l}{1 + 2rl_c} \times \left(\frac{T_c}{T_h - T_c} \times \frac{\beta - T_h / T_c}{1 + \beta} - \frac{2l_c}{l} \right) \tag{3}$$

เมื่อ

$$\beta = \left(1 + \frac{l_z T_M}{n+1} \right)^{1/2} \tag{4}$$

โดยที่ $r = \lambda / \lambda_c$ เป็นอัตราส่วนของสภาพนำความร้อนที่ผิวสัมผัส, l เป็นความยาวของเทอร์โมอิลิเมนต์ $n = 2\rho_c / \rho$ เมื่อ ρ_c เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ผิวสัมผัสระหว่างเทอร์โมอิลิเมนต์และ copper strips โดยที่

$$z = \frac{\alpha^2}{\rho\lambda} \tag{5}$$

เมื่อ α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค สำหรับวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ρ และ λ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้า และสภาพนำความร้อนของสารเทอร์โมอิลิเมนต์ $T_M = (T_h + T_c)/2$ เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของเทอร์โมอิลิเมนต์ สำหรับ l_c เป็นความหนาของหน้าสัมผัส

Ferrotec Corporation, (1998) เสนอสมการสำหรับการทดลองวัดอัตราการถ่ายเทความร้อนเทียบกับกำลังป้อนออก หรือพลังงานความร้อนต่อหน่วยเวลาจากเทอร์โมอิเล็กทริกไปยังฮีตซิงค์ คือ

$$q_h = \alpha I T_h + 0.5 I^2 R - k(T_h - T_c) \tag{6}$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ซีเบ็ค, I คือไฟฟ้ากระแสตรง, R คือความต้านทาน, T_h คืออุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อน, T_c คืออุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็น จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกพลังงานไฟฟ้าป้อนเข้า

$$W = Q_H - Q_L = I^2 R + \alpha I (T_W - T_c) \tag{7}$$

สัมประสิทธิ์ของการทำงาน (Coefficient of performance, COP)

$$COP = \frac{Q_L}{W} = \frac{\alpha T_c I - 0.5 I^2 R - K(T_W - T_c)}{I^2 R + \alpha I (T_W - T_c)} \tag{8}$$

6.2 เศรษฐศาสตร์ของเครื่องทำน้ำเย็น

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์มีดังนี้

มูลค่าอนาคต = $P(1+i)^n$ (9)

เมื่อ P คือ มูลค่าปัจจุบันที่มีการจ่ายครั้งเดียว, i คือ อัตราดอกเบี้ยแบบทบต้น, n คือ จำนวนปี

มูลค่าเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี = $\frac{A}{i}[(1+i)^n-1]$ (10)

เมื่อ A คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินรายปีที่เท่ากัน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) = $\sum_{n=1}^{N}\frac{NCF_n}{\left(1+i^*\right)^n}-TIC=0$ (11)

เมื่อ NCF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิในปีที่ n, *TIC* คือ เงินลงทุนทั้งหมด, *i* คือ อัตราส่วนลด

สำหรับ NCF_n ในการหากระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี $NCF_n = O\&M - C_M - IN_n - PA_n$ (12)

เมื่อ O&M คือ ค่าบำรุงรักษาต่อปี, C_M คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย กิโลวัตต์h ต่อปี, IN_n คือ ดอกเบี้ยที่ต้องชำระ ณ ปีที่ n, PA_n คือ เงินที่ชำระเงินต้น

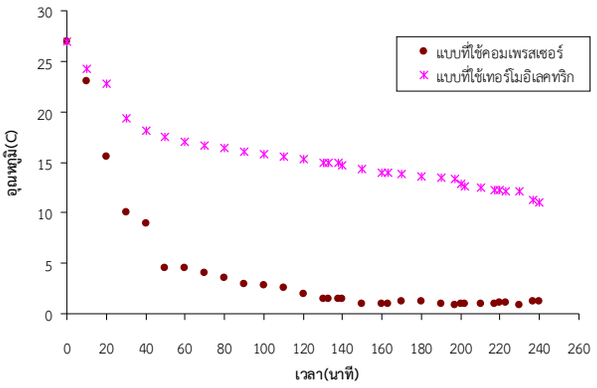
อัตราการคืนทุนภายใน = $\sum_{n=1}^{N}\frac{NCF_n}{\left(1+IRR\right)^n}-TIC=0$ (13)

เกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ถ้า *IRR* มีค่ามากกว่าอัตราขั้นต่ำของผลตอบแทนที่ยอมรับได้ ก็คุ้มค่าที่จะลงทุน

7. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

7.1 อุณหภูมิและเวลาของเครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์กับแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

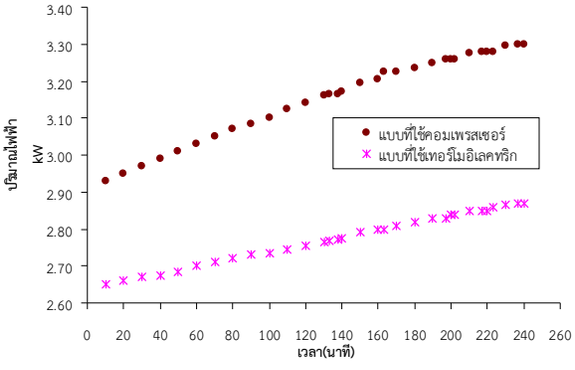
ขณะเริ่มต้นก่อนการทดสอบ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำมีค่าเท่ากับอุณหภูมิห้อง 27 องศาเซลเซียส จากนั้นเครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์ สามารถลดอุณหภูมิลงเหลือ 5 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 50 นาที ก่อนที่เครื่องจะรักษาสภาวะการทำงานแบบนี้ไปถึง 2 ชั่วโมง และมีการลดอุณหภูมิแบบค่อยเป็นค่อยไปลงเรื่อยๆ จนใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 5 ในสภาวะนี้จะส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในถังทำน้ำเย็นมีลักษณะเป็นน้ำแข็งเกาะ ในสภาวะที่เป็นการใช้พลังงานเกินความต้องการ แต่เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีความแตกต่างกัน โดยมีการลดอุณหภูมิแบบค่อยเป็นค่อยไปลงเรื่อยๆจนใกล้เคียง 11 องศาเซลเซียส และน้ำที่อุณหภูมินี้เมื่อดื่มแล้วยังให้ความรู้สึกเย็นสดชื่นได้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข กล่าวคือ เครื่องทำน้ำเย็นในปัจจุบันนั้น มีการทำความเย็นเกินกว่าที่ความต้องการในการบริโภคน้ำเย็นของคนโดยทั่วไป ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็น น้ำเย็นที่เหมาะแก่การบริโภคควรอยู่ที่ประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส (กระทรวงสาธารณสุข, 2545) ทำให้เมื่อดื่มเข้าไปแล้ว อุณหภูมิร่างกายไม่เกิดความแตกต่างกับอุณหภูมิร่างกายมากนัก ตลอดจนเป็นการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับความต้องการ



รูปที่ 5 อุณหภูมิและเวลาของเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 แบบ

7.2 ปริมาณไฟฟ้าและเวลาของเครื่องทำน้ำเย็น

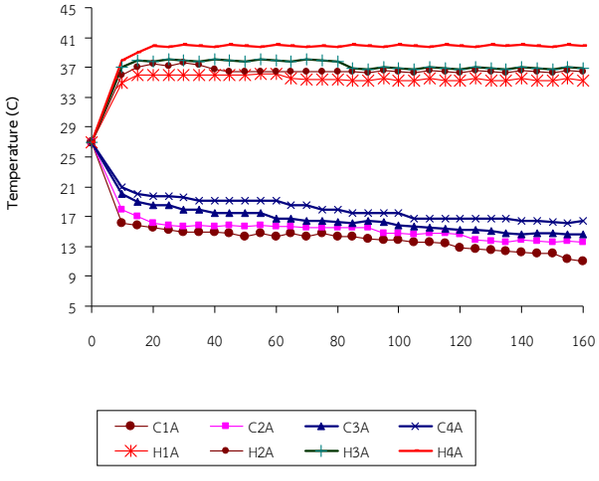
ปริมาณไฟฟ้าสะสม มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่อย่างต่อเนื่อง มีค่าเริ่มต้นที่ 2.93 กิโลวัตต์ จนสิ้น นาทีที่ 240 นาที มีค่าเท่ากับ 3.30 กิโลวัตต์ โดยใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณทั้งสิ้น 0.37 กิโลวัตต์ แต่มีความแตกต่างกับ เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก โดยมีปริมาณไฟฟ้าสะสมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่อย่างต่อเนื่อง มีค่าเริ่มต้นที่ 2.65 กิโลวัตต์ จนสิ้น นาทีที่ 240 นาที มีค่าเท่ากับ 2.87 กิโลวัตต์ โดยใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณทั้งสิ้น 0.22 กิโลวัตต์ คิดเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 40.54% ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่สูง มากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการประหยัดไฟฟ้า โดยใช้คอม เพรสเซอร์แบบอินเวอเตอร์



รูปที่ 6 ปริมาณไฟฟ้าและเวลาของเครื่องทำน้ำเย็น

7.3 อุณหภูมิด้านเย็นและด้านร้อนของถังเก็บน้ำที่จุดต่างๆในระบบเทียบกับเวลา

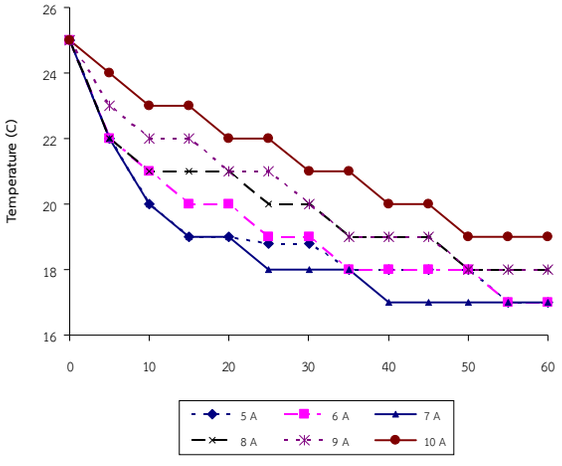
ตำแหน่งของจุดที่วัดด้านเย็น จะเริ่มจากด้านบนสุดของถังคือ C1A ลงมาตามระยะที่แบ่งไว้อย่างเท่าๆกัน จนถึงด้านล่างสุดของถังคือ C4A และสามารถทำอุณหภูมิลดลงไปได้ถึง 12 องศาเซลเซียส ส่วนด้านร้อน ที่วัดเริ่มจากด้านบนสุดของถังคือ H1A ลงมาตามระยะที่แบ่งไว้อย่างเท่าๆกัน จนถึงด้านล่างสุดของถังคือ H4A มีอุณหภูมิสูงที่สุดอยู่ที่ 39 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิแวดล้อมของเครื่องตู้น้ำเย็นที่สร้างขึ้นสามารถทำความเย็นได้ต่ำสุดประมาณ 12 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งแม้ว่าจะไม่สามารถทำความเย็น ได้ใกล้เคียงเทียบเท่ากับตู้น้ำเย็นแบบใช้คอมเพรสเซอร์ แต่หากพิจารณาจากการใช้พลังงานของตู้น้ำเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก แล้วพบว่า ใช้พลังงานต่ำ ซึ่งถ้าเป็นตู้น้ำเย็นแบบใช้คอมเพรสเซอร์แล้วต้องใช้พลังงานประมาณ 92.5 วัตต์ และความเย็นของน้ำที่ 12 องศาเซลเซียส ก็สามารถทำให้ร่างกายรู้สึกสดชื่นได้ไม่แตกต่างจากการดื่มน้ำที่เย็นจัดกว่านี้ หากออกแบบระบบการระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้กับงานนี้โดยเฉพาะก็จะทำให้สามารถลดอุณหภูมิของน้ำลงได้อีกมาก ในส่วนของระบบระบายความร้อนต้องเพิ่มขนาดของแผงระบายความร้อนหรือใช้พัดลมช่วยเร่งในการระบายความร้อน



รูปที่ 7 อุณหภูมิด้านเย็น-ร้อนของถังน้ำที่จุดต่างๆ

7.4 อุณหภูมิน้ำเย็นในถังเก็บน้ำที่ระดับกระแสต่างๆเทียบกับเวลา

ช่วงของกระแส 5, 6 และ 7 แอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 8 อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ทำได้ใกล้เคียงกัน แต่ด้วยขนาดแรงดันของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่มีขายตามท้องตลาดแล้ว ในการสร้างจริงจึงเลือกใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่มีแรงดันขนาด 5 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายเมื่อจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก แต่หากพิจารณาจากการใช้พลังงานของตู้น้ำเย็นแบบเทอร์โม อิเล็กทริกแล้ว พบว่า ใช้พลังงานเพียง 66 วัตต์ ซึ่งถ้าเป็นตู้น้ำเย็นแบบใช้คอมเพรสเซอร์แล้วต้องใช้พลังงานประมาณ 92.5 วัตต์ ในส่วนของระบบไฟฟ้า ถ้าพิจารณากำลังไฟฟ้าด้านขาออกที่เทอร์โมอิเล็กทริกใช้ตามจริง น้อยกว่าทางด้านขาเข้าที่เพาเวอร์ซัพพลายรับเข้ามาก หมายถึง มีการสูญเสียพลังงาน ในส่วนของเพาเวอร์ซัพพลายมากหากออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้กับงานนี้โดยเฉพาะ จะทำให้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลงได้ ในส่วนของระบบระบายความร้อน อาจต้องเพิ่มขนาดของแผงระบายความร้อน หรือใช้พัดลมช่วยเร่งในการระบายความร้อน



รูปที่ 8 อุณหภูมิที่การป้อนกระแสไฟฟ้าต่างๆ

7.5 กระแสไฟฟ้าที่ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก

ในการทดลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก ที่มีต่อสมรรถนะในการทำความเย็น ได้ทำการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้า 6 ค่า คือ 1 ถึง 6 แอมป์ จากการทดลองพบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลงจาก 18.5 เป็น 2.4 องศาเซลเซียส ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 5 และ 6 แอมป์ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก กลับมีค่าสูงกว่าที่กระแสไฟฟ้า 4 แอมป์ ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียความร้อนของจูล มีค่ามากกว่าผลการทำความเย็นของซีเบค อุณหภูมิที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุด 44.8 องศาเซลเซียส ที่อัตราการจ่ายกระแส 6 แอมป์ อัตราการทำความเย็น (Q_C) เพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 6.24 ถึง 35.23 กิโลวัตต์ ในขณะที่ COP มีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่1 ดังนั้น สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกนี้มีสภาวะการทำความเย็นดีที่สุดที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4 แอมป์

ตารางที่ 1 ค่าCOP ที่ระดับการจ่ายกระแสไฟฟ้าต่างๆ

I(A)	Q_C(kW)	COP
1	6.24	1.38
2	11.14	1.45
3	13.74	1.29
4	20.57	1.28
5	30.65	1.28
6	35.23	1.23

7.6 เศรษฐศาสตร์จากการออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำเย็น

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ราคาปัจจุบันของเครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้ที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 40,000 บาท อายุการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น 15 ปี ก่อนการติดตั้งเทอร์โมอิเลคทริกใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 92.5 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 650.01 บาท/ปี เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก สามารถประหยัดพลังงานได้เฉลี่ย 37.5 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 263.52 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 4 เดือน อัตราการคืนทุนภายใน 42 %

ตารางที่ 2 มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์
มูลค่าอนาคต 15 ปี	250,170 บาท
ค่าไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็นต่อปี	650.01 บาท/ปี
เงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี	263.52 บาท/ปี
เงินประหยัดต่ออายุการใช้งาน	17,040.0 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	2 ปี 4 เดือน
อัตราการคืนทุนภายใน	42.1%

8. สรุปผลการวิจัย

เครื่องทำน้ำเย็น แบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์ มีความแตกต่างกับ เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก โดยมีปริมาณไฟฟ้าสะสมมีค่าเพิ่มขึ้น ด้วยอัตราคงที่อย่างต่อเนื่อง มีค่าเริ่มต้นที่ 2.65 กิโลวัตต์ จนสิ้น นาทีที่ 240 นาที มีค่าเท่ากับ 2.87 กิโลวัตต์ โดยใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณทั้งสิ้น 0.22 กิโลวัตต์ คิดเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 40.54% ตำแหน่งของจุดที่วัดด้านเย็น C1A จนถึงด้านล่างสุดของถัง C4A และสามารถทำอุณหภูมิลดลงไปได้ถึง 12 องศาเซลเซียส ส่วนด้านร้อน H1A ด้านล่างสุดของถัง H4A มีอุณหภูมิสูงที่สุดอยู่ที่ 39 องศาเซลเซียส ช่วงของกระแส 5, 6 และ 7 แอมป์ กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลงจาก 18.5 เป็น 2.4 องศาเซลเซียส ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 5 และ 6 แอมป์ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก กลับมีค่าสูงกว่าที่กระแสไฟฟ้า 4 แอมป์ ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียความร้อนของจูล มีค่ามากกว่าผลการทำความเย็นของ ซีเบค โดยมีค่าสูงสุด 44.8 องศาเซลเซียส ที่อัตราการจ่ายกระแส 6 แอมป์ อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 6.24 ถึง 35.23 กิโลวัตต์ ในขณะที่ COP มีค่าลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้น สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกนี้ มีสภาวะการทำความเย็นดีที่สุดที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4 แอมป์ อายุการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น 15 ปี ก่อนการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 92.5 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 650.01 บาท/ปี เครื่องทำน้ำเย็นแบบที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก สามารถประหยัดพลังงานได้เฉลี่ย 37.5 วัตต์-ชั่วโมง คิดเป็น 263.52 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 4 เดือน อัตราการคืนทุนภายใน 42%

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนบุคลากร และเจ้าหน้าที่ในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ด้วยดีในการใช้สถานที่ปฏิบัติงาน เครื่องมือต่างๆ

10. เอกสารอ้างอิง

Arenas Antonio, Vazquez Jorge and Palacios.(2011). **Performance Analysis of Thermoelectric Pellets with Non-Constant Cross Sections.** University Pontificia Comillas, Madrid (Spain).

Chen, K. and Gwilliam, S. B. (1996). **An analysis of the heat transfer rate and efficiency of thermoelectric cooling systems.** International Journal of Energy Research. Vol. 20, pp. 399-417.

Lertsatitthanakorn C. (2003). **Cooling performance of thermoelectric water cooler.** Naresuan University Journal. Vol. 11(2) pp. 1-9.

Mei, V.C. Chen, F. C.and Mathiprakasam, B. (1989). **Comparison of thermoelectric and vapor cycle technologies for groundwater heat pump application.** ASME Journal of Solar Energy Engineering. Vol. 11, pp.353-357.

Rowe, D.M. and Bhandari, C.M. (1983) **Modern thermoelectrics Reston Publishing** Company, Reston.

Rowe D. M. (1995). CRC Handbook of **Thermoelectrics.** CRC Press. USA. pp.489-501.

O-IR27

การศึกษาเชิงทดลองต้นแบบกังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ได้ด้วยกลไกแบบ 4 ชิ้น

Experimental Study of Prototype of Adjustable Blade Angle Vertical Axis Wind Turbine with Four Bars Linkage Mechanism

ไมตรี พลสงคราม[1*], ปรีชา ขันติโกมล[1], ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000

E-Mail: polsongkrammm@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการศึกษา ออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ได้ที่มีความเหมาะสมกับสภาพความเร็วลมต่ำ โดยกังหันลมถูกออกแบบใหม่และสร้างให้มีกลไกสำหรับการควบคุมมุมพิทช์ของใบกังหันแบบกลไก 4 ชิ้น (Four bars linkage) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโรเตอร์กังหันลมเท่ากับ 0.8 เมตร ความสูงของโรเตอร์เท่ากับ 0.6 เมตร ทำการศึกษาโดยการทดลองเพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของค่าความทึบของใบกังหัน อัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์(Rotor tip speed ratio) แรงบิดสถิตย์ ความเร็วลมที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ที่ค่าความเร็วลมเท่ากับ 2 เมตรต่อวินาที ค่าความทึบของใบกังหันเท่ากับ 0.8 และค่า อัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์เท่ากับ 0.38 กังหันลมจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังเท่ากับ 27 เปอร์เซ็นต์และที่ตำแหน่งมุมเฟสของโรเตอร์เท่ากับ 60 องศา ที่ความเร็วลม 5 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะให้ค่าแรงบิดสถิตสูงสุดเท่ากับ 3.2 นิวตัน-เมตร จากผลการทดสอบสมรรถนะของกังหันลมทำให้ทราบว่ามันสามารถเริ่มหมุนได้ด้วยตัวเองและมีสมรรถนะค่อนข้างสูงที่ความเร็วลมต่ำจึงสามารถสรุปได้ว่ากังหันลมที่ออกแบบใหม่นี้มีความเหมาะสมกับสภาพลมที่มีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำตลอดปีอย่างในประเทศไทย

คำสำคัญ : กังหันลมแกนตั้ง, สัมประสิทธิ์กำลัง, ค่าความทึบ, อัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของมนุษยชาติ เชื้อเพลิงหลักในปัจจุบันเป็นเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคมและขนส่ง รวมทั้งเพื่อให้ความร้อนแก่ที่อยู่อาศัย ข้อมูลจาก IEA[1] ให้เห็นว่าโลกมีต้องการพลังงานขั้นต้นเพิ่มขึ้นทุกปี และได้คาดการณ์ว่าในปี 2035 ทั้งโลกต้องการพลังงานถึง 1.5 หมื่นล้านตันสมมูลของน้ำมันดิบ ประเทศไทยก็เช่นเดียวกัน ตามการคาดการณ์ของ APERC [2] ว่ามีความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกๆปี โดยในปี 2035 ประเทศไทยต้องการพลังงานถึง 160 ล้านตันสมมูลของน้ำมันดิบ โดยทั้งกรณีของความต้องการพลังงานของโลกและของประเทศไทยเชื้อเพลิงหลักมาจากแหล่งฟอซซิลกว่า 80เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ต้องการทั้งหมดจากปรากฏการณ์ความฝันผวนของฤดูกาลและวิกฤติปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วโลกในปัจจุบัน โดยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ระบุว่าเป็นผลโดยตรงมาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เผาเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการผลิตพลังงาน[3]วิธีการหนึ่งที่จะเป็นการบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมนักวิทยาศาสตร์เสนอว่าเราต้องแสวงหาแหล่งพลังงานแหล่งใหม่ที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและยังต้องเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด[4, 5]นั้นคือแหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากชีวะมวล(รวมทั้ง Bio-oil) พลังงานจากลม พลังความร้อนใต้พิภพและพลังงานจากการเคลื่อนที่ของน้ำทั้งแหล่งน้ำที่อยู่บนแผ่นดินและน้ำในมหาสมุทร ซึ่งแหล่งพลังงานเหล่านี้ถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด[6] อย่างไรก็ตามพลังงานจากการเคลื่อนที่ของลมถือว่าเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายในทั่วทุกภูมิภาคทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตชายฝั่งทะเล

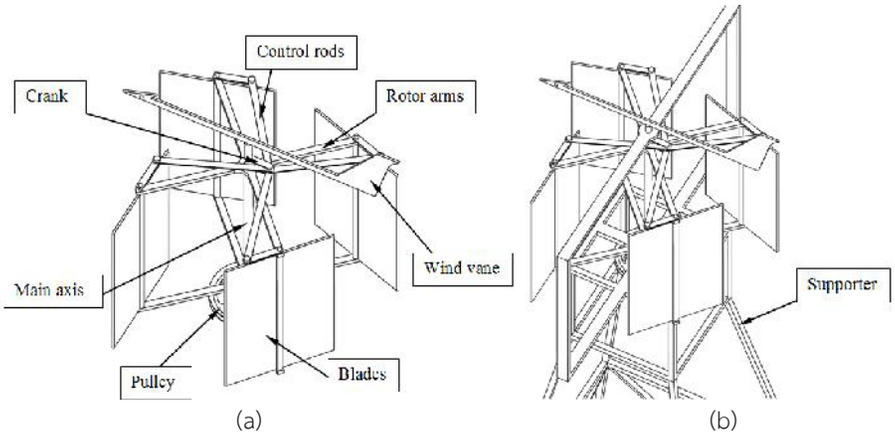
การสกัดพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องสร้างเครื่องจักรกลขึ้นมานั่นคือกังหันลมโดยกังหันลมที่สร้างขึ้นจะต้องเป็นกังหันลมที่มีประสิทธิผล ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางลบต่อระบบนิเวศน์และเหมาะสมกับสภาพของลมในแต่ละภูมิภาคด้วย ปัจจุบันได้มีนักวิจัยและนักประดิษฐ์หลายๆกลุ่ม[7-10] พยายามที่จะค้นคว้าวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างกังหันลมสำหรับกระแสลมความเร็วต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยจากการศึกษาพบว่ามีกระแสลมเฉลี่ยประมาณ 2.5-6 เมตรต่อวินาที [11] ดังนั้นการนำเข้ากังหันลมชนิด Lift-based ที่มีขนาดใหญ่จากต่างประเทศจึงไม่น่าจะมีความเหมาะกับสภาพลมความเร็วต่ำอย่างในประเทศไทยเนื่องจากกังหันลมชนิดLift-based จะทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพที่ความเร็วลมมากกว่า 10 เมตรต่อวินาที [12] ด้วยเหตุนี้ การออกแบบและสร้างกังหันลมที่เหมาะสมกับสภาพลมอย่างในประเทศไทยจึงมีความจำเป็น

บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบต้นแบบกังหันลมชนิดใหม่ซึ่งเป็นกังหันลมที่จัดอยู่ในประเภทแกนตั้งที่อาศัยแรงฉุดในการหมุนโรเตอร์ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งต้นแบบขนาดเล็กมากที่สามารถผลิตแรงบิดได้สูงและเริ่มหมุนได้เองที่เหมาะสมกับสภาพลมความเร็วต่ำอย่างในประเทศไทย โดยพลังงานที่กังหันผลิตได้สามารถนำไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าหรือการปั๊มน้ำขึ้นที่สูงเพื่อใช้ใน

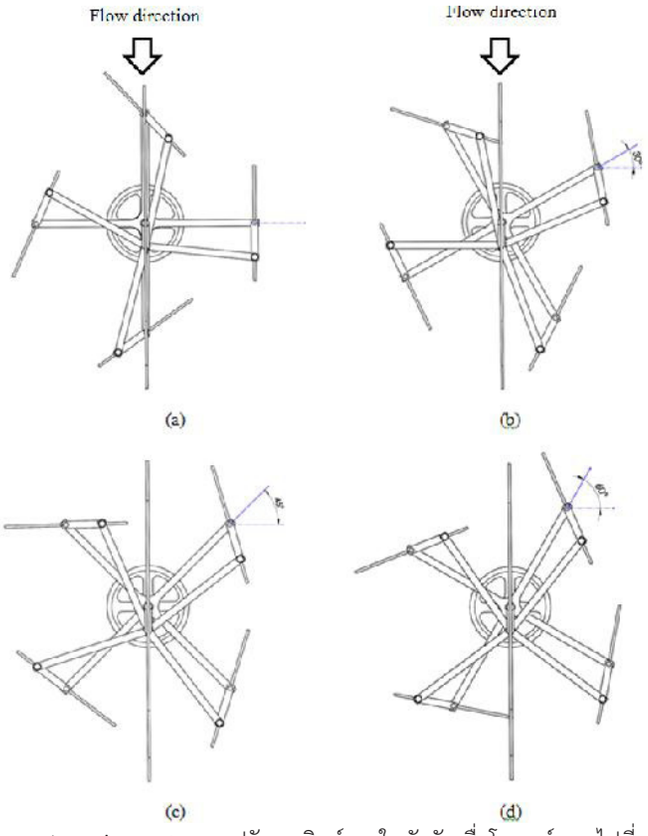
การเกษตรได้ ในการศึกษานี้ผลกระทบค่าความทึบของใบกังหันและสภาวะในการทำงานของกังหันลมชนิดใหม่ได้ถูกทำการทดสอบเพื่อหาสัมประสิทธิ์กำลังของกังหัน

2. แนวคิดในการพัฒนากังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ด้วยกลไก 4 ชิ้น

เครื่องจักรกลหมุนที่ใช้สกัดพลังงานจากการเคลื่อนที่ของของไหลที่มีแกนหมุนอยู่ในแนวตั้งคือกังหันลมแบบซาโวเนียส (Savonius rotor) กังหันแบบนี้ใช้ประโยชน์จากแรงฉุด(Drag-based type)ในการสร้างแรงบิดให้แก่โรเตอร์ สำหรับกังหันลมแบบดาเรียส (Darrieus rotor) เป็นกังหันที่ใช้ประโยชน์จากแรงยก(Lift-based type)ในการสร้างแรงบิดให้แก่โรเตอร์ กังหันทั้งแบบซาโวเนียสและดาเรียส สามารถดัดแปลงใช้ได้ทั้งกับของไหลที่เป็นน้ำหรือลม ข้อดีของกังหันทั้งสองแบบคือมีโครงสร้างแบบง่ายไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือกังหันแบบซาโวเนียสมีการสูญเสียแรงบิด(มีแรงบิดต้าน)เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงต้านกระทำต่อใบกังหันตัวที่เคลื่อนที่สวนกับทิศทางลม ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้กังหันชนิดนี้มีสัมประสิทธิ์กำลังค่อนข้างต่ำ ส่วนข้อเสียของกังหันแบบดาเรียส คือมีแรงบิดต่ำ ต้องการความเร็วของกระแสของไหลที่สูงจึงจะสามารถเริ่มหมุนได้เอง จากข้อบกพร่องดังกล่าวจึงกลายมาเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งที่สามารถผลิตแรงบิดได้สูงและเริ่มหมุนได้เองที่เหมาะสมกับสภาพลมความเร็วต่ำดังนั้นการออกแบบกังหันลมแกนตั้งที่มีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์นี้ต้องเป็นกังหันลมที่สามารถใช้ประโยชน์ทั้งแรงยกและแรงฉุดเพื่อสร้างแรงบิดให้แก่โรเตอร์ได้ การออกแบบให้ใบกังหันมีระบบกลไกในการควบคุมการปรับมมุมพิทช์ของใบจะทำให้ใบกังหันแต่ละใบสามารถสร้างแรงบิดทางบวกแก่โรเตอร์ได้ และรูปกลไกในการควบคุมการหมุนของใบกังหันเพื่อปรับมุมพิทช์แสดงไว้ในรูปที่ 1 กลไกแบบ4ชิ้นส่วนของกังหันจะทำหน้าที่ในการควบคุมการปรับมุมพิทช์ของใบกังหันเมื่อโรเตอร์หมุนไปที่ตำแหน่งมุมต่างๆ การปรับมุมพิทช์ได้ของใบกังหันจะทำให้ไม่เกิดแรงบิดต้านเมื่อใบกังหันเคลื่อนที่สวนทิศทางกระแสลม และใบกังหันจะหันหน้ารับกระแสลมเมื่อใบกังหันเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกับกระแสลม การที่ใบกังหันหันหน้ารับกระแสลมจึงทำให้เกิดแรงฉุดกระทำใบกังหันมากที่สุดส่วนใบกังหันที่เคลื่อนที่ในทิศทางขวางกระแสลม(90องศา)หน้าใบกังหันจะทำมุมกับกับกระแสลม45องศา ดังนั้นจึงเกิดแรงยกและแรงฉุดที่ใบกังหันและแรงทั้งสองนี้สามารถเพิ่มแรงบิดให้แก่โรเตอร์ได้ อย่างไรก็ตามกังหันลมที่ออกแบบใหม่นี้จำเป็นต้องมีหางเสือเพื่อเป็นตัวบังคับให้กังหันลมหันหน้าเข้าหาทิศทางลมตลอดเวลาเมื่อลมมีการเปลี่ยนทิศทาง



รูปที่1แสดงแนวคิดในการออกแบบกังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ได้
(a) แสดงส่วนประกอบชุดโรเตอร์กังหันลม (b) ชุดโรเตอร์กังหันประกอบเข้ากับเสากังหัน



รูปที่ 2 ภาพ top view แสดงการปรับมุมพิทช์ของใบกังหันเมื่อโรเตอร์หมุนไปที่มุมต่างๆ

(a) โรเตอร์หมุนทำมุม 0 องศา (b) โรเตอร์หมุนทำมุม 30 องศา

(c) โรเตอร์หมุนทำมุม 45 องศา (d) โรเตอร์หมุนทำมุม 60 องศา

3. การคำนวณพลังงานที่สกัดได้จากกระแสลม

กระแสลมและกระแสน้ำในแม่น้ำจัดได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาดเช่นกัน โดยพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของของไหลสามารถเก็บเกี่ยวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้โดยใช้ชนิดของเครื่องมือที่เหมาะสมกับสภาพความเร็วในการไหลของของไหล เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวหรือสกัดพลังงานจากการเคลื่อนของของไหลเรียกว่ากังหัน กังหันลมเป็นเครื่องมือที่ผลิตพลังงานกลได้โดยตรงจากกระแสลม ซึ่งพลังงานกลที่ผลิตได้โดยกังหันลมอาจจะมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปขับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าหรือเพื่อขับปั๊มน้ำ พลังงานจลน์จากการไหลของของไหลขึ้นอยู่กับความหนาแน่น, พื้นที่ภาพฉายที่ตั้งฉากและถูกพิจารณาว่ากระแสของไหลไหลผ่าน, ความเร็วของกระแสของไหลยกกำลังสาม โดยมีสมการควบคุมในการแปลงพลังงานดังสมการที่ 1

$$P_\infty = 0.5\rho A V_\infty^3 \quad (1)$$

เมื่อ P_∞คือพลังงานจากการไหลของลม(วัตต์), ρ คือ ความหนาแน่นของลม(1.29กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร), Aคือพื้นที่ภาพฉายที่ตั้งฉากซึ่งของไหลไหลผ่าน(ตารางเมตร), V_∞คือความเร็วของกระแสลม(เมตรต่อวินาที)อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วไม่มีกังหันชนิดใดที่สามารถสกัดพลังงานจากการไหลของไหลได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะวิธีการสกัดพลังงานคือต้องใช้ใบกังหันไปขวางการเคลื่อนที่ของของไหลโดยเพียงทำให้ความเร็วของกระแสของไหลลงเท่านั้น แต่ถ้าใบกังหันหยุดการเคลื่อนที่กระแสของของไหลได้ 100 เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดของโรเตอร์ที่ถูกพิจารณาว่ามีกระแสของไหลไหลผ่านนั้นจะต้องเป็นแผ่นทึบไม่มีช่องให้ของไหลเคลื่อนผ่านไปได้ เมื่อเป็นเช่นนี้โรเตอร์ก็จะไม่มีการหมุนและพลังงานจลน์ก็จะไม่ถูกเปลี่ยนดังนั้นเมื่อของไหลไหลผ่านอุปกรณ์แล้วมันต้องยังมีความเร็วในการเคลื่อนที่หลงเหลืออยู่เพื่อเคลื่อนย้ายตัวมันเองออกจากอุปกรณ์ ด้วยเหตุนี้พลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของของไหลจึงไม่ถูกเปลี่ยนได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ที่ในทางทฤษฎีสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันสำหรับการไหลแบบอิสระสูงสุดได้ไม่เกิน Betz limit 59.3เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และในทางปฏิบัติสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันจะต่ำกว่านี้อีก ดังนั้นพลังงานที่กังหันลมจะสามารถสกัดออกมาได้จึงต้องมีแฟกเตอร์อีกตัวหนึ่งคูณเข้าไปด้วย ดังแสดงในสมการที่ 2

$$P = 0.5\rho A V_\infty^3 C_p \quad (2)$$

เมื่อ C_p คือสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลมซึ่งแสดงถึงประสิทธิผลของกังหันลมนั้นๆที่สามารถสกัดพลังงานออกมาได้ โดยมากแล้วในทางปฏิบัติพลังงานที่กังหันลมสามารถสกัดออกมาได้จากกระแสน้ำไหล,Pคือ พลังงานที่วัดได้จากกังหัน(วัตต์)ซึ่งสามารถทราบได้จากการวัดด้วยเครื่องมือ

วัดโดยตรงที่แกนของโรเตอร์กังหันลม ดังนั้นจึงเป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่า C_p หมายถึงสัดส่วนของพลังงานที่กังหันลมผลิตได้ต่อพลังงานจลน์จากการไหลของลม โดยแสดงในสมการที่ 3

$$C_p = \frac{P}{P_\infty} = \frac{P}{0.5\rho A V_\infty^3} \quad (3)$$

ความเร็วในการหมุนของโรเตอร์เป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์กำลัง C_p สำหรับกังหันลมแบบนี้ได้นิยามไว้ว่าอัตราส่วนความเร็วที่ปลายโรเตอร์(RTSR)คือ อัตราส่วนความเร็วที่ปลายของโรเตอร์อาร์มณ จุดศูนย์กลางของแกนกังหันต่อความเร็วของกระแสลมอิสระ และได้นิยามไว้ดังสมการที่ 4

$$\mathrm{RTSR} = \frac{R\omega}{V_\infty} \quad (4)$$

เมื่อ RTSR คือ อัตราส่วนความเร็วที่ปลายโรเตอร์, R คือ รัศมีโรเตอร์อาร์ม(เมตร)โดยวัดจากจุดศูนย์กลางแกนโรเตอร์ถึงจุดศูนย์กลางแกนใบกังหัน, ωความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์(เรเดียสต่อวินาที)และ, V_∞ คือความเร็วของกระแสน้ำ(เมตรต่อวินาที) ซึ่งพารามิเตอร์ตัวนี้เป็นตัวชี้วัดความเร็วรอบของโรเตอร์ ถ้าRTSRมีค่าสูงจะส่งผลต่อการสั่นสะเทือนและระดับเสียงรบกวนที่ดังมากขึ้นค่าความทึบของใบกังหัน(Solidity,σ) ได้นิยามไว้ดังสมการที่ 5 เป็นความสัมพันธ์ระว่างจำนวนและขนาดของใบกังหันกับขนาดพื้นที่ทรงกระบอกของโรเตอร์ที่ใบกังหันกวาดผ่านซึ่งค่าความทึบของใบกังหันนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมรรถนะของกังหัน[13]

$$\sigma = \frac{Nb}{2\pi R} \quad (5)$$

เมื่อ σ คือค่าความทึบของใบกังหัน,*N*คือ จำนวนใบกังหัน, b คือ ความกว้างของใบกังหัน (เมตร)และ R คือ รัศมีโรเตอร์อาร์ม(เมตร)โดยวัดจากจุดศูนย์กลางแกนโรเตอร์ถึงจุดศูนย์กลางแกนใบกังหัน

4. การทดสอบกังหันลมต้นแบบ

ในการทดสอบสมรรถนะกังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมได้ โดยใช้อุโมงค์ลมที่ซึ่งมีพัดลมระบายความร้อนทางอุตสาหกรรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 1 ม.มาเป็นเครื่องขับให้ลมเกิดการเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่.4.ทางออกของอุโมงค์ลมมีขนาด 1.2ม.X 1.2 ม.ภายในอุโมงค์ลมได้มีการติดตั้งแดมเปอร์เอาไว้ 2 ชั้น เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของกระแสลมที่ผ่านใบพัดลมออกมา และมีการติดตั้งรังผึ้งที่มีขนาดเซลล์เท่ากับ 10 ซม. X 6 ซม.เอาไว้ ความยาวของอุโมงค์ลม 2.5 ม. มอเตอร์ที่ซึ่งเป็นต้นกำลังขับพัดลมมีชุดควบคุมความเร็วรอบ เพื่อให้สามารถปรับความเร็วของลมได้ ชุดอุโมงค์ลมสามารถสร้างกระแสลมที่มีความเร็วได้ตั้งแต่ 0 – 5.5 เมตรต่อวินาทีเพื่อให้การกระจายของกระแสลมสม่ำเสมอและครอบคลุมโรเตอร์ กังหันลมที่ใช้ในการทดสอบถูกติดตั้งให้ห่างจากปากทางออกของอุโมงค์ลมเป็นระยะทาง 2 เมตรเพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอของกระแสลมที่ออกจากอุโมงค์ลม ที่หน้ากังหันลมระยะห่าง 50 ซม. (ระหว่างกังหันลมและอุโมงค์ลม)ได้มีการวัดความเร็วลม 5 จุด ครอบคลุมพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมก่อนถึงใบกังหันลม เครื่องวัดความเร็วลมเป็นแบบ Smart sensor electronic anemometer AR816 ที่มีย่านการวัดตั้งแต่ 0.3-45 เมตรต่อวินาทีและให้ค่าความเที่ยงตรง *±3 %* ของค่าที่อ่านได้ ใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบDigital Photo/Contact tachometer รุ่น DT-250TP สามารถวัดความเร็วรอบโดยใช้แสงและวัดความเร็วรอบแบบสัมผัส มีย่านการวัดตั้งแต่ 10 – 99,999 รอบต่อนาทีความเที่ยงตรง ±0.05%กังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมได้ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ มีใบกังหันจำนวน 4 ใบเป็นวัตถุแผ่นเรียบทำจากอะลูมิเนียมหนา 1 มม.แกนโรเตอร์, แขนของโรเตอร์ทำและชิ้นส่วนควบคุมการปรับมุมของใบกังหันทำจากแผ่นอลูมิเนียม ขนาดความยาวของแขนโรเตอร์ 40 ซม.และความสูงของโรเตอร์ 60 ซม.ทดสอบที่ค่าความเร็วลมต่างๆกันคือ 2,3,4 และ 5 เมตรต่อวินาทีและที่ค่าความทึบของใบกังหัน (Solidity, σ)ที่ต่างกัน 2 ค่าคือ 0.64 และ 0.8 วิธีการทดสอบสมรรถนะกังหันโดยทำการวัดความเร็วรอบของแกนโรเตอร์ขณะมีโหลด พลังงานกลที่ผลิตได้จากกังหันลมใช้วิธีการวัดโดยการกว้านลวดสลิงเพื่อยกตุ้มน้ำหนักในสูงขึ้นในแนวดิ่งที่ระยะทางแน่นอนค่าหนึ่งแล้วทำการจับเวลา (ในระหว่างการกว้านเชือกเพื่อยกน้ำหนักความเร็วรอบของโรเตอร์ต้องคงที่)ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6 การวัดพลังงานกลที่ผลิตออกมาได้ถือว่าการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดของระบบรอกมีน้อยมาก

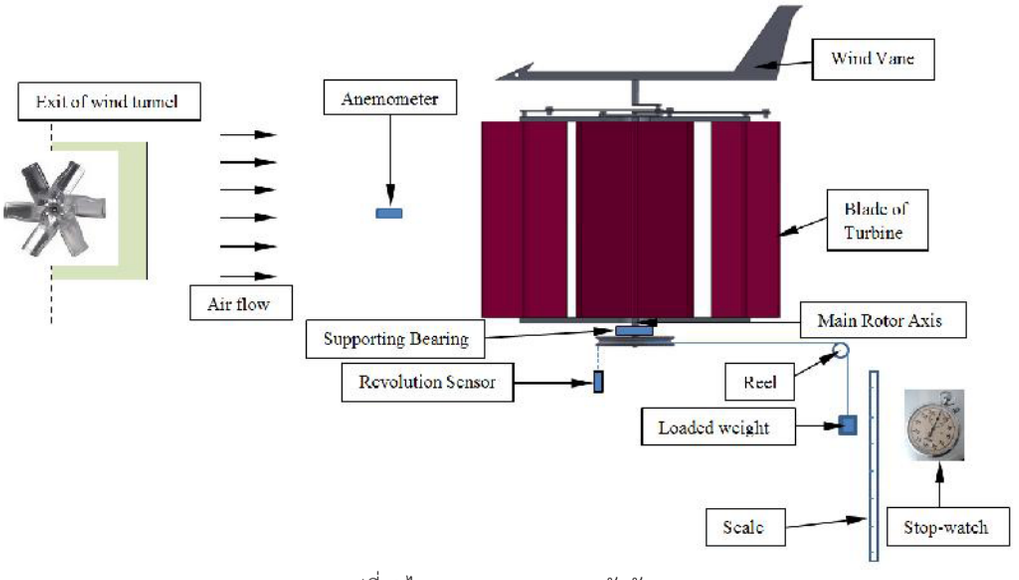
$$P = \frac{mgl}{t} \quad (6)$$

เมื่อ *P* คือ พลังงานกลที่วัดได้จากแกนโรเตอร์กังหัน(วัตต์), *m*คือ มวลของภาระ (กิโลกรัม), *g*คือค่าความเร่งแรงโน้มถ่วงของโลก(9.81 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง), *l*คือ ระยะทางในแนวดิ่ง(เมตร) และ *t*คือ เวลา(วินาที)

ซึ่งผลการคำนวณเทียบเท่าได้กับสมการที่ 2 ในที่นี้การคำนวณกำลังที่ผลิตได้โดยกังหันจะไม่คิดการสูญเสียเนื่องจากความฝืนของระบบรอก การบันทึกผลการทดลองจะทำการทดลองซ้ำที่เงื่อนไขเดิมเป็นจำนวน 5 ครั้งแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยผลการทดลอง



รูปที่ 3 กังหันลมแกนตั้งใบปรับมุมพิทช์ได้ต้นแบบ



รูปที่ 4 ไดอะแกรมชุดทดสอบกังหันลม

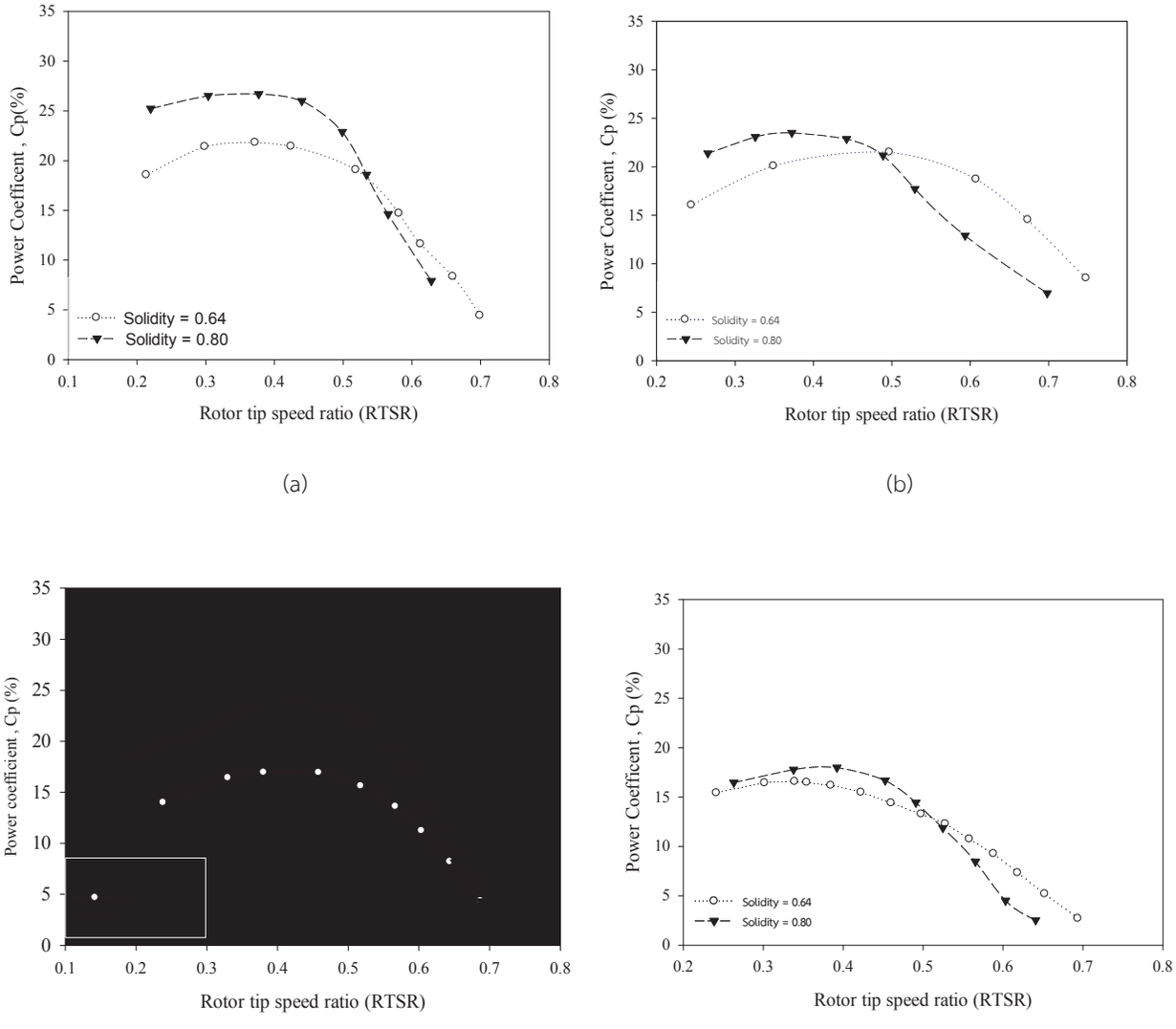
5. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

จากรูปที่ 5a ถึงรูปที่ 5d แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม,C_P กับ อัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์ ที่ค่าความทึบของใบกังหัน (Solidity, σ)ต่างกัน 2 ค่าคือ0.64, 0.8 และ ที่ความเร็วลมเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 2 ถึง 5m/s จากผลการทดลองพบว่า กังหันลมจะให้สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดคือ 27เปอร์เซ็นที่ค่าความทึบของใบกังหันเท่ากับ 0.8 ที่ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาทีโดยมีค่าอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์เท่ากับ0.38ทั้งนี้เนื่องจากที่ค่าความทึบของใบกังหันสูงหมายถึงกังหันลมจะมีพื้นที่รับลมมากที่สุด และเป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อพิจารณาที่ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์ที่มากกว่า 0.5 ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันจะลดลงอย่างรวดเร็ว นั้นหมายความว่าเมื่อความเร็วรอบของกังหันสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการผลิตกำลังลดลง ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่ามุมปะทะของใบกังหันกับทิศทางของกระแสลมอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมเมื่อความเร็วในการหมุนของโรเตอร์สูงขึ้น ดังนั้นการนำกังหันลมนี้ไปใช้งานจริงจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความเร็วรอบของโรเตอร์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือค่าอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์ควรอยู่ในช่วง 0.38 - 0.5 และเมื่อทดสอบที่ความเร็วลมเพิ่มขึ้นจะเห็นว่า แม้ที่สภาพค่าความทึบของใบกังหันต่างกัน (0.64 - 0.8) กังหันจะให้สัมประสิทธิ์กำลังที่ไม่ต่างกันมากนัก(ดูได้จากรูปที่5d) ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลดลง แต่ในทางกลับกันความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถผลิตกำลังได้มากขึ้น(ดูได้จากรูปที่6b)นั่นคือกังหันลมจะให้แรงบิดที่สูงขึ้น รูปที่6 แสดงอิทธิพลของความเร็วลมที่มีต่อแรงบิดสถิตย์ของกังหันลม ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ที่มุมตำแหน่งองศาของโรเตอร์ที่เปลี่ยนไป(ดูรูปที่2ประกอบ)แรงบิดสถิตย์ก็จะแปรเปลี่ยนไปด้วยนั่นคือ กังหันลมจะให้แรงบิดสถิตต่ำสุดเมื่อโรเตอร์อยู่ที่ตำแหน่ง 45องศาและจะให้แรงบิดสถิตย์สูงสุดเมื่อโรเตอร์หมุนไปที่

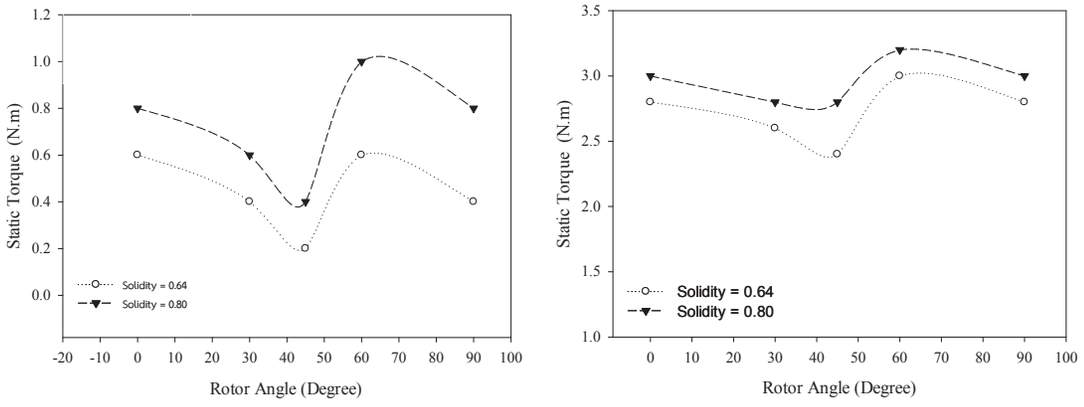
ตำแหน่ง 60 องศา โดยดูผลการทดสอบได้จากรูปที่ 6a และ 6bค่าความแตกต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและต่ำสุดจะน้อยลงเมื่อความเร็วลมสูงขึ้น และค่าความทึบของใบกังหันที่สูงจะให้ค่าแรงบิดสถิตย์ที่สูงกว่า

6. สรุป

บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบสมรรถนะกังหันลมแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ด้วยกลไก 4 ชิ้นต้นแบบ โดยใบกังหันมีลักษณะเป็นวัตถุแผ่เรียบกังหันมีกลไกลอย่างง่ายในการควบคุมการปรับมุมพิชท์ เพื่อให้ใบกังหัน หันหน้าใบรับแรงฉุดจากกระแสลมให้ได้มากที่สุด จากการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆทำให้ทราบว่ากังหันสามารถให้สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดที่ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์ค่อนข้างต่ำ นั้นหมายความว่ากังหันชนิดนี้มีความเร็วรอบในการหมุนต่ำซึ่งส่งผลให้ระดับเสียงดังรบกวน การสั่นสะเทือนและการสึกหรอที่ต่ำลงด้วย เนื่องจากกังหันลมที่ออกแบบใหม่นี้อาศัยแรงฉุดในการหมุนโรเตอร์เป็นหลักดังนั้นใบกังหันที่มีค่าความทึบสูงจึงให้สัมประสิทธิ์กำลังที่มากกว่าและกังหันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง27 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วกระแสลมเพียงแค่2เมตรต่อวินาทีเท่านั้น



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์C_pกับ RTSRของกังหันลม ที่ความเร็วลมแตกต่างกัน
(a) ที่ความเร็วลม 2 เมตร/วินาที (b) ที่ความเร็วลม 3 เมตร/วินาที(c) ที่ความเร็วลม4เมตร/วินาที (d) ที่ความเร็วลม 5 เมตร/วินาที



(a) (b)

รูปที่ 6แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิดสถิตย์ที่มุมต่างๆของโรเตอร์

(a) ที่ความเร็วลม 2 เมตร/วินาที (b) ที่ความเร็วลม 5 เมตร/วินาที

ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากังหันลมที่ออกแบบใหม่นี้สามารถเริ่มหมุนได้ด้วยตัวเองที่ความเร็วลมต่ำและให้สัมประสิทธิ์กำลังสูง จากผลการทดสอบสมรรถนะกังหันลมที่ออกแบบใหม่นี้ทำให้สรุปได้ว่าเป็นกังหันลมที่เหมาะสมกับสภาพลมความเร็วต่ำอย่างในประเทศไทยและความสำเร็จในการพัฒนาต้นแบบครั้งแรกนี้จะเป็นข้อมูลขั้นพื้นฐานเพื่อในไปใช้ในการพัฒนาในขั้นต่อไปเพื่อให้กังหันมีความเหมาะสมกับการนำไปทดสอบในแหล่งที่มีกระแสลมต่อเนื่องค่อนข้างตลอดปีซึ่งมีความใกล้เคียงกับสภาพใช้งานจริงเพื่อการผลิตพลังงาน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปแกรมวิชาช่างยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอำนวยความสะดวกต่างๆจึงทำให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] IEA, The International Energy Agency (IEA): Key World Energy Statistics 2013. Available online: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf

[2] The Nation, Thai energy demands to double in 25 years: study. Available online: http://www.nationmultimedia.com/business/Thai-energy-demands-to-double-in-25-years-study-30200620.html, access on 20/07/2014, 2014

[3] VijayaVenkataRaman, S., Iniyan, S. and Goic R., A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and sustainable Energy Rev*, vol. 16, October 2011, pp. 878-897, 2012.

[4] Chong, H-Y. and Lam, W-H., Ocean renewable energy in Malaysia: The potential of the Straits of Malacca. *Renewable and sustainable Energy Rev.*, vol. 23, March 2013, pp. 169-178, 2013.

[5] Lundin, M. and Leijon, M., Ocean energy. Available online: http://www.eusustel.be, accessed on 22/07/2014, 2010.

[6] Saidur, R., Islam, M.R., Rahim, N.A. and Solangi, K.H., A review on global wind energy policy. *Renewable and sustainable Energy Rev.*, Vol.14, March 2010, pp.1744-1762, 2010.

[7] Altan, B.D. and Atilgan, M., The use of a curtain design to increase the performance level of a Savonius wind rotors. *Renewable Energy.*Vol. 35, September 2009, pp. 821-829, 2010.

[8] Mohamed, M.H., Janiga, G., Pap, E. and Thevenin, D., Optimization of Savonius turbines using an obstacle shielding the returning blade. *Renewable Energy.*Vol. 35, May 2010, pp. 2618-2626, 2010.

[9] Dragomirescu, A., Performance assessment of a small wind turbine with crossflow runner by numerical simulations. *Renewable Energy*.Vol. 36, September 2010, pp. 957-965, 2011.

[10] Kim, D. and Gharib, M., Efficiency improvement of straight-blade vertical-axis wind turbines with an upstream deflector. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.vol. 115, February 2013, pp. 48-52, 2013.

[11] Major, S., Commins, T. and Noppharatana, A., Potential of wind power for Thailand: an Assessment. Maejo International Journal of Science and Technology.Vol. 2(02), pp. 255-266, (2008).

[12] Ketjoy, N. and Sasitharanuwat, A., Wind Energy Technology. Naresuan University Journal 2004.Vol. 12(2). pp. 57-73, 2004.

[13] Shimokawa, K., Furukawa, A., Okuma, K. Matsushita, D. and Watanabe, S. Experimental study on simplification Of Darrieus-type hydro turbine with inlet nozzle for extra-low head hydropower utilization. *Renewable Energy*. vol. 41, October 2011, pp. 376-382, 2012.

O-IR28

ผลกระทบของสภาวะการทำงานและมุมใบกังหันที่มีต่อสมรรถนะของกังหันลมลูปวิง

Effect of Working Conditions and Blade Angle on the Loopwing Wind Turbine Performance

กิตติ นิลผึ้ง[1*]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160

E-mail: nilpueng@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอสมรรถนะการทำงานของกังหันลมลูปวิง กล่าวคือ ความเร็วรอบ กำลังงานไฟฟ้า สัมประสิทธิ์กำลัง ระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ และระยะเวลาการคืนทุนของกังหันลมลูปวิงที่ความเร็วลมและมุมใบกังหันแตกต่างกันความเร็วลมที่ใช้ในการทดสอบ อยู่ในช่วง 1-7 m/s วัสดุที่ใช้ทำใบกังหันคือ อลูมิเนียม รัศมีของใบกังหัน 750 mm หนา 1 mm มุมใบกังหันลมเท่ากับ 30°, 45° และ 60° แบตเตอรี่ที่ใช้อัดประจุไฟฟ้ามีขนาด 12 V และ 70 A ผลการทดลองพบว่า ความเร็วรอบของกังหัน และกำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าสูงขึ้นเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเท่ากับ 0.24 ที่ความเร็วลม 4.2 m/s และมุมบิดใบกังหัน 30° ระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่และระยะเวลาคืนทุนที่น้อยที่สุด เท่ากับ 15.13 ชั่วโมง และ 6.65 ปี ตามลำดับ

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน, สัมประสิทธิ์กำลัง, การอัดประจุแบตเตอรี่, ระยะเวลาคืนทุน

1. บทนำ

ประเทศไทยมีอัตราการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแหล่งพลังงานหลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า คือ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป จึงทำให้แหล่งพลังงานที่เหลืออยู่ในปัจจุบัน มีปริมาณที่ลดลงและมีต้นทุนทางด้านพลังงานเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งพบว่า กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจึงได้ศึกษาและพัฒนาหาแหล่งพลังงานงานทางเลือกอื่นๆ ที่เป็นพลังงานสะอาดมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ยกตัวอย่างเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานลม เป็นต้น

พลังงานลม เป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจและได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกังหันลมอย่างจริงจัง จากนานาประเทศ โดยพบว่าในปี 2013 ประเทศจีนและสหรัฐอเมริกา สามารถผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมได้ถึง 91,412 และ 61,091 MW [1] ที่ผ่านมาประเทศไทยมีการนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าไม่มากนัก จึงได้มีการส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับสมรรถนะการทำงานของกังหันลมให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับภูมิประเทศ เนื่องจากความเร็วลมจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของภูมิประเทศและตำแหน่งที่ตั้ง นอกจากนั้นยังพบว่า ขนาดและรูปร่างของใบกังหันมีผลอย่างมากต่อสมรรถนะของกังหันลม ดังนั้นในอดีตจึงมีงานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะของกังหันลมต่างๆ สำหรับการใช้งานในประเทศไทยอยู่ พอสมควร สมศักดิ์ ไชยภินันท์ [2] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำนายสมรรถนะการทำงานของกังหันลมแนวนอนชนิด 3 ใบ และเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพทางอากาศพลศาสตร์จะมีค่าสูงเมื่อขนาดกังหันเพิ่มขึ้นและ ทำงานภายใต้ความเร็วลมที่สูงพอ เกียรติขจร สุเวทเวทิน [3] ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีส่วนของใบกังหันและทฤษฎีโมเมนตัมวิเคราะห์การทำงานกังหันลมแกนตั้งชนิด 3 ใบ โดยใช้แพนอากาศรูปร่างต่างกัน 3 แบบ คือ NACA0012, NACA0015 และ NACA0018 ผลการวิเคราะห์พบว่า แพนอากาศ NACA0012 เหมาะสมในการนำไปสร้างกังหันลม วิรชัย โรยนรินทร์ และคณะ [4] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พลังงานลมที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของรถบนท้องถนน เป็นต้นกำลัง ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและหาความเร็วทำงานที่เหมาะสม ซึ่งพบว่า กังหันลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จริงและมีประสิทธิภาพสูงสุด 20.4% ที่ความเร็วลมประมาณ 10m/s นนทวุฒิ ปรีชาวุฒิ [5] ได้ศึกษาและออกแบบกังหันลมแกนนอนด้วยทฤษฎีเบลตอิลิเมนต์ ทฤษฎีโมเมนตัมและได้จำลองการไหลของอากาศผ่านกังหันลม สำหรับความเร็วลมต่ำด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลลูม ผลการศึกษาพบว่า การปรับมุมใบและความเร็วรอบของกังหันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมได้ ธเนศ ไชยชนะ [6] ได้ศึกษาศักยภาพพลังงานลมในจังหวัดเชียงใหม่ และออกแบบสร้างกังหันลมแกนตั้งแบบเพลาคู่ร่วมแกน ผลการทดลองพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 20-40 m เท่ากับ 4.63 m/s การใช้กังหันลมแกนตั้งแบบเพลาคู่ร่วมแกนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพจาก 14.89 % เป็น 30.80% เมืองมนต์ เนตรหาญและอำไพศักดิ์ ทีบุญมา [7] ศึกษาประสิทธิภาพของกังหันลมชนิดแกนนอน พิกัดการผลิตไฟฟ้า 800 W ทำการทดสอบที่พื้นที่จังหวัดนครพนมผลการทดลองพบว่ากังหันลมเริ่มทำงานที่ความเร็วลม 2 m/s สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเท่ากับ 0.34 ที่ความเร็วลม 3.5 m/sระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 26.6 ปี

จากข้อมูลการศึกษาในอดีตพบว่านักวิจัยที่เกี่ยวกับกังหันลมจะมุ่งเน้นไปที่กังหันลมพรอเพลเลอร์ (Propeller Turbine) อย่างไรก็ตามพบว่าแนวทางของงานวิจัยที่กำลังได้รับความสนใจคือ การศึกษาและพัฒนากังหันลมที่มีช่วงความเร็วใช้งานต่ำเนื่องจากประเทศไทยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างต่ำเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนาออกแบบกังหันลมลูปวิงเพื่อใช้งานในการผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วต่ำถึงปานกลางและประยุกต์ใช้ในการผลิต

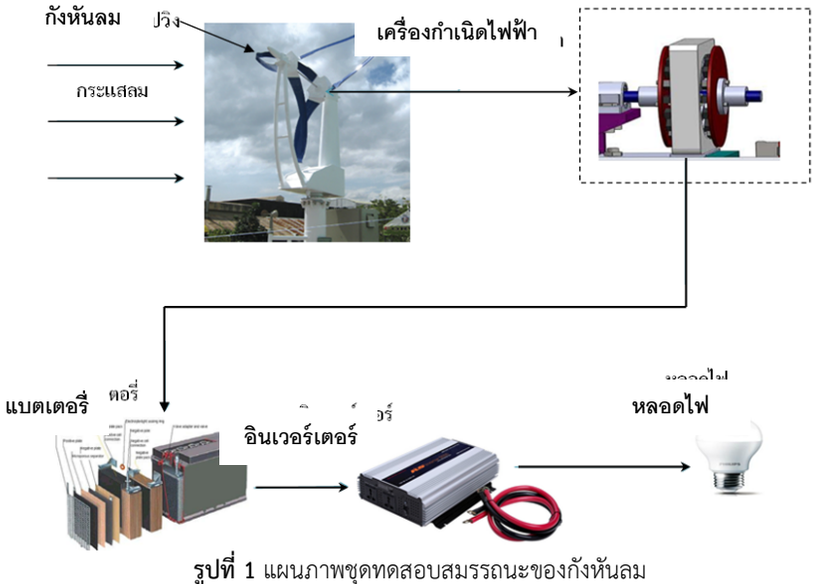
ไฟฟ้าจ่ายให้กับหลอดไฟส่องสว่างทางเดินในเขตเมือง ของประเทศญี่ปุ่น กังหันลมลูปวิงมีข้อดีคือ มีประสิทธิภาพสูง ใบพัดมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เริ่มทำงานได้ด้วยตัวเอง ไม่เกิดเสียงดัง ไม่เกิดการหมุนวนของอากาศที่ปลายใบ[8]อย่างไรก็ตามการศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กังหันลมลูปวิงในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษามาก่อนในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงผลกระทบของมุมบิดของใบกังหัน และความเร็วของลมที่มีต่อความเร็วรอบของกังหัน กำลังไฟฟ้า สัมประสิทธิ์กำลังระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่และระยะเวลาคืนทุน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบกังหันลมลูปวิงได้อย่างเหมาะสม

2. อุปกรณ์การทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีชุดอุปกรณ์ทดลอง แสดงตามแผนภาพในรูปที่ 1 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ กังหันลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ และหลอดไฟ

กังหันลมที่ใช้ในการทดลอง (รูปที่ 2) ทำจากวัสดุอลูมิเนียมหนา 1 mm. ความกว้างของใบเฉลี่ย 15 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบกังหันเท่ากับ1.5 m ใบกังหันเอียงทำมุม 60° กับแนวระนาบ ใบกังหันที่ใช้ทดสอบมี 3 ชุดซึ่งมีมุมบิดของใบที่แตกต่างกันคือ 30°,45° และ 60° ชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เป็นแบบจานหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm หนา 20 mm โดยมีแม่เหล็กไฟฟ้าติดกับจานหมุนจำนวน 10 ชุด ซึ่งถูกยึดติดกันโดยการหล่อเรซิ่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีขนาด 20 x 65 mm หนา10 mm ขดลวดที่ใช้เบอร์ 18 พันจำนวน 90 รอบ แบตเตอรี่ที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้ามีขนาดแรงดันไฟฟ้า 12V 70Ah

การทดสอบสมรรถนะการทำงานของกังหันได้ทำการทดสอบที่บริเวณสันเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการทดสอบที่ความเร็วลมระหว่าง 3 - 7 m/s สำหรับในการทดสอบเพื่อหาความเร็วที่กังหันลมเริ่มต้นทำงานทำได้โดยพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว เป็นตัวขับเคลื่อนให้อากาศไหลปะทะกังหันลม การปรับความเร็วลมทำได้โดยการปรับระยะห่างระหว่างพัดลมและกังหันลม และการวัดความเร็วลมเฉลี่ยทำได้โดยใช้แอนิโมมิเตอร์ (Anemometer) แรงดันและกระแสไฟฟ้าอ่านค่าได้จาก มัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) ความเร็วรอบของกังหันลมวัดค่าโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) ค่าเฉลี่ยของการเก็บบันทึกผลการทดลองได้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ผล



รูปที่ 1 แผนภาพชุดทดสอบสมรรถนะของกังหันลม



รูปที่ 2 กังหันลมลูปวิงและชุดกำเนิดไฟฟ้า

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาสมรรถนะการทำงานของกังหันลมจากค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม (C_p) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C_P = \frac{P}{W} \quad (1)$$

เมื่อกำลังงานที่กังหันลมผลิตได้ (P) และกำลังงานที่ได้จากการเคลื่อนที่ของลม (W) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = VI \quad (2)$$

$$W = \frac{1}{2}\rho A u^3 \quad (3)$$

โดยที่ V = แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ (V)

I = กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (A)

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

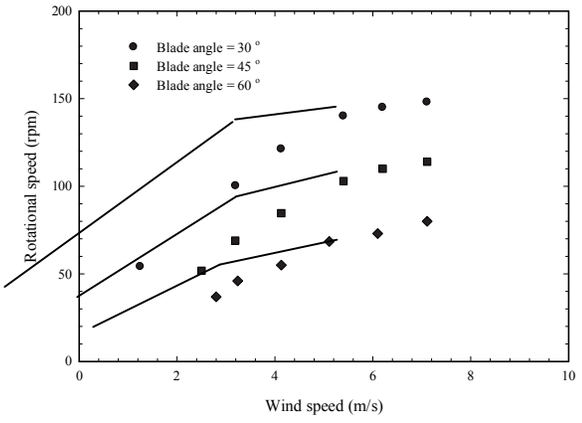
A =พื้นที่กวาดของใบพัด (m^2)

u =ความเร็วลม (m/s)

4. ผลการทดลอง

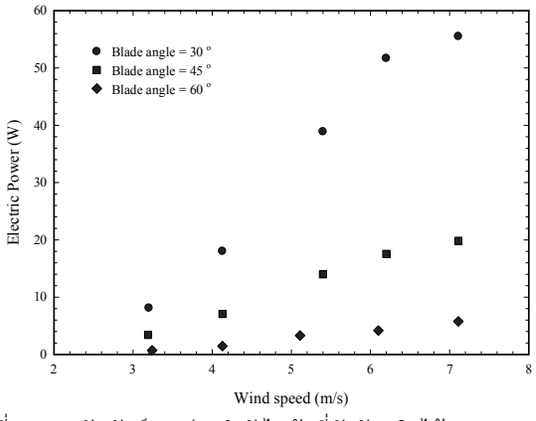
ในหัวข้อนี้ได้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและมุมบิดของใบกังหันที่มีต่อความเร็วรอบของกังหัน กำลังไฟฟ้า สัมประสิทธิ์กำลัง เวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ และระยะเวลาคืนทุน ดังอธิบายต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันที่มีมุมบิดของใบกังหันแตกต่างกันแสดงในรูปที่ 3 จากรูปแสดงให้เห็นว่าความเร็วที่ทำให้กังหันลมเริ่มต้นทำงานมีค่าแตกต่างกันเมื่อมุมบิดใบเปลี่ยนแปลงไป โดยพบว่ากังหันเริ่มต้นหมุนที่ความเร็ว 1.25m/s, 2.50 m/s และ 2.80m/sสำหรับมุมบิดของกังหัน 30°, 45 ° และ 60 °ตามลำดับ ความเร็วรอบของกังหันมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วลม โดยพบว่าความเร็วรอบของกังหันเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากที่ช่วงความเร็วลมต่ำกว่าประมาณ 5m/s อย่างไรก็ตามความเร็วรอบของกังหันเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อความเร็วลมสูงกว่าประมาณ 5m/s จากการสังเกตพบว่าพฤติกรรมดังกล่าวเป็นไปในลักษณะเดียวกันเมื่อมุมบิดของใบกังหันลมเปลี่ยนแปลงไป โดยพบว่าความเร็วรอบของกังหันลมที่มีมุมบิดของใบกังหัน 30° และ 45 ° มีค่าสูงกว่าเฉลี่ยประมาณ 1 เท่าและ 0.5 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับมุมบิดของใบกังหัน 60°



รูปที่ 3ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันและความเร็วลม

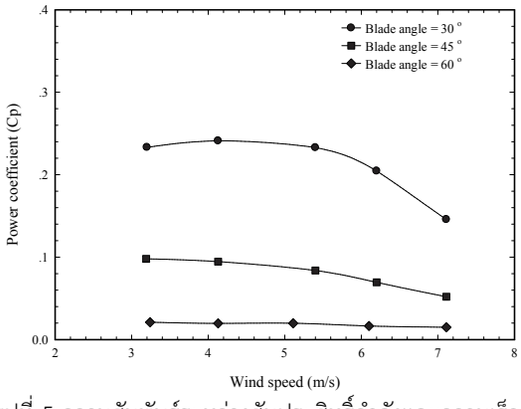
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรูปที่ 4พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่าแปรผันตามความเร็วของลม โดยพบว่าในช่วงความเร็ว 3– 7 m/s กำลังงานมีค่าเพิ่มขึ้น11.8W/m/s4.1W/m/s และ 1.3W/m/s สำหรับมุมบิดของใบกังหัน 30°, 45° และ 60 °ซึ่งอธิบายได้ว่าการเพิ่มความเร็วลมส่งผลให้ความเร็วรอบของกังหันเพิ่มสูงขึ้น และความเร็วรอบของที่สูงขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นนอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อมุมบิดของใบกังหันมีค่าลดลงมีผลให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยพบว่ากำลังไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.1W, 12.4 W และ 34.4Wสำหรับมุมบิดของใบกังหัน 60°, 45° และ 30 ° ตามลำดับ ซึ่งอธิบายได้ว่ามุมบิดของใบกังหันที่ลดลงมีผลให้ความเร็วรอบของกังหันเพิ่มขึ้น(รูปที่ 3)ดังนั้นกำลังไฟฟ้าจึงสูงขึ้นเมื่อมุมบิดของใบกังหันลดลง



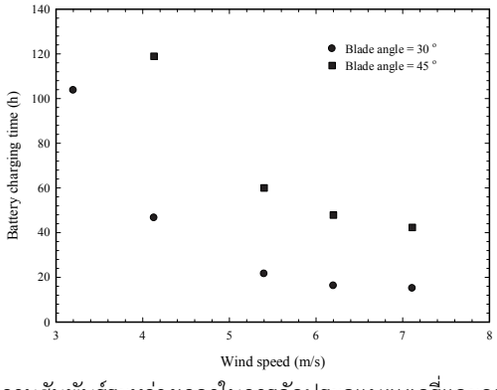
รูปที่ 4ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่กังหันผลิตได้และความเร็วลม

ผลกระทบของความเร็วลมที่มีต่อสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลมที่มีมุมบิดของใบกังหันแตกต่างกันแสดงในรูปที่ 5 จากกราฟสังเกตว่าการเพิ่มความเร็วลมระหว่าง 3– 5 m/s มีผลให้สัมประสิทธิ์กำลังมีค่าลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์กำลังลดลงมากเมื่อความเร็วลมมากกว่า 5m/s ผลจากการทดลองสังเกตว่ากังหันลมลูปวิงสมรรถนะการทำงานของกังหันลมลูปวิงมีค่าสูงที่ช่วงความเร็วลมต่ำถึงปานกลาง ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันเมื่อมุมบิดของใบกังหันแตกต่างกัน โดยพบว่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.24,0.1 และ 0.02 สำหรับมุมบิดของใบกังหัน 30°, 45° และ 60 ° ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลกระทบของความเร็วลมที่มีต่อเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ในรูปที่ 6 ผลการทดลองพบว่ากังหันลมที่มีมุมบิดของใบกังหัน 30 ° และ 45°สามารถอัดประจุแบตเตอรี่ได้ ในทางตรงกันข้ามพบว่ากังหันลมที่มีมุมบิดของใบกังหัน 60°ไม่สามารถอัดประจุแบตเตอรี่ได้เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าต่ำกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ และพบว่าระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับมุมบิดของใบกังหัน 30 ° และ 45° จะลดลงเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นโดยพบว่าเวลาในการอัดประจุน้อยที่สุดที่มุมบิดของใบกังหันเท่ากับ 30 ° และความเร็วลมเท่ากับ 7.11 m/s ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 15.13 ชั่วโมง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์กำลังและความเร็วลม



รูปที่ 6ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่และความเร็วลม

เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของกังหันลม ระยะเวลาการคืนทุนได้ถูกพิจารณาในบทความนี้โดยสามารถคำนวณได้ตามสมการ

ระยะเวลาการคืนทุน = เงินลงทุน / เงินที่ประหยัดได้ (4)

เมื่อ

เงินที่ประหยัดได้ = กำลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย x วันทำงานต่อปี

โดยที่

<u>เงินลงทุน</u>

กังหันลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ หลอดไฟ โครงสร้าง ค่าบำรุงรักษาและอุปกรณ์อื่นๆ

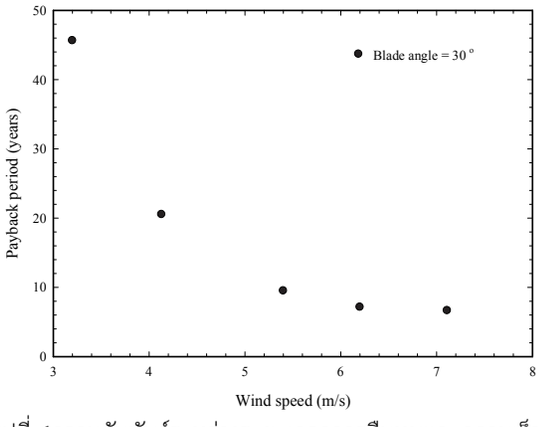
= 6,800 บาท

<u>เงินที่ประหยัดได้</u>

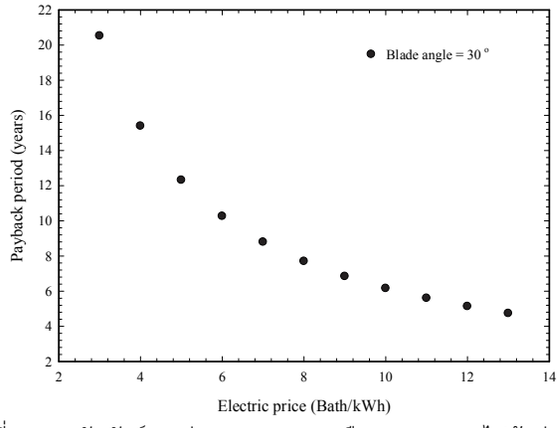
พิจารณาการผลิตลมที่ความเร็ว 4 m/s และมุมบิดใบกังหัน 30 °

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้	= 18.5 W
สัดส่วนช่วงลมสงบ	= 0.3 (R.H.B. Exell [9])
กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี	= 18.5 W x (1-0.3) (24 h) x 365 วัน / ปี
	= 113.44 kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	= 3 บาท/ kWh
ประหยัดเงินได้	= 340.33บาท/ ปี
ระยะเวลาการคืนทุน	= 6,800 บาท/ 340.33 บาทต่อปี
	= 19.98ปี

ผลการพิจารณาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของกังหันลมพบว่าระยะเวลาการคืนทุนของกังหันลมลูปวิงสั้นลงเมื่อค่าความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพิจารณาการทำงานที่ความเร็วลมต่ำ (4 m/s) พบว่า ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 19.98 ปี อย่างไรก็ตามพบว่า ระยะเวลาคืนทุนจะมีค่าน้อยกว่า 10 ปี (อายุการใช้งานของกังหันลมโดยประมาณ) เมื่อความเร็วลมมากกว่า 5m/sสำหรับกรณีที่กังหันทำงานที่ความเร็วลมต่ำ(4 m/s) พบว่าระยะเวลาคืนทุนจะลดลงเมื่อราคาไฟฟ้าต่อหน่วยสูงขึ้น โดยระยะเวลาคืนทุนมีค่าน้อยกว่า 10 ปี เมื่อราคาไฟฟ้าต่อหน่วยมากกว่า 6 บาท/kWh ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการคืนทุนและความเร็วลม



รูปที่ 7ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการคืนทุนและราคาไฟฟ้าต่อหน่วย

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมรรถนะการทำงานของกังหันลมลูปวิง โดยได้ศึกษาผลกระทบของความเร็วลมและมุมบิดของใบกังหันที่มีต่อความเร็วรอบของกังหัน กำลังไฟฟ้า สัมประสิทธิ์กำลัง ระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ และระยะเวลาการคืนทุน ผลการทดลองพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าแปรผันตามความเร็วของลมสัมประสิทธิ์กำลังมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มความเร็วลมระหว่าง 3– 5 m/s แต่สัมประสิทธิ์กำลังลดลงมากเมื่อความเร็วลมมากกว่า 5m/s สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.24,0.1 และ 0.02 สำหรับมุมบิดของใบกังหัน 30°, 45° และ 60 ° ตามลำดับ โดยมุมบิดใบกังหันที่มีผลให้สมรรถนะการทำงานสูงสุดคือ 30°ระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่และระยะเวลาคืนทุนที่น้อยที่สุดเท่ากับ 15.13 ชั่วโมงและ6.65 ปี ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่ากังหันลมลูปวิงสามารถประยุกต์ใช้กับการผลิตไฟฟ้าในเขตชุมชนที่มีช่วงความเร็วลมต่ำๆได้ยกตัวอย่างเช่นระบบไฟส่องสว่างทางเดิน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Wind power capacity and production, http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power

[2] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, (2538).*รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง* การศึกษาและสร้างกังหันลมต้นแบบที่มีประสิทธิภาพและเก็บข้อมูลทางด้านสมรรถนะและโครงสร้างของกังหันลม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] เกียรติขจร สุเวทเวทิน, (2552). รายงานผลการวิจัยเสริมหลักสูตรเรื่อง การออกแบบกังหันลมแกนตั้งประสิทธิภาพสูง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[4] วิรชัย โรยนรินทร์, บุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว, ภาณุ ประทุมนพรัตน์, (2552). *รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าบนถนน*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[5] นนทวุฒิ ปรีชาวุฒิ, (2552). วิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบกังหันลมแนวนอนที่เหมาะสมสำหรับความเร็วต่ำ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] ธเนศ ไชยชนะ, (2553).วิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็กเพลาร่วมแกนหมุนสวนทางกันเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[7] เมืองมนต์ เนตรหาญ และอำไพศักดิ์ ทีบุญมา, (2554).การวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 800 วัตต์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 13, มกราคม- มีนาคม 2554, หน้า 57-65.

[8] Characteristics of loopwing wind turbine, http://e-kea.org/loopwing/01wind-01efficiency.html

[9] R.H.B. Exell, (1981), Surface wind distribution in Thailand, Journal of the Science Society of Thailand, 154-169.

O-IR29

การศึกษาวิเคราะห์การทำงานเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมแบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) ขนาด 1.2 kW โดยโปรแกรม MATLAB

Study and analysis the performance of 1.2 kW Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) by MATLAB

ชวลิต เพ็งสุขกุล[1*], บุญยัง ปลั่งกลาง[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

E-mail: chawalitphengsukkul55@gmail.com, pboonyang@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ศึกษาการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงในโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อศึกษาการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมแบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) ขนาด 1.2 kW ในสภาวะไร้โหลดและศึกษาโครงสร้างของเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ เช่น ขนาดเซลล์เชื้อเพลิง ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจน ในแบบจำลองมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง จากการจำลองกราฟคุณลักษณะก๊าซของเซลล์เชื้อเพลิงและกราฟคุณลักษณะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนในแบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงผลของเอาท์พุทได้แรงดัน 56 V และกระแส 105 A แรงดันที่บัส 100 Vdc และกระแสที่บัส 60 A แบบจำลองเซลล์เชื้อเพลิงนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาใช้งาน

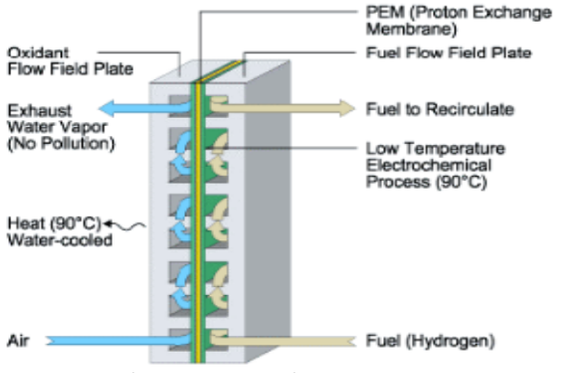
คำสำคัญ: เซลล์เชื้อเพลิง, การศึกษา, แบบจำลอง เมมแบรนแลกเปลี่ยนโปรตรอน

1. บทนำ

ประเทศไทยยังมีความจำเป็นต้องพัฒนาเพื่อให้เจริญและก้าวหน้าทันโลก พลังงานโดยเฉพาะ พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อน ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ ๆ ที่ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัดและไม่มีวันหมดสิ้น เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) จึงเป็นอีกแหล่งพลังงานที่น่าสนใจ การศึกษาเซลล์เชื้อเพลิงชนิด PEMFC ขนาด 1.2 kW โดยใช้โปรแกรม MATLAB จำลองแบบในการควบคุมการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง เพื่อเข้าใจการทำงานของ PEMFC และนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

2. ทฤษฎี

เซลล์เชื้อเพลิง คืออุปกรณ์ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนด้วยกระบวนการ “Electrochemical” โดยการรวมตัวกันระหว่างเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ (ไฮโดรเจน ก๊าซธรรมชาติ โพรเพน) และอากาศ (ออกซิเจน) ผลของกระบวนการดังกล่าวยังทำให้ได้น้ำซึ่งเป็นเสมือนไอเสียของระบบด้วย เซลล์เชื้อเพลิงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตราบเท่าที่มีเชื้อเพลิงป้อนให้ระบบ ไม่ต้องการการประจุใหม่เหมือนแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการแปลงรูปพลังงานที่สูงกว่าเทคโนโลยีการแปลงรูปพลังงานอื่น ๆ ที่ใช้กันอยู่ การทำงานปราศจากการเผาไหม้จึงไม่มีมลพิษ ไม่มีการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์



รูปที่ 1 ส่วนประกอบที่สำคัญของ PEMFC

หลักการทำงานของ PEM Fuel cell เริ่มต้นจากการอัด Hydrogen เข้าสู่ขั้วบวกของ Fuel cell โดยใช้ความดันเพื่อให้ผ่านตัว Catalyze ไปได้ หลังจาก Hydrogen ผ่านชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาไปแล้วจะทำการปล่อยอะตอมขั้วบวก (H+) ไปสู่ขั้วลบของ Fuel cell และปล่อยอิเล็กตรอน (e-) ผ่านขั้วออกมาไปสู่ระบบวงจรภายนอกเพื่อสร้างกระแสและย้อนกลับสู่ขั้วลบของ Fuel cell สำหรับ Oxygen จะถูกดันผ่านตัว Catalyze เช่นกันแต่ผ่านทางทางขั้วลบแทน โดยทำหน้าที่ดึงดูดอะตอมของ H+ ผ่านชั้น membrane เข้ามา และรับอิเล็กตรอนอิสระ (e-) จากวงจรภายนอก แล้วทำปฏิกิริยากันได้ผลลัพธ์คือ โมเลกุลของน้ำ (H_2O)

ปฏิกิริยาเคมีของขั้ว Anode $$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$$ (1)

ปฏิกิริยาเคมีระหว่างขั้ว Cathode $$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$$ (2)

การรวมปฏิกิริยาเคมีระหว่างขั้ว Anode และขั้ว Cathode $$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O + \text{Electricity} + \text{Heat}$$ (3)

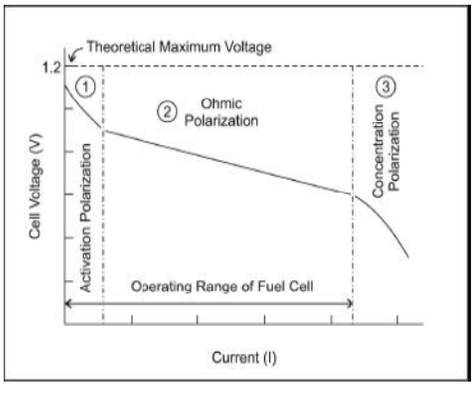
ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนกับพลังงานกลของแรงดันเอาท์พุตใน 1 เซลล์ สามารถคำนวณได้จาก Gibb's free energy change ΔG (237 kJ/mol) และค่าสแตนดาร์ดของจุดทำงาน (25°C)

$$E = - \frac{\Delta G}{nF} = 1.23 \text{ V} \quad (4)$$

เมื่อ F เป็นค่าคงที่ของ Faraday (96,485 Coulombs) และ n เป็นจำนวนของอิเล็กตรอนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี (2 electrons)

2.1 ปฏิกิริยาขั้วแม่เหล็ก (Polarization Characteristics

เป็นความคิดในอุดมคติว่า แรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงในภาวะที่ดีที่สุดตามทฤษฎีควรจะเป็น 1.2 V หากแต่ในความเป็นจริง เซลล์เชื้อเพลิงจะสำเร็จเมื่อได้แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดจากผลผลิต เมื่อสื่อนำวงโคจรและแรงดันไฟฟ้าก็จะต่ำลง เมื่อวัตถุดิบที่ได้เพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้เองถูกเรียกว่า Polarization โดยจะแสดงให้เห็นผ่านกราฟโพลาไรเซชั่นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแรงดันต่อกระแสของ PEMFC

2.2 ลักษณะสมบัติสภาวะอยู่ตัว

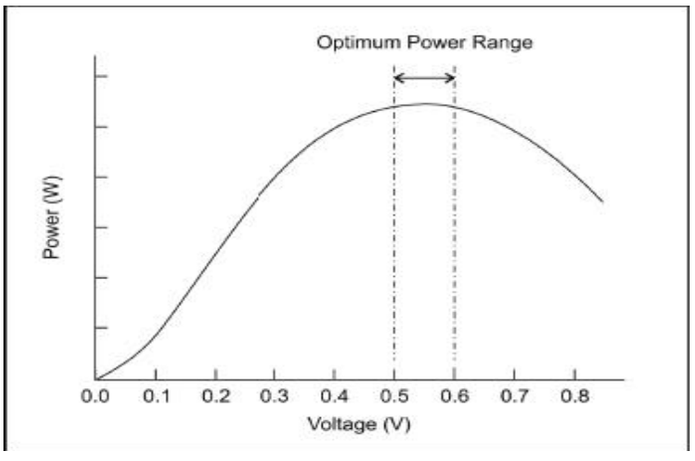
ลักษณะสมบัติสภาวะอยู่ตัวของเซลล์เชื้อเพลิงรูปที่ 2-3 แสดงแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงในฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้า กราฟที่ได้ประกอบด้วยสามส่วนลักคือ

- ปรากฏการณ์กระตุ้นปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า
- ส่วนที่เป็นเชิงเส้นที่แรงดันตก มีสาเหตุจากความต้านทานภายใน
- ส่วนสุดท้ายคือพลังงานจลน์ในการแตกตัวของก๊าซผ่านอิเล็กโทรด กลายเป็นปัจจัยจำกัดทำให้แรงดันตกอย่างมาก

กราฟโพลาไรเซชั่น มีคุณสมบัติเป็นแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ โดยอัตราการไหลของกระแสไฟจะขึ้นอยู่กับขนาดของโหลดทางไฟฟ้าที่วางตรงข้ามเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งความสำคัญของกราฟแรงดันต่อกระแส (Polarization curve)นี้จะแสดงถึงประสิทธิภาพทางไฟฟ้าเคมีของเซลล์เชื้อเพลิงในการทำปฏิกิริยา เนื่องจากประสิทธิภาพเป็นอัตราส่วนโดยตรงของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์หารด้วย 1.2 V

2.3 ลักษณะเฉพาะของพลังงาน

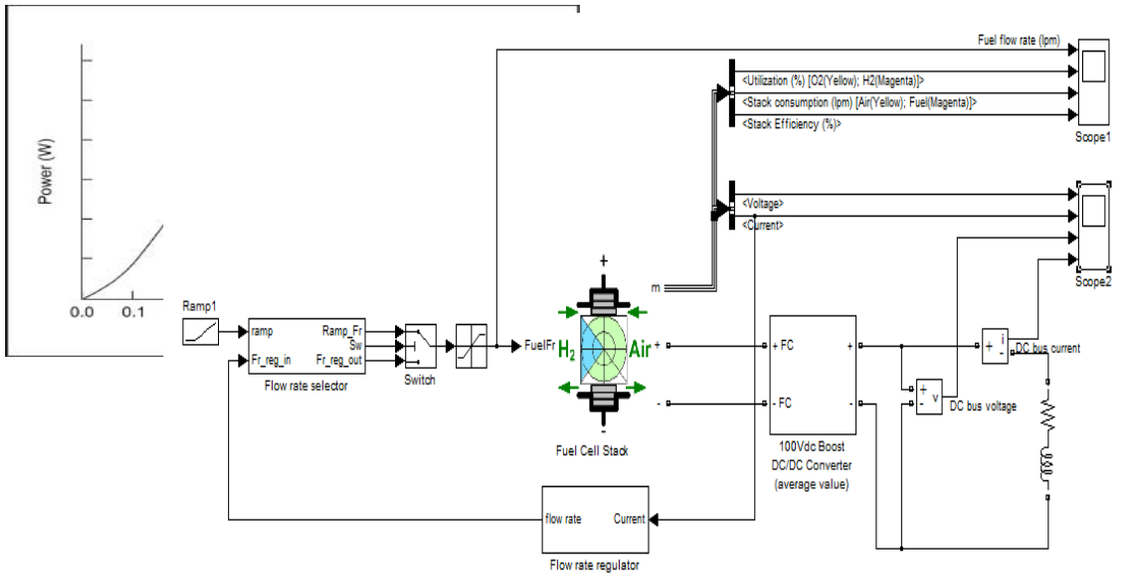
พลังงานทางไฟฟ้าเป็นผลผลิตของความแตกต่างระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เนื่องจากกราฟโพลาไรเซชั่นของเซลล์เชื้อเพลิงได้ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในทุกสภาพการทำงาน ทำให้เราสามารถนำกราฟโพลาไรเซชั่นมาสร้างเป็นกราฟทางพลังงานอื่น ๆ ที่สอดคล้องกันได้อีก พลังงานที่เกิดขึ้นในชั่วขณะจะถูกแสดงเป็นกราฟ ซึ่งเกิดจากจุดใด ๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นโค้ง โดยเส้นโค้งจะสัมผัสกับมุมฉาก ตามที่แสดงในกราฟ พลังงานสูงสุดที่ปรากฏจะอยู่ที่ประมาณ 0.5-0.6 V ซึ่งสูงพอประมาณกับกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ที่จุดสูงสุดแรงต้านภายในเซลล์จะเท่ากับแรงต้านภายนอกวงจร แต่อย่างไรก็ตามเมื่อประสิทธิภาพลดลงแต่ความต่างศักย์เพิ่มขึ้นจะต้องมีการแลกเปลี่ยนผลได้ผลเสียระหว่างพลังงานกับประสิทธิภาพที่สูง ผู้ออกแบบระบบเซลล์เชื้อเพลิงจะต้องเลือกระดับระบบปฏิบัติการตามความต้องการว่าต้องการพลังงานหรือประสิทธิภาพมากกว่ากัน



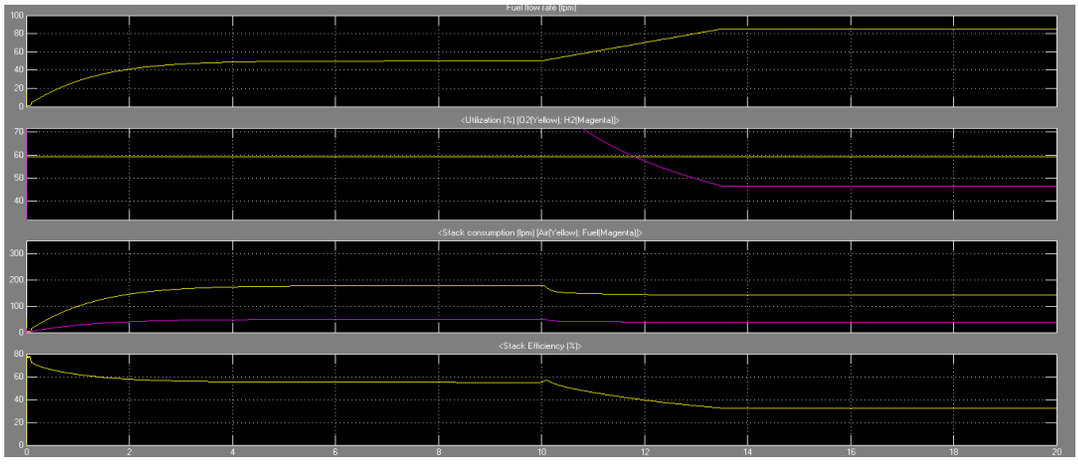
รูปที่ 3 กราฟแสดงต้นแบบพลังงานของ PEMFC

3. แบบจำลองเซลล์เชื้อเพลิง

แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมแบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC) ขนาด1.2 kW ใน MATLAB เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง



รูปที่ 4 แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิง



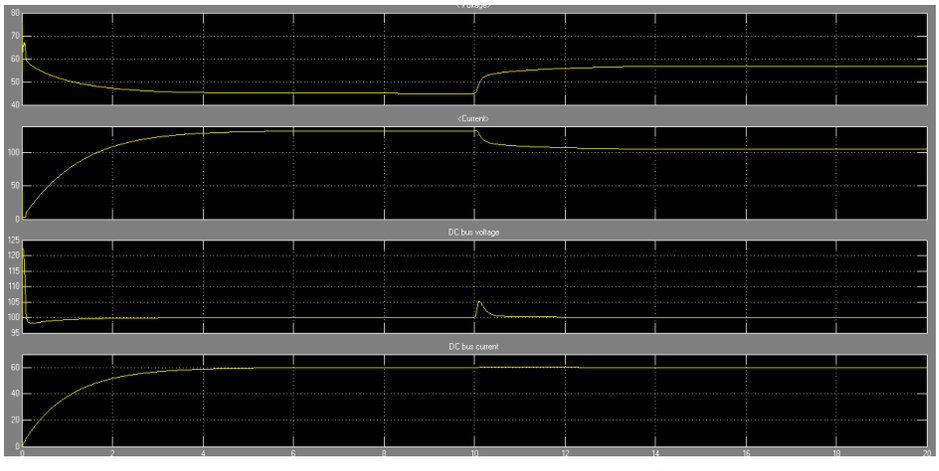
รูปที่ 5 กราฟคุณลักษณะก๊าซของเซลล์เชื้อเพลิง

จากการจำลองในรูปที่ 5 อัตราการไหลเซลล์เชื้อเพลิงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 0-2 วินาทีในอัตรการไหล 40 lpm และจะเห็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 10 วินาทีในอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น 50 lpm และจะเห็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 14 วินาทีเพิ่มขึ้นที่ 85 lpm และในช่วงเวลา 15-20 วินาทีอัตราการไหลของเซลล์เชื้อเพลิงจะคงที่ 85 lpm

ปริมาณการใช้ออกซิเจนของเซลล์เชื้อเพลิงในเส้นกราฟสีเหลืองจะเห็นในช่วงเวลา 0-20 วินาที สภาวะคงที่ 60 % และปริมาณการใช้พบว่าก๊าซไฮโดรเจนของเซลล์เชื้อเพลิงในเส้นสีม่วงแดงเข้มจะพบว่าในช่วงเวลา 0-10 วินาที ปริมาณการใช้ 100 % cและในช่วงเวลา 10-13 วินาทีจะพบว่าปริมาณลดลง 40 % และในช่วงเวลา 13-20 วินาทีจะคงสภาวะที่ 40 %

อัตราการใช้อากาศของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงเวลา 0-10 วินาทีจะพบอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ 1-150 lpm และในช่วงเวลา 3-10 วินาที จะพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ 150-180 lpm และในช่วงเวลา 10-20 วินาที จะพบอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ 150 lpm ลดลงคงที่ 140 lpm

ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1-2 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ 80 % และลดลงที่ 59 % และในช่วงเวลา 4-10 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ 59 % และลดลงที่ 55 % และในช่วงเวลา 10-14 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ 55 % และลดลงที่ 42 %



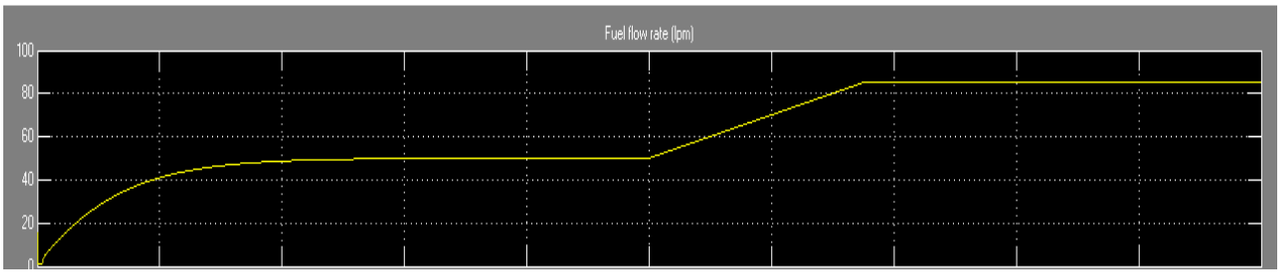
รูปที่ 6 กราฟคุณลักษณะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

จากการจำลองในรูปที่ 6 แรงดันของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงเวลา 0-3 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 67 V และลดลงที่แรงดันที่ 48 V และในช่วงเวลา 4-10 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 45 V และในช่วงเวลา 10-12 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 45 V – 56 V และในช่วงเวลา 12-20 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 57 V

กระแสของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงเวลา 0-1 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ 0 A เพิ่มขึ้น110 Aและในช่วงเวลา 2-4 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ 110 – 130 และในช่วงเวลา 12 – 20 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ 105 A

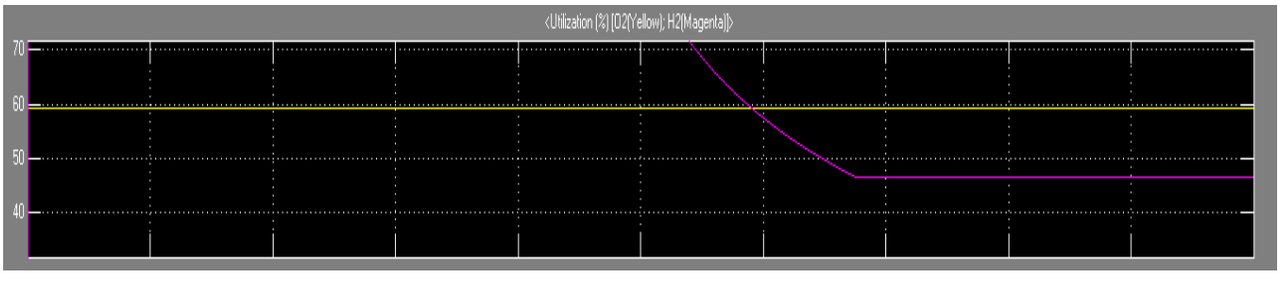
แรงดันที่บัสกระแสตรงของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 0 – 1 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่บัส 123 Vdc และลดลงที่ 96 Vdc และในช่วงเวลา 2 – 10 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่บัสคงที่ 100 Vdc และในเวลาช่วง 10 วินาที จะเห็นแรงดันที่บัสกระเพื่อมที่ 105 Vdc cและในช่วงเวลา 10 – 20 วินาทีและในช่วงเวลา 10 – 20 วินาที แรงดันที่บัสจะคงที่ 100 Vdc

กระแสที่บัสกระแสตรงของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 0 – 2 วินาทีและจะเห็นการเปลี่ยนแปลงกระแสที่บัส 0 – 50 A และในช่วงเวลา 2 – 10 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงกระแสที่บัส 50 – 60 A และในช่วงเวลา 10 – 12 วินาที จะเห็นการกระเพื่อมที่61 A และในช่วงเวลา 12 – 20 วินาที กระแสที่บัสคงที่ 60 A



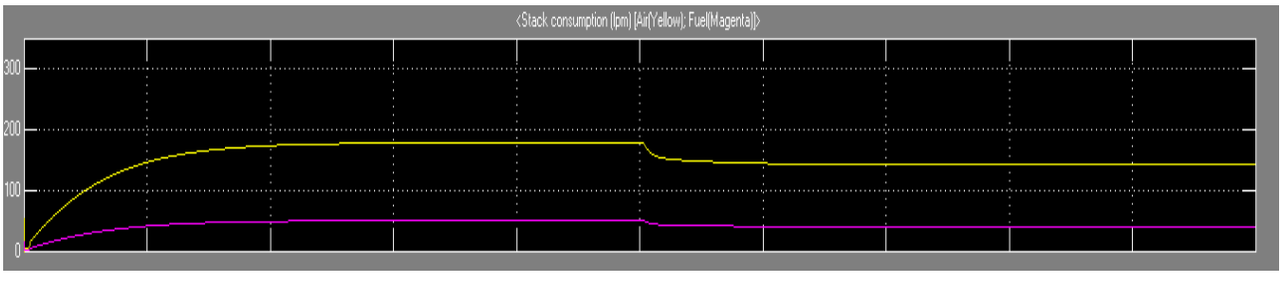
รูปที่ 7 อัตราการไหลของเซลล์เชื้อเพลิง

จากการจำลองในรูปที่ 7 อัตราการไหลเซลล์เชื้อเพลิงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 0-2 วินาทีในอัตรการไหล 40 lpm และจะเห็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 10 วินาทีในอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น 50 lpm และจะเห็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 14 วินาทีเพิ่มขึ้นที่ 85 lpm และในช่วงเวลา 15-20 วินาทีอัตราการไหลของเซลล์เชื้อเพลิงจะคงที่ 85 lpm



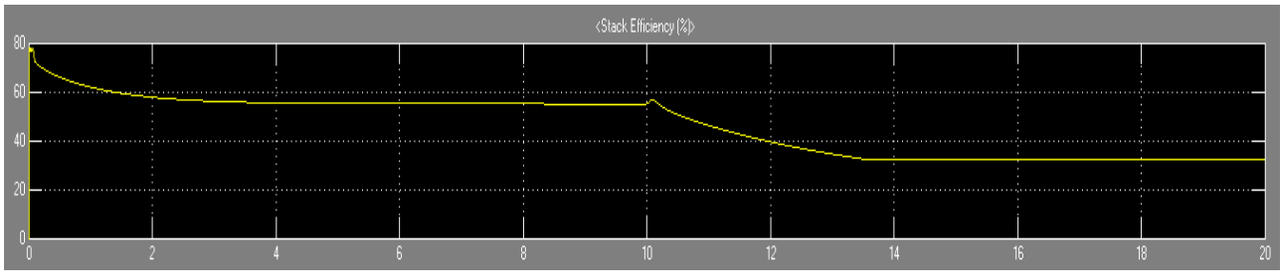
รูปที่ 8 ปริมาณการใช้ของก๊าซออกซิเจนและก๊าซไฮโดรเจน

จากการจำลองในรูปที่ 8 ปริมาณการใช้ออกซิเจนของเซลล์เชื้อเพลิงในเส้นกราฟสีเหลืองจะเห็นในช่วงเวลา 0-20 วินาที สภาวะคงที่ 60 % และปริมาณการใช้พบว่าก๊าซไฮโดรเจนของเซลล์เชื้อเพลิงในเส้นสีม่วงแดงเข้มจะพบว่าในช่วงเวลา 0-10 วินาที ปริมาณการใช้ 100 % cและในช่วงเวลา 10-13 วินาทีจะพบว่าปริมาณลดลง 40 % และในช่วงเวลา 13-20 วินาทีจะคงสภาวะที่ 40 %



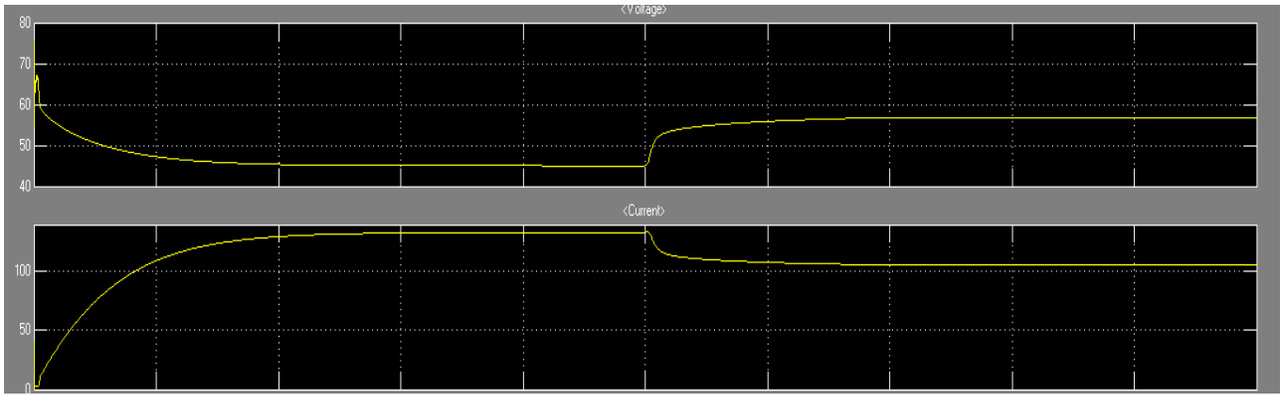
รูปที่ 9 อัตราการใช้ของอากาศและเชื้อเพลิง

จากการจำลองในรูปที่ 9 อัตราการใช้อากาศของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงเวลา 0-10 วินาทีจะพบอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ 1-150 lpm และในช่วงเวลา 3-10 วินาที จะพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ 150-180 lpm และในช่วงเวลา 10-20 วินาที จะพบอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ 150 lpm ลดลงคงที่ 140 lpm



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิง

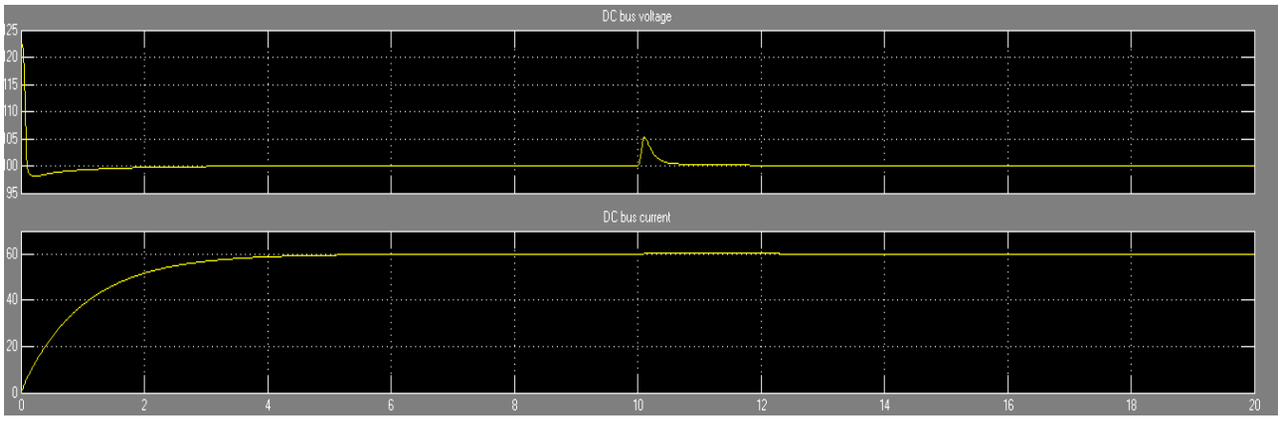
จากการจำลองในรูปที่ 10 ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1-2 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ 80 % และลดลงที่ 59 % และในช่วงเวลา 4- 10 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ 59 %และลดลงที่ 55 % และในช่วงเวลา 10-14 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ 55 % และลดลงที่ 42 %



รูปที่ 11 แรงดันและกระแสของเซลล์เชื้อเพลิง

จากการจำลองในรูปที่ 11 แรงดันของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงเวลา 0-3 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 67 V และลดลงที่แรงดันที่ 48 V และในช่วงเวลา 4-10 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 45 V และในช่วงเวลา 10-12 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 45 V – 56 V และในช่วงเวลา 12-20 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ 57 V

กระแสของเซลล์เชื้อเพลิงในช่วงเวลา 0-1 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ 0 A เพิ่มขึ้น110 Aและในช่วงเวลา 2-4 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ 110 – 130 และในช่วงเวลา 12 – 20 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ 105 A



รูปที่ 12 แรงดันและกระแสบัส

จากการจำลองในรูปที่ 12 แรงดันที่บัสกระแสตรงของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 0 – 1 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่บัส 123 Vdc และลดลงที่ 96 Vdc และในช่วงเวลา 2 – 10 วินาทีจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่บัสคงที่ 100 Vdc และในเวลาช่วง 10 วินาที จะเห็นแรงดันที่บัสกระเพื่อมที่ 105 Vdc cและในช่วงเวลา 10 – 20 วินาทีและในช่วงเวลา 10 – 20 วินาที แรงดันที่บัสจะคงที่ 100 Vdc

กระแสที่บัสกระแสตรงของเซลล์เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 0 – 2 วินาทีและจะเห็นการเปลี่ยนแปลงกระแสที่บัส 0 – 50 A และในช่วงเวลา 2 – 10 วินาที จะเห็นการเปลี่ยนแปลงกระแสที่บัส 50 – 60 A และในช่วงเวลา 10 – 12 วินาที จะเห็นการกระเพื่อมที่61 A และในช่วงเวลา 12 – 20 วินาที กระแสที่บัสคงที่ 60 A

4. สรุป

จากการศึกษาการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมแบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนแบบจำลองโปรแกรม MATLAB/Simulink ในงานวิจัยนี้พบว่าในการศึกษาการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงสภาวะไร้โหลดและศึกษาโครงสร้างของเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ เช่น ขนาดเซลล์เชื้อเพลิง ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจน ในแบบจำลองมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง จากการจำลองกราฟคุณลักษณะก๊าซของเซลล์เชื้อเพลิงและกราฟคุณลักษณะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนในแบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงผลของเอาท์พุทได้แรงดัน 56 V และ กระแส 105 A แรงดันที่บัส 100 Vdc และกระแสที่บัส 60 A

เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ เกตุจ้อย, วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร และ สุขฤดี นาถกรณกุล, “เซลล์เชื้อเพลิง: เทคโนโลยีพลังงานสำหรับอนาคต” , Naresuan Univercity Journal.

[2] ปนัดดา แสงแก้ว, “การศึกษาและวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงขนาด 1.2 kWชนิด ProtonExchange Membrane Fuel Cell(PEMFC)”, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

[3] Alejandro J. del Real, Alicia Arce, Carlos Bordons, 2007, “Development and experimental validation of a PEM fuel cell dynamic model”, Journal of Power Sources 173(2007) 310-324.

O-IR30

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ด้วยระบบไพโรไลซิสชนิดแก๊สหมุนวนปิด

Charcoal Yield and Wood Vinegar Production by Closed Circulation Producer Gas Pyrolysis System

ปรีชา ขันติโกมล[1*] และไมตรี พลสงคราม[1]

ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาพลังงานหมุนเวียน(RDREL)

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

Email: preecha@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ด้วยระบบไพโรไลซิสชนิดแก๊สหมุนวนปิด ซึ่งเตาไพโรไลซิสระบบแก๊สหมุนวนปิดประกอบด้วย ชุดทำความร้อน เตาไพโรไลซิส คอนเดนเซอร์ และพัดลมอัดอากาศ ใช้อากาศและแก๊สในระบบหมุนเวียนแบบปิด ใช้ไม้กระถินยักษ์จำนวน 3 kg เป็นวัสดุตัวอย่าง ในการทดลองได้ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิไพโรไลซิส 200 - 300°Cที่ระยะเวลาการไพโรไลซิส 5 , 10 และ 15 นาที จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตของแข็ง (ถ่าน) ที่ได้มีปริมาณลดลง ที่อุณหภูมิต่ำ (200 °C) ปริมาณผลผลิตของแข็ง (ถ่าน) มีปริมาณมากกว่าผลผลิตถ่านที่อุณหภูมิสูง (250 – 300 °C) ถึง 88.2% เนื่องจากเกิดเพียงกระบวนการอบแห้งและไล่ความชื้นเท่านั้น ส่งผลให้ผลผลิตเป็นถ่านที่ไม่สมบูรณ์ แต่สามารถเกิดผลผลิตน้ำส้มควันไม้และแก๊สชีวมวลในช่วงเวลา 5-10 นาที มีการลดลงของปริมาณของแข็งอย่างรวดเร็วในทุกอุณหภูมิการไพโรไลซิส เนื่องจากมีการสลายโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวลอย่างรวดเร็วปริมาณน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิการไพโรไลซิส ซึ่งที่ระยะเวลายาวนานขึ้นนั้น ส่งผลให้มีการควบแน่นของแก๊สชีวมวลไปเป็นน้ำส้มควันไม้ได้มากขึ้น ในขณะเดียวที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้มีการสลายโครงสร้างของชีวมวลได้อย่างรวดเร็วไปเป็นแก๊สชีวมวล

คำสำคัญ : ไพโรไลซิส, กระถินยักษ์ , น้ำส้มควันไม้ , ถ่าน , ชีวมวล

1. บทนำ

สังคมโลกปัจจุบันกำลังก้าวสู่ทางเลือกในเรื่องของพลังงานทดแทนมากขึ้น เนื่องจากปริมาณพลังงานที่ได้มาจากฟอสซิลลดน้อยลงตามการบริโภคของพลโลก [1] และคาดว่าอีกไม่เกิน 50 ปี ดังนั้นพลังงานจากชีวมวลจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่สุดสำหรับประเทศไทย [2] เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สามารถผลิตชีวมวลได้เป็นจำนวน จึงจำเป็นอย่างยิ่งยวดที่จะต้องพัฒนารูปแบบ วิธีการ และเครื่องมือที่เหมาะสม ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำพลังงานชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่สามารถจัดหามาทดแทนได้ในช่วงเวลาอันสั้น โดยเฉพาะไม้โตเร็ว เพื่อทดแทนพลังงานจากซากฟอสซิลที่ใช้เวลานับล้านปี

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการเปลี่ยนสารชีวมวลไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่ามากมาย ซึ่งการไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นหนึ่งในวิธีการทางกระบวนการอุณหภูมิเคมี (Thermo-chemical processes) ที่นิยมใช้และน่าสนใจสำหรับการผลิตน้ำมันชีวมวลและถ่านที่มีคุณภาพสูงสำหรับครัวเรือน [3-4] นอกจากนั้นถ่านสามารถนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพดินได้ เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและสารอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโต สำหรับในประเทศไทย ไม้กระถินยักษ์เป็นไม้โตเร็ว ขึ้นง่าย มีการปลูกเป็นจำนวนมาก จึงสามารถทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยใช้กระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็น การแยกสลายด้วยความร้อนหรือการให้ความร้อนแก่สารอินทรีย์ (Organic material) ที่ปราศจากออกซิเจนหรือที่มีอากาศจำกัดการเปลี่ยนแปลงพร้อมกันด้านองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพที่ไม่สามารถเปลี่ยนกลับสภาพเดิมได้ ซึ่งมิได้เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่เกิดกับออกซิเจนหรือการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีอื่นๆ ตามปกติเป็นไปไม่ได้ที่จะคงอยู่ในสภาวะไร้อากาศ เนื่องจากออกซิเจนจะคงมีอยู่ในระบบไพโรไลซิสและออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นด้วยเล็กน้อยกล่าวง่ายๆ คือ ไพโรไลซิสจะขจัดออกซิเจนจากองค์ประกอบของไฟ (Fire triangle) ดังนั้นจึงไม่ทำให้เกิดการเผาไหม้กระบวนการดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่สะอาด ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการไพโรไลซิสยังมี น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar หรือ Pyroligneous acid) [5-6] ซึ่งเป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟ ได้มาจากการควบแน่นของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านในช่วงที่อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300 – 400 °C มีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม

วีรชัย [7] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล โดยได้ทำการศึกษาไม้โตเร็วที่มีศักยภาพสำหรับใช้เป็นพลังงานชีวมวล 3 ชนิดได้แก่ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา กระถินยักษ์ โดยพบว่าไม้ยูคาลิปตัสและกระถินเทพาเหมาะกับการใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานกระดาษ ส่วนกระถินยักษ์เหมาะสำหรับนำไปเป็นพลังงานชีวมวลสำหรับในด้านผลตอบแทนกำไรสุทธิเฉลี่ย (บาท/ไร่) ยูคาลิปตัสอยู่ที่ 969.17 กระถินเทพาอยู่ที่ 1856.67 และกระถินยักษ์ 1906.67 ส่วนอัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ยูคาลิปตัส90.94% กระถินเทพา 71.17% และกระถินยักษ์ 94.06%

ผลผลิตเฉลี่ยของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด ในปริมาณน้ำฝน 1000-1200 mm3/yr. โดยคิดที่ผลผลิตสด (ต้น/ไร่/ปี) ยูคาลิปตัส4.778 g กระถินเทพา 5.453 g และกระถินยักษ์ 6.144 g โดยจะเห็นว่ากระถินยักษ์มีอัตราการรอดตายและผลผลิตสูงสุด

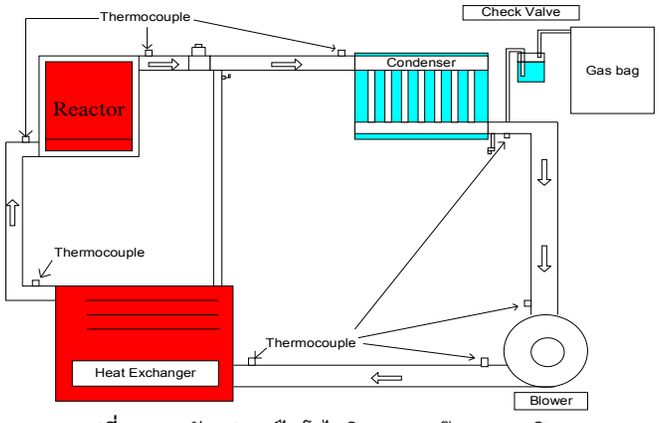
จิระพงษ์ [8] ได้นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับน้ำส้มควันไม้มีรายละเอียดดังนี้คือ น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นควันไฟ ที่ได้มาจากการควบแน่น (Condensed) ควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิภายในเตาอยู่ระหว่าง 300oC-400^{o}Cสารประกอบต่างๆ ในไม้ฟืนจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่ๆมากมายโดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าไพโรไลซิส (Pyrolysis) แต่ถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300oCแม้ว่าเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) จะสลายตัวแล้ว และเซลลูโลสกำลังเริ่มสลายตัว แต่ก็จะมีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถ้าเก็บควันในช่วง อุณหภูมิเกิน 425^{o}Cน้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็งได้แก่ Benzopyreneและ DibenzanthracenementylCholinsreneแม้ว่าสารดังกล่าวสามารถกำจัดออกไปได้ง่ายเมื่อนำ มากลั่นซ้ำที่อุณหภูมิ 60oC–70oCแต่การนำมากลั่นซ้ำก็จะสูญเสียสารประกอบบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตร

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการไพโรไลซิสเป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพต่อการผลิตพลังงานชีวมวลที่มีคุณภาพสูง ดังนั้นงานวิจัยมุ่งเน้นการเพิ่มคุณภาพของถ่านไม้ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสในระบบแก๊สหมุนวนปิด ซึ่งจะเป็นการเพิ่มศักยภาพ และคุณภาพของการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ได้

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

รูปที่ 1 แสดงรูปแผนผังอุปกรณ์ไพโรไลซิสระบบแก๊สหมุนวนปิด ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบนี้จะเป็นระบบปิด โดยการทำงานของระบบจะเริ่มจากการใส่ชีวมวลเข้าไปที่ Reactor แล้วทำการให้ความร้อนแก่ชุด Heat exchanger ใช้เครื่องป่าวลม Blower เพื่อสร้างอัตราการไหลแก่ระบบ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Heat exchanger ส่งผลให้อากาศในระบบจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และหมุนวนในระบบ เมื่ออากาศร้อนไหลเข้าไปใน Reactor ทำให้เกิดการไล่ความชื้นและเกิดกระบวนการไพโรไลซิสขึ้นใน Reactor ความชื้นและแก๊สจะถูกกลั่นสลายออกมา เมื่อเข้าไปใน Condenser ซึ่งทำหน้าที่ลดอุณหภูมิให้ต่ำจนเกิดการควบแน่นของความชื้นและแก๊สที่ออกมากลายเป็นของเหลวคือน้ำส้มควันไม้ แก๊สที่เหลือจากการควบแน่นที่ Condenser จะเป็นแก๊สส่วนเกินอยู่ในระบบทำให้มีความดันเกิดขึ้นในระบบ และจะถูกดันออกทาง Check valve แล้วเก็บไว้ในถุงเก็บแก๊ส (Gas bag) ระบบจะหมุนวนจนสิ้นสุดกระบวนการไพโรไลซิส คือไม่เกิดการกลั่นสลายอีกต่อไป นำผลผลิตถ่าน น้ำส้มควันไม้และแก๊สชีวมวลไปทำการวิเคราะห์ผลต่อไป

ในการดำเนินการทดลองจะทำการควบคุมอุณหภูมิในการไพโรไลซิสที่ 200^{o}C , 250^{o}Cและ300^{o}Cพิจารณาที่เวลา 5 นาที , 10 นาที และ15 นาที ใช้ ไม้กระถินยักษ์ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกเฉลี่ยอยู่ที่ 10 % เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 40-50 mm ความยาว 70-100 mm โดยทำการทดสอบที่น้ำหนัก 3 kg



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์ไพโรไลซิสระบบแก๊สหมุนวนปิด

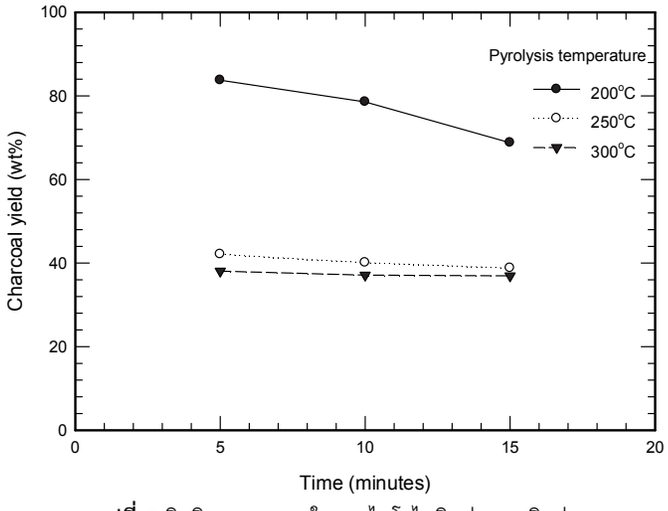
3. ผลและการวิเคราะห์ผล

ผลการศึกษาการผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้ และแก๊สชีวมวลจากไม้กระถินยักษ์ด้วยเตาไพโรไลซิสระบบปิด ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการไพโรไลซิส ที่ส่งผลต่อผลผลิตถ่าน น้ำส้มควันไม้ และแก๊สชีวมวล

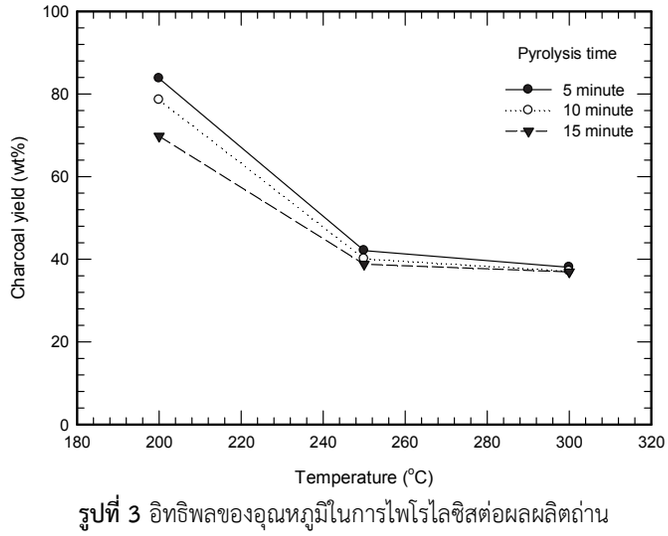
3.1 ผลผลิตถ่าน

รูปที่ 2และ 3แสดงอิทธิพลของเวลาในการไพโรไลซิส และอุณหภูมิในเตาไพโรไลซิสต่อผลผลิตถ่าน จากการศึกษาเชิงทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตถ่านจะลดลงตามระยะเวลาในการไพโรไลซิส และอุณหภูมิเตาที่เพิ่มขึ้น เห็นได้ชัดว่าปริมาณถ่านที่อุณหภูมิ 300°C ใช้เวลาในการ ไพโรไลซิส15 นาที จะน้อยกว่าปริมาณผลผลิตของแข็งที่อุณหภูมิ 200°C ใช้เวลาในการไพโรไลซิส15 นาที ถึง 88.92% เนื่องจากที่อุณหภูมิ 200°C โครงสร้างของชีวมวลยังไม่ถูกกลั่นสลาย อุณหภูมิยังไม่สูงพอที่จะไปทำลายโครงสร้างของ ชีวมวลให้เกิดการคายแก๊สชีวมวลออกมาได้ จึงทำให้ปริมาณผลผลิตของแข็งลดลงไม่มากนัก แม้จะใช้เวลาในการไพโรไลซิสนาน และปริมาณผลผลิตของแข็งมีแนวโน้มที่จะไม่ขึ้นอยู่กับเวลา เนื่องจากชีวมวลได้คายความชื้นออกมาจนหมดแต่โครงสร้างของชีวมวลยังไม่สามารถคายส่วนที่เป็นแก๊สชีวมวลออกมาได้ ซึ่งเปรียบเสมือนการอบชีวมวลให้แห้งเท่านั้น ในขณะที่อุณหภูมิในเตาสูง (250°C และ 300°C) อุณหภูมิสูงพอที่จะสามารถทำลายโครงสร้างของชีวมวลได้ จึงทำให้ชีวมวลคายแก๊สชีวมวลที่อยู่ข้างในออกมา ทำให้ปริมาณผลผลิตถ่านลดลง ช่วงนี้ชีวมวลจะสลายตัวเองจากปฏิกิริยาคายความร้อน อันเกิดจากความร้อนที่สะสมไว้ โครงสร้างของชีวมวลต่างๆ จะเริ่มสลายอย่างรวดเร็ว ควันที่ออกมาจะมีสีเหลืองปนขาว มีกลิ่นฉุนจัด สามารถติดไฟได้ ชีวมวลมีปริมาณลดลงและเปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่านจนหมด ชีวมวลได้สลายแก๊สชีวมวลออกมาจนหมดสิ้นปริมาณผลผลิตถ่านจะคงที่โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการไพโรไลซิส

รูปที่ 4แสดงให้เห็นได้ว่าผลผลิตถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 200°C นั้นยังไม่เป็นถ่านที่สมบูรณ์ เนื่องจากช่วงอุณหภูมินี้ยังไม่เกิดกระบวนการไพโรไลซิสที่สมบูรณ์ ยังอยู่ในช่วงไล่ความชื้นออกทำให้ยังไม่เกิดการกลั่นสลายของไม้กระถินยักษ์ โดยสังเกตได้จากสีของถ่านที่ยังเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งหากเปรียบกับถ่านที่มีโดยทั่วไปนั้น จะเห็นว่าสีของถ่านยังแตกต่างกันอยู่มาก อีกทั้งน้ำหนักของถ่านนั้นยังไม่ลดลงมากนักเนื่องจากยังมีความชื้นและแก๊สต่างๆ ที่ยังไม่กลั่นสลายอยู่ในเนื้อไม้กระถินยักษ์ หากจะใช้อุณหภูมิ 200°C ในการไพโรไลซิส จะต้องใช้เวลาในการไพโรไลซิสนานมากกว่า 15 นาที จึงจะเกิดการไพโรไลซิสที่สมบูรณ์



รูปที่ 2 อิทธิพลของเวลาในการไพโรไลซิสต่อผลผลิตถ่าน



รูปที่ 3 อิทธิพลของอุณหภูมิในการไพโรไลซิสต่อผลผลิตถ่าน



รูปที่ 4 ผลผลิตของแข็งจากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 200°C ที่เวลา 15 นาที

รูปที่ 5และ6แสดงผลผลิตถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 250°C และ 300°C ตามลำดับ ใช้เวลาไพโรไลซิสนาน 15 นาที สีของถ่านเป็นสีดำเหมือนถ่านโดยทั่วไป นั้นแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมินี้ได้เริ่มกระบวนการไพโรไลซิสที่สมบูรณ์ เกิดการกลั่นสลายของความชื้นและแก๊สที่อยู่ในไม้ กระถินยักษ์ ทำให้สีของถ่านเปลี่ยนเป็นสีดำ อย่างไรก็ตามน้ำหนักของถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูง จะเบากว่าน้ำหนักของถ่านที่ได้จากการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 5 ผลผลิตถ่านทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 250°C ที่เวลา 15 นาที

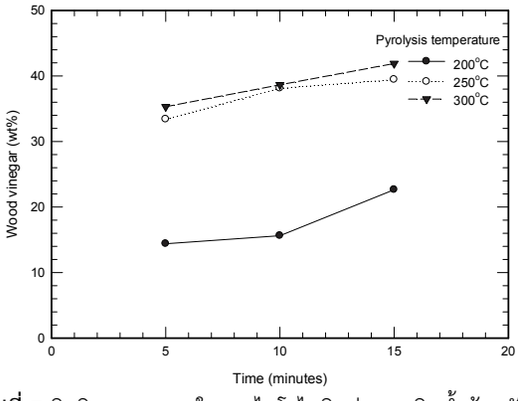


รูปที่ 6 ผลผลิตถ่านทำการทดลองที่อุณหภูมิ 300°C ที่เวลา 15 นาที

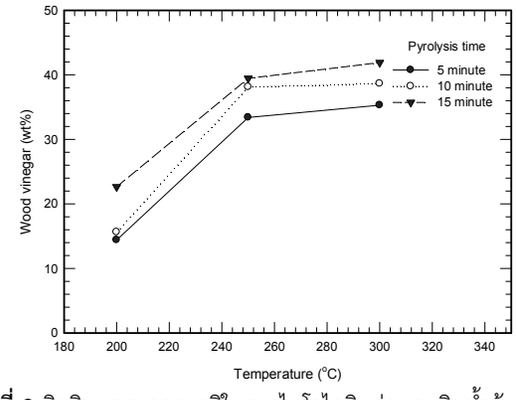
3.2 ผลผลิตน้ำส้มควันไม้

รูปที่ 7และ 8แสดงอิทธิพลของเวลาในการไพโรไลซิสและอุณหภูมิในเตาไพโรไลซิสต่อผลผลิตน้ำส้มควันไม้ ตามลำดับ จากการศึกษาเชิงทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณผลผลิตน้ำส้มควันไม้จะเพิ่มตามระยะเวลาในการไพโรไลซิสและอุณหภูมิในเตาไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้น เห็นได้ชัดว่าที่อุณหภูมิ 300°C เวลาในการไพโรไลซิส15 นาที จะได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้มากกว่าที่ใช้อุณหภูมิ 200°C ใช้เวลาไพโรไลซิส15 นาที ถึง 84.94% เนื่องจากที่

อุณหภูมิ 200°C อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะสลายโครงสร้างชีวมวลมีเพียงความชื้นที่ออกมาในรูปแบบของไอน้ำ ในขณะที่อุณหภูมิในเตาไพโรไลซิสสูง (250°C และ 300°C) อุณหภูมิสูงพอที่จะไปสลายโครงสร้างของชีวมวล ทำให้เกิดการคายแก๊สต่างๆออกมา ในช่วงนี้ชีวมวลจะสลายโครงสร้างอย่างรวดเร็ว ควันที่เกิดขึ้นนั้นเมื่อผ่านการควบแน่น จะกลายเป็นน้ำส้มควันไม้ จึงทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำส้มควันไม้เพิ่มมากขึ้น และปริมาณผลผลิตน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มที่จะคงที่ไม่ขึ้นกับเวลาในการไพโรไลซิสและอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส



รูปที่ 7 อิทธิพลของเวลาในการไพโรไลซิสต่อผลผลิตน้ำส้มควันไม้



รูปที่ 8 อิทธิพลของอุณหภูมิในการไพโรไลซิสต่อผลผลิตน้ำส้มควันไม้

4. สรุปผล

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ โดยใช้เตาเตาผลิตแก๊สร้อนหมุนเวียนปิด ใช้ไม้กระถินยักษ์เป็นชีวมวลตัวอย่างในการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ที่อุณหภูมิต่ำ (200 °C) ปริมาณผลผลิตของแข็งมีปริมาณมากกว่าผลผลิตถ่านที่อุณหภูมิสูง (250 – 300 °C) ถึง 88.2% เนื่องจากเกิดเพียงกระบวนการอบแห้งและไล่ความชื้นเท่านั้น ส่งผลให้ผลผลิตเป็นถ่านที่ไม่สมบูรณ์ แต่สามารถเกิดผลผลิตน้ำส้มควันไม้ได้

2)ในช่วงเวลา 5-10 นาที มีการลดลงของปริมาณของแข็งอย่างรวดเร็วในทุกอุณหภูมิการไพโรไลซิส เนื่องจากมีการสลายโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวลอย่างรวดเร็ว

3)ปริมาณน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิการไพโรไลซิส ซึ่งที่ระยะเวลายาวนานขึ้นนั้น ส่งผลให้มีการควบแน่นของแก๊สชีวมวลไปเป็นน้ำส้มควันไม้ได้มากขึ้น ในขณะเดียวที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้มีการสลายโครงสร้างของชีวมวลได้อย่างรวดเร็วไปเป็นแก๊สชีวมวล

5.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานประจำปี 2557 ผู้วิจัยขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งได้แก่ นายปิยสรณ์ จันพูล และนายณัฐพล สร้อยแสงพันธุ์ ในการช่วยทดลองเก็บผลการการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน“รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย” (ออนไลน์), แหล่งที่มา:http://www.eppo.go.th/info/cd-2013/index.html, 2556

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน“พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย” (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/doc/doc-AlterFuel.html, 2556

[3] Solar Energy Research Institute (SERI) “Generator Gas-The Swedish Experience from 1939-1945”,Golden, Colorado, USA, Chap 1, 1979

[4] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่“เชื้อเพลิงจากเศษไม้” (ออนไลน์), แหล่งที่มา: http://www.dpim.go.th/recycling/article?catid=228&articleid=3502, 2014

[5] Gronli, Morten; Antal, Jr, Michael Jerry; Schenkel, Yves; Crehay, R. “The Science and Technology of Charcoal Production. I: Fast Pyrolysis of Biomass: A Handbook Volume 3” Tall Gables, The Sydings Speen, Newbury, Berks RG14 1RZ, UK: CPL. ISBN 1872691927. s.147-178, 2005

[6] พงศ์ธร อรชร, สุดสาคร อินธิเดช และอดิศักดิ์ ปัตติยะ, “ผลของอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่มีต่อปริมาณและสมบัติของไบโอออยล์ที่ได้จากไพโรไลซิสแบบเร็วของไม้กระถินยักษ์”วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, ฉบับที่ 32 (4), 2013

[7] วีรชัย อาจหาญ “โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล.กระทรวงพลังงาน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/encon/report/ENCONFundSeminar/Seminar%2050ENCON%20P-5-Renew%203%20Biomass-STU-EPPO.pdf

[8] จิระพงษ์ คูหากาญจน์ “คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้”, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ :เกษตรกรรมธรรมชาติ, หน้า 127, 2550

P-IR31

เครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

Automatic sorting and counting lemons machine using solar energy as an energy source

สุรินทร์ แหงมงาม[1*],รัฐพล จินะวงศ์[2], สุทธี ทับทองดี[3], ศศิวรรณ อินทรวงศ์[4], สหทัต ออมทรัพย์[1] และ เมธาพล ถีติปริวัตร์[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี12110

[2]ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 10120

[4]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

*E-mail: surin.n@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

อาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของคนไทย มะนาวเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรของประเทศ ตลาดส่งออกมะนาวของไทยที่สำคัญคือประเทศจีน โดยทั่วไปขนาดของมะนาวในท้องตลาดจะคัดแยกออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 40 มิลลิเมตรขึ้นไป ขนาดกลางมีขนาดระหว่าง 27-40 มิลลิเมตร และขนาดเล็กมีขนาดน้อยกว่า 27 มิลลิเมตรลงมา จากการศึกษาข้อมูลจากท้องตลาดพบว่าในการนับและคัดแยกขนาดมะนาวต้องใช้แรงงานคนในการคัดแยก การใช้คนในการคัดแยกและนับผลมะนาวอาจทำให้มะนาวไม่ได้ขนาดตามที่กล่าวไว้ข้างต้น และส่งผลเสียต่อความเชื่อมั่นของผู้ซื้อและเกษตรกรผู้จำหน่ายมะนาว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอ เครื่องคัดแยกและนับจำนวนผลมะนาวแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

จากการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดและนับผลมะนาวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน พบว่าผลมะนาวแต่ละขนาดถูกคัดแยกได้อย่างถูกต้องเกือบทั้งหมดโดยมีค่าความผิดพลาดดังนี้ ขนาดเล็กมีความผิดพลาด 0.33% ขนาดกลางมีความผิดพลาด 2% และขนาดใหญ่มีความผิดพลาด 3% ในส่วนของการทดลองนับผลมะนาวพบว่าผลมะนาวแต่ละขนาดมีค่าความผิดพลาดดังนี้ ขนาดเล็กมีความผิดพลาด 7% ขนาดกลางมีความผิดพลาด 5% และขนาดใหญ่มีความผิดพลาด 3%

คำสำคัญ: คัดแยกมะนาว, นับผลมะนาว, พลังงานแสงอาทิตย์, ไมโครคอนโทรลเลอร์

1. บทนำ

อาชีพหลักของประชากรของประเทศไทยส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยเฉพาะพื้นที่ภาคกลางมีเกษตรกรรมการปลูกมะนาวจำนวนมาก การปลูกมะนาวของเกษตรกรไทยถือว่ามีบทบาทสำคัญอย่างมาก ในการสร้างรายได้ให้กับประเทศ เนื่องจากว่าแต่ละปีมีการส่งออกเป็นมูลค่า 4,397 ล้านบาท ส่งผลให้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกมะนาวรวมถึงผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะนาวตลาดส่งออกมะนาวของไทยที่สำคัญคือประเทศจีน ดังนั้นการปลูกมะนาวจึงมีบทบาทในการเพิ่มรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมาก

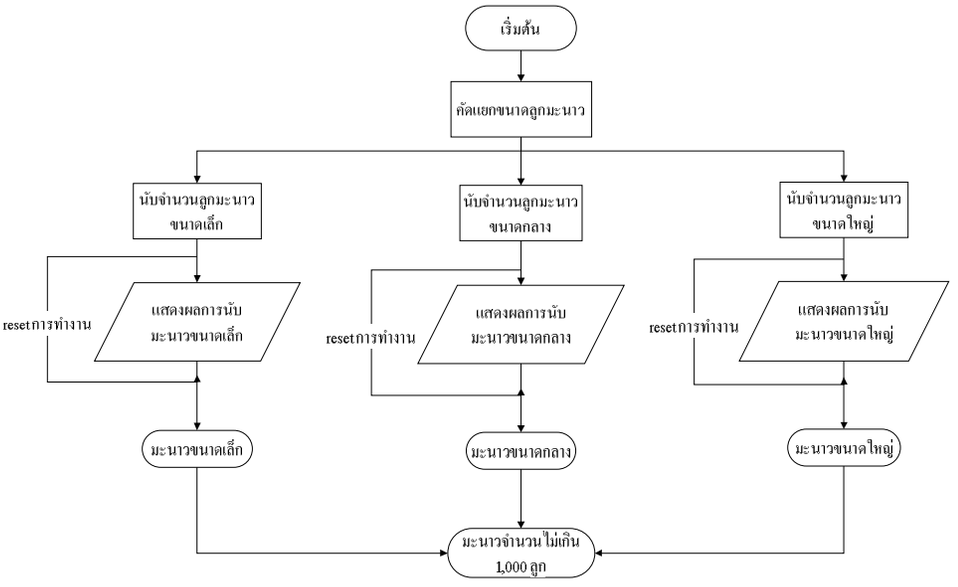
โดยทั่วไปจะมีการคัดแยกมะนาวในตลาดออกเป็น 3 ขนาด คือขนาดใหญ่ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 40 มิลลิเมตรขึ้นไป ขนาดกลางมีขนาดระหว่าง 27-40 มิลลิเมตร และขนาดเล็กมีขนาดน้อยกว่า 27 มิลลิเมตรลงมา จากการลงพื้นที่หาข้อมูลพบว่าในการคัดแยกขนาดและนับผลมะนาวต้องใช้แรงงานคน ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการคัดแยกขนาดและนับผลมะนาวและการใช้คนในการคัดแยกและนับผลมะนาวอาจทำให้มะนาวไม่ได้ขนาดตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งส่งผลเสียต่อความเชื่อมั่นของผู้ซื้อและเกษตรกรผู้จำหน่ายมะนาวดังนั้นจึงต้องหาวิธีแบ่งเบาภาระ โดยพึ่งเทคโนโลยีทางด้านการผลิตเข้ามามีส่วนร่วมในการแบ่งเบาภาระของเกษตรกรผู้ส่งออกมะนาว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอ เครื่องคัดแยกและนับจำนวนผลมะนาวแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อความสะดวกในการใช้งานในพื้นที่ห่างไกล[1]

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาวิธีการคัดแยกขนาดผลมะนาว 2) เพื่อศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและนับจำนวนผลมะนาว และ 3) เพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับเครื่องคัดแยกขนาดผลมะนาวและนับจำนวนผลมะนาว

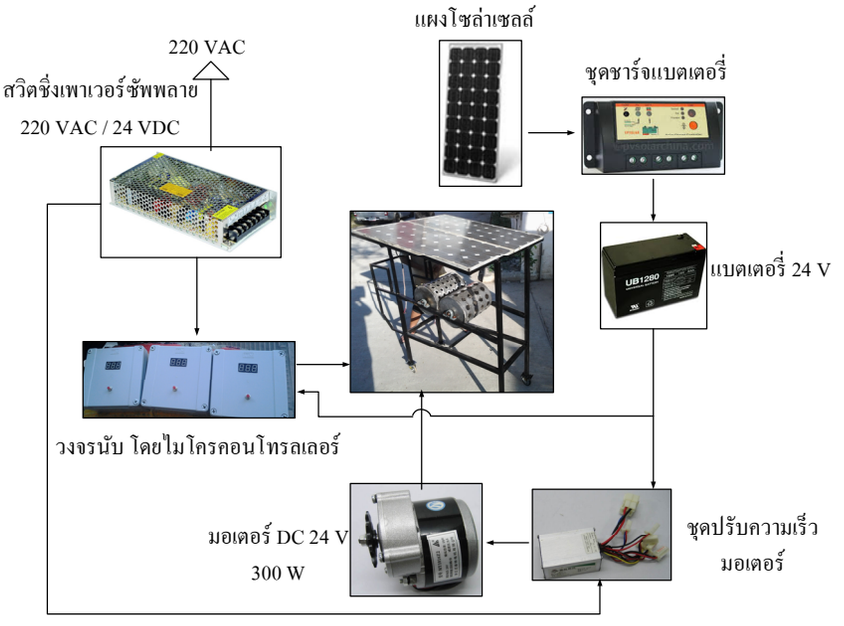
2. โครงสร้างการทำงานและการออกแบบ

2.1. แผนผังการทำงานของเครื่องคัดแยกและนับจำนวนผลมะนาว

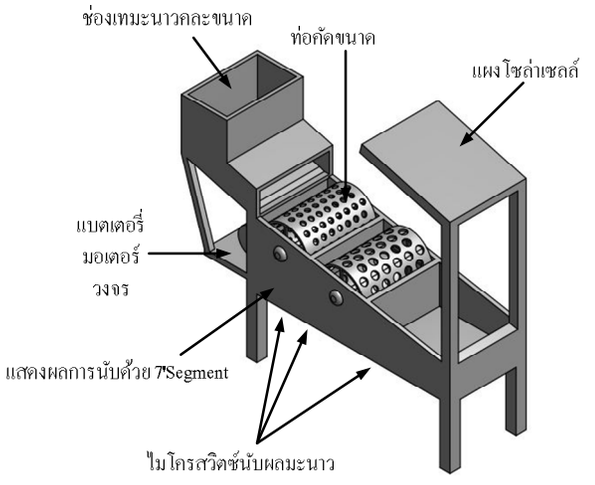
ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องคัดแยกและนับจำนวนผลมะนาว โดยมีแผนผังการทำงานของเครื่องแสดงดังในรูปที่1 และแผนผังการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 2 โดยมีลักษณะโดยรวมของเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่1แผนผังการทำงานของเครื่องคัดแยกและนับผลมะนาว



รูปที่ 2: แผนผังการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กับเครื่องคัดแยกและนับผลมะนาว



รูปที่ 3: เครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

2.2. การเลือกขนาดมอเตอร์

เครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 V 300 W ทำหน้าที่หลัก โดยที่มอเตอร์จะขับโซ่ไปยังเพลาชุดคัดแยกขนาด ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบมอเตอร์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบมอเตอร์

ข้อมูล	ตัวแปร	ปริมาณ	หน่วย
ท่อคัดขนาดมะนาวและลูกมะนาว	m	30	Kg
อัตราเร็วที่ออกแบบ	V	10	Km/hr
พื้นที่หน้าตัดท่อคัดขนาด	A	0.12	m^2
รัศมีของท่อคัดขนาด	d_w	0.15	m
สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ	Ka	0.03	-
จำนวนฟันเฟืองขับมอเตอร์	N_m	9	ฟัน
จำนวนฟันเฟืองเพลาส่งกำลัง	N_s	18	ฟัน
รัศมีเฟืองท้าย	d_s	0.08	M
ประสิทธิภาพกำลังที่ออกแบบ	η_t	90	%
มุมองศาความลาดชัน	θ	0	องศา

โดยมีหลักการคำนวณดังนี้[2] (เมื่อกำหนดให้โหลดสูงสุดเท่ากับ 10 kg)

หาแรงได้จาก $F = mg$ (1)

$= 10 \times 9.81\ m/s^2$ $= 98.1\ N$

จะได้แรงบิดของมอเตอร์

$T = Fr$ (2)

$= 98.1 \times 0.02$ $= 1.962\ Nm$

หาขนาดของมอเตอร์

$P = \pi NT / 30$ (3)

$= [\pi(1440) \times 1.962\ Nm]/30$ $= 295.86\ Watt$ $= 296 Watt$

จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24V300Watt

3. วิธีการทดสอบ

3.1.เงื่อนไขการทำงานของเครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวแบบอัตโนมัติ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานมีวิธี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) เทมะนาวลงในช่องสำหรับคัดแยก
2) กดสวิตซ์ให้เครื่องทำงาน
3) เมื่อเราต้องการจะนับใหม่ให้กดสวิตซ์รีเซทการนับ

3.2.การวัดประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวแบบอัตโนมัติ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

1) ทดสอบเวลาในการคัดแยกและนับผลมะนาว 100 ลูก ต่อ ครั้ง
2) ความแม่นยำในการคัดขนาด
3) ความแม่นยำในการนับ

4. ผลการทดสอบ

4.1.ผลการทดสอบทางกลของเครื่องคัดแยกขนาดมะนาว

การทดสอบการคัดแยกขนาดมะนาวทำได้โดยการคัดแยกผลมะนาวจำนวน10 ครั้ง ครั้งละ 100 ผลโดยแบ่งเป็นขนาดเล็ก 30 ผล ขนาดกลาง 40 ผล และขนาดใหญ่ 30 ผล พร้อมบันทึกผลการทดสอบลงในตารางที่ 2

ตารางที่2 ผลการทดสอบการคัดแยกขนาดผลมะนาว

การทดลองที่	จำนวนผลมะนาว (ผล)	ขนาดผลมะนาว(ผล)		
		ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
1	100	30	38	32
2	100	30	39	31
3	100	30	40	30
4	100	30	39	31
5	100	30	40	30
6	100	30	40	30
7	100	30	39	31
8	100	30	39	31
9	100	29	39	32
10	100	30	39	31
ค่าความคลาดเคลื่อน (%)		0.33	2	3

จากตารางที่ 2จะพบว่าผลมะนาวขนาดเล็กมีความคลาดเคลื่อนในการคัดแยกขนาดผลมะนาว 0.33% ขนาดกลางมีความคลาดเคลื่อนในการคัดแยกขนาดผลมะนาว 2 % และขนาดใหญ่มีความคลาดเคลื่อนในการคัดแยกขนาดผลมะนาว 3 %

การทดสอบการนับผลมะนาว จะทำการทดสอบทำได้โดยการนับผลมะนาวที่คัดขนาดแล้วจำนวน10 ครั้ง ครั้งละ 100 ผลโดยแบ่งเป็นขนาดเล็ก 30 ผล ขนาดกลาง 40 ผล และใหญ่ 30 ผล โดยแสดงผลตาม 7'Segment พร้อมบันทึกผลการทดสอบลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการนับผลมะนาว

การทดลองที่	จำนวนผลมะนาว (ผล)	จำนวนผลมะนาว (ผล)		
		ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
1	100	25	30	30
2	100	20	39	30
3	100	21	37	30
4	100	23	39	30
5	100	23	40	29
6	100	24	40	30
7	100	25	39	30
8	100	19	39	30
9	100	24	39	29
10	100	26	38	29
ค่าความคลาดเคลื่อน (%)		7	5	3

จากตารางที่ 3จะพบว่าขนาดเล็กมีความคลาดเคลื่อนในการนับแยกขนาดผลมะนาว 7% ขนาดกลางมีความคลาดเคลื่อนในการนับแยกขนาดผลมะนาว 5 % และขนาดใหญ่มีความคลาดเคลื่อนในการนับแยกขนาดผลมะนาว 3 %

4.2. ผลการทดสอบทางไฟฟ้า

ตารางที่ 4 แสดงผลของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกมะนาวอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4: ผลการวัดค่าไฟฟ้า

	Rectifier (V_{dc})	PV (V_{dc})	Battery (V_{dc})	DC Motor 24 V (V_{dc})	Microcontroller (V_{dc})	Units
Voltage	24.4	27.4	27.2	27.2	27.2	Volt.
Current	0.232	2.15	0.414	0.25	0.02	Amp.
Power	5.6608	58.91	11.2608	6.8	0.544	Watt.

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า จากการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แรงดันกระแสตรงจะอยู่ที่ประมาณ 27 Volt ที่แหล่งจ่ายจากแผงโซล่าเซลล์ กระแสไฟฟ้าตกคร่อมที่อุปกรณ์ต่างๆระบบไว้ตามตาราง และค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดทั้งหมดมีค่า 11.2608 วัตต์

4.3. การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า

การใช้กำลังไฟฟ้าของระบบไฟบ้านและระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้เห็นได้ชัดว่าการใช้พลังงานโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานประหยัดกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

ตารางที่ 5: การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า

ลำดับ	รายละเอียด	ใช้ไฟฟ้า 220 V_{ac}	ใช้พลังงานแสงอาทิตย์	หน่วย
1	แรงดันไฟฟ้า	220	27	Volt
2	กระแสไฟฟ้า	0.232	0.427	Amp
3	กำลังไฟฟ้า	51.04	11.523	Watt
4	เวลาการใช้งาน	8	8	Hour
5	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อวัน	0.40832	0.092184	Unit/Day
6	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อเดือน (26 วัน)	10.61632	2.397	Unit/Month
7	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี (300 วัน)	3184.896	27.655	Unit/Year
8	ค่าไฟฟ้าต่อวัน	1.84	0	Baht/Day
9	ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (26 วัน)	47	0	Baht/Month
10	ค่าไฟฟ้าต่อปี (300 วัน)	552	0	Baht/Year

จากตารางที่ 5จะเห็นได้ชัดว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างไฟ 220 V_{ac}และ 27 V_{dc} จะมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน ซึ่งการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานนั้นช่วยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างมาก

5. สรุปผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนในส่วนที่คัดแยกขนาดของมะนาว มีการติดตั้งวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการนับจำนวนของมะนาวที่ออกมาจากส่วนของอุปกรณ์คัดแยกและยังสามารถนำพลังงานที่ได้จากโซลาเซลล์นำไปชาร์จให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการทำงานของแผงโซลาเซลล์สามารถนำแรงดันที่ได้ไปใช้กับมอเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ซึ่งจากการทดสอบการคัดแยกขนาดผลมะนาวพบว่าผลมะนาวแต่ละขนาดถูกคัดแยกได้อย่างถูกต้องเกือบทั้งหมดโดยมีค่าความผิดพลาดขนาดเล็ก 0.33% ขนาดกลาง 2% ขนาดเล็ก 3% ในส่วนของการทดลองนับผลมะนาวด้วยไมโครคอนโทลเลอร์กับสวิตช์นับพบว่าผลมะนาวแต่ละขนาดมีค่าความผิดพลาดขนาดเล็ก 7% ขนาดกลาง 5% ขนาดใหญ่ 3% ในส่วนการทดสอบทางไฟฟ้าค่ากระแสที่ได้จากการทดสอบชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้โซล่าเซลล์พบว่ากระแสสูงสุดเฉลี่ย 1.5 A ซึ่งในขณะแบตเตอรี่เต็มกระแสสูงสุดเฉลี่ย 0.0342 A วัดแรงดันที่ได้จากโซล่าเซลล์ 27 V ซึ่งสามารถชาร์จให้กับแบตเตอรี่ขนาด 24 V เพื่อนำไปใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ขนาด 24 V 300 W ได้ตามวัตถุประสงค์จากการทดลองปรับรอบการทำงานของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการคัดแยกผลมะนาวพบว่ามอเตอร์กินกระแสเฉลี่ย 0.424 A ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องเครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เป็นโครงการที่จัดทำขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณประจำปี 2558 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการวิจัยนี้ดำเนินการและสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ คน และหน่วยงานหลาย ๆ หน่วยงาน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายสหทัต ออมทรัพย์ และนายเมธาพล ถีติปริวัตร์ นักศึกษาจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยในการหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยและสร้างเครื่องคัดแยกและนับผลมะนาวขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจทั่วไปที่จะนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

บรรณานุกรม

[1] “มะนาว,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php/มะนาว

[2] “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara01.htm, 2009.

[3] สมชาย เบียนสูงเนิน. 2555. สร้างและพัฒนาอุปกรณ์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.

[4] “7 Segment,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.oknation.net/blog/print.php?id=205720

[5] “Solar Cell คืออะไร,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.charninenergy.com/pdf/solar_cell

[6 “ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.leonics.co.th/Html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

[7] “เครื่องควบคุมการประจุ,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.thaisolarlight.com/Solar-Control-Charger.htm

[8] “แบตเตอรี่,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://lab.excise.go.th/group3/battery/batstruc.htm

[9] “เส้นทางสู่พลังงานสีเขียว ตอน แบตเตอรี่,” (ม.ป.ป) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttp://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway14.php

P-IR32

พลังงานทดแทนสำหรับการใช้งานเอนกประสงค์

Renewable Energy for A Versatile Applications

นุกูล สุวรรณชาตรี[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 10160 E-mail: nukuls@sau.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการนำพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานสำรองใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ คือ โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน กล้องถ่ายรูปดิจิตอล โน้ตบุ๊ก iPod iPad และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน เพื่ออำนวยความสะดวกและลดค่าใช้จ่าย ในขณะที่ต้องนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปในบริเวณในป่า บนเขา หรือแม้แต่ชนบท และที่อื่นๆ ที่มีข้อจำกัดเรื่องไฟฟ้า การทำงานวงจรการนำพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานสำรองใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยส่วนหลัก 5 ส่วนคือ 1. วงจรแปลงพลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์เป็นพลังงานไฟฟ้า 2. วงจรชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ 3. ส่วนของอุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้า(ใช้แบตเตอรี่ 3.7VDC 5,000mA จำนวน 8-12 ก้อน) 4. วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า(ขนาด 12V)5.วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 5V (ใช้กับสมาร์ตโฟน, กล้องดิจิตอลบางรุ่น, iPad, iPod), 9V(ใช้กับกล้องดิจิตอลและอื่นๆ), และ 19V(ใช้กับโน้ตบุ๊ก) ตามลำดับ การทดลองและผลการทดลองสามารถยืนยันด้วยการต่อวงจรใช้งานจริง ผลปรากฏว่าการนำพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานสำรองใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ โน้ตบุ๊ก สมาร์ตโฟน กล้องดิจิตอล และอุปกรณ์อื่นๆ นั้นสามารถใช้งานได้ผลเป็นอย่างดีตามที่ได้ออกแบบ ดังผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อผลการทดลอง

คำสำคัญ: โซล่าเซลล์, พลังงานทดแทน, โน้ตบุ๊ก, สมาร์ตโฟน, กล้องดิจิตอล

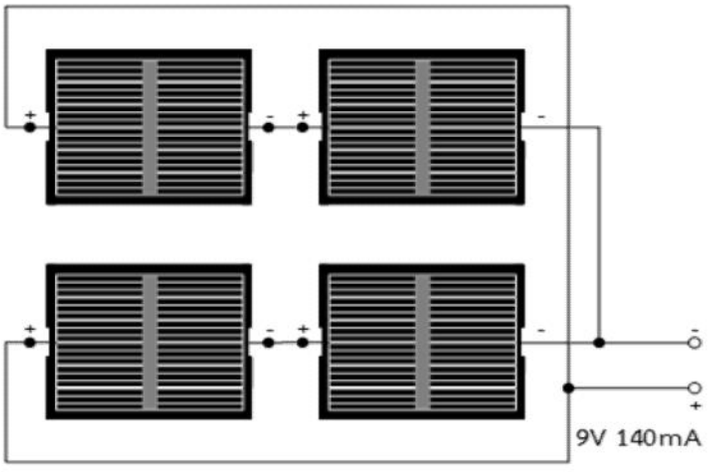
1. บทนำ

พลังงานนับวันก็จะยิ่งหมดลงไปเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งพลังงานจากน้ำมัน ถ่านหินที่นำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันนี้ก็กำลังหาวิธีหาแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาทดแทนพลังงานที่กำลังหมดลง ที่เรียกว่าพลังงานทดแทน นำมาใช้ในการอำนวยความสะดวกในรูปแบบต่างๆของการดำเนินชีวิตประจำวันของเรา ขณะที่เทคโนโลยีเริ่มพัฒนามากขึ้นเรื่อยๆ ก็ยิ่งทำให้ความต้องการการใช้พลังงานยิ่งสูงขึ้นตาม แต่ในทางตรงกันข้ามกับพลังงานที่เริ่มลดลงไปทุกที ไม่เพียงพอกับการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันทั้งทางตรงและทางอ้อม จากประเด็นปัญหาดังกล่าวบทความนี้จึงนำเสนอการนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทราบกันดีว่าเป็นพลังงานสะอาดมาเป็นพลังงานทดแทนใช้เพื่อสำรองพลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ โน้ตบุ๊ก กล้องดิจิตอล โทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน และอุปกรณ์ต่างๆ กรณีที่ต้องพกพาอุปกรณ์ดังกล่าวไปยังสถานที่ที่มีข้อจำกัดเรื่องไฟฟ้า เช่น การเดินป่า ตามชนบท เป็นต้น เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้สามารถใช้งานได้ ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องเสียโอกาสและประโยชน์ขณะที่จำเป็นต้องใช้งานในขณะนั้น กระบวนการดังกล่าวจะได้อธิบายเป็นลำดับต่อไป

2. หลักการออกแบบ

2.1. วงจรแปลงพลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์เป็นพลังงานไฟฟ้า

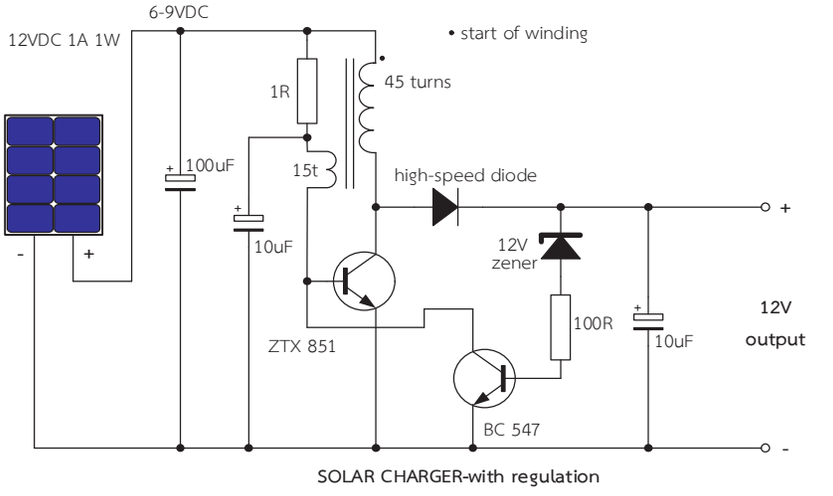
วงจรแปลงพลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์เป็นเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถดูรายละเอียดทฤษฎีหลักการทำงานต่างๆ เบื้องต้นของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังบทความอ้างอิงที่ [1] และ [2] บทความนี้จะไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดของทฤษฎีเพื่อความกระชับ การออกแบบวงจรโดยเลือกใช้แผ่นโซล่าเซลล์ ที่เป็นแบบอะมอร์ฟัส 3 ซึ่งมีคุณสมบัติคือ ไวต่อการรับแสง สามารถรับแสงได้ในพื้นที่ที่มีแสงน้อย มีน้ำหนักเบา มีค่าขนาดแรงดันอยู่ที่ 5V และกระแสอยู่ที่ 70mA โดยมีลักษณะการต่อแบบผสม เมื่อมีแสงตกกระทบบนแผ่นโซล่าเซลล์ก็จะเปลี่ยนพลังงานเป็นพลังงานไฟฟ้าทันที แรงดันเอาท์พุทที่แผ่นโซล่าเซลล์ผลิตออกมาประมาณ 6V-9V และกระแสประมาณ 140mA แสดงได้ดังรูปที่ 1



แผงโซล่าเซลล์ขนาด 5V 70mA ต่อแบบผสม

รูปที่ 1 วงจรแปลงพลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์เป็นพลังงานไฟฟ้า

2.2. วงจรชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้เก็บที่แบตเตอรี่



รูปที่ 2วงจรชาร์จ ประจุไฟฟ้าจากแผ่นโซล่าเซลล์

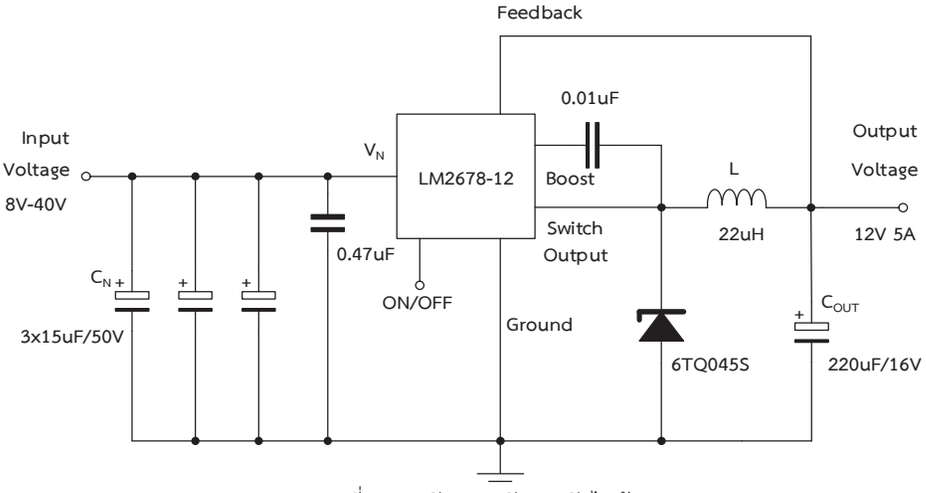
วงจรชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้ไปเก็บที่แบตเตอรี่ แสดงได้ดังรูปที่ 2ทำหน้าที่นำพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ขนาดแรงดัน 6V-9V แปลงระดับแรงดันให้สูงขึ้นเป็น 13V-14V โดยหม้อแปลง step-up โดยมีทรานซิสเตอร์ BC547 เป็นตัวขยายกระแสให้ได้ค่าตามต้องการเพื่อชาร์จเก็บไว้กับแบตเตอรี่

2.3. แบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้า

แบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้า บทความนี้เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 3.7VDC 5,000mA จำนวน 8-12 ก้อน เพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆต่อไป

2.4. วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันเอาท์พุทให้มีค่าคงที่โดยใช้ IC เบอร์ LM 2678-12 เป็นตัวควบคุมระดับแรงดันให้คงที่ที่แรงดัน 12V ไม่ว่าแรงดันทางด้านอินพุทจะมากหรือน้อยก็ตามแรงดันเอาท์พุทยังคงรักษาระดับไว้ที่ 12V [5] ซึ่งเหมาะกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าขนาด 12V แสดงได้ดังรูปที่ 3



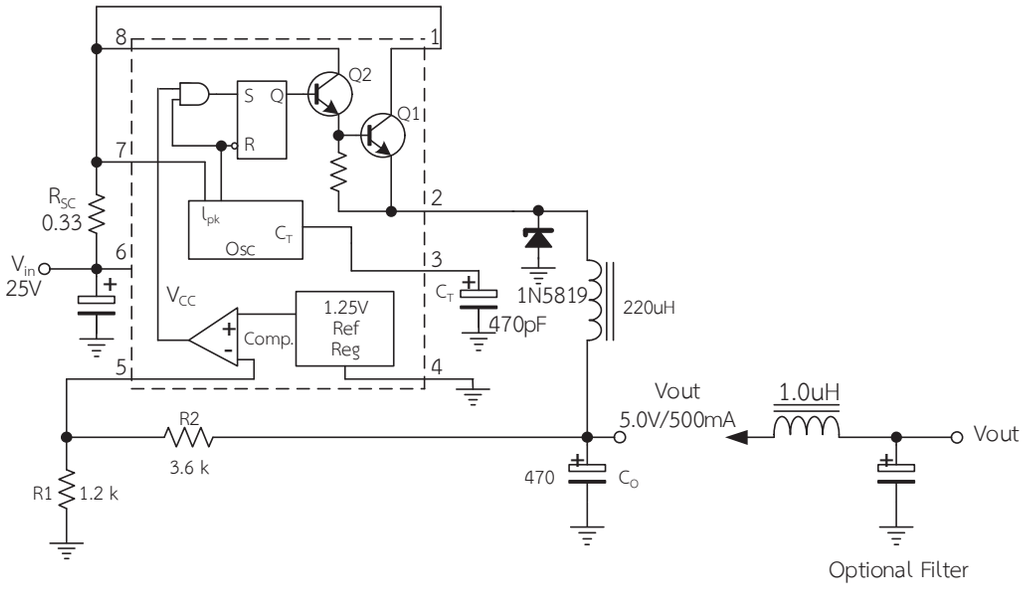
รูปที่ 3วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

2.5. วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า

วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าขนาด 12V ให้เป็น 5V, 9 V, และ 19V ตามลำดับ ให้เหมาะสมกับขนาดแรงดันของอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน สามารถแยกอธิบายดังนี้

2.5.1. วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 5V

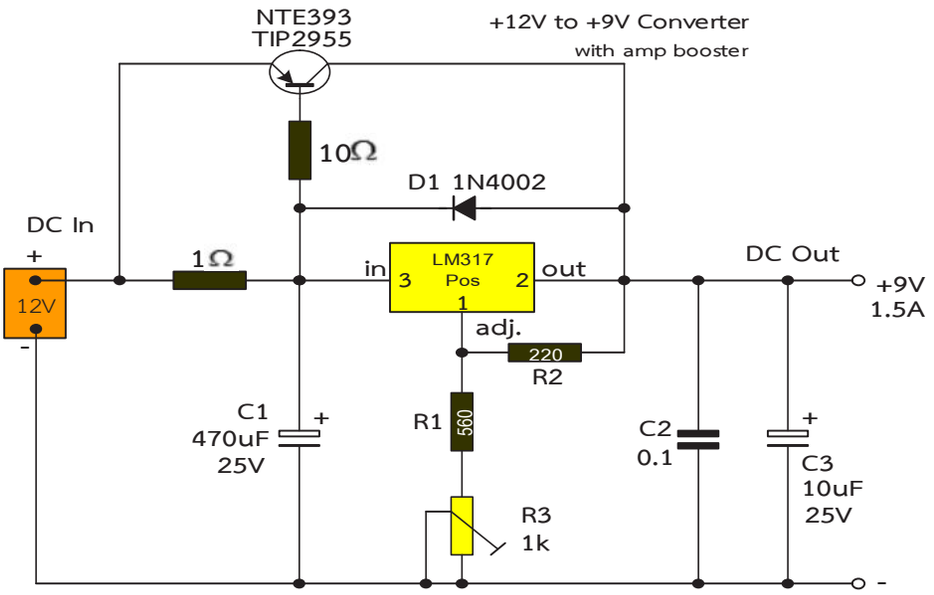
วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 5V โดยเลือกใช้ไอซี MC34063 ทำหน้าที่ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 5V และกระแสมีค่าเท่ากับ 700mA ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปชาร์จกับอุปกรณ์สื่อสารทั่วไป เช่น โทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน กล้องดิจิตอลบางรุ่น iPad, iPod และอื่นๆ แสดง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 5V

2.5.2. วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดัน 12V เป็น 9V

วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดัน 12V เป็น 9V เลือกใช้ไอซีเบอร์ LM317 ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันลดลงเหลือเท่ากับ 9V และกระแส 1.5A มีตัวต้านทาน R_2กับ R_1เป็นตัวกำหนดขนาดของแรงดันเอาท์พุท และมีทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP2955 เป็นตัวกำหนดขนาดของกระแสประมาณ 1.5A ซึ่งเหมาะเพื่อชาร์จกับกล้องดิจิตอลและอุปกรณ์ที่ต้องการขนาดแรงดันเท่ากับ 7.2V และกระแสประมาณ 1.03A แสดงดังรูปที่ 5



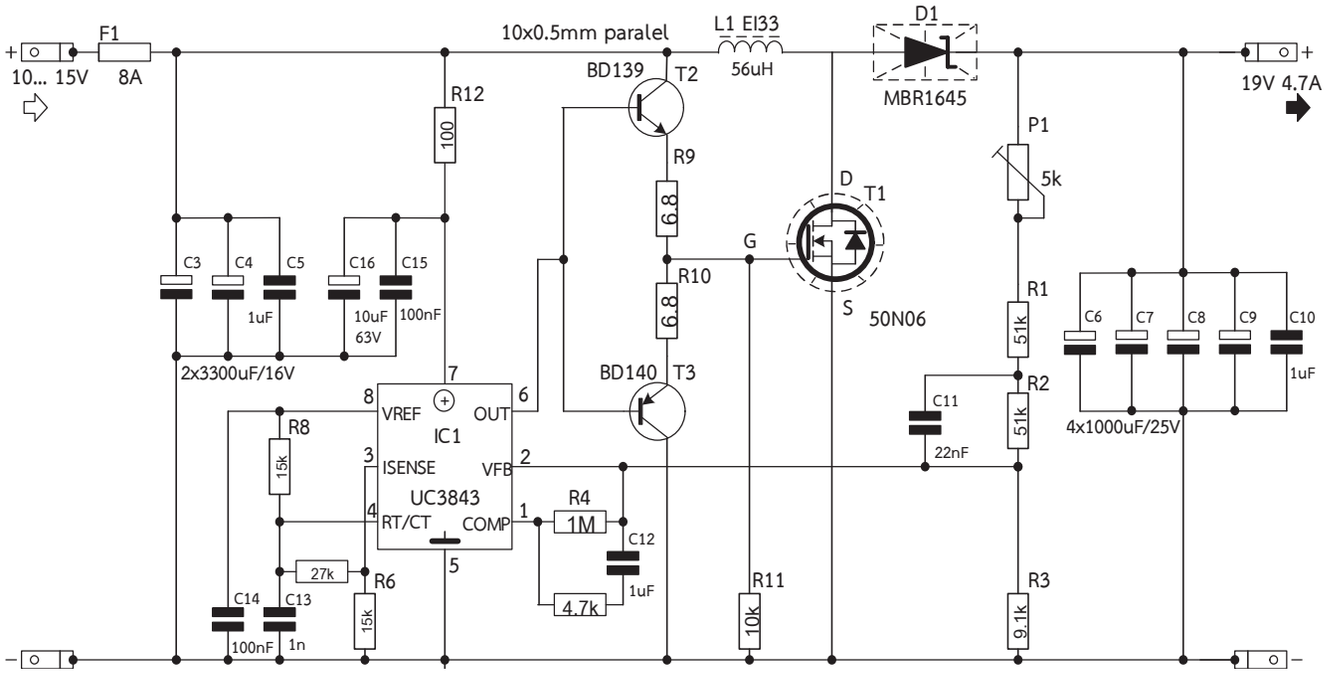
รูปที่ 5วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดัน 12V เป็น 9V

2.5.3. วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดัน 12V เป็น 19V

วงจรแปลงระดับแรงดันจาก 12V เป็น 19V เลือกใช้ IC เบอร์ UC3843 เพื่อเป็นชุด Drive ให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BD139 (T2) และ BD140 (T3) ซึ่งทำหน้าที่เป็นชุดขยายกำลัง ต่อกันแบบวงจรพุช-พูล ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะสลับกันทำงาน โดย T2 จะขยายสัญญาณครึ่งบวก และ T3 จะขยายสัญญาณครึ่งลบ สัญญาณเอาท์พุททั้งสองถูกส่งต่อให้ T1 เพื่อขยายแรงดันให้ได้ระดับแรงดันเอาท์พุทประมาณ 19V มีกระแสประมาณ 4.74A เหมาะกับการชาร์จกับโน้ตบุ๊ก ดังรูปที่ 6

3. การทดสอบ

การทดสอบและผลการทดสอบยืนยันด้วยการต่อวงจรจริง ซึ่งมีการทดสอบค่าต่างๆ ดังนี้คือ การทดสอบแรงดันเอาท์พุทของโซล่าเซลล์ที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ ที่แสงตกกระทบ แสดงดังรูปที่ 7 โดยทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ผลการทดสอบปรากฏว่าช่วงเวลาที่ให้ค่าแรงดันเฉลี่ยสูงสุดมีค่า 10.0V คือ 11.00-14.00 น. แสดงดังตารางที่ 1 การทดสอบแรงดันเอาท์พุทโซล่าเซลล์ขณะมีเงาบัง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันกับการทดสอบครั้งแรกแสดงดังรูปที่ 8 ผลปรากฏว่าช่วงเวลาที่ให้ค่าแรงดันเฉลี่ยสูงสุดมีค่า 8.0V คือ 11.00-14.00 น. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเงาบัง(ความเข้มของแสงน้อยลง) มีผลต่อการผลิตแรงดันเอาท์พุทของโซล่าเซลล์ การทดสอบระยะเวลาการชาร์จแรงดันเข้าเก็บที่แบตเตอรี่แสดงดังตารางที่ 2 โดยเฉลี่ยระยะเวลาการชาร์จเพื่อให้ได้แรงดัน 10V-12V อยู่ที่ระยะเวลา 6-9 ชม. และการทดสอบแรงดันเพื่อนำไปใช้งานตามความเหมาะสมของอุปกรณ์คือ การทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ 19V เพื่อนำไปใช้กับโน้ตบุ๊ก แสดงดังรูปที่ 9 การทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ 12V เพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันขนาด 12V แสดงดังรูปที่ 10 การทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ 9V แสดงดังรูปที่ 11 เพื่อใช้กับกล้องดิจิตอล หรืออื่นๆ การทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ 5V แสดงดังรูปที่ 12 เพื่อใช้กับโทรศัพท์มือถือ สมาร์ตโฟน กล้องดิจิตอลบางรุ่น IPod IPad จากการทดสอบทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานได้เป็นตามที่คาดหวังไว้



รูปที่ 6วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดัน 12V เป็น 19V



รูปที่ 7 ทดสอบแรงดันเอาท์พุทของโซล่าเซลล์



รูปที่ 8 ทดสอบแรงดันเอาท์พุทของโซล่าเซลล์ขณะมีเงาบัง



รูปที่ 9 ทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ใช้กับอุปกรณ์ขนาดแรงดัน 19V

ตารางที่ 1 ทดสอบแรงดันเฉลี่ยที่ช่วงระยะเวลาที่แสงตกกระทบ

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลาที่แสดงตกกระทบ		
	08.00-11.00 น.	11.00-14.00 น.	14.00-17.00 น.
1	9.5V	9.8V	9.7V
2	9.5V	10.0V	9.7V
3	9.6V	10.0V	9.9V
ค่าเฉลี่ย	9.5V	10.0V	9.7V

ตารางที่ 2 ทดสอบแรงดันเฉลี่ยที่ช่วงระยะเวลาที่แสงตกกระทบขณะมีเงาบัง

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลาที่แสงตกกระทบ		
	08.00-11.00 น.	11.00-14.00 น.	14.00-17.00 น.
1	7.7V	8.0V	7.5V
2	7.7V	7.9V	7.4V
3	7.5V	8.0V	7.5V
ค่าเฉลี่ย	7.7V	8.0V	7.5V

ตารางที่ 3 ระยะเวลาการชาร์จแรงดันเข้าเก็บที่แบตเตอรี่

ครั้งที่	ระยะเวลาในการชาร์จ		
	1-3 ชั่วโมง	3-6 ชั่วโมง	6-9 ชั่วโมง
1	6-9v	9-10v	10-12.2v
2	5-9v	9-10v	9-11v
3	6-9v	9-10v	10-12v
ค่าเฉลี่ย	6-9v	9-10v	10-12v



รูปที่ 10ทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ใช้กับอุปกรณ์ขนาดแรงดัน 12V



รูปที่ 11ทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ใช้กับอุปกรณ์ขนาดแรงดัน 9V



รูปที่ 12 ทดสอบแรงดันเอาท์พุทที่ใช้กับอุปกรณ์ขนาดแรงดัน 5V

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการนำพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานสำรองใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ คือ โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน กล้องถ่ายรูปดิจิตอล โน้ตบุ๊ก iPod iPad และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน เพื่ออำนวยความสะดวก ในขณะที่ต้องนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปในบริเวณในป่า บนเขา และที่อื่นๆ ที่มีข้อจำกัดเรื่องไฟฟ้า การทดสอบและผลการทดสอบยืนยันด้วยการต่อวงจรจริงปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามที่คาดหวังไว้ และเป็นต้นแบบในการที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดกับการนำแหล่งพลังงานทดแทนไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่นๆ อีกในอนาคต

ข้อเสนอแนะของบทความนี้คือยังมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการชาร์จพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่และทั้งยังใช้วงจรที่มากอยู่ แนวทางการพัฒนาก็คือควรลดวงจรลงโดยออกแบบให้ 1 วงจรสามารถทำงานได้หลายหน้าที่ และอาจพัฒนาไปสู่การประยุกต์ใช้กับอย่างอื่นอีกที่สามารถทำได้ต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

[1]เอก เอื้อตระการวิวัฒน์, วิฒิชัย ชูรักษ์, วิจิตร กิณเรศ, “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับแบบจำลองแหล่งจ่ายไฟจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกต้อง,” วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 23,ฉบับที่ 3, 18-23, 2549.

[2]เดชนิติธร เอี่ยมปรีดา, วันชัย ทรัพย์สิงห์, “แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา” การประชุมเชิงสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 37-44, 2554.

[3] Huan-Liang, T., Ci-Siang, T., and Yi-Jie, S., “Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/SIMULING” Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science WCECS, October 22-24,San Francisco, USA, 2008.

[4] Savita, N., R.K., N., Gayatri, A., “Matlab/simulink based of photovoltaic cells/modules/array and their experimental verification” INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY AND ENVIRONMENT, Volume 1, Issue 3, 487-500, 2010.

[5] ชัยวัฒน์ เกตุสุวรรณ, พิริยะ อุตมฉันท์, “สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้นและคอนเวอร์เตอร์”มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/converter/

[6] บริษัทลีโอนิคส์ จำกัด,"หลักการทำงานของโซล่าเซลล์"http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowled.php

[7] ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยากระทรวงสาธารณสุข, รวบรวมโดยแผนกควบคุมการผลิต กผสป.สส. “แบตเตอรี่ (BATTERY) และการใช้งาน”, www.rta.mi.th/15900u/SDMP/Interest/Magazine/training.html

[8] Lohner, A., Meyer, T., Nabel, A., “A New Panel Integratable Inverter concept for Grid-Connected Photovoltaic System,” IEEE, 827-831,1996.

[9] Zhang, L., Al, A., Moudil, A., Bai, Y., 2000, “Real-Time Maximum Power Point Tracking for Grid-Connected Photovoltaic System” IEE conference Publication, No.475, 124-129.

P-IR33

การพัฒนาเครื่องดูดและหัวดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์

Development of Machine and Vacuum Head for Waste from the Rainbow Trout Pond

ศรีธร อุปคำ*, จิรศักดิ์ ปัญญา, มนู ปัญญาคำ[1]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 50300

E-mail: srithorn@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

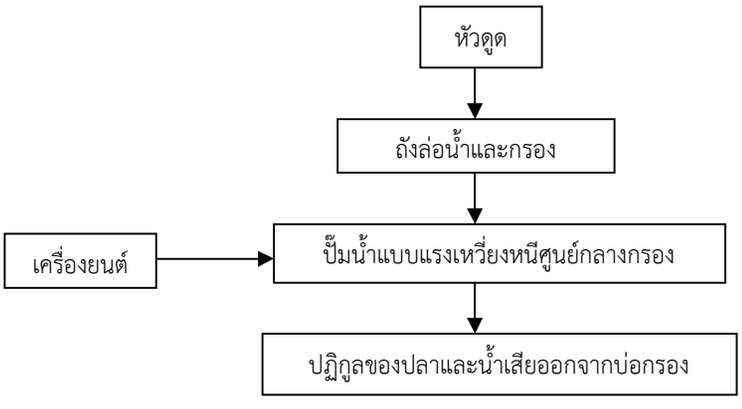
งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและสร้างเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์ โดยไม่ต้องถ่ายน้ำออกจากบ่อ โดยเครื่องดูดถูกพัฒนาจากเครื่องที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาเป็นเครื่องแบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแทนสามารถขับเคลื่อนที่ได้ และเพื่อใช้ทำความสะอาดบ่อปลาเรนโบว์เทราท์ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอินทนนท์ เครื่องดูดนี้ทำมาจากปั๊มน้ำ แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ขนาด 7.833 กิโลวัตต์ เป็นต้นกำลัง ใช้หัวดูดติดตั้งแปรงพลาสติกและล้อ อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงรถดั๊มเปอร์ สามารถขับเคลื่อนที่ได้ จากการทดสอบเครื่องดูดสามารถสร้างความดันได้ 49 เซนติเมตรปรอท มีอัตราการไหล 0.275 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที แรงดูดที่หัวดูด 111.12 นิวตัน สามารถดูดปฏิกูลจากบ่อตลาดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ลึก 1.5 เมตร เหมาะสมกับหัวดูดครึ่งวงกลมมีล้อ ใช้เวลา 20 นาที บ่ออนุบาล ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 40 เมตร ลึก 1.5 เมตร ใช้เวลา 92 นาที เหมาะสมกับหัวดูดสี่เหลี่ยมมีล้อ และขนาดบ่ออนุบาลกว้าง 2.67 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 1.5 เมตร เหมาะสมกับหัวดูดสี่เหลี่ยมมีล้อ ใช้เวลา 20 นาที ค่าใช้จ่ายประมาณ 42.27 บาทต่อบ่อ ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องดูดโดยประมาณ 573.932 ชั่วโมง การใช้เครื่องยนต์ใช้เวลาน้อยที่สุดที่ 90 นาที แต่มีค่าใช้จ่ายต่อสูงกว่าแบบใช้พลังงานไฟฟ้า 14.235 บาท การทำงาน สามารถหาประสิทธิภาพปั๊มน้ำสูงสุดในการทำความสะอาดถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเพิ่มค่า pH จาก 6 ก่อนดูดเป็น 7 หลังจากเสร็จกระบวนการทำความสะอาด

คำสำคัญ: เครื่องดูด, หัวดูดสุญญากาศ, ปลาเรนโบว์เทราท์

ที่มาและความสำคัญ

ธนัท และ สุนิสา (2546) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Rainbow Trout) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Oncorhynchus my kiss ประเทศไทยเริ่มเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราท์ปี พ.ศ. 2516 ที่ศูนย์วิจัยประมงน้ำจืดดอยอินทนนท์ หนึ่งในหน่วยงานของสถานีวิจัยหลวงอินทนนท์ ต.จอมทอง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ พบว่า ปลาเรนโบว์เทราท์ชอบน้ำที่มีอุณหภูมิอยู่ที่ 18 องศาเซลเซียสมากที่สุด เนื่องจากปลาชนิดนี้ชอบน้ำที่สภาพหนาวเย็น การเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราท์ได้ซึ่งคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ได้แก่ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) 5-8 ppm, อุณหภูมิ 12-18 องศาเซลเซียส, แอมโมเนีย 0.0125-0.025 ppm ปัญหาที่พบในการเลี้ยงปลา คือจากที่ผ่านมาบ่อมีการสะสมปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ตามก้นบ่อและข้างบ่อ ทำให้เกิดแอมโมเนียเกินกว่าค่าที่ปลาจะปรับสภาพได้ เนื่องจากปฏิกูลของปลาที่สะสมมากขึ้นทำให้มีค่าแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นด้วยเป็นสาเหตุที่ทำให้ปลาเรนโบว์เทราท์ตายจึงต้องมีการทำความสะอาดบ่อปลา

ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์เป็นต้นกำลัง จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาและเพิ่มคุณภาพในการใช้เครื่องดูด โดยสร้างเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์แล้วนำไปติดตั้งบนรถดรั๊มเปอร์และใช้หัวดูดสองหัวในการดูด เพื่อใช้ทำความสะอาดตามผนังและก้นบ่อเลี้ยงปลา ทำให้การทำงานของเครื่องดูดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดบ่อเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราท์อีกด้วย



รูปที่ 1 หลักทำงานของเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์

มาโนช และ รวิ (2547) ได้ออกแบบเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์ มีมอเตอร์ไฟฟ้า240 โวลท์ 1 เฟส 1,119 วัตต์เป็นต้นกำลัง ได้ทิ้งระยะเวลาในการดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ 3, 4 และ 5 วัน ตามลำดับ พบว่าการทิ้งระยะเวลาในการดูด 3 วันเหมาะกับการดูดปฏิกูล ตัวเครื่องสามารถสร้างความดันรวมได้ 15 เซนติเมตร ปรอทมีอัตราการไหล 0.217 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที แรงดูดที่หัวดูด 135.910 นิวตัน สามารถดูดสิ่งปฏิกูลจากบ่อปลาขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 54 เมตร ใช้เวลา 2.5 ชั่วโมง สามารถเพิ่มค่า pH จาก 6.4 ก่อนดูดเป็น 7.08 หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการทำความสะอาด

อดิศักดิ์ (2547) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่อง สมรรถนะเครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพของค่าที่ได้จากการทดลองเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีคือ ประสิทธิภาพของอัตราการไหล เท่ากับ 92.50 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของค่าเฮดรวม เท่ากับ ร้อยละ 90.35 และประสิทธิภาพของแรงม้า เท่ากับ ร้อยละ 83 ซึ่งผลการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05และทางด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่ามีค่าดัชนี ความสอดคล้อง เฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านการทดลอง และด้านคุณภาพชุดทดลอง เท่ากับ 0.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 (IOC > 0.5) ที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น

นฤพล และคณะ(2549) ได้การวิเคราะห์สมรรถนะของการนำเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งใช้กังหันน้ำขนาดเล็ก จากผลการทดลองพบว่ากราฟสมรรถนะของการเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งกังหันมีลักษณะเหมือนกับกราฟสมรรถนะของกังหันน้ำ คือค่าประสิทธิภาพจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบจนมีค่าสูงสุด ที่ 0.658 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที หลังจากนั้นจะลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ในการวิเคราะห์โดยใช้สามเหลี่ยมความเร็ว จากการทดลองเนื่องจากมีความปั่นป่วนและแรงเสียดทานในใบพัดสูง รวมถึงการไหลที่ไม่ขนานกับใบพัด

เนื่องจากความดันมีความสัมพันธ์กับแรง และพื้นที่หน้าตัด หัวดูดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันในการไหลที่ต้องการวัดจะทำให้ความดันของของไหลเปลี่ยนแปลง

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

พลังงานที่เคลื่อนที่ผ่านระบบปั๊มและหัวดูดประยุกต์ใช้สมการเบอร์นูลลี่ (Bernoulli Equation)

$$\frac{P_{in}}{\gamma} + \frac{V_{in}^2}{2g} + Z_{in} = \frac{P_{out}}{\gamma} + \frac{v_{out}^2}{2g} + Z_{out} + W_{net} \quad (2)$$

ประสิทธิภาพของปั๊ม คืออัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่ได้จากปั๊มต่อกำลังงานที่ให้แก่ปั๊มซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\eta_p = \frac{\gamma \dot{Q}_{water} H_p}{P_{mech}} \quad (3)$$

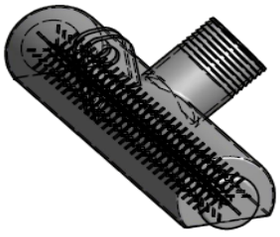
เครื่องยนต์มีแรงบิดและความเร็วรอบทำให้เกิดกำลังงานดังนี้

$$P_{mech} = 2\pi N T_e \quad (4)$$

การพัฒนาหัวดูด

หัวดูดทรงกระบอกมีล้อ

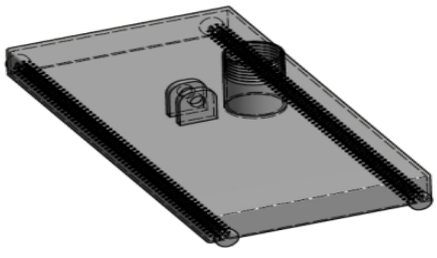
- สร้างด้ามบังคับทิศทางแยกกับท่อทางดูด เพื่อให้บังคับทิศทางในการดูดได้สะดวก
- มีแปรงขัดที่หัวดูด
- ทำด้ามจับบังคับทิศทาง ทำให้หัวดูดสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้สะดวก
- ลักษณะของหัวดูดใช้งานกับบ่อทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ขนาด 6×40×1.5 เมตร



รูปที่2 หัวดูดทรงกระบอกมีล้อ

หัวดูดแบบสี่เหลี่ยมมีล้อ

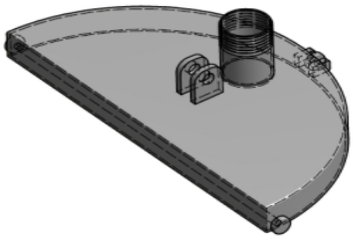
- พัฒนาโดยการใส่ล้อเข้าไปเพื่อให้เคลื่อนที่ได้สะดวก
- มีแปรงขัดที่ขอบของหัวดูด
- ทำด้ามจับบังคับทิศทางใหม่ ทำให้หัวดูดสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ ลักษณะของหัวดูดใช้งานกับบ่อทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.67×8×1.5 เมตร



รูปที่ 3 หัวดูดแบบสี่เหลี่ยมมีล้อ

หัวดูดครึ่งวงกลมมีล้อ

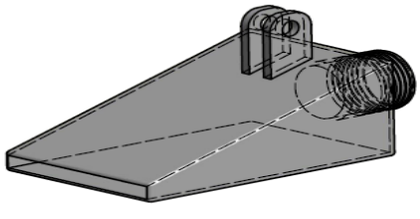
- เพื่อช่วยในการทำความสะอาดบ่อตลาดทรงกลม ในบริเวณขอบบ่อทรงกลม
- ทำด้ามบังคับทิศทางใหม่ ทำให้หัวดูดสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้สะดวกขึ้น
- ลักษณะของหัวดูดใช้งานกับบ่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ลึก 1.5 เมตร



รูปที่4 หัวดูดครึ่งวงกลมมีล้อ

หัวดูดสามเหลี่ยมปากแบน

- ลักษณะเป็นหัวดูดเล็กมีปากแบนเพื่อช่วยทำความสะอาดในจุดที่หัวดูดเข้าไม่ถึง
- ทำด้ามจับบังคับทิศทางใหม่ ทำให้หัวดูดสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้สะดวกขึ้น
- ใช้งานได้ทุกบ่อ



รูปที่ 5 หัวดูดสามเหลี่ยมปากแบน

วิธีการทดลอง

1 ทิ้งระยะเวลาการทำความสะอาดบ่อให้ตกตะกอนไว้ 3 วัน และ 5 วัน

2 ทำการทดสอบทำความสะอาดด้วยหัวดูดแต่ละแบบ เทียบกับการทิ้งให้ตกตะกอน ระยะ 3 วัน และ 5 วัน

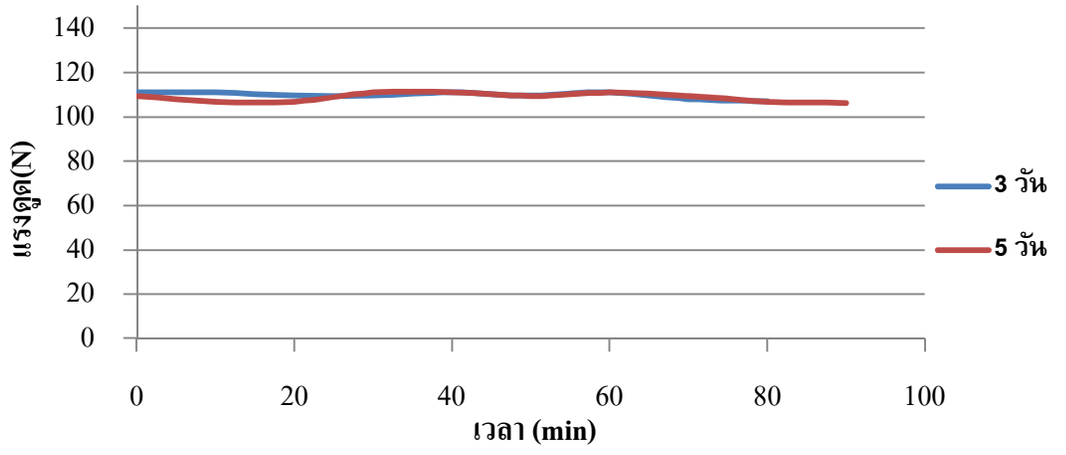
3 นำผลการทดสอบของแต่หัวดูด มาหาค่า ความเร็วหัวดูด แรงที่เกิดจากหัวดูด

4. วัดระดับปริมาณแอมโมเนีย และค่า ความเป็นกรด ด่าง หลังจากการดูดแต่ละบ่อ เทียบกับการทิ้งให้ตกตะกอน ระยะ 3 วัน และ 5 วัน

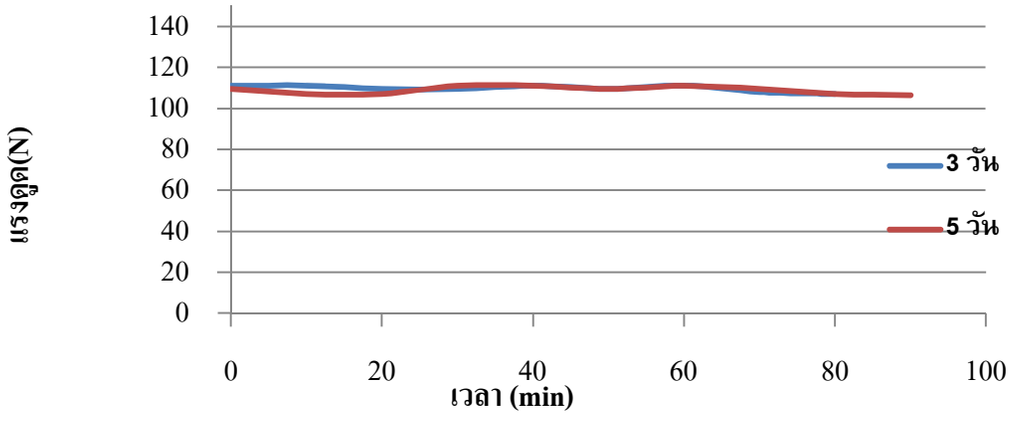
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัย

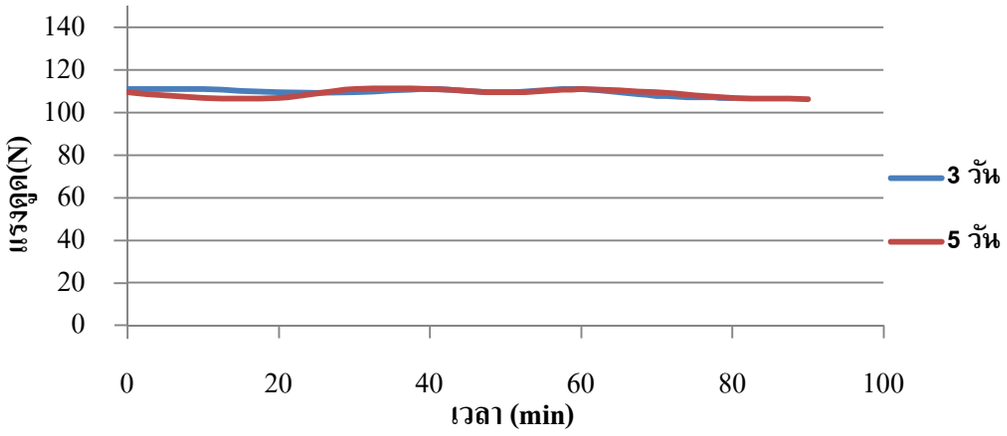
ผลการคำนวณหาแรงดูด



รูปที่ 6 แสดงแรงดูดเทียบกับหัวดูด บ่อสี่เหลี่ยมคางหมู เมื่อทิ้งตะกอนไว้ 3 วันกับ 5 วัน



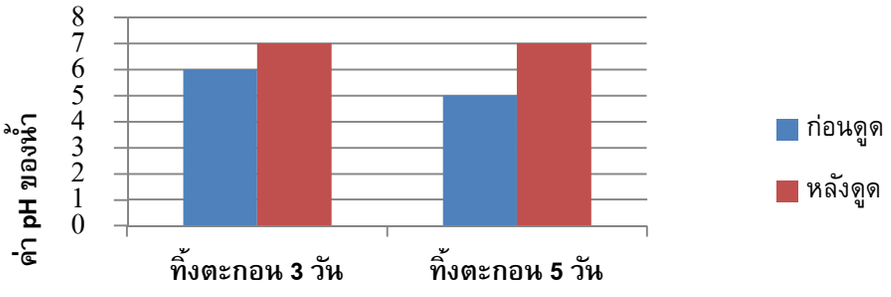
รูปที่ 7 แสดงแรงดูดเปรียบเทียบที่หัวดูด บ่อสี่เหลี่ยมเมื่อทิ้งตะกอนไว้ 3 วันกับ 5 วัน



รูปที่ 8 แสดงแรงดูดเปรียบเทียบที่หัวดูด บ่อกลม เมื่อทิ้งตะกอนไว้ 3 วันกับ 5 วัน

จากรูปที่ 6-8 แสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของแรงดูดเทียบกันระหว่างการทิ้งตะกอนไว้ 3 วัน กับ 5 วัน ซึ่งตามปกติแรงดูดจะต้องสม่ำเสมอ แต่จากการแสดงของกราฟออกมาเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสกปรกจากตะกอนปฏิกูลของปลา และเศษใบไม้ ระหว่างทำความสะอาด

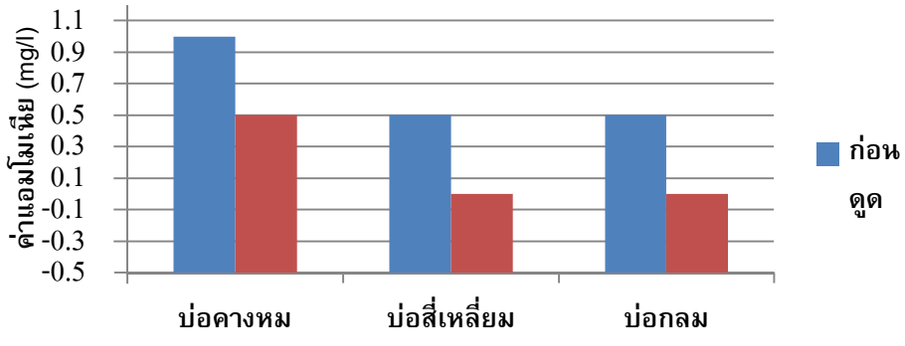
ผลการทดลองหาค่า pH ของน้ำ



รูปที่ 9 แสดงผลการทดสอบหาค่า pH ของน้ำ

จากรูปที่ 9 แสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของน้ำก่อนการดูดทำความสะอาด และหลังการดูดทำความสะอาด โดยเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำ ระหว่างการทิ้งตะกอนไว้ 3 วัน กับ 5 วัน ผลการทดสอบการทิ้งตะกอนไว้ 3 วันมีค่า pH ของน้ำเท่ากับ 6 ก่อนดูด และค่า pH ของน้ำเพิ่มขึ้นหลังการดูดเท่ากับ 7 และการทิ้งตะกอนไว้ 5 วัน มีค่า pH ของน้ำเท่ากับ 5 ก่อนดูด และค่า pH ของน้ำเพิ่มขึ้นหลังการดูดเท่ากับ 7 การทำความสะอาดบ่อปลาทำให้ ค่า pH ของน้ำเพิ่มขึ้น โดยอยู่ในค่าที่เหมาะสมของน้ำในบ่อ และการเปรียบเทียบแสดงการทิ้งตะกอนไว้ 3 วัน มีค่า pH ของน้ำมากว่าการทิ้งตะกอนไว้ 5 วัน ดังนั้นการทำความสะอาดบ่อปลาควรทำความสะอาดโดยทิ้งการตกตะกอนที่ 3 วัน สามารถดูดทำความสะอาดได้ดี และลดเวลาในการทำความสะอาดมากที่สุด

ผลการทดลองหาค่าแอมโมเนีย



รูปที่ 10 แสดงผลการทดสอบหาค่าแอมโมเนีย

จากรูปที่ 10แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำ ระหว่างก่อนการดูด กับหลังการดูดทำความสะอาด ผลการทดสอบหาค่าแอมโมเนีย ในบ่อสี่เหลี่ยมคางหมูมีค่าแอมโมเนียสูงที่สุดก่อนการดูดทำความสะอาด และหลังการดูดทำความสะอาด ยังมีค่าแอมโมเนียสูง กว่าบ่อสี่เหลี่ยม และบ่อกลม ซึ่งเป็นผลแสดงให้เห็นถึงความสกปรก จากตะกอนปฏิกูลของปลา และเศษใบไม้ของแต่ละบ่อ

ตารางที่ 1 ข้อมูลผลการดูดทำความสะอาดของแต่ละหัวดูดที่พัฒนาขึ้นมาใหม่กับหัวดูดแบบเดิม

หัวดูด (จำนวน)	อัตราการไหลสูงสุด $\times 10^{-3}(m^3/s)$	ความเร็วสูงสุด (m/s)	แรงดูดสูงสุด (N)	ความเหมาะสม การใช้งานกับบ่อ
หัวดูดแบบเดิม 1 หัว/บ่อ	3.354	0.005649	69.915	-บ่อสี่เหลี่ยมคางหมู(อนุบาล) -บ่อสี่เหลี่ยม(ตลาด)
หัวดูดทรงกระบอกมีล้อ 2 หัว/บ่อ	_	_	_	-ไม่เหมาะสม เพราะเคลื่อนที่ยาก
หัวดูดสี่เหลี่ยมมีล้อ 2 หัว/บ่อ	4.1667	3.65465	111.12	-บ่อสี่เหลี่ยมคางหมู(อนุบาล) -บ่อสี่เหลี่ยม(ตลาด)
หัวดูดครึ่งวงกลมมีล้อ 2 หัว/บ่อ	4.0278	3.532829	109.51	-บ่อกลม(ตลาด)
หัวดูดสามเหลี่ยมปากแบน 2 หัว/บ่อ	3.7500	3.289185	107	-เหมาะสมกับทุกบ่อ ในจุดที่เข้าไม่ถึง

จากตารางที่ 1 พบว่าหัวดูดแต่ละแบบที่มีรูปร่างต่างกันทำให้มีแรงดูดและมีปริมาณการไหลที่แตกต่างกันทำไห้มีความเหมาะสมในการใช้งานการเข้าถึงขอบบ่อและความสามารถในการทำความสะอาดต่างกัน การใช้งานจึงต้องเลือกหัวดูดให้เหมาะสมกับบ่อเลี้ยงในรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบข้อแตกต่างในการทำความสะอาดระว่างแรงงานคนกับเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์

แรงงานคน	เครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์
1. ต้องรอเวลาในการระบายน้ำออก	1. ไม่ต้องรอเวลาในการระบายน้ำออก
2. ต้องออกแรงขัดมาก	2. ไม่ต้องออกแรงขัดมาก
3.ไม่ ต้องเสียค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	3. ต้องเสียค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร
4. ทำให้ปลาตกใจขณะทำความสะอาด	4. ไม่ทำให้ปลาตกใจขณะทำความสะอาด
5. ต้องลดระดับน้ำก่อนทำความสะอาด	5. ไม่ต้องลดระดับน้ำก่อนทำความสะอาด
6. ใช้ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายสูง	6. ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดบ่อทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

แรงงานคน		ใช้พลังงานไฟฟ้า		ใช้เครื่องยนต์	
เวลาทำงาน/บ่อ(นาที)	ค่าใช้จ่าย/บ่อ (บาท)	เวลาทำงาน/บ่อ (นาที)	ค่าใช้จ่าย/บ่อ (บาท)	เวลาทำงาน/บ่อ (นาที)	ค่าใช้จ่าย/บ่อ (บาท)
360	200	150	28.035	90	42.27

ตารางที่ 2และ 3 พบว่าการใช้เครื่องดูดทั้งแบบใช้พลังงานไฟฟ้าและเครื่องยนต์ในการทำความสะอาดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ออกจากบ่อมีข้อได้เปรียบมากกว่าการใช้แรงงานคน ทั้งทางด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดทั้งยังช่วยผ่อนแรงในการทำความสะอาดลดการบอบช้ำของปลาจากการลดระดับน้ำลงเมื่อใช้แรงงานคนอีกด้วยวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดโดยการดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ออกจากบ่อทรงสี่เหลี่ยมคางหมู กับการใช้เครื่องดูดปฏิกูลปลาเรนโบว์เทราท์แบบใช้เครื่องยนต์ แบบใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้แรงงานคนทำความสะอาดบ่อ พบว่า การใช้เครื่องยนต์ใช้เวลาน้อยที่สุดที่ 90 นาที แต่มีค่าใช้จ่ายต่อสูงกว่าแบบใช้พลังงานไฟฟ้า 14.235 บาท ซึ่งการใช้แรงงานในการทำความสะอาดมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำความสะอาดสูงที่สุด ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องดูดใช้เครื่องยนต์โดยประมาณ 573.932 ชั่วโมง

สรุปผล

จากการทดสอบพบว่า อัตราการไหลของน้ำที่มีปฏิกูลของปลาปนอยู่จะถูกดูดผ่านเครื่องดูดทำให้ทราบถึงอัตราการไหลและทราบค่าความเร็วที่ไหลผ่านหัวดูดที่ทำขึ้นและทำการวัดความดันทำให้ทราบถึงแรงที่ดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์จะเห็นการดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ของแต่ละบ่อโดยมีการออกแบบหัวดูดไว้ 4 แบบ

หัวดูดที่ 1 หัวดูดทรงกระบอกมีล้อ โดยมีด้ามบังคับทิศทางแยกกับท่อทางดูด ช่วยลดน้ำหนักในการจับบังคับทิศทางมีแปรงขัดทำความสะอาดเคลื่อนที่ไม่สะดวก เพราะไม่ระนาบกับพื้นบ่อ

หัวดูดที่ 2 หัวดูดแบบสี่เหลี่ยมมีล้อ สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกและไม่ต้องออกแรงในการขัดมาก

หัวดูดที่ 3 หัวดูดแบบครึ่งวงกลมมีล้อ สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกเหมาะกับบ่อที่มีลักษณะกลม สามารถทำความสะอาดได้รวดเร็ว

หัวดูดที่ 4 หัวดูดสามเหลี่ยมปากแบน สามารถทำความสะอาดได้ดีในจุดที่เข้าไม่ถึง หรือดูดตามซอกซอย ควบคุมการทำงานลำบากเพราะมีน้ำหนักมาก สามารถใช้ทำความสะอาดได้กับทุกบ่อ

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์ที่ใช้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องดูดแบบเดิมที่ใช้พลังงานไฟฟ้า และเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน ลดเวลาในการทำความสะอาด 3 บ่อต่อวันเมื่อเทียบกับการทำความสะอาดด้วยพลังงานไฟฟ้าแต่มีค่าใช้จ่ายแพงกว่า

1.หัวดูดแบบสี่เหลี่ยมมีล้อ สามารถดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ที่บ่อทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 40 เมตร ลึก 1.5 เมตร ในเวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมงต่อ 1 บ่อ สามารถทำงานเร็วกว่าเครื่องแบบเดิม 1 เท่า และสามารถทำงานเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 2 เท่า และประหยัดค่าใช้จ่าย 4.731 เท่า โดยทิ้งบ่อไว้ 3 วันและ 5 วัน และใช้แรงงานคน 5 ชั่วโมงต่อบ่อ

2.หัวดดแบบสามเหลี่ยมมีล้อ สามารถดดปภิกลของปลาเรนโบว์เทราท์ที่บ่อทรงสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 7.65 เมตร ลึก 1 เมตร ใน

3.หัวดูดแบบครึ่งวงกลมมีล้อ สามารถดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ที่บ่อวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ลึก 1.5 เมตร ในเวลา 20 นาที ต่อ 1 บ่อ และสามารถทำงานเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า และประหยัดค่าใช้จ่าย 18.924 เท่า โดยทิ้งบ่อไว้ 3 วันและ 5 วัน โดยที่แรงงานคน 2 ชั่วโมงต่อบ่อ

4 หัวดูดแบบสามเหลี่ยมปากแบน สามารถดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ได้ทุกบ่อสามารถทำความสะอาดได้ดีในจุดที่เข้าไม่ถึง หรือดูดตามซอก ควบคุมการทำงานลำบากเพราะมีน้ำหนักมาก

จากผลการทดสอบการดูดปฏิกูลของปลาเรนโบว์เทราท์ที่มีการทิ้งระยะเวลาการทำความสะอาดไว้ 3 วัน และ 5 วัน พบว่าสามารถดูดทำความสะอาดได้ดี ลดเวลาในการทำความสะอาด ลดค่าใช้จ่าย ลดการบอบช้ำของปลาและ จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบการใช้เครื่องทำความสะอาดเมื่อทิ้งระยะเวลาการทำความสะอาด 3 วัน และ 5 วัน พบว่าไม่ควรทิ้งระยะเวลาทำความสะอาดไว้เกิน 3 วัน เพราะ การทำความสะอาดที่มีการทิ้งระยะเวลาไว้ 3 วัน มีความประหยัดและง่ายต่อการทำความสะอาดมากที่สุด บ่อทรงสี่เหลี่ยมคางหมู กับการใช้เครื่องดูดปฏิกูลปลาเรนโบว์เทราท์แบบใช้เครื่องยนต์ แบบใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้แรงงานคนทำความสะอาดบ่อ พบว่า การใช้เครื่องยนต์ใช้เวลาน้อยที่สุดที่ 90 นาที แต่มีค่าใช้จ่ายต่อสูงกว่าแบบใช้พลังงานไฟฟ้า 14.235 บาท ซึ่งการใช้แรงงานในการทำความสะอาดมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำความสะอาดสูงที่สุด ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องดูดใช้เครื่องยนต์โดยประมาณ 573.932 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาในความอนุเคราะห์ด้านทุนวิจัย ขอขอบคุณนายธีรณิศวร์ ศุภฐิติพงศ์และนายสุทธิพงษ์ พรมวัง นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในการช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

[1] ธนัท ทศิริ, สุนิสา สมบัติทองใบ, 2546, “การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเลี้ยงปลาเทราท์ในสถานีวิจัยประมงที่สูง”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : กรุงเทพมหานคร.

[2] นฤพล มุสิกพันธ์,พันธ์ศักดิ์ บุตรศรี,รองดนัย ฮ่อธิวงศ์, 2549, “การวิเคราะห์สมรรถณะของการนำเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งใช้กังหันน้ำขนาดเล็ก”. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยนเรศวร.

[3] มาโนช คำนาน, รวิ โรจนวิภาต, 2545, “เครื่องดูดปฏิกูลจากบ่อปลาเรนโบว์เทราท์”. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ.

[4] อดิศักดิ์ บุญอนันต์, 2547, “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่อง สมรรถนะเครื่องสูบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง”.ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

P-IR34

เครื่องผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยหลักการของ PWM

Produce hydrogen from solar energy, controlled with the principle of PWM

เสรี ชื่นอารมณ์ และเสน่ห์ ไมตรีจิตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 10160

E-mail: seri_chuen@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปการก๊าซไฮโดรเจน โดยแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วใช้หลักการของวิธีอิเล็กโทรไลท์แปลงเป็นก๊าซไฮโดรเจนตามลำดับ ใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3%ต่อน้ำหนัก และใช้เหล็กสแตนเลสเบอร์ 316L เป็นขั้วอิเล็กโทรด และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ปรับค่าแรงดันที่จ่ายให้กับตัวอิเล็กโทรไลท์ ด้วยวิธี PWM (Pulse width Modulation) เพื่อควบคุมการเปลี่ยนรูปพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จากผลการทดสอบที่ได้สามารถเปลี่ยนพลังงาน 18400 จูลต่อปริมาตรก๊าซไฮโดรเจนรวมกับออกซิเจน 1 ลิตร

คำสำคัญ: อิเล็กโทรไลท์, ก๊าซไฮโดรเจน, พลังงานไฟฟ้า

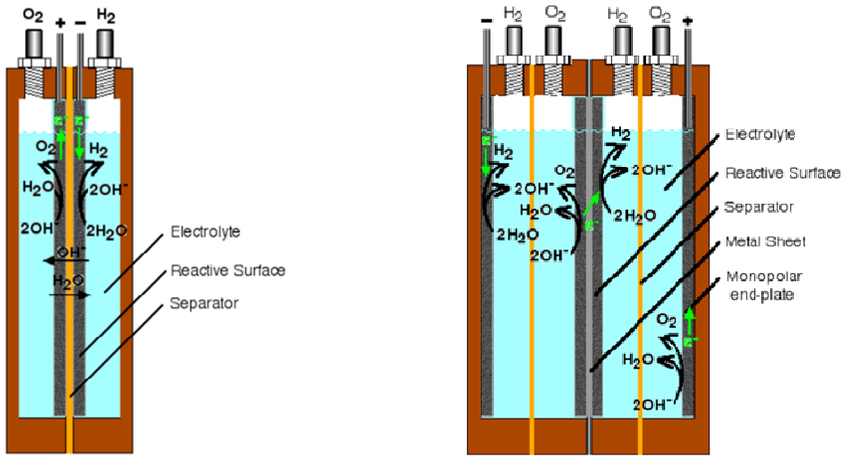
1. บทนำ

จากผลการสำรวจในประเทศไทยมีการศึกษา วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนด้วยกัน 2 กระบวนการใหญ่ๆคือ กระบวนการความร้อนเคมี (Thermochemical Process) และกระบวนการชีวเคมี (Biochemical Process) ในส่วนของการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Process) นั้นยังไม่พบว่าได้มีการดำเนินการในประเทศไทย งานวิจัยการผลิตไฮโดรเจนในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเน้นไปที่กระบวนการความร้อนเคมีแบบรีฟอร์มมิง เนื่องมาจากเป็นกระบวนการที่ได้รับการพิสูจน์แล้วในต่างประเทศว่าใช้งานได้จริงและมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตไฮโดรเจนในปริมาณมากหรือในเชิงอุตสาหกรรม โดยเป็นการศึกษาการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ การรีฟอร์มมิงแบบออโตเทอร์มัลของเอทานอล ก๊าซชีวภาพ และมีเทน โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การออกแบบระบบผลิตไฮโดรเจนจากวัตถุดิบที่สามารถหาได้ในประเทศไทย อาทิเช่น ก๊าซธรรมชาติ เอทานอล เมทานอล ก๊าซหุงต้ม และก๊าซชีวภาพ โดยมุ่งเน้นไปที่การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนให้ดีขึ้นกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันซึ่งมักประสบกับปัญหาด้านการเสื่อมสภาพเร็ว และมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ

ในปัจจุบันนี้มีธุรกิจการสร้างโรงงานผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลท์หรือการใช้น้ำและไฟฟ้ามาผลิตแก๊สไฮโดรเจนมีอยู่ทั่วโลก เนื่องมาจากประเด็นความท้าทายในการใช้พลังงานงานไฮโดรเจนนั้นคือ การขนส่งไฮโดรเจน ซึ่งถือได้ว่าเป็นประเด็นที่มีผลต่อราคาของไฮโดรเจนโดยรวม ทำให้ต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจในระบบโลจิสติกส์และเศรษฐศาสตร์ที่แตกต่างกันระหว่างการผลิตไฮโดรเจนแบบรวมศูนย์ขนาดใหญ่กับการผลิตแบบกระจายตัวใกล้กับผู้ใช้งาน โดยจะมีกระบวนการขนส่งที่แตกต่างกัน การผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยน้ำจากพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้เป็นทางเลือกการของการใช้งานไฟฟ้าที่มาเก็บไว้ในรูปแก๊สไฮโดรเจน การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจน ในการผลิตจะมีตัวแปรหลายตัวแปรที่เป็นตัวกำหนดค่าในการออกแบบสำหรับสร้างตัวอิเล็กโทรไลท์ [2] เพื่อทำปฏิกิริยาให้มีขนาดและประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดจะต้องมีการทดสอบเพื่อหาเป็นปัจจัยหลักในการออกแบบโครงสร้างของตัวตัวอิเล็กโทรไลท์โดยยึดหลักในเรื่องราคาและการหาได้ง่ายในท้องตลาด

2. แนวทางการออกแบบตัวอิเล็กโทรไลท์โดยองค์ประกอบในส่วนของตัวอิเล็กโทรไลท์จะประกอบด้วนส่วนสำคัญสองส่วนคือ วัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด และสารละลาย ในกระบวนการผลิตไฮโดรเจนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลท์ ที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดนั้นจะต้องกำหนดตัวแปรต่างๆ ให้ได้ตามค่าใน[1] ที่ระบุไว้ และให้ระดับแรงดันที่ขั้วอิเล็กโทรดที่ค่า 1.23โวลต์ แต่ในทางปฏิบัตินั้นจะต้องให้แรงดันที่ขั้วอิเล็กโทรดสูงกว่าทฤษฎี [3] เนื่องจากต้องการใช้เวลาผลิตที่รวดเร็วระดับแรงดันที่ขั้วอิเล็กโทรดใช้งานจะอยู่ในช่วง 1.80-2.00โวลต์ [4] ซึ่งจะทำให้โมเลกุลของไฮโดรเจนที่สะสมอยู่บริเวณพื้นผิวของขั้วแคโทด จะรวมตัวเป็นฟองแก๊สขนาดใหญ่พอที่จะหนีแรงตึงผิวและแรงโน้มถ่วงของโลก และจะหลุดจากพื้นผิวของอิเล็กโทรด พุ่งขึ้นสู่ผิวของอิเล็กโทรไลท์ ในขณะเดียวกันที่ขั้วแอโนด ก็เกิดกระบวน การแบบเดียวกันขึ้น โดยอิออนไฮดรอกซิล (Hydroxyl) คายอิเล็กตรอนให้กับอิเล็กโทรด และทำปฏิกิริยากลายเป็นน้ำและแก๊สออกซิเจนโดยที่ฟองแก๊สออกซิเจนที่ขนาดใหญ่พอ ก็จะหลุดจากพื้นผิวและพุ่งขึ้นสู่ผิวของอิเล็กโทรไลท์เช่นเดียวกัน โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ผิวของอิเล็กโทรดทั้งสองต้องการกระบวนการเชิงเร่งปฏิกิริยากับผิวของโลหะที่ใช้ทำ

อิเล็กโทรด โดยที่อิออนไฮโดรเจนจะคายประจุที่พื้นผิวโลหะเพื่อก่อให้เกิดฟิล์มดูดซับไฮโดรเจนบางๆขึ้นจากนั้นก็จะเกิดกระบวนการรวมตัวกัน เพื่อทำให้เกิดโมเลกุลของไฮโดรเจนขึ้นดังรูปที่ 1



(ก) (ข)

รูปที่ 1 โครงสร้างของตัวอิเล็กโทรไลท์ (ก) ขั้วเดียว (ข) ขั้วคู่

จะมีปฏิกิริยาที่ขั้วอิเล็กโทรดรดเป็นดังนี้

ด้านแคโทด ด้านแอโนด

$2\ H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $2OH^- \rightarrow \frac{1}{2}\ O_2 + 2\ H_2O + 2e^-$

ซึ่งกระบวนการดังกล่าวแปรตามลักษณะรูปร่างและธรรมชาติทางเคมีของพื้นผิวของขั้วอิเล็กโทรด ส่งผลให้ชนิดของอิเล็กโทรด มีผลต่อปริมาณแก๊สผลิตที่ได้จากกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า

2.1 **ตัวอิเล็กโทรไลเซอร์**

การสร้างตัวอิเล็กโทรไลเซอร์แสดงดังรูปที่ 2 โดยจะออกแบบเป็นระบบปิดและอยู่ในรูปแบบเซลล์เปียก ส่วนประกอบหลักๆมีดังนี้คือ

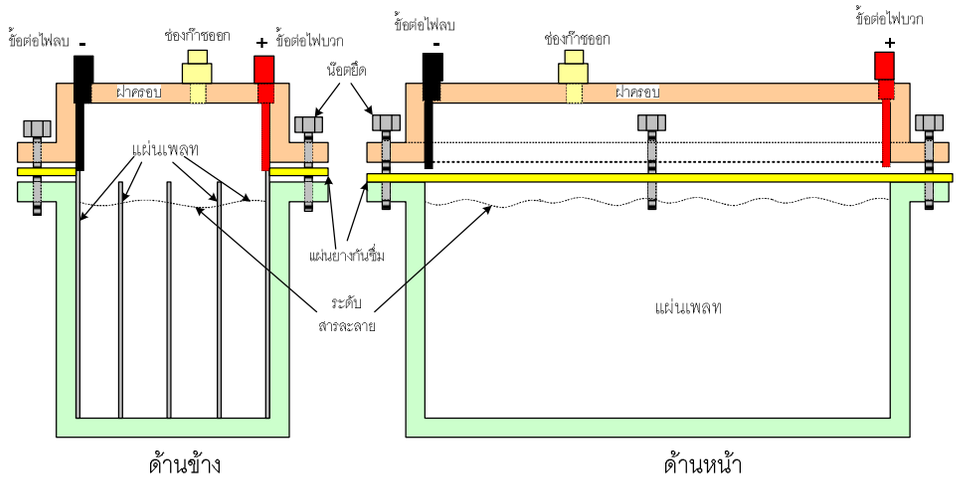
1 แผ่นเพลทหรืออิเล็กโทรดเลือกใช้แสตนเลส 316 มาเป็นขั้วอิเล็กโทรด

2.ใช้สารอิเล็กโทรไลท์เป็นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3%wt

3.ภาชนะบรรจุและแผ่นยางกันซึม

4. ขั้วต่อไฟฟ้าที่เชื่อมเข้ากับขั้วอิเล็กโทรด

5.น็อตยึด



ด้านข้าง ด้านหน้า

รูปที่ 2 แบบเครื่องผลิตก๊าซไฮโดรเจน



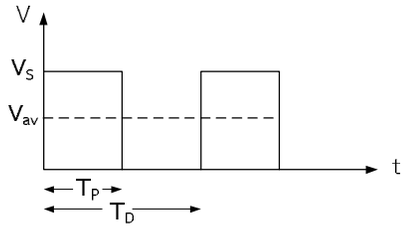
รูปที่ 3 เครื่องผลิตก๊าซไฮโดรเจนต้นแบบ

3. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ผลิตไฮโดรเจน

หากพิจารณาที่ประสิทธิภาพการผลิต 100 เปอร์เซ็นต์ การผลิตไฮโดรเจน 1 กิโลกรัมต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 46.6 หน่วย (kWh) [5] หากพิจารณาราคาหน่วยไฟฟ้าที่ 3.00 บาท จะพบว่าราคาค่าไฟฟ้าในการผลิตไฮโดรเจน 1 กิโลกรัมประมาณ 139 บาท ดังนั้นจะพบว่าหากพิจารณาเปรียบเทียบกับน้ำมัน 3.8 ลิตรซึ่งให้พลังงานความร้อนเท่ากับไฮโดรเจนประมาณ 1 กิโลกรัมนั้น ในปัจจุบันจะพบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาเท่ากับ 110 บาท (กำหนดให้ราคา 1 ลิตรเท่ากับ 30 บาท) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ไฮโดรเจนมีแนวโน้มที่เป็นไปได้อย่างมากที่จะเป็นทางเลือกของพลังงานในอนาคตอันใกล้นี้ได้ อย่างไรก็ตามปัจจัยที่จะมีผลต่อราคาของไฮโดรเจนจากแยกน้ำด้วยไฟฟ้าคือ เทคโนโลยีของการผลิตประเด็นที่จะต้องคำนึงถึงอย่างมากในการนำเทคนิคการแยกน้ำด้วยไฟฟ้ามาใช้ผลิตไฮโดรเจนเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานคือ พลังงานไฟฟ้าที่จะต้องใช้หากยังมีการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างในปัจจุบันเป็นส่วนใหญ่นั้น การแยกน้ำด้วยไฟฟ้าคงจะไม่ใช้ทางเลือกที่เป็นไปได้ การวิจัยและพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยแหล่งพลังงานทดแทนจึงเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น กรณีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมในประเทศจากหลักการทำงานของการผลิตไฮโดรเจนจากน้ำที่กล่าวข้างต้น พบว่าอัตราการผลิตไฮโดรเจนของเครื่องอิเล็กโทรไลเซอร์จะขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าซึ่งสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ได้ โดยกระแสไฟฟ้า(I) ที่จ่ายจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้า(V) และค่าความต้านทานทางไฟฟ้า (R) ของอิเล็กโทรไลเซอร์และขั้วอิเล็กโทรด ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$I = \frac{V}{R} \tag{1}$$

จากความสัมพันธ์ข้างต้นและกำหนดให้ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของอิเล็กโทรไลเซอร์มีค่าคงที่ (ที่ค่าความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลท์คงที่) จะได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่อิเล็กโทรไลเซอร์ใช้จะแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกมา ดังนั้นเพื่อให้สามารถควบคุมการผลิตไฮโดรเจนตามที่ต้องการวิธีการที่นิยมใช้คือ การควบคุมขนาดของแรงดันที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์ โดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมแรงดันที่จ่ายให้กับตัวอิเล็กโทรไลเซอร์ จะอาศัยหลักการโมดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation) ซึ่งเรียกวงจรนี้ว่า โมดูเลเตอร์ (Modulator) โดยมีหลักการทำงานคือ แรงดันที่ออกจากโมดูเลเตอร์นั้นจะอยู่ในรูปของคลื่นสี่เหลี่ยม กล่าวคือ จะมีการจ่ายแรงดันออกมาเป็นช่วงๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีคาบเท่ากับ TD และมีความกว้างพัลส์เท่ากับ TP โดยหลักการแล้วหากต้องการแรงดันเฉลี่ยที่สูงขึ้น โมดูเลเตอร์จะสร้างแรงดันที่มีความกว้างพัลส์มากขึ้น และในทางตรงกันข้ามโมดูเลเตอร์จะสร้างแรงดันที่มีความกว้างพัลส์แคบลง หากต้องการแรงดันเฉลี่ยที่ต่ำลง



รูปที่ 4 แรงดันที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์

เราสามารถหาความสัมพันธ์แรงดันเฉลี่ย (Vav) ที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์กับความกว้างพัลส์ได้ดังนี้คือ

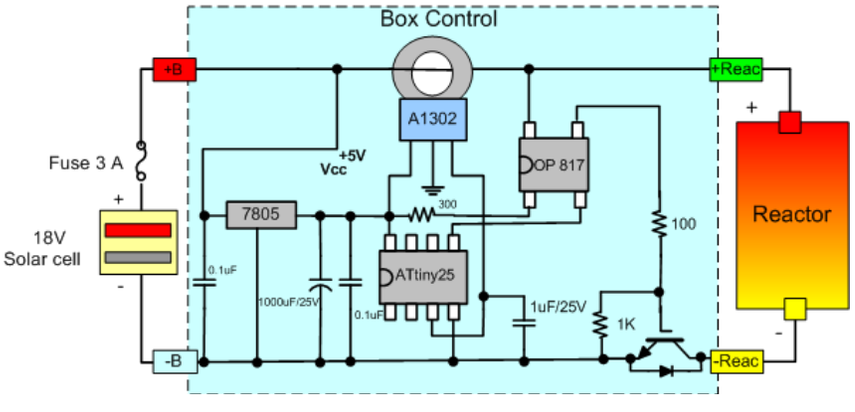
กำหนดให้ D (Duty Cycle)=T_P/T_D

$$Vav=Vsx\ D \qquad (2)$$

โดยจากรูปที่ 4 จะพบว่าค่า D หรือ รอบทำงาน (Duty Cycle) ส่วนค่า D มีค่าอยู่ในช่วง 0< D <1 ดังนั้นจากสมการ(2) แรงดันเฉลี่ยสามารถปรับให้มีค่าเท่ากับ 0 ไปจนถึง Vs ได้โดยการปรับค่า D จาก 0 ไปจนถึง 1 ตามลำดับ นั่นหมายความว่า กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรไลเซอร์นั้นปรับได้ตามค่า D ซึ่งส่งผลให้เราสามารถควบคุมประสิทธิภาพและอัตราการผลิตไฮโดรเจนของอิเล็กโทรไลเซอร์ได้

3.1 วงจรควบคุมการจ่ายกระแสโดยใช้หลักการ PWM

ระบบควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับตัวอิเล็กโทรไลเซอร์นั้นแสดงดังรูปที่ 5 วงจรควบคุมนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ AVR รุ่น Attiny25 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีส่วนสร้างสัญญาณ PWM และส่วนรับสัญญาณอนาลอกภายในตัวเอง การสร้างสัญญาณ PWM ที่ออกจากขา 8 แล้วใช้ไอซีออฟโต้ OP817 เพื่อแยกสัญญาณควบคุมและเป็นตัวส่งถ่ายสัญญาณให้กับสวิตช์กำลังสารกึ่งตัวนำประเภท Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) เพื่อควบคุมระดับแรงดันที่เหมาะสมให้กับเครื่องตัวอิเล็กโทรไลเซอร์ ใช้รีจิสเตอร์ภายของในไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวกำหนด ส่วนการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ตัวอิเล็กโทรไลเซอร์จะใช้ไอซี เบอร์ A1302 ซึ่งใช้หลักการฮอลเอฟเฟคทำหน้าที่เป็นตัววัดปริมาณกระแส (Current Sensor) แล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าเพื่อส่งให้กับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลหรือ ADC (Analog to Digital Converter) ที่อยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยค่าของ PWM จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณกระแสที่ต้องการและถูกโปรแกรมตั้งค่าไว้ การทดสอบนั้นจะกำหนดค่าของการจ่ายกระแสไฟฟ้าไว้ที่ค่าที่เหมาะสมสำหรับผลิตก๊าซไฮโดรเจน โดยโปรแกรมลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนพลังงานที่จ่ายให้กับตัวอิเล็กโทรไลเซอร์นั้นรับมาจากตัวโซลาเซลขนาด 18 โวลต์ ซึ่งค่าแรงดันนั้นจะแปรเปลี่ยนตามปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบซึ่งสามารถทำให้แรงดันคงที่ได้ที่ 5โวลต์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7805 เพื่อสร้างแรงดันคงที่ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR และสำหรับจ่ายวงจรควบคุมส่วนอื่นๆ



รูปที่ 5 วงจรควบคุมกระแสไฟฟ้าแบบ PWM

4.ผลการทดลอง

สำหรับการทดลองเลือกใช้ช่วงเวลา 10.00 น.ถึงเวลา 15.00 น. เป็นช่วงที่มีแสงแดดจัดเก็บค่าพลังงานที่จ่ายกับปริมาณของก๊าซไฮโดรเจน โดยใช้กระบอกวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร และใช้โวลต์และแอมแปร์มิเตอร์วัดเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า ได้ค่าพลังงานที่ใช้ต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ค่าพลังงานที่ใช้ผลิตก๊าซไฮโดรเจน

ลำดับ	กระแส (แอมแปร์)	แรงคลื่น (โวลต์)	พลังงาน (วัตต์)	เวลา (วินาที)	ปริมาตรก๊าซ (ลิตร)	พลังงาน (จูล)
1	1.22	15.15	18.483	989	1	18,280
2	1.25	15.18	18.975	969	1	18,387
3	1.23	15.21	18.7083	985	1	18,428
4	1.15	15.71	18.0665	1020	1	18,428
5	1.18	15.68	18.5024	987	1	18,262

5. สรุป

การวิจัยนี้มุ่งเน้นสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อหาค่าประมาณการผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลเซอร์โดยผลิตจากวัสดุที่หาได้ง่ายราคาถูกเหมาะที่จะนำมาสร้างได้จริงโดยเป็นแนวทางในการออกแบบตัวอิเล็กโทรไลเซอร์ โดยสามารถสร้างปริมาตรแก๊สไฮโดรต่อพลังงานที่ใช้ดีที่สุด ซึ่งการออกแบบทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองที่ 15 โวลต์ โดยภายในตัวอิเล็กโทรไลเซอร์มีแผ่นเพลทอยู่ 5 แผ่นดังนั้นค่าเฉลี่ยแรงดันตกคร่อมเพลทแผ่นละประมาณ 3 โวลต์ ซึ่งสูงกว่าทฤษฎีกำหนดไว้ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 1.8 -2 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดแต่มีผลเสียคือผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้น้อยต่อเวลา การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกหนึ่งของการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของก๊าซ โดยประสิทธิภาพนั้นยังได้ไม่ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบว่าศูนย์เสียไปเท่าใด ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่าดังนั้นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยวิธีนี้ก็เป็นทางเลือกหนึ่งเพราะเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ

6. การอ้างอิง

[1] เสรี ชื่นอารมณ์,2557 “ปัจจัยหลักการออกแบบตัวอิเล็กโทรไลท์เพื่อผลิตการแก๊สไฮโดรเจน” การประชุมวิชาการสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ ครั้งที่ 1

[2] นฤดล คุ้มรักษา, บุญยัง ปลั่งกลาง (2554) การแยกไฮโดรเจนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซล ,การประชุมเครือข่ายพลังงานครั้งที่7, หน้า. 745-749.

[3] Viswanath, R. P. (2004). “A patent for generation of electrolytic hydrogen by a cost effective and cheaper route.” International Journal of Hydrogen Energy, 29(11): 1191-1194.

[4] Kim, S., Koratkar, N., Karabacak, T., & Lu, T.M. (2006). “Water electrolysis activated by Runanorod array electrodes.” Applied Physics Letters, 88 (26): 263106

[5] Monjid Hamdan , Giner PEM (2010) Electrolyzer Incorporating an Advanced Low-Cost Membrane Electrochemical Systems,LLC

O-EM01

การผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรภายใต้แนวทางการจัดการแบบไม่มีของเสียเหลือทิ้ง

Bio-oil and Bio-char Production from Agricultural Residue under A Concept of Zero Waste Management

อรรถกร อาสนคำ[1*] วรพจน์ โพธาเจริญ[1] เบญจพร เครือทะนันไชย[1]
ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์[1] ณัฐวุฒิ ดุษฎี[2] กิตติกร สาสุจิตต์[2] อดิศักดิ์ ปัตติยะ[3]
[1] ห้องปฏิบัติการระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
[3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการแบบไม่มีของเสียเหลือทิ้ง วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น เมล็ดมะเยาหิน เมล็ดปาล์มน้ำมัน หลังจากหีบเพื่อสกัดน้ำมันแล้ว จะถูกนำมาบดละเอียด ตากแห้ง และนำไปผลิตน้ำมัน และถ่านชีวภาพ ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิส ในกรณีที่มีความต้องการน้ำมันชีวภาพปริมาณสูงจะใช้กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว กรณีที่มีความต้องการปริมาณถ่านสูง และคุณภาพดีจะใช้กระบวน การไพโรไลซิสแบบช้า สำหรับส่วนใบหรือกิ่งหรือทะลายปาล์ม แม้กระทั่งกากที่เหลือจากการหีบน้ำมัน ที่ไม่ผ่านการไพโรไลซิส จะนำมาบดละเอียด ตากแห้งและอัดขึ้นรูปเพื่อนำไปผลิตแท่งเชื้อเพลิง (RDF-5) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหุงต้ม หรือเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สสังเคราะห์ โดยผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น แก๊สสังเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่ายไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ได้ เถ้าที่เกิดในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน สามารถนำไปปรับความเป็นกรด-ด่างของดิน หรือใช้ผสมซีเมนต์ เพื่อผลิตคอนกรีต สำหรับน้ำมันพืชดิบหลังการหีบเมล็ดน้ำมัน ที่ผ่านกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน เพื่อผลิตไบโอดีเซล จะได้กลีเซอรีน ซึ่งสามารถนำมาเป็นตัวประสานในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง (RDF-5) ซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนในเชื้อเพลิง นอกจากนี้ในบทความนี้ยังนำเสนอวิธีการจับฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยการใช้สนามไฟฟ้ารวมอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น สามารถดักจับได้ง่ายขึ้นโดยเครื่องดักเก็บฝุ่นด้วยสนามไฟฟ้า เทคนิคข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชน เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการบริหารที่ไม่มีของเสียหรือวัสดุเหลือทิ้ง หรือให้มีอย่างน้อยที่สุด

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงชีวภาพ, การจัดการแบบไม่มีของเสีย, วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร

1. ที่มาและความสำคัญ

ในกระบวนการทางเกษตรกรรม มักจะมีวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งมักจะถูกนำไปผลิตเป็นปุ๋ย หรือไปทำเป็นวัสดุอื่นเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง การผลิตวัสดุก่อผนัง การผลิตไม้เฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา การสกัดสารอินทรีย์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมยา เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังคงมีของเสียเหลือทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก และมักจะถูกนำมาเผาทำลาย ซึ่งก่อให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก หมอกควัน และฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยมีข้อมูลว่า ในการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร 1,000 kg จะมีการปล่อยฝุ่นละอองขนาด PM 10 ในปริมาณ 7 kg [1] ดังนั้นการนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวนำมาเป็นวัตถุดิบ ในการผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพ ก็จะเป็นขั้นตอนหนึ่งซึ่งจะนำให้กระบวนการทั้งหมด ไม่มีของเสียเหลือทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม หรือมีของเสียเหลือทิ้งให้น้อยที่สุด

การผลิตพลังงานจากชีวมวล จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทางด้านเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับชนิด และปริมาณของชีวมวล ความคุ้มค่าด้านพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวางแผน และออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุน วัตถุดิบ และพลังงานให้สามารถนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

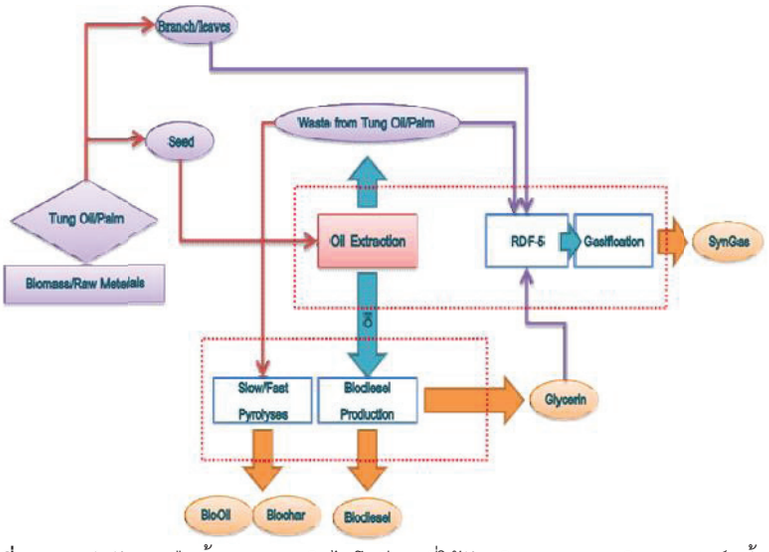
สำหรับการผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพจากวัสดุทางเกษตร มักจะใช้กระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้เกิดการแตกของพันธะโมเลกุลในวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ จากสายโซ่พันธะเคมียาวๆ กลายเป็นสายโซ่สั้นๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่มีแก๊สออกซิเจน จะได้ไอน้ำมันที่สามารถควบแน่นได้ และควบแน่นไม่ได้ และถ่าน ไอน้ำมันที่สามารถควบแน่นจะนำไปลดอุณหภูมิเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเหลวต่อไป กระบวนการไพโรไลซิสอาจจำแนกเป็นกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว (Fast Pyrolysis) แบบช้า (Slow Pyrolysis) และแบบทอร์รีแฟคชั่น (Torrefaction) โดยในกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว อุณหภูมิของชีวมวลภายในปฏิกรณ์จะอยู่ที่ 500-600°C และเวลาที่ชีวมวลอยู่ในปฏิกรณ์จะประมาณ 1 วินาที ขณะที่แบบช้า การคงอยู่ของชีวมวลจะมากกว่า 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 400-500°C ขณะที่แบบทอร์รีแฟคชั่นจะคล้ายกับแบบช้า แต่อุณหภูมิจะประมาณ 300°C ทั้งนี้ผลผลิตที่ได้จะเป็นน้ำมันชีวภาพ และถ่านชีวภาพ ประมาณ 60-70 % และ 10-15 %, 30-35 % และ 30-40 %, 5 % และ 8 % ตามลำดับ

ในประเทศไทยได้มีการนำวัตถุดิบเหลือทิ้งจากการเกษตรมาผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพ เช่น ทะลายปาล์ม [2] เหง้ามันสำปะหลัง [3] รวมถึงสาหร่าย [4] ชานอ้อย และผักตบชวา [5] ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิส ในกรณีที่อุณหภูมิสูง จะได้ปริมาณน้ำมันมาก และปริมาณถ่านน้อย และกลับกัน เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ คุณภาพและโครงสร้างของถ่านภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าจะดีกว่า ในกรณีของไพโรไลซิสแบบเร็ว นอกจากนี้ยังมีการนำของเสีย เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ มาผสมกับวัสดุเหลือทิ้งอื่น มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลในรูป RDF-5 [6, 7] รวมถึงการนำแท่งเชื้อเพลิง RDF-5 ไปเป็นเชื้อเพลิงในเตาแก๊สซิไฟเออร์ ผลิตแก๊สสังเคราะห์ให้แก่เครื่องปั่นไฟฟ้า [8]

ในบทความนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการนำวัสดุเหลือใช้ หรือเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากพืชน้ำมัน เช่นมะเยาหินและปาล์มน้ำมัน เมล็ดมะเยาหิน เมล็ดปาล์มน้ำมัน หลังจากหีบเพื่อสกัดน้ำมันแล้ว จะถูกนำมาบดละเอียด ตากแห้ง และนำไปผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพ ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิส สำหรับส่วนใบหรือกิ่งจากต้นมะเยาหิน ทะลายปาล์ม หรือแม้กระทั่งกากที่เหลือจากการหีบน้ำมัน จะนำมาบดละเอียด ตากแห้งและอัดขึ้นรูปเพื่อนำไปผลิตแท่งเชื้อเพลิง (RDF-5) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหุงต้ม หรือเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สสังเคราะห์โดยผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น แก๊สสังเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่ายไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ได้ เถ้าที่เกิดในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน สามารถนำไปปรับความเป็นกรด-ด่างของดิน หรือใช้ผสมซีเมนต์ เพื่อผลิตคอนกรีต สำหรับน้ำมันพืชดิบหลังการหีบเมล็ดน้ำมัน และผ่านกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน เพื่อผลิตไบโอดีเซล จะได้กลีเซอรีน ซึ่งสามารถนำมาเป็นตัวประสานในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง (RDF-5) ซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนในเชื้อเพลิง เทคนิคข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชน เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการบริหารที่ไม่มีของเสียหรือวัสดุเหลือทิ้ง หรือให้มีอย่างน้อยที่สุด

2. วิธีการศึกษา

รูปที่ 1 แสดงรูปแบบแนวทางการศึกษา การผลิตน้ำมันและถ่านจากชีวภาพ ภายใต้การจัดการแบบไม่มีของเสียเหลือทิ้ง จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล จากพืชน้ำมัน คือ มะเยาหิน และปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 1: การนำวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้วัตถุดิบจากมะเยาหินและปาล์มน้ำมัน

เมล็ดมะเยาหิน และเมล็ดปาล์มน้ำมัน จะถูกอบให้มีอุณหภูมิ 80-100°C และอุณหภูมิ 140°C โดยใช้เวลาประมาณ 30 และ 20 นาที ตามลำดับ แล้วมาหีบอัดโดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียว ดังรูปที่ 2 จะได้น้ำมันพืชดิบราว 30-33 % โดยน้ำหนัก



รูปที่ 2: เครื่องหีบอัดเมล็ดน้ำมันพืช

รูปที่ 3 แสดงตัวอย่าง กากเมล็ดมะเยาหินหลังการหีบ และน้ำมันทะเยาหินดิบที่ได้ น้ำมันพืชที่หีบอัดได้จะถูกนำไปกรองเพื่อทำความสะอาด และตรวจหาค่า Free fatty acid โดยไม่ให้เกิน 5 % จากนั้นนำไปผสมกับเมทานอล และ Potassium Hydroxide เพื่อผลิตไบโอดีเซล ภายใต้กระบวนการ Transesterification ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีผลิตภายใต้สนามไฟฟ้า ที่มีปฏิกรณ์ลักษณะ ดังรูปที่ 4

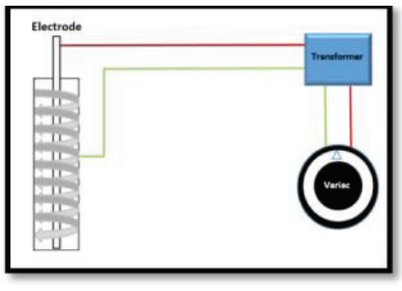


ก. กากมะเยาหินหลังการหีบ



ข. น้ำมันมะเยาหินดิบ

รูปที่ 3: กากเมล็ดมะเยาหินและน้ำมันดิบ หลังการหีบ (เมล็ดมะเยาหิน 6 kg จะหีบน้ำมันดิบได้ราว 2 ลิตร)



รูปที่ 4: ปฏิกรณ์ในการผลิตไบโอดีเซลภายใต้สนามไฟฟ้า [9]

วัตถุดิบจะถูกอุ่นมาที่อุณหภูมิประมาณ 40-50 °C แทนที่จะเป็น 60°C ดังวิธีให้ความร้อนทั่วไป ก่อนนำมาป้อนให้ปฏิกรณ์ และการแยกกลีเซอริน จะเกิดขึ้นทันทีที่มีการป้อนสนามไฟฟ้า เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา จะอยู่ประมาณ 5-10 นาที ในการผลิต ไบโอดีเซล แทนที่จะเป็น 4-6 ชั่วโมง ตามวิธีปกติ ซึ่งจะได้ไบโอดีเซลและกลีเซอริน โดยใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อลิตรน้อยกว่า 0.02 kWh/lit นั่นคือการผลิตไบโอดีเซล ด้วยวิธีใหม่นี้ จะประหยัดพลังงานและรวดเร็วกว่าวิธีทั่วไปมาก

สำหรับกากเมล็ดมะเยาหิน และกากเมล็ดปาล์ม จะถูกนำไปตากแห้งและบดเป็นผง ดังรูปที่ 5 เพื่อนำมาผลิตน้ำมันชีวภาพ และถ่านชีวภาพ ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิส ทั้งแบบช้าและแบบเร็ว ซึ่งในแบบแรกจะได้ปริมาณถ่านในปริมาณมาก และแบบหลังจะได้ปริมาณน้ำมันมาก



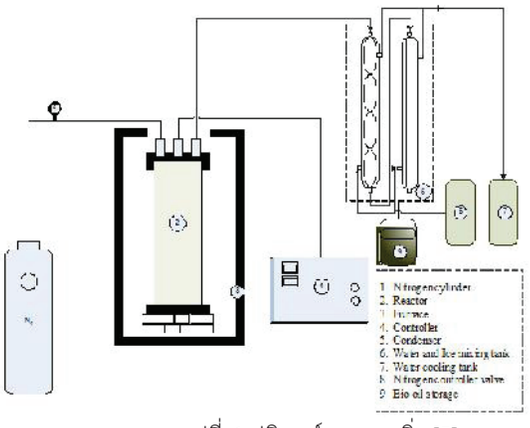
ก. ผงจากกากเมล็ดมะเยาหิน



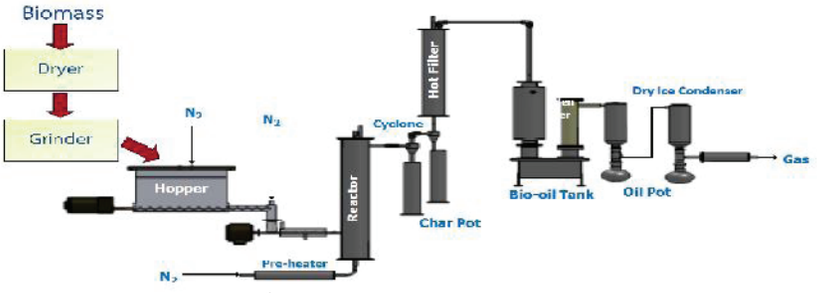
ข. ผงจากเมล็ดปาล์ม

รูปที่ 5: ผงจากเมล็ดพืชน้ำมัน หลังการหีบน้ำมันออกแล้ว [9]

ในงานวิจัยนี้ กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า จะกระทำในเตาแบบเบดนิ่ง ดังรูปที่ 6 และกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วจะดำเนินการในปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบด ดังรูปที่ 7 เพื่อศึกษา สัดส่วนและสมบัติของน้ำมัน และถ่านชีวภาพที่ได้



รูปที่ 6 ปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง [5]



รูปที่ 7 ปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบด [9]

สำหรับใบ กิ่งของมะเยาหิน หรือ ทะลายปาล์มน้ำมัน รวมถึงกากเมล็ดที่ไม่ได้นำไปผ่านกระบวนการไพโรไลซิส จะถูกนำไปอัดแท่ง เพื่อผลิตแท่งเชื้อเพลิงในรูป RDF-5 ทั้งนี้ตัวประสานสามารถใช้ปูนขาว แป้งมัน รวมถึงการใช้กลีเซอรินที่ได้จากการผลิต ไบโอดีเซล จากเมล็ดน้ำมัน ซึ่งกลีเซอรีนจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนให้แก่แท่งเชื้อเพลิงอีกด้วยแท่งเชื้อเพลิง RDF-5 สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เผาไหม้โดยตรงเพื่อให้ความร้อน หรือนำมาเป็นเชื้อเพลิงในเตาแก๊สซิไฟเออร์ เพื่อผลิตแก๊สสังเคราะห์ ซึ่งสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องปั่นไฟฟ้า ผลิตไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ได้ เถ้าที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในดิน และอาจนำมาผสมซีเมนต์เพื่อผลิตคอนกรีตได้

3. ผลการศึกษา

กากเมล็ดมะเยาหิน และกากเมล็ดปาล์ม หลังจากหีบแล้วจะนำไปตากแห้ง และป่นทำเป็นผง เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิส ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและค่าความร้อนของวัตถุดิบดังกล่าว ค่าความร้อนในกากเมล็ดมะเยาหิน หลังการหีบอัดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับกากเมล็ดปาล์มภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า โดยใช้ปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง สำหรับกากเมล็ดมะเยาหินพบว่าที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 400 $^{\circ}$C รักษาให้คงที่ประมาณ 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณถ่านชีวภาพ 53.33 % และน้ำมัน 30 % โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนของถ่านที่ได้จะมีค่า 35.83 MJ/kg (HHV) และค่าความร้อนของน้ำมัน จะมีค่า 21.74 MJ/kg แต่ถ้ากระบวนการเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น สัดส่วนของถ่านจะลดลง และสัดส่วนน้ำมันจะสูงขึ้น ในขณะเดียวกันค่าความร้อนของถ่านจะลดลงและค่าความร้อนของน้ำมันจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งในกรณีของกากเมล็ดปาล์ม จะให้ผลคล้ายคลึงกัน รูปที่ 8 แสดงถ่านชีวภาพ และน้ำมันชีวภาพ

จากกากเมล็ดมะเยาหิน ที่อุณหภูมิต่างๆกัน เมื่อเวลาทำงาน 1 ชั่วโมง สำหรับกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว จะได้ผลผลิตเป็นน้ำมันส่วนใหญ่ ผลดังแสดงใน ตารางที่ 3

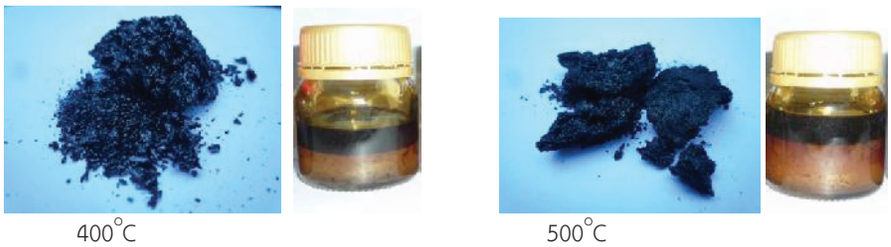
ตารางที่ 1: องค์ประกอบทางเคมีและค่าความร้อนของกากเมล็ดมะเยาหินและกากเมล็ดปาล์ม หลังจากการหีบน้ำมันออกแล้ว

Crop Residue		Tung Oil Seed Cake	Palm Oil Kernel Cake
Proximate Analysis (%)	Moisture	NA	NA
	Volatile	86.17[*]	79.57[9] - 80.01[*]
	Fixed C	10.41[*]	16.74[9] - 9.85[*]
	Ash	3.42[*]	3.69[9] - 10.14[*]
Ultimate Analysis (%)	Carbon	37.42 - 46.7[*]	47.19[9] - 55.3
	Hydrogen	4.32 - 6.4[*]	6.38[9] - 8.5[*]
	Nitrogen	2.71 - 3.7[*]	3.15[9] - 1.6[*]
	Oxygen	25.73 - 42.9[*]	43.28[9] - 34.4[*]
	Sulphur	1.38 - 0.2[*]	NA[9] - 0.2[*]
	HHV (MJ/kg)	14.54 - 18.6[*]	21.91[9] - 20.6[*]

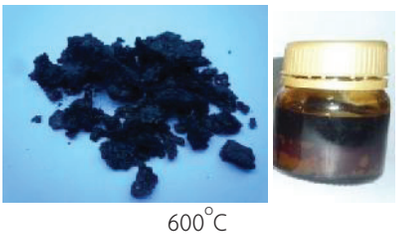
[*] Present study.

ตารางที่ 2: ร้อยละของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า ระยะเวลาทำงาน 1 ชั่วโมง

Material	Pyrolysis Temperature (°C)		
Tung Oil Seed Cake	**400**	**500**	**600**
Bio-char	53.33 (HHV 35.83 MJ/kg)	22.33 (HHV 21.66 MJ/kg)	16.83 (HHV 19.74 MJ/kg)
Bio-Oil	30 (HHV 21.74 MJ/kg)	56.58 (HHV 29.92MJ/kg)	52.69 (HHV 33.92 MJ/kg)



400°C 500°C



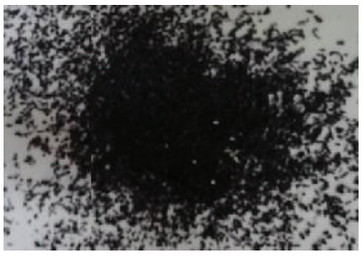
600°C

รูปที่ 8: ถ่านและน้ำมันชีวภาพ จากกากเมล็ดมะเยาหิน ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า ที่อุณหภูมิทำงานต่าง ๆ

ตารางที่ 3: ร้อยละของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ 500 °C

Material	Percentage of Products		
Tung Oil Seed Cake	Oil 72.1	Char 15.7	Gas 12.2
Palm Oil Kernel Cake	Oil 60.7	Char 30.3	Gas 9.0

ลักษณะของถ่าน และน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส แบบเร็ว แสดงในรูปที่ 9 ค่าสมบัติทางความร้อนของน้ำมันที่ได้ จะต่ำกว่าน้ำมันเตา ส่วนถ่านจะมีค่าความร้อนค่อนข้างสูง ทั้งนี้ในกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า สัดส่วนน้ำมันจะน้อย และสัดส่วนถ่านจะมาก เทียบกับกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว รวมไปถึงโครงสร้างของถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า จะมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า



ถ่านชีวภาพ



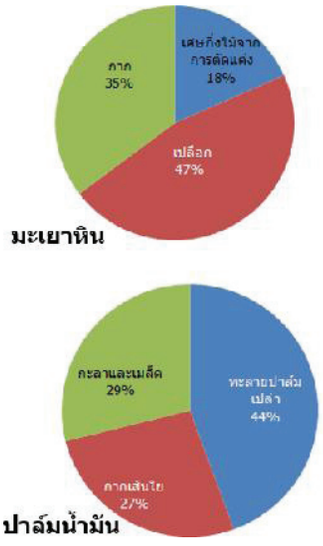
น้ำมันชีวภาพ

รูปที่ 9: ถ่านและน้ำมันชีวภาพจาก กากเมล็ดมะเยาหิน ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว

ใบและกิ่ง ของมะเยาหิน ทะลายปาล์มและส่วนต่างๆ พบว่ามีปริมาณในจำนวนที่มาก ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4: สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งจากพืชพลังงาน [9]

พืชพลังงาน	วัสดุเหลือทิ้ง (กก./ไร่)	ร้อยละ
มะเยาหิน		
- เศษกิ่งไม้จากการตัดแต่ง	500	18.36
- เปลือก	1,263	46.38
- กาก	960	35.26
รวม	**2,723**	**100**
ปาล์มน้ำมัน		
- ทะลายปาล์มเปล่า	160	44.44
- กากเส้นใย	96	26.67
- กะลาและเมล็ด	104	28.89
รวม	**360**	**100**



องค์ประกอบต่างๆและค่าความร้อน จากวัตถุดิบเหล่านี้บางส่วน แสดงในตารางที่ 5 วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ จะถูกนำมาตากหรืออบให้แห้ง และตีป่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ สามารถนำมาผสมกับกากเมล็ดน้ำมันหลังการหีบเอาน้ำมันออกแล้ว จากนั้นนำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง RDF-5 ดังแสดงในรูปที่ 10 สำหรับแท่งเชื้อเพลิงดังกล่าว อาจนำกลีเซอรีนที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมาเป็นตัวประสาน โดยสัดส่วนโดยน้ำหนัก ไม่ต่ำกว่า 10 % โดยน้ำหนัก นอกจากนี้กลีเซอรีนยังช่วยในการเพิ่มค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิง แท่งเชื้อเพลิงดังกล่าว ได้นำไปทดสอบเป็นเชื้อเพลิงในเตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อผลิตแก๊สสังเคราะห์ พบว่าแก๊สสังเคราะห์ที่ได้ มีค่าความร้อน 4,406-5,168 kJ/m^3 ที่อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 3.13-3.33 kg/h เมื่อใช้กลีเซอรีนเป็นตัวประสาน 30 % โดยน้ำหนัก แก๊สดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าผ่านเครื่องปั่นไฟฟ้าได้ ส่วนเถ้าที่ได้อาจนำไปผสมดิน เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง หรือนำไปผสมซีเมนต์เพื่อผลิตคอนกรีตได้

ตารางที่ 5: องค์ประกอบและคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้งจากมะเยาหินและปาล์ม [9]

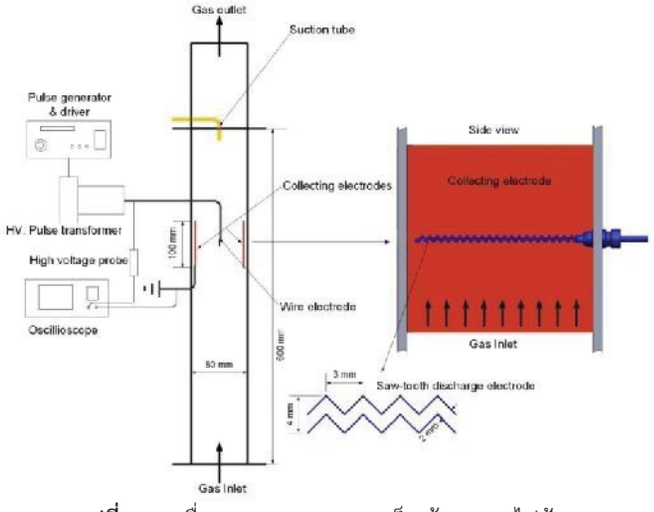
Energy crop Residue		เปลือกผลมะเยาหิน	กิ่งไม้จากการตัดแต่งกิ่ง	ทางใบปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์มน้ำมัน	เส้นใยปาล์มน้ำมัน
Proximate Analysis (%)	Moisture	12.43	6.43	78.40	3.30	40
	Volatile	21.88	20.26	16.60	83.94	45.8
	Fixed C	49.68	68.29	4.6	5.68	9.6
	Ash	16.01	5.2	0.7	7.08	4.6

Energy crop Residue		เปลือกผลมะเยาหิน	กิ่งไม้จากการตัดแต่งกิ่ง	ทางใบปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์มน้ำมัน	เส้นใยปาล์มน้ำมัน
Ultimate Analysis (%)	Carbon	37.42	43.54	42.1	53.1	17.7
	Hydrogen	4.32	5.8	5.46	4.37	4.4
	Nitrogen	2.71	0.86	0.7	0.35	0.08
	Oxygen	25.73	38.86	47.46	41.5	33.2
Ultimate Analysis (%)	Sulphur	1.38	1.49	0.13	0.8	0.02
	HHV (MJ/kg)	14.54	15.92	15.56	17.02	11.1



รูปที่ 10: แท่งเชื้อเพลิงในรูป RDF-5

เมื่อมีการนำเชื้อเพลิงดังกล่าว ไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้ เพื่อผลิตความร้อน ปัญหาที่ตามมาคือ มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ตัวการหนึ่งที่มักจะถูกละเลยคือ ฝุ่นขนาดเล็กที่ออกไปกับไอเสีย โดยเฉพาะฝุ่นในระดับซับไมครอน ซึ่งระบบดักเก็บฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) โดยทั่วไป ไม่สามารถดักจับได้อย่างมีประสิทธิผล สำหรับในงานวิจัยนี้ได้พัฒนา เครื่องรวมอนุภาคขนาดเล็กด้วยสนามไฟฟ้า ดังรูปที่ 11 โดยสร้างสนามพลาสมาในบริเวณปล่องไอเสีย ทำให้อากาศหรือแก๊สที่ไหลผ่านแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าที่ต่างขั้วกัน [10] ฝุ่นขนาดเล็กที่อยู่ในไอเสีย เมื่อไหลผ่านสนามพลาสมา จะถูกชาร์จให้มีประจุที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการรวมตัวของประจุให้มีขนาดโตขึ้น เมื่ออนุภาคเหล่านี้ไหลผ่านในเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต จะถูกดักจับได้ง่ายขึ้น จากรูปที่ 12 จำนวนอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กขนาดน้อยกว่า 5 ไมครอน พบว่าเมื่อไหลผ่านสนามพลาสมา จำนวนฝุ่นขนาดเล็กจะลดลงอย่างชัดเจน และไปเพิ่มจำนวนฝุ่นที่มีขนาดโตกว่า 5 ไมครอน อย่างไรก็ตาม เมื่อความเร็วแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้น สมรรถนะจะลดลง



รูปที่ 11: เครื่องรวม อนุภาคขนาดเล็ก ด้วยสนามไฟฟ้า



	0.3 - 0.5 micron	0.5 - 0.7 micron	0.7 - 1.0 micron	1.0 - 2.0 micron	2.0 - 5.0 micron	> 5.0 micron
0.5 m/s	-94.28%	-95.82%	-92.86%	-84.65%	-63.26%	83.09%
1 m/s	-49.83%	-75.68%	-82.67%	-80.44%	-53.01%	64.81%
3 m/s	-11.34%	-14.65%	-26.70%	-44.87%	-16.73%	7.78%

รูปที่ 12: การลดลงของฝุ่นขนาดเล็กมาก โดยการใช้เครื่องรวม อนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งจะไปเพิ่มจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่

4. สรุป

วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร สามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ในรูปน้ำมันและถ่านชีวภาพ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการแบบไม่มีของเสียเหลือทิ้ง ในบทความนี้ เมล็ดมะเยาหิน เมล็ดปาล์มน้ำมัน หลังจากหีบเพื่อสกัดน้ำมันแล้ว จะถูกนำมาบดละเอียด ตากแห้ง และนำไปผลิตน้ำมันและถ่านชีวภาพ ภายใต้กระบวนการไพโรไลซิส ในกรณีที่มีความต้องการน้ำมันชีวภาพปริมาณสูงจะใช้กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว กรณีที่มีความต้องการปริมาณถ่านสูง และคุณภาพดีจะใช้กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า นอกจากนี้ ส่วนใบหรือกิ่งหรือทะลายปาล์ม แม้กระทั่งกากที่เหลือจากการหีบน้ำมัน ที่ไม่ผ่านการไพโรไลซิส จะนำมาบดละเอียด ตากแห้งและอัดขึ้นรูปเพื่อนำไปผลิตแท่งเชื้อเพลิง (RDF-5) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหุงต้มหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สสังเคราะห์ โดยผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น นำไปใช้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่ายไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ ส่วนเถ้าที่เกิดในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน สามารถนำไปปรับความเป็นกรดของดิน หรือใช้ผสมซีเมนต์ เพื่อผลิตคอนกรีต สำหรับกลีเซอรีน ที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซล สามารถนำมาเป็นตัวประสานในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง (RDF-5) ซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนในเชื้อเพลิง นอกจากนี้ในบทความนี้ยังนำเสนอวิธีการจับฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยการใช้สนามไฟฟ้ารวมอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น สามารถดักจับได้ง่ายขึ้นโดยเครื่องดักเก็บฝุ่นด้วยสนามไฟฟ้า

เทคนิคข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชน เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการบริหารที่ไม่มีของเสียหรือวัสดุเหลือทิ้ง หรือให้มีอย่างน้อยที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้โครงการความร่วมมือไทย-จีน และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้งบประมาณในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2557, “โครงการ การจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนอย่างมีส่วนร่วม” http://www.compost.mju.ac.th/province2554/Waste.Management/hna_rk. html [อ้างถึงวันที่ 29 มิถุนายน 2557].

[2] พีรพล เรืองวิไลรัตน์, 2554, การผลิตน้ำมันชีวภาพจากทะลายปาล์มเปล่าโดยไพโรไลซิสในบรรยากาศไนโตรเจนและไอน้ำ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] Sirijanusorn, S., Sripateep, K. and Pattiya, A., 2013, Pyrolysis of cassava rhizome in a counter rotating twin screw reactor unit, Bioresource Technology, 139, pp. 343-348.

[4] Chaiwong, K. and Kiatsiriroat, T., 2013, Study of bio-oil and bio-char production from algae by slow pyrolysis, Biomass and Bioenergy, vol. 56, pp. 600-606.

[5] เบญจพร เครือทะนันไชย ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ กันยาพร ไชยวงศ์, 2557, “การผลิตและสมบัติของถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยเทคนิคไพโรไลซิสแบบช้า,” การประชุมวิชาการเรื่อง การถ่ายเทพลังงาน ความร้อน และมวล ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 13 จันทบุรี.

[6] เกรียงไกรวงศาโรจน์ ธนิต สวัสดิ์เสวี นริส ประทินทองและ ประธาน วงศ์ศริเวช, 2554, การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำ, วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 1 หน้า 65-72.

[7] ภมร แสนสิ่ง ณัฐนี วรยศ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ เหมือนจิต แจ่มศิลป์, 2554, “การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่,” การประชุมวิชาการเรื่อง การถ่ายเทพลังงาน ความร้อน และมวล ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการครั้งที่ 10 เชียงใหม่.

[8] ธนะสิทธิ์ แก้วธไนศวรรย์ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, 2554, “การศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ผสมกลีเซอรีนของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ภายใต้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น,” การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ 4 รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

[9] โครงการวิจัย ไทย-จีน, 2557, การพัฒนาชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพด้วยการจัดการแบบไม่มีของเสีย, รายงานเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2556.

[10] Asanakham, A. and Kiatsiriroat, T., 2013, “Effect of plate bluff-body on fine particle agglomeration under plasma field: An experimental study,” The Fifth International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB V).

O-EM02

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกล

Transfer Technology of Far Infrared Radiation

อันธิกา เพชรี*, พิสิษฏ์ มณีโชติ*, ประพิธาร์ ธนารักษ์, วิกานต์ วันสูงเนิน, บงกช ประสิทธิ์, อนุพล อัคพิน
หน่วยวิจัยพลังงานชุมชน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
E-mail: renewaboy@gmail.com

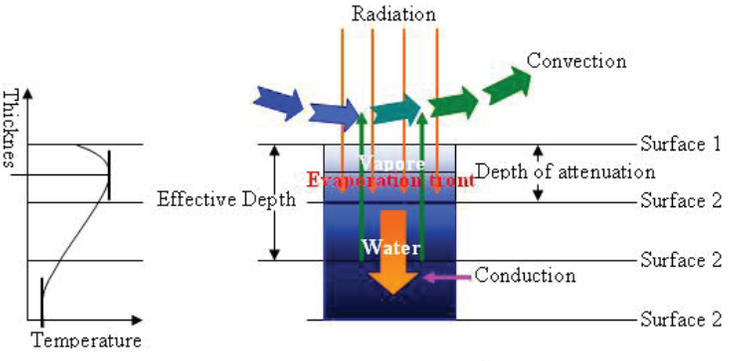
บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ส่งเสริม และเผยแพร่การอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยการใช้เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกล (Far infrared, FIR) ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้กับกลุ่มเกษตรกร และเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรในพื้นที่ ช่วยเพิ่มรายได้และลดรายจ่าย จากจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมทั้งหมด 34 คน ได้ผลสรุปจากแบบสอบถามทั้งหมด ซึ่งผลการติดตามหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้น พบว่า ผู้เข้าอบรมสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ภายหลังการอบรมภายใน 1 เดือน ร้อยละ 38 ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ให้เป็นองค์ความรู้ใหม่ ร้อยละ 32 ใช้ในการประกอบอาชีพ และ นำความรู้ไปถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น ร้อยละ 29 ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร/สื่อและอุปกรณ์ ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจมากที่สุด ในเรื่องคู่มือการอบรม ร้อยละ 45 ด้านวิทยากร ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ มากที่สุด ในเรื่องของความชัดเจน ภาษาในการอธิบายมีความน่าสนใจและเข้าใจง่าย ร้อยละ 55 และด้านความรู้ความเข้าใจหลังการฝึกอบรม ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจมากที่สุด ร้อยละ 52 หลังจากที่สมาชิกในกลุ่มได้เข้ารับการอบรมเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลแล้ว พบว่า สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีเนื่องจากเป็นความรู้ที่สามารถประยุกต์ใช้กับการประกอบอาชีพได้โดยตรงอีกทั้ง เครื่องอบแห้งสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับทางกลุ่ม และช่วยให้ประหยัดเวลา ส่งผลให้กลุ่มมีรายได้จากการขายเพิ่มขึ้น มีความพอใจต่อเครื่องอบแห้งเป็นอย่างมาก เพราะเครื่องอบแห้งมีคุณสมบัติตรงตามที่สมาชิกในกลุ่มได้คาดหวังไว้ทุกประการ และเสนอให้ควรมีการส่งเสริมศูนย์การเรียนรู้การประยุกต์ใช้เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลในการแปรรูปผลผลิตด้านการเกษตรและอาหารให้กับกลุ่มผู้สนใจหรือนักเรียน นักศึกษาในพื้นที่โดยเฉพาะในชุมชน ชนบท ต่อไป

คำสำคัญ: การแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล, การถ่ายทอดเทคโนโลยี, เครื่องอบแห้ง

1. ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการส่งเสริมอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นเครื่องอบแห้งที่ง่ายต่อการใช้งานสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยวิธีแบบชาวบ้าน แต่ระบบที่ใช้อยู่ยังมีสมรรถนะไม่เพียงพอกับการใช้งาน คือ อบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของกลุ่มเกษตรกร และในบางฤดูกาลก็ไม่สามารถที่จะอบแห้งได้ จึงทำให้รายได้จากการอบแห้งที่เกษตรกรควรจะได้รับลดลงไปและทำให้เสียโอกาสที่จะเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกร วิทยาลัยพลังงานทดแทน เป็นสถาบันด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทน เพื่อแก้วิกฤตพลังงานของประเทศ พัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบที่หลากหลาย ทั้งในด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำ เป็นต้น เพื่อการส่งเสริม และเผยแพร่เทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่ชุมชนเกษตรกร ทางวิทยาลัยพลังงานทดแทนจึงได้จัดทำโครงการ การศึกษาการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกล (Far Infrared Radiation: FIR) โดยใช้พลังงานจากชีวมวล (Biomass) เพื่ออุตสาหกรรม จากการค้นคว้าพบว่า FIR มีศักยภาพที่ดีมากในการพัฒนาสู่การใช้ในกระบวนการการอบแห้ง เนื่องจาก FIR สามารถส่งผ่านคลื่นเข้าไปสู่ภายในเนื้อวัสดุอบแห้งและสร้างความร้อนจากภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความชื้นเกิดการระเหยจากภายในสู่ภายนอก [1] ซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีค่าสูงมากดังแสดงในรูปที่ 1



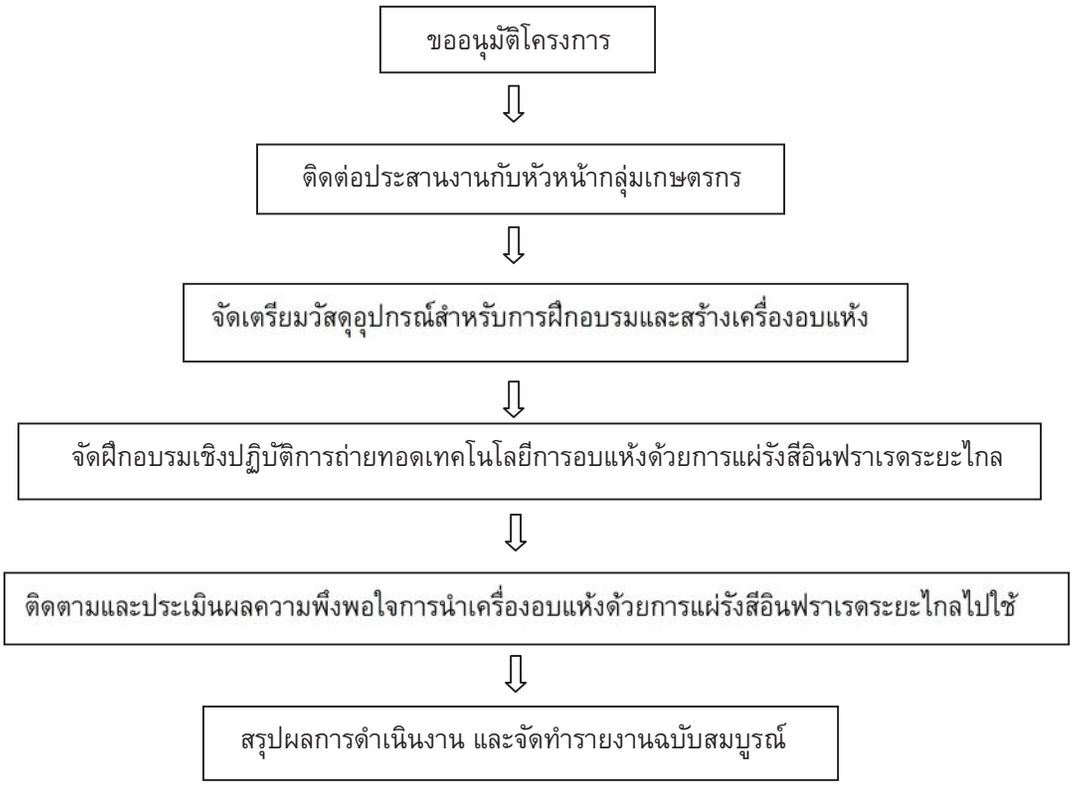
รูปที่ 1 ผลกระทบของ FIR ต่อความชื้นในวัสดุ

กล่าวคือ เมื่อให้ความร้อนแก่เซรามิก (Ceramic) จะทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนในช่วงความยาวคลื่นที่เรียกว่า FIR ขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าว จะสามารถแพร่รังสีอินฟราเรด ย่านความถี่ 3 – 1,000 μm [2] ไปยังโมเลกุลของวัสดุที่ต้องการอบแห้งได้ โดยจะส่งผลให้ความชื้นของวัสดุนั้นระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งการอบแห้งด้วยกระบวนดังกล่าวสามารถอบแห้งได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะมีแสงแดดหรือไม่ก็ตาม เนื่องจากความร้อนที่ให้แก่ Ceramic ได้จากเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) แต่การสร้างคลื่นความร้อน FIR ในปัจจุบันจะเป็นหลอดเซรามิก ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น อีกทั้งยังหาซื้อยากในท้องตลาดและราคาก็ยังสูงมาก ดังนั้นทางคณะทีมงานวิจัยจึงมีความมุ่งหมายเพื่อจะทำการวิจัยสร้าง FIR จากวัสดุภายในประเทศ โดยใช้พลังงานทดแทน ซึ่งการใช้งานจะต้องง่ายและไม่ยุ่งยาก เหมาะสมที่จะส่งเสริมในระดับชุมชนจนถึงระดับอุตสาหกรรม ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์จากชีวมวล (Biomass) โดยกระบวนการ FIR จะสามารถแก้ปัญหาวิกฤตทางด้านพลังงานและสร้างอาชีพเสริมให้กับกลุ่มเกษตรกรได้ โดยการนำวัตถุดิบภายในชุมชนมาทำการแปรรูปโดยใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งด้วย FIR ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรในพื้นที่ ช่วยเพิ่มรายได้และลดรายจ่าย ชุมชนมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานและปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนา ส่งเสริม และเผยแพร่การอบแห้งผลิตภัณฑ์จากชีวมวล (Biomass) โดยกระบวนการ FIR ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้กับกลุ่มเกษตรกร

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน



4. ผลการติดตามหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง การนำไปใช้ประโยชน์

หลังจากถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลให้กับกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวบ้านสร้อยสุวรรณ ต.นาบ่อคำ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ได้ติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการจากแบบติดตามประเมินผล จำนวน 34 คน ดังแสดงรายละเอียดตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

4.1 การนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนคนและร้อยละของการประเมินความรู้ที่นำไปใช้ประโยชน์

การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. หลังการอบรมทันที	12	35
2. หลังการอบรมภายใน 1 เดือน	13	38
3. หลังการอบรมภายใน 3 เดือน	2	6
4. หลังการอบรมภายใน 6 เดือน	5	15
5. ไม่ได้นำไปใช้	2	6
รวม	**34**	**100**

จากตารางที่ 1 เก็บข้อมูล 34 ชุด พบว่าผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์หลังการอบรมภายใน 1 เดือน, หลังการอบรมทันที, หลังการอบรมภายใน 6 เดือน, หลังการอบรมภายใน 3 เดือน และไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ คิดเป็นร้อยละ 38, 35, 15, 6 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนคนของการนำความรู้ไปขยายต่อและใช้ประโยชน์

การนำความรู้ไปใช้งาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ประยุกต์ให้เป็นองค์ความรู้ใหม่	18	32
2. ให้บริการ / คำปรึกษา	6	10
3. ใช้ในการประกอบอาชีพ	16	29
4. นำความรู้ไปถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น	16	29
รวม	**56**	**100**

จากตารางที่ 2 ผู้เข้ารับการอบรมสามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ พบว่าผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ให้เป็นองค์ความรู้ใหม่, ใช้ในการประกอบอาชีพ, นำความรู้ไปถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น และให้บริการ / คำปรึกษา คิดเป็นร้อยละ 32, 29, 29 และ 10 ตามลำดับ

4.2 การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม

ผู้เข้าอบรมต้องการให้วิทยาลัยพลังงานทดแทนดำเนินการพัฒนาหลักสูตรในเรื่องเตาเผาถ่าน การทำไบโอดีเซล และการหมุนเวียนพลังงาน โดยอยากให้มีการนำงานวิจัยมาเผยแพร่ในพื้นที่หรือกลุ่มอาชีพให้มากขึ้น ชุมชนสามารถเข้าถึงข้อมูล ความรู้ ข่าวสารได้ง่าย และสามารถผลิตเครื่องมือใช้ได้เองในชุมชน

4.3 ความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม

ตารางที่ 3 แสดงค่าร้อยละความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม

ประเด็นความคิดเห็น	คิดเป็นร้อยละ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร/สื่อและอุปกรณ์					
1. ความพร้อมของสถานที่	36	52	12	0	0
2. ความพร้อมของสื่อและอุปกรณ์	30	58	12	0	0
3. อาหาร มีความเหมาะสม	42	42	16	0	0
4. คู่มือการอบรมมีความเหมาะสม	45	36	19	0	0
5. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	36	45	19	0	0
ด้านวิทยากร					
1. ความชัดเจนในการอธิบาย	45	42	10	3	0
2. ภาษาในการอธิบายเข้าใจง่าย	48	42	10	0	0
3. เนื้อหาที่อธิบายกะทัดรัด	42	45	10	3	0

ประเด็นความคิดเห็น	คิดเป็นร้อยละ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
4. เนื้อหาที่อธิบายครบถ้วน	36	51	10	3	0
5. การอธิบายน่าสนใจ	55	36	6	3	0
ด้านความรู้ความเข้าใจ					
1. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลังการอบรม	52	30	18	0	0

จากตารางที่ 3 เป็นการแสดงถึงความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมในด้านต่าง ดังนี้

- ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร/สื่อและอุปกรณ์ ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจมากในเรื่องของความพร้อมของสถานที่ สื่อ อุปกรณ์ ความเหมาะสมของอาหารและระยะเวลาในการอบรม และมีความพึงพอใจ มากที่สุด ในเรื่องคู่มือการอบรม

- ด้านวิทยากร ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ มากที่สุด ในเรื่องของความชัดเจน ภาษาในการอธิบายมีความน่าสนใจและเข้าใจง่าย และมีความพึงพอใจ มาก ในเรื่องของเนื้อหาที่อธิบายครบถ้วนและกะทัดรัด

- ด้านความรู้ความเข้าใจ ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ มากที่สุด







4.4 ข้อเสนอแนะ ในการจัดฝึกอบรม

1. สิ่งที่ผู้เข้าอบรมประทับใจ และเห็นว่าเป็นจุดเด่นในการฝึกอบรม ได้แก่
   - ความรู้ที่ได้รับเป็นความรู้ใหม่ วิทยากรตอบคำถามได้ชัดเจน เข้าใจง่าย
   - การได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้เข้าใจวิธีการใช้งานเครื่องอบแห้งได้ง่ายขึ้น
   - สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ
   - ทำให้มีความรู้เรื่องพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น
2. สิ่งที่ผู้เข้าอบรมคิดว่าเป็นปัญหาหรืออุปสรรคในการจัดฝึกอบรม
   - ข้อมูลครบถ้วน เวลาน้อย เวลาในการจัดกิจกรรมไม่เหมาะสมในการแบ่งเวลา
3. ข้อเสนอแนะของผู้เข้าอบรมเพื่อการปรับปรุงหรือพัฒนาในการจัดฝึกอบรม
   - อยากให้มีการจัดการฝึกอบรมอีก โดยเพิ่มเวลาในการฝึกอบรมให้มากขึ้น
   - มีการต่อยอดผลิตเครื่องมือสำหรับใช้ในการประกอบอาชีพ
   - มีการประชาสัมพันธ์เชิญชวนมากกว่านี้
   - อยากให้มีงบประมาณให้กับชุมชนเกษตรกร ในการศึกษาดูงานกลุ่มอื่นที่ทำสำเร็จแล้ว

5. สรุปผลการติดตามประเมินผลหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี

จากการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวบ้านสร้อยสุวรรณ ต.นาบ่อคำ อ.เมือง จ.กำแพงเพชร พบว่า

1. หลังจากที่สมาชิกในกลุ่มได้เข้ารับการอบรมเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดระยะไกลแล้ว สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีเนื่องจากเป็นความรู้ที่สามารถประยุกต์ใช้กับการประกอบอาชีพได้โดยตรงและยังสามารถเป็นองค์ความรู้ได้อีกด้วย

2. เครื่องอบแห้งสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับทางกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวบ้านสร้อยสุวรรณ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทางกลุ่มผลิตอยู่ คือ คุ้กกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวพองจากข้าวไรซ์เบอรี่

3. เครื่องอบแห้งสามารถตอบสนองความต้องการได้เป็นอย่างดี เพราะเครื่องมีขนาดใหญ่ สามารถอบผลิตภัณฑ์ได้ปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแต่ละครั้ง ทำให้มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้น สามารถรองรับปริมาณการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ของลูกค้าได้มากขึ้น เพราะปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้งมีจำนวนมากกว่า 1,000 ถุง

4. เครื่องอบแห้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิตและช่วยให้ประหยัดเวลา ส่งผลให้กลุ่มมีรายได้จากการขายเพิ่มขึ้น

5. สมาชิกในกลุ่มมีความพอใจต่อเครื่องอบแห้งเป็นอย่างมาก เพราะเครื่องอบแห้งมีคุณสมบัติตรงตามที่สมาชิกในกลุ่มได้คาดหวังไว้ทุกอย่าง

6. ถ้าทางมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ไม่ได้มอบเครื่องอบแห้งให้กับทางกลุ่ม สมาชิกในกลุ่มก็มีความคิดเห็นตรงกันว่าจะซื้อไว้ใช้เองแต่เนื่องจากกำลังทรัพย์ของทางกลุ่มยังมีไม่เพียงพอจึงคิดว่าจะซื้อด้วยวิธีการผ่อน โดยสมาชิกทุกคนจะแบ่งรายได้มาช่วยกันผ่อน นั่นแสดงให้เห็นว่าเครื่องอบแห้งนั้นมีคุณสมบัติที่ดีและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เป็นอย่างมาก ทำให้คุณภาพชีวิตของสมาชิกในกลุ่มดีขึ้นและส่งเสริมการประกอบอาชีพของพวกเขาได้เป็นอย่างดี

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟาเรดระยะไกล ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาเป็นอย่างสูงที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังขอบคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ในการจัดฝึกอบรมในครั้งนี้อีกด้วย

7. บรรณานุกรม

[1] กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์. (2552). การศึกษาการแผ่รังสีอินฟราเรดระยะไกลของเซรามิกโดยใช้แก๊สชีวภาพเพื่อใช้ในการอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[2] Sandu, C. (1986). Infrared radiative drying in food engineering: process analysis. Biotechnology Progress, 2(3), 109-119.

O-EM03

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Transfer Technology of Green Fuel Production Combined with Residual of Agricultural

อนุพล อัคพิน[1], พิสิษฏ์ มณีโชติ[1*], ประพิธาร์ ธนารักษ์[1], วิกานต์ วันสูงเนิน[1], บงกช ประสิทธิ์[1], อันธิกา เพชรี[1]
ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ[2], ฐิติพร เจาะจง[3]
[1]หน่วยวิจัยพลังงานชุมชน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[2]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
E-mail: renewaboy@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนา ส่งเสริม และเผยแพร่การผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืชให้แก่ชุมชนของเกษตรกรใน จ.พิจิตร จากจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมทั้งหมด 31 คน ได้ทำการสรุปผลจากแบบสอบถามทั้งหมด ซึ่งผลการติดตามการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้น พบว่า ผู้เข้าอบรมสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ภายหลังการอบรมภายใน 6 เดือน ร้อยละ 45 โดยผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้จากการอบรมไปถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น ร้อยละ 38 อีกทั้งผู้เข้าอบรมยังมีความพึงพอใจวิทยากรในเรื่องของความชัดเจนในการอธิบาย ภาษาในการอธิบายเข้าใจง่าย เนื้อหาที่อธิบายกะทัดรัด ร้อยละ 55 และด้านความรู้ความเข้าใจหลังการฝึกอบรม ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจร้อยละ 52 โดยสรุปการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนั้น เป็นการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนและเป็นการสร้างเทคโนโลยีร่วมกันระหว่างหน่วยงานกับชาวบ้าน ที่ช่วยกันคิดค้นออกแบบขึ้นมาเพื่อการใช้งานได้จริงและมีคุณภาพ ทำให้ชุมชนมีรายได้จากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นเครื่องอัดถ่าน ส่งผลให้ชุมชนเกิดความเข้มแข็ง เกิดการร่วมมือร่วมใจกันที่จะตั้งใจพัฒนาพัฒนาชุมชนให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงเขียว, ชีวมวล, การถ่ายทอดเทคโนโลยี

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาในการขาดแคลนพลังงานและราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ประชาชนต้องสูญเสียเงินตราไปในการจัดหาเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งครัวเรือนพบว่าในปี 2555 จากการรายงานของกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ภาคครัวเรือนมีการใช้พลังงานถึง 11,083 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ [1]

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานทดแทนอื่นๆ มาใช้จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว ยอดและใบอ้อย ก้านทางปาล์ม ต้นมันสำปะหลัง หรือวัชพืช [2] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นศักยภาพของวัสดุทั้งสองชนิดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการใช้เป็นพลังงานแทนฟืนและถ่านในรูปของเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชนบท ซึ่งทำให้มีพลังงานเชื้อเพลิงในการหุงต้มราคาถูกและเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้อีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชุมชนภาคการเกษตรเพราะได้มีการนำวัสดุในท้องถิ่นมาใช้งานให้ได้ประโยชน์สูงสุดและจะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง รวมถึงเป็นแนวทางเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนในช่วงเศรษฐกิจฝืดเคือง

โดยชุมชนที่มีศักยภาพในการพัฒนาเชื้อเพลิงเขียวเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในเขตจังหวัดพิจิตร ได้แก่ ชุมชนเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณ ต.ท่าหลวง อ.เมือง จ.พิจิตร ซึ่งแต่เดิมได้มีการผลิตถ่านไม้เพื่อใช้ในครัวเรือนและจำหน่ายในบริเวณใกล้เคียง วิทยาลัยพลังงานทดแทนเป็นสถาบันด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทน เพื่อแก้วิกฤตพลังงานของประเทศ พัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบที่หลากหลาย ทั้งในด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำ เป็นต้น เพื่อการส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่ชุมชนเกษตรกร ทางวิทยาลัยพลังงานทดแทน จึงได้จัดทำโครงการ “การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช” ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในแต่ละปี ได้แก่ ยอดและใบอ้อย ฟางข้าว ก้านทางปาล์มน้ำมัน ต้นมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด เมื่อนำมาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 5 ชนิด มาทำการผสมกับหญ้านวลน้อยที่เป็นวัชพืชที่พบได้ทั่วไปและเป็นของเหลือที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ โดยการนำวัสดุทุกชนิดไปทำให้แห้งและบดให้ละเอียดแล้วจึงใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานก็จะทำได้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสูงขึ้นและให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงและเป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศได้อีกด้วย

ในปัจจุบันการผลิตเชื้อเพลิงเขียวส่วนใหญ่ใช้วัสดุเพียงชนิดเดียวในการผลิต และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรบางชนิดเริ่มมีราคาแพงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นในการนำวัสดุที่หาได้ทั่วไปและเป็นวัสดุที่ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์มาใช้ในการผลิตเหมาะสมที่จะส่งเสริมในระดับชุมชนจนถึงระดับอุตสาหกรรม

โดยโครงการดังกล่าวจะนำไปส่งเสริมให้กับชุมชนของเกษตรกรในเขตจังหวังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรในพื้นที่ ช่วยลดรายจ่ายด้านค่าเชื้อเพลิง ชุมชนมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานและปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนา ส่งเสริม และเผยแพร่การผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืชให้แก่ชุมชนของเกษตรกรใน จ.พิจิตร

3. วิธีการดำเนินการ

1. ผู้ดำเนินโครงการฯ วางแผน เตรียมการในการพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช
2. ดำเนินการพัฒนาเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช
3. นำผลที่ได้จากการพัฒนาไปเผยแพร่แก่ชุมชนของเกษตรกร
4. ติดตามและประเมินผลโครงการ โดยการเข้าไปสังเกตการณ์ และสอบถามในพื้นที่จริงเพื่อเก็บข้อมูล
5. สรุปผลการดำเนินงานโครงการ และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

4. ผลการติดตามการถ่ายทอดเทคโนโลยี

หลังจากถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืชให้กับกลุ่มเกษตรกร บ้านไผ่สีรุณ ต.ท่าหลวง อ.เมือง จ.พิจิตร ได้ติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการจากแบบติดตามประเมินผล จำนวน 31 คน ดังแสดงรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนคนและร้อยละของการประเมินความรู้ที่นำไปใช้ประโยชน์

การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. หลังการอบรมทันที	10	32
2. หลังการอบรมภายใน 1 เดือน	3	10
3. หลังการอบรมภายใน 3 เดือน	4	13
4. หลังการอบรมภายใน 6 เดือน	14	45
5. ไม่ได้นำไปใช้	0	0
รวม	**31**	**100**

จากตารางที่ 1 เก็บข้อมูล 31 ชุด พบว่าผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์หลังการอบรมภายใน 6 เดือน, หลังการอบรมทันที, หลังการอบรมภายใน 3 เดือน และหลังการอบรมภายใน 1 เดือน คิดเป็นร้อยละ 45, 32, 13 และ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนคนของการนำความรู้ไปขยายต่อและใช้ประโยชน์

การนำความรู้ไปใช้งาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ประยุกต์ให้เป็นองค์ความรู้ใหม่	23	35
2. ให้บริการ / คำปรึกษา	10	15
3. ใช้ในการประกอบอาชีพ	7	12
4. นำความรู้ไปถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น	25	38
รวม	**65**	**100**

จากตารางที่ 2 ผู้เข้ารับการอบรมสามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ พบว่าผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้กับบุคคลอื่น, นำไปประยุกต์ให้เป็นองค์ความรู้ใหม่, ให้บริการ / คำปรึกษา และใช้ในการประกอบอาชีพ คิดเป็นร้อยละ 38, 35,15 และ 12 ตามลำดับ

4.2 การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม

ผู้เข้าอบรมต้องการให้วิทยาลัยพลังงานทดแทนดำเนินการพัฒนาหลักสูตรในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการพัฒนา
- เรื่องพลังงานทดแทนกับเกษตรกร การใช้เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียว
- เรื่องการใช้พลังงานทดแทนและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่ามากที่สุด
- การดำเนินการด้านการตลาดในการจำหน่าย
- เรื่องเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียว องค์ความรู้เกี่ยวกับถ่าน
- อบรมในเรื่องของขั้นตอนการเผาถ่านด้วยเตาแบบต่างๆ อบรมในเรื่องของการสร้างเตาเผา
- การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

4.3 ความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม

ตารางที่ 3 แสดงค่าร้อยละความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม

ประเด็นความคิดเห็น	คิดเป็นร้อยละ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร/สื่อและอุปกรณ์					
1. ความพร้อมของสถานที่	23	21	9	0	0
2. ความพร้อมของสื่อและอุปกรณ์	32	48	20	0	0
3. อาหาร มีความเหมาะสม	42	54	6	0	0
4. คู่มือการอบรมมีความเหมาะสม	19	65	16	0	0
5. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	26	68	6	0	0
ด้านวิทยากร					
1. ความชัดเจนในการอธิบาย	55	42	3	0	0
2. ภาษาในการอธิบายเข้าใจง่าย	55	39	6	0	0
3. เนื้อหาที่อธิบายกะทัดรัด	55	45	0	0	0
4. เนื้อหาที่อธิบายครบถ้วน	52	42	6	0	0
5. การอธิบายน่าสนใจ	45	55	0	0	0
ด้านความรู้ความเข้าใจ					
1. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลัง การอบรม	52	45	3	0	0

จากตารางที่ 3 เป็นการแสดงถึงความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมในด้านต่าง ดังนี้

- ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร/สื่อและอุปกรณ์ ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ มากที่สุด ในเรื่องของความพร้อมของสถานที่ และมีความพึงพอใจ มาก ในเรื่องคู่มือการอบรม ความพร้อมของสื่อ และอุปกรณ์ ความเหมาะสมของอาหารและระยะเวลาในการอบรม

- ด้านวิทยากร ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ มากที่สุด ในเรื่องของความชัดเจนในการอธิบาย ภาษาในการอธิบายเข้าใจง่าย เนื้อหาที่อธิบายครบถ้วนและกะทัดรัด และมีความพึงพอใจ มาก ในเรื่องของการอธิบายน่าสนใจ

- ด้านความรู้ความเข้าใจ ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจ มากที่สุด






4.4 ข้อเสนอแนะ ในการจัดฝึกอบรม

1. สิ่งที่ผู้เข้าอบรมประทับใจ และเห็นว่าเป็นจุดเด่นในการฝึกอบรม ได้แก่

- ประทับใจที่ประชาชนเห็นถึงความสำคัญของการใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน มาพัฒนาจนเกิดเป็นธุรกิจที่สามารถสร้างเงินและสร้างรายได้ให้แก่คนในชุมชน
- วิทยากรเป็นกันเอง สามารถอธิบายความรู้ได้เข้าใจง่าย ชัดเจน สนุก
- เป็นการนำความรู้ใหม่ไปประยุกต์กับวิถีชาวบ้านแบบเดิม
- มีการแบ่งงานอย่างเป็นสัดส่วน
- อยากให้จัดกิจกรรมนานๆ กว่านี้, อาหารอร่อย
- ได้ความรู้ในการประกอบอาชีพ
- เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อเราโดยตรง จุดเด่นคือการอัดถ่านจากผงถ่าน สามารถส่งออกไปต่างประเทศได้ในราคาที่ค่อนข้างสูงสามารถสร้างรายได้ในกับชุมชนได้เป็นอย่างดี
- มีการสาธิตจริงให้เห็นวิธีการที่ชัดเจน

2. สิ่งที่ผู้เข้าอบรมคิดว่าเป็นปัญหาหรืออุปสรรคในการจัดฝึกอบรม

- สถานที่ค่อนข้างไกล ทำให้การเดินทางของคนที่สนใจในต่างจังหวัดอาจค่อนข้างมีอุปสรรค และระยะเวลาในการทดลองปฏิบัติไม่เพียงพออยากให้เพิ่มเวลามากกว่านี้

3. ข้อเสนอแนะของผู้เข้าอบรมเพื่อการปรับปรุงหรือพัฒนาในการจัดฝึกอบรม

- ควรมีการพัฒนาเครื่องมือต่างๆที่เป็นมาตรฐานและตามความต้องการของตลาดมากกว่านี้และควรมีการเพิ่มมูลค่าของถ่าน ด้านการใช้ความสร้างสรรค์ ในการเพิ่มมูลค่า
- ขยายสถานที่กว้างกว่านี้ มีต้นไม้ร่มเยอะๆ เครื่องอัดแท่งน่าจะมีซัก 2-3 เครื่อง
- อยากให้มีการจัดการฝึกอบรมอีก โดยเพิ่มเวลาในการฝึกอบรมให้มากขึ้น

5. สรุปผลการติดตามประเมินผลหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี

จากการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณ ต.ท่าหลวง อ.เมือง จ.พิจิตร พบว่า

1. เป็นการสร้างเทคโนโลยีร่วมกันระหว่างหน่วยงานกับชาวบ้าน ช่วยกันคิดค้นออกแบบขึ้นมาเพื่อการใช้งานได้จริงและมีคุณภาพ ในเรื่องรูปลักษณ์ของเครื่องอาจยังไม่สวยหรูมากนัก แต่มันส่งผลให้ชาวบ้านในชุมชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เนื่องจากชาวบ้านได้รับความรู้จากการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญและคณะอาจารย์ และได้นำความรู้ที่ได้รับมาใช้ประโยชน์ จนเกิดการนำไปสู่การเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน

2. ชุมชนมีรายได้จากการนำของเสียทางการเกษตรที่เหลืออยู่จากการทำนา เช่น ฟางข้าว กิ่งไม้ เศษไม้ มาทำให้เพิ่มมูลค่าเป็นถ่านอัดแท่งได้เกิดเป็นสินค้าที่มาจากการร่วมมือกันของชุมชน ซึ่งสินค้านั้นเป็นที่ยอมรับของตลาดและผู้บริโภค โดยได้ทางมหาวิทยาลัยนเรศวรช่วยหาตลาด และรับรองการตลาดให้ ใช้ชื่อสินค้าว่า “คนเอาถ่าน” วางขายในศูนย์อพยพ UN , ร้านหมูกระทะ และร้านค้าต่างๆในจังหวัดพิจิตร

3. กลุ่มเกษตรกรอยากให้มีหน่วยงานมาช่วยพัฒนาต่อยอดตัวเครื่อง และกระบวนการต่างๆให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังอยากให้หน่วยงานของรัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสนับสนุนกิจกรรมต่างๆของชุมชน มีจัดการฝึกอบรมแก่ชาวบ้านในชุมชนทั้งการให้ความรู้และการฝึกปฏิบัติช่วยส่งเสริมเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในชุมชน

4. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช ทำให้ชุมชนเกิดความเข้มแข็ง เกิดการร่วมมือร่วมใจกันที่จะตั้งใจพัฒนาพัฒนาชุมชนให้ดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื่อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช ขอขอบคุณสำนักงานจากคณะกรรมการอุดมศึกษาเป็นอย่างสูงที่สนับสนุนทุนวิจัยมาใช้กับโครงการฯ ในครั้งนี้

7. บรรณานุกรม

[1] พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555). รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย 2555. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2557. จาก http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/efficienty_1012/thailand%20eenrgy%20efficiency%20situation%202012.pdf

[2] พิสิษฏ์ มณีโชติ และคณะ. (2553). ศักยภาพของลำต้นข้าวโพดมาเป็นเชื้อเพลิงเขียว. รายงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553.

O-EM04

การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วม และยั่งยืนตามโครงการพัฒนาหมู่บ้านเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Collaborative Research of Sustainable Alternative Energy for Home Land Security of Village along Thai-Myanma Border Follow His Majestic The King's Initiative,Mae Hong Son Province

เสริมสุข บัวเจริญ[1*] บุญยืน อินกว่าง[2*] วรเทพ บุญญะ[3*] จุฑาทิพย์ เฉลิมพล[4*]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290 [2] กรมทหารราบที่ 7 ค่ายกาวิละ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

[3] กรมทหารราบที่ 17 กองพันทหารราบที่ 5 กรมทหารราบที่ 7 ค่ายโสณบัณฑิตย์ อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน 58130

[4] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50300

1. บทคัดย่อ

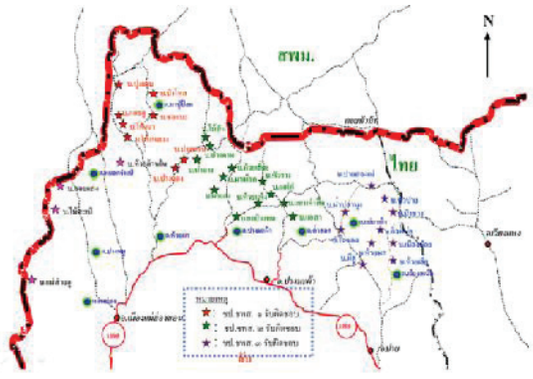
การวิจัยการนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะ พัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืนตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยมีกระบวนการวิจัยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ประกอบด้วยขั้นตอนที่ 1. ศึกษาความต้องการ และปัญหาในการใช้พลังงานของชุมชน ขั้นตอนที่ 2. พัฒนาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ที่ทนทานและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ขั้นตอนที่ 3. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบพลังงานทดแทนที่นำไปติดตั้งเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของหน่วยงาน อปท. ในการลงทุนและขยายผลไปสู่พื้นที่อื่น ขั้นตอนที่ 4.ศึกษารูปแบบกลไกความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานทหาร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่กับชุมชนเป้าหมาย ในการร่วมมือเพื่อพัฒนาและเรียนรู้ระบบพลังงานทดแทน การติดตั้งพลังงานทดแทน และการบำรุงรักษา ขั้นตอนที่ 5.สร้างการเรียนรู้ของชุมชนในการใช้พลังงานทดแทนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจของชุมชน ผลจากการวิจัยพบว่า หมู่บ้าน พมพ.ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ ชายแดนมีความต้องการพลังงานทดแทนที่นำไปใช้ผลิตไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความปลอดภัย และต้องการ การเรียนรู้และปฏิบัติการบำรุงรักษาเพื่อ "เพื่อรู้ รักษา"ด้วยชุมชนเอง และพบว่าการพัฒนาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่เหมาะกับพื้นที่ ร่วมกับหน่วยงานอปท. และชุมชนอย่างมีส่วนร่วมรับรู้ไปพร้อมกันกับหน่วยทหารในพื้นที่ๆรับผิดชอบความมั่นคงตามแนวชายแดน จะช่วยทำให้เกิดกลไกในการพัฒนาพลังงานทดแทน ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง เกิดความพึงพอใจของชุมชน เกิดความมั่นคงของหมู่บ้าน พมพ. พื้นที่ชายแดนจังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 30 หมู่บ้าน

คำสำคัญ: หมู่บ้านพัฒนาเพื่อความมั่นคงตามแนวทางพระราชทาน (พมพ.), พลังงานทดแทน, เศรษฐกิจพอเพียง

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สภาพพื้นที่บริเวณแนวชายแดนภาคเหนือ ด้านจังหวัดแม่ฮ่องสอนติดต่อกับประเทศพม่า มีสภาพเป็นป่าภูขาสูง เส้นเขตแดนในพื้นที่ไม่มีความชัดเจน ชนกลุ่มน้อยที่อาศัยตามแนวชายแดนใช้พื้นที่เป็นแหล่งพักพิงหลบซ่อน ผลิตยาเสพติดและเป็นฐานปฏิบัติการ ทำให้เกิดการรุกล้ำอธิปไตยบ่อยครั้ง ประชาชนที่อาศัยอยู่ตามแนวชายแดน อาจก่อให้เกิดผล กระทบต่อความมั่นคงของชาติต่อไปได้ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว จึงได้พระราชทานแนวทางในการเสริมสร้างความมั่นคงตามแนวชายแดนแก่ พลเอกสุรยุทธ์ จุลานนท์ ผู้บัญชาการทหารบก เมื่อ 3 มีนาคม 2543 สรุปได้ว่า การสร้างความมั่นคงตามแนวชายแดน ต้องกระทำในลักษณะผสมผสาน มีการเคลื่อนไหวควบคู่ไปกับการปฏิบัติการจิตวิทยาเพื่อสร้างความใกล้ชิด รับทราบปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของราษฎร การปฏิบัติจะต้องร่วมกันทุกฝ่ายเพื่อนำไปสู่การบูรนายการแผนงานโครงการต่างๆ ของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบพัฒนา และสร้างหมู่บ้านตามแนวชายแดนให้เป็นกำแพงชุมชนที่มีความเข้มแข็ง เป็นภูมิคุ้มกันสำหรับการป้องกันและแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามแนวชายแดนก่อนที่จะพัฒนาไปสู่ความรุนแรง หรือกระทบกับความมั่นคงภายในประเทศต่อไป จากการสำรวจหมู่บ้านตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน ในอำเภอเมืองปาย และปางมะผ้า ทั้งหมด 30 หมู่บ้าน พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีไฟฟ้าใช้ ถึงแม้ว่าบางหมู่บ้านจะได้รับแผงโซลาเซลล์ ที่ติดตั้งในครัวเรือน แต่เกือบทั้งหมดไม่สามารถใช้งานได้ (เสริมสุข บัวเจริญ ,(2555)[5] โครงการ "พัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืนของหมู่บ้านตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน" มุ่งเน้นที่จะพัฒนาและขยายผลงานวิจัยจากโครงการ "การพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ" ให้ครอบคลุมหมู่บ้านตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน ในการสร้างรูปธรรมการดำเนินงานในพื้นที่ให้บรรลุเป้าหมาย โดยโครงการนี้มุ่งเน้นในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ที่ได้กระแสไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ สามารถใช้ได้กับหลอดไฟ LED ที่ให้ความสว่างสูงแต่ใช้กระแสไฟต่ำ ซึ่งทำให้สามารถติดตั้งโคม LED ได้ทั่วทั้งหมู่บ้าน ทั้งทางสาธารณะ และ

ที่อยู่อาศัย นอกจากนั้นการใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงกระแสไฟ เป็นขนาด 220 โวลต์ เพื่อใช้กับเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนให้กับโรงเรียน และที่สาธารณะของชุมชน เพื่อการรับชมข่าวสารและบันเทิงตามความเหมาะสม รวมถึงการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบพลังงานทดแทนที่นำไปติดตั้งเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและลงทุนของหน่วยงาน อปท. สำหรับการขยายผลไปสู่ที่อื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 1 แผนที่หมู่บ้าน พมพ. จังหวัดแม่ฮ่องสอน

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ประวิตร์ วงษ์สุวรรณ รัฐมนตรีว่ากรกระทรวงกลาโหม (2553:)[2] ได้กล่าวไว้ในคำนิยมบทสรุปของผู้บริหารในแผนยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนของกระทรวงกลาโหม “ใช้ศักยภาพของกระทรวงกลาโหมสนับสนุนการพัฒนาพลังงานทดแทนจากแหล่งทรัพยากรภายในประเทศ โดยร่วมมือกับภาครัฐ ภาคเอกชน และมิตรประเทศในการดำเนินการ รวมทั้งให้ทุกส่วนราชการในกระทรวงกลาโหมมีบทบาทในการสนับสนุนการดำเนินการเรื่องการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยทหาร”

3.2 Lars Kroldrup. Gains in Global Wind Capacity Reported Green Inc., 2010:1.)[8] ได้ให้ความหมายพลังงานทดแทน หมายถึง แหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น

3.3 สมลักษณา ไชยเสริฐ (2549 : 142-189)[3] ได้แบ่งแนวทางการจัดการการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็น 3 ด้านหลัก คือ ด้านประชาชน (Pubblic) ด้านการมีส่วนร่วม (Participation) และด้านภาครัฐ โดยการมีส่วนร่วม (Participation) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ประชาชนที่เป็นบุคคลหรือคณะบุคคลเข้ามามีส่วนร่วมในขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินการพัฒนา ช่วยเหลือ สนับสนุนทำประโยชน์ในเรื่องต่างๆ หรือกิจกรรมต่างๆ

4.วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วม และยั่งยืนตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดน ตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาความต้องการ และปัญหาในการใช้พลังงานของชุมชน

4.2 พัฒนาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ที่ทนทานและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

4.3 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบพลังงานทดแทนที่นำไปติดตั้งเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของหน่วยงาน อปท. ในการลงทุนและขยายผลไปสู่พื้นที่อื่น

4.4 ศึกษารูปแบบกลไกความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานทหาร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่กับชุมชนเป้าหมาย ในการร่วมมือเพื่อพัฒนาและเรียนรู้ระบบพลังงานทดแทน การติดตั้งพลังงานทดแทน และการบำรุงรักษา

4.5 สร้างการเรียนรู้ของชุมชนในการใช้พลังงานทดแทนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจของชุมชน

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการสำรวจความต้องการและปัญหาในการใช้พลังงานของชุมชนของพื้นที่เป้าหมาย หมู่บ้านหมู่บ้านตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ร่วมกับกำลังพลของหน่วยเฉพาะกิจกรมทหารราบที่7และ 17 ในมิติสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานของชุมชน การประกอบอาชีพของชุมชน ลักษณะสภาพสังคมของชุมชน วิเคราะห์ประเมินความพร้อมและความต้องการของชุมชนต่อโครงการเพื่อนำผลการสำรวจมาวิเคราะห์พบว่า ร้อยละ 90 ของชุมชนของหมู่บ้าน พมพ. มีระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจาก

พลังงานแสงอาทิตย์จากโครงการของรัฐ แต่ไม่สามารถใช้การได้ ชุมชนมีความพร้อมสามารถรองรับโครงการได้ และมีความต้องการไฟฟ้าส่องสว่างในพื้นที่ส่วนกลางของชุมชน ได้แก่ ถนน เพื่อความปลอดภัย และลานกิจกรรม

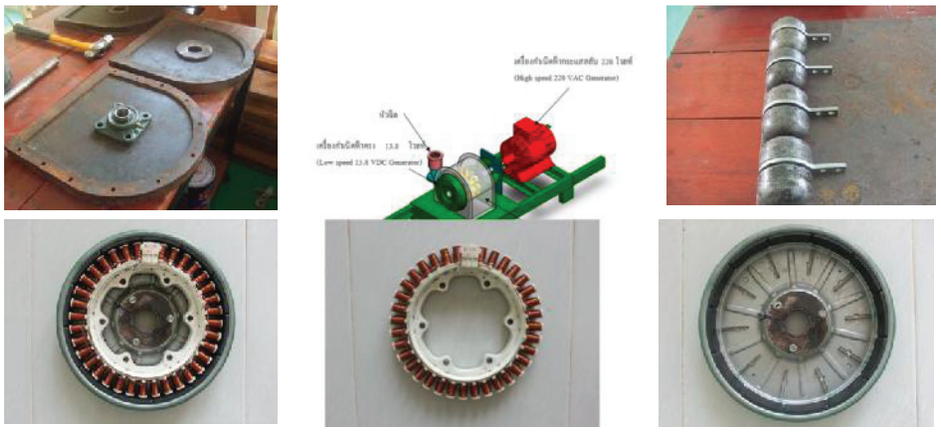


รูปที่ 1 คณะนักวิจัยร่วมกำลังพลหน่วยเฉพาะกิจกรมทหารราบที่ 7, 17 ลงพื้นที่ ศึกษาความต้องการและปัญหาความต้องการใช้พลังงานของชุมชน หมู่บ้าน ตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดน ตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

5.2 ผลการพัฒนาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ที่ทนทานและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นนักวิจัยได้ดำเนินการพัฒนาประสิทธิภาพ เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ในกลุ่มของ เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมสำหรับใช้ในพื้นที่ หุบเขาและพื้นที่สูง กังหันน้ำ 2 ที่สามารถจ่ายไฟ 2 ระบบทั้ง AC 220 และ DC 12 โวลท์ ที่จำเป็น และโคมไฟ LED ที่เหมาะสมเหมาะสมกับ บริบทของพื้นที่



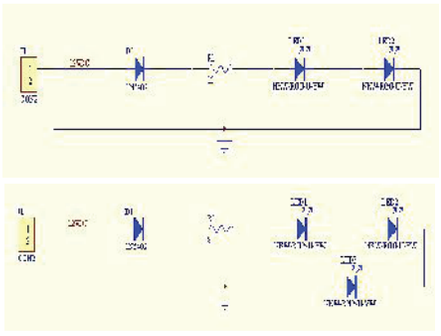
รูปที่ 2 การพัฒนาการใช้งานระบบกลุ่มของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับไฟฟ้าแสงสว่างภายในหมู่บ้าน แบบ Stand alone และการฟื้นฟูปรับปรุงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่หน่วยงานของรัฐ ติดตั้งไว้แต่ขาดการดูแลรักษา ให้กลับมาใช้ประโยชน์กับชุมชนได้ใหม่



รูปที่ 3 การพัฒนาการใช้งานระบบกลุ่มของกังหันน้ำ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับไฟฟ้าแสงสว่างภายในหมู่บ้าน แบบ Stand alone ขนาด 2 KW โดยติดตั้ง เจนเนอร์เรเตอร์ AC และ เจนเนอร์เตอร์ DC รอบต่ำ ไว้ในแกนขับเดียวกัน เพื่อแก้ปัญหาความไม่คงที่ของน้ำ



รูปที่ 4 การพัฒนาการใช้งานระบบกลุ่มของกังหันลมที่ใช้งานพื้นที่สูงบนภูเขา สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับไฟฟ้าแสงสว่างภายในหมู่บ้าน แบบ Stand alone โดยการปรับปรุงโครงสร้างใบและเพลากังหัน ให้คงทนกับสภาพของลมภูเขา และลมกรรโชกได้





รูปที่ 5 การพัฒนาการใช้งานระบบกลุ่มของโคมไฟฟ้า LED สำหรับไฟ DC 12 V สำหรับไฟฟ้าแสงสว่างภายในหมู่บ้าน โดยการพัฒนาวงจรตามระยะทางที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาไฟตกจากการใช้แรงดันต่ำ

5.3 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบพลังงานทดแทนที่นำไปติดตั้งเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของหน่วยงาน อปท. ในการลงทุนและขยายผลไปสู่พื้นที่อื่นซึ่งสอดคล้องกับ (เดชรัต สุขกำเนิด) [1] การพัฒนาระบบพลังงานทดแทนจำเป็นต้องแสวงหาและเลือกสรรพลังงานจากทรัพยากรที่มีอยู่ และสามารถจัดการควบคุมดูแลกันได้ในระดับท้องถิ่นเป็นหลัก การพัฒนาพลังงานจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการทางด้านพลังงาน

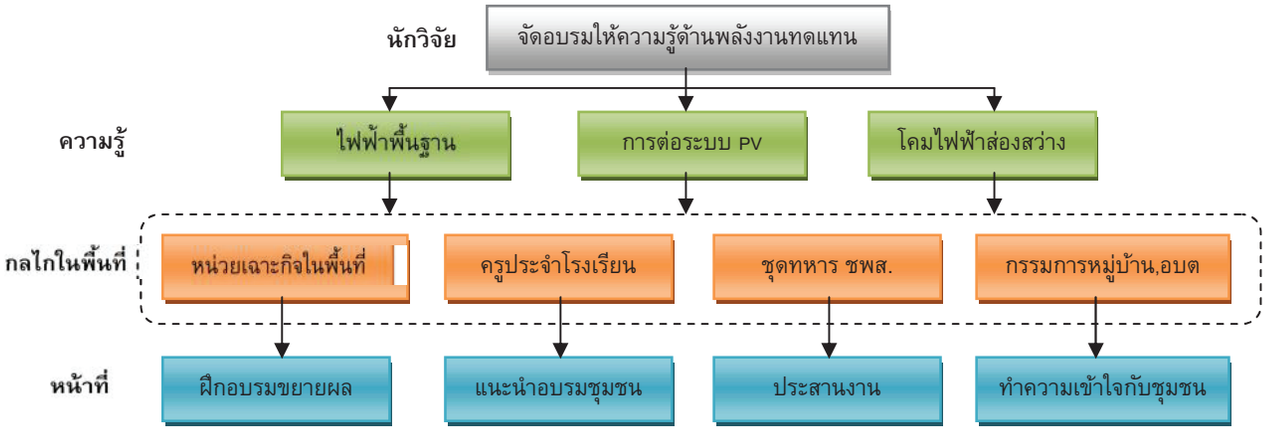
นักวิจัยและหน่วยทหารในพื้นที่ ได้ดำเนินการติดตั้งระบบพลังงานทดแทน โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ร่วมกับชุมชน และ อปท. เพื่อให้หน่วยงานและชุมชน ได้เรียนรู้ วิเคราะห์ คู่ขนานไปกับการปฏิบัติให้เห็นผลสามารถที่จะนำไปใช้ทบทวนนำไปเป็นรูปแบบการขยายผล ผ่านแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาของอปท. ในพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับ(ไพโรจน์ สุขสัมฤทธิ์.(2531) [7] “การมีส่วนร่วมที่แท้จริง” หมายถึงเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมกับโครงการตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งจบโครงการ ทำการศึกษา ค้นคว้าปัญหา และความต้องการร่วมคิดและหาวิธีแก้ปัญหาหรือเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ร่วมตัดสินใจในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เป็นประโยชน์ต่อชุมชน



รูปที่ 6 การพัฒนาระบบการมีส่วนร่วม ศึกษา และวิเคราะห์การใช้พลังงานทดแทน ร่วมกับชุมชน และหน่วยงาน อปท. จากการปฏิบัติจริง

5.4 ผลการศึกษารูปแบบกลไกความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานทหาร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่กับชุมชนเป้าหมาย ในการร่วมมือเพื่อพัฒนาและเรียนรู้ระบบพลังงานทดแทน การติดตั้งพลังงานทดแทน และการบำรุงรักษา

ในการสำรวจและเข้าติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าเกิดช่องว่าง ค่อนข้างมากระหว่างเทคโนโลยีที่ใช้งาน กับชาวบ้านหรือผู้ใช้ ช่องว่างดังกล่าวคือ “ความไม่รู้” คือขาดความรู้ในสิ่งที่ตนเองต้องใช้ประโยชน์ จากเทคโนโลยีเหล่านี้ ทำให้คำว่า “รู้รักษา” จึงไม่เกิดขึ้น ดังนั้นนักวิจัยจึง จึงได้สร้างกระบวนการถ่ายทอดความรู้ที่สอดคล้องกับ สำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) [4] และ การรับรู้ให้กับชุมชนและเครือข่าย เพื่อให้เกิดกลไก การรู้รักษา ในสภาวะของความสามารถ ในการรับรู้ที่แตกต่างกันของชาวบ้าน ผลการสร้างกลไก โดยจัดองค์ประกอบของบุคลากรในพื้นที่ให้ผ่านกระบวนการเรียนรู้และเข้าใจในเรื่องเดียวกัน มีป้าหมายเดียวกัน เรียนรู้ไปพร้อมๆกัน ในช่วง 10 หมู่บ้านแรก กลไกในพื้นที่ได้ขับเคลื่อน ปัญหาการบำรุงรักษา การจัดการการใช้ประโยชน์ ทั้ง 10 หมู่บ้านมอญหาในการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนมีแนวโน้มลดลง ถึงร้อยละ 80 ของจำนวนหมู่บ้านเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากกลไกในพื้นที่



รูปที่ 7 รูปแบบการพัฒนาการจัดการความรู้ให้กับกลไกที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อน “การรู้รักษา” การใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนในหมู่บ้าน พมพ.

5.5 ผลการสร้างการเรียนรู้ของชุมชนในการใช้พลังงานทดแทนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจของชุมชน

คณะวิจัยได้ แนวทางดำเนินการสร้างความเข้มแข็งของศูนย์การเรียนรู้พลังงานทดแทน จากโครงการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาตินำมาใช้ เพื่อสนับสนุนและขับเคลื่อนการดำเนิน“พัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืนของหมู่บ้านตามโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดนตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน” ให้เกิดความร่วมมือและศักยภาพ อีกทั้งเครือข่ายที่เข้มแข็งของหน่วยทหาร ชุมชนและนักวิชาการทั้งในพื้นที่เดิม และพื้นที่ใหม่สามารถจัดการถ่ายทอดความรู้ผ่านกำลังพลสู่ชุมชน



รูปที่ 8 โครงการวิจัยได้ดำเนินการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้พลังงานทดแทน ณ หน่วยที่ตั้งหลักกรมทหารราบที่ 7 จำนวน 2 ศูนย์การเรียนรู้ เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของกำลังพล และชุมชนในการขับเคลื่อนโครงการวิจัยฯ

หลังจากที่ได้ฝึกกำลังพลวิทยากรตัวคูณให้กับกรมทหารราบที่ 7 แล้ว กำลังพลส่วนนี้ได้ถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับลงสู่ชุมชน อย่างมีส่วนร่วมขณะเข้าปฏิบัติการติดตั้งพลังงานทดแทนให้กับชุมชนหมู่บ้าน พมพ. เพื่อให้ชุมชนพึ่งพาตัวเองได้



รูปที่ 9 โครงการวิจัยได้ดำเนินการ อบรมชาวบ้านกลุ่มเป้าหมาย เพื่อขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้รักษาของ ชุมชนให้สามารถดูแลรักษาการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทน



รูปที่ 10 ผลการประเมิน ชุมชนมีความพึงพอใจ ในการ ขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้รักษา ให้ชุมชนสามารถดูแลรักษาการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทน ได้อย่างยั่งยืน

6. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืนของโครงการหมู่บ้านเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดน ตามแนวทางพระราชทาน จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อการสร้างและพัฒนาเครือข่ายการมีส่วนร่วม ระหว่างหน่วยงานภาครัฐในการพัฒนาพลังงานทดแทนให้กับหมู่บ้าน พมพ. กับหน่วยงานในพื้นที่ได้แก่ หน่วยเฉพาะกิจกรมทหารราบที่ 7,หน่วยเฉพาะกิจกรมทหารราบที่ 17 และชุมชน ในการพัฒนาพลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าจากลม และแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อใช้ กับการให้แสงสว่างกับชุมชนในพื้นที่ พัฒนายกระดับวิถีชีวิตเพื่อความมั่นคง โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนทั้งในมิติของ หน่วยงานองค์กรที่เกี่ยวข้อง และชุมชนท้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับ(พรมณี แสงโยธา) [6] กระบวนการพัฒนาที่เชื่อมโยงกันในทุกเรื่อง และเปิดโอกาสให้ทุกภาคส่วนสังคมมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการพัฒนา การสร้างความเข้มแข็งของชุมชนและประชาชน สังคมทุกระดับ ทั้งในชนบทและเมือง จะยังเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาในทุกด้าน คณะผู้วิจัย ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่ได้ดำเนินการสำรวจ อาทิลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ รวมทั้งศึกษาสภาพ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงบริบท สภาพปัญหา จัดทำกลไกในการขับเคลื่อน “การรู้รักษา” พลังงานทดแทน โดยสรุปผลการวิจัยประกอบด้วย ผล ศึกษาความต้องการและปัญหาในการใช้พลังงานของชุมชน พัฒนาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ ที่ทนทานและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบพลังงานทดแทนที่นำไปติดตั้งเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของหน่วยงาน อปท. ในการลงทุนและขยายผลไปสู่พื้นที่อื่น การศึกษารูปแบบกลไกความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานทหารและหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่กับชุมชนเป้าหมาย ในการร่วมมือเพื่อพัฒนาและเรียนรู้ระบบพลังงานทดแทน การติดตั้งพลังงานทดแทน และการบำรุงรักษา การสร้างการเรียนรู้ของชุมชนในการใช้พลังงานทดแทนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจของชุมชน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง มีความเข้าใจ เป้าหมายและวิธีดำเนินการสร้างเครือข่ายความร่วมมือการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืนทำให้เกิดความร่วมมือ และพร้อมสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมของโครงการอย่างต่อเนื่อง สามารถกำหนดเครือข่ายสร้างความยั่งยืนของ ชุมชนหมู่บ้านพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ชายแดน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

7. กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืนของหมู่บ้านพัฒนาเพื่อความมั่นคง พื้นที่ชายแดน ตามแนวทางพระราชทา จังหวัดแม่ฮ่องสอนนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจาก สนับสนุนการวิจัย จากเครือข่ายวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ ภาคเหนือตอนบน (Area Based Collaborative Research Program, Upper Northern Region ,ABC – UN) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบคุณ ผู้ว่าราชการจังหวัดแม่ฮ่องสอน กองทัพภาคที่ 3 กองพลทหารราบที่ 7 กรมทหารราบที่ 7 กรมทหารราบที่ 17 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตลอดจนรองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา อำเภอปางมะผ้า อำเภอปาย เจ้าหน้าที่ สกว. ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ประสานงาน ช่วยให้รายงานการวิจัยฯ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

8. บรรณานุกรม

[1] เดชรัต สุขกำเนิด, (2545), บทความพลังงานน่ารู้, นิตยสารโลกสีเขียว, สำนักพิมพ์ซีเอ็ด

[2] ประวิตร์ วงษ์สุวรรณ รัฐมนตรีว่ากรกระทรวงกลาโหม (2553), แผนยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนของกระทรวงกลาโหม (พ.ศ.2554 – 2568), ศูนย์อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และพลังงานทหาร

[3] สมลักษณา ไชยเสริฐ (2549) การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในคณะกรรมการ ตรวจสอบติดตามการบริหารงานตำรวจนครบาลใกรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต(142-189)

[4] สำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี, http://km.most.go.th/content/

[5] เสริมสุข บัวเจริญ,(2555),โครงการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, เครือข่ายวิจัย

เพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ ภาคเหนือตอนบน, สำนักงานกองทุนสับสนุนการวิจัย(สกว.)

[6] พรมณี แสงโยธา,(2553), การมีส่วนร่วมของสมาชิกประชาคมในการบริหารจัดการขององค์การบริหารส่วนตำบล กรณีศึกษา: องค์การบริหารส่วนตำบลม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี:สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[7] ไพโรจน์ สุขสัมฤทธิ์.(2531), การมีส่วนร่วมของประชาชน. วารสารพัฒนาชุมชน. 27 (2): 24-30

[8] Lars Kroldrup,(2010), Gains in Global Wind Capacity Reported Green Inc,http://green.blogs.nytimes .com/author/lars-kroldrup/Ristinen , Robert A.& Kraushaar,Jack. J ,(1999) ,Energy and the Environment, New York: John Wiley & Son

O-EM05

การประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสาน จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช

Impact Assessment on Technology Transfer of Biomass Briquettes Productionfrom Agricultural Residues and Weeds

ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ[1*], ประพิธาริ์ ธนารักษ์[2], พิสิษฏ์ มณีโชติ[2], วิกานต์ วันสูงเนิน[2]

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

โทร 0-5523-0597 โทรสาร 0-5523-0597 E-mail: sakchai@psru.ac.th

[2] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

โทร 0-5596-3193 โทรสาร 0-5596-3182 E-mail: prapitat@nu.ac.th, pisitm@nu.ac.th, wikarnw@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช ให้กับเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณ ตำบลท่าหลวง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตรซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก โดยใช้การสัมภาษณ์เกษตรกรถึงผลกระทบที่เป็นประโยชน์และใช้การวิเคราะห์บทสัมภาษณ์ พบว่า ด้านมิติทางสังคม เกษตรกรสามารถนำความรู้ไปผลิตถ่านอัดแท่ง และพัฒนาต่อยอดความรู้ ทำให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือจากหลายแหล่ง เช่น พลังงานจังหวัด สถานศึกษา องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น กลุ่มคนในชุมชน และยังขยายผลไปยังหน่วยงาน และชุมชนอื่นๆ โดยสามารถเรียนรู้ได้ในชุมชนดังกล่าวที่ได้จัดทำเป็นแหล่งเรียนรู้ที่เน้นการให้ปฏิบัติจริง ด้านมิติทางเศรษฐกิจ คุณภาพถ่านดีขึ้นเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชน เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและลดรายจ่าย ด้านมิติทางวัฒนธรรม เกษตรกรยังคงวัฒนธรรมการใช้ชีวิตเช่นเดิม และมีการเรียนรู้ร่วมกันมากขึ้นเพื่อพัฒนางาน เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชุมชน เพื่อการประกอบอาชีพและลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ด้านมิติทางสิ่งแวดล้อม ลดขยะจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช ลดมลพิษ หมอกควัน ลดความขัดแย้งของคนในชุมชน และทำให้ชุมชนสะอาด ด้านมิติทางสุขภาพ มีสุขภาพจิตดี มีความสุขจากการได้พบปะ เรียนรู้ร่วมกันของคนในชุมชน ส่วนผลกระทบต่อผู้ให้การถ่ายทอดเทคโนโลยี มีด้านเดียวคือด้านมิติทางสังคม ต่อยอดความรู้ พัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี เป็นสื่อและแหล่งเรียนรู้ให้กับนิสิตนักศึกษาในมหาวิทยาลัย

คำสำคัญ: ผลกระทบ, การถ่ายทอดเทคโนโลยี, การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

1. ที่มาและความสำคัญ

การบริการวิชาการสู่สังคมถือเป็นพันธกิจสถาบันอุดมศึกษาเพื่อพัฒนาประเทศซึ่งมุ่งเน้นความเข้มแข็งของฐานราก นั่นคือ ความเข้มแข็งของชุมชน ซึ่งนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเพิ่มมากขึ้น เรื่อยๆ โดยเฉพาะในด้านการเป็นกลไกขับเคลื่อน เพื่อการแก้ไขปัญหาความยากจน การพัฒนา คุณภาพ ชีวิต การลดผลกระทบทางเศรษฐกิจและ สังคมในชุมชนอันเนื่องมาจากการเกิดวิกฤติทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ตลอดจนการเป็นรากฐานที่สำคัญของการพัฒนาในทุกด้านๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมการเมือง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ เพื่อเสริมสร้างชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น มีความสุข และมั่นคง รวมทั้งการเสริมสร้าง ฐานรากของสังคมให้โครงสร้างสังคมโดยรวมแข็งแรง มั่นคง และรองรับการพัฒนาประเทศให้มี ความมั่นคงและยั่งยืนได้ต่อไป (วรวิทย์ อวิรุทธ์วรกุล และ ธีระพงษ์ มาลัยทอง, 2550)

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช ถือเป็นพันธกิจหนึ่งที่มหาวิทยาลัยนเรศวรร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามได้ดำเนินกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งการดำเนินงานบริการวิชาการตามวงจรคุณภาพหลังจากการวางแผน สู่การปฏิบัติ การติดตามตรวจสอบและการปรับปรุงแก้ไข นับเป็นขั้นตอนสำคัญที่สะท้องถึงผลการดำเนินงาน ทั้งในแง่ผลผลิต ผลลัพธ์และผลกระทบ ดังนั้นการประเมินคุณค่าของโครงการภาครัฐ ไม่ว่าจะเป็นส่วนราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ไม่ใช่อยู่ที่ผลผลิตที่เกิดจากการดำเนินโครงการเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นผลงานเชิงประจักษ์ทางกายภาพ เพราะสิ่งนี้ยังไม่ใช่ผลสัมฤทธิ์ของโครงการ หากแต่ต้องประเมินผลลัพธ์และผลกระทบที่เกิดจากผลงานของโครงการ ซึ่งมักจะเกิดภายหลังจากสิ้นสุดโครงการไปแล้ว จึงมักปรากฏว่าไม่มีการดำเนินงานในส่วนของการค้นหาและพิสูจน์ผลลัพธ์ เพราะใช้เวลานานกว่าจะเห็นผล ส่วนราชการและรัฐวิสาหกิจจึงเน้นการจัดทาโครงการไปข้างหน้า มากกว่าจะมองย้อนหลังไปดูว่าผลงานที่ดำเนินงานไปแล้วเกิดผลลัพธ์ตามเป้าหมายและความคาดหวังหรือไม่ (จิรพร สุเมธีประสิทธิ์, 2556)

ดังนั้น การติดตามและประเมินผลกระทบในการบริการวิชาการสู่สังคมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของประโยชน์ จึงเป็นเรื่องสำคัญที่สะท้อนผลที่เกิดต่อเนื่องจากผลผลิต และยังตอบสนองต่อตัวบ่งชี้การประกันคุณภาพการศึกษา ในองค์ประกอบที่ 5 การบริการทาง

วิชาการสู่สังคม ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ การบริการทางวิชาการแก่สังคมเป็นหนึ่งในภารกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษา สถาบันพึงให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชน สังคม และประเทศชาติ ในรูปแบบต่างๆ ตามความถนัดและในด้านที่สถาบันมีความเชี่ยวชาญ การให้บริการทางวิชาการอาจให้เปล่าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายหรืออาจคิดค่าใช้จ่ายตามความเหมาะสม โดยให้บริการทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน หน่วยงานอิสระ หน่วยงานสาธารณะชุมชน และสังคมโดยกว้าง รูปแบบการให้บริการทางวิชาการมีความหลากหลาย เช่น การอนุญาตให้ใช้ประโยชน์ทรัพยากรของสถาบัน เป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการ ให้คำปรึกษา ให้การอบรม จัดประชุมหรือสัมมนาวิชาการ ทางานวิจัยเพื่อตอบคำถามต่างๆ หรือเพื่อชี้แนะสังคม การให้บริการทางวิชาการนอกจากเป็นการทาประโยชน์ให้สังคมแล้ว สถาบันยังได้รับประโยชน์ในด้านต่าง ๆ คือ เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ของอาจารย์อันจะนำมาสู่การพัฒนาหลักสูตร มีการบูรณาการเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการจัดการเรียนการสอนและการวิจัย พัฒนาตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์ สร้างเครือข่ายกับหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งงานของนักศึกษาและเป็นการสร้างรายได้ของสถาบันจากการให้บริการทางวิชาการด้วย (สำนักมาตรฐานและการประกันคุณภาพการศึกษา, 2555) เพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์และผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืชจึงจำเป็นในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อเสริมสร้างชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น มีความสุข และมั่นคง รวมทั้งการเสริมสร้าง ฐานรากของสังคมให้โครงสร้างสังคมโดยรวมแข็งแรง มั่นคง และรองรับการพัฒนาประเทศให้มีความมั่นคงและยั่งยืนได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การประเมินคุณค่าของโครงการภาครัฐ ไม่ว่าจะเป็นส่วนราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ไม่ใช่อยู่ที่ผลผลิตที่เกิดจากการดำเนินโครงการ ซึ่งเป็นผลงานเชิงประจักษ์ทางกายภาพ เพราะสิ่งนี้ยังไม่ใช่ผลสัมฤทธิ์ของโครงการ หากแต่ต้องประเมินผลลัพธ์และผลกระทบที่เกิดจากผลงานของโครงการ ซึ่งมักจะเกิดภายหลังจากสิ้นสุดโครงการไปแล้ว จึงมักปรากฏว่าไม่มีการดำเนินงานในส่วนของการค้นหาและพิสูจน์ผลลัพธ์ เพราะใช้เวลานานกว่าจะเห็นผล ส่วนราชการและรัฐวิสาหกิจจึงเน้นการลุยจัดทำโครงการไปข้างหน้า มากกว่าจะมองย้อนหลังไปดูว่าผลงานที่ดำเนินงานไปแล้วเกิดผลลัพธ์ตามเป้าหมายและความคาดหวังหรือไม่ (จิรพร สุเมธีประสิทธิ์, 2556)

ผลลัพธ์และผลกระทบในเบื้องต้นก็คือ การที่พิจารณาว่าสถานการณ์จะเป็นอย่างไร หากไม่มีการดำเนินโครงการนั้น ๆ หรืออาจจะมองว่าโครงการ/กิจกรรมได้สร้างความเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้น แต่การพิจารณาผลลัพธ์และผลกระทบในเบื้องต้นอย่างเดียวคงไม่เพียงพอ เพราะยังมีประเด็นอีกหลายประเด็นที่ควรพิจารณาและคำนึงถึง เพราะผลลัพธ์และผลกระทบทั้ง ทางบวกและทางลบ และทั้งที่อยู่ในแผนและอยู่นอกแผน (ความคาดหมาย) นอกจากนั้น ผลลัพธ์และผลกระทบอาจจะเป็นผลที่มาจากการดำเนินงานหลายปี หรือเป็นส่วนหนึ่งของสถานการณ์ ซึ่งอาจจะยากที่จะพิสูจน์ว่าเป็นผลลัพธ์ที่มาจากการดำเนินโครงการ โดยปกติ ผลกระทบมักจะเชื่อมโยงกับผลลัพธ์ เนื่องจากจะมีกระบวนการที่กิจการใช้ทรัพยากร ได้แก่ บุคลากร เวลา เงิน สินทรัพย์ ชื่อเสียง เพื่อให้เกิดอย่างใดอย่างหนึ่งที่เรียกว่าผลผลิตซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเชิงประจักษ์ในพฤติกรรมเกิดการใช้ประโยชน์ที่เรียกว่า ผลลัพธ์ ผลลัพธ์อาจจะอธิบายได้ว่า เป็นสิ่งที่วัดได้ง่าย(ฮาร์ด) หรือเป็นสิ่งที่วัดได้ยาก (ซอฟท์) เป็นผลต่อขยายจากการเกิดผลผลิตของโครงการ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์และผลกระทบแล้วคนส่วนใหญ่มักสนใจผลลัพธ์มากกว่าผลกระทบ (นิคม นาคอ้าย, 2557)

นิคม นาคอ้าย (2557) ได้ติดตามประเมินผลกระทบที่เป็นประโยชน์จากโครงการบริการวิชาการสู่สังคมที่ได้รับการสนับสนุนทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2555 – 2556 ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบ ตัวบ่งชี้ผลกระทบ และตัวบ่งชี้การประกันคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบ เมื่อนำมาเชื่อมโยงกับ ผลการวิเคราะห์สารสนเทศจากการบริการวิชาการสู่สังคมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบที่คาดหวังและเป็นประโยชน์จากการบริการวิชาการสู่สังคม จะสามารถกำหนดมิติของผลกระทบได้ 5 มิติ 11 ตัวบ่งชี้สำคัญ (key Performance Indicators) ได้แก่มิติผลกระทบทางสังคม มี 6 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้รับบริการในการพัฒนา 2) เครือข่ายความร่วมมือ / เครือข่ายขยายผล 3) แหล่งเรียนรู้/ฐานข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์ 4) ประโยชน์และคุณค่าต่อคนในสถาบัน หรือต่อผู้ให้บริการวิชาการ 5) การนำผลการบริการวิชาการมาปรับปรุงกระบวนการบริการวิชาการ 6) การได้รับรางวัล / ได้รับการยกย่องของผู้ให้บริการวิชาการ มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ มี 2 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือผลงานของผู้รับบริการวิชาการ 2) มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดกับบุคคล กลุ่มคน และชุมชน มิติผลกระทบทาง

วัฒนธรรม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ การพัฒนาบนพื้นฐานอัตลักษณ์ของกลุ่มผู้รับบริการ มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ สภาพแวดล้อมที่ดีของชุมชน / หน่วยงาน /พื้นที่ที่ได้รับการบริการวิชาการ และมิติผลกระทบทางสุขภาพ มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ สุขภาพของผู้รับบริการ

Claudia and Taraneh (2014) พบว่าสิ่งที่ขับเคลื่อนการใช้พลังงานชีวมวลคือ ศักยภาพในการสร้างรายได้ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การส่งเสริมให้ชุมชนเลือกใช้แหล่งพลังงานของตนเองเพื่อให้พึ่งพาตนเองได้ การสนับสนุนการพัฒนาชุมชนและเพิ่มความยั่งยืน สอดคล้องกับ Jianjun Hu, et al. (2014) ศึกษาผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อมและสังคมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (แกนข้าวโพด) ในประเทศจีน พบว่า การประเมินทางด้านสังคมจะเน้นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน การกำจัดของเสียจากภาคเกษตรกรรม และการพัฒนาชนบท โดยการสร้างรายได้ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในชนบท ลดการขาดแคลนพลังงาน รับประกันมั่นคงด้านพลังงาน ส่งเสริมการฟื้นฟูสภาพสังคมชนบท เป็นปัจจัยของผลกระทบทางด้านสังคม

การประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช เป็นการประเมินผลกระทบหลังจากการดำเนินโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี 5 มิติ ได้แก่ มิติผลกระทบทางสังคม มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และมิติผลกระทบทางสุขภาพ โดยเน้นถึงผลกระทบที่เป็นประโยชน์ ซึ่งการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นการนำผลการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลมาพัฒนาต่อยอดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นให้เหมาะกับบริบทของชุมชน

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช ใช้ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี (1 เมษายน 2555 ถึง 31 มีนาคม 2556) และยังดำเนินการให้ความรู้และพัฒนาปรับปรุงจนถึงปัจจุบัน จากการอบรบถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ มีผู้เข้าร่วมอบรมหลายหลายกลุ่ม ๆ ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณ ตำบลท่าหลวง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก ส่วนพลังงานจังหวัดพิจิตร และบุคคลในชุมชนอื่น เป็นกลุ่มที่สนใจเข้าร่วมอบรมการประเมินผลกระทบในครั้งนี้ไม่ได้มุ่งเพียงกลุ่มเป้าหมายหลักเพียงอย่างเดียว ถือว่าผู้เข้าร่วมโครงการทั้งหมดมีผลต่อผลลัพธ์และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมอบรม ในการประเมินผลกระทบในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มมาสัมภาษณ์โดยใช้แบบประเมินผลกระทบ ซึ่งการเลือกตัวแทนกลุ่มเป้าหมายเป็นการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงโดยพิจารณาจากความตั้งใจในการอบรมและได้ทำกิจกรรมที่เห็นถึงผลลัพธ์และผลกระทบได้ชัดเจนหลังจากการอบรม รวมไปถึงการสัมภาษณ์ตัวแทนของผู้ให้การอบรม มีรายชื่อดังนี้

1. นายชาติ ไชยสิทธิ์ ตัวแทนกลุ่มเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณ ตำบลท่าหลวง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร
2. นายขวัญชัย อนุรักษ์วัฒนะ ตัวแทนพลังงานจังหวัดพิจิตร
3. นายอำนาจ ตินะมาตร ตัวแทนบุคคลในชุมชนอื่น
4. ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ ตัวแทนผู้ให้การอบรม

เครื่องมือที่ใช้ในการสัมภาษณ์เป็นแบบประเมินการประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช ประกอบด้วย 2 ส่วน ซึ่งได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก ประเมินผลกระทบที่เป็นประโยชน์จากโครงการบริการวิชาการสู่สังคมของ นิคม นาคอ้าย (2557)

<u>ส่วนที่ 1</u> สัมภาษณ์ผู้เข้ารับการอบรม ประกอบด้วย 5 มิติ ได้แก่ มิติผลกระทบทางสังคม มี 6 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้รับบริการในการพัฒนา 2) เครือข่ายความร่วมมือ / เครือข่ายขยายผล 3) แหล่งเรียนรู้/ฐานข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์ มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ มี 2 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือผลงานของผู้รับบริการวิชาการ 2) มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดกับบุคคล กลุ่มคน และชุมชน มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ การพัฒนาบนพื้นฐาน อัตลักษณ์ของกลุ่มผู้รับบริการ มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ สภาพแวดล้อมที่ดีของชุมชน / หน่วยงาน /พื้นที่ที่ได้รับการบริการวิชาการ และมิติผลกระทบทางสุขภาพ มี 1 ตัวบ่งชี้ คือ สุขภาพของผู้รับบริการ

<u>ส่วนที่ 2</u> สัมภาษณ์ผู้ให้การอบรม มี 1 มิติ คือ มิติผลกระทบทางสังคม มี 3 ตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 4) ประโยชน์และคุณค่าต่อคนในสถาบัน หรือต่อผู้ให้บริการวิชาการ 5) การนำผลการบริการวิชาการมาปรับปรุงกระบวนการบริการวิชาการ 6) การได้รับรางวัล / ได้รับการยกย่องของผู้ให้บริการวิชาการ

5. ผลการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการสัมภาษณ์ นายชาติ ไชยสิทธิ์ ตัวแทนกลุ่มเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณ

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์	หมายเหตุ
มิติผลกระทบทางสังคม 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้รับบริการในการพัฒนา	สามารถนำความรู้ประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ ขั้นตอนผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง อบรมให้ความรู้ขยายผลให้กับชาวบ้าน/ชุมชนอื่นๆ การพัฒนาเครื่องและกระบวนการผลิต เช่น การเผาถ่าน ปรับปรุงส่วนผสม พัฒนาเกลียวอัด กระบอกอัด ชุดตัด และการตากถ่าน ประยุกต์ใช้ในการอัดขยะชีวมวลเพื่อปลูกต้นไม้ให้กับเทศบาลพิษณุโลก ต่อยอดความรู้เกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวมวล พัฒนาหลักสูตรอบรม และพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับชุมชนและหน่วยงานอื่นๆ เป็นผลให้ สามารถใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้คุ้มค่า อัดเชื้อเพลิงชีวมวลได้เร็วขึ้นคุณภาพดี เพิ่มพูนความรู้ให้กับช่างในชุมชน คนในชุมชนมีความรู้ในการใช้พลังงานทดแทน ประหยัดค่าใช้จ่าย ฯลฯ	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
2) เครือข่ายความร่วมมือ / เครือข่ายขยายผล	อบต. พลังงานจังหวัดพิจิตร วิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม เทศบาลพิษณุโลก ชุมชนเขาน้อยพิษณุโลก ชุมชนกองทุนพัฒนารอบโรงไฟฟ้าวังน้อยอยุธยา พลังงานจังหวัดเพชรบูรณ์ พลังงานจังหวัดอุตรดิตถ์ ศูนย์พลังงานพัฒนาอาชีพจังหวัดตาก กลุ่มเกษตรอินทรีย์(นายทองคำ)จังหวัดสุโขทัย	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
3) แหล่งเรียนรู้/ฐานข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์	เอกสารการอบรม หลักสูตรการอบรม ตัวเครื่อง แหล่งเรียนรู้ของหน่วยวิจัยพลังงานชุมชนวิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร ศูนย์เผยแพร่และถ่ายทอดโดยสมาคมพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือผลงานของผู้รับบริการวิชาการ	คุณภาพของถ่านดีขึ้น การพัฒนาตัวเครื่องร่วมกับสถานศึกษา โรงตากถ่าน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
2) มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดกับบุคคล	สามารถผลิตถ่านได้ 600 กิโลกรัมต่อวัน หักต้นทุนได้กำไรกิโลกรัมละ 4 บาท ประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม การพัฒนาบนพื้นฐานอัตลักษณ์ของกลุ่มผู้รับบริการ	คนในชุมชนมีความรู้มากขึ้นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเรียนรู้ร่วมกันระหว่างคนในชุมชนโดยหาและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชุมชนเพื่อประกอบอาชีพและลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน แต่ยังคงวัฒนธรรม การใช้ชีวิตและการทำงานเช่นเดิม	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สภาพแวดล้อมที่ดีของชุมชน / หน่วยงาน /พื้นที่ที่ได้รับการบริการวิชาการ	ลดขยะ ลดความขัดแย้ง ลดควันและมลพิษในชุมชน ลดการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ชุมชนสะอาดขึ้น	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางสุขภาพ สุขภาพของผู้รับบริการ	มีพลังงานมีความสุข ได้ออกกำลังกาย สุขภาพจิตดีเพราะมีรายได้ มีความสุขที่ได้พบเจอเครือข่ายที่ชอบพลังงานทดแทนเหมือนกัน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ

ตารางที่ 2 ผลการสัมภาษณ์ นายขวัญชัย อนุรักษ์วัฒนะ ตัวแทนพลังงานจังหวัดพิจิตร

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์	หมายเหตุ
มิติผลกระทบทางสังคม 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้รับบริการในการพัฒนา	สามารถนำความรู้ประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการพัฒนางานที่รับผิดชอบ พัฒนาหลักสูตรอบรม และพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับชุมชนและหน่วยงานอื่นๆ ร่วมกับสมาคมพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร หน่วยวิจัยพลังงานชุมชนวิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
2) เครือข่ายความร่วมมือ / เครือข่ายขยายผล	สมาคมพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร หน่วยวิจัยพลังงานชุมชนวิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม คนในชุมชนและหน่วยงานเอกชนที่สนใจเข้ามาขอความรู้	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
3) แหล่งเรียนรู้/ฐานข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์	เอกสาร ภาพถ่าย แหล่งเรียนรู้ให้กับชุมชนและหน่วยงานอื่นๆ ร่วมกับสมาคมพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร หน่วยวิจัยพลังงานชุมชนวิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือผลงานของผู้รับบริการวิชาการ	เพิ่มพูนความรู้ มีแหล่งเรียนรู้ให้กับชุมชน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
2) มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดกับ	เกิดผลงานกับตนเองอาจมีผลต่อการปรับขั้นเงินเดือน ประหยัดเวลาในการทำงานเพราะมีแหล่งเรียนรู้ มี	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์	หมายเหตุ
บุคคล	เอกสารให้ดู	
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม การพัฒนาบนพื้นฐานอัตลักษณ์ของกลุ่มผู้รับบริการ	ยังคงวัฒนธรรมการทำงานเช่นเดิม แต่ที่ได้ความรู้เพิ่มขึ้น มีแหล่งเรียนรู้ที่จะได้ชี้แนะให้กับคนที่สนใจด้านพลังงานและมีทางเลือกหรือลู่ทางในการหารายได้จากการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สภาพแวดล้อมที่ดีของชุมชน/หน่วยงาน /พื้นที่ที่ได้รับการบริการวิชาการ	ถ้าชุมชนมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืชมาใช้จริงอาจมีผลต่อปริมาณขยะลดลง ลดความขัดแย้ง ลดควันและมลพิษในชุมชน ลดการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ชุมชนสะอาดขึ้น	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางสุขภาพ สุขภาพของผู้รับบริการ	สุขภาพจิตดีขึ้นเพราะมีความรู้มากขึ้นเกี่ยวกับงานที่รับผิดชอบชี้แนะและบอกกับชุมชนหรือหน่วยงานเอกชนที่สนใจได้	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ

ตารางที่ 3 ผลการสัมภาษณ์ นายอำนาจ ตินะมาตร ตัวแทนบุคคลในชุมชนอื่น

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์	หมายเหตุ
มิติผลกระทบทางสังคม 1) ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้รับบริการในการพัฒนา	สามารถนำความรู้ประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การประกอบธุรกิจการผลิตถ่านอัดแท่ง ปรับปรุงขั้นตอนผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง การพัฒนาเครื่องและกระบวนการผลิต ต่อยอดความรู้เกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวมวล และเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับชุมชนและเกิดการจ้างงานในชุมชน นักเรียน นักศึกษา ชาวต่างชาติ หน่วยงานเอกชน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
2) เครือข่ายความร่วมมือ / เครือข่ายขยายผล	วิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม ม.เชียงใหม่สมาคมพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร พลังงานจังหวัด กระทรวงพลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) มหาวิทยาลัยโตเกียว(ทดสอบถ่าน) ชุมชนเขาน้อยพิษณุโลก	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
3) แหล่งเรียนรู้/ฐานข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์	โรงงานผลิตถ่านอัดแท่ง บ้านเขาน้อย ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางเศรษฐกิจ 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือผลงานของผู้รับบริการวิชาการ	คุณภาพของถ่านดีขึ้น ลดต้นทุน สร้างเครื่องผสมถ่าน สร้างเครื่องอัดถ่าน สร้างห้องอบถ่าน ปรับปรุงรายการผลิต	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
2) มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดกับบุคคล	ผลิตถ่านอัดแท่งได้วันละ 3,000 กิโลกรัม หักต้นทุนถ่านเกรด A ได้กำไรกิโลกรัมละ 4 บาท ถ่านเกรด B ได้กำไรกิโลกรัมละ 2 บาท โดยส่งขายที่ศูนย์อพยพ UN ส่งตลาดปิ้งย่างในประเทศ และส่งประเทศญี่ปุ่น	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางวัฒนธรรม การพัฒนาบนพื้นฐานอัตลักษณ์ของกลุ่มผู้รับบริการ	ดีขึ้น มีการจ้างงานในชุนชน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สภาพแวดล้อมที่ดีของชุมชน / หน่วยงาน /พื้นที่ที่ได้รับการบริการวิชาการ	ดีขึ้น สะอาดขึ้น	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
มิติผลกระทบทางสุขภาพ สุขภาพของผู้รับบริการ	สุขภาพจิตดีเพราะมีรายได้ มีความสุขได้แลกเปลี่ยนความรู้กับคนชอบพลังงาน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ

ตารางที่ 4 ผลการสัมภาษณ์ ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ ตัวแทนผู้ให้การอบรม

มิติของผลกระทบ	ผลการสัมภาษณ์	หมายเหตุ
มิติผลกระทบทางสังคม 4) ประโยชน์และคุณค่าต่อคนในสถาบัน หรือต่อผู้ให้บริการวิชาการ	ได้ความรู้ในการพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยี ต่อยอดเป็นเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น เครื่องอัดขยะ เครื่องอัดเปลือกมะขาม ระบบอบแห้ง เครื่องตัดถ่านอัตโนมัติ ระบบเตือนอุณหภูมิห้องอบถ่านและควบคุมความร้อน เป็นต้น เป็นสื่อแหล่งเรียนรู้ในกับนิสิต นักศึกษาในมหาวิทยาลัย	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
5) การนำผลการบริการวิชาการมาปรับปรุงกระบวนการบริการวิชาการ	นำจุดด้อยมาปรับปรุงเรื่องสื่อประกอบการถ่ายทอดมีปรับปรุงให้ดีขึ้น และแก้ปัญหาเรื่องโครงสร้างของตัวเครื่อง กำลังของมอเตอร์	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ
6) การได้รับรางวัล / ได้รับการยกย่องของผู้ให้บริการวิชาการ	ได้รับการยอมรับจากคนในชุมชน	ไม่มีผลกระทบเชิงลบ

6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประเมินผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช ตามที่ นิคม นาคอ้าย (2557) ใช้ติดตามประเมินผลกระทบที่เป็นประโยชน์จากโครงการบริการวิชาการสู่สังคมประกอบด้วย 5 มิติ รวมทั้งหมด 11 ตัวบ่งชี้ จากการสัมภาษณ์ตามตัวบ่งชี้ดังกล่าว พบว่าผลลัพธ์และผลกระทบที่เกิดขึ้นชุมชนสามารถนำความรู้ประยุกต์ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งได้ นอกจากนี้ยังสามารถอบรมเผยแพร่และถ่ายทอดให้กับผู้ที่สนใจ พัฒนาเครื่องและกระบวนการผลิต ต่อยอดความรู้เกี่ยวกับเชื้อเพลิง ชีวมวล พัฒนาหลักสูตรอบรม และพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับชุมชนและหน่วยงานอื่นๆ มีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือเพื่อขยายผลไปยังชุมชนอื่นๆ เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืชทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน มีรายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Claudia and Taraneh (2014) และ Jianjun Hu, et al. (2014) พบว่าการใช้พลังงานจากชีวมวลทำให้คนในชุมชนสามารถลดรายจ่าย สร้างรายได้ พึ่งตนเองได้ สภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในชนบทดีขึ้น ลดการขาดแคลนพลังงาน และเพิ่มความยั่งยืนให้กับชุมชน อีกทั้งจากการสัมภาษณ์ตามมิติผลกระทบทางสุขภาพคนในชุมชนมีความสุขเพราะมีพลังงานและได้พบเจอเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านพลังงานทดแทนร่วมกัน จากการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นพบว่าเป็นผลกระทบที่เป็นประโยชน์หรือผลกระทบทางบวก ส่วนผลกระทบทางลบจากการสัมภาษณ์ยังไม่มีปรากฏขึ้น อาจสรุปได้ว่าถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืชยังสามารถที่จะดำเนินการต่อไปได้เพราะมีคนสนใจพลังงานทดแทนมากขึ้นเนื่องมาจากราคาก๊าซหุงต้มมีการปรับตัวสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตข้างหน้า

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องอัดเชื้อเพลิง สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติปีงบประมาณ 2558 และโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ผู้วิจัยขอขอบคุณนายกสมาคมพัฒนาชุมชน และกลุ่มเกษตรกรบ้านไผ่สีรุณสำหรับการเป็นหุ้นส่วนวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

[1] จิรพร สุเมธีประสิทธิ์. (2556). ผลลัพธ์และผลกระทบของโครงการ (Project Outcome and Impact) ตัวชี้วัดความคุ้มค่าในระยะยาว. กรุงเทพมหานคร : คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[2] นิคม นาคอ้าย. (2557). การประเมินผลกระทบที่เป็นประโยชน์จากโครงการบริการวิชาการสู่สังคม ประจำปีงบประมาณ 2555-2556. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม : สถาบันวิจัยและพัฒนา.

[3] วรวิทย์ อวิรุทธ์วรกุล และ ธีระพงษ์ มาลัยทอง, (2551). การพัฒนาดัชนีชี้วัดความเข้มแข็งของชุมชน.กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักมาตรฐานและการประกันคุณภาพการศึกษา.(2555). คู่มือการประกันคุณภาพระดับคณะ ปีการศึกษา 2555.มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม : สำนักมาตรฐานและการประกันคุณภาพการศึกษา.

[4] Claudia Cambero and Taraneh Sowlati, 2014, “Assessment and optimization of forest biomass supply chains from economic, social and environmental perspectives – a review of literature,” Renewable and Sustainable Energy Reviews. 36, 62-73.

[5] Jianjun Hu, Tingzhou Lei, Zhiwei Wang, Xiaoyu Yan, Xinguang Shi, Zaifeng Li, Xiaofeng He and Quanguo Zhang, 2014, “Economic, environmental and social assessment of briquette fuel from agricultural residues in China – a study on flat die briquetting using corn stalk,” Energy. 64, 557-566.

O-EM06

รูปแบบการแปรรูปวัสดุที่เหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพื่อผลิตพลังงานทดแทน ตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

A Mushroom Pieces Used Conversion as a Renewable Energy Sources Appearance in Luangtai Sub- District, Ngao District, Lampang Province

รวิภา ยงประยูร [1*], ธานินทร์ คูพูลทรัพย์ [2]

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100 E-mail: SAURAYA_Y@hotmail.com

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 52100

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เกิดจากทำงานภายใต้การลงนามความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางกับเทศบาลตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ในการนำเอาองค์ความรู้เชิงวิชาการไปใช้ในการแก้ปัญหากับชุมชนอย่างมีส่วนร่วม ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบศักยภาพและค้นหาแนวทางการแปรรูปวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในเขตตำบลหลวงใต้ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนด้วยวิธีการที่เหมาะสมผ่านการบูรณาการความรู้ร่วมกันระหว่างนักวิชาการ(เทคโนโลยี)และชาวบ้าน(ภูมิปัญญา)

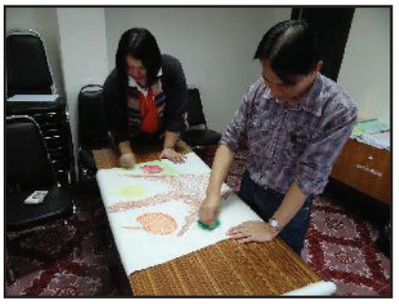
จากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มเพาะเห็ด ต.หลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง ซึ่งเกิดจากการจัดสรรงบประมาณ ภายใต้กองทุนพัฒนาบทบาทสตรีของจังหวัดลำปาง ในปีงบประมาณ 2555 โดยมีลักษณะของการเพาะเห็ดนางฟ้าตามพื้นที่ของครัวเรือนกระจายอยู่ทั้ง 8 หมู่บ้าน เฉลี่ยครัวเรือนละ 2 โรงเรือน ปริมาณเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดนางฟ้าแล้วที่ต้องหาทางกำจัดมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1,000 ก้อน ต่อครัวเรือน หรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 500 กิโลกรัมต่อครัวเรือน หากมองในภาพรวมของตำบลหลวงใต้ปริมาณเศษวัสดุจากการเพาะเห็ดนางฟ้าจะมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.5 ตัน เมื่อนำเศษวัสดุดังกล่าวไปทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงแข็งพบว่า ค่าความร้อน 3,830 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าสารระเหยร้อยละ 8.55 ค่าเถ้าร้อยละ 7.92 และค่าถ่านคงตัวร้อยละ 11.90 ทั้งนี้เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เพื่อคืนข้อมูลให้กับชุมชนมาจับประเด็นให้ตรงตามความต้องการของกลุ่มผู้เพาะเห็ดจึงจะได้หัวข้อการดำเนินกิจกรรมดังนี้ การทำถ่านอัดแท่งจากก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว 40 เปอร์เซ็นต์ การแยกถุงพลาสติกจากก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว เพื่อเข้าสู่ระบบการบริหารจัดการของธนาคารขยะ 40 เปอร์เซ็นต์ และ การทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองที่ใช้ก้อนวัสดุจากการเพาะเห็ดแล้วเป็นวัตถุดิบหลัก 20 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเศษก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว ที่กำจัดกันอยู่ใน 8 หมู่บ้านของตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง มีปริมาณที่ยังสามารถจัดการเองได้ภายในครัวเรือนในลักษณะของการเผาและขนไปทิ้งตามพื้นที่ทำนาและพื้นที่ทำสวน แต่ด้วยราคาของเห็ดที่เพาะกันอยู่นั้นมีราคาสูง ซึ่งเป็นสิ่งที่ดึงดูดให้เกิดการขยายกำลังการผลิตต่อครัวเรือนในอนาคต ดังนั้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตระหนักในการจัดการกับสิ่งที่จะกลายเป็นปัญหาในอนาคตจากกิจกรรมเชิงอุตสาหกรรมทางการเกษตร จำต้องเปิดมุมมองกลุ่มเพาะเห็ดให้ตื่นตัวกับสิ่งที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: วัสดุที่เหลือใช้จากการเพาะเห็ด, พลังงานทดแทน

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วยปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต ทางการเกษตรของประเทศ ตามที่ Danish Cooperation for Environment and Development (DANCED) ประเทศเดนมาร์ก ได้ช่วยศึกษาหาข้อมูลให้กับ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ (สพช.) ในเรื่องรายละเอียดของกลไกด้านราคา เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน ในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาประมาณการว่า ในปี 2548 ประเทศไทยมีชีวมวลจากชานอ้อย แกลบ กากปาล์ม และเศษไม้ ประมาณ 28 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 6.9 ล้านตัน ซึ่ง DANCED ได้นำปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหลืออยู่ทั้งหมดมาใช้และคิดเฉพาะทางเทคนิค ว่าชีวมวลที่ผลิตได้ในประเทศไทย จะมีการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ แล้ว จึงมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่เหลืออยู่ และสามารถจะนำมาใช้เป็นพลังงานได้ ซึ่งจากผลการศึกษา ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (พพ.) พบว่า เมื่อเรานำปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้ รวมทั้งประเทศ ในปี 2550/51 มาคำนวณด้วยค่าตัวประกอบ ที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ก็จะได้ความน่าจะเป็นของปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวล ที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประมาณ 5.7 ล้านตัน หรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1.7 ล้านตัน และสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 703 เมกกะวัตต์

รูปที่ 1 การสอบถามข้อมูลเบื้องต้นในการบริหารจัดการขยะของชุมชน ตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

จากการถอดบทเรียนจากกิจกรรมการฝึกใช้เครื่องมือเพื่อจัดทำต้นไม้ชุมชน หัวข้อ การบริหารจัดการขยะของชุมชนในพื้นที่ ตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ตามระบบ “พี่เลี้ยงน้อง” ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในวันพุธที่ 6 กุมภาพันธ์ 2556 ณ สำนักงานเทศบาลตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง พบว่า บ้านหลวงใต้มีประวัติศาสตร์ช่วงเวลาการก่อตั้งชุมชน แบ่งเป็นยุคหรือช่วงเวลาย้อนหลังถึงปัจจุบัน สำหรับข้อมูลการก่อตั้งชุมชนนั้นได้เชื่อมโยงกับการจัดการขยะที่เกิดขึ้นตามขนาดและปริมาณของประชากรในชุมชน ดังนี้

ช่วงเริ่มต้น ชุมชนทั้งในส่วนหลวงเหนือ-หลวงใต้เป็นชุมชนที่มีรกรากอยู่ในพื้นที่อยู่แล้ว ขยะที่เกิดขึ้นนั้นจะมีการจัดการกันเองในครอบครัวด้วยวิธีง่ายๆคือ เผา ทิ้งลงแม่น้ำ และฝังกลบ

ปี2540 – 2545 มีการบริหารจัดการโดยหน่วยงานของรัฐมาทำการจัดการขยะด้วยการจัดรถเก็บขยะไปทิ้งในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ด้วยวิธีฝังกลบ

ปี2545– 2556 เป็นช่วงเวลาที่เกิดปัญหาจากปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแปรผันกับจำนวนประชากรที่มีอยู่ในหลวงใต้จำนวน 6,000 คน ในขณะที่หลวงเหนือมีจำนวน 5,000 คน

เมื่อพิจารณาเครือข่ายความสัมพันธ์คนในชุมชนเพื่อร่วมมือกันแก้ปัญหาขยะในชุมชนสามารถอธิบายตามลำดับดังนี้

เทศบาลตำบลหลวงเหนือ หน้าที่ จัดการพื้นที่บริเวณจัดเก็บขยะของชุมชนทั้งสอง

เทศบาลหลวงใต้ หน้าที่ จัดรถรับส่งขยะไปทิ้งในพื้นที่ของหลวงเหนือ

สถานที่/ผู้ประกอบการ หน้าที่ รับซื้อขยะในพื้นที่มาเข้ากระบวนการรีไซเคิล

กลุ่มรักษ์อำเภองาว หน้าที่ จัดโครงการรณรงค์ชุมชนให้เห็นความสำคัญของลดปริมาณขยะ ซึ่งนำไปสู่สุขภาวะที่ดีในชุมชน

กลุ่มผู้นำชุมชน หน้าที่ ร่วมกิจกรรมและให้ความร่วมมือในโครงการต่างๆขององค์กรส่วนท้องถิ่น

กลุ่มศึกษาดูงานภายนอกจนเกิดความรู้ หน้าที่ ร่วมกิจกรรมและให้ความร่วมมือในโครงการต่างๆขององค์กรส่วนท้องถิ่น

สถานศึกษา/วัด/มหาวิทยาลัย หน้าที่ รับรู้ รับทราบสิ่งที่ชุมชนดำเนินการ

สามารถแบ่งประเภทและระยะเวลาของขยะที่เกิดจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของชุมชน ได้ดังนี้

ขยะจากการเกษตรกรรม เกิดขึ้นตั้งแต่ ต้นปีถึงท้ายปี และเกิดขึ้นในปริมาณมาก แต่ชุมชนมีมุมมองว่าเป็นปัญหาของโรงงานที่เข้ามารับซื้อผลผลิตนั้นๆต้องรับผิดชอบจัดการขยะดังกล่าว

ถุงพลาสติก เกิดขึ้นตลอดปีซึ่งสอดคล้องกับ ปฏิทินวัฒนธรรม ที่บ่งบอกถึงปริมาณขยะตามงานประเพณีต่างๆ




รูปที่ 2 แบบการเพาะเห็ดและสภาพเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วของบ้านหลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง

โดยการเพาะเห็ดของบ้านหลวงใต้นั้นเกิดจากการอบรมอาชีพของเทศบาล ในช่วงปี2550 ประกอบด้วยสมาชิกจำนวน 10 – 15 ครัวเรือน กระจายตัวกันโดยรอบหมู่บ้าน ปัญหาที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเพาะเห็ดคือ การขาดบริเวณที่ทิ้งก้อนเห็ดใช้แล้ว ทำให้เกิดการนำเศษก้อนเห็ดมาทิ้งรวมกับพื้นที่ฝั่งกลบของชุมชนหลวงใต้-หลวงเหนือ หากสามารถบริหารจัดการเศษวัสดุดังกล่าวด้วยการแปรรูปเป็นแหล่งพลังงานทดแทนซึ่งนอกจากจะลดปริมาณขยะที่จะออกสู่หลุมฝั่งกลบชุมชนแล้วยังเป็นการเพิ่มรายได้-ลดรายจ่ายให้กับชุมชนอีกด้วย

2.วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์หลัก เพื่อตรวจสอบศักยภาพและค้นหาแนวทางการแปรรูปวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในเขตตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง เพื่อผลิตพลังงานทดแทนโดยชุมชนเข้ามามีส่วนร่วม

วัตถุประสงค์รอง

1) เพื่อทดลองแปรรูปวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว ให้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในวิธีการที่เหมาะสมโดยบูรณาการความรู้ร่วมกันอย่างมีทักษะ

2) เพื่อศึกษากระบวนการผสมผสานความรู้ระหว่างนักวิชาการ(เทคโนโลยี)และชาวบ้าน(ภูมิปัญญา)การแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างยั่งยืนในระดับพื้นที่

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาศักยภาพและค้นหาค้นหาแนวทางการแปรรูปวัสดุวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในเขตตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยการนำองค์ความรู้ที่มีดั้งเดิมและองค์ความรู้ใหม่ ที่มีอยู่ในชุมชน/ ชาวบ้าน และจากการวิจัยของอาจารย์และนักศึกษา อาทิ ความรู้เทคโนโลยีพลังงาน ทักษะด้านการอนุรักษ์พลังงาน ความรู้และทักษะด้านการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและถ่านอัดแท่ง เป็นต้น มาบูรณาการร่วมกันจนนำไปสู่การพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืนในอนาคต

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางได้จัดทำงานวิชาการในหลายรูปแบบร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตั้งแต่ปี 2550-2554 ซึ่งประกอบด้วย อบต. วอแก้วและ อบต. เวียงตาล อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ซึ่งมีผลของงานวิจัยและงานบริการวิชาการดังนี้

งานวิจัย “การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มอาชีพ การเพาะเห็ด ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปางด้วยเทคโนโลยีกระบวนการทางความร้อนในแปรรูปชีวมวล”ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 [1] ส่วนหนึ่งของข้อมูลที่ได้จากการลงสำรวจปริมาณเศษวัสดุเพาะ(ก้อนเชื้อเห็ด)ที่เหลือใช้จากกิจกรรมการเพาะเห็ดภายในชุมชน พบว่ามีปริมาณ 3,000 – 4,000 ก้อน ต่อ ครั้งใน 1 โรงเรือน โดยก้อนวัสดุเพาะเหลือใช้ดังกล่าวมีส่วนประกอบหลักๆได้แก่ ถุงพลาสติกและขี้เลื่อย โดยก้อนวัสดุเพาะเห็ดนี้มีค่าความชื้น 60 – 75 เปอร์เซ็นต์ มีมวลน้ำหนักประมาณ 800 กรัมต่อก้อน ดังนั้นจึงมีปริมาณของเสีย/ขยะซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากกิจกรรมของชุมชน ซึ่งในที่นี้คือก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วครั้งละ 2.4 – 3.2 ตัน ต่อ ครั้งใน 1 โรงเรือน โดยที่สมาชิกส่วนใหญ่มีพฤติกรรมในการกำจัดก้อนวัสดุเหล่านี้คือ การเผา การฝัง การถม การขนไปทิ้ง และ การแปรรูป

งานวิจัยและงานบริการวิชาการในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการกำจัดเศษวัสดุดังกล่าวของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด หมู่บ้าน ทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก จังหวัดลำปาง ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2552 จนถึงปีงบประมาณ 2554[2] ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางทำให้เห็นวิธีการในการกำจัดก้อนวัสดุดังกล่าวด้วยวิธี อื่นๆ เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ50 โดยปริมาณก้อนวัสดุเหลือใช้จำนวนเฉลี่ย 3,800 ก้อนต่อครั้ง ในระยะเวลา 4 เดือนของการทดลอง จากสมาชิก 24 ราย มีการปรับวิธีการกำจัดจากเดิมก่อนเข้าร่วมโครงการ คือ เผา ฝัง นำไปใช้ต่อ(เฉพาะบางชนิด) ปรับเป็นหลังเข้าร่วมโครงการคือ การนำมาใช้เป็นส่วนผสมของก้อนวัสดุเพาะเห็ดใหม่ และการแปรรูปเศษก้อนวัสดุให้กลายเป็นแหล่งพลังงานเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการเพาะเห็ดอีกครั้งหนึ่ง ได้แก่ ถ่านอัดแท่ง เชื้อเพลิงอัดแท่ง และน้ำมันไพโรไลซิส

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดสุทธิหลังจากการปรับเปลี่ยนวิธีการกำจัดของกลุ่มเพาะเห็ดแล้ว คาดว่ายังมีปริมาณเศษวัสดุดังกล่าวกว่าร้อยละ 42 หรือประมาณ 1.3 ตัน ที่ยังไม่มีแนวทางในการจัดการและเกินกำลังการจัดการของชาวบ้าน

งานวิจัยต่อยอดเรื่อง “แนวทางในการวิเคราะห์ และประเมินคุณสมบัติเชิงพลังงานของเศษวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มอาชีพการเพาะเห็ด” ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ผ่านศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชนได้เข้าไปทำงานวิจัยภายในกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดตั้งแต่ปี 2551 ถึง ปัจจุบัน ผลการศึกษาศักยภาพการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนวัสดุเพาะที่เหลือใช้ของเจิดจันทร์ จันทร์ดี และ วิมลวรรณ จำชาติ [3] พิจารณาคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงแข็งของเศษวัสดุเหลือใช้ทั้งสภาพดั้งเดิมและแปรรูปในลักษณะผงถ่าน พบว่า ถ่านจากเศษวัสดุเพาะที่

เหลือใช้ มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงแข็งเทียบเคียงได้กับเชื้อเพลิงแกลบ ส่วนเศษวัสดุเพาะที่เหลือใช้นั้นมีค่าสารระเหยใกล้เคียงกับวัสดุเชื้อเพลิงจำพวกถ่านกะลามะพร้าว ในขณะที่ค่าความร้อนของเศษวัสดุเพาะที่เหลือใช้นั้นมีค่าต่ำที่สุด รวมถึง กรพรรณ เทพวัง และ รัตนา ฝั้นเฝือ [4] ทำการศึกษาศักยภาพของน้ำมันไพโรไลซิสจากถุงพลาสติกของก้อนวัสดุเพาะที่เหลือใช้ เมื่อนำถุงพลาสติกเหล่านั้นมาผ่านกระบวนการแปรรูปชีวมวลด้วยความร้อนด้วยเทคโนโลยีไพโรไลซิสที่วิจัยและพัฒนาโดย คณะวิจัยอิสระ วัดดอยน้อย จังหวัดลำพูน พบว่า น้ำมันไพโรไลซิสนั้นมีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงอยู่ระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินที่มีการจำหน่ายกันในท้องถิ่น



รูปที่ 3 ผลงานทางวิชาการของศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน ในพื้นที่บ้านทุ่งบ่อแป้น

ภายหลังจากงานบริการวิชาการผนวกกับงานวิจัยที่มีรูปแบบการหาแนวทางการบริหารจัดการร่วมกันกับชุมชน พบว่าชุมชนได้เรียนรู้เทคนิคการแปรรูปก้อนวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดตลอดจนแนวคิดของการนำไปประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในกระบวนการเพาะเห็ดของแต่ละบุคคล ซึ่งมีชนิดของเทคโนโลยี 2 ลักษณะคือ

- เทคโนโลยีเตาประหยัดพลังงาน ที่ใช้ผลิตภัณฑ์การแปรรูป ถ่านจากเศษวัสดุฯ เป็นแหล่งพลังงาน
- เทคโนโลยีเตาเผาวัสดุ (ไพโรไลซิส) ที่แปรรูปเป็น น้ำมันพลาสติก (ไพโรไลซิส)
- เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ที่ใช้แหล่งพลังงานจากการเผาเศษวัสดุแปรรูปเป็นแก๊สเชื้อเพลิง

โดยจะพิจารณาผลกระทบทั้งในเชิง เทคนิค เศรษฐกิจ และ สิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจกลายเป็นกรณีศึกษาหรือการนำผลไปใช้สำหรับโครงการที่มีลักษณะและองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยข้อมูลของปัจจัยป้อนเข้า (Input) คือ ศักยภาพของเศษวัสดุฯ มูลค่าการลงทุน ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ความเหมาะสมของเทคนิค สภาพแวดล้อม และ สุขอนามัย ซึ่งล้วนมาจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ส่วนปัจจัยป้อนออก (Output) คือ ประสิทธิผล ความคุ้มทุน และ ผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ผลของการใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการนั้น คือ ประสิทธิผลเชิงบวกที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดของกลุ่มอาชีพในพื้นที่เป้าหมาย โดยบ่งชี้ว่า เทคโนโลยี ชื่อ แก๊สซิไฟเออร์ (ERDI 100) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลด้วยความร้อน ประเภทกระบวนการ/เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน จะให้ประสิทธิผลเชิงบวกสูงสุด แต่ผลที่ได้ก็ยังไม่สามารถขยายผลของการใช้ให้กับสมาชิกในวงกว้างให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

งานวิจัยเชิงพื้นที่เรื่อง “แนวทางการบูรณาการการจัดการปัญหาก้อนวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบล ปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง” ทำให้เกิดชุดความรู้และแนวทางการบูรณาการจนนำไปสู่การขยายองค์ความรู้ไปใช้ประโยชน์ ในพื้นที่ /กลุ่มงานที่ประสบปัญหาคล้ายคลึงกันโดยมีรายละเอียดจากการดำเนินงานวิจัยเป็นผลให้ได้แนวทางการจัดการกับวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ด ๒ แนวทาง คือ การผลิตเป็นน้ำมันไพโรไลซิสจากถุงพลาสติกและการทำปุ๋ยหมักจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว



รูปที่ 4 งานวิจัยเชิงพื้นที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน ในพื้นที่บ้านทุ่งบ่อแป้น



รูปที่ 5 การจัดทำสื่อสรุปงานวิจัยเชิงพื้นที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน ในพื้นที่บ้านทุ่งบ่อแป้น

นอกจากนั้นในปีงบประมาณ 2556 ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน ร่วมกับ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง พร้อมด้วย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติภาคเหนือ จัดโครงการบริการวิชาการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกันในหัวข้อ การใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านและการผลิตถ่านอัดแท่ง และ การใช้งานเตาเผาถ่านและวิธีการเผาถ่าน ให้กับ กลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านปางมะโอ ต.วังเงิน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง ซึ่งประสบปัญหาในการจัดการเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว โดยไม่พึ่งพาการเผาในที่โล่งซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดหมอกควันจากการเผาที่ก่อให้เกิดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กทางภาคเหนือของประเทศไทย



รูปที่ 6 การบริการวิชาการของศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน ในพื้นที่บ้านปางมะโอ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 ทบทวนองค์ความรู้และสำรวจข้อมูลวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน (6 เดือน)

1. เวทีประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์และแนวทางในการดำเนินงานร่วมกับชุมชน ในประเด็น ปริมาณ การกระจายตัว และการจัดเก็บข้อมูลของเศษวัสดุที่ที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน ทั้งในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และ สังคมศาสตร์

2. เวทีวิเคราะห์สถานการณ์การเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน ร่วมกันระหว่างนักวิชาการกับชุมชนเพื่อสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลของเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตรทั้งในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และ สังคมศาสตร์

3. เวทีทบทวนวิธีการจัดการเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน ที่ผ่านมาในอดีตและวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียที่เกิดขึ้น และประมวลข้อมูลผู้รู้ ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และชุดความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในพื้นที่

4. เวทีค้นหารูปแบบและแนวทางในการสร้างการเรียนรู้ร่วมกันของสถาบันการศึกษาร่วมกับชุมชน พร้อมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของแนวทางที่ถูกเลือกจากชุมชน ด้วยผลกระทบในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

5. พัฒนาและสร้างรูปแบบการแปรรูปเศษวัสดุร่วมกันกับกลุ่มเกษตรกรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตร ของตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

6. เวทีสรุปบทเรียนกระบวนการการเรียนรู้และวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปสู่แนวทางที่ยั่งยืน

7. เวทีสรุปผลการดำเนินงานระยะที่ 1 และจัดทำรายงานความก้าวหน้าระยะที่ 1

ระยะที่ 2 ทดลองแก้ไขปัญหาจากแนวทางที่ได้ (6 เดือน)

1. เวทีทบทวนความรู้ที่ได้จากการดำเนินงานระยะที่ 1

2. เวทีทดลองแปรรูปเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน จากแนวทางที่ได้วิเคราะห์ร่วมกันว่ามีความเหมาะสม

3. สรุปแนวทางการแปรรูปเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน ที่เป็นทางออกที่เหมาะสมของคนในชุมชน

4. เวทีสรุปบทเรียนการดำเนินงานระยะที่ 2 สู่แนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. ตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง (เก็บข้อมูล/จัดเวทีชุมชน)

2. วิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง (ศึกษาดูงาน/ทำการทดลอง/จัดเวทีชุมชน)

3. กลุ่มอาชีพเพาะเห็ดหอมบ้านปางมะโอ ตำบลวังเงิน อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง (ศึกษาดูงาน/ทำการทดลอง/จัดเวทีชุมชน)

6. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 ข้อมูลเชิงสังคมศาสตร์ของกลุ่มเพาะเห็ด ต.หลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง

6.1.1 ข้อมูลกลุ่มเพาะเห็ด

กลุ่มเพาะเห็ด ต.หลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง เกิดจากการจัดสรรงบประมาณของเทศบาลหลวงใต้ที่ต้องการให้มีการรวมกลุ่มเพื่อทำอาชีพเสริม ภายใต้กองทุนพัฒนาบทบาทสตรีของจังหวัดลำปาง ในปีงบประมาณ 2555 โดยมีลักษณะของการเพาะเห็ดตามพื้นที่ของครัวเรือนจำแนกออกเป็นหมู่บ้านได้ดังนี้

หมู่1 บ้านน้ำจำ	จำนวน 3 ครัวเรือน
หมู่2 บ้านทุ่ง	จำนวน 2 ครัวเรือน
หมู่3 บ้านน้ำล้อม	จำนวน 1 ครัวเรือน
หมู่4 บ้านปงคก	จำนวน 2 ครัวเรือน
หมู่5 บ้านทุ่งลุ่ม	จำนวน 3 ครัวเรือน
หมู่6 บ้านวังควาย	จำนวน 2 ครัวเรือน
หมู่7 บ้านดง	จำนวน 1 ครัวเรือน
หมู่ 8 บ้านใหม่เจริญสุข	จำนวน 1 ครัวเรือน
รวมทั้งสิ้น	**จำนวน 15 ครัวเรือน**

ชนิดของเห็ดที่เพาะ คือ เห็ดนางฟ้า เพียงอย่าง เดียว และมีการซื้อเชื้อเห็ดจากบ้านท่าล้อ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง มาหยอดลงในก้อนเพาะเห็ดที่เตรียมไว้แล้ว และใช้เตานึ่งก้อนเห็ดแบบลูกทุ่งในการนึ่งก้อนเห็ด ก่อนนำเข้าไปพักในโรงเรือนซึ่งมีความจุ 300 – 1,000 ก้อน จำนวนโรงเรือนเพาะเห็ดต่อครัวเรือนของตำบลเท่ากับ 2 โรงเรือน โดยกระบวนการเตรียมก้อนเห็ดของบ้านหลวงใต้จะอาศัยเครื่องจักรเพื่อลดการใช้แรงงานจำนวนมาก อาทิ การใช้เครื่องผสมอาหารก้อนเห็ดแบบเหวี่ยง, การใช้เครื่องตอกก้อนเห็ด ตลอดจนการติดตั้งเครื่องให้น้ำเห็ดภายในโรงเรือน



รูปที่ 7 ลักษณะโรงเรือนและเครื่องทุ่นแรงที่ใช้ในการทำเห็ดบ้านหลวงใต้

6.1.2 ข้อมูลของเศษวัสดุที่ที่ใช้เพาะเห็ดแล้วในชุมชน

หมู่1 บ้านน้ำจำ	เฉลี่ย จำนวน 1,000 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่2 บ้านทุ่ง	เฉลี่ย จำนวน 500 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่3 บ้านน้ำล้อม	เฉลี่ย จำนวน 300 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่4 บ้านปงคก	เฉลี่ย จำนวน 300 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่5 บ้านทุ่งลุ่ม	เฉลี่ย จำนวน 400 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่6 บ้านวังควาย	เฉลี่ย จำนวน 300 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่7 บ้านดง	เฉลี่ย จำนวน 400 ก้อนต่อโรงเรือน
หมู่ 8 บ้านใหม่เจริญสุข	เฉลี่ย จำนวน 500 ก้อนต่อโรงเรือน
รวมทั้งสิ้น	**เฉลี่ย จำนวน 500 ก้อนต่อโรงเรือน**

6.2 ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเพาะเห็ด ต.หลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงของก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วของเห็ดนางฟ้า ตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ตามสภาพ นำส่งและน้ำหนักแห้ง

รายการ	สารระเหย (ร้อยละ) ASTM D 5142-04	ถ่านคงตัว(ร้อยละ) ASTM D 5142-04	เถ้า(ร้อยละ) ASTM D 5142-04	ความชื้น (ร้อยละ) ASTM D 3302-02a	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) ASTM D 5865-04
ก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว (สภาพนำส่ง)	5.80	37.52	3.89	6.0	1,806
ก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว (น้ำหนักแห้ง)	8.55	11.90	7.92	0.0	3,830
ขี้เลื่อย (สภาพนำส่ง)	75.2	22.3	2.5	11.3	4,620
ขี้เลื่อย (น้ำหนักแห้ง)	84.8	12.4	2.8	0.0	5,209
ไม้ยางพารา	68.5	23.8	7.6	10.5	4,470

รายการ	สารระเหย (ร้อยละ) ASTM D 5142-04	ถ่านคงตัว(ร้อยละ) ASTM D 5142-04	เถ้า(ร้อยละ) ASTM D 5142-04	ความชื้น (ร้อยละ) ASTM D 3302-02a	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) ASTM D 5865-04
(สภาพนำส่ง)					
ไม้ยางพารา (น้ำหนักแห้ง)	77.6	18.4	4.0	0.0	4,994

หมายเหตุ ผลจากห้องปฏิบัติการทางธรณี ฝ่ายวางแผนและบริหารเหมืองแม่เมาะ, 20 ตุลาคม 2556

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเชิงปริมาณของคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงแข็งของก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วของเห็ดนางฟ้าบ้านหลวงใต้ พบว่า ค่าความร้อนของเศษวัสดุมีค่าต่ำกว่าขี้เลื่อยและไม้ยางพาราที่นำมาอ้างอิง ทั้งนี้ค่าความร้อนที่ต่ำเนื่องมาจากส่วนผสมต่างๆที่ใช้ในการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ส่งผลต่อค่าถ่านคงตัวและเถ้าที่มีค่าสูง

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว ตามสภาพ นำส่ง

รายการ (อัตราส่วนที่)	สารระเหย(ร้อยละ)	ถ่านคงตัว(ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าความร้อน(กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
1	34.17	28.42	29.14	8.27	3,764
2	35.05	25.86	31.45	7.64	3,588
3	36.18	25.54	29.78	8.50	3,543

หมายเหตุ ผลจากห้องปฏิบัติการทางธรณี ฝ่ายวางแผนและบริหารเหมืองแม่เมาะ, 2 กุมภาพันธ์ 2557

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงของก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้วตามสภาพน้ำหนักแห้ง

รายการ (อัตราส่วนที่)	สารระเหย(ร้อยละ)	ถ่านคงตัว(ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
1	37.25	30.98	31.77	0	4,104
2	37.95	28.00	34.05	0	3,885
3	39.54	27.91	32.54	0	3,873

หมายเหตุ ผลจากห้องปฏิบัติการทางธรณี ฝ่ายวางแผนและบริหารเหมืองแม่เมาะ, 2 กุมภาพันธ์ 2557

เมื่อทดลองนำเศษวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้วไปแปรรูปเป็น ถ่านอัดแท่ง

ในอัตราส่วนที่ 1 ประกอบด้วย ถ่านของก้อนเพาะเห็ดใช้แล้ว (เห็ดนางฟ้า) มวล 3 กิโลกรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 0.3 กิโลกรัม และน้ำ 0.250 ลิตร

ในอัตราส่วนที่ 2 ประกอบด้วย ถ่านของก้อนเพาะเห็ดใช้แล้ว (เห็ดนางฟ้า) มวล 3 กิโลกรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 0.4 กิโลกรัม และน้ำ 0.250 ลิตร

ในอัตราส่วนที่ 3 ประกอบด้วย ถ่านของก้อนเพาะเห็ดใช้แล้ว (เห็ดนางฟ้า) มวล 3 กิโลกรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 0.5 กิโลกรัม และน้ำ 0.250 ลิตร

พบว่าอัตราส่วนที่ 1 ให้ค่าความร้อนสูงสุด

6.3 ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ของกลุ่มเพาะเห็ด ต.หลวงใต้ อ.งาว จ.ลำปาง

จากการสอบถามข้อมูลการรับซื้อเห็ดนางฟ้าจากพ่อค้าคนกลาง คุณสมชาย พันธุ์สันติกุล เพื่อนำไปจำหน่ายต่อในตลาดสดอำเภองาว มีรายละเอียดดังนี้

หมู่1 บ้านน้ำจำ	กิโลกรัมละ 50 – 55 บาท
หมู่2 บ้านทุ่ง	กิโลกรัมละ 55 – 60 บาท
หมู่3 บ้านน้ำล้อม	กิโลกรัมละ 40 – 55 บาท
หมู่4 บ้านปงคก	กิโลกรัมละ 55 – 65 บาท
หมู่5 บ้านทุ่งลุ่ม	กิโลกรัมละ 50 – 55 บาท
หมู่6 บ้านวังควาย	กิโลกรัมละ 45 – 55 บาท
หมู่7 บ้านดง	กิโลกรัมละ 50 – 65 บาท
หมู่ 8 บ้านใหม่เจริญสุข	กิโลกรัมละ 50 – 55 บาท

โดยราคาสูงสุดที่รับซื้อจากผู้ผลิตจะอยู่ในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่ มีนาคม – พฤษภาคม และราคาต่ำสุดที่รับซื้อจะอยู่ในช่วงฤดูฝนตั้งแต่ มิถุนายน – สิงหาคม

7.สรุปผลการดำเนินงาน

เนื่องจากปริมาณเศษก้อนวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดแล้ว ที่กำจัดกันอยู่ใน 8 หมู่บ้านของตำบลหลวงใต้ อำเภองาว จังหวัดลำปาง มีปริมาณที่ยังสามารถจัดการเองได้ภายในครัวเรือนในลักษณะของการเผาและขนไปทิ้งตามพื้นที่ทำนาและพื้นที่ทำสวน แต่ด้วยราคาของเห็ดที่เพาะกันอยู่นั้นมีราคาสูงซึ่งเป็นสิ่งที่ดึงดูดให้เกิดการขยายกำลังการผลิตต่อครัวเรือนในอนาคต ดังนั้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตระหนักในการจัดการกับสิ่งที่จะกลายเป็นปัญหาในอนาคตจากกิจกรรมเชิงอุตสาหกรรมทางการเกษตร จำต้องเปิดมุมมองกลุ่มเพาะเห็ดให้ตื่นตัวกับสิ่งที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในอนาคต

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนประจำปีงบประมาณ 2556 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เอกสารอ้างอิง

[1] รวิภา ยงประยูร, ธานินทร์ คูพูลทรัพย์ และ จักรกฤษณ์ ฮั่นยะลา, การบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ด้วยเทคโนโลยีกระบวนการทางความร้อนในการแปรรูปชีวมวล, กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานแผนพลังงานทดแทน, 2553

[2] รวิภา ยงประยูร, การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง, งบประเด็นยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 2554

[3] เจิดจันทร์ จันทร์ดี และ วิมลวรรณ จำชาติ, การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีสาขาครุศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 2553

[4] กรพรรณ เทพวัง และ รัตนา ฝั้นเฝือ, การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไพโรไลซีส สำหรับขยะพลาสติกในกิจกรรมเพาะเห็ด, ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง, 2553

[5] รวิภา ยงประยูร และ คณะ, แนวทางการบูรณาการการจัดการปัญหาก้อนวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง, รายงานการวิจัยปีงบประมาณ 2555 ภายใต้บันทึกตกลงความร่วมมือระหว่างสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายวิจัยเพื่อท้องถิ่น กับ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

O-EM07

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและสังคมจากการลงทุนระบบก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร กรณีศึกษา: ตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

อภิชาติ คงแป้น[1]

[1] ส่วนพลังงานชุมชน ฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) 10900 E-mail: apichart.k@pttplc.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลตอบแทนด้านเศรษฐกิจและสังคมในการลงทุนระบบก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรที่ตำบลท่ามะนาว อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี โดยประยุกต์แนวคิด เรื่อง การประเมินผลแบบ Goal-attainment model การวิเคราะห์ประสิทธิภาพรายจ่ายสาธารณะและผลกระทบภายนอก เพื่อประเมินว่าการลงทุนนั้นคุ้มค่าหรือไม่ โดยมีการวิเคราะห์ผลตอบแทน และค่าใช้จ่ายทั้งทางตรง และทางอ้อมของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญ ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า โครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมีผลตอบแทนจากการลงทุนรวม 333,264 บาทในปีแรก ปีที่สองเป็นต้นไป 259,564 บาทต่อปี เรียงลำดับผลตอบแทนจากมากไปน้อย ได้แก่ 1) ด้านเกษตรกรรม คือ ผลผลิตต่อไร่ที่สูงขึ้นจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ รายได้จากการขายปุ๋ยชีวภาพ และลดการซื้อปุ๋ยเคมี 2) ด้านพลังงาน คือ ลดการซื้อก๊าซหุงต้ม และลดน้ำมันดีเซลเพื่อผลิตไฟฟ้า 3) ด้านแรงงาน คือ การเพิ่มการจ้างงานภายในชุมชน 4) ด้านสิ่งแวดล้อม คือ การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ในขณะที่ค่าใช้จ่ายงบการลงทุนรวม 416,400 บาท ได้แก่ 1) งบก่อสร้าง คือ บ่อหมักก๊าซ ท่อส่งก๊าซ เตาก๊าซ และสถานีเพิ่มแรงดันก๊าซ และ 2) งบดำเนินการรวม 31,200 บาทต่อปี ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา และค่าบริหารจัดการ เช่น ค่ากระสอบปุ๋ย ค่าสาธารณูปโภค เป็นต้น เมื่อคิดอายุโครงการ 5 ปี สรุปการวิเคราะห์ประสิทธิภาพรายจ่าย หากคิดผลตอบแทนรวมทางตรงและทางอ้อมโครงการนี้จะคุ้มค่าต่อการลงทุน ที่ให้อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 2.48 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 32.61% ระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปี 10 เดือน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 1,067,030 บาท และค่าใช้จ่ายต่อประสิทธิผล (C/E ratio) 19,553 บาทต่อ 1 tonCO_2eq โดยผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้จะเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลงทุนด้านพลังงานหมุนเวียนของภาครัฐหรืองานกิจการเพื่อสังคมต่อไป

คำสำคัญ: Benefit-Cost analysis; Biogas; SROI; Social Return on Investment; Socio economics

1. ที่มาและความสำคัญ

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559) ได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์สำคัญ เรื่อง ความเข้มแข็งของภาคเกษตรกรรม ความมั่นคงของอาหาร และพลังงาน ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นฐานการผลิตภาคเกษตรให้เข้มแข็งและยั่งยืน การเพิ่มประสิทธิภาพ และศักยภาพการผลิตภาคเกษตร การสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร สร้างความมั่นคงในอาชีพ รายได้เกษตรกร การสร้างความมั่นคงด้านอาหาร และพัฒนาพลังงานชีวภาพ การสร้างความมั่นคงด้านพลังงานชีวภาพ การปรับระบบการจัดการภาครัฐ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ, 2554) โดยทั้งภาครัฐและภาคเอกชนต่างได้ให้การสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนอย่างแพร่หลาย

แต่จากผลการวิจัยของ วิสาขา ภู่จินดา (2552) สรุปไว้ว่าการจัดการพลังงานหมุนเวียนสำหรับชุมชนนั้นยังมีปัญหา และอุปสรรคที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ การขาดผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานชุมชน การขาดนโยบายสนับสนุนจากหน่วยงานระดับท้องถิ่น ปัญหาด้านวัตถุดิบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตการพลังงานหมุนเวียนไม่มีประสิทธิภาพ การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างต่อเนื่อง การขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการพลังงาน ทำให้บางชุมชนไม่ได้ผลิตพลังงานหมุนเวียนมาใช้จริงจัง ไม่มีความยั่งยืน และขาดความเชื่อมั่นในการใช้งาน ซึ่งจะส่งผลให้ชุมชนได้รับผลกระทบโดยตรงหากราคาพลังงานหลักเพิ่มสูงขึ้น

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้การจัดการพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยมีปัญหา คือ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานหลัก สอดคล้องกับประเทศเดนมาร์ค ซึ่งทาง Henrik Lund (2009: 173-179) ได้เสนอกรณีศึกษา เรื่อง การประเมินความเป็นไปได้ของสถานีก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่ในประเทศเดนมาร์คเมื่อปี ค.ศ.1990-1992 ช่วงแรกมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพค่าใช้จ่ายโดยใช้วิธีการ Cost-benefit analysis โดยประเมินต้นทุนจากงบลงทุน งบบำรุงรักษาระบบ ผลประโยชน์ที่ได้จากก๊าซชีวภาพเมื่อเทียบกับราคาตลาด และค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้จากการจัดการสิ่งแวดล้อม ปรากฏว่าผลของการประเมินโครงการ คือ ไม่น่าสนใจลงทุน และมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอที่จะตัดสินใจลงทุน เมื่อนำเสนอต่อรัฐสภาเดนมาร์ค และเป็นการยากที่จะชี้แจงทำความเข้าใจกับประชาชน อย่างไรก็ก็ตาม เมื่อได้เสนอแนวทางการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้วยวิธี Socioeconomic feasibility ซึ่งให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์หลักของทางรัฐสภา ทำให้มีการกำหนดประเด็นสำคัญในการพิจารณาเพิ่มเติม ได้แก่ จำนวนการจ้างงานที่เพิ่มขึ้นจากการก่อสร้าง และการบำรุงรักษาระบบก๊าซชีวภาพ เงินภาษีที่รัฐเก็บได้มากขึ้น เงินชดเชยราคาพลังงานที่ลดลง ดุลบัญชีการค้าระหว่างประเทศที่ลดลงจากการลดการนำเข้า

น้ำมัน และถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง ผลปรากฏว่า ในที่สุดโครงการนี้ได้รับความเห็นชอบจากรัฐสภา

ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการจัดการการพลังงานหมุนเวียนสำหรับชุมชนที่ต่อเนื่อง และเกิดความยั่งยืน ควรมีการให้ความรู้แก่สมาชิกในชุมชนให้ทราบถึงคุณประโยชน์ที่จะได้รับทั้งต่อตนเอง สังคม ชุมชน ประเทศชาติ ที่มีผลต่อการบรรลุวัตถุประสงค์ในการพัฒนาประเทศ มีการติดตามประเมินผลเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นรูปธรรมในเชิงตัวเลข เกิดเครือข่ายแลกเปลี่ยนความรู้ ให้แต่ละชุมชนนำข้อมูลมาสนับสนุนการผลิตการพลังงานหมุนเวียนของตนเอง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการวัดผลตอบแทนจากการลงทุนที่ให้ความสำคัญกับมูลค่าสุทธิของสังคมโดยรวมทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น และสรุปข้อมูลเป็นเชิงปริมาณ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพรายจ่ายว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลงทุนในระดับใด

2. ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลภัทร บุราคัม (2544) กล่าวว่า การใช้จ่ายของรัฐบาลเพื่อผลิตสินค้า หรือบริการใดก็ตาม รัฐบาลควรเลือกเฉพาะในกิจกรรมที่นำประโยชน์มาสู่สังคมมากกว่าผลเสียที่กิจกรรมนั้นสร้างกับสังคม นั่นคือ ต้องคำนึงถึง ประสิทธิภาพ (Efficiency) หรือความคุ้มค่าของการลงทุน หรือการใช้จ่ายของรัฐบาล ทั้งนี้การเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่จะต้องเสียไปกับผลได้ที่คาดว่าจะได้รับกลับคืนมาจากการใช้จ่ายนั้น ถ้าผลได้ที่ได้รับสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป การใช้จ่ายนั้นก็ย่อมเป็นการใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ

อัญชนา ณ ระนอง (ม.ป.ป.) ระบุว่า "ผลกระทบภายนอก (Externalities) คือ การบริโภค และการผลิตของบุคคล หรือหน่วยธุรกิจไปมีผลกระทบต่อบุคคล หรือหน่วยธุรกิจอื่น ผลกระทบดังกล่าว อาจทำให้ต้นทุน หรือผลประโยชน์ของบุคคล หรือหน่วยธุรกิจอื่นเพิ่มขึ้น" ผลกระทบภายนอกด้านลบ จะเรียกว่า negative externalities ส่วนต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเรียกว่า external cost ในขณะที่ ผลกระทบภายนอกด้านบวก จะเรียกว่า positive externalities ส่วนผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นเรียกว่า external benefit ตัวอย่าง External cost ได้แก่ มลภาวะทางเสียงจากการขึ้นลงของเครื่องบินในบริเวณใกล้สนามบินที่เปิดใหม่ ส่วนตัวอย่าง External benefit ได้แก่ ราคาที่ดินมีการปรับตัวสูงขึ้นในบริเวณใกล้สนามบินที่เปิดใหม่ หรือกิจกรรมทางเศรษฐกิจดีขึ้น

ขั้นแรกของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพรายจ่ายสาธารณะ คือ การประเมินต้นทุน (Cost) และ ผลตอบแทน (Benefit) ของโครงการ สำหรับค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของโครงการหนึ่งๆจะประกอบไปด้วย (1) ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นโดยตรงจากงบลงทุน (Capital cost) และงบดำเนินการ (Operation cost) และ (2) ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect cost) ซึ่งเป็นต้นทุนที่มิได้เกิดจากโครงการนั้นโดยตรง แต่เป็นค่าความสูญเสียอันเกิดจากโครงการนั้น หรืออาจเรียกต้นทุนส่วนนี้ว่า “ค่าเสียโอกาส” (Opportunity cost) ในขณะที่ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการประกอบไปด้วย 2 ประเภทเช่นกัน คือ (1) ผลประโยชน์ทางตรง (Direct benefit) และ (2) ผลประโยชน์ทางอ้อม (Indirect benefit) ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นตัวเงิน และไม่เป็นตัวเงิน และมีความหมายแตกต่างจากคำว่า “กำไร” (Profit) กล่าวคือ กำไรทางธุรกิจจะคำนวณเฉพาะที่เป็นตัวเงินแท้ๆ ส่วนผลตอบแทนจากการใช้จ่ายของรัฐ หรือกิจกรรมทางสังคม จะมีผลตอบแทนมากกว่ากำไรที่เป็นตัวเงินโดยอยู่ในรูปที่ไม่เป็นตัวเงินด้วย และผลตอบแทนนี้จะตกแก่สังคมทั้งหมด ไม่ใช่เฉพาะคนใดคนหนึ่ง เมื่อทราบค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนทั้งหมด ขั้นตอนต่อไป คือ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของค่าใช้จ่าย โดยวิธี Cost-benefit analysis ที่มีรายละเอียดดังนี้

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันรวมของต้นทุน โดยควรจะตัดสินใจลงทุนเมื่อ NPV >0 และมีค่ายิ่งมากยิ่งดี งานวิจัยนี้ตั้งสมมติฐานว่าโครงการระบบก๊าซชีวภาพมีอายุการใช้งาน 5 ปี โดยค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนเพิ่มขึ้นปีละ 2.60% ซึ่งเป็นอัตราเงินเฟ้อทั่วไป (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ก) และอัตราส่วนลดที่ใช้ 6.35% ซึ่งเป็นอัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษีของ บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) ในปี 2556 (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2557)

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR) คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย การตัดสินใจลงทุน BCR ต้องมีค่ามากกว่า 1 และยิ่งมากยิ่งดี

- ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PP) หมายถึง ค่าใช้จ่ายการลงทุนทั้งหมดต่อผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี ในการตัดสินใจลงทุนค่าของ PP ยิ่งน้อยยิ่งดี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของธุรกิจหรืออุตสาหกรรม

- อัตราตอบแทนภายใน (Internal Return Rate: IRR) หมายถึง อัตราร้อยละที่จะทำให้ผลตอบแทน และค่าใช้จ่ายที่ได้คิดลดเป็นมูลค่าในปัจจุบันเท่ากัน หรืออัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์ การตัดสินใจลงทุน IRR ควรมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และยิ่งมากยิ่งดี อัตราดอกเบี้ยขั้นสูงที่ใช้ คือ 7.32% (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ข) ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ยของธนาคารพาณิชย์ของเงินให้สินเชื่อประเภท MLR (Minimum Loan Rate) ประจำวันที่ 10 ก.ค. 2557 และอัตราส่วนลดขั้นต่ำที่ใช้ คือ 3.25% ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาลไทยอายุ 3 ปี เปิดจำหน่ายวันที่ 8 พ.ค. 2557 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ค)

Larisa Lovrencec (2010) ได้นำเสนอบทความ เรื่อง Highlights of socio-economic impact from biogas in 28 target region ซึ่งมุ่งเน้นผลกระทบภายนอกที่สำคัญ จากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ จากวัตถุดิบทางการเกษตรของโครงการ BiogasIN ใน 28 พื้นที่ในประเทศยุโรปกลางและยุโรปตะวันออก ประเด็นสำคัญ ได้แก่ กำลังการผลิตเมื่อเทียบเป็นหน่วย จำนวนโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ จำนวนประชากรที่มีงานทำเพิ่มขึ้น และงบลงทุน การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณไม่ได้ตีมูลค่าเป็นตัวเงิน แต่ได้ระบุประเด็นของผลกระทบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: นิยามผลตอบแทนของระบบก๊าซชีวภาพในโครงการ Biogas IN

ผลประโยชน์ที่สังคมได้รับ	**ผลประโยชน์ที่เกษตรกรได้รับ**
- การนำพลังงานผลิตความร้อน ผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิง การลดการจัดหา จัดเก็บ จัดส่ง นำเข้าพลังงานหลัก - การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก - การลดของเสียในอุตสาหกรรมเกษตร และครัวเรือน - การลดมลภาวะของดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน - การลดการใช้น้ำในกระบวนการการผลิตพลังงานหลัก - การจ้างงานใหม่จากงานก่อสร้าง และบำรุงรักษาระบบ	- ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง เพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ - ลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่ยังไม่ผ่านกระบวนการบำบัดของเสีย - เพิ่มรายได้ และลดค่าใช้จ่ายเกษตรกร เช่น การลดการใช้ปุ๋ยเคมี การเป็นวิทยากร - ระบบก๊าซชีวภาพเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม - การเลือกใช้วัตถุดิบประเภทอื่นๆในการผลิต

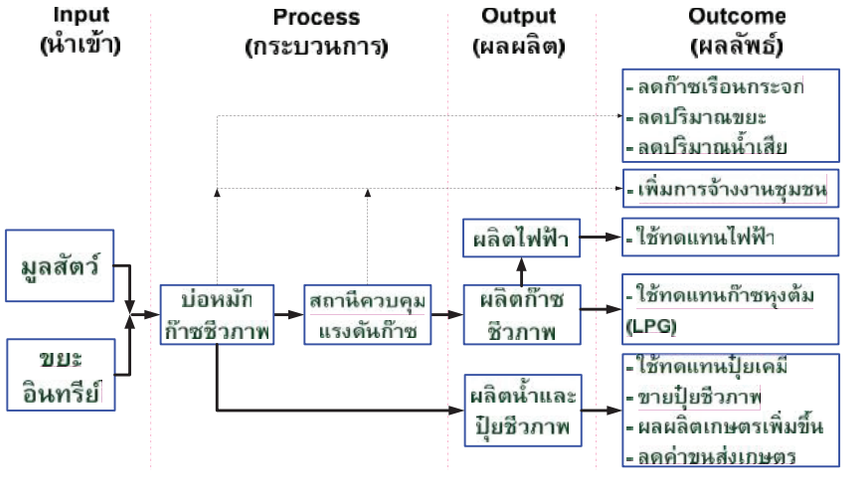
Christina MØrup (2012) เสนองานวิจัยเรื่อง Viability of Household Biogas Plants in Vietnam: A social Cost-Benefit Analysis มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และสังคมจากระบบก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนในประเทศเวียดนาม ผลการวิจัยสรุปว่า ปัจจัยที่มีผลตอบแทนอย่างสูงของระบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร ได้แก่ การพัฒนาภายในชุมชน และด้านสิ่งแวดล้อม รวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิทั้งหมด 39,156,738 ดงเวียดนาม (VND) หรือประมาณ 59,910 บาท (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ง) โดยในงานวิจัยนำเสนอตัวแปรต่างๆที่มีความอ่อนไหวทางการเงิน ที่อาจทำให้การวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนตามระยะเวลา ได้แก่ ปริมาณสารตั้งต้นของมูลสุกร ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพแต่ละฤดูกาล ชนิดและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทดแทนราคาพลังงานต่อหน่วย ราคาปุ๋ยอินทรีย์ต่อหน่วย ผลผลิตต่อไร่ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ค่าใช้จ่ายปฏิบัติงาน และบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน อายุการใช้งานของระบบก๊าซชีวภาพ อัตราส่วนลดที่ใช้คำนวณ และราคาคาร์บอนเครดิต (tonCO_2eq price)

ตารางที่ 2: นิยามผลตอบแทน และค่าใช้จ่ายทางสังคมของระบบก๊าซชีวภาพ (Christina MØrup, 2012: 55)

การประเมิน	**ค่าใช้จ่าย**	**ผลตอบแทน**
Financial (ครัวเรือน)	- การลงทุนที่มีการอุดหนุนจากภาครัฐ - ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และบำรุงรักษา - ค่าประกันภัย - ค่าใช้จ่ายทางการเงิน เช่น ดอกเบี้ย	- ก๊าซชีวภาพ(พลังงาน) (ประหยัดเชื้อเพลิง และเวลา) - ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง - ค่าใช้จ่ายในการรักษาสุขภาพ
Socio economic (สังคม)	- การลงทุนเองในระบบทั้งหมด - ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และบำรุงรักษา - ค่าเสียโอกาส (การอุดหนุนจากภาครัฐ)	- การฟื้นฟูสภาพป่าไม้ - การจ้างงาน - สุขภาพที่ดีขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ Goal-attainment model (อัชกรณ์ วงศ์ปรีดี, 2557) เป็นเครื่องมือในการประเมินการใช้งานระบบก๊าซชีวภาพ ซึ่งโมเดลนี้จะเน้นเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์เป็นหลัก ที่เป็นผลลัพธ์สุดท้าย (Outcome) ที่มีคุณค่าที่แท้จริงต่อระดับครัวเรือน ระดับชุมชน และระดับประเทศ ซึ่งประกอบไปด้วยผลตอบแทนทางตรง คือ ด้านพลังงาน ส่วนผลตอบแทนทางอ้อม ได้แก่ ด้านเกษตรกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านแรงงาน ในขณะที่ส่วนของค่าใช้จ่ายประกอบไปด้วย งบลงทุน งบบริหารจัดการ และงบบำรุงรักษาตามสายโซ่ผลกระทบ ในรูปที่ 1 ได้แสดงกรอบในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรายจ่าย ที่เป็นการประเมินผลแบบเปิด (open system evaluation) ที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมให้ประชาชนมีบทบาทในการตัดสินใจ และเพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริง มีความชัดเจน โปร่งใส สร้างความมั่นใจให้กับสังคม เปิดโอกาสให้รับทราบข้อมูล ให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ มีความถูกต้อง เป็นกลาง เสมอภาค และเป็นธรรมกับทุกภาคส่วน ปราศจากอคติ และการเลือกปฏิบัติ คือ นำเสนอทั้งความสำเร็จ และความล้มเหลวตรงไปตรงมา (วรเดช จันทรศร และไพโรจน์ ภัทรนรากุล, 2555) ผู้ให้ข้อมูลในงานวิจัย ได้แก่ ครัวเรือนที่ใช้ก๊าซชีวภาพ

เจ้าของฟาร์มสุกร ผู้ก่อสร้าง ผู้บำรุงรักษาระบบ คณะกรรมการพลังงานประจำชุมชน ผู้นำชุมชน เช่น ผู้ใหญ่บ้าน แกนนำชุมชน และข้าราชการของ อบต.ท่ามะนาว ซึ่งได้นัดหมายประชุมเพื่อเก็บข้อมูลพร้อมกัน



รูปที่ 1: สายโซ่ผลกระทบของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 1 ใช้แนวคิดเรื่อง logic model ในการอธิบายกระบวนการการเกิดก๊าซชีวภาพตลอดสายโซ่การผลิต ซึ่งกระบวนการดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปัจจัยนำเข้า คือ มูลสัตว์ และขยะอินทรีย์ → กระบวนการผลิต คือ บ่อหมักก๊าซชีวภาพ และสถานีควบคุมแรงดันก๊าซชีวภาพ → ผลผลิตที่ได้จากระบบ คือ ก๊าซชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยหมักชีวภาพ → ส่วนผลลัพธ์ที่ได้ คือ การใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนน้ำมันเพื่อผลิตไฟฟ้า การลดค่าใช้จ่ายในการซื้อก๊าซหุงต้ม รายได้จากการขายปุ๋ยชีวภาพ การลดค่าขนส่งทางการเกษตร ผลผลิตต่อไร่ที่สูงขึ้นจากการใช้น้ำ หรือปุ๋ยชีวภาพ การลดการซื้อปุ๋ยเคมีเพื่อการเกษตร การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก การลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย การลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะ การเพิ่มการจ้างงาน รายได้จากการเป็นวิทยากร รายได้จากการขายสินค้าจากคนที่มาทำงาน หรือดูงานในชุมชน

4. ผลการศึกษา

สรุปผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 3 โดยผลตอบแทนที่มีสัดส่วนสูงมากที่สุดตามลำดับ ได้แก่ ผลผลิตอ้อยที่เพิ่มขึ้นต่อไร่ จำนวนปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้ การลดค่าใช้จ่ายน้ำมันดีเซล มูลค่าสุกรที่เพิ่มขึ้น ตามเงื่อนไขของการทำเกษตรแบบมีพันธสัญญา การลดการซื้อปุ๋ยเคมีใส่ในไร่อ้อย การลดค่าใช้จ่ายซื้อ LPG และมูลค่าคาร์บอนเครดิต สำหรับค่าจ้างแรงงานชุมชนในการก่อสร้าง จะให้ผลตอบแทนเฉพาะปีแรก และจากตารางที่ 4-7 สรุปได้ว่าระบบก๊าซชีวภาพมีค่าใช้จ่ายต่อประสิทธิผล (C/E ratio) ที่ 19,553 บาทต่อ 1 tonCO_2eq โดยหากคิดเฉพาะทางตรง คือ ด้านพลังงาน โครงการนี้จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน คือ BCR = 0.74, IRR < 0, NPV = 248,490 บาท และ Payback period = 7 ปี 11 เดือน แต่หากคิดรวมทั้งทางตรงและทางอ้อม จะคุ้มค่าต่อการลงทุน คือ BCR = 2.48, IRR = 32.61%, NPV = 1,067,030 บาท และ Payback period = 1 ปี 10 เดือน

ตารางที่ 3: ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และสังคมของระบบก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร ต.ท่ามะนาว

ค่าใช้จ่ายหรือผลตอบแทน		มูลค่า	หมายเหตุ
งบลงทุน	- ค่าก่อสร้างบ่อหมักก๊าซ 50 m^3 เตาก๊าซ สถานีเพิ่มแรงดันก๊าซ ท่อส่งก๊าซ	416,400 บาท	รวมเงินลงทุนของทางชุมชนและหน่วยงานภายนอกทั้งหมด
ค่าบำรุงรักษาบริหารจัดการ	- ค่าใช้จ่ายในการบริหารงาน และค่าบำรุงรักษาระบบก๊าซชีวภาพทั้งหมด	31,200 บาทต่อปี	ค่ากระสอบปุ๋ยสูงที่สุด คือ 24,000 บาท ค่าใช้จ่ายอื่นรวม 7,200 บาท
ด้านพลังงาน	- ลดค่าใช้จ่ายค่าก๊าซ LPG ของ 9 ครัวเรือน และฟาร์มสุกร 1 ฟาร์ม - ลดน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องปั่นไฟฟ้าภายในฟาร์มเลี้ยงสุกร	7,215 บาทต่อปี 56,700 บาทต่อปี	-ลด LPG ได้ 18.5 ถัง หรือ 277.5 kg ต่อปีราคาก๊าซถังละ 390 บาท -ลดได้ 9 ลิตรต่อวัน ระยะเวลา 7 เดือนต่อปี ราคาดีเซล 30บาท/ลิตร
ด้านเกษตรกรรม	- มูลค่าสุกรที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งระบบก๊าซชีวภาพ ตามเงื่อนไขของการทำเกษตร	21,600 บาทต่อปี	-มูลค่าเพิ่มสุกร 0.20 บาทต่อ kg เฉลี่ยหนักตัวละ 100 kg เลี้ยง 550 ตัว ตาย

ค่าใช้จ่ายหรือผลตอบแทน		มูลค่า	หมายเหตุ
	แบบมีพันธสัญญา - จำนวนปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้ แล้วเจ้าของฟาร์มนำมาใช้ที่ไร่อ้อยเอง - ลดการซื้อปุ๋ยเคมีใส่ในไร่อ้อยพันธุ์ K11 ของเจ้าของฟาร์มเอง - ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นต่อไร่จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ (เปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกติดกันแต่ไม่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพ)	60,000 บาทต่อปี 14,000 บาทต่อปี 100,000 บาทต่อปี	10 ตัว ใน 1 ปี เลี้ยง 2 รุ่น -ปุ๋ยชีวภาพกิโลกรัมละ 4/3 บาท ผลิตได้ 1,500 กระสอบๆละ 30 kg -ลดปุ๋ยเคมีได้ 20 กระสอบต่อปี กระสอบละ 700 บาท -ปลูกอ้อย 20 ไร่ เดิมเก็บได้ 10 ตันต่อไร่ เพิ่มเป็น 15 ตันต่อไร่ ราคาตันละ 1,000 บาท
ด้านสิ่งแวดล้อม	-มูลค่าคาร์บอนเครดิตจากก๊าซมีเทนที่ลดลงได้ โดยเทียบค่าสัดส่วนเท่ากับก๊าซ LPG และดีเซล	64 บาทต่อปี	-ลดก๊าซ LPG และดีเซล ปริมาณเทียบเท่า CO_2 จำนวน 5.94 ตัน ราคาเฉลี่ย 1 ปี ย้อนหลัง 10.80 บาทต่อตัน (Carbon price, 2014)
ด้านแรงงาน	- ค่าจ้างแรงงานชุมชน ในการก่อสร้างระบบก๊าซชีวภาพ	70,700 บาท	-เฉพาะปีแรกเท่านั้น

ตารางที่ 4: ตารางคำนวณ BCR, NPV และ PP ของระบบก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร (คิดเฉพาะทางตรง)

ปีที่	Costs		*inflation rate =*	*2.60%*	f/p@DCR		PV cost	
	CAPEX	OPEX	Total benefits	Total costs	6.35%	PV benefit	(OPEX)	NPV
1	416,400	7,200	63,915	423,600	0.940	60,098.73	6,770.10	53,328.63
2		7,387	65,577	7,387	0.884	57,979.59	6,531.38	51,448.21
3		7,579	67,282	7,579	0.831	55,935.18	6,301.08	49,634.10
4		7,776	69,031	7,776	0.782	53,962.85	6,078.89	47,883.96
5		7,979	70,826	7,979	0.735	52,060.07	5,864.55	46,195.53
			336,630.61	***454,321.31***		***280,036.43***	***31,546.00***	***248,490.43***
	BCR =	$\frac{\sum PV\ benefit}{\sum PV\ cost}$	=	0.74	PP =	$\frac{\sum PV\ capex}{Average\ benefit}$ =	7.88	years

ตารางที่ 5: ตารางคำนวณ IRR ของระบบก๊าซชีวภาพ (คิดเฉพาะทางตรง)

ปีที่	benefit	cost	Cash flow	f/p@DCR 3.25%	Cash flow NPV_{low}	f/p@DCR 7.32%	Cash flow NPV_{high}
1	63,915	423,600	-359,685.00	0.969	-348,363.20	0.932	-335,151.88
2	65,577	7,387	58,189.59	0.938	54,583.98	0.868	50,522.40
3	67,282	7,579	59,702.52	0.909	54,240.35	0.809	48,300.39
4	69,031	7,776	61,254.78	0.880	53,898.88	0.754	46,176.11
5	70,826	7,979	62,847.41	0.852	53,559.57	0.702	44,145.26
	336,630.61	***454,321.31***	***-117,690.70***		***-132,080.42***		***-146,007.72***
	IRR =	DCR low+$\frac{(DCR\ high-DCR\ low) \times NPV\ low}{(NPV\ high- NPV\ low)}$			=	-35.35	(พลภัทร บุราคม, 2557)

ตารางที่ 6: ตารางคำนวณ BCR, NPV และ PP ของระบบก๊าซชีวภาพ (คิดรวมทางตรงและทางอ้อม)

ปีที่	Costs		*inflation rate =*	*2.60%*	f/p@DCR		PV cost	
	CAPEX	OPEX	Total benefits	Total costs	*6.35%*	PV benefit	(OPEX)	NPV
1	416,400	31,200	330,264	447,600	0.940	310,544.43	29,337.09	281,207.33
2		32,011	266,313	32,011	0.884	235,459.83	28,302.64	207,157.19
3		32,843	273,237	32,843	0.831	227,157.30	27,304.66	199,852.64
4		33,697	280,341	33,697	0.782	219,147.52	26,341.88	192,805.65
5		34,574	287,630	34,574	0.735	211,420.18	25,413.04	186,007.14
			1,437,784.22	***580,725.67***		***1,203,729.26***	***136,699.31***	***1,067,029.95***
	BCR = $\frac{\sum \text{PV benefit}}{\sum \text{PV cost}}$ =			2.48	PP =	$\frac{\sum \text{PV capex}}{\text{Average benefit}}$ =	1.83	years

ตารางที่ 7: ตารางคำนวณ IRR ของระบบก๊าซชีวภาพ (คิดรวมทางตรงและทางอ้อม)

ปีที่	benefit	cost	Cash flow	f/p@DCR 3.25%	Cash flow NPV_{low}	f/p@DCR 7.32%	Cash flow NPV_{high}
1	330,264	447,600	-117,336.00	0.143	-16,762.29	0.932	-109,332.84
2	266,313	32,011	234,301.46	0.938	219,783.40	0.868	203,429.38
3	273,237	32,843	240,393.30	0.909	218,399.77	0.809	194,482.43
4	280,341	33,697	246,643.53	0.880	217,024.86	0.754	185,928.97
5	287,630	34,574	253,056.26	0.852	215,658.60	0.702	177,751.70
	1,437,784.22	***580,725.67***	***857,058.55***		***854,104.34***		***652,259.65***
	IRR =	DCR low+$\frac{\text{(DCR high-DCR low) x NPV low}}{\text{(NPV high- NPV low)}}$ =				20.47	(พลภัทร บุราคม, 2557)

5.สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลลัพธ์จากงานวิจัยสรุปได้ว่า ปัจจุบันระบบก๊าซชีวภาพในตำบลท่ามะนาวมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยให้ผลตอบแทนด้านการเกษตรดีที่สุด แต่เนื่องจากรัฐบาลยังคงอุดหนุนราคา LPG และน้ำมันดีเซล ทำให้การลงทุนเพื่อจะใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนพลังงานหลักเพียงอย่างเดียวจะเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า และไม่จูงใจให้เกิดการใช้งาน ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมการใช้งานปุ๋ยชีวภาพมากขึ้น และควรสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับปุ๋ยชีวภาพโดยการขอใบรับรองมาตรฐาน หรือทำปุ๋ยอัดเม็ด เพื่อให้ราคาปุ๋ยต่อกิโลกรัมสูงมากกว่าปัจจุบัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรโดยตรงทั้งการลดค่าใช้จ่าย และการลดผลกระทบทางลบที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมี เกษตรกรจะมีผลผลิตต่อไร่ที่สูงขึ้นจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ การแจกจ่าย หรือขายปุ๋ยชีวภาพให้กับชุมชน

6.บรรณานุกรม

[1] ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ก, “รายงานนโยบายทางการเงิน,” http://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Inflation/Pages/index.aspx [10 กรกฎาคม 2557].

[2] ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ข, “อัตราดอกเบี้ยประจำวันของธนาคารพาณิชย์,” http://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/ interestrate [10 กรกฎาคม 2557].

[3] ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ค, “อัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล อายุ 3 ปี,” http://www.bot.or.th/Thai/FinancialMarkets/BondProfile [10 กรกฎาคม 2557].

[4] ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557ง, “อัตราแลกเปลี่ยนประจำวัน,” http://www.bot.or.th/Thai/Statistics/FinancialMarkets/ExchangeRate [3 กรกฎาคม 2557].

[5] บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2557, “รายงานประจำปี 2556 บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน),” กรุงเทพฯ: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน).

[6] พลภัทร บุราคม, 2557, “การวิเคราะห์การเงิน และงบประมาณ,” กรุงเทพฯ: คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[7] พลภัทร บุราคม, 2544, “การวิเคราะห์รายจ่ายสาธารณะ,” พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ: คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[8] วรเดช จันทรศร และไพโรจน์ ภัทรนรากุล, 2555, “การประเมินผลในระบบเปิด,” พิมพ์ครั้งที่ 11 กรุงเทพฯ: โครงการเอกสารและตำรา สมาคมรัฐประศาสนศาสตร์ นิด้า.

[9] วิสาขา ภู่จินดา, 2552, “การประยุกต์หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการจัดการพลังงานในระดับชุมชน,” กรุงเทพฯ: คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[10] วิสาขา ภู่จินดา, 2557, “ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและผลตอบแทนทางสังคมของการใช้พลังงานชีวมวลระดับชุมชนและครัวเรือน,” กรุงเทพฯ: คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[11] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ, 2554, “แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559),” กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ.

[12] อัชกรณ์ วงศ์ปรีดี, 2557, “การวางแผน การบริหาร และการประเมินโครงการ,” กรุงเทพฯ: คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[13] อัญชนา ณ ระนอง, ม.ป.ป., “การคลังสาธารณะ,” กรุงเทพฯ: คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[14] Carbon Place, 2014, “CER Market,” http://www.carbonplace.eu/info-commodities-CER [16 August 2014].

[15] Christina MØrup, 2012, “Viability of Household Biogas Plants in Vietnam: A social Cost-Benefit Analysis,” M.Sc. in International Economic Consulting, Aarhus University.

[16] Henrik Lund, 2009, “Renewable Energy Systems: The choice and modeling of 100% renewable solutions,” Massachusetts: Academic Press.

[17] Larisa Lovrencec, 2010, “Highlights of socio-economic impact from biogas in 28 target region,” http://www.biogasin.org/files/pdf/Highlights of_socio-economic%20issues.pdf [18 June 2014].

O-EM08

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน : กรณีศึกษาโรงงานควบคุมในเขตกรุงเทพมหานคร

FACTORS OF WORK MOTIVATION OF PERSONAL FOR RESPONSIBLE FOR ENERGY : CASE STUDY FACTORY IN BANGKOK AREA

สิทธิพล กว้างนอก[1], ธรินี มณีศรี[2]

[1]กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 10330 E-mail : old_tiger_33@hotmail.com

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 10900 E-mail : tharinee.ma@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน และนำเสนอแนวทางเชิงนโยบายให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 169 คน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมุติฐานใช้แบบที (t-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุ 31 - 40 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรีดำรงตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ (ผชร.) ได้รับการอบรม/สัมมนา/ดูงาน จำนวน 1 - 2 ครั้งต่อปี เคยปฏิบัติงานเพียงหน่วยงานเดียว และมีระยะเวลาในการรับตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต่ำกว่า 5 ปี โดยผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.34)

ผลการวิจัยพบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่ง จำนวนหน่วยงานที่เคยปฏิบัติงาน และระยะเวลาในการรับตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานไม่มีผลกระทบต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ยกเว้นการอบรม/สัมมนา/ดูงาน พบว่าผู้รับผิดชอบด้านพลังงานกลุ่มที่ได้รับการอบรม/สัมมนา/ดูงาน มากกว่า 4 ครั้งต่อปี จะมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานมากกว่ากลุ่มที่มีการอบรม/สัมมนา/ดูงาน ต่ำกว่า 4 ครั้งต่อปี อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังนั้นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ ผู้บริหารควรส่งเสริมให้ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานได้มีโอกาสพัฒนาความรู้ ความสามารถ เพื่อให้เกิดความก้าวหน้าในตำแหน่งหน้าที่การงาน เช่น การศึกษาต่อ การฝึกอบรม การสัมมนาดูงาน เป็นต้น และภาครัฐ ควรออกระเบียบข้อบังคับ หรือแก้ไขกฎหมายเพื่อปรับปรุงมาตรฐาน ความรู้ ความสามารถ ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานให้สูงขึ้น

คำสำคัญ : ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน; แรงจูงใจ; Herzberg

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2535 โดยมีเจตนารมณ์ที่จะส่งเสริมให้เกิดวินัยในการอนุรักษ์พลังงานและมีการลงทุนในการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคารเป็นสำคัญ แต่เนื่องจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้ใช้บังคับมานาน จึงทำให้บทบัญญัติบางประการไม่สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพการณ์ปัจจุบัน จึงได้มีการปรับปรุงกฎหมายให้มีความเหมาะสม ครอบคลุมกิจกรรมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในทุกภาคส่วน โดยได้ปรับปรุงเค้าโครงการดำเนินการเพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายต่อผู้ที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย รวมทั้งให้มีการกำหนดเรื่องที่เป็นรายละเอียดด้านเทคนิค หรือเรื่องที่ต้องเปลี่ยนแปลงรวดเร็วตามการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยให้รัฐมนตรีสามารถออกเป็นประกาศเพื่อเปิดโอกาสให้มีการปรับเปลี่ยนกฎหมายที่เป็นรายละเอียดได้อย่างรวดเร็ว และสามารถปฏิบัติได้ทันเวลา

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงได้มีการแก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 รวมถึงกฎหมายลำดับรอง (กฎกระทรวงและประกาศกระทรวง) ที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ ได้กำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมมีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานดังนี้

1.1. ต้องดำเนินการจัดการพลังงานตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานตาม ข้อกำหนดในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 รวมถึงการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานและการจัดส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้แก่อธิบดีภายในเดือนมีนาคมเป็นประจำทุกปี ทั้งนี้ โดยต้องผ่านการรับรองจากผู้ตรวจสอบพลังงานที่ขึ้นทะเบียนกับ พพ.

1.2. ต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำในโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมแต่ละแห่ง โดยมีจำนวนและคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติ หน้าที่และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. 2552 ทั้งนี้ โดยกำหนดให้โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมขนาดใหญ่ ต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสเพิ่มขึ้นอีกอย่างน้อย 1 คน โดยผู้รับผิดชอบด้านพลังงานดังกล่าวต้องเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติซึ่งสำเร็จการ

ฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสหรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกันกับที่อธิบดีให้ความเห็นชอบ หรือเป็นผู้ที่สอบได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดจากการจัดสอบผู้รับผิดชอบด้านพลังงานซึ่งจัดสอบโดย พพ.

1.3. ต้องปฏิบัติตามคำสั่งของอธิบดี (ตามมาตรา 10 หรือ มาตรา 21 ประกอบมาตรา 10 แล้วแต่กรณี) ที่สั่งให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม แจ้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงานเพื่อตรวจสอบให้การอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง ว่าด้วยเรื่องเกี่ยวกับวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม และกฎกระทรวงว่าด้วยเรื่องเกี่ยวกับผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามข้อ 1.1 และ 1.2 ดังกล่าวข้างต้น [6]

จากการค้นคว้าข้อมูลของผู้วิจัยทำให้ทราบว่า กฎหมายที่ออกมาทั้ง 2 ฉบับดังกล่าวยังไม่สามารถทำให้โรงงานควบคุมปฏิบัติตามกฎหมายได้ทั้งหมดทุกแห่ง โดยในปี พ.ศ. 2555 มีโรงงานควบคุมทั่วทั้งประเทศไทย ได้ขึ้นทะเบียนกับทาง พพ. ประมาณทั้งทั้งสิ้น 3,959 แห่ง แบ่งเป็นโรงงานควบคุมขนาดเล็ก 2,259 แห่ง และโรงงานควบคุมขนาดใหญ่ 1,700 แห่ง และในปี พ.ศ. 2555 โรงงานเหล่านี้ได้มีการจัดการพลังงานตามกฎหมายและส่งรายงานให้ทาง พพ. ตรวจสอบจำนวน 2,926 แห่ง (74 %) และได้มีการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานแล้ว ทั้งสิ้น 3,296 แห่ง (83 %) [2] เมื่อทางผู้วิจัยได้ทราบข้อมูลเหล่านี้จึงเกิดข้อสงสัยว่าสาเหตุใดโรงงานควบคุม จึงไม่สามารถปฏิบัติตามกฎหมายได้ครบทุกแห่ง (100 %) เมื่อผู้วิจัยได้มีโอกาสสอบถามไปยังโรงงานควบคุมถึงสาเหตุที่ไม่สามารถปฏิบัติตามกฎหมายได้ ผู้วิจัยก็จะได้รับคำตอบจากทางโรงงานว่าไม่สามารถหาบุคคลากรมารับตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานได้ หรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานคนเดิมได้ลาออกจากงานไปแล้ว และทางโรงงานกำลังอยู่ระหว่างดำเนินการคัดเลือกพนักงานใหม่ที่มีความเหมาะสมเข้ามาทำหน้าที่แทน และเมื่อได้สอบถามข้อมูลจากผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ก็จะพบว่าผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายขาดแรงจูงใจกับการได้รับตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน อยู่มากเช่นกัน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

2.2. เพื่อนำเสนอแนวทางเชิงนโยบายให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. สมมติฐานการศึกษา

3.1. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีเพศต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

3.2. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีอายุต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

3.3. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีระดับการศึกษาต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

3.4. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีตำแหน่งงานต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

3.5. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่ได้รับการอบรม/สัมมนา/ดูงาน ต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

3.6. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่เคยปฏิบัติงานในหน่วยงานอื่นๆ ต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

3.7. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่างกันมีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่ไม่แตกต่างกัน

4. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่จะใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงานควบคุมที่ได้ขึ้นทะเบียนกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และเป็นโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร (300 แห่ง) ซึ่งทางผู้วิจัยจะเลือกส่งแบบสอบถามให้ทางโรงงานจำนวน 1 ชุด ต่อ 1 แห่ง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน จำนวน 169 คน ซึ่งได้มาจากตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของเครจซี่และมอร์แกน [4]

5. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาศึกษา คือ แบบสอบถาม จากแนวคิด ทฤษฎี 2 ปัจจัยของ เฮิร์ซเบิร์ก ประกอบด้วย ปัจจัยจูงใจ และปัจจัยค้ำจุน [1] โดยข้อมูลจากแบบสอบถามที่จะถูกนำมาใช้ในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามโดยมีข้อคำถามให้ตอบจำนวน 7 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน การอบรม/ สัมมนา /ดูงาน จำนวนหน่วยงานที่เคยปฏิบัติงาน และอายุงาน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับแรงจูงใจในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 10 ด้าน ได้แก่ ปัจจัยจูงใจ 5 ด้าน คือ ด้านความสำเร็จในการทำงานด้านการได้รับการยอมรับนับถือ, ด้านลักษณะของงานด้านความรับผิดชอบ, ด้านความก้าวหน้าและตำแหน่งหน้าที่การงาน และปัจจัยคำจุน 5 ด้าน คือ ด้านนโยบายและการบริหารขององค์กร, ด้านการปกครองบังคับบัญชา, ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลใน

องค์กร, ด้านสภาพการทำงานและความมั่นคงในงาน, ด้านค่าตอบแทนและสภาพในการทำงาน โดยข้อคำถามแต่ละข้อใช้มาตรประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด คำตอบแต่ละข้อ จะได้รับคะแนนสูงสุด 5 และคะแนนต่ำสุด 1

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน โดยการแจกแบบสอบถามในช่วงเดือนธันวาคม 2556 ถึง เดือนมกราคม 2557 จำนวน 300 ชุด เป็นเวลา 2 เดือน และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจนครบตามเป้าหมายที่จำนวน 169 ชุด

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อบรรยายข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

7.2. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อจัดลำดับปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานจากมากไปหาน้อย

7.3. ทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปร ได้แก่ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปร 2 กลุ่ม โดยใช้ t-test และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป โดยใช้ One-Way ANOVA โดยจะกำหนดระดับนัยสำคัญ เท่ากับ .05 [3]

8. ผลการศึกษาวิจัย

8.1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 - ตารางที่ 7

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม เพศ

เพศ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ชาย	156	92.3
2. หญิง	13	7.7
รวม	**169**	**100.0**

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม อายุ

อายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ต่ำกว่า 31 ปี	42	24.8
2. 31 - 40 ปี	100	59.2
3. 41 - 50 ปี	23	13.6
4. มากกว่า 50 ปี ขึ้นไป	4	2.4
รวม	**169**	**100.0**

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม ระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ต่ำกว่าปริญญาตรี	27	16.0
2. ปริญญาตรี	131	77.5
3. ปริญญาโทหรือสูงกว่า	11	6.5
รวม	**169**	**100.0**

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม ตำแหน่ง

ตำแหน่ง	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ (ผชร.)	144	85.2
2. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.)	25	14.2
รวม	**169**	**100.0**

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม การอบรม/สัมมนา/ดูงาน

การอบรม/สัมมนา/ดูงาน	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ไม่เคยเลย	34	20.1
2. 1-2 ครั้ง/ปี	106	62.7
3. 3-4 ครั้ง/ปี	25	14.8
4. มากกว่า 4 ครั้ง/ปี	4	2.4
รวม	**169**	**100.0**

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม หน่วยงานที่เคยได้รับการแต่งตั้งให้ปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

หน่วยงานที่เคยได้รับการแต่งตั้งให้ปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. หน่วยงานนี้เป็นแห่งแรก	110	65.1
2. 2-3 แห่ง	50	29.6
3. 4-5 แห่ง	9	5.3
4. 6-7 แห่ง	-	-
5. มากกว่า 7 แห่ง	-	-
รวม	**169**	**100.0**

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม ระยะเวลาในการปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ต่ำกว่า 5 ปี	98	58.0
2. 5-10 ปี	59	34.9
3. 11-15 ปี	10	5.9
4. 16-20 ปี	2	1.2
5. มากกว่า 20 ปี ขึ้นไป	-	-
รวม	**169**	**100.0**

8.2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน

แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	($\bar{X}$)	(S.D.)	ระดับแรงจูงใจ	อันดับ
ปัจจัยจูงใจ	**3.40**	**0.33**	**ปานกลาง**	
1. ด้านความสำเร็จในการทำงาน	3.49	0.48	มาก	2
2. ด้านการได้รับการยอมรับนับถือ	3.42	0.50	มาก	3
3. ด้านลักษณะของงาน	3.57	0.45	มาก	1
4. ด้านความรับผิดชอบ	3.30	0.45	ปานกลาง	4
5. ด้านความก้าวหน้าและตำแหน่งหน้าที่การงาน	3.22	0.56	ปานกลาง	5
ปัจจัยค้ำจุน	**3.27**	**0.36**	**ปานกลาง**	
1. ด้านนโยบายและการบริหารขององค์กร	3.28	0.51	ปานกลาง	3
2. ด้านการปกครองบังคับบัญชา	3.33	0.50	ปานกลาง	1

แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	($\bar{X}$)	(S.D.)	ระดับแรงจูงใจ	อันดับ
3. ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร	3.31	0.39	ปานกลาง	2
4. ด้านสภาพการทำงานและความมั่นคงในงาน	3.23	0.47	ปานกลาง	4
5. ด้านค่าตอบแทนและสถานภาพในการทำงาน	3.19	0.49	ปานกลาง	5
ภาพรวม	**3.34**	**0.32**	**ปานกลาง**	

8.3. ผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีเพศต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 2 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีอายุต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 3 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 4 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีตำแหน่งงานต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 5 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีการอบรม/สัมมนา/ดูงาน ต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 6 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีจำนวนหน่วยงานที่เคยได้รับการแต่งตั้งให้ปฏิบัติงานต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 7 พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

9. การอภิปรายผล

9.1. จากผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 3.34 ซึ่งมีแรงจูงใจในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุน พบว่า

9.1.1 ปัจจัยจูงใจ ภาพรวม มีระดับแรงจูงใจในระดับปานกลาง โดยพบว่า ด้านความก้าวหน้าและตำแหน่งหน้าที่การงาน มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า หากผู้บริหารเพิ่มความก้าวหน้าและตำแหน่งหน้าที่การงานให้กับพนักงานผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน อาจทำให้ปัจจัยจูงใจที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมากได้

9.1.2 ปัจจัยค้ำจุน ภาพรวม มีระดับแรงจูงใจในระดับปานกลาง โดยพบว่า ด้านค่าตอบแทนและสถานภาพในการทำงาน มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า หากผู้บริหารระดับสูงให้ทุกองค์กรมีการปรับอัตราเงินเดือนรายปีอย่างมีความเหมาะสมและยุติธรรม อาจทำให้ปัจจัยค้ำจุนที่มีผลต่อแรงจูงใจในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมากได้

9.2. จากผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีเพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน จำนวนหน่วยงานที่เคยได้รับการแต่งตั้งให้ปฏิบัติงาน และระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่างกัน มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ไม่ว่าผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มี เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน จำนวนหน่วยงานที่เคยได้รับการแต่งตั้งให้ปฏิบัติงาน และระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่างกันอย่างไร ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานทุกคนต่างก็ต้องการความก้าวหน้าและตำแหน่งหน้าที่การงาน และค่าตอบแทนและสถานภาพในการทำงานที่ดีทุกคน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ของสุพัตรา สุภาพ [5] ให้ความคิดเห็นว่า แรงจูงใจ คือ สิ่งที่ทำให้มีกำลังทั้งกายและใจในการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายทาง ดังนี้

9.2.1 งานแต่ละอย่างนั้นจะเหมาะกับคนบางประเภทเท่านั้น ไม่ใช่ทุกคนจะทำได้ทุกอย่าง บางคนจึงทำเพราะเห็นว่าดีกว่าไม่มีงานจะทำ แรงจูงใจแบบนี้ทำให้คนนั้นต้องขวนขวายหาความรู้และทำใจให้รักงานมากกว่าที่ชอบงานนั้น การรักงานจึงเป็นปัจจัยที่ทำให้ทำงานได้ดี

9.2.2 ค่าจ้างที่น่าพอใจ เป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นแรงจูงใจให้คนอยากทำงาน หรือถ้ารู้ว่าได้ค่าตอบแทนมาก ก็ยิ่งอยากจะทุ่มเทปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะเงินมีความสำคัญต่อคน ในการที่อยากทำงานหรือไม่อยากทำงาน แต่เงินก็ไม่ได้เป็นแรงจูงใจอย่างเดียวที่ทำให้คนทำงาน

9.2.3 คน หรือผู้คนรอบตัว ซึ่งมีหลายประเภท เช่น เหนือกว่า คือ "นาย" ต่ำกว่า คือ "ลูกน้อง" เท่าๆ กัน คือ "เพื่อนรวมงาน" บุคคลดังกล่าวมีส่วนทำให้เราอยากทำงาน หรืออยากหนีงาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมนุษย์ชอบอยู่กับคนอื่น และไม่อยากแตกต่างกับคนอื่น บางครั้งเราจึงทำอะไรตามเพื่อน แม้จะฝืนใจทำเพื่อให้เขายอมรับก็ตาม การให้เพื่อนยอมรับ จึงเป็นแรงจูงใจอยากให้ทำงาน

9.2.4 โอกาส ถ้าทำงานใดก็ตาม มีโอกาสที่จะได้รับความดีความชอบ ได้เลื่อนขั้นเลื่อนตำแหน่ง ย่อมเป็นแรงจูงใจอยากให้ทำงาน ซึ่งการเลื่อนขั้นนี้ต้องทำด้วยความเป็นธรรม โดยขึ้นอยู่กับความดี (Merit System) ไม่ใช่เล่นพวกจนหมดกำลังใจทำงาน

9.2.5 สภาพแวดล้อม ซึ่งจะต้องดีมีมาตรฐานไม่ว่าจะในด้านสถานที่ทำงาน ไม่ว่าจะเป็นโต๊ะทำงาน เกาอี้ ห้องน้ำ ห้องรับประทานอาหาร ไฟฟ้า น้ำประปา ฯลฯ เป็นสภาพการทำงานที่ต้องถูกสุขลักษณะ มีความสะดวกสบาย มีอุปกรณ์การทำงานครบถ้วน เช่น เครื่องเขียน โทรศัพท์ โทรสาร เป็นต้น

9.2.6 สวัสดิการหรือการให้บริการที่จำเป็นแก่ผู้ที่ทำงาน ไม่ว่าจะเป็นรถรับส่ง น้ำดื่ม กระดาษชำระ การรักษาพยาบาล โบนัส บำเหน็จบำนาญ เป็นต้น สวัสดิการที่ดีจะเป็นแรงจูงใจให้คนอยากทำงาน เพราะมันใจได้ว่า ทำงานแล้วองค์กรจะไม่ทอดทิ้งเราในยามทุกข์หรือสุข

9.2.7 การบริหารงาน เป็นระบบให้ความเป็นธรรมแก่ทุกคน โดยไม่เลือกที่รักมักที่ชัง เช่น การรับคนเข้าทำงานตามความสามารถ และเหมาะสมแก่ตำแหน่ง รวมทั้งมีการพิจารณาความดี ความชอบด้วยความเป็นธรรม ไม่มีระบบกลั่นแกล้งหรือข่มขู่ให้เกิดความหวาดกลัว ยิ่งไปกว่านั้นองค์กรจะต้องมีแผนงานโครงการและนโยบายที่มีประสิทธิภาพและสามารถสัมฤทธิ์ผลได้

9.2.8 ความมั่นคง โดยเฉพาะหากเป็นองค์กรที่ไม่ล้มง่ายๆ จะทำให้ผู้นำเกิดความมั่นใจและมีกำลังใจที่จะช่วยสร้างสรรค์ให้บริษัทก้าวหน้ายิ่งขึ้นไป

9.2.9 ความต้องการทางสังคม ต้องการให้ได้รับการยกย่อง ชมเชย ปลอดภัย อยากรักและถูกรัก

10. ข้อเสนอแนะ

10.1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

10.1.1 ปัจจัยจูงใจ

10.1.1.1 ด้านความสำเร็จในการทำงาน ผู้บริหารควรฝึกอบรมให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับงานที่ปฏิบัติและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง สามารถแก้ไขปัญหาและมีวิธีการป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

10.1.1.2 ด้านการได้รับการยอมรับนับถือ ผู้บริหารควรมี การยกย่องชมเชย/ให้กำลังใจ/แสดงความยินดี จากผลการปฏิบัติงานของพนักงานทุกคนให้มากขึ้น

10.1.1.3 ด้านลักษณะของงาน ผู้บริหารควรส่งเสริมให้งานด้านการอนุรักษ์พลังงานเป็นงานที่ต้องอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์หรือคิดค้นสิ่งใหม่ๆ อยู่เสมอ

10.1.1.4 ด้านความรับผิดชอบ ผู้บริหารควรให้อำนาจในการรับผิดชอบ ให้ความอิสระในการปฏิบัติงาน และควรให้พนักงานสามารถเลือกวิธีการทำงานได้ด้วยตนเอง

10.1.1.5 ด้านความก้าวหน้าและตำแหน่งหน้าที่การงาน ผู้บริหารควรมีการส่งเสริมให้พนักงานได้รับการสนับสนุนจากองค์กรในการพัฒนาความรู้ ความสามารถ เช่น การศึกษาต่อ ฝึกอบรม สัมมนา เป็นต้น

10.1.2 ปัจจัยค้ำจุน

10.1.2.1 ด้านนโยบายและการบริหารขององค์กร ผู้บริหารควรส่งเสริมให้ทุกองค์กรมีนโยบายการบริหารงานที่เป็นระบบและสื่อสารให้พนักงานรับทราบ

10.1.2.2 ด้านการปกครองบังคับบัญชา ผู้บริหารควรเปิดโอกาสให้พนักงานแสดงความคิดเห็นหรือขอคำปรึกษาจากผู้บังคับบัญชาได้เสมอ

10.1.2.3 ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร ผู้บริหารควรจัดกิจกรรมให้พนักงานทำร่วมกัน เช่น การจัดกิจกรรมสันทนาการ เพื่อเสริมสร้างความสามัคคี สร้างความสัมพันธ์ ทำให้เกิดความร่วมมือในการปฏิบัติงาน และอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

10.1.2.4 ด้านสภาพการทำงานและความมั่นคงในงาน ผู้บริหารควรจัดหาเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานให้มีจำนวนเพียงพอและสะดวกที่จะนำมาใช้งาน

10.1.2.5 ด้านค่าตอบแทนและสถานภาพในการทำงาน ผู้บริหารควรพิจารณาให้ทุกองค์กรมีการปรับอัตราเงินเดือนรายปีอย่างมีความเหมาะสมและยุติธรรม

10.2. ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานภาครัฐ

ภาครัฐควรจัดทำหลักเกณฑ์ ระเบียบข้อบังคับ หรือแก้ไขกฎหมาย ให้เจ้าของโรงงานควบคุมต้องจ่ายค่าจ้างที่เหมาะสมให้แก่ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน โดยภาครัฐจะทำหน้าที่ กำกับ ควบคุม หรือเพิ่มระดับมาตรฐานวิชาชีพของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานให้สูงขึ้น ยกตัวอย่างดังเช่น

10.2.1 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะต้องถูกแต่งตั้งมาจากผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมและทดสอบที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน การสอบมีความยุติธรรม แก่ทุกคนทุกฝ่าย ดังเช่น การสอบขอรับใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ของการขนส่งทางบก การขอรับใบอนุญาติประกอบวิชาชีพวิศวกรรมของสภาวิศวกร เป็นต้น

10.2.2 ให้ความสำคัญกับตำแหน่งผู้รับผิดสอบด้านพลังงานอาวุโสมากยิ่งขึ้น โดยผู้ที่จะรับตำแหน่งผู้รับผิดสอบอาวุโส จะต้องเคยปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้รับผิดสอบด้านพลังงานสามัญมาก่อนตามระยะเวลาที่เหมาะสม หรือไม่ต่ำกว่า 3 ปี จึงจะสามารถขอสมัครเข้ารับการฝึกอบรมและทดสอบ เพื่อเลื่อนระดับตำแหน่งได้

10.2.3 กำหนดให้มีการฝึกอบรมและทดสอบความรู้ความสามาถของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามระยะเวลาที่เหมาะสม หรือทุกๆ 5 ปี

10.2.4 เมื่อผู้รับผิดชอบด้านพลังงานหยุดปฏิบัติหน้าที่หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ตามข้อ 10.2.3 ให้ภาครัฐพิจารณายกเลิกการเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานโดยทันที

10.3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

10.3.1 การวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม อาทิเช่น ความภักดีต่อองค์กร ค่าจ้างที่เหมาะสม เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับการศึกษาแรงจูงใจในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน: กรณีศึกษาโรงงานควบคุมในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อองค์กร

10.3.2 การวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative Survey) ร่วมด้วย โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เพื่อให้ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามารถที่จะเสนอความคิดเห็น หรือแสดงทัศนคติที่มีต่อการเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการบริหารและวางแผนทรัพยากรมนุษย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

11. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดีต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกๆ ส่วนที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร. ธรินี มณีศรี ซึ่งคอยให้คำแนะนำ ตลอดจนคอยชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในระหว่างที่ทำการศึกษาวิจัย ขอขอบพระคุณ ดร.สิรินธร สินจินดาวงศ์, ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ และคุณรุ่งเรือง สายพวรรณ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดทำแบบสอบถาม ขอขอบพระคุณ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบข้อมูลลงในแบบสอบถาม ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว อีกทั้งผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานทุกท่านในกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานรวมทั้ง พี่ๆ น้องๆ ในรั้วมหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่คอยให้กำลังใจด้วยดีมาโดยตลอดจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จมาจนทุกวันนี้

บรรณานุกรม

[1] ชูยศ ศรีวรขันธ์, 2553, ปัจจัยแรงจูงใจต่อผลการปฏิบัติงาน: กรณีศึกษาขององค์การบริหารส่วนตำบล เขตอำเภอเมือง จ.นครราชสีมา, โครงงานวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] ดนัย เอกกมล, 2555, สถานการณ์พลังงานและนโยบายอนุรักษ์พลังงานของประเทศ, เอกสารประกอบการสัมมนาการชี้แจงแนวทางการปฏิบัติตาม พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550) และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง

[3] ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2555, การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS (พิมพ์ครั้งที่ 13), สำนักพิมพ์บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี

[4] เพชราวดี จงประดับเกียรติ, 2555, การวิจัยทางการศึกษา, http://petcharawadee7.blogspot.com/, สืบค้น 15 สิงหาคม 2557

[5] สุพัตรา สุภาพ, 2536, เทคนิคการบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพยุคใหม่, สำนักพิมพ์ธรรมนิติการ

[6] สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2552, คู่มือคำอธิบายพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

O-EM09

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเคมีในประเทศไทย

Simulation of Conservation and Efficiency for Chemical Industry in Thailand

พิชชา สุทธิกุล[1*], วรรัตน์ ปัตรประกร[1], พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[3]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: pitcha_s@dede.go.th, pworarat@tu.ac.th

[2] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: bporr@tu.ac.th

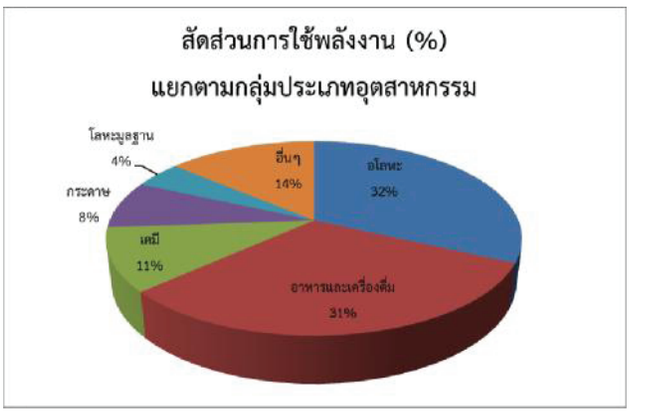
บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษา และค้นคว้าในการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเคมี โดยใช้วิธีการจำลองรูปแบบการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานโรงงานควบคุม ในอุตสาหกรรมเคมีจำนวน 258 แห่ง จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้สมการถดถอยฟังก์ชันต่างๆ วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน,ผลประหยัด และเงินลงทุน โดยทำการเลือกตัวอย่างจากโรงงานควบคุม 258 แห่ง ซึ่งสามารถสรุปศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานจากการจัดทำมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเคมีจำนวน 10 มาตรการ ได้ถึง 330,488,979.76 บาท/ปี (คิดเป็น 7.04 ktoe/ปี หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 36,806.56 tCO2/ปี) และได้มีการวิเคราะห์หาความเหมาะสม ในการวางแนวทางการให้การสนับสนุนผ่านโครงการต่างๆจากภาครัฐ ได้แก่ โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม (Direct Subsidy), โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี, โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ, โครงการเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุม (อบรม) และโครงการประชาสัมพันธ์ต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้โรงงานมีการดำเนินการมาตรการข้างต้น โดยจากผลการวิเคราะห์พบว่า ในมาตรการที่มีการลงทุนสูง สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น Subsidy 45%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 5%, อบรม 10% และในมาตรการที่มีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น ผู้เชี่ยวชาญ 35%, ประชาสัมพันธ์ 35%, อบรม 40% จึงจะส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

คำสำคัญ: การอนุรักษ์พลังงาน, อุตสาหกรรมเคมี, สมการถดถอย, โครงการสนับสนุนต่างๆจากภาครัฐ

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาวิกฤตพลังงานถือเป็นปัญหาใหญ่ของโลกในปัจจุบันที่ทุกฝ่ายให้ความสนใจ เนื่องจากปริมาณพลังงานจากแหล่งต่างๆนับวันยิ่งลดลงและมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตอันใกล้นี้ ในขณะที่อัตราการบริโภคพลังงานกลับเพิ่มมากขึ้น สาเหตุเกิดจากจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น และแนวโน้มการขยายตัวทางภาคอุตสาหกรรม และภาคธุรกิจ ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโลก และก่อให้เกิดวิกฤตการทางสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ทุกภาคส่วนทั่วโลกต้องหันมาให้ความสำคัญในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในส่วนของประเทศไทยก็ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวจึงได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) ขึ้น โดยมีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน(Energy Intensity) ลงร้อยละ 25 ภายในปี 2573 โดยใช้ปี 2548 เป็นปีฐาน เนื่องจากเมื่อปี 2548 ความเข้มการใช้พลังงานของประเทศไทยคือ 15.6 ktoe (พันตันเทียบเท่าน้ำมันมันดิบ) ต่อพันล้านบาท (GDP) ดังนั้นความเข้มการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศไทยในปี 2573 จะต้องไม่เกิน 11.7 ktoe ต่อพันล้านบาท [1] ทั้งนี้จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ก็ได้มีแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามประเภทอุตสาหกรรม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

จากรูปที่ 1 พบว่าการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมเคมีมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณมากเป็นลำดับที่ 3 รองจากอุตสาหกรรมอโลหะ และอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม และจากข้อมูลรายงานการจัดการพลังงานประจำปี 2555 [2] พบว่าอุตสาหกรรมเคมี (ซึ่งมีการส่งรายงานการจัดการพลังงานจำนวน 258 แห่ง) มีการใช้พลังงานรวม 69,249,658,237.86 เมกะจูล หรือ คิดเป็น 1,639.28 ktoe โดยแบ่งออกเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 9,576,888,940.85 กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือ 34,476,800,187.06 เมกะจูล คิดเป็นร้อยละ 49.79 ของพลังงานรวม และเป็นการใช้พลังงานความร้อนจำนวน 34,772,858,050.80 เมกะจูล เมกะจูล คิดเป็นร้อยละ 50.21 ของพลังงานรวม ทั้งนี้ชนิดเชื้อเพลิงที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว(LPG), ถ่านหิน (บิทูมินัส) และน้ำมันเตาตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าอุตสาหกรรมเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอุตสาหกรรมหนึ่งของประเทศ เนื่องจากมีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง อีกทั้งอุตสาหกรรมเคมีนั้นยังเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งมีการส่งออกสูง สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศได้มาก จึงควรมุ่งเน้นในการอนุรักษ์พลังงานหรือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมเคมี เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยฉบับนี้จึงได้จัดทำแบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเคมีขึ้น เพื่อหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมเคมีที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมเคมี 10 มาตรการแรก รวมทั้งหาความเหมาะสมของโครงการส่งเสริมจากภาครัฐในการสนับสนุนให้สถานประกอบการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย ได้พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน หรือศักยภาพการลดการใช้พลังงานซึ่งส่งผลให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมเคมี คือ โครงการศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอ แก้ว และเซรามิก [3] โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้ทำการประเมินศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จาก 2 มาตรการหลัก คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรและเทคโนโลยีการผลิต โดยกำหนดประสิทธิภาพของ เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงสำหรับเครื่องจักรพื้นฐาน และ การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงของโรงงานที่มีการใช้น้ำมันเตาและถ่านหินเป็นพลังงานความร้อนมีการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซธรรมชาติทั้งหมด โดยผลการประเมินศักยภาพในการลดสามารถสรุปได้ว่ามาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนผลิตสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร เคมี สิ่งทอแก้ว และเซรามิค ได้ร้อยละ 6.36, 9.34, 5.11, 5.80 และ 27.66 ตามลำดับ และมาตรการในเปลี่ยนเชื้อเพลิงมาใช้ก๊าซธรรมชาติ สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร เคมี สิ่งทอ แก้วและเซรามิค ได้ร้อยละ 2.74, 8.24, 2.13, 2.90 และ 0.43 ตามลำดับ และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเคมี คือ การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม โดย พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และ ไชยะ แช่มช้อย (2554) ได้จัดทำงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามแนวทาง การจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมในกลุ่มอุตสาหกรรม 4 กลุ่ม ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมกระดาษ และ อุตสาหกรรมเคมี โดยสร้างสมการเชิงเส้นแบบง่ายแสดงความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรม คำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) และตรวจติดตามการใช้พลังงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ คือกราฟ CUSUM ซึ่งแสดงให้เห็นช่วงที่มีการใช้พลังงานผิดปกติในกระบวนการผลิต ผลที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ ได้สมการตัวแทนการใช้พลังงานและค่าของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมย่อย ซึ่งค่านี้จะใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการผลิตใกล้เคียงกัน นอกจากนี้จากกราฟ CUSUM แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมเคมี มีการใช้พลังงานสม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่าโรงงานส่วนใหญ่มีการจัดการพลังงานที่ดี [4]

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมนั้น นางสาว วริศรา แสงวิเชียร ได้ทำการการศึกษา และค้นคว้าในการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้วิธีการจำลองรูปแบบการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานโรงงานควบคุมในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 128 แห่ง จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และใช้สมการถดถอยตัวแปรเดียวฟังก์ชันต่างๆ (Linear) วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลประหยัด และเงินลงทุน โดยทำการเลือกตัวอย่างจากโรงงานควบคุม 128 แห่ง ซึ่งสามารถสรุปผลประหยัดจากการจัดทำมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 10 มาตรการได้ถึง 380,226,943 บาท โดยต้องใช้เงินลงทุนทั้งสิ้นจำนวน 206,048,331 บาท [5]

3. วิธีการและผลการวิจัย

3.1. คัดเลือกข้อมูลการใช้พลังงาน และหามาตรการที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย 10 ลำดับแรก

ข้อมูลจากฐานอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน มีความหลากหลาย จึงต้องมีการคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่มีความจำเป็นในการวิจัยเท่านั้น โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยได้แก่ ชื่อโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมเคมี, TSIC-ID, ปริมาณการใช้พลังงาน, ชื่อมาตรการที่ดำเนินการ, ชื่ออุปกรณ์ที่ปรับปรุง, ผลการประหยัดจากการดำเนินการมาตรการ, เงินลงทุนในการดำเนินการมาตรการ โดยเมื่อได้ข้อมูล

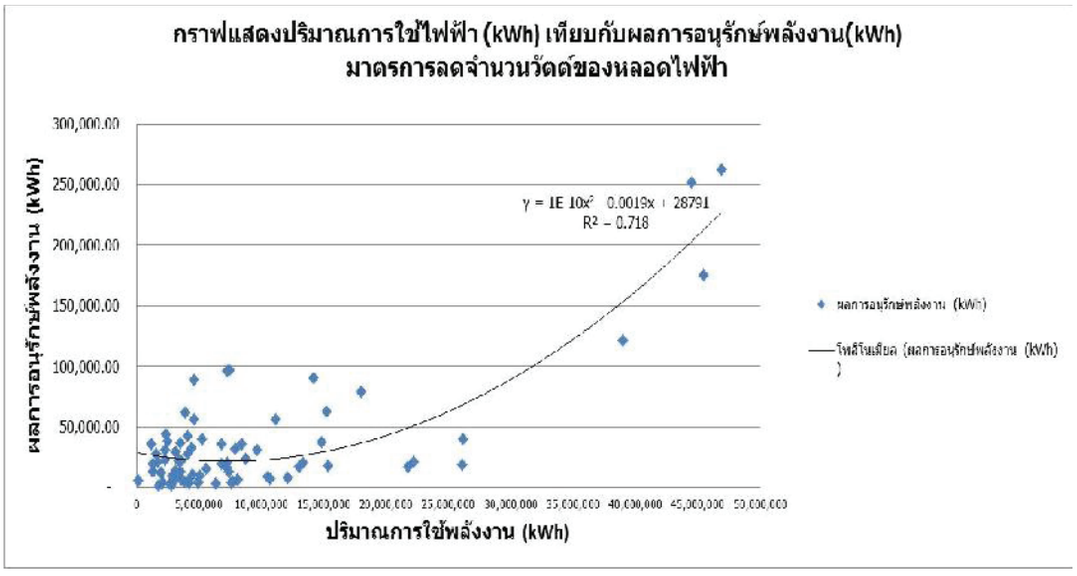
แล้ว จึงทำการคัดเลือกมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี 10 ลำดับแรก โดยพิจารณาจากความถี่ของโรงงานที่ดำเนินการมาตรการตั้งแต่ปี 2553 – 2555 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูล 10 มาตรการแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี

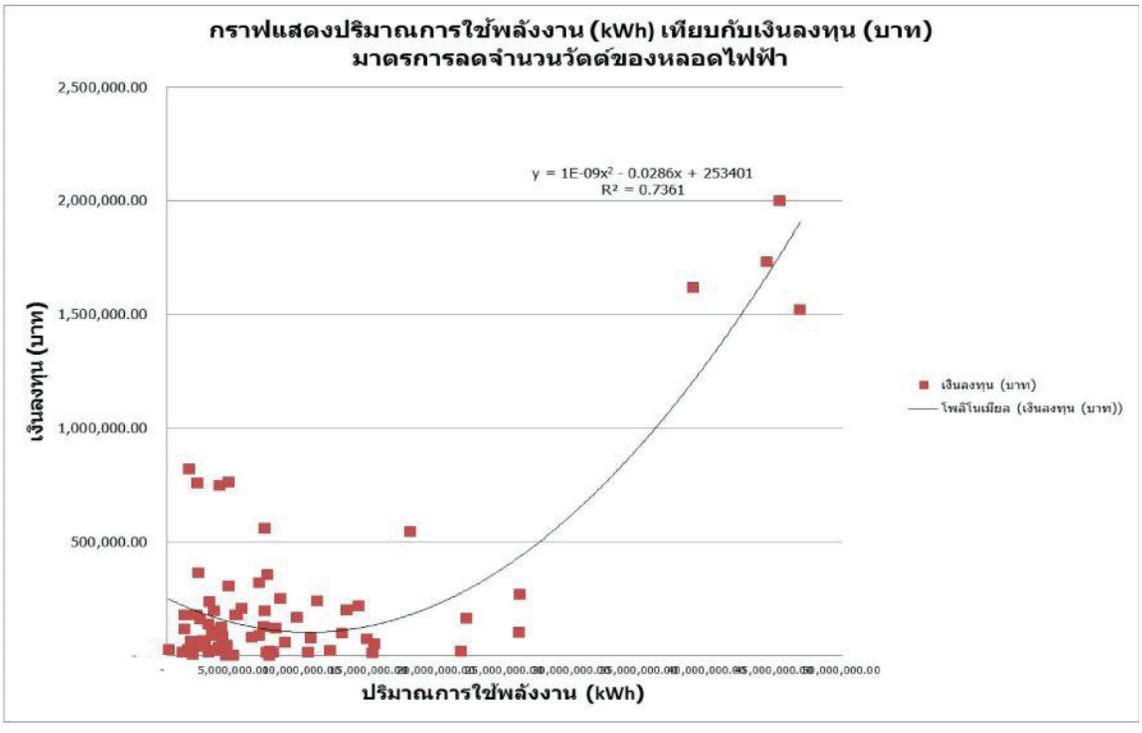
ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	โรงงานที่ทำมาตรการแล้ว (แห่ง)	ผลการอนุรักษ์พลังงาน (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	96	24,489,172.40	32,292,595.11	1.32
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	81	94,493,262.24	47,424,765.06	0.50
3	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	79	71,000,548.08		
4	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	60	110,429,306.80		
5	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	48	184,151,196.40	541,108,847.12	2.94
6	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	37	11,110,176.00		
7	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	25	38,728,320.72		
8	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	22	2,437,855.80	236,340.00	0.10
9	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	18	24,654,923.12	25,670,582.36	1.04
10	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	19	9,586,277.48		
รวม			571,081,039.04	646,733,129.65	1.13

3.2. วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากสมการถดถอย

นำข้อมูลของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย 10 ลำดับแรกในอุตสาหกรรมเคมี ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลการประหยัดจากการดำเนินการมาตรการ และเงินลงทุนในการดำเนินการมาตรการ มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย ทั้งนี้จะคัดเลือกชนิดของสมการจากสมการที่ทำให้ค่า R-Square มีค่าสูงที่สุด (สมการที่พิจารณาได้แก่ เอ็กซ์โพเนนเชียล, เชิงเส้น, ลอการิทึม, โพลิโนเมียล, ยกกำลัง) สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับผลการอนุรักษ์พลังงาน (kWh) ในมาตรการลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟ



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับเงินลงทุน (บาท) ในมาตรการลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟ

3.3. จำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเคมี

สร้างแบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเคมีในรูปแบบของเมตริกซ์ โดยกำหนดให้แทน 1 ในโรงงานที่จัดทำมาตรการที่ได้รับการคัดเลือกจากขั้นตอนที่ 3.1. และแทน 0 ลงในโรงงานที่ไม่ได้จัดทำมาตรการ สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบของเมตริกซ์

TSIC-ID	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
19201-0001	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0002	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
19201-0003	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19201-0004	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0005	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0006	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19201-0007	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
19201-0008	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
19201-0009	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
19201-0010	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0011	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
19201-0013	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
19201-0014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19202-0001	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
19202-0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

นำสมการถดถอยที่ได้จากข้อ 3.2 มาจำลองใส่ในโรงงานที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานในเมตริกซ์ข้างต้น โดยป้อนข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานเข้าไปเป็นอินพุท เพื่อจำลองหาเอาต์พุทคือผลประหยัด และเงินลงทุนจากการดำเนินการ 10 มาตรการแรก ทั้งนี้ในการประเมินผลประหยัด และเงินลงทุนจะมีการพิจารณาความน่าจะเป็นของจำนวนโรงงานที่คาดว่าจะดำเนินการในมาตรการนั้นๆด้วย เช่น ในส่วนของมาตรการลดจำนวนวัตต์มีการคาดการว่าจะมีโรงงานดำเนินการประมาณร้อยละ 60 จากจำนวนโรงงานทั้งหมดที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการนี้ จึงมีการถ่วงน้ำหนักผลประหยัด และเงินลงทุนไว้มากที่สุด เป็นต้น โดยเมื่อจำลองครบทั้ง 10 มาตรการแล้วได้ผลสรุปดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	โรงงานที่ทำมาตรการแล้ว (แห่ง)	โรงงานที่ยังไม่ทำมาตรการ (แห่ง)	ผลประหยัด (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	คืนทุน (ปี)
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	96	162	49,407,942.38	111,089,793.18	2.25
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	81	177	33,833,653.74	25,836,690.89	0.76
3	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	79	179	21,872,045.10		
4	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	60	198	21,119,742.69		
5	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	48	210	83,632,876.74	185,277,709.54	2.22
6	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	37	221	32,524,170.47		
7	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	25	233	14,772,076.40		
8	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	22	236	2,818,940.94	1,271,239.25	0.45
9	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	18	240	22,663,222.68	8,856,486.57	0.39
10	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	19	239	47,844,308.62		
รวม				**330,488,979.76**	**332,331,919.42**	**1.01**

3.4. จำลองโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเคมี

พิจารณาโครงการส่งเสริม และสนับสนุนจากภาครัฐจำนวน 5 โครงการ มีรายละเอียดดังนี้

- โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม (Direct Subsidy) เป็นโครงการที่ภาครัฐให้การสนับสนุนร้อยละ 20 ของการลงทุนในมาตรการติดตั้ง/ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเครื่องจักรประสิทธิภาพสูง

- โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี เป็นโครงการที่ให้การลดหย่อนภาษีร้อยละ 25 เมื่อสถานประกอบการซื้อสินค้าที่ติดสลากประหยัดไฟเบอร์ 5 หรือสลากประสิทธิภาพสูง

- โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นโครงการที่ภาครัฐส่งผู้เชี่ยวชาญเข้าไปยังสถานประกอบการเพื่อค้นหา และให้คำแนะนำในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

- โครงการเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุม (อบรม) เป็นโครงการฝึกอบรมเพื่อให้ความรู้ทางด้านเทคนิค และด้านการจัดการพลังงานให้แก่บุคลากรในโรงงานควบคุม

- โครงการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ เป็นโครงการประชาสัมพันธ์เพื่อเชิญชวน และให้ความรู้แก่สถานประกอบการผ่านสื่อต่างๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์, ซีดี เป็นต้น

โดยการพิจารณาความเหมาะสมของโครงการในแต่ละมาตรการนั้น จะพิจารณาจากค่าทางเศรษฐศาสตร์เช่น NPV, IRR และจะพิจารณาความคุ้มค่าของทางภาครัฐเป็นหลัก ซึ่งในเบื้องต้นในมาตรการที่มีการลงทุนสูงจะมีการแบ่งสัดส่วนโครงการเป็น Subsidy 40%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 10%, อบรม 10% และในมาตรการที่มีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุนจะมีการแบ่งสัดส่วนเป็น ผู้เชี่ยวชาญ 45%, ประชาสัมพันธ์ 25%, อบรม 30% จากนั้นได้มีการทดลองปรับเพิ่ม และลดสัดส่วนของโครงการจนได้ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสม ส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	NPV ที่ดีที่สุด	โครงการ				
			subidy	TAX	ผู้เชี่ยวชาญ	ประชาสัมพันธ์	อบรม
มีการลงทุนสูง							
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	฿48,028,470.93	45	25	10	10	10
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	฿62,311,945.61	45	25	15	5	10
3	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	฿84,954,927.90	45	25	15	5	10
มีการลงทุนเล็กน้อย							
1	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	-฿3,454,382.86			45	15	40
2	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	฿6,880,794.31			35	35	40
ไม่มีการลงทุน							
1	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	฿21,361,500.62			35	35	40
2	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	฿20,116,219.25			35	35	40
3	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	฿38,076,568.41			35	35	40
4	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	฿12,030,213.71			35	35	40
5	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	฿55,353,379.02			35	35	40

4. สรุป

ผลการศึกษาพบว่า การจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมเคมีที่ยังไม่ได้ดำเนินการในมาตรการ 10 มาตรการแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย เกิดศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานถึง 330,488,979.76 บาท/ปี คิดเป็น 7.04 ktoe/ปี หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 36,806.56 tCO2/ปี โดยต้องใช้เงินลงทุน 332,331,919.42 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 1.01 ปี โดยในการคัดเลือกโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจากทางภาครัฐนั้น การให้การสนับสนุนเพียงโครงการใดโครงการหนึ่งในแต่ละมาตรการ อาจไม่ส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าสูงที่สุดต่อทางภาครัฐ และภาคเอกชน จึงควรมีโครงการอื่นร่วมสนับสนุนเพิ่มเติม โดยต้องแบ่งสัดส่วนการลงทุนในแต่ละโครงการให้เหมาะสม หากแบ่งสัดส่วนไม่เหมาะสมอาจจะส่งผลให้เกิดความไม่คุ้มค่าตัวอย่างเช่น ในมาตรการลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟหากแบ่งสัดส่วนเป็น Subsidy 45%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 5%, อบรม 10% จะได้ผลตอบแทนคิดเป็น NPV ได้ 48,028,470.93 บาท ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่สูงที่สุด แต่ถ้าแบ่งสัดส่วนเป็น Subsidy 30%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 25%, ประชาสัมพันธ์ 10%, อบรม 10% จะได้ผลตอบแทนคิดเป็น NPV ได้ 22,407,695.23 บาท ซึ่งได้ผลตอบแทนที่ต่ำที่สุด โดยผลตอบแทนต่างกันถึง 25,620,775.70 บาท จะเห็นได้ว่าการแบ่งสัดส่วนของโครงการมีผลต่อความคุ้มค่าจากการลงทุนของภาครัฐเป็นอย่างมาก ทั้งนี้โดยภาพรวมของการแบ่งสัดส่วนของโครงการซึ่งส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามากที่สุดได้ผลสรุปคือ มาตรการที่มีการลงทุนสูง สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น Subsidy 45%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 5%, อบรม 10% และในมาตรการที่มีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็นผู้เชี่ยวชาญ 35%, ประชาสัมพันธ์ 35%, อบรม 40%

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคลากรหลายท่าน โดยผู้ขอขอบคุณเหล่าคณาจารย์จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ซึ่งคอยให้ความรู้ คำแนะนำตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้การจัดทำงานวิจัยชิ้นนี้สมบูรณ์ที่สุด และขอขอบคุณนายพีนัท ประจักษ์วงศ์ และนายนรวัฒน์ วงศ์คำ ในการให้คำแนะนำ และช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างจัดทำงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณบุคคลอื่นๆทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือทางด้านต่างๆ และให้กำลังใจในการค้นคว้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน, 2554, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554 – 2573), http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf, [2 มิถุนายน 2557].

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557, ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน.

[3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2555, โครงการศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอ แก้ว และเซรามิก.

[4] พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และ ไชยะ แช่มช้อย, 2554, การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม, วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2, http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2013/02/1-11.pdf [6 มิถุนายน 2557].

[5] วริศรา แสงวิเชียร, 2556, การจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

O-EM10

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษในประเทศไทย

Simulation of Conservation and Efficiency for Paper Industry in Thailand

พีนัท ประจักษ์วงศ์[1*],วรรัตน์ ปัตรประกร[1],พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: peanut_p@dede.go.th, pworarat@engr.tu.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: bporr@engr.tu.ac.th

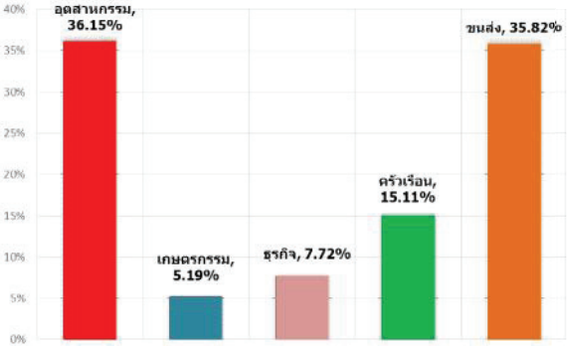
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาลักษณะการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ จากข้อมูลของโรงงานที่ได้จัดทำรายงานการจัดการพลังงานส่งให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 94 แห่ง โดยหามาตรการที่มีการดำเนินการมากในอุตสาหกรรมประเภทนี้จำนวน 10 อันดับแรก และนำมาสร้างแบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีการของสมการถดถอย ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานกับผลประหยัดและเงินลงทุน พบว่าสามารถประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษได้โดยสรุปเป็นผลประหยัดได้ 119,668,969.72 เมกะจูล/ปีคิดเป็นเงิน 132,965,521.91 บาท/ปีหรือเทียบได้เป็น2.83 ktoe/ปี จากนั้นวิเคราะห์หาสัดส่วนโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมจากภาครัฐจำนวน 5 โครงการ อันได้แก่โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม(Direct Subsidy), โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี, โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ, โครงการอบรมเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุมและโครงการประชาสัมพันธ์ต่างๆ พบว่าในมาตรการที่มีการลงทุนควรให้การสนับสนุนโดยโครงการDirect Subsidyมากที่สุด ส่วนในมาตรการที่ไม่มีการลงทุนควรให้ความสำคัญกับโครงการอบรมเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุม เป็นลำดับแรก

คำสำคัญ: การอนุรักษ์พลังงาน, อุตสาหกรรมกระดาษ, สมการถดถอย, โครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

1. ที่มาและความสำคัญ

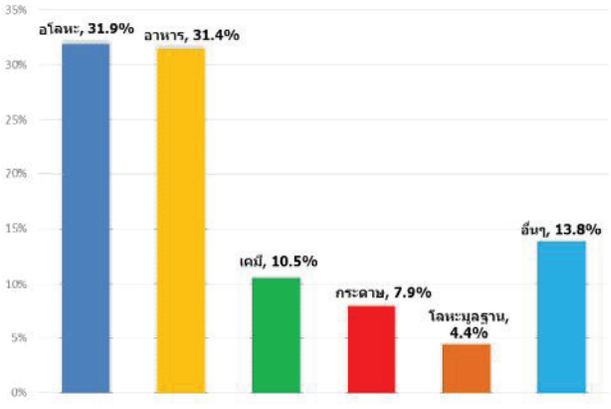
ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน [1] พบว่าการใช้พลังงานรวมของประเทศยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2556 พบว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 75,214พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 2.6โดยภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่มีการใช้มากที่สุดอยู่ที่ 27,193ktoeคิดเป็น ร้อยละ 36.15 รองลงมาเป็นภาคขนส่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 26,943ktoe คิดเป็นร้อยละ 35.82 ถัดมาเป็นภาคครัวเรือนมีการใช้พลังงาน 11,367ktoeคิดเป็นร้อยละ 15.11 ส่วนภาคธุรกิจมีการใช้พลังงาน 5,805ktoeและภาคเกษตรกรรมมีการใช้พลังงาน 3,069 ktoe ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 7.72 และ 5.19 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1สัดส่วนการใช้พลังงานรวมของประเทศ

จากภาวะวิกฤตพลังงานดังกล่าวประเทศไทยได้มีการจัดทำแผนด้านการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงาน คือแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573)[2] ซึ่งได้ตั้งเป้าหมายให้มีการลดการใช้ “ความเข้มการใช้พลังงาน” (Energy Intensity) หรือปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ลงร้อยละ 25 ภายในปี 2573 โดยใช้ปี 2548 เป็นปีฐานโดยที่เป้าหมายที่สำคัญ คือ ภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงพิจารณาการใช้พลังงานแยกตามภาคอุตสาหกรรมพบว่ามีมีการใช้พลังงานงานในอุสาหกรรมอโลหะอยู่ที่ 7,406 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 31.9 อุตสาหกรรมอาหารมีใช้พลังงาน 7,282 ktoe หรือร้อยละ 31.4 อุตสาหกรรมเคมี ใช้พลังงาน 2,439 ktoe หรือร้อยละ

10.5 อุตสาหกรรมการดาษมีใช้พลังงาน 1,836ktoe หรือร้อยละ 7.9 และอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานมีการใช้พลังงาน 1,030 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 4.4ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามภาคอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมกระดาษเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศมีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้แนวโน้มของการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างต้นทุนของการผลิตกระดาษ พบว่าต้นทุนด้านพลังงานมีค่าสูงรองจากต้นทุนด้านวัตถุดิบและสารเคมี ซึ่งการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบและสารเคมีนั้นจะทำได้ยากกว่าการลดต้นทุนด้านพลังงาน เนื่องจากเป็นส่วนที่โรงงานไม่สามารถควบคุมได้ เพราะขึ้นอยู่กับกลไกของการตลาด ในขณะที่การลดต้นทุนด้านพลังงานสามารถทำได้ง่ายกว่าโดยการบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในโรงงาน ซึ่งการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ต้นทุนของการผลิตกระดาษลดลงได้

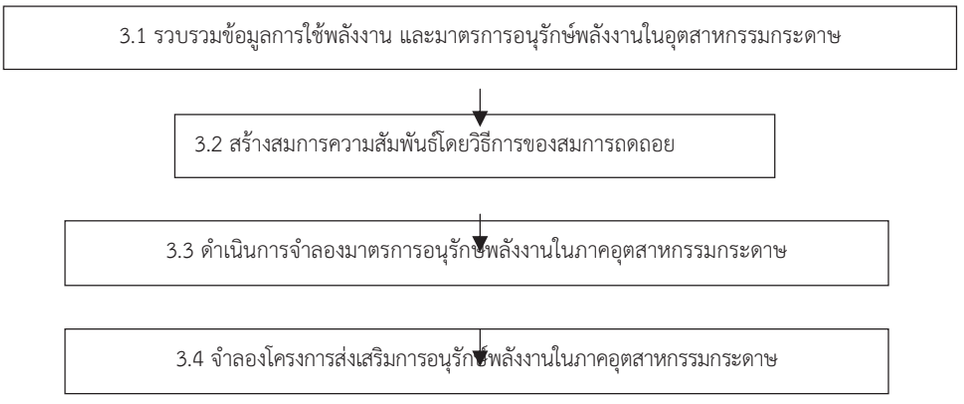
งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาลักษณะการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ จากข้อมูลของโรงงานที่ได้จัดทำรายงานการจัดการพลังงานและส่งให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยหามาตรการที่มีการดำเนินการมากในอุตสาหกรรมประเภทนี้จำนวน 10 อันดับแรก และนำมาสร้างแบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ และวิเคราะห์หาสัดส่วนโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมจากภาครัฐ เพื่อนำมากำหนดเป็นนโยบายในการดำเนินโครงการฯ ให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้จริง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และไชยะ แช่มช้อย (2554) ได้จัดทำงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามแนวทางการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมในกลุ่มอุตสาหกรรม 4 กลุ่มได้แก่อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมกระดาษและอุตสาหกรรมเคมีโดยสร้างสมการเชิงเส้นแบบง่ายแสดงความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรมคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ทำให้ได้สมการตัวแทนการใช้พลังงานและค่าของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมย่อยซึ่งค่านี้จะใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการผลิตใกล้เคียงกันและตรวจติดตามการใช้พลังงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ คือ กราฟ CUSUM ซึ่งกราฟนี้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงาน โดยพบว่าอุตสาหกรรมกระดาษมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานมากที่สุดจึงจำเป็นต้องให้ความสนใจในการดำเนินการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในกลุ่มนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [3]

วริศรา แสงวิเชียร ได้ทำการการศึกษา และค้นคว้าในการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้วิธีการจำลองรูปแบบการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานโรงงานควบคุมในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 128แห่ง จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และใช้สมการถดถอยตัวแปรเดียวแบบเชิงเส้น วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลประหยัด และเงินลงทุนโดยทำการเลือกตัวอย่างจากโรงงานควบคุม 128 แห่ง ที่ส่งรายงานการจัดการพลังงาน ซึ่งสามารถสรุปผลประหยัดจากการจัดทำมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 10 มาตรการได้ถึง 380,226,943 บาท โดยต้องใช้เงินลงทุนทั้งสิ้นจำนวน 206,048,331 บาท [4]

3. วิธีการและผลการวิจัย

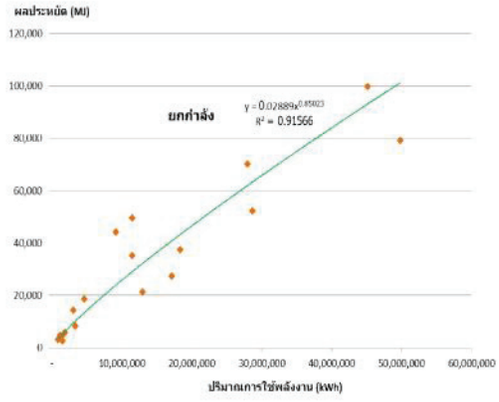


3.1 ทำการรวบรวมข้อมูลของโรงงานควบคุมในอุตสาหกรรมกระดาษที่ส่งรายงานการจัดการพลังงานจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน[5] ได้แก่ TSIC-ID, ปริมาณการใช้พลังงาน, ชื่อมาตรการที่ดำเนินการ, ชื่ออุปกรณ์ที่ปรับปรุง, ผลการประหยัดจากการดำเนินการมาตรการและเงินลงทุนในการดำเนินการมาตรการ โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบ วิเคราะห์ และคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะเพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมกระดาษ 10 อันดับแรก โดยพิจารณาจากความถี่ของโรงงานที่ดำเนินการมาตรการสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

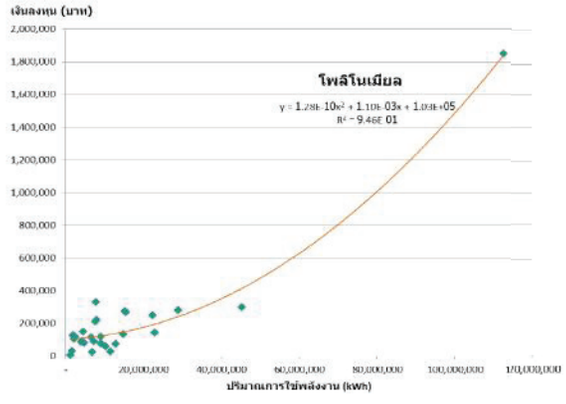
ตารางที่ 1 มาตรการ10 อันดับแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมกระดาษ

ลำดับ	มาตรการ	จำนวนโรงงานที่ทำมาตรการ	ผลประหยัด (kWh)	ผลประหยัด (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	47	5,303,687.38	21,214,749.52	10,636,704.60	2.01
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	27	6,707,237.51	26,828,950.04	12,067,342.00	1.80
3	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	31	5,876,725.71	23,506,902.84		
4	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	31	1,085,102.68	4,340,410.72		
5	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	20	2,054,984.62	8,219,938.48		
6	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	19	6,572,322.80	26,289,291.20	18,256,382.40	2.78
7	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	12	356,641.74	1,426,566.96		
8	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	12	623,538.18	2,494,152.72		
9	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	10	10,472,079.14	41,888,316.56		
10	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	9	367,597.87	1,470,391.48		
รวม			39,419,917.63	157,679,670.52	40,960,429.00	1.04

3.2 หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน (อินพุท) กับผลประหยัด (เอาท์พุท) และการใช้พลังงาน (อินพุท) กับเงินลงทุน (เอาท์พุท) ในแต่ละมาตรการที่ได้จากข้อ 3.1. โดยใช้วิธีของสมการถดถอย ซึ่งประกอบไปด้วยสมการแบบเชิงเส้น, โพลิโนเมียล, ลอการิทึม, ยกกำลัง และเอ็กซ์โพเนนเชียล, จากนั้นทำการเลือกชนิดของสมการที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสมการที่มีค่า R^2 (R-Square) สูงที่สุด ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3และ 4



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับผลการอนุรักษ์พลังงาน (kWh) ในมาตรการกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับเงินลงทุน (บาท) ในมาตรการลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟ

3.3 นำสมการถดถอยที่ได้จากข้อ 3.2 มาใช้จำลองผลในโรงงานที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อจำลองหาเอาต์พุต คือ ผลประหยัด และเงินลงทุนจากการดำเนินการ 10 มาตรการดังกล่าวโดยจำนวนพิจารณาถึงความน่าจะเป็นของจำนวนโรงงานที่คาดว่าจะดำเนินการในมาตรการนั้นๆด้วย เช่น ในมาตรการลดจำนวนวัตต์หลอดไฟฟ้ามีความน่าจะเป็นของจำนวนโรงงานที่จะดำเนินการร้อยละ 50, ร้อยละ 60, ร้อยละ 70, ร้อยละ 80 ,ร้อยละ 90 และร้อยละ 100 อยู่ที่ 0.30,0.20, 0.20, 0.15, 0.10และ0.05 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 และเมื่อจำลองครบทุกมาตรการแล้วสามารถสรุปผลได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การจำลองมาตรการในมาตรการลดจำนวนวัตต์หลอดไฟฟ้า

โรงงานที่คาดว่าจะเข้าร่วม	ผลประหยัดจากสมการ (บาท)	ความน่าจะเป็น	ผลประหยัดที่คาดว่าจะได้ (บาท)
50%	5,150,469.19	0.30	1,545,140.76
60%	6,525,976.93	0.20	1,305,195.39
70%	8,133,826.15	0.20	1,626,765.23
80%	9,096,730.36	0.15	1,364,509.55
90%	10,077,027.34	0.10	1,007,702.73
100%	11,019,950.81	0.05	550,997.54
รวม			**7,400,311.20**

ตารางที่ 4 สรุปผลการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	มาตรการ	จำนวนที่ทำ	จำนวนที่ไม่ได้ทำ	ผลประหยัดที่คาดว่าจะได้ (บาท)	เงินลงทุนที่คาดว่าใช้ (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	47	47	7,400,311.20	3,679,110.96	0.50
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	27	67	16,746,447.18	5,409,081.60	0.32
3	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	31	63	4,366,099.66		
4	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	31	63	4,778,034.00		
5	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	20	74	7,453,567.25		
6	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	19	75	25,008,216.16	22,714,506.45	0.91
7	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	12	82	2,140,011.60		
8	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	12	82	18,745,235.13		
9	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	10	84	36,225,841.21		
10	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	9	85	10,101,758.52		
รวม				**132,965,521.91**	**31,802,699.00**	**0.24**

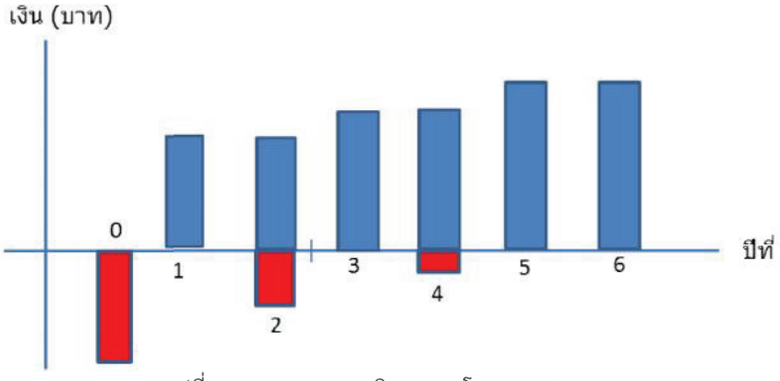
3.4 พิจารณาความเหมาะสมในการนำโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนจากภาครัฐใช้ให้เกิดการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน คำนึงถึงความคุ้มค่าของทางภาครัฐเป็นหลัก มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 นำโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนจากภาครัฐมาพิจารณาความเหมาะสมประกอบไปด้วยโครงการ5 โครงการดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงรายละเอียดโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจากภาครัฐ

ลำดับที่	โครงการ	รายละเอียด
1	โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม (Direct Subsidy)	สนับสนุนโรงงานในภาคอุตสาหกรรมในการปรับเปลี่ยน หรือติดตั้งเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใหม่ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง โดยสนับสนุนเงินลงทุน 20 % ของเงินลงทุนทั้งหมด
2	โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี	ยกเว้นภาษีเงินได้สำหรับค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานเป็นจำนวน 25 % ของค่าใช้จ่ายนั้น
3	โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ	ส่งผู้เชี่ยวชาญเข้าไปในโรงงานเพื่อให้คำแนะนำในการอนุรักษ์พลังงาน และช่วยโรงงานในการค้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงาน
4	โครงการอบรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในโรงงานควบคุม	เปิดจัดการอบรมให้แก่บุคลากรในโรงงานที่สนใจโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย เพื่อให้ความรู้ในการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงาน เพื่อให้สามารถนำกลับไปใช้ในการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานของตนเองได้
5	โครงการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	จัดทำสื่อด้านต่างๆ อาทิเช่น วิทยุ สื่อสิ่งพิมพ์ วีดิทัศน์ เพื่อให้ความรู้ ความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงาน และเชิญชวนให้เข้าร่วมโครงการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

3.4.2 นำแต่ละโครงการมาเขียนเป็นแผนภาพกระแสเงินสดดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาหาค่าทางเศรษฐศาสตร์อันได้แก่NPVและ IRR



รูปที่ 5แผนภาพกระแสเงินสดของโครงการ Direct subsidy

3.4.3 ทำการแบ่งสัดส่วนโครงการเบื้องต้นในกรณีที่มีเงินลงทุนอยู่จำนวนหนึ่งเพื่อไปใช้ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนที่เหมาะที่สุดในการลงทุนในแต่ละโครงการฯ โดยกำหนดสัดส่วนและข้อมูลเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 6 จากนั้นทำการทดลองปรับเพิ่มหรือลดสัดส่วนของโครงการจนได้ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะดังแสดงตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ตารางแสดงข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการที่มีการลงทุน

โครงการ	สัดส่วนการลงทุน (ร้อยละ)		ความถี่ในการทำ	ผลประหยัด						
	มีลงทุน	ไม่มีลงทุน	โครงการ (ปี/ครั้ง)	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6
Subsidy	40		2		50%		25%		10%	
TAX	25		3		40%				30%	
ผชช	15	45	1		10%	5%	5%	5%		
ปชส	10	25	1		10%	5%	5%			
อบรม	10	30	1		10%	5%	5%			

ตารางที่7 สรุปผลการจำลองโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมกระดาษ

ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	NPV ที่ดีที่สุด	โครงการ				
			subidy	TAX	ผชช	ปชส	อบรม
มีการลงทุนสูง							
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	฿14,435,295.83	45	25	15	5	10
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	฿35,434,171.05	45	25	15	5	10
3	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	฿44,589,887.27	45	25	15	5	10
ไม่มีการลงทุน							
1	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	฿2,801,524.88			35	35	40
2	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	฿4,448,228.13			35	35	40
3	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกร	฿6,679,652.97			35	35	40
4	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	฿812,001.59			35	35	40
5	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	฿22,613,610.05			35	35	40
6	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	฿47,539,661.28			35	35	40
7	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	฿10,978,881.53			35	35	40

4. สรุป

ผลการศึกษาพบว่า การจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมกระดาษที่ยังไม่ได้ดำเนินการในมาตรการ 10 มาตรการแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย เกิดศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน119,668,969.72 เมกะจูล คิดเป็นเงิน 132,965,521.90บาท/ปี หรือเทียบได้เป็น2.83 ktoe/ปีและเพื่อให้เกิดการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวขึ้น จำเป็นต้องมีโครงการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐ จากการพิจารณาโครงการที่สำคัญ5 โครงการ พบว่าไม่ควรลงทุนในโครงการใดโครงการหนึ่งอย่างเดียวเพียงอย่างเดียว แต่ควรมีการแบ่งสัดส่วนในการดำเนินโครงการเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าที่สุด โดยพบว่าในมาตรการที่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น Subsidy 45%,

ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 5%, อบรม 10% และในมาตรการที่ไม่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็นผู้เชี่ยวชาญ 35%, ประชาสัมพันธ์ 35%, อบรม 40% จึงจะส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ดร.วรรัตน์ ปัตรประกร และ ดร.พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร ที่กรุณาช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและความคิดเห็นในงานวิจัยนี้ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ใช้ข้อมูลความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลต่างๆ ที่มีความจำเป็นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้ร่วมงานภายในองค์กรพิชชา สุทธิกุล, นรวัฒน์วงศ์คำ และกมลทิพย์ สุขศรี ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ รวมครอบครัวและเพื่อนๆนักศึกษาปริญญาโทสาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่คอยเป็นกำลังใจให้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน, 2556, กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงานศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

[2] กระทรวงพลังงาน, 2554, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554 – 2573), http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf, [2 มิถุนายน 2557].

[3] พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และไชยะ แช่มช้อย, 2554, การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม, วารสารวิจัยพลังงานปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2, http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2013/02/1-11.pdf [6 มิถุนายน 2557].

[4] วริศรา แสงวิเชียร, 2556, การจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557, ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน.

O-EM11

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย

Simulation of Energy Conservation for Food Industry in Thailand

นรวัฒน์ วงศ์คำ[1*], วรรัตน์ ปัตรประกร[2], พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[3]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: narawat_w@dede.go.th

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: pworarat@tu.ac.th

[3] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: bporr@tu.ac.th

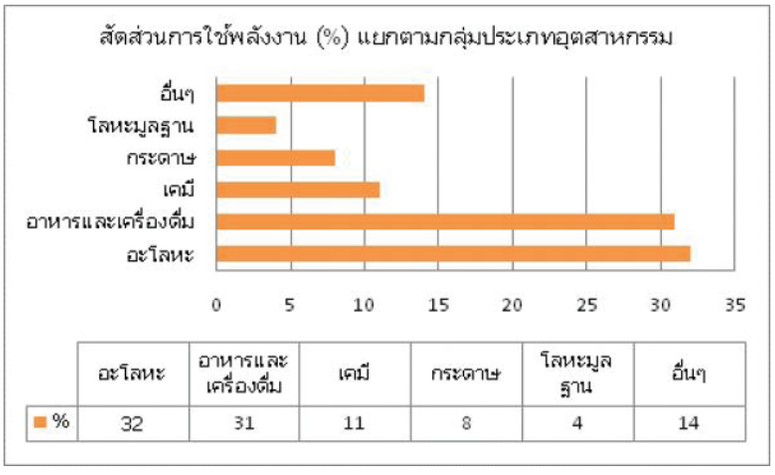
บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อนำผลการจำลองมาใช้กับโรงงานในอุตสาหกรรมอาหารที่ยังไม่ได้ทำการอนุรักษ์พลังงานในมาตรการที่มีความนิยมใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน 10 มาตรการ จากโรงงานในอุตสาหกรรมอาหารที่ส่งรายงานการจัดการพลังงานตามกฎหมายของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 626 แห่ง โดยใช้สมการถดถอยวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลประหยัด และเงินลงทุนเมื่อนำผลการจำลองการอนุรักษ์พลังงาน 10 มาตรการมาประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารที่ยังไม่ได้ทำมาตรการที่นิยมใช้ 10 มาตรการนี้ พบว่าศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานจากการจัดทำมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารจำนวน 10 มาตรการ ได้รับผลประหยัดการอนุรักษ์พลังงานถึง 696,782,971.34 บาท/ปี โดยต้องใช้เงินลงทุน 341,906,043.13 บาท โดยเงินลงทุนนี้รัฐบาลจะให้การสนับสนุนผ่านโครงการต่างๆ จากภาครัฐและมีสัดส่วนดังนี้ โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม(Direct Subsidy) 45%, โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี 25%, โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ 15%, โครงการเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุม (อบรม) 10%, และโครงการประชาสัมพันธ์ต่างๆ 5% เพื่อเป็นการกระตุ้นให้โรงงานมีการดำเนินการมาตรการข้างต้นและภาครัฐเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด

คำสำคัญ: การอนุรักษ์พลังงาน, อุตสาหกรรมอาหาร, ผลประหยัดการอนุรักษ์พลังงาน

1. ที่มาและความสำคัญ

ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมาการใช้พลังงานของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเฉลี่ยร้อยละ 4.4 ต่อปี จนปี 2554 มีการใช้พลังงานเป็น 2.3 เท่าของปี 2533 ซึ่งเป็นการเติบโตที่ควบคู่กับอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.5 ต่อปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตและอาคารธุรกิจนั้นสูงกว่าอัตราการเติบโตของ GDP มาก หรือเพิ่มเป็น 3.0 และ 3.7 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปี 2533 ปัญหาวิกฤตพลังงานถือเป็นปัญหาใหญ่ของโลกในปัจจุบันที่ทุกฝ่ายให้ความสนใจ เนื่องจากปริมาณพลังงานจากแหล่งต่างๆ นับวันยิ่งลดลง และมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตอันใกล้นี้ ในขณะที่อัตราการบริโภคพลังงานกลับเพิ่มมากขึ้น สาเหตุเกิดจากจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น และแนวโน้มการขยายตัวทางภาคอุตสาหกรรม และภาคธุรกิจ ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโลก และก่อให้เกิดวิกฤตการทางสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ทุกภาคส่วนทั่วโลกต้องหันมาให้ความสำคัญในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในส่วนของประเทศไทยก็ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวจึงได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) ขึ้น โดยมีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน(Energy Intensity) ลงร้อยละ 25 ภายในปี 2573 โดยใช้ปี 2548 เป็นปีฐาน เนื่องจากเมื่อปี 2548 ความเข้มการใช้พลังงานของประเทศไทยคือ 15.6 ktoe (พันตันเทียบเท่าน้ำมันมันดิบ) ต่อพันล้านบาท (GDP) ดังนั้นความเข้มการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศไทยในปี 2573 จะต้องไม่เกิน 11.7 ktoe ต่อพันล้านบาท[1] ทั้งนี้จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ก็ได้มีแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามประเภทอุตสาหกรรม สามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 1: สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

จากรูป พบว่าการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมอาหารมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 31 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณมากเป็นลำดับแรก รองลงมาคืออุตสาหกรรมอโลหะ และอุตสาหกรรมเคมี และจากข้อมูลรายงานการจัดการพลังงานประจำปี 2555 [2] พบว่าอุตสาหกรรมอาหาร (ซึ่งมีการส่งรายงานการจัดการพลังงานจำนวน 626 แห่ง มีการใช้พลังงานรวม 166,804,194,694.37 เมกะจูล หรือ คิดเป็น 3,948.59 ktoe โดยแบ่งออกเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 6,955,918,638.03 กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือ 25,041,307,258.89 เมกะจูล คิดเป็นร้อยละ 15 ของพลังงานรวม และเป็นการใช้พลังงานความร้อนจำนวน 141,762,887,435.48 เมกะจูล คิดเป็นร้อยละ 85 ของพลังงานรวม ทั้งนี้ชนิดเชื้อเพลิงที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG), ถ่านหิน (บิทูมินัส) และน้ำมันเตาตามลำดับ



รูปที่ 2: ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหาร

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอุตสาหกรรมหนึ่งของประเทศ เนื่องจากมีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง อีกทั้งอุตสาหกรรมอาหารนั้นยังเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการส่งออกสูง สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศได้มาก จึงควรมุ่งเน้นในการอนุรักษ์พลังงาน หรือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยฉบับนี้จึงได้จัดทำแบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารขึ้น เพื่อหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมอาหารที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมอาหาร 10 มาตรการแรก รวมทั้งหาความเหมาะสมของโครงการส่งเสริมจากภาครัฐในการสนับสนุนให้สถานประกอบการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมอาหาร คือ การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นน้ำตาล โดยสวลี ดีประเสริฐและคณะ ศึกษาทดลองนำกากมันสำปะหลังจากอุตสาหกรรมแป้งมาผลิตเป็นน้ำตาลทำให้ทราบถึงกระบวนการในการแปลรูปอาหาร [3] กรรมวิธีการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบในอุตสาหกรรมอาหาร โดย กชกร จันโจมศึก (2544) ศึกษาการพัฒนาวิธีการอนุรักษ์พลังงาน ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างเป็นระบบ โดยจะช่วยวางแผนการใช้พลังงาน และประเมินความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงาน สามารถกำหนดมาตรการการปรับปรุง และจะช่วยหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน ทางเศรษฐศาสตร์ และทางการเงิน จากมาตรการการปรับปรุงต่างๆ ของ

แผนอนุรักษ์พลังงานได้ [4] การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม โดย พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และ ไชยะ แช่มช้อย (2554) ได้จัดทำงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามแนวทางการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมในกลุ่มอุตสาหกรรม 4 กลุ่ม ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมกระดาษ และ อุตสาหกรรมเคมี โดยสร้างสมการเชิงเส้นแบบง่ายแสดงความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรม คำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) และตรวจติดตามการใช้พลังงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ คือกราฟ CUSUM ซึ่งแสดงให้เห็นช่วงที่มีการใช้พลังงานผิดปกติในกระบวนการผลิต ผลที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ ได้สมการตัวแทนการใช้พลังงานและค่าของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมย่อย ซึ่งค่านี้จะใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการผลิตใกล้เคียงกัน นอกจากนี้จากกราฟ CUSUM แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร มีความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานพอควร แสดงให้เห็นว่าโรงงานส่วนใหญ่มีการจัดการพลังงานค่อนข้างดี [5] ส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมนั้น นางสาว วริศรา แสงวิเชียร ได้ทำการการศึกษา และค้นคว้าในการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้วิธีการจำลองรูปแบบการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานโรงงานควบคุมในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 128 แห่ง จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และใช้สมการถดถอยตัวแปรเดียวฟังก์ชันต่างๆ (Linear) วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลประหยัด และเงินลงทุน โดยทำการเลือกตัวอย่างจากโรงงานควบคุม 128 แห่ง ซึ่งสามารถสรุปผลประหยัดจากการจัดทำมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 10 มาตรการได้ถึง 380,226,943 บาท โดยต้องใช้เงินลงทุนทั้งสิ้นจำนวน 206,048,331 บาท [6]

3. วิธีการและผลการวิจัย

3.1. วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน และพิจารณามาตรการที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย

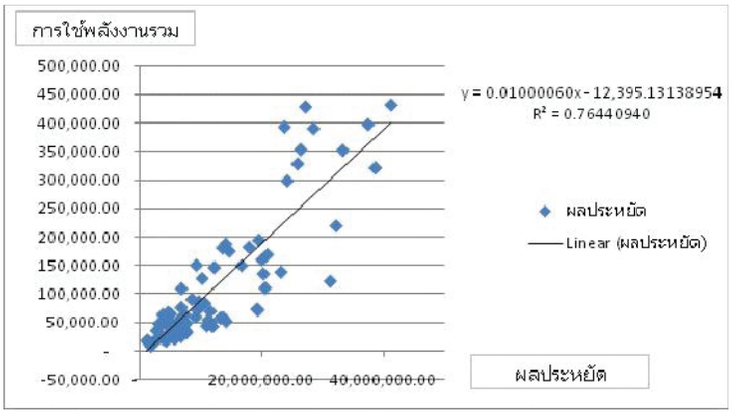
ข้อมูลจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน มีความหลากหลาย จึงต้องมีการคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่มีความจำเป็นในการวิจัยเท่านั้น โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยได้แก่ ชื่อโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมอาหาร, TSIC-ID, ปริมาณการใช้พลังงาน, รายชื่อมาตรการที่ดำเนินการ, ชื่ออุปกรณ์ที่ปรับปรุง, ผลการประหยัดจากการดำเนินการมาตรการ, เงินลงทุนในการดำเนินการมาตรการ โดยเมื่อได้ข้อมูลแล้ว จึงทำการคัดเลือกมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร 10 ลำดับแรก โดยพิจารณาจากความถี่ของโรงงานที่ดำเนินการมาตรการตั้งแต่ปี 2553 – 2555 สามารถสรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 1: สรุปข้อมูล 10 มาตรการแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร

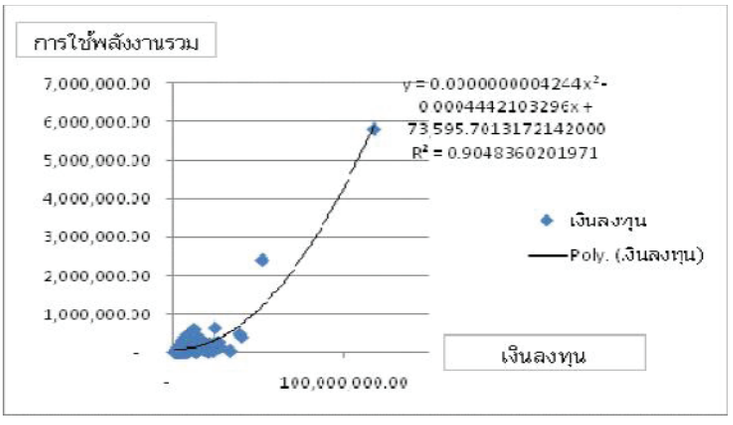
ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	โรงงานที่ทำมาตรการแล้ว (แห่ง)	โรงงานที่ยังไม่ทำมาตรการ(แห่ง)
1	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	212	414
2	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	237	389
3	การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม	140	486
4	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	133	493
5	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	88	538
6	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	127	499
7	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	74	552
8	มาตรการการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor Improvement)	107	519
9	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	62	564
10	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	42	584

3.2. ใช้สมการถดถอยในการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์

นำข้อมูลของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย 10 ลำดับแรกในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลการประหยัดจากการดำเนินการมาตรการ และเงินลงทุนในการดำเนินการมาตรการ มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย ทั้งนี้จะคัดเลือกชนิดของสมการจากสมการที่ทำให้ค่า R^2 มีค่าสูงที่สุด [7] (สมการที่พิจารณาได้แก่ เชิงเส้น, เอ็กซ์โพเนนเชียล, โพลิโนเมียล, ลอการิทึม, ยกกำลัง) สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูป



รูปที่ 2: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับผลการอนุรักษ์พลังงาน (kWh)



รูปที่ 3: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับเงินลงทุน (บาท)

3.3. จำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมอาหาร

สร้างแบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมอาหารในรูปแบบของเมตริกซ์ โดยประเภทของอุตสาหกรรมอาหารสามารถแบ่งย่อยได้ตาม ISIC (2009) [8] โดยกำหนดให้แทน 1 ในโรงงานที่จัดทำมาตรการที่ได้รับการคัดเลือกจากขั้นตอนที่ 3.1 และแทน 0 ลงในโรงงานที่ไม่ได้จัดทำมาตรการ สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังตาราง

ตารางที่ 2: แบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบของเมตริกซ์

TSIC-ID	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
19201-0001	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0002	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
19201-0003	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19201-0004	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0005	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0006	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19201-0007	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
19201-0008	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
19201-0009	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
19201-0010	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19201-0011	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
19201-0013	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
19201-0014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19202-0001	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
19202-0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

นำสมการถดถอยที่ได้จากข้อ 3.2 มาจำลองใส่ในโรงงานที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานในเมตริกซ์ข้างต้น โดยป้อนข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานเข้าไปเป็นอินพุท เพื่อจำลองหาเอาต์พุทคือผลประหยัด และเงินลงทุนจากการดำเนินการ 10 มาตรการแรก ทั้งนี้ในการประเมินผลประหยัด และเงินลงทุนจะมีการพิจารณาความน่าจะเป็นของจำนวนโรงงานที่คาดว่าจะดำเนินการในมาตรการนั้นๆด้วย เช่น ในส่วนของ

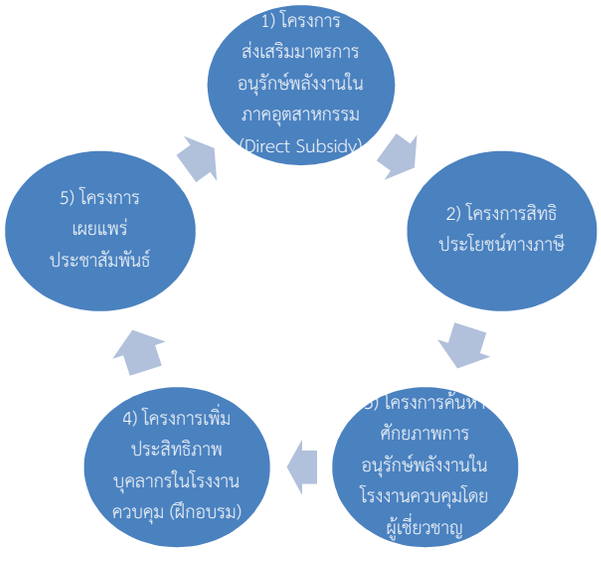
มาตรการลดจำนวนวัตต์มีการคาดการว่าจะมีโรงงานดำเนินการประมาณร้อยละ 60 จากจำนวนโรงงานทั้งหมดที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการนี้ จึงมีการถ่วงน้ำหนักผลประหยัด และเงินลงทุนไว้มากที่สุด เป็นต้น โดยเมื่อจำลองครบทั้ง 10 มาตรการแล้วได้ผลสรุป ดังตาราง

ตารางที่ 3: สรุปผลการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	โรงงานที่ทำมาตรการแล้ว (แห่ง)	เงินลงทุนหลังผ่าน ค.น่าจะเป็นแล้ว
1	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	212	
2	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	237	
3	การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม	140	101,006,760.60
4	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	133	31,811,290.02
5	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	88	43,842,678.30
6	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	127	27,849,950.62
7	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	74	
8	มาตรการการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor Improvement)	107	83,665,035.07
9	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	62	45,782,328.53
10	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	42	
รวม			333,958,043.14

3.4. จำลองโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมอาหาร

พิจารณาโครงการส่งเสริม และสนับสนุนจากภาครัฐจำนวน 5 โครงการ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4: แสดงโครงการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐจำนวน 5 โครงการ

3.4.1 โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม (Direct Subsidy)

เป็นโครงการที่สนับสนุนการลงทุนในการดำเนินการมาตรการปรับเปลี่ยน หรือติดตั้ง เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยภาครัฐสนับสนุนร้อยละ 20 จากการลงทุนทั้งหมด ซึ่งจากผลการดำเนินงานในอดีตที่ผ่านมา มีสถานประกอบการเข้าร่วม และขอรับการสนับสนุนจนครบวงเงินทุกครั้ง (โครงการนี้เหมาะสมกับการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการลงทุนสูง)

3.4.2 โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี

เป็นโครงการที่ให้การลดหย่อนภาษีเมื่อสถานประกอบการซื้อสินค้าหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง หรือติดฉลากเบอร์ 5 โดยจะลดหย่อนภาษีในอัตราร้อยละ 25 ของค่าวัสดุ/อุปกรณ์ (การคำนวณสิทธิประโยชน์ทางภาษีดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงภาษีนิติบุคคลที่ทางสถานประกอบการจะต้องเสียในอัตราร้อยละ 30 ด้วย)

3.4.3 โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ

เป็นโครงการที่ส่งผู้เชี่ยวชาญด้านการอนุรักษ์พลังงาน และด้านการจัดการพลังงาน เข้าไปยังสถานประกอบการ เพื่อค้นหามาตรการและให้คำแนะนำเชิงเทคนิคในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3.4.4 โครงการเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในโรงงานควบคุม (ฝึกอบรม)

เป็นโครงการที่เชิญสถานประกอบการ เข้าฝึกอบรมให้ความรู้ในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานโดยผู้เชี่ยวชาญฯ โดยมีการให้ความรู้ทั้งทางด้านเทคนิค ด้านการบริหารจัดการ และคำแนะนำในการจัดหาแหล่งทุนในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3.4.5 โครงการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์

เป็นโครงการที่เชิญชวนสถานประกอบการ ให้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานผ่านสื่อประชาสัมพันธ์ต่างๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ หรือซีดีแนะนำให้ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

โดยการพิจารณาความเหมาะสมของโครงการในแต่ละมาตรการนั้น จะพิจารณาจากค่าทางเศรษฐศาสตร์ เช่น NPV, IRR และจะพิจารณาความคุ้มค่าของทางภาครัฐเป็นหลักโดยเปรียบเทียบกับการลงทุนของเอกชนควบคู่กันไปด้วย ซึ่งในเบื้องต้นในมาตรการที่มีการลงทุนสูงจะมีการแบ่งสัดส่วนโครงการเป็น Subsidy 40%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 10%, อบรม 10% และในมาตรการที่มีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุนจะมีการแบ่งสัดส่วนเป็น ผู้เชี่ยวชาญ 35%, ประชาสัมพันธ์ 35%, อบรม 40% จากนั้นได้มีการทดลองปรับเพิ่ม และลดสัดส่วนของโครงการจนได้ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสม ส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามาก

ตารางที่ 5: ตัวอย่างการจำลองความเหมาะสมของเงินลงทุนในมาตรการ

เคส	financial NPV	financial IRR	Economics NPV	Economics IRR		subidy	TAX	ผชช	ปชส	อบรม
1	฿240,397,996	152.12%	฿229,567,423.61	122.39%						
2	฿244,402,036	152.36%	฿182,015,006.32	120.24%						
3	฿253,555,602	153.11%	฿242,043,490.12	122.76%						
4	฿254,050,649	153.14%	฿242,368,344.08	122.52%		45	25	15	10	5
5	฿254,050,649	153.14%	฿242,360,195.94	122.51%						
6	฿236,393,957	151.89%	฿225,782,063.23	122.40%						
7	฿249,551,563	152.89%	฿238,258,129.74	122.77%						
8	฿250,046,610	152.92%	฿238,582,983.70	122.53%						
9	฿250,046,610	152.92%	฿238,574,835.57	122.51%						
10	฿227,240,390	151.04%	฿168,962,190.54	119.80%						
11	฿231,244,430	151.30%	฿172,105,828.70	119.81%						
12	฿240,893,043	152.16%	฿178,982,314.72	119.97%						
13	฿240,893,043	152.16%	฿178,974,166.58	119.95%						
14	฿226,745,343	151.00%	฿168,851,243.98	120.08%						
15	฿230,749,383	151.27%	฿171,994,882.14	120.08%						
16	฿239,902,949	152.09%	฿178,760,421.60	120.49%						

ตารางที่ 6: สรุปผลการจำลองความเหมาะสมของเงินลงทุนมาตรการ

ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	NPV ที่ดีที่สุด	โครงการ				
			subidy	TAX	ผชช	ปชส	อบรม
มีการลงทุน							
1	การใช้เครื่องปรับอากาศชดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (I	฿242,368,344.08	45	25	10	10	10
2	ลองจำลอง4(การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เห	฿134,313,736.30	45	25	15	5	10
3	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	฿120,190,541.08	45	25	15	5	10
4	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	฿108,766,630.59	45	25	15	5	10
5	มาตรการการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Fa	฿218,184,295.29	45	25	15	5	10
6	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม	฿617,142,474.06	45	25	15	5	10
ไม่มีการลงทุน							
1	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	฿41,305,720.00			35	35	40
2	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	฿132,647,897.17			35	35	40
3	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	฿164,663,414.64			35	35	40
4	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	฿39,754,934.85			35	35	40

4. สรุป

ผลการศึกษาพบว่า การจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมอาหารที่ยังไม่ได้ดำเนินการในมาตรการ 10 มาตรการที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย เกิดศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานถึง 696,782,971.34 บาท/ปี คิดเป็น 21.43 ktoe/ปี หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 159,921.7 tCO_2/ปี โดยต้องใช้เงินลงทุน 341,906,043.13 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.49 ปี โดยในมาตรการที่มีการลงทุนสูง สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น Subsidy 45%, ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 5%, อบรม 10% และในมาตรการที่มีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น ผู้เชี่ยวชาญ 35%, ประชาสัมพันธ์ 35%, อบรม 40% จึงจะส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณข้อมูลจากกระทรวงพลังงาน, คุณกชกร จันโจมศึก, คุณพัชรมาศ นุ่มดีและคณะ, คุณวริศรา แสงวิเชียร, สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ปราโมทย์ เดชะอำไพ และท่านอาจารย์จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในการอนุเคราะห์ข้อมูลและผลักดันให้การเขียนบทความนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน, 2554, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554 – 2573), http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf, [2 มิถุนายน 2557].

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557, ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน.

[3] สวลี ดีประเสริฐและคณะ, 2555, การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นน้ำตาล, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษ 2555

[4] กชกร จันโจมศึก, 2544, กรรมวิธีการประหยัดพลังงาน อย่างเป็นระบบ ในอุตสาหกรรมอาหาร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[5] พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และ ไชยะ แซ่มซ้อย, 2554, การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม, วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2, http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2013/02/1-11.pdf [6 มิถุนายน 2557].

[6] วริศรา แสงวิเชียร, 2556, การจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[7] สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2553), “การจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทย ปี 2552”, สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

[8] ปราโมทย์ เดชะอำไพ และนิพนธ์ วรรณโสภาคย์. 2552. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 6, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

O-EM12

ความต้องการพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้ม สำหรับครัวเรือนของชุมชน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

สำรวย มะลิถอด[1*], ทิพวรรณ เปลี่ยนมอญ[2], เบ็ญจพร ประชุมรัตน์[3], เพชรดา ทิพย์ยอแล๊ะ[4]
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000
E-mail: s.malithod@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจเกี่ยวกับความต้องการพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้มสำหรับครัวเรือนของชุมชน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยทำการรวบรวมข้อมูลภาคสนามด้วยการสุ่มตัวอย่างจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ แพะ และสุกร จำนวน 400 ราย และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือนสู่ชุมชน

จากการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ พบว่าอำเภอบ้านแหลมมีเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์กระจายอยู่ทุกตำบล และจากการสัมภาษณ์เกษตรกรทั้ง 10 ตำบล ในอำเภอบ้านแหลม พบว่าเป็นเกษตรกรเพศชาย ร้อยละ 52.50 โดยส่วนมากมีอายุอยู่ระหว่าง 41-60 ปี ร้อยละ 49.50 รองลงมามีอายุระหว่าง 21-40 ปี ร้อยละ 24.30 และมีอายุเฉลี่ย 48 ปี ชนิดของสัตว์ที่เลี้ยงมากที่สุดคือโคเนื้อ มีจำนวนที่เลี้ยงน้อยกว่า 10 ตัว/บ้าน คิดเป็นร้อยละ 48.50 รองลงมามีจำนวน 11-20 ตัว/บ้าน โดยเฉลี่ยมีการเลี้ยงจำนวน 7 ตัว/บ้าน และชนิดสัตว์ที่เลี้ยงรองลงมาคือแพะเนื้อ มีจำนวนการเลี้ยงตั้งแต่ 1-5 ตัวมากที่สุดร้อยละ 62.16 ตัว/บ้าน จำนวนรองลงมาตั้งแต่ 11-15 ตัว/บ้าน และ 16-20 ตัว/บ้าน โดยเฉลี่ยมีการเลี้ยงจำนวน 8 ตัว/บ้าน

และจากการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามพบว่ามีเกษตรกรผู้ที่สนใจและต้องการใช้แก๊สชีวภาพทดแทนแก๊สหุงต้มในระดับที่สนใจมาก ร้อยละ 1.80 และสนใจมากที่สุด ร้อยละ 0.80 จากผลการสำรวจเบื้องต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือนให้แก่ผู้สนใจและมีความต้องการในระดับมากจากแบบสอบถาม เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายและส่งเสริมการดำเนินชีวิตด้วยปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยนำมูลโคเนื้อ แพะเนื้อ และสุกรที่มีการเลี้ยงมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อให้เกิดแก๊สมีเทนสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพและใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มจากอุตสาหกรรม จำนวน 1 ราย และอีก 1 รายเป็นการใช้เพื่อประกอบอาหารกลางวันสำหรับนักเรียน

คำสำคัญ : แก๊สหุงต้ม; ครัวเรือน; พลังงานทดแทน

ที่มาและความสำคัญ

ด้วยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงให้ความสำคัญกับอาชีพการเกษตรเป็นอย่างมาก โดยเน้นให้ประชาชนของพระองค์รู้จักกิน รู้จักใช้ โดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และทรงให้ข้อคิดถึงการใช้พลังงานทดแทนและจึงทรงแนะนำในเรื่องการผลิตแก๊สชีวภาพ อันจะมีผลดีทั้งในด้านเชื้อเพลิงและปุ๋ยรวมทั้งได้ทรงเน้นอยู่เสมอที่จะให้เกษตรกรมีรายได้เสริมหรือรายได้นอกการเกษตร เพื่อเพิ่มรายได้ของตนเอง

ซึ่งจากปัจจุบันทุกประเทศทั่วโลกมีการนำพลังงานมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการดำเนินงานในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจทำให้แต่ละประเทศเกิดการแข่งขันในการทำธุรกิจและยิ่งกว่านั้น ยังมีนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยีที่นับวันเจริญอย่างไม่มีทีท่าว่าจะสิ้นสุด แต่ตรงข้ามกับปริมาณของพลังงานที่ทุกคนใช้กัน นับวันยิ่งจะลดน้อยลงไปโดยเฉพาะพลังงานเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า และพลังงานอื่น ๆ ซึ่งมีการคาดการณ์กันว่าในอนาคตข้างหน้าหลายประเทศทั่วโลกจะประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงาน จึงจำเป็นต้องนำเข้าพลังงานจากประเทศอื่น และประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ประสบปัญหาเรื่องพลังงานอยู่ในขณะนี้ ทำให้การพัฒนาของประเทศหยุดชะงักและประชาชนเดือดร้อน ส่งผลกระทบกันเป็นลูกโซ่ หากไม่มีการใช้พลังงานกันอย่างประหยัดและคุ้มค้าแล้ว คงอีกไม่นานพลังงานคงหมดในเวลาอันใกล้นี้

ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องเร่งหาพลังงานทดแทนมาใช้ในกิจวัตรประจำวัน ซึ่งง่ายสุดคือการใช้ประโยชน์จากสิ่งเหลือใช้ เช่น โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานผลิตเบียร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งซึ่งใกล้ตัวสุดคือจากมูลสัตว์มาผ่านกระบวนการหมักภายใต้สภาวะที่ไม่ต้องการออกซิเจน (O_2) โดยอาศัยแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศ (Anaerobic) เป็นตัวย่อยสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สมีเทนในที่สุด ซึ่งเหมาะกับการนำมาเป็นพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือน ทำให้เกิดการใช้พลังงานลดลง และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของครัวเรือนลงได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพหรือไบโอแก๊ส (Biogas)

กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน (2553) และชัยศรี และโกวิทย์ (2555) แก๊สชีวภาพหรือไบโอแก๊สคือแก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน(anaerobic digestion)โดยทั่วไปจะหมายถึงแก๊สมีเทนที่เกิดจากการหมัก(fermentation) ของสารอินทรีย์โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะกองมูลสัตว์และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่งกล่าวคือเมื่อไหร่ก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานาน ก็อาจเกิดแก๊สชีวภาพแต่นี่เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่นๆเช่นไฮโดเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ (นิรนาม, มปพ)

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะปราศจากออกซิเจน (Anaerobic digestion)

ส่วนพัฒนาสิ่งแวดล้อมด้านกรมปศุสัตว์ (2553) แก๊สชีวภาพเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย เช่น จุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (methane-producing bacteria) หรือ เมทาโนเจนและจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) มาช่วยย่อยในสภาวะไร้อากาศในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศเป็นการที่จุลินทรีย์ต่างๆทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ลงจากสิ่งมีชีวิตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนลงเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อยลงเป็นขั้นๆไป

กระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นดังนี้

1. ไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) สารอินทรีย์ (เศษพืชผักเนื้อสัตว์) มีองค์ประกอบสำคัญคือคาร์โบไฮเดรตไขมันและโปรตีนแบคทีเรียจะปล่อยเอ็นไซม์เอกซ์ตราเซลลูลาร์ (extra cellular enzyme) มาช่วยละลายโครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (monomer) เช่น การย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสการย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมันและการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

2. แอซิดิฟิเคชั่นหรือแอซิโดเจเนซิส (Acidification/Acidogenesis) การย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยว (monomer) เป็นกรดระเหยง่าย (volatile fatty acid) กรดคาร์บอน แอลกอฮอลล์คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และไฮโดรเจน

3. อะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) เปลี่ยนกรดระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเทตซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักในการผลิตมีเทน

4. เมทาไนเซชั่นหรือเมทาโนเจเนซิส (Methanization/Methanogenesis) กรดอะซิติกและอื่นๆจากขั้น 2 รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนบางส่วนจะเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนเป็นมีเทนโดย

เมทาโนเจน (methanogen)

CH_3COOH --> CH_4 + CO_2

กรดอะซิติก มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์

$2CH_3CH_2OH$ + CO_2 --> CH_4 + $2CH_3COOH$

เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน กรดออะซิติก

CO_2 + $4H_2$ --> CH_4 + $2H_2O$

คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน น้ำ

องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) และไอน้ำ สารอินทรีย์ +จุลลินทรีย์ เซลล์ + Cabondioxide + Methaue + Ammonia + Hydrogen Sulfide ก๊าซมีเทนบริสุทธิ์มีคุณสมบัติ เบากว่าอากาศประมาณครึ่งหนึ่ง (น้ำหนักโมเลกุล 16.04) ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย ไม่มีรส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ส่วนก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นก๊าซผสมอากาศ เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเล็กน้อย เกิดจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้ผู้ใช้บางคนไม่ชอบนำไปหุงต้ม แต่แท้จริงแล้วกลิ่นของก๊าซนี้ไม่ได้ทำให้รสชาติของอาหารมีกลิ่น พอเผาไหม้แล้วก็ระเหยไป

ตารางที่ 1: แสดงองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

ชนิดของแก๊สชีวภาพ	ปริมาณ (%)
ก๊าซมีเทน	50 - 70
คาร์บอนไดออกไซด์	30 - 50
อื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ไฮโตรเจนซัลไฟด์ และไอน้ำ	เล็กน้อย

ที่มา : ทรงศักดิ์ และกาญจนา (2555)

วิธีวิจัย

ประชากรที่ศึกษา

การศึกษาความต้องการพลังงานทดแทนแก๊สหุงต้มสำหรับครัวเรือนและการตอบสนองโครงการบริการ วิชาการด้านพลังงานของชุมชน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการวิจัยเป็นแบบการสำรวจ (Survey Research) โดยทำการสำรวจจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ในอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 400 ราย

เทคนิคและวิธีการเลือกตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ซึ่งผู้วิจัยได้คำนวณขนาดของประชากรตัวอย่างโดยใช้วิธีตามแบบของ Yamane โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

จากสูตร $$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (1)$$

กำหนดให้

n = ขนาดของกลุ่มประชากรตัวอย่าง

N = ขนาดประชากร (397 รายในอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี)

e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างประชากร

กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มประชากรตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นขนาดของกลุ่มประชากรตัวอย่างมีค่าเท่ากับ

$$n \text{ (อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี)} = \frac{47990}{1+47990\,(0.05^2)}$$

$$= 400 \text{ ราย}$$

เมื่อได้ขนาดตัวอย่าง 400 ราย แล้วผู้วิจัยได้ทำการสำรวจโดยสำรวจในอำเภอ ทั้ง 10 ตำบล ที่มีการเลี้ยงสัตว์

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ใช้วิธีการสัมภาษณ์จากแบบสอบถามจากเกษตรกร เป็นวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากจะได้ข้อมูลที่ละเอียดและมีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังได้มีโอกาสเห็นถึงสภาพการเลี้ยงสัตว์ในรูปแบบต่าง ๆ ของเกษตรกรในพื้นที่ของอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของลักษณะส่วนบุคคลของผู้ให้ข้อมูล

เพศ	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
ชาย	210	52.5
หญิง	190	47.5

จากตารางที่ 2 จากการศึกษาสภาพทั่วไปของผู้เลี้ยงสัตว์ พบว่า เป็นเพศชาย ร้อยละ 52.5 และ เพศหญิง ร้อยละ 47.5

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของลักษณะส่วนบุคคลของผู้ให้ข้อมูล

อายุ (ปี)	จำนวน	ร้อยละ
1-20 ปี	17	4.3
21-40 ปี	97	24.3
41-60 ปี	198	49.5
> 60 ขึ้นไป	88	22.0
รวม $\bar{X}$ = 48 MAX = 85 MIN = 12	400	100.0

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุมากสุดในช่วงอายุ 41-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 49.5 รองลงมามีอายุระหว่าง 21-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.3 ส่วนอายุระหว่าง 1-20 ปี มีเพียงร้อยละ 4.3 เท่านั้น และมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 48 ปี อายุสูงสุด 85 ปี และ ต่ำสุด 12 ปี

จากตารางที่ 4 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเลี้ยงสุกรระหว่าง 1-25 ตัว และ 26-50 ตัว คิดเป็นร้อยละ 0.3 ผู้เลี้ยงแพะระหว่าง 1-5 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.8 ผู้ที่เลี้ยงแพะระหว่าง 6-10 ตัว คิดเป็นร้อยละ 0.5 ผู้ที่เลี้ยงแพะ 11-15 ตัว คิดเป็นร้อยละ 1.3 ผู้ที่เลี้ยงแพะ 16-20 ตัว คิดเป็นร้อยละ 1.3 ผู้ที่เลี้ยงแพะมากกว่า 21 ตัวขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 0.5 และผู้ที่เลี้ยงโคน้อยกว่า 10 ตัว คิดเป็นร้อยละ 48.5 ผู้เลียงโคระหว่าง 11-20 ตัว คิดเป็นร้อยละ 25.8 ผู้ที่เลี้ยงโคระหว่าง 21-30 ตัว คิดเป็นร้อยละ 6.8 ผู้ที่เลี้ยงโค 31-40 ตัว คิดเป็นร้อยละ 3.3 ผู้ที่เลี้ยงโคระหว่าง 41-50 ตัว คิดเป็นร้อยละ 0.8 และผู้ที่เลี้ยงโคมากกว่า 50 ตัวขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 1.0

จากตารางที่ 5 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้เกี่ยวกับพลังทดแทนแก๊สชีวภาพ ร้อยละ 67.8 และผู้ที่ไม่ทราบข้อมูลและไม่มีความรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนและแก๊สชีวภาพ ร้อยละ 32.2

จากตารางที่ 6 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้รับข่าวสารเรื่องแก๊สชีวภาพ จากสื่อโทรทัศน์/วิทยุ มากที่สุด ร้อยละ 48.8 รองลงมา คือ เพื่อนบ้าน ร้อยละ 20.0 ซึ่งผลการวิจัยสำรวจแตกต่างจากการการวิจัยของเจษฎา และคณะ (มปพ.) ที่รายงานว่าจากการวิจัยการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโคแบบครบวงจร พบว่าช่องทางการรับข่าวสารเรื่องแก๊สชีวภาพของชุมชนบ้านห้วยบงได้รับจากผู้นำท้องถิ่น ท้องที่มากที่สุด นั่นแสดงให้เห็นถึงผู้นำชุมชนให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนและลงเป็นแผนการพัฒนาของชุมชน

จากตารางที่ 7 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามไม่เคยผ่านการอบรมความรู้เกี่ยวกับการพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพมากที่สุด 382 คน คิดเป็นร้อยละ 95.5 ซึ่งขัดแย้งกับเจษฎา และคณะ (มปพ.) ที่รายงานผลการวิจัยว่าชุมชนบ้านห้วยบงได้รับการอบรมเรื่องแก๊สชีวภาพโดยทั่วถึง อาจสืบเนื่องด้วยภาวะของผู้นำชุมชนที่เล็งเห็นความสำคัญพลังงานทดแทนจึงผลักดันให้บุคคลเข้ารับการอบรมและตระหนักในจุดนี้

จากตารางที่ 8 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้แก๊สชีวภาพในครัวเรือนมากที่สุดจำนวน 390 คน คิดเป็นร้อยละ 97.5 และผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้แก๊สชีวภาพในครัวเรือนมีเพียง 10 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5

จากตารางที่ 9 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าการใช้แก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้จริงมากที่สุด 264 คน คิดเป็นร้อยละ 66.0 และผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าการใช้แก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนไม่แน่ใจมีจำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 7.8 และรองลงมาคือผู้ที่ไม่แน่ใจการใช้แก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายได้จริงในครัวเรือนจำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 26.3

ตารางที่ 4: จำนวนและร้อยละของลักษณะส่วนบุคคลของผู้ให้ข้อมูล

ชนิดและจำนวนสัตว์	จำนวน	ร้อยละ
สุกร		
1-25 ตัว	1	50.0
26-50 ตัว	1	50.0
รวม $\bar{X}$ = 16 MAX = 27 MIN = 5	2	100.0
แพะ		
1-5 ตัว	23	5.8
6-10 ตัว	2	0.5
11-15 ตัว	5	1.3
16-20 ตัว	5	1.3
>21 ตัว ขึ้นไป	2	0.5
รวม $\bar{X}$ = 8 MAX = 30 MIN = 1	37	100.0
โค		
< 10 ตัว	195	48.5
11-20 ตัว	103	25.8
21-30 ตัว	27	6.8
31-40 ตัว	13	3.3
41-50 ตัว	3	0.8
>50 ตัว ขึ้นไป	4	1.0
รวม $\bar{X}$= 7 MAX = 120 MIN = 2	345	100.0

ตารางที่ 5: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

ทราบข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพ	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
ทราบ	272	67.8
ไม่ทราบ	128	32.2

ตารางที่ 6: จำนวนและร้อยละของผู้แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

ได้รับข่าวสาร เรื่องแก๊สชีวภาพมาจากช่องทาง	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
สื่อโทรทัศน์ / วิทยุ	195	48.8
อินเตอร์เน็ต	34	8.5
หนังสือพิมพ์	69	17.3
นักวิชาการ เจ้าหน้าที่รัฐ	25	6.3
ผู้นำท้องถิ่น	52	13.0
เพื่อนบ้าน	80	20.0
เอกสารเผยแพร่	8	2.0

ตารางที่ 7: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในการอบรมพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

เคยผ่านการอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้แก๊สชีวภาพ	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
เคย	18	4.5
ไม่เคย	382	95.5

ตารางที่ 8: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในการใช้พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

ได้มีการใช้แก๊สชีวภาพในครัวเรือน	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
ใช้	10	2.5
ไม่ใช้	390	97.5

ตารางที่ 9: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในการใช้พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

การใช้แก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
ได้ เพราะ ลดการซื้อแก๊สเป็นถังใช้	264	66.0
ไม่ได้ เพราะ กลัวไม่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน	31	7.8
ไม่แน่ใจ เพราะ ลดการซื้อแก๊ส หรือเสียเงินมากกว่าเดิม	105	26.3

ตารางที่ 10: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในความต้องการพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

มีความสนใจและต้องการใช้แก๊สชีวภาพ	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
ไม่สนใจ	148	37.0
เฉย ๆ	181	45.3
ไม่แน่ใจ	61	15.3
สนใจมาก	7	1.8
สนใจมากที่สุด	3	0.8

จากตารางที่ 10 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่มีความคิดเห็นต่อการใช้แก๊สชีวภาพมากที่สุดจำนวน 181 คนคิดเป็นร้อยละ 45.3 รองลงมาคือไม่สนใจและไม่มีความต้องการใช้แก๊สชีวภาพจำนวน 148 คน คิดเป็นร้อยละ 37.0 และผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจและต้องการใช้แก๊สชีวภาพน้อยสุด จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 0.8

จากตารางที่ 11 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีการใช้แก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนเดือนละ 100 บาท มากที่สุดจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 0.8 รองลงมาคือสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้เดือนละ 150 บาท 300 บาท และ 1,000 บาท มีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 0.3

จากตารางที่ 12 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทราบชนิดของวัตถุที่สามารถนำมาทำแก๊สชีวภาพได้โดยส่วนใหญ่ คือ มูลสัตว์จำนวน 394 คน คิดเป็นร้อยละ 98.5 รองลงมาคือวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและขยะมูลฝอยจำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 13.8 ส่วนเนื้อสัตว์ที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มีผู้ตอบน้อยสุดจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5

จากตารางที่ 13 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความเห็นด้วยว่าการผลิตแก๊สชีวภาพเกี่ยวข้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมากที่สุดจำนวน 397 คน คิดเป็นร้อยละ 94.5 และไม่เห็นด้วยว่าการผลิตแก๊สชีวภาพเกี่ยวข้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงน้อยสุดจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 5.3

ตารางที่ 11: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามกรณีใช้พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพแทนแก๊สหุงต้ม

กรณีที่บ้านใช้แก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
100 บาท	3	0.8
150 บาท	1	0.3
300 บาท	1	0.3
1,000 บาท	1	0.3
ผู้ไม่ตอบแบบสอบถาม	394	98.3

ตารางที่ 12: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้วัสดุชนิดต่างๆเป็นพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

ชนิดของวัสดุที่สามารถนำมาทำแก๊สชีวภาพทดแทน	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
มูลสัตว์	394	98.5
วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร	55	13.8
ขยะมูลฝอย	55	12.5
เนื้อสัตว์ที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้	10	12.5

ตารางที่ 13: จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงกับพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

การผลิตแก๊สชีวภาพเกี่ยวข้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
เกี่ยวข้อง	379	94.5
ไม่เกี่ยวข้อง	21	5.3

ตารางที่ 14: จำนวนและร้อยละผู้ตอบแบบสอบถามในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ

ในการส่งเสริมพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพควรมีการประชาสัมพันธ์	จำนวน (N=400)	ร้อยละ
ควรมีการประชาสัมพันธ์	375	93.8
ไม่ควรมีการประชาสัมพันธ์	25	6.3

จากตารางที่ 14 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยว่าควรให้มีการประชาสัมพันธ์การส่งเสริมพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพมากที่สุดจำนวน 375 คน คิดเป็นร้อยละ 93.8 และไม่เห็นด้วยในการส่งเสริมพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพควรมีการประชาสัมพันธ์มีเพียง 28 คน คิดเป็นร้อยละ 6.3

สรุปผลการทดลอง

จากการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ใน เขตอำเภอบ้านแหลม จำนวน 400 ราย เป็นชายร้อยละ52.5 มีอายุอยู่ระหว่าง 41-60 ปี อายุเฉลี่ย 48 ปี มีการเลี้ยงสุกรเฉลี่ย 16 ตัว แพะเฉลี่ย 8 ตัว และโคเฉลี่ย 7 ตัว โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีข้อมูลความรู้ด้านพลังงานแก๊สชีวภาพ ร้อยละ 48.8 และส่วนใหญ่ไม่เคยผ่านการเข้าอบรมเกี่ยวกับพลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ ร้อยละ 95.5 และผู้ตอบแบบสอบถามมีการใช้แก๊สชีวภาพเพียงร้อยละ 2.5 ผู้ตอบแบบสอบถามมั่นใจว่าแก๊สชีวภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้ ร้อยละ 66.0 แต่มีความสนใจ-สนใจมากที่สุดในการใช้ประโยชน์เพียง ร้อยละ 2.5 ส่วนกรณีบ้านที่มีการใช้แก๊สชีวภาพอยู่แล้ว ร้อยละ 0.8 สามารถลดค่าใช้จ่ายได้เดือนละ 100 บาท วัสดุที่นำมาผลิตแก๊สชีวภาพส่วนใหญ่คือมูลสัตว์ ร้อยละ 94.5 และผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญและเกี่ยวข้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมากถึงร้อยละ 94.5 สนับสนุนให้มีการประชาสัมพันธ์ส่งเสริมเกี่ยวกับการใช้และประโยชน์ของแก๊สชีวภาพมากถึงร้อยละ 93.8 นอกเหนือจากนี้ยังบ่งบอกข้อดีของการใช้พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพด้านลดต้นทุนครัวเรือน ร้อยละ 83.5

บรรณานุกรม

[1] กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2553, คู่มือการปฏิบัติงานการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและขยะชุมชน” หนังสือในโครงการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมและประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านก๊าซชีวภาพ. หลักสูตรเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมและมูลสัตว์. พิมพ์โดยสำนักวิจัย ค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 181 น.

[2] ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิทย์ สุวรรณหงส์, 2555, “รายงานฉบับสมบูรณ์ การผลิตพลังงานทดแทน จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร่วมกับวัชพืชน้ำในพื้นที่อัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม”มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สนับสนุนโดยสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

[3] ทรงศักดิ์ ศรีสันติสุข และกาญจนา เลพล, 2555, “แสดงองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ” http://www.eppo.go.th . [3 กันยายน 2556].

[4] นิรนาม, มปพ, “โครงการศึกษามาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน”

[5] เจษฎา มิ่งฉาย, พจนีย์ แสงมณี, สร้อยรัตน์ดา สามโพธิ์ศรี, สุทธิรัตน์ ปาลาศ และลือ เกิดสาย, มปพ, “การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคแบบครบวงจร สำหรับชุมชนบ้านห้วยบง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์”. www.kaset.ura.ac.th. [3 กันยายน 2556].

O-EM13

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับระบบไมโครกริด

Information system for microgrid system Data management

วศิน์วิโรตม์ เนติศักดิ์[1]*, นิพนธ์ เกตุจ้อย[2]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง E-mail: wasivirot@lpru.ac.th

[2]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: niponk@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบไมโครกริดที่ติดตั้งอยู่ที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร นั้นมีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 120 กิโลวัตต์ และมีเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าชนิดใช้เครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 100 กิโลวัตต์ โดยระบบไมโครกริดนี้จะสามารถทำการแสดงข้อมูลและตรวจสอบสถานะต่างๆ ของระบบ ได้โดยผ่านทางชุดควบคุมกลางที่ติดตั้งอยู่ที่อาคารศูนย์ควบคุมไมโครกริดเพียงทางเดียวเท่านั้น ทำให้ไม่สะดวกในการบริหารจัดการกับระบบไมโครกริดและข้อมูลที่มีอยู่อย่างมากมาย บทความนี้นำเสนอการสร้างระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการขึ้นมาใช้งานในการบริหารข้อมูลภายในระบบไมโครกริดโดยผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เนต และมีการสร้างฐานข้อมูลขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจสอบและเรียกดูข้อมูลทางด้านต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการระบบไมโครกริดต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการข้อมูลไมโครกริด, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ, ระบบจัดการพลังงาน

1.บทนำ

เนื่องด้วยปัญหาโลกร้อนในปัจจุบันทำให้ทั่วโลกตื่นตัวในการที่จะช่วยกันแก้ปัญหาดังกล่าว และกระตือรือร้นในการช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อม การประหยัดพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นผลทำให้เทคโนโลยีทางด้านพลังงานได้รับความสนในและได้รับการพัฒนามากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโยลีทางด้านของพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนที่ได้รับการพัฒนาให้มีความก้าวหน้าและเป็นที่สนใจมากกว่าในอดีต และทำให้ปัจจุบันนี้มีแหล่งพลังงานทดแทนเกิดขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ แหล่งพลังงานทดแทนจากพลังงานลม แหล่งพลังงานทดแทนจากพลังงานน้ำ แหล่งพลังงานทดแทนจากชีวมวล และแหล่งพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆ ซึ่งแหล่งพลังงานทดแทนเหล่านี้ เมื่อมีการนำมาเชื่อมต่อกันก็จะทำให้ได้ปริมาณพลังงาน หรือพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของแต่ละแหล่งพลังงาน แนวความคิดที่นำเอาแหล่งพลังงานทดแทนเหล่านี้มาเชื่อมต่อกัน เรียกว่า สมาร์ทกริด (Smart grid) แนวคิดก็คือ แต่ละแหล่งผลิตพลังงานทดแทนจะต้องสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เอง จากนั้นก็จะส่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เหล่านี้เข้าสู่สายส่งหลัก (National Grid) เพื่อรวมกับพลังงานไฟฟ้าจากระบบหลักต่อไป [1]. กล่าวคือจะเป็นเหมือนสถานีผลิตกระแสไฟฟ้ารายย่อย ที่ทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อช่วยเสริมระบบหลัก ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นเครือข่ายพลังงานทดแทนขนาดใหญ่ขึ้นมา แต่ในกรณีที่กำลังการผลิตไม่มากนัก ระบบก็จะเรียกว่าเป็นโครงข่ายพลังงานขนาดเล็ก หรือไมโครกริด (Microgrid) และในการเชื่อมต่อของระบบดังกล่าวนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบสารสนเทศเข้ามาบริหารจัดการในเรื่องของหน่วยไฟฟ้าและข้อมูลต่างๆ

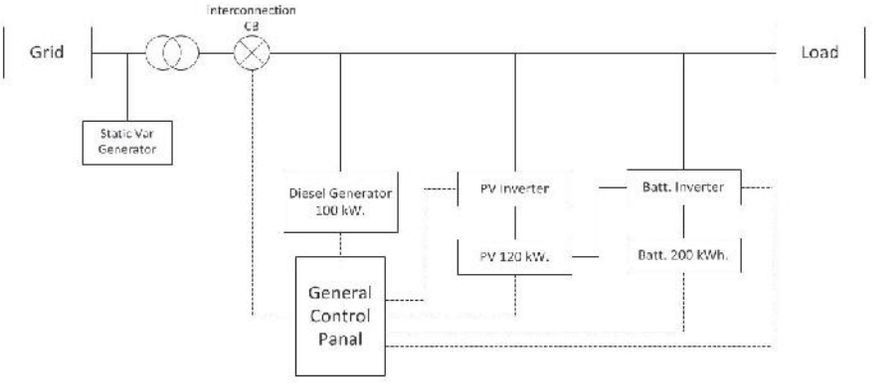
ทั้งนี้ ระบบไมโครกริดของวิทยาลัยพลังงานทดแทนนั้น ไม่มีระบบที่ทำหน้าที่บริหารจัดการกับข้อมูลจำนวนมากมายที่เกิดขึ้นทุกวัน อีกทั้งการที่จะตรวจสอบข้อมูลของระบบก็สามารถทำได้เฉพาะที่ตัวอุปกรณ์ควบคุมหลักภายในอาคารไมโครกริดเท่านั้น ทำให้ข้อมูลที่ได้มาจากระบบไมโครกริดมีจำนวนมากขึ้นทุกวัน และในปัจจุบันยังไม่มีการนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม จึงควรที่จะต้องสร้างระบบสารสนเทศขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการกับข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากระบบไมโครกริด เพื่อให้สามารถจัดการได้ง่ายและสะดวกในการบริหารจัดการเครือข่ายพลังงานต่อไป

2. ระบบไมโครกริด

ระบบไมโครกริด (Microgrid System) คือรูปแบบของโครงข่ายการผลิตไฟฟ้าแรงต่ำ มีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 400 โวลต์ ซึ่งจะเป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้แหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่หลากหลาย โดยเฉพาะแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน และจะมีแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้ากระจายอยู่ทั่วบริเวณโครงข่ายเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ภายในระบบไมโครกริดเป็นหลัก นอกจากนั้นระบบไมโครกริดยังสามารถรับกระแสไฟฟ้าจากภายนอก คือจากระบบสายส่งหลัก (National Grid) มาเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าภายในโครงข่ายในกรณีที่การผลิตกระแสไฟฟ้าภายในโครงข่ายไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยทั่วไปแล้ว ระบบไมโครกริดจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ๆ 5 ส่วนดังนี้ 1).ส่วนผลิตไฟฟ้า (Distribute generation : Micro source) 2).ส่วนเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage) 3).ส่วนควบคุมระบบ (Controller) 4).ส่วนเชื่อมต่อ

กับสายส่งหลัก (PCC : Point of common coupling) 5).ส่วนภาระทางไฟฟ้า (Load) ส่วนโหมดการทำงาน มี 2 โหมด ได้แก่ โหมดเชื่อมต่อกับสายส่งหลัก (Grid connected Mode) และโหมดแยกตัวเป็นอิสระ (Island Mode)[2].

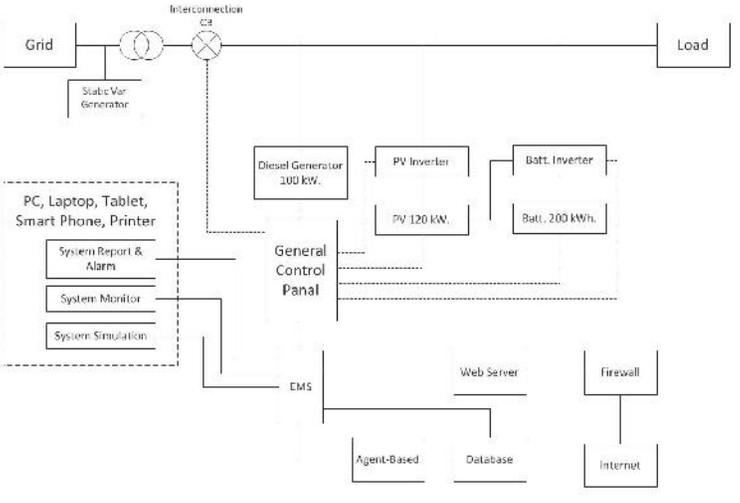
สำหรับระบบโครงข่ายไมโครกริดที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นระบบไมโครกริดของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 5 ส่วน ดังนี้ 1) ส่วนผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดมัลติคริสตัลไลน์ ขนาด 120 กิโลวัตต์, เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 60 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุด และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ขนาด 100 กิโลวัตต์ 2) ส่วนเก็บสะสมพลังงาน ได้แก่ แบตเตอรี่ ขนาด 200 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเครื่องประจุแบตเตอรี่ และแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 150 กิโลวัตต์ 3) ส่วนควบคุมระบบ ได้แก่ ส่วนควบคุมกลาง (Central control panel) และ Static var generator 4) ส่วนเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้แก่ Switchgear panel และ 5) ส่วนของภาระทางไฟฟ้า ได้แก่ อาคารศูนย์วิชาการของวิทยาลัยพลังงานทดแทน และ dummy load



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบไมโครกริด

3.การออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลภายในไมโครกริด

จากระบบเดิมนั้น ข้อมูลที่ได้จากระบบไมโครกริดจะถูกเก็บไว้ในอุปกรณ์ PLC ภายในอาคารควบคุมกลาง ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับ Data logger จำนวน 30 ตัว[3] ซึ่งแต่ละตัวจะต้องเก็บข้อมูลจำนวน 8,005 records ต่อวัน ทำให้ในหนึ่งวัน ระบบไมโครกริดจะต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวนถึง 240,150 records และข้อมูลทั้งหมดจะถูกลบและบันทึกซ้ำใหม่ทุก ๆ 7 วัน ซึ่งถ้าไม่มีการเอาข้อมูลเหล่านี้ออกมาจากระบบ มันก็จะหายไปไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ใดๆ ได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นสามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) ข้อมูลจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2) ข้อมูลจากแบตเตอรี่และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 3) ข้อมูลจากส่วนเชื่อมต่อกับสายส่ง (Switch GEAR 52R) 4) ข้อมูลจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล และ5) ข้อมูลทั่วไป ซึ่งในการออกแบบระบบนั้น จะออกแบบให้สร้างและทำงานแยกกันระหว่างตัวระบบการจัดการ และตัวฐานข้อมูล เพื่อให้ง่ายในการทำงานและปรับปรุงแก้ไขภายในอนาคต และได้มีการนำเอาฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมานั้น ไปติดตั้งไว้ที่ web server เพื่อให้สามารถใช้งานระบบสารสนเทศที่สร้างขึ้นมาได้โดยผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ โดยโครงสร้างของระบบสารสนเทศที่ออกแบบได้แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับไมโครกริด

จากข้อมูลต่างๆ มากมายเหล่านั้น มีตัวแปรต่างๆ ที่มีความสำคัญซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ออกมาแล้ว จะได้ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบดังนี้ 1) ค่ารังสีอาทิตย์ (Solar irradiance) 2) อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิรอบข้าง (PV module temperature and ambient temperature) 3) ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV voltage and current) 4) ค่าพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (PV + DG generation power) 5) ความต้องการไฟฟ้าของโหลด (Load demand) และ 6) พลังงานของแบตเตอรี่ที่พร้อมจ่ายกระแส (Battery SOC)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบและสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับระบบไมโครกริดนั้น ใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาระบบใช้ ฐานข้อมูล MySQL ในการสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ใช้ ODBC ในการเชื่อมต่อกับระหว่างระบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศ โดยทำการติดตั้งลงบนระบบปฏิบัติการ Windows server 2003 รุ่น Enterprise

สำหรับการคำนวนค่าต่างๆ ที่จำเป็นสามารถหาได้โดยใช้วิธีการคำนวนทางด้านเทคนิค โดยจะอ้างอิงจาก IEA PVPS Task 2 (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems) [4] ซึ่งได้กำหนดให้มีการคำนวณตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array yield)

$$Y_A = E_{A,d} / P_0 \quad (1)$$

Y_A คือพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)
$E_{A,d}$ คือพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้(kWh)
P_0 คือกำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kW)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference yield)

$$Y_r = \int \text{day } G_I \, dt / G_{STC} \quad (2)$$

Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (kWh/kWp)
G_I คือ พลังงานจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W/m^2)
G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W/m^2)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final PV system yield)

$$Y_f = E_{PV}/P_O \quad (3)$$

Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)
E_{PV} คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

$$E_{PV} = E_L / (1 + E_{BU}/E_A) \quad (4)$$

E_L คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงโดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)
E_{BU} คือ พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานเสริม (KWh)

พลังงานรวมทั้งหมดที่ระบบผลิตได้ (Total system input energy)

$$E_{in} = E_A + E_{BU} + E_{FU} + E_{FS} \quad (5)$$

E_{in} คือ พลังงานรวมทั้งหมดที่ระบบผลิตได้ (kWh)

E_A คือ พลังงานที่ผลิตได้จากระบบ (kWh)

E_{BU} คือ พลังงานจากระบบสำรอง (kWh)

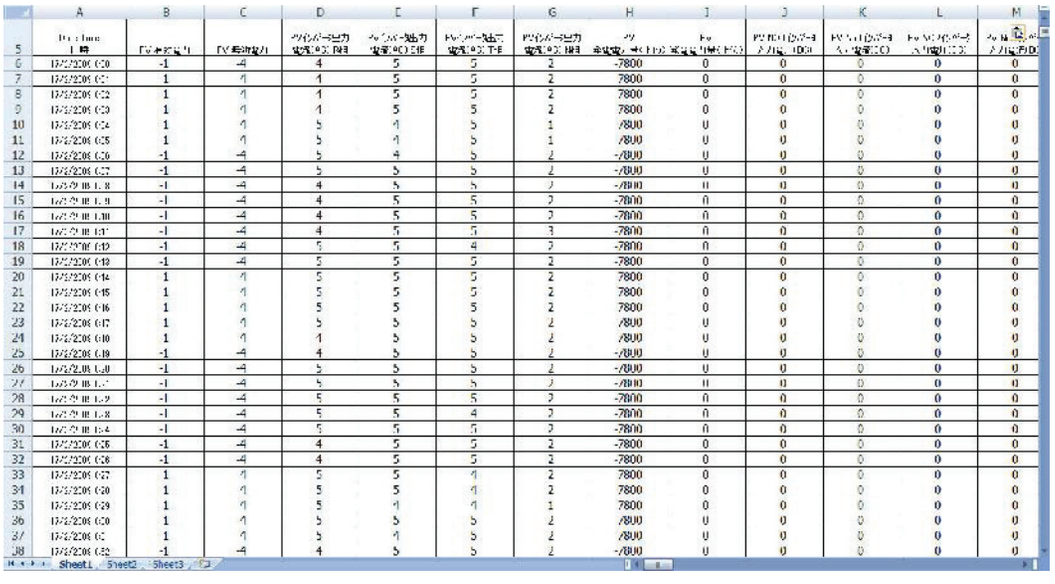
E_{FU} คือ พลังงานจากกริดภายใน (kWh)

E_{FS} คือ พลังงานจากระบบเก็บไฟฟ้า (kWh)

5. ผลการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับระบบไมโครกริดนั้น ได้มีการเลือกใช้ภาษา PHP ในการสร้างระบบและเลือกใช้ MySQL ในการสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เนื่องจากว่า ทั้ง PHP และ MySQL เป็นฟรีแวร์ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ส่วนระบบปฏิบัติการ Windows server 2003 รุ่น Enterprise นั้นมีลิขสิทธ์ของทางมหาวิทยาลัย นอกจากนั้นแล้ว ในการที่มีการนำข้อมูลจากรูปแบบ CSV เดิมที่ได้จากอุปกรณ์ PLC มาแปลงให้เป็น SQL นั้น ทำให้ขนาดของข้อมูลเล็กลงเป็นอย่างมากถึง 11.42 เท่า โดยข้อมูลขนาด 12 เดือน จากขนาด 3.78 GB. เมื่อนำมาบรรจุลงฐานข้อมูล SQL จะเหลือเพียงแค่ 331 MB. เท่านั้น

จากระบบเดิมของไมโครกริด ข้อมูลต่างๆ ที่บันทึกไว้ใน data logger นอกจากจะมีการบันทึกซ้ำข้อมูลเก่าทุก ๆ 7 วันแล้ว เมื่อมีการนำเอาข้อมูลออกมา ข้อมูลเหล่านั้นจะอยู่ในรูปของไฟล์นามสกุล CSV ซึ่งไม่สามารถอ่านได้โดยตรง ถ้าต้องการจะดูต้องนำมาแปลงให้เป็นไฟล์นามสกุล XLS ก่อน จึงจะสามารถอ่านได้โดยผ่านโปรแกรม เช่น Microsoft Excel เป็นต้น ซึ่งเมื่อแปลงแล้วจะได้ผลตามรูปที่ 3

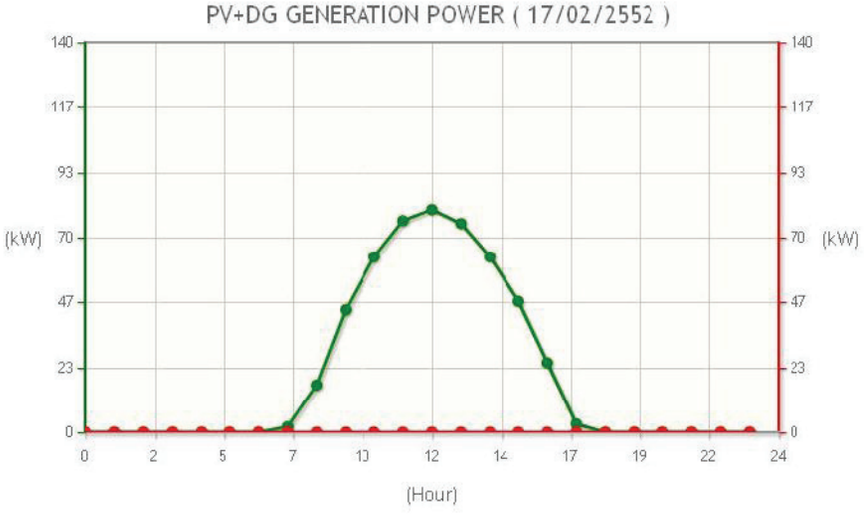


รูปที่ 3 ข้อมูลประจำวันที่ได้จากระบบ

จากรูปแบบของข้อมูลเดิมที่เป็นข้อมูลดิบที่มีลักษณะเป็นตัวเลขจำนวนมากมายมหาศาล ซึ่งยากต่อการดูแลและยากต่อการนำมาใช้งานนั้น ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการไมโครกริดที่พัฒนาขึ้นมาสามารถสรุปข้อมูลที่ได้จากระบบไมโครกริดให้ออกมาในรูปแบบของกราฟข้อมูลสรุปข้อมูลที่สำคัญๆ แต่ละประเภท เช่นค่ารังสีอาทิตย์, ค่าอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิรอบข้าง, ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์, ค่าพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล, ความต้องการไฟฟ้าของโหลด และพลังงานของแบตเตอรี่ที่พร้อมจ่ายกระแส เป็นต้น โดยสามารถแสดงผลแยกเป็นรายวัน หรือแสดงผลแยกเป็นรายเดือนและแสดงผลแยกเป็นราย 4 เดือนตามฤดูกาลได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

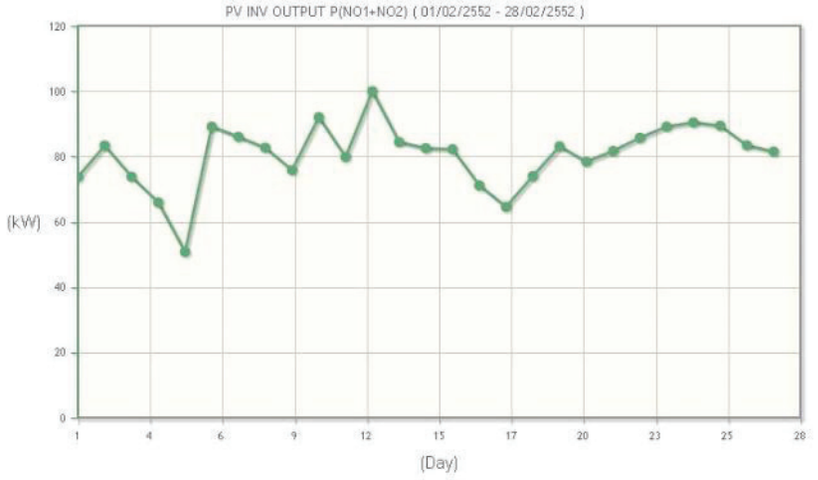


รูปที่ 4 User Interface ของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับระบบไมโครกริด



รูปที่ 5 ค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบที่ผลิตได้ประจำวัน

จากรูปที่ 5 แสดงถึงค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบที่ผลิตได้ประจำวัน โดยจะแสดงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล โดยเซลล์แสงอาทิตย์จะเริ่มผลิตไฟฟ้าตั้งแต่เวลาดวงอาทิตย์ขึ้น เวลา 06.00 น. และผลิตพลังงานได้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดตอนเวลา 12.00 น. ได้พลังงานไฟฟ้า จำนวน 80 kW. จากนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็ลดลงเรื่อยๆ จนถึงเวลาดวงอาทิตย์ตก ทีเวลา 18.00 น. ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลไม่มีการทำงาน พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจึงมีค่าเป็น 0



รูปที่ 6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ประจำเดือน

จากรูปที่ 6 แสดงถึงค่าสรุปของพลังงานไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ประจำเดือน โดยจะแสดงค่าเฉลี่ยแยกเป็นแต่ละวัน โดยวันที่ได้พลังงานมากที่สุดคือวันที่ 13 ได้พลังงานเฉลี่ย 100 kW. และวันที่ได้พลังงานน้อยที่สุดคือวันที่ 6 ได้พลังงานเฉลี่ย 50 kW. ส่วนวันอื่นๆ จะสามารถผลิตพลังงานได้อยู่ในช่วง 65- 85 kW.



รูปที่ 7 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ราย 4 เดือน

จากรูปที่ 7 แสดงถึงค่าสรุปของพลังงานไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ราย 4เดือน โดยจะแสดงค่าเฉลี่ยวแยกเป็นแต่ละเดือน โดยเดือนที่ได้พลังงานมากที่สุดคือเดือนมีนาคม ได้พลังงานเฉลี่ย 100 kW. และเดือนที่ได้พลังงานน้อยที่สุดคือเดือนมิถุนายน ได้พลังงานเฉลี่ย 82.50 kW. ส่วนเดือนเมษายนและพฤษภาคม ได้พลังงานเฉลี่ย 82.98 kW. และ 97.63 kW. ตามลำดับ

6. สรุปผลการพัฒนาระบบ

จากระบบไมโครกริดเดิม ที่มีข้อจำกัดคือ ผู้ดูแลระบบจะสามารถตรวจสอบข้อมูลของระบบไมโครกริดได้โดยผ่านทางหน่วยควบคุมกลางของระบบ (Central control panel) ที่ติดตั้งอยู่ในอาคารไมโครกริดเท่านั้น และข้อมูลที่ได้ยังเป็นข้อมูลดิบที่อยู่ในรูปของตัวเลขจำนวนมหาศาล ซึ่งยากต่อการนำมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ และไม่สะดวกในการเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็น แต่เมื่อมีการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการสำหรับไมโครกริดขึ้นมาแล้ว ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลของระบบไมโครกริดที่ถูกจัดการให้อยู่ในรูปของกราฟสรุปผล ที่สามารถเข้าใจได้โดยง่าย เพื่อที่จะสามารถนำผลสรุปที่ได้จากระบบนั้น ไปทำการวางแผนการผลิตไฟฟ้าของระบบไมโครกริดต่อไป และสามารถเข้าถึงระบบสารสนเทศได้ได้โดยผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นช่องทางที่สามารถเชื่อมต่อได้หลากหลายมาก ไม่ว่าจะเป็นทางเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (Laptop) คอมพิวเตอร์แทบเลต (Tablet PC) หรือแม้กระทั่งโทรศัพท์สมาร์ทโฟน (Smart phone) หรืออุปกรณ์อื่นใดก็ตามที่

สามารถเข้าถึงเวบเบราเซอร์ได้ ก็สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลของระบบไมโครกริดได้ เพราะมีการนำเอาระบบฐานข้อมูล และเวบแอพพลิเคชั่นเข้ามาใช้งาน ทำให้สามารถส่งผ่านข้อมูลผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตไปสู่ผู้ใช้งานได้ทุกที่ ทุกเวลา

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เจ้าหน้าที่ นักวิจัย นักศึกษา คณาจารย์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร และ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้การสนับสนุนในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสำหรับไมโครกริดมา ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Hatziargyriou, N., et al. (2007). Microgrid. IEEE Power Energy Mag., 5, 78-94

[2] Lasseter, R. H. (2007). “Microgrid and distributed generation,”. Journal of Enery Engineering. ASCE, 133, 144-149.

[3] Chimtavee . A and Ketjoy. N. (2012). PV Generator Performance Evaluation and Load Analysis of the PV Microgrid System in Thailand . Procedia Engineering. 32 : 384-391

[4] International Energy Agency, 2000, “Analysis of Photovoltaic Systems” Report IEA-PVPS T2-01: 2000

O-EM14

การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสาคาม

Promotion of alternative energy in Kokoa cooperative dairy Mahasarakham

วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ [1*] สุนารี เกตุจังหรีด[2] สิทธิพร พรมเหลา[2] และ ปภาดา จันทะคาม[2]
[1]อาจารย์ หน่วยวิจัยพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[2]นิสิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม44150 *E-mail: wutthisat.c@msu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม ภายใต้โครงการบริการวิชาการแก่สังคม "หนึ่งหลักสูตรหนึ่งชุมชน" ของปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีอาจารย์และนิสิตประจำหลักสูตร วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาพลังงานและอิเล็กทรอนิกส์เป็นผู้ดำเนินงาน กิจกรรมมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการ ผ่านการศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ การวางแผนและการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่เหมาะสมของชุมชน ผลจากการลงพื้นที่สำรวจศักยภาพและความต้องการของกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อพบว่า กลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมมีศักย์ภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์สูงมาก และมีความต้องการในการผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในฟาร์มเลี้ยงโคนมเนื่องจากสถานที่ตั้งของฟาร์มอยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า ในส่วนของโรงผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มีความต้องการใช้น้ำร้อนเพื่อการทำความสะอาดระบบท่อลำเลียงน้ำนมและล้างทำความสะอาดภายในโรงงาน เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีความต้องการเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลเพื่อการประยุกต์ใช้ในครัวเรือน ผลจากการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนตามศักย์ภาพและความต้องการของกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมผ่านกิจกรรมโครงการบ่อแก๊สชีวภาพเฉลิมพระเกียรติเพื่อลด LPG ในครัวเรือน จำนวน 2 แห่ง โครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม จำนวน 4 แห่ง ส่งผลให้กลุ่มสหกรณ์โคนมโคกก่อ มหาสารคาม สามารถลดการใช้พลังงานคิดเป็นเงิน 20,720 บาทต่อปี หรือ 1.21 toeต่อปี ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่ากับ 3,240 กิโลกรัมต่อปี เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่เข้าร่วมกิจกรรมมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยมากที่สุด

คำสำคัญ: ผู้เลี้ยงโคนม, การส่งเสริม, พลังงานทดแทน

1. บทนำ

พลังงานนับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ปัจจุบัน เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวัน จากการเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลให้ความต้องการปริมาณพลังงานเพิ่มสูงขึ้นทุกๆ ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานจากฟอสซิลซึ่งจัดอยู่ในประเภทพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป แต่พลังงานก็มีเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านแหล่งปริมาณสำรองที่มีอยู่อย่างจำกัด เมื่อความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นปริมาณสำรองน้อยลงก็ส่งผลต่อราคาพลังงานที่มีแนวโน้มสูงตามไปด้วย จากสภาวการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในปัจจุบันการใช้พลังงานก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อโลกร้อน [1] ที่ผ่านมาพลังงานในความรู้สึกของประชาชนเหมือนเป็นเรื่องไกลตัว การรณรงค์ใช้พลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงานจึงไม่ค่อยเกิดผลเท่าที่ควร จากบทบาทและภารกิจอันสำคัญของ “มหาวิทยาลัยมหาสารคาม” ในการบริการวิชาการสู่ชุมชน และผลิตบัณฑิตเพื่อชุมชน การเพิ่มศักยภาพบุคลากรทางด้านพลังงานและการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นหนึ่งในภารกิจที่สำคัญของมหาวิทยาลัย นับว่าเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาประเทศในเรื่องพลังงาน ตอบสนองการวิจัยเพื่อชุมชนและพัฒนาพลังงานอย่างมีดุลยภาพควบคู่กับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม[2]

ในช่วงเวลา 2 ปีที่ผ่านมามหาวิทยาลัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ผ่านกิจกรรมโครงการชุมชนต้นแบบพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม(งบประมาณประจำปี พ.ศ.2555) และโครงการเพิ่มศักยภาพศูนย์การเรียนรู้พลังงานทดแทนในชุมชน (งบประมาณประจำปีพ.ศ.2556) จากกิจกรรมดังกล่าวได้มีการถ่ายทอดประสบการณ์การทำงานพร้อมทั้งแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับเครือข่ายมหาวิทยาลัย ผลจากการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนก่อให้เกิดความยั่งยืน ต้องผ่านสำรวจและวางแผนการใช้และการผลิตพลังงานภายในชุมชน โดยให้ภาคประชาคมมีส่วนรวมมากที่สุด ส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากศักยภาพแหล่งพลังงานในชุมชนนั้นๆ ที่ เพื่อให้ก่อเกิดรายได้หรือลดค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน

จากปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม จึงเป็นอีกแนวทางในการถ่ายทอดความรู้จากวิจัยในห้องเรียนสู่การปฏิบัติ นิสิตได้ลงมือปฏิบัติเปรียบเสมือนห้องเรียนเคลื่อนที่ของนิสิตสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ เพื่อส่งเสริมให้สหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อจังหวัดมหาสารคาม เป็นสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมแห่งแรกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีระบบผลิตพลังงานทดแทนใช้เองอย่างครบวงจร

2. ข้อมูลทั่วไปสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนม

สหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม ตำบลโคกก่อ อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม มีสมาชิกทั้งหมด 62 ราย มีฟาร์มเลี้ยงโคนม 62 ฟาร์ม มีโคนมทั้งสิ้น 1,800 ตัว อัตราการผลิตน้ำนมดิบ 9 ตันต่อวัน ฟาร์มสมาชิกกระจายอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม กิจการของสหกรณ์ประกอบ 1)กิจการอาหารสัตว์ เพื่อรองรับการใช้อาหารสัตว์ของกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนม 2) กิจการรับซื้อน้ำนมดิบ ประกอบด้วยสถานีรับซื้อน้ำนมดิบ 2 สถานี สถานีรับซื้อน้ำนมดิบที่หนึ่งตั้งอยู่ ณ ตำบลโคกก่อ อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม เป็นสถานีรับซื้อน้ำนมดิบขนาดใหญ่รองรับการรับซื้อน้ำนมดิบของกลุ่มสมาชิกในเขตอำเภอเมือง และใช้ในเป็นแหล่งสำรองน้ำนมดิบสำหรับโรงงานผลิตนมพาสเจอร์ไรซ์ และสถานีรับซื้อน้ำนมดิบแห่งที่สองตั้งอยู่อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม เพื่อรองรับการเกษตรผู้เลี้ยงโคนมในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม และพื้นที่ใกล้เคียง และ 3)กิจการโรงผลิตนมพาสเจอไรซ์เพื่อแปรรูปน้ำนมดิบเป็นนมพาสเจอไรซ์บรรจุถุงส่งขายในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดใกล้เคียง โดยปัจจุบันมีกำลังการผลิต 60,000 ถุงต่อวัน กลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมมีศักย์ภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์สูงมาก และมีความต้องการในการผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในฟาร์มเลี้ยงโคนมเนื่องจากสถานที่ตั้งของฟาร์มอยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า โรงผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มีความต้องการใช้น้ำร้อนเพื่อการทำความสะอาดระบบท่อลำเลียงน้ำนมและล้างทำความสะอาดภายในโรงงาน เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีความต้องการเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลเพื่อการประยุกต์ใช้ในครัวเรือน

3. การดำเนินงาน [3]

การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม ผ่านกิจกรรมการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และการส่งเสริมการใช้แก๊สชีวภาพในครัวเรือนผ่านโครงการบ่อแก๊สชีวภาพเฉลิมพระเกียรติเพื่อลด LPG ในครัวเรือน มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมความพร้อมและออกแบบระบบ

<u>วิธีการดำเนินงาน</u>

- ทำการทดลองและจำลองการทำงานเพื่อหาขนาดระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และบ่อแก๊สชีวภาพในครัวเรือนที่เหมาะสมกับการช่วงเวลาการใช้งาน
- จัดทำเอกสารคู่มือการฝึกอบรมการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะสำหรับโรงเรือนขนาดเล็ก
- ประสานงานและระดมความคิดเห็นของหน่วยงานที่เข้าร่วมประกอบด้วยสหกรณ์โคนมโคกก่อ สำนักงานพลังงานจังหวัดมหาสารคาม และ ศูนย์บริการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

<u>ผู้รับผิดชอบ</u>

-อาจารย์และนิสิตชั้นปีที่ 3-4 ประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์/สาขาพลังงาน

2. คัดเลือกพื้นที่ในการดำเนินการ

<u>วิธีการดำเนินงาน</u>

- แต่งตั้งคณะกรรมการในการพิจารณ์คัดเลือกประกอบด้วยตัวแทนจากสมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ
- พิจารณาจากความจำเป็นในการใช้งานร่วมการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่ผ่านมา

<u>ผู้รับผิดชอบ</u>

- อาจารย์และนิสิตประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์
- สมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ
- ตัวแทนสำนักงานพลังงานจังหวัดมหาสารคาม
- ตัวแทนศูนย์บริการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม พพ. กระทรวงพลังงาน

3. ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะและบ่อแก๊สชีวภาพ

<u>วิธีการดำเนินงาน</u>

- ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม จำนวน 4 แห่ง และติดตั้งบ่อแก๊สชีวภาพในครัวเรือน จำนวน 2 บ่อ พร้อมทั้งแนะนำวิธีการใช้งานและการดูแลเบื้องต้น
- ทำสอบการทำงานในสภาวะจริงไม่น้อย 2 วันต่อเนื่อง

<u>ผู้รับผิดชอบ</u>

- อาจารย์และนิสิตประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์

- สมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ

4. จัดเก็บข้อมูลการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือน และบ่อแก๊สชีวภาพในครัวเรือน

วิธีการดำเนินงาน

- จัดเก็บข้อมูลการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และระบบแก๊สชีวภาพในครัวเรือนในสภาวะการใช้งานจริงไม่น้อยกว่า 15 วันต่อเนื่อง

- ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

ผู้รับผิดชอบ

- อาจารย์และนิสิตประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์

- สมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ

5. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสำหรับสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนม

วิธีการดำเนินงาน

- จัดอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และระบบแก๊สชีวภาพในครัวเรือนจากประสบการณ์ผู้ที่ได้รับคัดเลือกสู่สมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อหรือผู้ที่สนใจทั่วไป

- จัดทำเอกสารคู่มือระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และระบบแก๊สชีวภาพในครัวเรือน

- ประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ

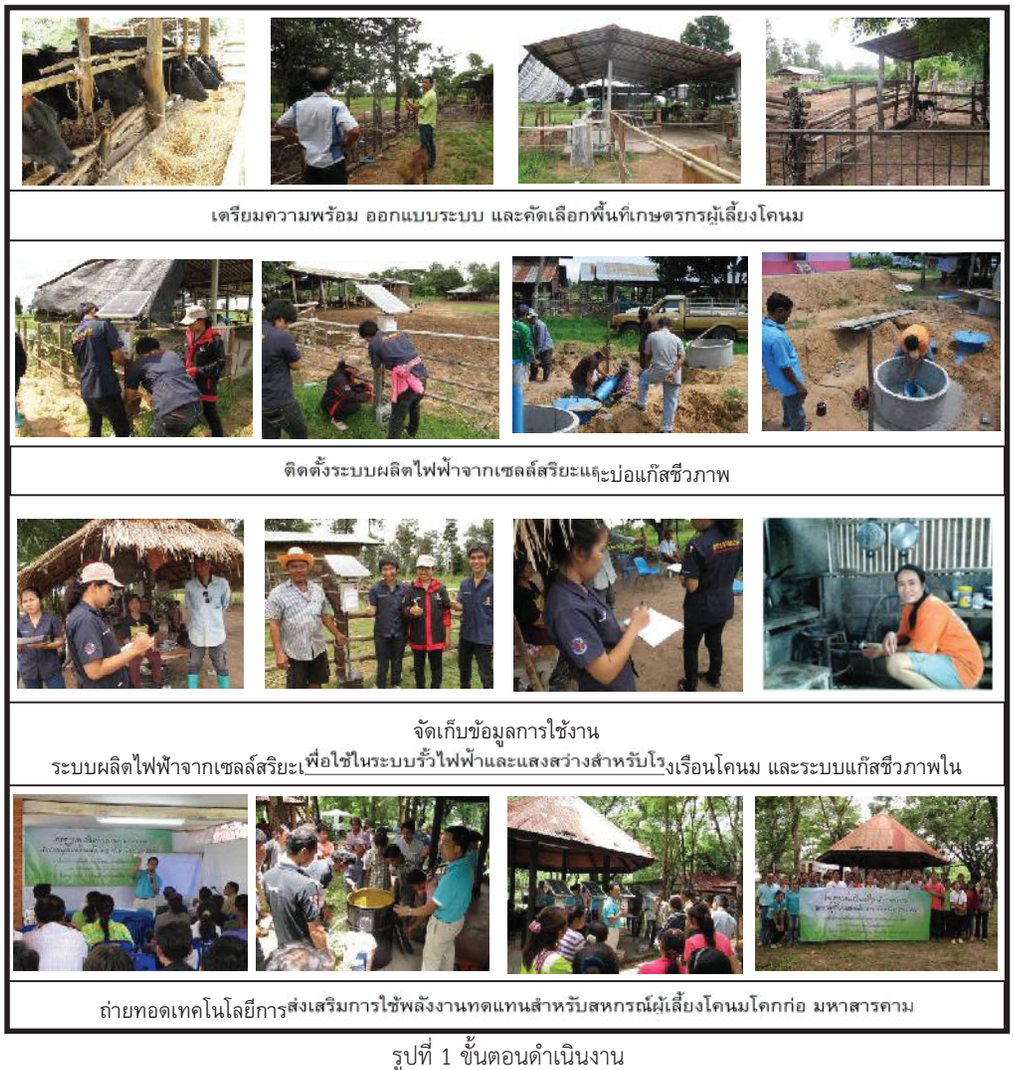
ผู้รับผิดชอบ

- อาจารย์และนิสิตประจำหลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์

- สมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ

- ตัวแทนสำนักงานพลังงานจังหวัดมหาสารคาม

- ตัวแทนศูนย์บริการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม พพ. กระทรวงพลังงาน



รูปที่ 1 ขั้นตอนดำเนินงาน

4. ผลการดำเนินงาน

ผลจากการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม ผ่านกิจกรรมการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และการส่งเสริมการใช้แก๊สชีวภาพในครัวเรือนผ่านโครงการบ่อแก๊สชีวภาพเฉลิมพระเกียรติเพื่อลด LPG ในครัวเรือน สามารถลดการใช้พลังงานคิดเป็นเงิน 20,720 บาทต่อปี หรือ 1.21 toeต่อปี ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่ากับ 3,240 กิโลกรัมต่อปี [4] จากแบบสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการจำนวน 37 ราย พบว่ากิจกรรมมีความสอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของชุมชน/กลุ่มเป้าหมาย ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำความรู้และประสบการณ์จากการร่วมกิจกรรมไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน / การปฏิบัติงานได้ ต่อตนเอง ต่อหน่วยงาน และต่อสังคม ความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ดี และดีมาก ตามลำดับ การเข้าร่วมกิจกรรมทำให้เกิดการสร้างเครือข่ายในชุมชน/สังคม ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี การได้รับความรู้และประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ และสามารถถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์แก่ชุมชน/สังคมความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำความรู้และประสบการณ์จากการเข้าร่วมกิจกรรมมาพัฒนาองค์ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การขยายผลได้อยู่ในระดับดีมาก โดยมีรายละเอียดของคะแนนตามลำดับในมีระดับคะแนนความพึงพอใจดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระดับคะแนนความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการ

ลำดับ	ความพึงพอใจ	ระดับคะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
1	กิจกรรมมีความสอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของชุมชน/กลุ่มเป้าหมาย	5.00	ดีมาก
2	สามารถนำความรู้และประสบการณ์จากการร่วมกิจกรรมไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน / การปฏิบัติงานได้		
	2.1 ต่อตนเอง	4.93	ดีมาก
	2.2 ต่อหน่วยงาน	4.42	ดี

ลำดับ	ความพึงพอใจ	ระดับคะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
	2.3 ต่อสังคมและชุมชน	4.85	ดีมาก
3	การเข้าร่วมกิจกรรมทำให้เกิดการสร้างเครือข่ายในชุมชน/สังคม	4.45	ดี
4	ได้รับความรู้และประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ และสามารถถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์แก่ชุมชน/สังคม	4.75	ดีมาก
5	สามารถนำความรู้และประสบการณ์จากการเข้าร่วมกิจกรรมมาพัฒนาองค์ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การขยายผลได้	4.73	ดีมาก
เฉลี่ย		4.73	ดีมาก

5. ผลการวิเคราะห์

ผลจากการวิเคราะห์ศักยภาพและความต้องการของกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมมีศักย์ภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์สูงมาก และมีความต้องการในการผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในฟาร์มเลี้ยงโคนมเนื่องจากสถานที่ตั้งของฟาร์มอยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีการใช้พลังงานชีวมวลในวิถีชีวิตชีวิตประจำวัน ในส่วนของกระบวนการแปรรูปนมของโรงผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มีความต้องการใช้น้ำร้อนเพื่อการทำความสะอาดระบบท่อลำเลียงน้ำนมและล้างทำความสะอาดภายในโรงงาน จากปัจจัยต่างๆ กลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมมีความพร้อมในการเรียนรู้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนเพื่อปรับใช้ในการดำเนินชีวิตทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดมหาสารคาม(2555 - 2558) [5] ผลจากการจัดกิจกรรมผ่านการมีส่วนร่วมจองเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องในการจัดกิจกรรมส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนม เกษตรส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก

6. สรุป

การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม ภายใต้โครงการบริการวิชาการแก่สังคม "หนึ่งหลักสูตรหนึ่งชุมชน" ของปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีอาจารย์และนิสิตประจำหลักสูตร วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาพลังงานและอิเล็กทรอนิกส์เป็นผู้ดำเนินงาน ผ่านกิจกรรมมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการ ผ่านการศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ การวางแผนและการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่เหมาะสมของชุมชน ผลการศึกษาศักยภาพชุมชนพบว่ากลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมมีศักย์ภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์สูงมาก และมีความต้องการในการผลิตไฟฟ้าใช้เองภายในฟาร์มเลี้ยงโคนมเนื่องจากสถานที่ตั้งของฟาร์มอยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้า โรงผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มีความต้องการใช้น้ำร้อนเพื่อการทำความสะอาดระบบท่อลำเลียงน้ำนมและล้างทำความสะอาดภายในโรงงาน จากกิจกรรมการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะเพื่อใช้ในระบบรั้วไฟฟ้าและแสงสว่างสำหรับโรงเรือนโคนม และการส่งเสริมการใช้แก๊สชีวภาพในครัวเรือนผ่านโครงการบ่อแก๊สชีวภาพเฉลิมพระเกียรติเพื่อลด LPG ในครัวเรือนส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานคิดเป็นเงิน 20,720 บาทต่อปี หรือ 1.21 toeต่อปี ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่ากับ 3,240 กิโลกรัมต่อปี เกษตรส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณประธานและสมาชิกสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อทุกท่านที่ให้ความร่วมมือทางด้านข้อมูลและมีส่วนร่วมในโครงการ และขอขอบคุณคณะผู้บริหารมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่อนุมัติงบประมาณสนับสนุนโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม ภายใต้โครงการบริการวิชาการสู่ชุมชน “ 1 หลักสูตร 1 ชุมชน” ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สุเทพ อุสาหะ และคณะ “พลังงานในชีวิตประจำวัน” วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ,พิมพ์ครั้งที่ 4 ,พ.ศ.2553.

[2] วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อและคณะ “ชุมชนต้นแบบพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม” โครงการบริการวิชาการสู่ชุมชน 1 หลักสูตร 1, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, พ.ศ. 2555.

[3] วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อและคณะ “โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ มหาสารคาม” โครงการบริการวิชาการสู่ชุมชน 1 หลักสูตร 1, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, พ.ศ. 2557.

[4] วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อและคณะ “โครงการเพิ่มศักยภาพศูนย์การเรียนรู้พลังงานทดแทนในชุมชน” โครงการบริการวิชาการสู่ชุมชน 1 หลักสูตร 1, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, พ.ศ. 2556.

[5] สำนักงานพลังงานจังหวัดมหาสารคาม กระทรวงพลังงาน “ยุทธศาสตร์พลังงานจังหวัดมหาสารคาม (2555-2558)” มหาสารคาม, พ.ศ. 2554.

P-EM15

การสำรวจศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชนบ้านร่องปลายนา ตำบลบัวสลี อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย

วิลาสินี ศรีสุวรรณ*[1], วุฒิชัย เสริฐผม[1], ไกรพล ขันทะบุตร[1], สิทธิชัย สะสาง[1]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 57100 E-mail: wilasinee_s@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาสภาพการใช้พลังงานในปัจจุบัน สำรวจศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชน และเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานทดแทนของชุมชนโดยใช้วิธีการสำรวจ สัมภาษณ์และสังเกต ผลการศึกษาพบว่าชุมชนบ้านร่องปลายนา มีมูลค่าการใช้พลังงานจากน้ำมันมากสุด มีปริมาณการใช้ที่ 41,696 ลิตร/ปี มูลค่า 1,346,064 บาท/ปี รองลงมาเป็น การใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG มีปริมาณการใช้ที่ 2,760 kg/ ปี มูลค่า 772,800บาท/ปี และการใช้พลังงานไฟฟ้า มีปริมาณการใช้ที่ 58,527 kWh/ปี มูลค่า 207,421 บาท/ปี ทางด้านศักยภาพพลังงานทดแทนพบว่า บริเวณทั่วไปของชุมชน มีค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 829 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.38 เมตร/วินาที และ มีค่าอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำแม่มอญเฉลี่ย 7.95 ลบ.ม./วินาที และ น้ำในแม่น้ำร่องขี้นาเฉลี่ย 3.57 ลบ.ม./วินาที ทางด้านศักยภาพชีวมวล ขยะมูลฝอย และเชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตรชุมชนคือ มีซังข้าวมากที่สุด จำนวนประมาณ 1,702 kg/ ปีฟืน จำนวนประมาณ 1,399 kg/ปี ขยะมูลฝอย จำนวนประมาณ 1,010 kg/ ปีและ มูลสัตว์น้อยที่สุด จำนวนประมาณ 123 kg/ ปี ชุมชนต้องมีการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเพื่อให้เกิดความตระหนักในเรื่องการใช้พลังงานทดแทน ทำให้การจัดการพลังงานทดแทนของชุมชนเกิดขึ้นแบบการมีส่วนร่วมในการเลือก วางแผน และนำพลังงานทดแทนไปใช้ร่วมกันจาก ศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชน คือ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ พลังงานความร้อนจากชีวมวล ขยะมูลฝอย และสิ่งที่เหลือใช้จากการเกษตร จะทำให้ชุมชนสามารถดำเนินงานด้านพลังงานทดแทนชุมชนได้อย่างยั่งยืน และชุมชนสามารถดำเนินงานให้สอดคล้องตามหลักของการเป็นหมู่บ้านต้นแบบเศรษฐกิจพอเพียงในระดับที่สูงขึ้นต่อไปได้

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน; ชุมชน

1. บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างไม่สามารถปฏิเสธได้ กิจกรรมทุกประเภทของมนุษย์ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น ในอดีตมนุษย์ใช้พลังงานหลักๆ จากธรรมชาติ เช่นดวงอาทิตย์ ลม และน้ำ หลังจากที่มีการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต และได้ค้นพบแหล่งพลังงานที่ยิ่งใหญ่และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของโลก คือ น้ำมันเชื้อเพลิง และได้กลายเป็นแหล่งพลังงานหลักของโลกสืบต่อมาจนปัจจุบัน เมื่อการเติบโตทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม และการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกทำให้มีการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลในช่วง2 ทศวรรษที่ผ่านมา

ปัญหาดังกล่าวทำให้มีการตระหนักว่าน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นเป็นพลังงานที่มีจำกัด หากยังมีการใช้กันในระดับปัจจุบันต่อไป จะเกิดปัญหาขาดแคลนขึ้นอย่างแน่นอนในอนาคต ประกอบกับมีภาวะต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมัน เช่น ภาวะสงคราม และความขัดแย้งทางการเมือง ทำให้ราคาน้ำมันพุ่งสูงขึ้นอย่างมาก ส่งผลต่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจของประเทศต่างๆ ทั่วโลก หลายประเทศจึงเริ่มมองหาแหล่งพลังงานทดแทนการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งจากถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และหันกลับไปมองแหล่งพลังงานธรรมชาติเดิมที่มนุษย์เคยใช้มาก่อน จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ประเทศไทยมีการพัฒนาพลังงานทดแทนประเภทต่างๆ และได้นำมาใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งในภาคการผลิต และครัวเรือน โดย [1]พิพัฒน์ นนทนาธรณ์ และคณะ (2550) ได้ศึกษา โครงการสร้างระบบพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับโครงสร้างพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมกับประเทศไทย ในระยะสั้นควรกำหนดนโยบายและมาตรการที่จะรักษาผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นไปที่มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และกำหนดนโยบายการใช้พลังงานทดแทนในการขนส่งทางบก กำหนดรูปแบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับชุมชน การจัดหารวมถึงการจัดแบ่งพื้นที่ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความสนใจด้านพลังงานทดแทนในระดับชุมชนและการจัดการพลังงานชุมชนด้วยพลังงานหมุนเวียนโดยในรายงานฉบับนี้ยังได้นำเสนอรูปแบบขององค์กรมหาชนที่จะทำหน้าที่ดูแล ประสานงาน จัดหากองทุนและให้ความรู้ความเข้าใจกับคนในชุมชนเพื่อให้การจัดการพลังงานชุมชนสามารถเกิดขึ้นได้จริงและมีความยั่งยืน

จากข้อมูล[2]กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2555) ได้รายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในปี 2555 เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.0 เมื่อเทียบกับปี 2554 เพื่อให้สามารถพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนให้สามารถใช้งานได้มากขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดย [3]หน่วยวิจัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาชนบท (2529) ได้ระบุจากการศึกษาเรื่อง รูปแบบการจัดหาพลังงานให้แก่ชุมชนขนาดเล็กในชนบท เพื่อประโยชน์ในการผลิตทางการเกษตร และอุตสาหกรรมขนาดย่อม ว่า การจัดหาพลังงานให้ชุมชนนั้นสมาชิกของชุมชนจะต้องพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยี และวิธีการใหม่ในการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ แผนพลังงานนั้นต้องได้รับ การยอมรับจากชุมชน มีความสอดคล้องกับวิถีชุมชน สภาพพื้นที่ ความต้องการ และการประกอบอาชีพของชุมชน เทคโนโลยีต้องสามารถดูแลได้ด้วยบุคคล

ภายในชุมชนเอง การมีความรู้ความเข้าใจ และตระหนักต่อปัญหาที่เกิดขึ้น พลังงานที่ดีย่อมส่งผลให้ชุมชนสามารถลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานได้ โดยหันมาใช้พลังงานทางเลือกเพิ่มมากขึ้น และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การพัฒนาพลังงานในชุมชนต้องอาศัยการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐและเอกชนในการดูแล และสนับสนุนเรื่องนโยบาย งบประมาณ และบุคลากรทางด้านพลังงาน ทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุงเทคโนโลยีและกระบวนการจัดการให้มีความเหมาะสม มีการประเมินผลและดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยจะต้องมีการศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานด้านพลังงานทดแทน ต้องมีการสำรวจการใช้พลังงานในปัจจุบัน เพื่อให้รู้ปริมาณการใช้พลังงานและศึกษาหาศักยภาพของแหล่งพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในพื้นที่นั้นๆ เพื่อนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาพิจารณาดำเนินการต่อให้การเลือกใช้พลังงานทดแทนให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในแต่ละพื้นที่

ชุมชนบ้านร่องปลายนา เป็นชุมชนต้นแบบด้านเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งดำเนินงานตามหลักการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยเน้นการพึ่งตนเองได้ สอดคล้องกับ [4] วิสาขา ภู่จินดา (2552) ที่ระบุว่าหลักที่สำคัญของการประยุกต์ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการจัดการพลังงานของประเทศ คือ การลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ โดยการผลิตพลังงานใช้เองและใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุดและใช้อย่างคุ้มค่า รู้จักเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น การหาแหล่งพลังงานให้มีความหลากหลายดังนั้นการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในชุมชนนี้จะช่วยเสริมศักยภาพของชุมชนมากขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะดำเนินการศึกษาศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชนโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพการใช้พลังงานในปัจจุบันของชุมชน สำรวจศักยภาพพลังงานทดแทนของชุมชน และหารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานทดแทนของชุมชน

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาสภาพทั่วไปของชุมชน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา โดยการสัมภาษณ์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านการจัดการพลังงานชุมชนและผู้นำชุมชนที่เกี่ยวข้อง

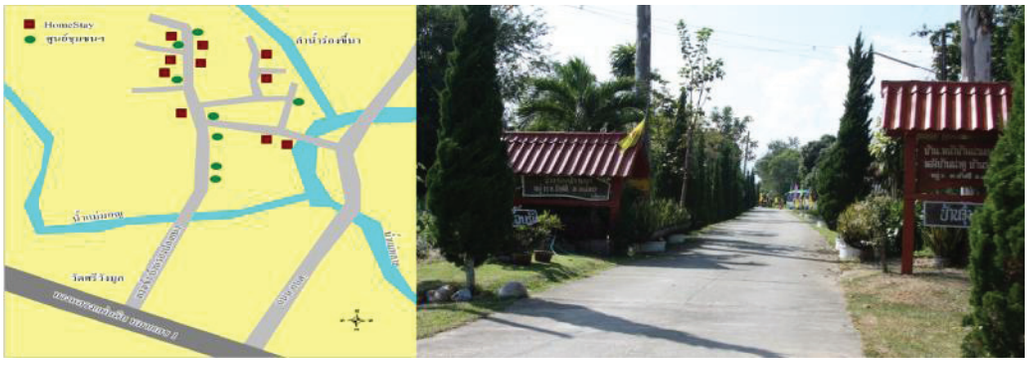
3. วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ ของปัญหาในการใช้พลังงานชุนชนที่เกิดขึ้น

4. หารูปแบบที่เหมาะสมและแนวทางของการจัดการพลังงานเบื้องต้นที่ได้จากการศึกษารวบรวมจากแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์และการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน จากตำราเอกสารวิชาการและบทความทางวิชาการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1. ลักษณะ สภาพทั่วไปของบ้านร่องปลายนา

บ้านร่องปลายนา หมู่ที่ 11 ตำบลบัวสลี อยู่ในเขตขององค์การบริหารส่วนตำบลบัวสลี อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย มีจำนวน 58 ครัวเรือน บ้านร่องปลายนาตั้งอยู่ทางฝั่งทิศตะวันตกของตำบลบัวสลี มีถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เชื่อมต่อกับถนนพหลโยธินเข้ามา 500 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 105 ไร่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นที่ราบลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 ภาพแสดงแผนที่บ้านร่องปลายนา [5]

มีแม่น้ำลำคลองสาธารณประโยชน์ที่แยกมาจากคลองชลประทาน น้ำแม่ลาว และแม่น้ำร่องขี้นามีอาณาเขตติดต่อ คือ ทิศเหนือติดต่อกับบ้านแม่มอญ หมู่ที่ 1 ตำบลบัวสลีทิศตะวันออก ติดต่อกับบ้านศรีวังมูล หมู่ที่ 7 ตำบลบัวสลีทิศใต้ ติดต่อกับบ้านปงป่าตอง หมู่ที่ 9 ตำบลบัวสลี และทิศตะวันตกติดต่อกับบ้านสันปูเลย หมู่ที่ 4 ตำบลบัวสลี และบ้านร่องปลายนา ได้รางวัลหมู่บ้านต้นแบบด้านเศรษฐกิจพอเพียงระดับพออยู่พอกิน

3.2. ผลการสำรวจ สัมภาษณ์และสังเกต

ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามประกอบการสำรวจ สัมภาษณ์และสังเกต เก็บรวบรวมข้อมูลจากประชาชนในชุมชนบ้านร่องปลายนามีจำนวน 58 ครัวเรือน (สำรวจจริง 41 ครัวเรือน เนื่องจากชาวบ้านในชุมชนบางส่วนต้องออกไปประกอบอาชีพต่างจังหวัด) ซึ่งได้ผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจากปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

ลำดับ	ประเภทการใช้พลังงาน	ปริมาณการใช้	หน่วย	บาท/ปี
1	การใช้พลังงานในยานพาหนะ	41,696	ลิตร/ปี	1,346,064
2	อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG	2,760	kg/ปี	772,800
3	อุปกรณ์ไฟฟ้า	58,527	kWh/ปี	207,421

จากตารางที่1ผลการวิจัยพบว่ามีการใช้พลังงานในยานพาหนะ ในการผลิตความร้อน และในอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามลำดับโดยเทียบจากจำนวนเงินต่อปี

ชุมชนบ้านร่องปลายนา ไม่มีการใช้พลังงานน้ำ แสงอาทิตย์ และลม เสริมจากการใช้พลังงานข้างต้น และเมื่อสำรวจทางด้านศักยภาพของแหล่งพลังงาน ด้านต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการศักยภาพด้านพลังงานทดแทน

ลำดับ	ประเภทการพลังงาน	ศักยภาพ	หน่วย
1	พลังงานลม	1.38	เมตร/ วินาที
2	พลังงานแสงอาทิตย์	829	วัตต์/ ตารางเมตร
3	พลังงานน้ำ-อัตราการไหลแม่น้ำแม่มอญ	7.95	ลบ.ม./ วินาที
4	พลังงานน้ำ-อัตราการไหลแม่น้ำร่องขี้นา	3.57	ลบ.ม./ วินาที
5	เศษหญ้า	781	กิโลกรัม/ ปี
6	เศษใบไม้	635	กิโลกรัม/ ปี
7	มูลสัตว์	123	กิโลกรัม/ ปี
8	ขยะมูลฝอย	1,010	กิโลกรัม/ ปี
9	ฟาง	910	กิโลกรัม/ ปี
10	ซังข้าว	1,702	กิโลกรัม/ ปี
11	ฟืน	1,399	กิโลกรัม/ ปี

3.3. ผลการหาแนวทางที่เหมาะสมและรูปแบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสม

แนวทางในการจัดการพลังงานชุมชนคือ มีการส่งเสริมองค์ความรู้ให้ประชาชนเข้าถึงเทคโนโลยีได้จริงในรูปของศูนย์การเรียนรู้ใกล้ชุมชน หรือสถานที่ที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย ลดช่องว่างระหว่างชุมชนเมืองและชุมชนชนบท ต้องมีการจัดการเรื่องงบประมาณในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ทั้งจากการจัดการงบประมาณภายในชุมชนเอง และงบประมาณสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐ ทั้งนี้จะต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ใหม่ๆ นอกจากนั้นต้องนำเอาองค์ความรู้ท้องถิ่นเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และตรงตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การพัฒนาบุคลากรต้องทำอย่างต่อเนื่อง มีการวางแผนให้สอดคล้องกับสภาพชุมชนนั้นๆ และที่สำคัญต้องมีการต่อยอดโครงการให้สามารถใช้ได้จริงอย่างสมบูรณ์ หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องแต่ล่ะหน่วยต้องมีการกำหนดนโยบาย แนวปฏิบัติที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทิศทางที่สนับสนุนการพัฒนาพลังงานทดแทนในชุมชนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ทั้งนี้จะต้องสนองตอบต่อความต้องการของชุมชนในด้านปริมาณ

หมู่บ้านมีศักยภาพชีวมวลและเชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตร ประเภทซังข้าวมากที่สุด จำนวน 1702 kg เศษหญ้าจำนวน 781 kg และ เศษใบไม้จำนวน 635 kg คิดเป็นร้อยละ 12.30 ไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ จึงส่งเสริมให้มีการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียว เพื่อทดแทนฟืนและถ่าน ซึ่งเรียกว่า เชื้อเพลิงเขียว ดังแสดงในภาพที่ 2



รูปที่ 2 แท่งเชื้อเพลิงเขียว [6]

การใช้พลังงานจากอุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG โดยมีปริมาณการใช้ที่ 2,760kg/ปี คิดเป็นมูลค่า 772,800 บาท/ปี ในชุมชนมีการผลิตอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เช่น เตาอั้งโล่ ชนิดใช้ถ่านไม้ เตาอั้งโล่ ชนิดใช้ฟืน เตาอั้งโล่ปากยื่น และเตาอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อมาทดแทนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG โดยนำแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ได้จากการส่งเสริมการนำชีวมวลและเชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตร มาเป็นเชื้อเพลิง โดยส่งเสริมให้ใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงแทน แสดงดังภาพที่ 3เตาหุงต้มทั่วไปที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงประมาณ 9% ซึ่งอาจจะเริ่มจากงานกิจกรรมภายในหมู่บ้าน หรือกิจกรรมของโฮมสเตย์ของหมู่บ้าน จะสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ก๊าซ LPG ได้



รูปที่ 3 ภาพเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง [7]

พลังงานน้ำมีอัตราการไหลของแม่น้ำแม่มอญที่คำนวณได้เฉลี่ย7.95 ลบ.ม./วินาที สามารถประยุกต์ใช้ อัตราการไหลสามารถผลิตไฟฟ้าได้แต่ต้องมีการสร้างฝายเก็บน้ำเพื่อทำให้มีระดับความสูงต่ำของน้ำ นำไปผลักใบพัดของกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การสร้างฝายเก็บน้ำเพื่อให้มีระดับความสูงต่ำของน้ำดังแสดงในภาพที่ 4กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก กังหันชนิดนี้ใช้ในความสูงไม่มากเหมาะสำหรับลำคลองแม่น้ำโดยใช้ที่อัตราการไหลที่ 3 – 9 ลบ.ม./วินาทีมีกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 800 - 1000 วัตต์ ที่ระดับความสูงของหัวน้ำเท่ากับ 0.5 - 3 เมตร ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ใช้กับไฟฟ้าขนาด 40 - 60 วัตต์ โทรทัศน์สี 85 - 100 วัตต์ พัดลมไฟฟ้าขนาด 45 วัตต์ และ อื่น ๆ ประมาณ 100 วัตต์ เหมาะสมกับการต่อเข้าใช้งานกับสถานที่ที่ใช้ไฟฟ้าไม่ต่อเนื่อง เช่น หอประชุมหมู่บ้าน บ้านสวน เถียงนา เป็นต้น หรือใช่เป็นตัวเสริมในการใช้ไฟฟ้าเพื่อประหยัดค่าไฟฟ้าภายในบ้านได้



รูปที่ 4 กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก [8]

4. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปการใช้พลังงานชุมชนที่เกิดขึ้นสถานการณ์ด้านพลังงานในชุมชนมีการใช้พลังงานในยานพาหนะมากสุดโดยมีปริมาณการใช้ที่ 41,696 ลิตร/ปี คิดเป็นมูลค่า 1,346,064 บาท/ปี รองมาเป็น อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG โดยมีปริมาณการใช้ที่ 2,760kg/ปี คิดเป็นมูลค่า 772,800 บาท/ปี และการมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ 58,527kWh/ปี คิดเป็นมูลค่า 207,421 บาท/ปี

ชุมชนบ้านร่องปลายนา มีศักยภาพทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ วัดความเข้มแสงได้ค่าเฉลี่ยที่ 829 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสามารถจัดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ทางด้านพลังงานลม ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ 1.38 เมตร/วินาที มีน้อยมากหากเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานลมในประเทศไทยและพลังงานน้ำของชุมชนมีแม่น้ำ 2 สายที่ไหลผ่าน คือแม่น้ำแม่มอญ และ แม่น้ำร่องขี้นาอัตราการไหลของแม่น้ำแม่มอญที่คำนวณได้ 7.95ลบ.ม./วินาที และ อัตราการไหลของแม่น้ำร่องขี้นาที่คำนวณได้3.57 ลบ.ม./วินาที ซึ่งอัตราการไหลนี้สามารถผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กได้

ทางด้านศักยภาพชีวมวล ขยะมูลฝอย เชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตรและมูลสัตว์พบว่าหมู่บ้านมีศักยภาพชีวมวลและเชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตร ประเภทซังข้าวมากที่สุด จำนวน 1,702 kg รองลงมาเป็น ขยะมูลฝอย จำนวน 1,010 kg ซึ่งศักยภาพทางด้านชีวมวล ขยะมูลฝอย และเชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตร สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลเพื่อใช้ควบคู่กับเตาประหยัดพลังงานได้

ชุมชนบ้านร่องปลายนำจะต้องมีการส่งเสริมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานเพิ่มความรู้ ความเข้าใจด้านปัญหาพลังงานพลังงานทดแทน เพื่อให้เกิดความรู้สึกการเป็นเจ้าของการดำเนินงานเต็มใจเข้าร่วม และความตระหนักในเรื่องปัญหาพลังงาน ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

6.บรรณานุกรม

[1] พิพัฒน์ นนทนาธรณ์ และคณะ. 2550.โครงการวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อ ศึกษาโครงสร้างระบบพลังงานทางเลือกเหมาะสมสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2555. รายงานพลังงานทดแทนประเทศไทย 2555. http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/report12/alternative55.pdf [1 ตุลาคม 2556].

[3] หน่วยวิจัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาชนบท. 2529. รูปแบบการจัดหาพลังงานให้แก่ชุมชนขนาดเล็กในชนบท.http://www.wiruch.com/article.htm [11 ธันวาคม 2555].

[4] วิสาขาภู่จินดา. 2552. การประยุกต์หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการจัดการพลังงานในระดับชุมชน. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. (กรกฎาคม-ธันวาคม): 26-48.

[5] วิลาสินี ศรีสุวรรณ และคณะ. การบริการวิชาการแก่สังคมด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมเพื่อสร้างชุมชนต้นแบบ ด้านเศรษฐกิจพอเพียง บ้านร่องปลายนา จังหวัดเชียงราย. หน้า 64 พ.ศ.2555

[6] พีเดีย. 2556. เชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง พลังงานจากสิ่งเหลือใช้. http://guru.sanook.com/9479/เชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง พลังงานจากสิ่งเหลือใช้/ [27กันยายน2557].

[7] สุระกิจ รัตนศรี.2552. ผลิต เตาประหยัดฯ ช่วยชุมชน ลดค่าใช้จ่าย-ให้ความร้อนนาน. http://news.sanook.com/198992/ผลิต เตาประหยัดฯ ช่วยชุมชน ลดค่าใช้จ่าย-ให้ความร้อนนาน [29กันยายน2557].

[8] ชมรมพลังงานทดแทน. 2556. กังหันลมผลิตไฟฟ้า.http://natee2007.thaiza.com/blog_view.php?blog_id=57726.[4 กันยายน 2556].

[9] ยรรยงค์อัมพวา. 2550. ยุทธศาสตร์การพลังงานแห่งชาติเพื่อ การพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

[10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2555. ยุทธศาสตร์พลังงานทดแทน. http://dede.go.th [8 มกราคม 2556].

[11] กระทรวงพลังงาน. สำนักนโยบายและยทุธศาสตร์. 2552. ยุทธศาสตร์พลังงาน. กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและยทุธศาสตร์ กระทรวงพลังงาน. (อัดสำเนา)

[12] พลังงานน้ำ. โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ.http://202.143 [8 มกราคม 2556].

[13] พลังงานแสงอาทิตย์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2542. ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย. http://www3.egat.co.th/re/egat_pv/sun_thailand.htm [8 มกราคม 2556].

[14] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2554. นโยบายพลังงานของประเทศ. http://www.eppo.go.th [21 ธันวาคม 2555].

P-EM16

วิถีเกษตรกรรมชาวสวนยางพาราสู่การเป็นแหล่งพลังงานทดแทน กรณีศึกษา กลุ่มเกษตรกรทวีผล อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

Rubber Planters' Ways of Agriculture Develop into Sources of Renewable Energy: A Case Study of Taveepol Rubber Group in Namom District, Songkhla.

ฐปณี รัตนถาวร*, พรชัย จิตติวสุรัตน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170 E-mail: tapanee.r@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการวิเคราะห์วิถีการทำเกษตรกรรมของชาวสวนยางพารา เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในครัวเรือนและภาคเกษตรกรรม กรณีศึกษา กลุ่มเกษตรกรทวีผล จังหวัดสงขลา กระบวนการศึกษาใช้หลักการตรวจสอบ “ข้อมูลสามเส้า” เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อค้นพบ ประกอบด้วย (1) การศึกษาแนวคิดทฤษฎี ได้แก่ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและทฤษฎีเพอร์มาคัลเชอร์ (The Theory of Permaculture) (2) การทบทวนวรรณกรรม ในส่วนของภาคชุมชนและสถานประกอบการที่ทำกิจกรรมทางการเกษตรตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง และมีการผลิตพลังงานทดแทนอย่างเป็นรูปธรรม โดยมีผลการวิจัยรองรับ (3) กรณีศึกษา ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรทวีผล ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางขนาดเล็ก ในจังหวัดสงขลา มีภารกิจหลักในการซื้อ-ขายน้ำยางสดและภารกิจรองในการทำเกษตรกรรม ได้ประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวทาง ผลการวิเคราะห์ พบว่า การเกิดพลังงานทดแทนในวิถีชาวสวนยางมี 4 ลักษณะ คือ (1) กิจกรรมที่ก่อเกิดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนโดยตรง (2) กิจกรรมที่สามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน (3) กิจกรรมที่ต้องสร้างขึ้นเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานทดแทน (4) กิจกรรมที่ควรปรับปรุงเนื่องจากไม่เกิดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนและสูญเสียพลังงานไป สามารถสรุปได้ว่า นอกจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบกิจกรรมและพฤติกรรมแล้ว ควรพิจารณาปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมในเรือกสวนไร่นาให้นำไปสู่การเป็นแหล่งวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: วิถีชีวิตชาวสวนยาง, พลังงานทดแทน, เศรษฐกิจพอเพียง, เพอร์มาคัลเชอร์, ชีวมวล

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่มีแหล่งพลังงานตามธรรมชาติ ที่จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน ในรูปแบบที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้ผิวโลก พลังงานจากคลื่นและกระแสน้ำทะเล ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน (Renewable Energy) เพื่อใช้แทนพลังงานบางประเภท เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ที่ใช้แล้วหมดไปได้ นอกจากนั้น พลังงานชีวมวล (Biomass) จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ที่ได้จากการผลิตในภาคเกษตรกรรมซึ่งมีอยู่ทั่วไปในท้องถิ่นและมีอยู่จำนวนมากในประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตทางการเกษตร เศษวัสดุทางการเกษตร กากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตรและชุมชน และผลผลิตจากสัตว์ล้วนสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนในรูปของพลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น [1] หากพิจารณาเฉพาะสัดส่วนพื้นที่ปลูกยางพาราจะพบว่ามากถึง 19.2 ล้านไร่หรือร้อยละ 56 ของพื้นที่ทำสวนทั่วประเทศ โดยมากกว่าหนึ่งล้านสวนหรือร้อยละ 80 ของการทำสวนยางพารานั้นเป็นสวนยางขนาดเล็ก[1] จากชุมชนหมู่บ้านต่างๆ ในพื้นที่ชนบท กว่าร้อยละ 93 เป็นสวนยางขนาดเล็กที่อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ [2] ในอดีตการทำสวนยางจะเป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว แต่ปัจจุบัน การทำสวนยางขนาดเล็กได้มีความหลากหลายทางชีวภาพมากขึ้น โดยชาวสวนได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบการปลูกยางควบคู่ไปกับการปลูกพืชอื่นๆ หรือทำการเกษตรอื่นๆ ร่วมด้วย ทั้งเป็นการปลูกแซมในสวนยางและปลูกแยกจากสวนยาง ในลักษณะที่มีพืชพรรณไม้หลากหลายชนิดผสมผสานกัน เรียกว่า “สวนสมรม” ทั้งไม้ยืนต้น ผลไม้ ผักพื้นบ้าน สมุนไพรต่างๆ ในพื้นที่เดียวกันตลอดจนการทำนาปลูกข้าว รวมทั้งอาจมีการทำกสิกรรมรวมอยู่ด้วย เช่น เลี้ยงไก่พื้นเมือง เลี้ยงโค เลี้ยงปลาในบ่อหรือสระขุด ฯลฯ เพื่อบริโภคและสร้างให้เกิดระบบนิเวศที่เกื้อกูลกัน [3] [4] จึงทำให้เกิดชีวมวลที่หลากหลาย เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ เปลือกไม้ผล มูลสัตว์ ฯลฯ สามารถนำไปผลิตพลังงานทดแทนได้มากกว่าการปลูกพืชเชิงเดี่ยว

ปัจจุบันการผลิตพลังงานทดแทนได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตผู้คนมากขึ้น ในภาคชุมชนส่วนใหญ่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มเพื่อผลิตพลังงานแล้วแบ่งปันกันใช้ มีการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นและสิ่งที่มีอยู่ใกล้ตัวมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนทั้งในแบบที่เรียบง่ายและมีความซับซ้อนมากขึ้นตามศักยภาพของแต่ละชุมชน อาทิเช่น เชื้อเพลิงชีวมวล เตาชีวมวล ไบโอดีเซลแทนน้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สชีวภาพ เป็นต้น เหล่านี้ล้วนสามารถนำมาใช้ในครัวเรือนและใช้ในการทำเกษตรกรรม ซึ่งช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายลง ในภาคเกษตรกรรมจึงมีความได้เปรียบของการเป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลที่

[1] สวนยางพาราขนาดเล็กมีขนาดเนื้อที่ไม่เกิน 50 ไร่/ครัวเรือน (ที่มา : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

หลากหลายสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้มากกว่าภาคส่วนอื่นๆ โดยเฉพาะในกระบวนการทำสวนยางพารามีกิจกรรมบางอย่างที่ชาวสวนได้ผสานเข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างเรียบง่าย เช่น การใช้แสงอาทิตย์ตากยางแผ่นหรือยางก้อนถ้วย บางกิจกรรมได้เกิดเป็นพลังงานทดแทนโดยธรรมชาติ เช่น การใช้เศษไม้ กิ่งไม้มาทำฟืน นอกจากนั้นยังมีอีกหลายๆ กิจกรรมที่ชาวสวนต้องพึ่งพาการใช้พลังงานโดยตรง เช่น การใช้ไฟฉายส่องสว่างขณะกรีดยาง (ในอดีตเป็นตะเกียงที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง) การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขับขี่ยานพาหนะเพื่อไปกรีดยางและขนส่งผลผลิต ฯลฯ รวมทั้งยังมีบางกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ เช่น น้ำเสียจากการล้างภาชนะหรือการทำยางแผ่นซึ่งมีกลิ่นเหม็น สิ่งเหล่านี้ล้วนอยู่ในวิถีและกระบวนการในการทำสวนยาง หากสามารถนำมาพัฒนาให้เกิดเป็นพลังงานทดแทนได้ จะช่วยลดความสูญเปล่าของวัตถุดิบและพลังงานลง ช่วยให้ชาวสวนสามารถพึ่งพาตัวเองด้านพลังงานได้มากขึ้น หากมีการวางแผนการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตามที่ผ่านมาพบว่า การผลิตพลังงานทดแทนในชุมชนและครัวเรือนเป็นการเรียนรู้วิธีการจากชุมชนอื่น หรือได้รับทุนสนับสนุนมาจากหน่วยงานต่างๆ ทำให้ไม่ได้พิจารณาถึงความเหมาะสมของสภาพชุมชน ทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่มี ในระยะยาวก็ไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะมีการผลิตและใช้พลังงานทดแทนนั้นอย่างต่อเนื่อง

ในกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางขนาดเล็ก ที่โดยปกติมีการรวมกลุ่มกันเพื่อซื้อขายผลผลิตยางพาราอยู่แล้ว จึงมีความน่าสนใจในการศึกษาถึงรูปแบบและกิจกรรมที่สามารถนำไปสู่การรวมกลุ่มเพื่อผลิตพลังงานทดแทนจากการทำเกษตรกรรมที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันอย่างสอดคล้องกับวัตถุดิบ สภาพชุมชน ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตลอดจนแหล่งพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่มีอยู่ในเรือกสวนไร่นาและชุมชน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และโดยเฉพาะพลังงานชีวมวล มาบริหารจัดการกระบวนการใช้ทรัพยากรและพลังงานร่วมกันอย่างคุ้มค่า เอื้อให้เกิดเป็นพลังงานทดแทนขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ ตาม “ทฤษฎีเพอร์มาคัลเชอร์” (The Theory of Permaculture) ที่คิดค้นโดย Bill Molliison ที่มุ่งเน้นการออกแบบให้เกิดระบบหมุนเวียนพลังงานภายในไร่นาอย่างครบวงจร กล่าวคือ มีบทบาทผู้ผลิตพลังงานและผู้รับพลังงานไปใช้เป็นลูกโซ่ต่อเนื่องไป โดยไม่ว่าจะผลิตอะไรขึ้นมาก็จะมีผู้รับไปใช้จนกระทั่งเกิดความสมดุล ไม่เกิดสิ่งที่เหลือเป็นส่วนเกิน แนวทางดังกล่าวนี้ ยังสอดคล้องกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy) ที่มีหลักการสำคัญมุ่งเน้นให้เลือกปฏิบัติอย่างพอประมาณ มีเหตุมีผล และสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ตนเองและสังคม เพื่อให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งสามารถอยู่ร่วมกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเกื้อกูลกัน

ดังนั้น การนำทรัพยากรที่มีอยู่ในวิถีของชาวสวนยางพารา มาประยุกต์ให้สามารถผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้อย่างเรียบง่าย จึงอาจทำให้ชาวสวนยางสามารถเข้าถึงได้ง่าย เกิดแรงจูงใจให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น จากที่โดยทั่วไปมักพบว่า การผลิตพลังงานทดแทนในชุมชนมักเกิดจากข้อจำกัดบางประการ เช่น อยู่ในพื้นที่ห่างไกลหรือมีสภาพเป็นเกาะ อยู่ในพื้นที่สูงชันที่การขนส่งพลังงานทำได้ไม่สะดวกนัก ส่วนในบางชุมชนที่เริ่มมีการผลิตพลังงานทดแทนยังคงเลือกที่จะผลิตแบบแยกส่วนเฉพาะบางอย่าง นอกจากนั้น บางชุมชนที่มีความเข้มแข็งและมีความพึงพอใจต้องการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานให้ได้มากขึ้น จึงมีการผลิตพลังงานทดแทนขึ้นใช้เองจากทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นหลากหลายรูปแบบ ชุมชนลักษณะนี้จึงมีความน่าสนใจในการนำมาวิเคราะห์ถอดบทเรียน เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางขนาดเล็กที่ได้เลือกเป็นกรณีศึกษา ได้แก่ กลุ่มยางพาราทวีผล ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ในประเด็นที่ว่า รูปแบบกิจกรรมที่มีอยู่ในวิถีการทำเกษตรกรรมของชาวสวนยางพารา กรณี กลุ่มยางพาราทวีผลเป็นอย่างไร มีกิจกรรมใดบ้างที่สามารถพัฒนาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนได้

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์รูปแบบกิจกรรมที่มีอยู่ในวิถีการทำเกษตรกรรมของชาวสวนยางพารารายย่อย กรณีศึกษา กลุ่มเกษตรกรทวีผล จังหวัดสงขลา 2) เสนอแนะรูปแบบกิจกรรมทางการเกษตรให้สามารถพัฒนาเป็นแหล่งวัตถุดิบ ในการผลิตพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในครัวเรือนและภาคเกษตรกรรม องค์ความรู้ที่ได้จะเป็นประโยชน์แก่กลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางกลุ่มนี้และสามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับเกษตรกรชาวสวนยางกลุ่มอื่นๆ เพื่อสร้างแหล่งพลังงานทดแทนได้อย่างสอดคล้องกับวิถีชีวิตและทรัพยากรที่มีในท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่ได้ลงลึกในรายละเอียดทางเทคนิคและขั้นตอนในการผลิตพลังงานทดแทน และรายละเอียดของระบบนิเวศในไร่นาสวน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy) เป็นปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงชี้ให้เห็นถึงแนวการดำรงอยู่และปฏิบัติตนของประชาชนในทุกระดับให้ดำเนินไปในทางสายกลาง โดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจเพื่อให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน ก้าวทันต่อโลกยุคโลกาภิวัตน์และความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ความพอเพียง หมายถึง ความพอประมาณ ความมีเหตุผล รวมถึงความจำเป็นที่จะต้องมีระบบภูมิคุ้มกันในตัวที่ดีต่อผลกระทบใดๆ อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายนอกและภายใน โดยอาศัยความรอบรู้ ความรอบคอบและความระมัดระวังในการนำความรู้มาใช้ในการวางแผนและการดำเนินการทุกขั้นตอน พร้อมทั้ง เสริมสร้างพื้นฐานจิตใจให้มีสำนึกในคุณธรรม ความซื่อสัตย์สุจริต และให้มีความรอบรู้ที่เหมาะสม ดำเนินชีวิตด้วยความอดทน ความเพียร มีสติ ปัญญาและความรอบคอบ เพื่อให้สมดุลและพร้อมต่อการรองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง ทั้งด้านวัตถุ สังคม สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมจากโลกภายนอกได้เป็นอย่างดี สามารถนำไปสู่เป้าหมายของการสร้างความ

มั่นคงทางเศรษฐกิจ ในภาคเกษตรกรรมจึงเป็นเศรษฐกิจการเกษตรที่เน้นการสร้างความมั่นคงทางอาหาร โดยมีหลักการคือ เน้นการเลือกปฏิบัติอย่างพอประมาณ มีเหตุมีผล และสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ตนเองและสังคม

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในมิติสิ่งแวดล้อมเป็นการทำให้มนุษย์อยู่ร่วมกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเกื้อกูลกัน และมุ่งเน้นภูมิสังคมที่คำนึงถึงการพัฒนาบนพื้นฐานความแตกต่างของความหลากหลายทางธรรมชาติ วัฒนธรรมตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่และวิถีชุมชนและสังคม [5] โดยสามารถแบ่งระดับการเป็นเศรษฐกิจพอเพียงได้ 3 ระดับคือ (1) เข้าข่าย เป็นระดับที่มีลักษณะสำคัญในแง่การใช้ “วิธีการ” (Method) เพื่อลดความเสี่ยง พยายามรับมือ ต่อสู้กับปัญหาเพื่อความอยู่รอด เกิดการสร้าง “ภูมิคุ้มกัน” อันเป็นหลักสำคัญหนึ่งของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงให้กับตนเอง ครอบครัวหรือชุมชน (2) เข้าใจ เป็นระดับที่มุ่งให้ความสำคัญต่อ “วิธีคิด” (Way of Thinking) มีการนำแนวคิดเรื่อง “ความพอประมาณ” อันเป็นหลักการสำคัญอีกประการของปรัชญามาเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (3) เข้าถึง เป็นระดับที่ผ่านการปฏิบัติเป็นประจำจากพื้นฐานความเข้าใจจนกลายเป็น “วิถีชีวิต” (Way of Life) ที่ปฏิบัติโดยธรรมชาติทำให้ชีวิตอยู่อย่างมี “เหตุผล” อันเป็นหลักการสำคัญอีกประการของปรัชญา นอกจากนั้นยังสามารถเป็นตัวอย่างให้ผู้อื่นเรียนรู้ได้ [6]

ทฤษฎีเพอร์มาคัลเชอร์ (The Theory of Permaculture) เป็นแนวคิดในการทำเกษตรกรรมรูปแบบหนึ่งที่คิดค้นโดย Bill Molliison ได้ทำการค้นคว้าและเรียบเรียงขึ้นอย่างเป็นระบบตั้งแต่ในช่วงปี 1974 เพอร์มาคัลเชอร์ (Permaculture) มาจากคำว่า เพอร์มาเนนท์ (Permanent) มาจากภาษาละตินแปลว่า ยืนยาวหรือยั่งยืน และคำว่า คัลเชอร์ (Culture) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวกับการผลิตและสิ่งมนุษย์สร้างขึ้น ดังนั้น เพอร์มาคัลเชอร์ จึงหมายถึง องค์ประกอบการผลิตที่สนับสนุนการดำรงอยู่ของมนุษย์และสังคมมนุษย์อย่างยืนยาว โดยมีแนวคิดว่าต้องมีการออกแบบรูปแบบการเพาะปลูกและการจัดการผลผลิตอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนการบริหารจัดการในไร่นาสวน การจัดรูปแบบการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม กระบวนการทั้งหมดต้องมีการใช้ทรัพยากรและพลังงานร่วมกันได้อย่างคุ้มค่า เอื้ออำนวยให้ธรรมชาติและเกษตรกรรมมีความสอดคล้อง กลมกลืนและเกื้อหนุนกัน พื้นฐานสำคัญของการทำเกษตรกรรมแบบเพอร์มาคัลเชอร์จะต้องพิจารณาร่วมกันระหว่างองค์ประกอบที่เป็นรูปธรรมและวิถีของชุมชนที่มีความสัมพันธ์กันอย่างลึกซึ้งเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน [7]

ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทนตามแนวคิดนี้ อาจไม่ได้หมายถึงกรรมวิธีในการผลิตพลังงานทดแทนโดยตรง แต่เป็นการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เอื้อให้เกิดเป็นพลังงานทดแทนขึ้นอย่างเป็นระบบ กล่าวคือพลังงานต่างๆ ทั้งดิน น้ำ ลม แสงแดดและไม้ถือเป็นศูนย์กลางของการทำเกษตรกรรม ต้องมีการออกแบบและจัดวางองค์ประกอบให้ระบบเกษตรกรรมทั้งการปลูกพืช เลี้ยงสัตว์และธรรมชาติในพื้นที่ มีระบบหมุนเวียนพลังงานภายในที่ครบวงจร มีบทบาทผู้ผลิตพลังงานและผู้รับพลังงานไปใช้เป็นลูกโซ่ เช่น องค์ประกอบนี้การผลิตสิ่งนี้ขึ้นมา ต้องมีองค์ประกอบอีกอันหนึ่งมาใช้สิ่งที่ผลิตขึ้น และองค์ประกอบอันนั้นก็จะต้องผลิตอีกสิ่งหนึ่งขึ้นมา แล้วก็จะมีองค์ประกอบอีกอันมาใช้สิ่งที่ผลิตนั้นอีกเป็นลูกโซ่ต่อเนื่องไป ดังนั้น ไม่ว่าจะผลิตอะไรขึ้นมาก็จะมีผู้รับไปใช้จนกระทั่งเกิดความสมดุล โดยแนวคิดนี้เสนอว่า ในไร่นาสวนควรมีอย่างน้อย 4 บทบาท จึงอาจกล่าวได้ว่า ในพื้นที่ควรมีทุกสิ่งทุกอย่างที่พอเพียงแก่การผลิตและการใช้พลังงาน เป็นบทบาทหลักในการดำเนินงานของแต่ละองค์ประกอบ เพื่อทำหน้าที่ผลิตและใช้พลังงานทดแทนที่เกิดขึ้นให้เกิดความสมดุลของธรรมชาติ (อ้างแล้ว)

ทฤษฎีนี้มีแนวคิดที่คล้ายกับภูมิปัญญาและวิถีของบรรพบุรุษไทยที่สืบทอดกันมาช้านาน อันเป็นการทำเกษตรกรรมบนพื้นฐานของความหลากหลายทางพันธุกรรม กล่าวคือ เป็นการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์นานาชนิดบนที่ดินของตนเอง ซึ่งทำให้มีความหลากหลายทางชีวภาพและความสมดุลของระบบนิเวศในไร่นา การใช้แรงงานของคนในครอบครัวและสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย ใช้ความรู้ประสบการณ์เดิมที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นมาช่วยในการผลิต มีการช่วยเหลือเกื้อกูลกันระหว่างเพื่อนบ้าน ชุมชน เครือญาติที่อยู่ในหมู่บ้านเดียวกัน ทำให้ครอบครัวอบอุ่น ชุมชนเข้มแข็ง มีเวลาในการสร้างสรรค์ประเพณีวัฒนธรรมที่ดีงาม ดังนั้น จึงเป็นการนำแนวคิดที่เป็นรากเหง้าภูมิปัญญาไทย มาบูรณาการเข้ากับความรู้สมัยใหม่ในการเป็นแหล่งผลิตพลังงานที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิตของชาวสวนในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานได้มากยิ่งขึ้น

3. การศึกษาตัวอย่างจากภาคชุมชนและสถานประกอบการณ์

ในส่วนของภาคชุมชนและสถานประกอบการณ์ที่ดำเนินการทำกิจกรรมต่างๆ ในภาคเกษตรตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งได้นำไปสู่การผลิตพลังงานทดแทนขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมและมีผลการวิจัยรองรับในเชิงประจักษ์ โดยสิรินทรเทพ เต้าประยูรและคณะ (2554) [8] ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาตัวชี้วัดการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการลดปัญหาโลกร้อนภายใต้แนวคิดภูมิปัญญาตะวันออก ประเด็นสำคัญของการวิจัยมุ่งเน้นการสร้างตัวชี้วัดที่ร่วมกับการประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่สัมพันธ์กับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชุมชน รวมทั้งทำการศึกษาการลดโลกร้อนและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นต้นแบบของสังคมเศรษฐกิจพอเพียงและสังคมคาร์บอนต่ำที่สามารถเป็นแนวทางสำหรับชุมชนและสถานประกอบการณ์ได้

3.1 กรณีศึกษาชุมชนบ้านเปร็ดใน จังหวัดตราด

ชุมชนบ้านเปร็ดใน มีสภาพแวดล้อมโดยรวมเป็นพื้นที่ป่าชายเลน ชาวบ้านประกอบอาชีพหลักทางด้านเกษตรกรรม ได้แก่ การทำประมงเพาะเลี้ยง ทำสวนยางพารา ทำสวนผลไม้แบบผสมผสานในบริเวณพื้นที่พักอาศัย (เช่น เงาะ ทุเรียน มังคุด ลองกอง ทุเรียน กะท้อน) หาของป่า (น้ำผึ้ง) บริการการท่องเที่ยวโฮมสเตย์ จักสารจากไม้ไผ่และใบจาก ทำกะปิ และเผาถ่าน จากการศึกษารูปแบบกิจกรรมที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบกิจกรรมและผลผลิตซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนของชุมชนบ้านเปร็ดใน จังหวัดตราด

รูปแบบกิจกรรม	ผลผลิตที่ได้		ปริมาณที่มี	รูปแบบพลังงานทดแทนที่ได้ (ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้)
	ผลผลิตหลัก	ผลพลอยได้		
การทำสวนยางพารา	ยางพารา	รากไม้,เศษกิ่งไม้ วัชพืช	53.7 ตัน/ปี	ฟืน, ถ่าน (16.1 ตัน/ปี)
การทำสวนผลไม้แบบผสมผสาน	ผลไม้	เปลือก, กิ่งก้านใบจากการตัดแต่ง		

ที่มา: วิเคราะห์จากสิรินทรเทพ เต้าประยูรและคณะ (2554)

การทำสวนผลไม้ต้องมีการตัดแต่งกิ่ง จึงนำมาใช้ผลิตถ่านและทำฟืน (การผลิตถ่านเป็นการทำเตาเตาเผาโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ได้แก่ เตาก่ออิฐ เตาทำจากจอมปลวกและเตาทำจากถังน้ำมัน เตาเผาแต่ละแบบจะแตกต่างกันที่ระยะเวลาที่ใช้ในการเผา โดยเตาก่ออิฐและเตาทำจากจอมปลวกใช้เวลา 7 วัน ส่วน เตาถังน้ำมันใช้เวลา 1 วัน 12 ชั่วโมง) พบว่า ชุมชนมีปริมาณกิ่งไม้ที่ใช้เผาทั้งหมด 53.76 ตัน/ปี คิดเป็นถ่านที่ผลิตได้ 16.1 ตัน/ปี สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 9.98 ตันและประหยัดเงินในการซื้อก๊าซหุงต้ม 186,667 บาท/ปี รวมทั้งได้น้ำส้มควันไม้ 1.3 ลูกบาศก์เมตร

3.2 กรณีศึกษาชุมพรคาบาน่ารีสอร์ต จังหวัดชุมพร

ชุมพรคาบาน่ารีสอร์ต เป็นสังคมในภาคบริการที่ดำเนินธุรกิจโรงแรมขนาดเล็ก มีบริการที่พัก การประกอบอาหารเพื่อการบริโภค กิจกรรมธนาคารต้นไม้ และการบริการอื่นๆ ภายใต้การนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเข้ามาประยุกต์ใช้ในการทำธุรกิจ ยึดหลักการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าด้วยการนำกลับมาใช้ใหม่ในเชิงพลังงาน มีการขยายกิจกรรมที่มีส่วนช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การสร้างให้คนในชุมชนมีอาชีพ จึงมีความน่าสนใจในการศึกษารูปแบบกิจกรรมที่เกิดผลผลิตซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รูปแบบกิจกรรมและผลผลิตซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนของชุมพรคาบาน่ารีสอร์ต จังหวัดชุมพร

รูปแบบกิจกรรม	ผลผลิตที่ได้		ปริมาณที่มี	รูปแบบพลังงานทดแทนที่ได้ (ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้)
	ผลผลิตหลัก	ผลพลอยได้		
การบริการในรีสอร์ต	อาหาร	เศษ/ ภาชนะอาหาร	6,000 ก.ก./เดือน	ก๊าซชีวภาพ (3,000 ก.ก./เดือน)
		น้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารแล้ว	300-1,650 ลิตร/เดือน	ไอโอดีเซล (1,200 ลิตร/เดือน)
การปลูกพืชผัก ผลไม้	ผัก ผลไม้	กิ่งไม้ เศษไม้ ใบไม้ กะลา ฯลฯ	4,500 ก.ก./เดือน	ถ่าน (1,500 ก.ก./เดือน)

ที่มา : วิเคราะห์จากสิรินทรเทพ เต้าประยูรและคณะ (2554)

การผลิตก๊าซชีวภาพจากอินทรีย์วัตถุใช้สำหรับการหุงต้มและผลิตกระแสไฟฟ้า มีประมาณ 6,000 กิโลกรัม/เดือน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 3,000 กิโลกรัม/ เดือน (ก๊าซชีวภาพ 1 กิโลกรัม ทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.373 กิโลกรัม) จึงสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 1,119 กิโลกรัม/เดือน

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารแล้ว เพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเครื่องยนต์ มีประมาณ 300-1,650 ลิตร/เดือน และนำมาจากแหล่งภายนอก 150-1,500 ลิตร/เดือน สามารถผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเครื่องยนต์ในเครื่องยนต์ได้ประมาณ 2,400 ลิตร/เดือน

การผลิตถ่านจากกิ่งไม้ เศษไม้ ใบไม้ กะลา ฯลฯ มีประมาณ 4,500 กิโลกรัม/เดือน สามารถนำมาเผาถ่านได้ประมาณ 1,500 กิโลกรัม/เดือน (และได้น้ำส้มควันไม้ประมาณ 90 ลิตร/ เดือน) โดยร้อยละ 25 ของถ่านที่ได้จะนำไปใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มในครัว และร้อยละ 75 จะนำไปใช้ในกิจการสปาและทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในรีสอร์ต ซึ่งถ่าน 1 กิโลกรัม สามารถทดแทนการใช้ LPG ได้ 0.621 กิโลกรัม

4. วิถีชาวสวนยางพารา กรณีศึกษา กลุ่มเกษตรกรทวีผล

4.1 รูปแบบกิจกรรมในวิถีชาวสวนยางพารา

กลุ่มเกษตรกรทวีผล เป็นกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางพาราขนาดเล็ก ตั้งอยู่ในหมู่บ้านควนจง หมู่ที่ 4 ต.นาหม่อม อ.นาหม่อม จ.สงขลา ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2543 ปัจจุบันมีสมาชิก 48 หมายเลข มีพื้นที่สวนยางที่ให้ผลผลิตประมาณ 300 ไร่ โดยเฉลี่ยประมาณ 7 ไร่ต่อ1 หมายเลขสมาชิก อายุต้นยางโดยเฉลี่ย 14 ปี มีผลผลิตน้ำยาง 50 กิโลกรัม/วัน ร้อยละ 80 เจ้าของสวนเป็นผู้กรีดยางเอง ส่วนร้อยละ 20 ลูกจ้างเป็นผู้กรีด พื้นที่สวนยางร้อยละ 90 เป็นมรดกตกทอดมาจากบรรพบุรุษ ซึ่งมีการครอบครองที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 100 ปี สภาพทั่วไปของหมู่บ้านเป็นชุมชนกึ่งเมืองกึ่งชนบท มีสภาพแวดล้อมธรรมชาติ และสวนยางที่เป็นภูเขาสูงต่ำล้อมรอบอาณาบริเวณหมู่บ้าน [9]

กลุ่มเกษตรกรทวีผล มีภารกิจหลักในการซื้อ-ขายน้ำยางสด โดยมีสถานที่สำหรับรับซื้อน้ำยาง เรียกว่า “ที่ทำการกลุ่มยาง” ตั้งอยู่บนถนนสายหลักของหมู่บ้าน โดยได้รับความอนุเคราะห์ที่ดินจากสมาชิกให้ใช้พื้นที่บริเวณบ้านเป็นที่ตั้ง นอกจากกลุ่มจะดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับยางพาราแล้ว ยังมีภารกิจรองในการทำกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำสวนยางและเกษตรกรรม โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อยๆ ที่ประกอบด้วย ได้แก่ 1) กลุ่มเงินออม 2) กลุ่มผลิตปุ๋ยเคมี-อินทรีย์สูตรเฉพาะเพื่อบำรุงต้นยางและพืชอื่นๆ ที่ราคาถูกกว่าท้องตลาด 3) กลุ่มปลูกไม้ป่ายืนต้น (ธนาคารต้นไม้) ในบริเวณสวนยางและสวนผลไม้ 4) กลุ่มเพาะพันธุ์และติดตายางพันธุ์ดี เพื่อให้ได้น้ำยางที่มีคุณภาพ 5) กลุ่มผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพเศษวัชพืชและผลผลิตจากสวนที่เน่าเสีย 6) กลุ่มปลูกพืชสมุนไพร และ 7) กลุ่มปลูกพืชผักพื้นบ้าน การรวมกลุ่มย่อยนี้เป็นไปเพื่อยกระดับองค์ความรู้ ภูมิปัญญาในการทำเกษตรกรรมและพัฒนาศักยภาพของชาวสวนให้ลดการพึ่งพิงจากภายนอก ให้มีการผลิตและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชนเพิ่มขึ้น รวมทั้งเป็นอาชีพเสริมที่ทำให้ชาวสวนมีเรียนรู้ มีการทำกิจกรรมร่วมกับชุมชนอื่นและหน่วยงานภายนอกอยู่ตลอดเวลาเกิดเป็นเครือข่ายที่กว้างขวาง ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นพื้นฐานและเป็นแนวทางในการดำเนินกิจการของกลุ่ม [10]

ในชีวิตประจำวันชาวสวนจะเดินทางไปกรีดยางและนำผลผลิตมาจำหน่าย ณ ที่ทำการกลุ่ม โดยใช้รถจักรยานยนต์ทั้งหมด เนื่องจากใช้ขนส่งได้สะดวกรวดเร็ว และสามารถเดินทางในสภาพพื้นที่สูงต่ำของสวนและเส้นทางแคบๆ ระหว่างแนวต้นยางได้ดี ทั้งที่มีสภาพเป็นถนนลูกรังหรือเส้นทางลัดเลาะเข้าไปในสวน การซื้อขายน้ำยางจะเสร็จสิ้นในช่วงก่อนเที่ยงของทุกวัน และในช่วงบ่ายชาวสวนอาจจะพักผ่อนหรือเข้าสวนต่อจนถึงเย็น ซึ่งส่วนใหญ่ทำกันเองในครัวเรือน เช่น การทำสวนผลไม้ (เช่น เงาะ มังคุด ทุเรียน ลองกอง กล้วย มะพร้าว สะตอ) การปลูกพืชไร่ (ในบางฤดูกาล เช่น พืชตระกูลถั่ว สับปะรด ข้าวโพด มัน) การปลูกไผ่ การเลี้ยงวัว การเลี้ยงไก่ไข่-ไก่พื้นเมือง การขุดบ่อเลี้ยงปลา เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 และรูปที่ 1

ตารางที่ 3 รูปแบบกิจกรรมในวิถีชาวสวนยางของกลุ่มเกษตรกรทวีผลที่สามารถเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนได้

รูปแบบกิจกรรม	ผลผลิตที่ได้		รูปแบบพลังงานทดแทนที่สามารถใช้ได้
	ผลผลิตหลัก	ผลพลอยได้	
การทำสวนยางพารา	น้ำยางสด	เศษยาง (ขี้ยาง), ยางก้นถ้วย	ใช้จุดตัดไฟ
	ไม้ยาง	ขอนไม้,เหมือนกิ่งไม้, วัชพืช	ฟืน, ถ่าน
	การซื้อ-ขายน้ำยาง	น้ำเสียจากการล้างถ้วย	ก๊าซชีวภาพ
การปลูกไม้ป่า	ไม้ป่า	กิ่งก้านใบ, วัชพืช	ฟืน, ถ่าน
การทำสวนผลไม้	ผลไม้	เปลือก, ผลผลิตที่เน่าเสีย	ก๊าซชีวภาพ (โดยปกติใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพ)
การปลูกไผ่		กิ่งก้านใบจากการตัดแต่ง	ฟืน, ถ่าน
	หน่อไม้	เปลือก, ผลผลิตที่เน่าเสีย	ก๊าซชีวภาพ
	ไม้ไผ่	เศษไม้ไผ่จากการตัดแต่ง ใบไผ่	ฟืน, ถ่าน
การปลูกมะพร้าว	มะพร้าวผ่าน, มะพร้าว	ทางมะพร้าว, เปลือก ,กะลา	ฟืน, ถ่าน
การเลี้ยงสัตว์ (ไก่ไข่, วัว, ไก่บ้าน)	เนื้อ, ไข่	มูล, เปลือกไข่,ไข่เสีย, เศษอาหาร	ก๊าซชีวภาพ
การปลูกพืชไร่ (พืชตระกูลถั่ว, ข้าวโพด, มัน)	ผลผลิตถั่ว,ข้าวโพด, มัน	เศษซึ่งก้านใบ, ผล,ซังหลังเก็บเกี่ยว, เปลือกถั่ว, วัชพืช	ถ่าน, ก๊าซชีวภาพ
การปรุงอาหาร	อาหาร	เศษอาหาร, น้ำเสีย	ก๊าซชีวภาพ (โดยปกติใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพ)
		น้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารแล้ว	ไบโอดีเซล
การขุดบ่อเลี้ยงปลา	ปลา	แหล่งน้ำเพื่อระบายน้ำในกิจกรรม	-

ที่มา: ผู้วิจัย, 2556



รูปที่ 1 บางส่วนของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สามารถนำไปผลิตพลังงานทดแทนได้ของกลุ่มเกษตรกรทวีผล

ซึ่งนับว่ามีความหลากหลายของทรัพยากร แต่ยังไม่มีการนำวัตถุดิบและทรัพยากรที่มีอยู่เหล่านี้ มาบริหารจัดการให้สามารถพัฒนาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในครัวเรือนและภาคเกษตรกรรม จึงทำให้สูญเสียโอกาสในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าไป

4.2 รูปแบบกิจกรรมในวิถีชาวสวนสู่การเป็นแหล่งวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทนของกลุ่มเกษตรกรทวีผล

จากการศึกษารูปแบบกิจกรรมในวิถีชาวสวนยางพารา สามารถสรุปรูปแบบกิจกรรม ได้ใน 4 ลักษณะ คือ

1. รูปแบบกิจกรรมที่ก่อเกิดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนโดยตรง ได้แก่
   1.1 การกรีดยางจะมีเศษยาง (ขี้ยาง) และยางก้นถ้วย ใช้จุดติดไฟได้
   1.2 เศษกิ่งไม้แห้งจากสวนใช้ทำฟืน
2. รูปแบบกิจกรรมที่สามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ในระยะเวลาอันใกล้
   2.1 การเก็บรวบรวมรากไม้, เศษกิ่งไม้ ฯลฯ มาเผาเป็นถ่านเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงในการหุงต้ม
   2.2 การหันมาใช้เตาซุปเปอร์อั้งโล่หรือเตาชีวมวลที่ให้ความร้อนสูงในครัวเรือน
3. รูปแบบกิจกรรมที่ต้องสร้างขึ้นเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนและเพื่อการประหยัดพลังงาน
   3.1 การเผาถ่านขึ้นใช้เองในชุมชนโดยใช้เตาเผาถ่านไม้ขนาด 200 ลิตร และยังได้น้ำส้มควันไม้
   3.2 การเก็บรวบรวมวัชพืชสดต่างๆ มาผลิตถ่านอัดแท่ง (แท่งเชื้อเพลิงเขียว)
   3.3 การเก็บรวบรวมผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ ทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้ม
   3.4 การเก็บรวบรวมน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารแล้วมาใช้ผลิตไบโอดีเซล ทดแทนน้ำมันเครื่องยนต์
4. รูปแบบกิจกรรมที่ควรปรับปรุงเนื่องจากไม่เกิดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนและเป็นการสูญเสียพลังงานไป
   4.1 การให้แสงสว่างในการกรีดยาง อาจพิจารณาใช้ก๊าซชีวภาพแทนการใช้ถ่านไฟฉายหรือถ่านหิน

4.2 การเลี้ยงสัตว์ ควรทำขอบเขตบริเวณคอกเลี้ยงเพื่อป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างไปตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นการสูญเสียแหล่งพลังงานและเป็นการแพร่เชื้อโรค

4.3 ควรงดการเผาตอ ซัง รากไม้ และเศษวัชพืชในพื้นที่เกษตรกรรม รวมทั้งควรงดพฤติกรรมที่เป็นการทำลายสภาพแวดล้อมและก่อให้เกิดมลพิษ เช่น การเททิ้งน้ำเสียหรือสารเคมีบางอย่างลงสู่พื้นที่สาธารณะ ฯลฯ ควรรวบรวมใส่ภาชนะเพื่อบำบัดหรือสร้างเป็นพลังงานทดแทน

4.3 วิถีชาวสวนยางพาราภับระดับการถือปฏิบัติตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทน

จากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในวิถีชาวสวนยางพารา สามารถวิเคราะห์แนวทางการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างวิถีชีวิตของชาวสวนยางพาราภับระดับการถือปฏิบัติตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

วิถีชีวิตของชาวสวนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทน	ระดับของการถือปฏิบัติตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
1. มีการศึกษาด้านการผลิตพลังงานทดแทนจากทรัพยากรทางการเกษตรในท้องถิ่น 2. มีการดำเนินการรวบรวมวัตถุดิบเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือน เช่น การใช้ฟืน การเผาถ่าน 3. มีการหันมาใช้เตาซุปเปอร์อั้งโล่หรือเตาชีวมวลในครัวเรือน	ระดับเข้าข่าย
4. มีการดำเนินการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบของกลุ่ม โดยช่วยกันเก็บสะสมรวบรวมวัตถุดิบให้มีปริมาณมากพอในการนำไปผลิตเป็นพลังงานในแต่ละครั้ง แล้วแบ่งปันกันใช้ในครัวเรือน โดยเริ่มจากการผลิตในรูปแบบที่สามารถทำได้ง่ายก่อน 5. มีการวางแผนร่วมกันในการขนส่งวัตถุดิบ โดยพิจารณาจากปริมาณวัตถุดิบและระยะทางการขนส่งร่วมกันเพื่อลดการใช้พลังงานในการขนส่ง 6. มีการร่วมกันบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตให้สามารถใช้งานได้	ระดับเข้าใจ
7. มีการร่วมกันพิจารณาปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมในเรือกสวนไร่นาให้เกิดความเกื้อกูลกัน เช่น การเพิ่มจำนวนและปริมาณพืชพรรณให้มีความหลากหลาย (ลดการปลูกพืชเชิงเดี่ยว), การปรับสภาพพื้นที่ให้สามารถขนส่งวัตถุดิบได้สะดวกรวดเร็วมากขึ้น, การเพิ่มกิจกรรมที่คาดว่าจะนำไปสู่การเป็นแหล่งวัตถุดิบชั้นดี, งดพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการทำลายสภาพแวดล้อมและสิ้นเปลืองพลังงาน เป็นต้น 8. มีการร่วมกันผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้นตามความต้องการของกลุ่ม โดยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ 9. มีการขยายเครือข่ายออกไปในระดับหมู่บ้านเพื่อเพิ่มปริมาณวัตถุดิบในการผลิตและเพิ่มจำนวนผู้ใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้น 10. มีการถ่ายทอดความรู้และเชิญชวนชาวสวนยางกลุ่มอื่นๆ ทั้งในและนอกหมู่บ้านให้หันมาผลิตพลังงานทดแทนใช้ในครัวเรือนและการทำเกษตรกรรม	ระดับเข้าถึง

จากรูปแบบกิจกรรมในระดับต่างๆ ของการถือปฏิบัติตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ยังเป็นไปอย่างสอดคล้องกับทฤษฎีเพอร์มาคัลเชอร์ ที่สนับสนุนให้มีการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างคุ้มค่า มีการออกแบบและจัดวางองค์ประกอบให้ระบบเกษตรกรรมมีระบบหมุนเวียนพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เอื้อให้เกิดเป็นพลังงานทดแทนขึ้นอย่างเป็นระบบครบวงจร จนกระทั่งเกิดความสมดุลของธรรมชาติในไร่นาสวนและเกิดความสมดุลในชีวิตของมนุษย์

6. สรุปและเสนอแนะ

จากผลการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า กลุ่มเกษตรกรทวีผล มีการทำสวนยางพารา เลี้ยงสัตว์และปลูกพืชแบบผสมผสาน หรือเรียกว่า “สวนสมรม” ซึ่งเป็นแนวทางการทำเกษตรกรรมที่สอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นของทางภาคใต้ ที่เอื้ออำนวยให้เกิดผลผลิตเพื่อการบริโภคที่หลากหลาย และเกิดผลพลอยได้ในการเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี รวมทั้งมีแนวทางการดำเนินกิจการของกลุ่มที่ชัดเจน ในการยกระดับองค์ความรู้ ภูมิปัญญาในการทำเกษตรกรรมและการพัฒนาศักยภาพของชาวสวนให้ลดการพึ่งพิงจากภายนอก จากการส่งเสริมให้ผลิตและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชนท้องถิ่นเพิ่มขึ้นให้เป็นรายได้เสริม เพื่อนำไปสู่การสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ภายใต้แนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่มุ่งเน้นให้ภาคเกษตรกรรม เป็นเศรษฐกิจการเกษตรที่มีความมั่นคงทางอาหาร

การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นอย่างคุ้มค่า ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในมิติสิ่งแวดล้อม ใน 3 ระดับ คือ เข้าข่าย เข้าใจ และเข้าถึงนั้น ชาวสวนยางพาราจำเป็นต้องก้าวผ่านขั้นต้น “ระดับเข้าข่าย” ที่มีลักษณะสำคัญในแง่การใช้วิธีการ (Method) เพื่อให้เกิดการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับตัวเอง รวมทั้ง ก้าวผ่านขั้นกลาง “ระดับเข้าใจ” ที่มุ่งให้ความสำคัญต่อวิธีคิด (Way of Thinking) ที่เป็นความพอประมาณมาเสริมภูมิคุ้มกัน มาสู่ขั้นสูง “ระดับเข้าถึง” ที่ต้องมีการปฏิบัติเป็นประจำอย่างเข้าใจจนกลายเป็น “วิถีชีวิต” (Way of Life) ที่เป็นไปโดยธรรมชาติอย่างมีเหตุมีผล เพื่อให้อยู่ร่วมกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเกื้อกูล สอดคล้องกับภูมิสังคมและให้ผู้อื่นเรียนรู้ได้ จึงจะเป็นไปตามหลักการสำคัญของแนวคิดที่เรียกว่า “วิถีชีวิตชาวสวนยางเพื่อเป็นแหล่งผลิตพลังงานทดแทน”

บทความนี้จึงมีข้อเสนอแนะว่า แนวทางการผลิตพลังงานทดแทน โดยใช้วัตถุดิบและทรัพยากรที่มีอยู่ในวิถีชาวสวนยางพารานั้น มีประเด็นในการพิจารณา 2 ระดับ คือ (1) ระดับตัวบุคคล เป็นจุดเริ่มต้นสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจในวิถีชีวิตของชาวสวนเองก่อนว่า มีวัตถุดิบและทรัพยากรที่นำไปสู่การผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบใด อย่างไรบ้าง มีปริมาณมากน้อยเพียงใด เพื่อนำไปสู่การผลิตในรูปแบบที่สามารถทำได้ก่อนตามบริบทสังคมและสภาพแวดล้อม แล้วจึงพิจารณาเพิ่มเติมรูปแบบการผลิตให้มีความหลากหลายตามความต้องการมากขึ้น รวมทั้ง ควรพิจารณาออกแบบหรือปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมพื้นที่เรือกสวนไร่นา เพื่อลดระยะเวลาและระยะทางการขนส่งวัตถุดิบ รวมทั้งควรเพิ่มรูปแบบและปริมาณวัตถุดิบที่สามารถนำไปผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ (2) ระดับกลุ่ม การรวมตัวกันผลิตในรูปของกลุ่มหรือชุมชนจะช่วยลดต้นทุนด้านเครื่องมือในการผลิตและเกิดการแชร์ทรัพยากร โดยควรมีการวางแผนร่วมกันในการเก็บสะสมพลังงาน ผลิตพลังงานและการจัดการพลังงานที่ผลิตได้ร่วมกัน ประโยชน์จากการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางหรือปรับใช้กับชาวสวนยางพาราอื่นๆ ทั้งในระดับชุมชนและระดับครัวเรือนได้ต่อไป อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องศึกษารายละเอียดทางเทคนิคและกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนอย่างละเอียดด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2557. “พลังงานทดแทน”. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

[2] บัญชา สมบูรณ์สุข, 2546. “แนวคิด งานวิจัยและพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมของระบบทำฟาร์มสวนยางขนาดเล็ก ในภาคใต้ ประเทศไทย”. คณะทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพัฒนาการเกษตร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[3] บัญชา สมบูรณ์สุขและคณะ, 2548. “การปรับตัวทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรชาวสวนยาง ในระบบการทำฟาร์มสวนยางพาราขนาดเล็กเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจครัวเรือนในภาคใต้ ประเทศไทย” สนับสนุนงานวิจัยโดย Agricultural System and Engineering Program, Asian Institute of Technology (AIT).

[4] อร่ามรัศมิ์ ด้วงชนะ, 2542. “ภูมิปัญญาชาวบ้านภาคใต้ : ศึกษากรณี สวนสมรม”. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ.

[5] สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, 2551. “ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสังเคราะห์วิธีคิดและแนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยภูมิปัญญาตะวันออกเพื่อนำไปสู่การประชุมเชิงปฏิบัติการนานาชาติ”. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[6] จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยาและปรียานุช พิบูลสราวุธ, 2552. “ตามรอยพ่อ ชีวิตพอเพียงสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน”. กรุงเทพฯ: ศูนย์การพิมพ์เพชรรุ่งจำกัด.

[7] อาภรณ์ ภูมิพันนา, ผู้แปล. 2535. “เพอร์มาคัลเชอร์ (Permaculture) หนทางสู่เกษตรกรรมถาวร จากคำบรรยายของ Bill Mollison”. ณ ศาลาธรรม จังหวัดนครปฐม. 20-24 พฤศจิกายน 2535.

[8] สิรินทรเทพ เต้าประยูรและคณะ, 2554. “การพัฒนาตัวชี้วัดการประยุกต์ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ในการลดปัญหาโลกร้อน ภายใต้แนวคิดภูมิปัญญาตะวันออก”. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[9] ฐปณี รัตนถาวรและพรชัย จิตติวสุรัตน์. 2556. “กลไกการขับเคลื่อนเครือข่ายทางสังคมเศรษฐกิจเชิงพื้นที่ของชาวสวนยางพารา กรณีศึกษา กลุ่มน้ำยางในหมู่บ้านควนจง อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา” สนับสนุนงบประมาณโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. ประจำปีงบประมาณ 2556.

[10] ไพโรจน์ เอียดหมุน.(2556, 20 เมษายน). ประธานกรรมการบริหารกลุ่มทวีผล. สัมภาษณ์.

P-EM17

เครื่องวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

Electricity Consumption Measurements Device via Internet

สมรรถชัย จันทรัตน์[1]*, นชิรัตน์ ราชบุรี[2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทร 0-2549-3460 E-mail: samatachai.j@en.rmut.ac.th[1], nachirat.r@en.rmutt.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่เป็นต้นแบบสำหรับตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าสมองกลฝังตัวที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet Enabled EmbeddedDevice)ซึ่งช่วยลดเวลาและความผิดพลาดในการเข้าไปบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าและที่สำคัญยังทำให้สามารถเฝ้าติดตามปริมาณการใช้งานได้ตลอดเวลา ค่าที่ได้ทำการตรวจวัดคือข้อมูลของกระแสและแรงดันจะถูกส่งผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและนำไปจัดเก็บและใช้เป็นข้อมูลสารสนเทศในการบริหารจัดการด้านการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป ในการออกแบบส่วนของวงจรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อว่า Arduinoเป็นตัวหลักในส่วนของมิเตอร์ซึ่งมีราคาที่ไม่แพงและการใช้งานง่ายและใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์เบอร์ ADE7763 สำหรับการตรวจวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าและใช้บอร์ดของWiznetสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduinoเข้ากับเครือข่ายผ่านพอร์ตอีเทอร์เน็ตเพื่อติดต่อสื่อสารกับตัวเครื่องแม่ข่ายที่เป็นเวบไซต์หลักของระบบข้อมูลที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้จากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดประกอบด้วยค่ากระแส, แรงดัน, Active Power, Apparent Power และ Power Factorรวมถึงมีการวัดค่าอุณหภูมิที่ตัวอุปกรณ์เพื่อเสนอแนวคิดในการตรวจสอบสภาวะของตัวการทำงานอุปกรณ์และถ้าเข้าถึงข้อมูลผ่านทางเวบไซต์นอกจากข้อมูลเช่นเดียวกับตัวอุปกรณ์ทุกตัวตรวจวัดแล้วยังจะสามารถเข้าถึงข้อมูลสถิติต่างๆของปริมาณการใช้งานในรูปของตัวเลขหรือกราฟได้

คำสำคัญ: ปริมาณการใช้ไฟฟ้า; อินเทอร์เน็ต; ระบบสมองกลฝังตัว

1. ที่มาและความสำคัญ

ในทุกวันนี้การจดบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารหรือห้องพักหรือห้องทำงานนั้นจะใช้การอ่านค่าจะมิเตอร์แบบจานหมุนซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดและความล่าช้าได้จากทั้งคนบันทึกและตัวอุปกรณ์เอง และในปัจจุบันเกิดการพัฒนาอย่างมากในด้านของระบบสมองกลฝังตัวที่มีการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต[1]ซึ่งมีแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์ทุกชนิดจะมีความสามารถในการส่งข้อมูลของตัวเองออกมาทำให้เกิดประเด็นของการให้ตัวอุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัดค่าส่งข้อมูลของตัวเองออกไปยังปลายทางที่กำหนดไว้เพื่อให้การวัดค่าพลังงานนั้นสามารถตรวจสอบได้ตลอดเวลาและนำเอาข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจในเชิงสารสนเทศเพื่อให้การจัดการมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายขึ้นรวมถึงเมื่อมีการเกิดความเสียหายในตัวอุปกรณ์ขึ้น ตัวอุปกรณ์ก็ควรจะมีการแจ้งความเสียหายกลับไปยังตัวแม่ข่ายได้ทันที โดยบทความฉบับนี้จะเน้นในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดเป็นหลักเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวคิดในการนำเอาระบบสมองกลฝังตัวมาเป็นตัวช่วยในการพัฒนาต้นแบบของตัวมิเตอร์ตรวจวัดพลังงานที่มีการส่งผ่านข้อมูลพื้นฐานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการตรวจค่าของพลังงานไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานอื่นๆแบบระยะไกลนั้นหรือ Automatic Meter Reading (AMR) นั้นจะใช้สื่อกลางได้หลากหลายประเภท[2]ไม่ว่าจะเป็น Power Line Carrier (PLC), Broadband over Power Lines (BPL) ,Cellular, Wimax, GPRS, Peer-to-Peer, Internet หรืออื่นๆ ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้หรือผู้ให้บริการแต่ส่วนใหญ่จะมีราคาที่สูงและมีความซับซ้อน

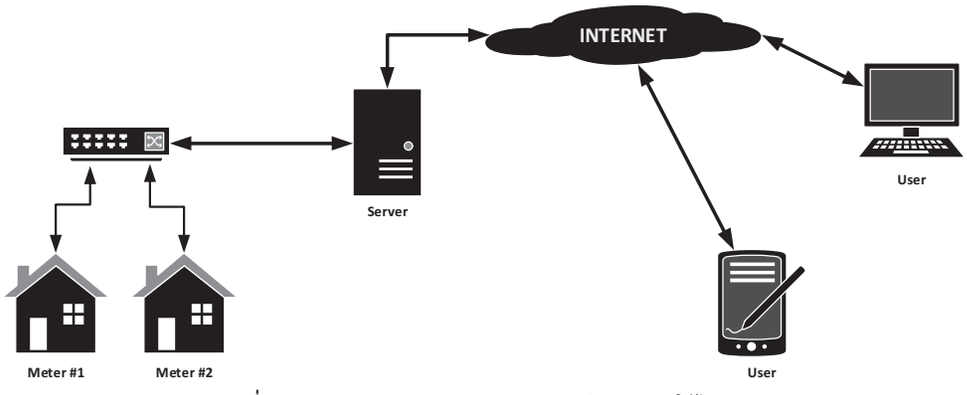
จากการที่ผู้เขียนได้ทำการค้นคว้าพบว่ามีนักวิจัยหลายท่านได้นำไมโครคอลโทรลเลอร์ที่มีราคาไม่สูงมากนักเข้ามาเป็นส่วนหลักของวงจรตรวจวัดแทนที่มิเตอร์แบบจานหมุน เช่น วรการ วงศ์สายเชื้อและคณะ[3] ได้ทำการสร้างระบบอ่านมิตเตอร์และส่งผ่านสายไฟฟ้ากำลัง โดยใช้การส่งโดยทำการมอดูเลตแบบ Frequency Shift Keying (FSK) แล้วส่งผ่านเข้าไปยังสายไฟฟ้าและมีภาคดีมอดูเลตต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ปลายทางซึ่งสามารถวัดแรงดันและกระแสได้โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2% แต่ยังไม่สามารถส่งได้ระยะทางไกลมากนัก หรืออีกกลุ่มนึงคือ Shraddha Male และคณะ [4] ได้ทำการทดลองการส่งข้อมูลของ Emergy Meter ผ่านทางเครือข่าย GSM โดยการใช้ SMS ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางเพื่อบันทึกค่าพลังงานที่ตรวจวัด และยังมีนักวิจัยบางคนใช้คลื่นวิทยุ (Radio Frequency - RF) [5] คือใช้ FM ในช่วงความถี่210 – 230.5 MHz เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลมิเตอร์ที่ตรวจวัดโดยส่งได้ระยะทางไม่เกิน 15 กม.

ในงานวิจัยหลายๆฉบับที่ได้กล่าวไปแล้วจะพบว่ามีการพัฒนาในแง่สื่อกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูลให้ได้มีระยะที่ไกลมากขึ้นและบางงานวิจัยก็ได้มีการนำเอาไมโครคอลโทรลเลอร์ที่ขนาดไม่ใหญ่มาประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นผู้เขียนจึงเกิดแนวคิดที่จะนำเอาไมโครคอลโทรลเลอร์ที่ขนาดไม่ใหญ่และหาซื้อได้ง่ายมาเป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ซึ่งก็คือ AVR ที่เรียกว่า Arduinoและใช้การสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาใช้เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดของระยะทางและจำนวนตัวอุปกรณ์ก็สามารถเพิ่มได้ตามจำนวน IP Address ที่กำหนดให้ได้

3. การออกแบบ

การวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้จะประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนแรกซึ่งเป็นส่วนต้นแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและอีกส่วนคือส่วนของการจัดการในด้านสารสนเทศคือฐานข้อมูลของบันทึกและส่วนแสดงผลผ่านโปรแกรมประยุกต์และผ่านเวบไซต์

3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ



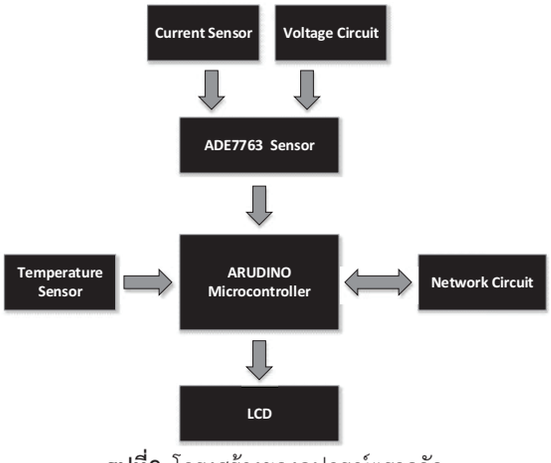
รูปที่ 1: สถาปัตยกรรมของระบบการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า

จากรูปสถาปัตยการของระบบนั้น ผู้เขียนได้แบ่งส่วนประกอบออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกตัวอุปกรณ์ตรวจวัดหรือในรูปคือ Meter #1 และ #2 จะเป็นแผงวงจรสมองกลฝังตัวที่ได้ออกแบบให้ประกอบด้วยตัวตรวจจับและวงจรในส่วนการเชื่อมต่อแบบอีเทอร์เน็ต โดยการเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์ประเภท Switch เพื่อติดต่อสื่อสารกับตัวเครื่องแม่ข่ายของระบบ (Server) โดยใช้ ip address ในการระบุตัวตนและส่วนที่สองคือตัวเครื่องแม่ข่ายจะทำหน้าที่ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวตรวจวัดเพื่อรับค่าที่ตัว Meter ทุกตัวที่ส่งข้อมูลให้ และมีโปรแกรมที่จัดการในการเก็บลงฐานข้อมูลและแสดงผลผ่านทางเวบไซต์เพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้งานผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้จากที่ใดก็ได้ผ่านทางโปรแกรมประเภทเบราเซอร์เช่น Internet Explorer หรือ Chrome เป็นต้น

3.2 การออกแบบในส่วนอุปกรณ์ตรวจวัด

อุปกรณ์ระบบสมองกลที่ใช้ตรวจวัดนี้จะประกอบด้วย4 ส่วนหลักคือส่วนแรกส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนที่สองคือตัววงจรตรวจวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า ส่วนที่สายคือวงจรที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายโดยมีลักษณะดัง Block Diagram ด้านล่างนี้

และส่วนสุดท้ายเป็นโปรแกรมที่สั่งงานตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

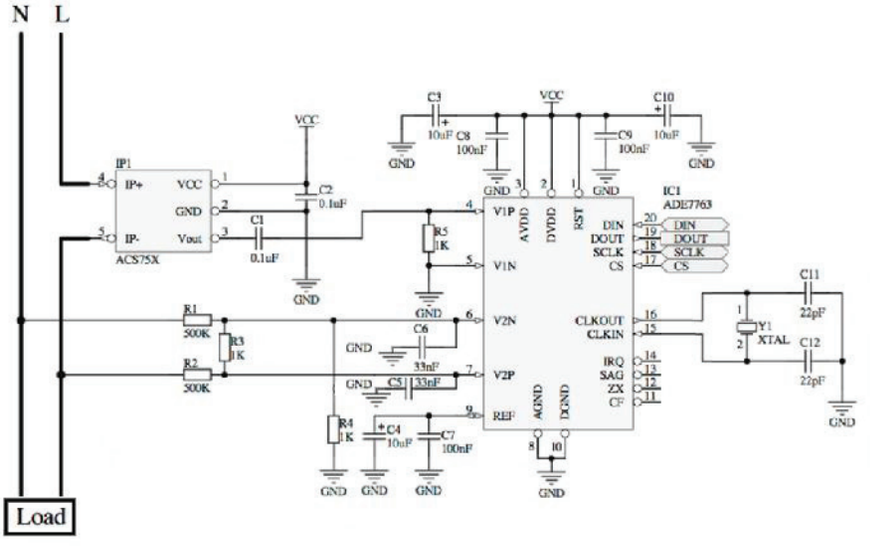


รูปที่2: โครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจวัด

โครงสร้างของที่ได้ออกแบบไว้นั้นส่วนแรกจะใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ของ Arduinoซึ่งเป็นตัวที่ราคาถูกเป็นที่แพร่หลายและใช้เวลาในการพัฒนาที่ไม่นานเพื่อเวลาที่ใช้งานจริงถ้าเกิดการเสียหายจะได้สามารถหาทดแทนได้ง่าย

ส่วนที่สองที่เป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณค่าที่วัดค่าได้นี้จะใช้ไอซีเบอร์ ADE7763 ที่เป็น Power IC ของ Analog Devices ซึ่งเป็นไอซีที่มีความแม่นยำในการคำนวณค่า ไอซี ADE7763 นี้จะรับการอินพุตสองพอร์ตคือรับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า โดยที่ทั้งสองพอร์ตจะรับเข้ามาแล้วไปทำการขยายและนำไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิทัลที่อยู่ภายในไอซีแล้วนำไปคำนวณค่าของกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power–W) และอีกส่วนจะนำไปคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power - VA) และนำค่าที่ได้ไปเก็บบันทึกเอาไว้ในรีจิสเตอร์ที่อยู่ภายในเพื่อจะได้นำไปใช้งานต่อไป [6] แต่ในการนำไอซีไปใช้งานจริงนั้นไม่สามารถต่อเข้าโดยตรงได้เพราะไอซีรับแรงดันอินพุตได้ไม่เกิน +/- 0.5 V จึงใช้วงจร Voltage Divider ต่อจากสายไฟหลักก่อนที่จะต่อไปยังไอซี ส่วนของอินพุตที่เป็นกระแสไฟฟ้าก็เช่นเดียวกันจะใช้เซ็นเซอร์ hall effect current เบอร์ ACS754 เพื่อแปลงค่ากระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของแรงดันเพื่อนำไปเป็นอินพุทที่ได้ปรับค่าให้เหมาะสมกับไอซี ADE7763

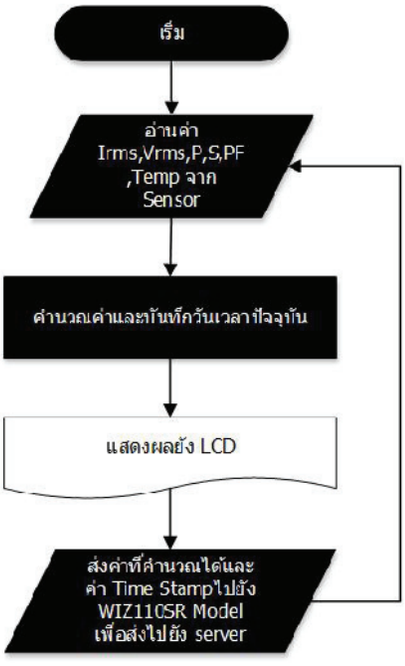
วงจรในส่วนการต่อใช้งานไอซีทั้ง ACE7763 และ ACS754 ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าของแรงดันและกระแสซึ่งจะต่อแบบ SPI เข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduinoแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่3: วงจรในส่วนการตรวจวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้า [7]

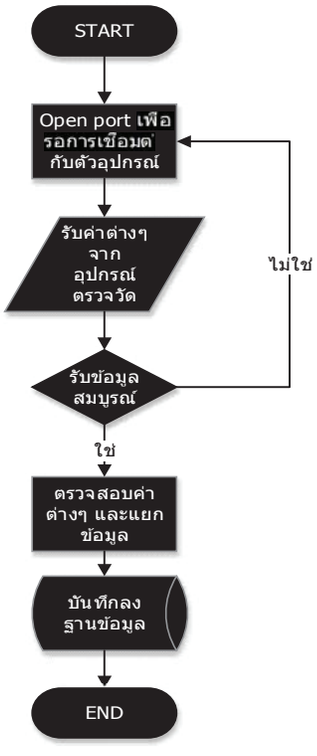
ส่วนที่สามเป็นวงจรในส่วนที่ทำการติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้โมดูลสำเร็จรูปของ Wiznet เบอร์ WIZ110SR ที่ทำหน้าที่ติดต่อผ่าน TCP/IP Protocol โดยต่อเข้าพอร์ตสื่อสารของบอร์ด Arduino และพอร์ตอีเทอร์เน็ตจะต่อเข้ากับ Switch เพื่อติดต่อกับตัวเครื่องแม่ข่าย

ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนโปรแกรมที่สั่งงานตัวไมโครคอลโทรลเลอร์โดยมีการทำงานดังนี้คือเริ่มจากการรับค่าต่างๆ จากเซนเซอร์ทั้งสองเข้ามาทำการประมวลผลเพื่อคำนวณค่าและส่งค่าผลลัพธ์ที่ได้ไปยังจอ LCD ที่ต่อเชื่อมโดยตรงกับ Arduinoและส่งค่าผ่านไปยังโมดูล WIZ110SR ไปให้ฝั่งเครื่องแม่ข่ายและจากนั้นโปรแกรมก็จะวนทำซ้ำไปเช่นนี้เรื่อยๆไม่หยุด



รูปที่4: Flow Chart การทำงานของโปรแกรมที่อยู่ภายในอุปกรณ์ตรวจวัด

3.3 การออกแบบในส่วนเครื่องแม่ข่าย (Server)



รูปที่5: Flow Chart การทำงานของโปรแกรมรอรับข้อมูลจากอุปกรณ์

โปรแกรมที่ทำงานอยู่ในส่วนของเครื่องแม่ข่ายนั้นจะมีอยู่สองส่วนคือส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ตรวจวัดและนำไปบันทึกลงฐานข้อมูลและอีกส่วนคือส่วนของ Web Server ที่ทำหน้าที่ในการจัดการข้อมูลต่างๆเพื่อการแสดงผลให้กับผู้ใช้งานซึ่งโปรแกรมนี้มีหน้าที่หลักในการแสดงผลของข้อมูลที่ได้จัดเก็บเอาไว้แล้วจากฐานข้อมูลและนำเสนอข้อมูลของอุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัดแต่ละตัวหรือตัวที่ต้องการ โดยที่แสดง

ในรูปของตัวเลขและกราฟ และมีการแสดงเป็นวัน เดือน หรือ ช่วงเวลาที่ต้องการ และอีกส่วนที่สำคัญคือส่วนของการปรับแต่งค่าของอุปกรณ์เช่น Device มี IP Address เป็นค่าเท่าไร

โปรแกรมในส่วนติดต่อสื่อสารระหว่างตัวแม่ข่ายกับตัวอุปกรณ์จะทำงานโดยจะเป็นโปรแกรมที่ทำงานโดยเปิดพอร์ตเพื่อรอรับการติดต่อเข้ามาจากฝั่งตัวอุปกรณ์และเมื่อทำการเชื่อมต่อการสื่อสารแล้วก็จะรับข้อมูลที่ถูกส่งมากและทำการตรวจสอบว่าครบถ้วนสมบูรณ์หรือเปล่าถ้าถูกต้องก็จะส่งไปยังทำการแยกตัวของข้อมูลเพื่อบันทึกลงฐานข้อมูล

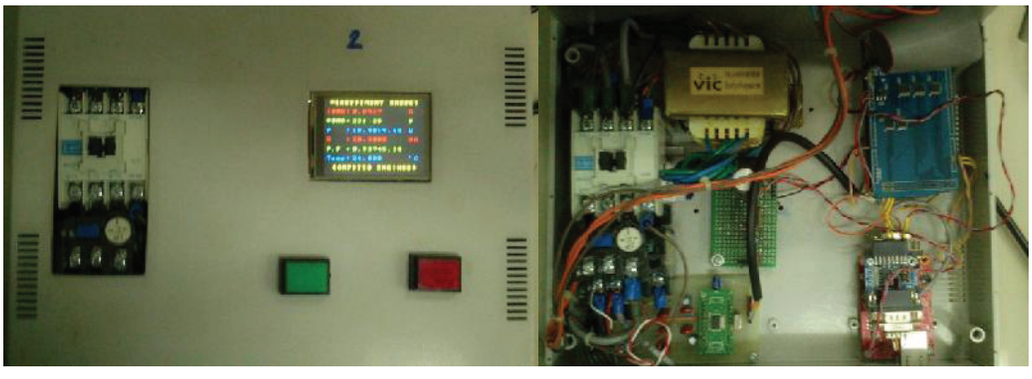
ข้อมูลหลักที่รับมาจากอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อจัดเก็บลงฐานข้อมูลจะมีลักษณะดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็น table ส่วนหนึ่งที่อยู่ภายในฐานข้อมูลของเว็บการตรวจวัดค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 1: ข้อมูลต่างๆ ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ตรวจวัด

Field	Data Type	Description
Device_ID	Int	ID ของอุปกรณ์ตรวจวัด
Irms	Float	Current (A)
Vrms	Float	Voltage (V)
Power	Float	Active Power (W)
S	Float	Apparent Power (VA)
PF	Float	Power Factor
Temperature	Float	ค่าอุณหภูมิ (C)
TimeStamp	DATETIME	YYYY-MM-DD HH:MM:SS

4. ผลการทดลอง

เครื่องวัดที่ประกอบเสร็จแล้วจะมีลักษณะดังนี้



รูปที่6: เครื่องวัดที่ประกอบเสร็จแล้วภายนอก (ซ้าย) และภายใน (ขวา)

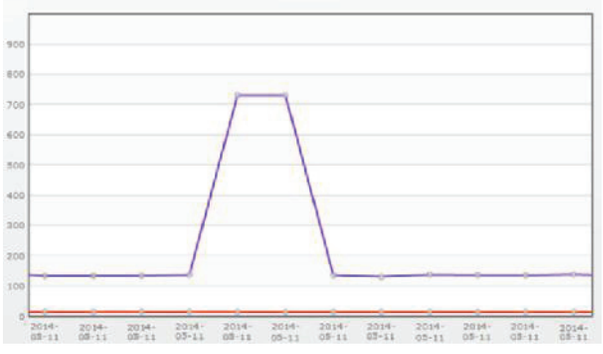
ตารางที่2: ผลการทดสอบวัดค่ากระแสและแรงดันเมื่อต่อโหลดใช้งาน

ค่าที่ตรวจวัด	อุปกรณ์ตรวจวัดที่สร้างขึ้น	มิเตอร์มาตรฐาน
Irms (A)	4.49	4.52
Vrms (V)	226.60	231.50
Active Power (W)	966.44	-
Apparent Power (VA)	1017.18	-
Power Factor	0.95	-

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบวัดค่ากระแสและแรงดันนั้นจะเป็นค่าที่ตรวจวัดณ เวลาปัจจุบันเมื่อได้ทำการต่อเข้ากับเตารีดขนาด 1,000 W และวัดค่าเทียบกับมิเตอร์มาตรฐานโดยทำการวัดที่ตัวอุปกรณ์ตรวจวัด ค่าที่ปรากฏบนมิเตอร์จะไม่ครบทุกค่านั้นเนื่องจากเป็นมิเตอร์ขนาดเล็กจึงมีไม่ครบทุกฟังก์ชั่น

ค่าความคลาดเคลื่อนของกระแสไฟฟ้า (Irms) $= \left|\frac{4.52-4.49}{4.52}\right| \times 100\% \quad \sim 0.66\%$

ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้า (Vrms) $= \left|\frac{231.50-226.60}{231.50}\right| \times 100\% \quad \sim 0.21\%$



รูปที่7: ตัวอย่างกราฟที่แสดงบนเวบไซด์

จากผลการแสดงข้อมูลบนเวบไซด์ กราฟที่ปรากฏนั้นจะแสดงค่า Active Power ที่ใช้ของโดยในกราฟจะมีเส้นกราฟอยู่สองเส้น แต่ละเส้นคืออุปกรณ์ตรวจวัดคนละต่อกัน โดยเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นหรือเส้นสีน้ำเงินเป็นเส้นที่มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าประมาณ 725w และเส้นกราฟสีแดงเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอีกตัวที่ไม่มีการต่อใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบที่ได้ผู้เขียนได้นำเสนอถึงแนวคิดในการตรวจวัดระยะไกลโดยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อเป็นอีกทางเลือกในการเฝ้าติดตามค่าต่างๆได้จากระยะไกล ผลการทดลองของระบบที่ได้ออกแบบนั้นจะพบว่าในส่วนของตัวอุปกรณ์สามารถวัดค่าต่างๆ ได้แต่ยังต้องหาอุปกรณ์มาตรฐานมาสอบเทียบเพื่อจะได้ปรับแต่งโปรแกรมในตัวไมโครคอลโทรลเลอร์ให้แม่นยำมากขึ้น

ในการพัฒนาต่อยอดจากงานนี้ผู้เขียนมีความคิดที่จะมีการนำไปใช้งานร่วมกับแผนที่ภูมิสารสนเทศ(GIS) เพื่อจะได้ประโยชน์ในการวางแผนและบริหารจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Antonio J. Jara, Miguel A. et al.,"InternetconnectFramwork for mHealth and Remote Monitoring Based on the Internet of Things", IEEE Journal on Selected Areas in Communication/Supplement, vol.31 no.9, September 2013.

[2] RamyaRashedMohassel, Alan Fung. et al.,"A survey on Advanced Metering Infrastructure", Elecrial Power and Engineering System 63 (2014).,Elsevier.

[3] วรการ วงศ์สายเชื้อ และคณะ,"ระบบอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติผ่านสายไฟฟ้ากำลัง", การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ครั้งที่ 6, 2555.

[4] Shraddha Male, PallaviVethekar, et al., "A smart Wireless Electronic Energy Meter Reading Using Embedded System Technology", Int.Journal of Engineering Research and Applications, ISSN 2248-9622,vol 4 Issue 1,January 2014.

[6] Analog Devices, "Single-Phase Active and Apparent Energy Metering IC". Analog Devices, Inc. 2009.

[7] นัฐพงษ์ ธิโกสุม, อภิชาต พลค้าและมานะชัย คล้ายเณร "การตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต" ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2552.

P-EM18

ความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมัน

กนกอร เนตรชู[1], ธีระวัฒน์ จันทึก[2]
[1]นักศึกษาปริญญาโท สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ E-mail: kapok_za17@hotmail.com
[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร E-mail: Thirawat.scb@gmail.com Thirawat@ms.su.ac.th

บทคัดย่อ

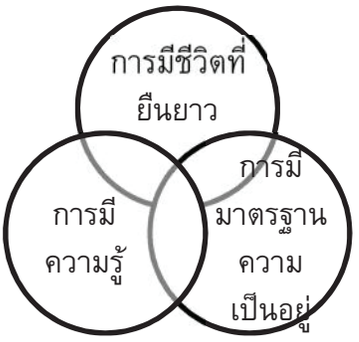
การวิจัยนี้มีความมุ่งศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่เลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมัน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามความคิดเห็น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ Crosstab chi- Square

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ขับรถเกือบทั้งหมดเป็นเพศชาย มีอายุอยู่ระหว่าง 35 – 40 ปี และมีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีรายได้ส่วนตัวอยู่ที่ 15,000 – 25,000 บาทโดยเหตุผลที่หันมาเลือกใช้ก๊าซแทนการเติมน้ำมันเนื่องจากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และในปัจจุบันเห็นว่าการติดก๊าซไม่ได้น่ากลัวอย่างที่คิด เพียงแค่ต้องให้การดูแล และเช็คสภาพของรถยนต์อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งบริษัทที่รับติดตั้งก๊าซก็มีการรับประกันให้เป็นอย่างดี จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยด้านของค่าใช้จ่ายเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจให้ผู้บริโภคหันมาติดก๊าซมากขึ้น แต่ทั้งนี้สิ่งที่น่าเป็นกังวลก็คือ ผู้บริโภคที่เลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมันนั้น ยังไม่มีความรู้มากพอในการที่จะดูแลรักษา หรือคอยสังเกตข้อบกพร่องของรถตนเอง ดังนั้นบริษัทที่รับติดก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) จะต้องให้ความรู้ความเข้าใจกับผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: ผู้บริโภค, ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมัน

1. ที่มาและความสำคัญ

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ถือเป็นการส่งเสริมให้มนุษย์มีทางเลือกในชีวิตมากขึ้นทำให้สามารถใช้ชีวิตอย่างเต็มศักยภาพมีสุขภาพดีและมีความมั่นคงในชีวิตซึ่งได้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550 - 2554) ได้อัญเชิญ “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” มาเป็นแนวปฏิบัติในการพัฒนาและบริหารประเทศให้ดำเนินไปในทางสายกลางโดยเฉพาะการพัฒนาคนเป็นศูนย์กลางการพัฒนาต่อเนื่องจากแผนพัฒนาฯฉบับที่ 9 อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนไทยให้มีสุขภาพแข็งแรงทั้งกายและใจ ทั้งนี้ได้สอดคล้องกับแนวคิดของพระธรรมปิฎก (ประยุกต์ปยุตฺตโต. 2542: 12) ได้กล่าวไว้ว่ามนุษย์มิได้เป็นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Human Capital) หรือทรัพยากรมนุษย์ (Human Resources) เพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนาสังคมแต่มนุษย์มีคุณค่ามีความหมายในตัวเองโดยผ่านกระบวนการศึกษาการพัฒนาตนเองให้สมบูรณ์นอกจากนี้โครงการเพื่อการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Program : UNDP,1994) ยังได้มีการกำหนดเป้าหมายในการวัดการพัฒนามนุษย์ซึ่งประกอบด้วยตัวประกอบพื้นฐาน 3 ประการของการพัฒนามนุษย์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: ตัวประกอบพื้นฐาน 3 ประการของการพัฒนามนุษย์

จากรูปที่ 1 ตัวประกอบพื้นฐาน 3 ประการของการพัฒนามนุษย์ จะประกอบไปด้วยการมีชีวิตที่ยืนยาวความรู้และมาตรฐานความเป็นอยู่ (WHOQOL Group, 1994)สำหรับการมีชีวิตยืนยาวสามารถวัดโดยดูอายุขัยความรู้วัดได้โดยดูจากอัตราการรู้หนังสือของผู้ใหญ่และมาตรฐาน

ความเป็นอยู่วัดโดยผลิตภัณฑ์ภายในประเทศเบื้องต้นต่อคน (GDP Per capita) โดยการพัฒนามนุษย์ จะเห็นได้ว่าในด้านของตัวประกอบพื้นฐานด้านมาตรฐานความเป็นอยู่นั้น เป็นตัวประกอบที่ใจปัจจุบันใช้ทรัพยากรมาก เนื่องจากความต้องการของมนุษย์เพิ่มขึ้นเกิดการใช้ทรัพยากรอย่างฟุ่มเฟือย และผิดวิธี จนส่งผลกระทบตามมาในปัจจุบัน เช่น ภาวะโลกร้อน ภัยธรรมชาติ เป็นต้น จนต้องมีการศึกษาค้นคว้าพลังงานทางเลือกต่างๆ เพื่อขึ้น เพื่อเป็นการทดแทน (Mckennell Aubrey C; & others, 1983)

ปัจจุบันภาครัฐบาลได้ให้ความสำคัญในการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้พลังงานทางเลือกด้วยสาเหตุเนื่องมาจากปัญหาวิกฤตด้านพลังงานอีกทั้งการใช้น้ำมันยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชนเป็นอย่างมากโดยเฉพาะการเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการปล่อยไอเสียของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันสารมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซลพบว่ามีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon Monoxide : CO) ในปริมาณมากที่สุดรองลงมาคือก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide : NOx) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon : HC) ฝุ่นละออง (Particulate Matter : PM) หรือเขม่าควันซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากไอเสียของรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรมที่ขยายจำนวนมากขึ้นในขณะที่พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาการจราจรติดขัดจะมีปัญหามลพิษทางอากาศในอัตราที่สูงซึ่งปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มว่าจะรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากมีปริมาณรถยนต์เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายทางสังคมในการดูแลสุขภาพของประชาชนสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นการสูดดมมลพิษที่เข้าสู่ร่างกายโดยตรงซึ่งจะทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจโรคหืดหอบความเครียดความเสื่อมทางพลังกายและสติปัญญาปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพจิตเป็นต้นซึ่งหากปล่อยปัญหานี้ต่อไปจะเป็นการยากต่อการแก้ไขได้(กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

ก๊าซธรรมชาติจึงเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ภาครัฐบาลนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์แม้ว่าการใช้แม้ว่าการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) จะทำให้ผู้ใช้มีภาระค่าใช้จ่ายในด้านค่าเชื้อเพลิงน้อยลงเนื่องจากก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) มีราคาถูกกว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) แต่การเปลี่ยนจากการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) ต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งดัดแปลงอุปกรณ์ NGV ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาซึ่งทำให้ผู้ใช้ไม่แน่ใจว่าจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) หรือไม่เพียงใดประกอบกับประชาชนยังขาดข้อมูลความรู้ความชัดเจนในแง่ของความปลอดภัยข้อมูลด้านเทคนิคในการติดตั้งดัดแปลงอุปกรณ์ NGV ความสะดวกของสถานีบริการเติมก๊าซ NGV ตลอดจนความชัดเจนในแง่ของผลดีต่อคุณภาพชีวิตในด้านสุขภาพกายและสุขภาพจิตซึ่งนับเป็นปัญหาที่ควรทำการวิจัยเพื่อให้ได้คำตอบที่จะนำไปเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมัน เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานของภาครัฐในการกำหนดนโยบายในการส่งเสริมการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่งต่อไป

2.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มุ่งศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมัน ซึ่งมีวิธีการศึกษาค้นคว้าดังนี้

2.1การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

2.1.1 ประชากร (Population)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ผู้ขับขี่รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานครที่ใช้ก๊าซ NGV

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน100 คนใช้สูตรของทาโรยามาเน่ (Yamane) ระดับความเชื่อมั่น 90% ความคลาดเคลื่อนที่ 10% ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน100คน (จิรภา แสนเกษม, 2545, น.83)

2.2การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบถามโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารบทความงานวิจัยและแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบสอบถามให้ครอบคลุมความมุ่งหมายของการวิจัย
3. นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการใช้ภาษาเนื้อหาและจัดหมวดหมู่ข้อคำถามให้กะทัดรัดเข้าใจง่ายพร้อมทั้งตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามด้านเนื้อหา (Content Validity) เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข
4. ปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของแบบสอบถามตามที่ได้รับการแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

5. จัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยแบ่งออกเป็น3ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคล

ตอนที่2เป็นคำถามเกี่ยวกับด้านสุขภาพกายและจิตของผู้ขับรถที่ใช้ก๊าซ NGV

ตอนที่3เป็นคำถามเกี่ยวกับด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ของผู้ขับ

2.3การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) โดยใช้แบบสอบถามโดยวิธีสุ่มแบบบังเอิญสถานีบริการเติมก๊าซ NGV

2.4การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 การจัดกระทำข้อมูล

ผู้วิจัยได้จัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้(กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548)

1) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามทุกฉบับ

2) ลงรหัสแบบสอบถาม

3) ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

2.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น2 ส่วน

1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชูศรีวงศ์รัตนะ. 2541: 26)

2) การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Analysis) ได้แก่ สถิติ Crosstab chi- Square

3. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) แทนการเติมน้ำมันสามารถนำมาสรุปภาพรวมได้ดังนี้

สถานภาพส่วนบุคคลพบว่า ผู้ขับรถส่วนใหญ่เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 91 มี 30 – 40 ปีคิดเป็นร้อยละ 40 สถานภาพการสมรสคิดเป็นร้อยละ 38.5 ระดับการศึกษาจบการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 79.5

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถในกรณีที่ใช้ก๊าซ NGV เป็นดังนี้

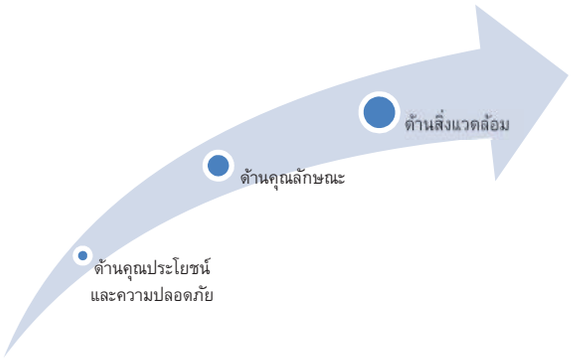
กรณีใช้ก๊าซ NGV พบว่าผู้ขับรถใช้จ่ายค่าเชื้อเพลิงมากที่สุดจำนวน 1,500บาท/ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ค่าตรวจสภาพรถ/ซ่อมรถค่าล้างรถค่าภาษีค่าประกัน) จำนวน35,000บาท/ปีค่าบำรุงรักษารถจำนวน15,000บาท/ปี

ด้านสุขภาพกายและด้านสุขภาพจิต

ด้านสุขภาพกายการใช้ก๊าซ NGV ส่งผลให้สุขภาพโดยรวมของผู้ขับรถโดยรวมดีขึ้นเล็กน้อยโดยผลการศึกษาส่วนใหญ่ผู้ขับรถพบแพทย์ตามปกติรองลงมามีร่างกายปกติและนอนหลับเป็นปกติด้านสุขภาพจิตการใช้ก๊าซ NGV ส่งผลให้สุขภาพจิตโดยรวมของผู้ขับรถดีขึ้นเล็กน้อยโดยผลการศึกษาส่วนใหญ่ผู้ขับรถมีความพึงพอใจในการใช้ก๊าซ NGV ไม่มีความกังวลใจต่อการใช้ก๊าซ NGV และมีสมาธิในการขับรถเหมือนเดิม

ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ของผู้ขับรถ

จากการศึกษาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ของผู้ขับรถที่ใช้ก๊าซ NGV พบว่าผู้ขับรถมีความรู้ความเข้าใจในด้านสิ่งแวดล้อมมากรองลงมามีความรู้ความเข้าใจในด้านคุณลักษณะและด้านคุณประโยชน์และความปลอดภัย ตามลำดับโดยสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ของผู้ขับรถ

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการศึกษาพบว่า ผู้ใช้ก๊าซ NGV ใหญ่เป็นเพศชายมีอายุ 30 – 40 ปีคิดสถานภาพการสมรสจบการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรีโดยสังเกตเห็นได้ว่าผู้ใช้ก๊าซ NGV อยู่ในวัยทำงาน และอยู่ในช่วงที่กำลังสร้างฐานะทางครอบครัว จึงเลือกที่จะใช้ก๊าซ NGVโดยสาเหตุหลักคือประหยัดค่าใช้จ่าย ได้สอดคล้องกับชญาดา เกกินะ และไกรชิต สุตะเมือง (2554) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติ (NGV) เฉพาะรถบรรทุกขนาดใหญ่ ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ พบว่าปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านราคามีอิทธิพลต่อแรงจูงใจในการเลือกใช้ก๊าซ NGV สำหรับด้านค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถในกรณีที่ใช้ก๊าซ NGVพบว่าผู้ขับรถใช้จ่ายค่าเชื้อเพลิงมากที่สุดจำนวน 1,500บาท/ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ค่าตรวจสภาพรถ/ซ่อมรถค่าล้างรถค่าภาษีค่าประกัน) จำนวน35,000บาท/ปีค่าบำรุงรักษารถจำนวน 15,000 บาท/ปีซึ่งจากการศึกษาข้อมูลกับผู้ใช้ก๊าซ NGV ยังพบอีกว่าค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ต้องจ่ายต่อเดือนลดลงกว่าเดิม สอดคล้องกับงานวิจัยของนลัทเชี่ยววณิชย์กร (2550) ได้วิจัยเรื่องทัศนคติของผู้ใช้รถยนต์ต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์ (NGV) เป็นเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานครจากการศึกษาพบวาส่วนใหญ่สนใจที่จะเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติ (NGV) เป็นเชื้อเพลิงคือเชื้อเพลิงมีราคาถูกส่งผลให้รายจ่ายลดลง

ด้านสุขภาพกายการใช้ก๊าซ NGV ส่งผลให้สุขภาพโดยรวมของผู้ขับรถโดยรวมดีขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ขับรถพบแพทย์ตามปกติและนอนหลับเป็นปกติด้านสุขภาพจิตการใช้ก๊าซ NGV ส่งผลให้สุขภาพจิตโดยรวมของผู้ขับรถปกติดีส่วนใหญ่ผู้ขับรถมีความพึงพอใจในการใช้ก๊าซ NGV ไม่มีความกังวลใจต่อการใช้ก๊าซ NGV และมีสมาธิในการขับรถเหมือนเดิม ในขณะที่ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ของผู้ขับรถพบว่าผู้ขับรถมีความรู้ความเข้าใจในด้านสิ่งแวดล้อมมากรองลงมามีความรู้ความเข้าใจในด้านคุณลักษณะและด้านคุณประโยชน์และความปลอดภัยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนิธิวดีโสตะจินดาและคณะ (2550) ได้วิจัยเรื่องปัจจัยและพฤติกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้พลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ส่วนบุคคลที่ติดตั้งระบบแก๊สLPG (Liquid Petroleum Gas) พบวาปัจจัยที่ผู้บริโภคคำนึงถึงต่อการตัดสินใจเลือกติดตั้งก๊าซอันดับแรกคือการประหยัดจากการใช้งานรองลงมาคือความปลอดภัยของการใช้งานระบบแก๊สLPG

5. ข้อเสนอแนะผลการวิจัย

1. จากผลการศึกษาผู้ขับรถที่ใช้ก๊าซ NGV ในด้านรายจ่ายมีนั่นแสดงว่าการใช้ก๊าซ NGV จะส่งผลต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้น้ำมันดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าวกระทรวงพลังงานกระทรวงคมนาคมบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องควรมีนโยบายส่งเสริมสนับสนุนให้ประชาชนตระหนักถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากยิ่งขึ้น

2. จากผลการศึกษาด้านสุขภาพกายและสุขภาพจิตพบว่าการใช้ก๊าซ NGV ส่งผลให้ทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตโดยรวมของผู้ขับรถดีขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากการไปพบแพทย์เป็นประจำ และการพักผ่านของผู้ขับรถ การเลือกใช้ก๊าซ NGV อาจไม่ส่งผลโดยตรงดังนั้นกระทรวงพลังงานกระทรวงคมนาคมบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมสนับสนุนประชาสัมพันธ์และสร้างความรู้ความเข้าใจให้ผู้ขับรถตระหนักถึงสุขภาพอนามัยของตนเองเพิ่มขึ้น

3. จากผลการศึกษาวิจัยด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ของผู้ขับรถนั้นพบว่าส่วนใหญ่ผู้ขับรถยังขาดความรู้ในด้านคุณลักษณะคุณประโยชน์และความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV ดังนั้นกระทรวงพลังงานกระทรวงคมนาคมบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนส่งเสริมให้ความรู้ประชาสัมพันธ์ข้อมูลที่สำคัญในด้านคุณลักษณะคุณประโยชน์และความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้ก๊าซ NGV มากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษากลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมจาก 100 เป็น 400 และทำการเปรียบเทียบระหว่างผู้ที่ขับรถในกรุงเทพมหานครกับปริมณฑล

2. ควรมีการศึกษาในด้านสุขภาพของผู้ขับรถและผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ก๊าซ NGV มากขึ้น

3. ควรมีการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่หลากหลายขึ้นนอกเหนือจากก๊าซ NGV แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อดูว่าเชื้อเพลิงชนิดใดเกิดความคุ้มค่าทางการเงินและเศรษฐศาสตร์มากกว่ากัน

6.บรรณานุกรม

[1] กรมควบคุมมลพิษ, 2549, “รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง,”สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง.

[2] กัลยาวานิชย์บัญชา, 2548, “การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วยSPSS for Windows,”กรุงเทพฯ: บริษัทธรรมสาร.

[3] จิรภาแสนเกษม, 2545, “การวิจัยทางธุรกิจ,” กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พิทักษ์อักษร.

[4] ชญาดาเกกินะและไกรชิตสุตะเมือง, 2554, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการเลือกใช้ก๊าซธรรมชาติ (NGV) เฉพาะรถบรรทุกขนาดใหญ่ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ,” วารสารการเงินการลงทุนการตลาดและกาบริหารธุรกิจ, (1)3, หน้า 92-112

[5] ชูศรีวงศ์รัตนะ, 2541,“เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย,”พิมพ์ครั้งที่ 8,กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.

[6] นลัทเชี่ยววณิชย์กร, 2550, “ทัศนคติของผู้ใช้รถยนต์ต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์ (NGV) เป็นเชื้อเพลิงในเขต กรุงเทพมหานคร. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการธุรกิจผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์, มหาวิทยาลัยรังสิต.

[7] นิธิวดีโสตะจินดาและคณะ, 2550, “ปัจจัยและพฤติกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้พลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง. ปริญญา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[8] ประยุกต์ปยุตฺตโต. (2542). การศึกษากับการพัฒนามนุษย์มูลนิธิพุทธรรม. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: มูลนิธิพุทธรรม.

[9] Mckennell Aubrey C; & others, 1983,“Components of Perceived Life Quality,”Journal of Community Psychology,11(2).

[10] UNDP, 1994,Human Development Report. Delhi: Oxford University Press.

[11] WHOQOL Group,1994,“The development of the world health organization quality of life assessment Instrument, In:JOrle&W.Kuyken.Quality of life assessment: International perspective. New York: Springer-Verlag.

P-EM19

การสำรวจความคิดเห็นเกษตรกร ตำบลป่าซาง เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

The survey of Pasang farmers' attitudes for being a guide line of Sunflower Valley development as energy learning center and agro-tourism

วรวิทย์ บุรณศิริ[1] , วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร[2]

[1] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา [2] วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

E-mail: Proeed@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษา ความพึงพอใจ ทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวัน ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเป็นแนวทางพัฒนาม่อนทานตะวันให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรโดยใช้วิธีวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) และระเบียบวิธีการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการเก็บข้อมูลเกษตรกร ตำบลป่าซางจำนวน 100 คนด้วยแบบสอบถามโดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามกรอกข้อมูลด้วยตนเองและใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) วิธีอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion) เกษตรกรที่มีพื้นที่บนม่อนทานตะวันจำนวน 12 คน ร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ด้วย ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันมีความพึงพอใจเกี่ยวกับปัจจัยในด้าน 1) การปลูกดอกทานตะวันสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับครอบครัวของท่าน 2) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการสร้างอาชีพเสริมให้กับเกษตรกรในพื้นที่ 3) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลป่าซาง 4) ความเหมาะสมของสถานที่ปลูกทานตะวัน 5) ความเหมาะสมของจำนวนพื้นที่ปลูกทานตะวัน 6) ความเหมาะสมของปัจจัยในการปลูกทานตะวัน ได้แก่ แหล่งน้ำ ปุ๋ย เมล็ดพันธ์ 7) ความพึงพอใจจากรายได้ที่ได้รับ 8) ต้องการให้มีโครงการลักษณะนี้ต่อไป มีคะแนนทุกด้านอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (4 - 5 คะแนน) และผลการวิเคราะห์เชิงบรรยายจากการทำอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับปัจจัย 1) การใช้ประโยชน์พื้นที่ 2) การจัดการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า 3) การจัดภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม 4) การวางแผนธุรกิจ 5) การมีส่วนร่วมกับชุมชน สามารถนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาสร้างเป็นแนวความคิดการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรเพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ : อภิปรายกลุ่ม ม่อนทานตะวัน พลังงาน การท่องเที่ยวเชิงเกษตร

Abstract

This research aimed to study the attitudes, opinions and needs of Pasang farmers at Dokhamtai district in Phayao province. The main objective was to collect the information from the farmers for using as a guide line of sunflower valley development as the energy learning center and agro-tourism. The descriptive research and the survey research were carried out with Pasang farmers of 100 people using a paper questionnaire. In addition, the qualitative research of group discussions (Focus group discussion) was conducted with farmers (12 respondents) who have their own areas at Sunflower valley participated in this research. The study found that farmers were optimistic about the factors relating 1) Growing sunflowers can increase their family income 2) Growing sunflowers create a career for farmers in the area 3) Growing sunflower can be promoted as agro-tourism in Pasang area. 4) The sunflower crops area was appropriated 5) The size of the sunflower valley was satisfied 6) The supporting factors for growing sunflower such as water, fertilizer, seeds was appropriated 7) Satisfaction income received 8) This project should be going on with sustainability. All factors were evaluated as very good (4-5). The analysis was a descriptive information of the discussions about the factors in terms of 1) Using area 2) Management of infrastructure such as roads, bathrooms, and stores 3) Landscape design and architecture 4) Business plan and 5) The community engagement. These two parts can be combined and used as a concept development of the energy learning center and agro tourism to promote local economic and sustainability.

Keyword : Focus group discussion, Sunflower Valley, Energy, Agro-tourism

บทนำ

ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยาเป็นหมู่บ้านทำการเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก โดยส่วนใหญ่ช่วงฤดูฝนจะปลูกพืชรอบเดียว คือ ข้าวโพด ถั่วลิสง และถั่วดำ หลังจากเก็บเกี่ยวพืชดังกล่าวแล้วจะปล่อยพื้นที่ให้รกร้างว่างเปล่า ทำให้เกษตรกรว่างงานและขาดรายได้ในการเลี้ยงชีพอย่างต่อเนื่อง แต่ด้วยลักษณะของพื้นที่เป็นเนินเขา มีวิวทิวทัศน์สวยงาม ติดถนนสายหลักของจังหวัดซึ่งอนาคตจะถูกพัฒนาเป็นถนนสาย R3A ที่เชื่อมระหว่าง จีน-ลาว-ไทย [1] ในปี 2556 องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยาได้เห็นปัญหาและโอกาส จึงส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ตำบลป่าซางปลูกดอกทานตะวันซึ่งเป็นพืชทนแล้ง ใช้น้ำน้อย ปลูกได้ในบริเวณที่มีการปลูกข้าวโพด ข้าวฟ่าง [2] และพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร ต่อมาได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวมาเยี่ยมชมจำนวนมาก ทำให้ตำบลป่าซางเป็นที่รู้จักและเศรษฐกิจชุมชนดีขึ้น

จากปัจจัยด้านต่างๆดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาพื้นที่ตำบลป่าซางให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรเพื่อให้เกิดความยั่งยืนของเศรษฐกิจชุมชน โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) และศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็น และความต้องการของเกษตรกรด้วยวิธีอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion) [3] เพื่อให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการพัฒนาพื้นที่อย่างทั่วถึง มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนประสบการณ์จากข้อคิดเห็นของผู้อื่นซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบบูรณาการต่อยอดความคิดอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ ศึกษาความพึงพอใจ ทัศนคติ ความคิดเห็น และความต้องการของกลุ่มเกษตรกรตำบลป่าซางด้วยแบบสอบถามและการอภิปรายกลุ่ม เพื่อรวบรวมข้อมูลเป็นแนวทางในการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแผนผัง (Master plan) ในขั้นตอนต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้มีระเบียบการวิจัยเป็นแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้

1. การศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) [4] โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นเกษตรกรตำบลป่าซางจำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยให้ผู้ตอบกรอกแบบสอบถามเอง (Self-administration Questionnaire) โดยแบบสอบถาม 1 ฉบับประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพื้นที่

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจและความคิดเห็นที่มีต่อม่อนทานตะวัน

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ Reliability test [5] ส่วนที่ 3 ทดสอบข้อมูลแบบ Likert scale ความพึงพอใจและความคิดเห็นที่มีต่อม่อนทานตะวัน โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ (Cronbach's alpha coefficient) ในการทดสอบความน่าเชื่อถือแบบสอบถามจะพิจารณารายด้านโดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) การปลูกดอกทานตะวันสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับครอบครัวของท่าน 2) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการสร้างอาชีพเสริมให้กับเกษตรกรในพื้นที่ 3) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลป่าซาง 4) ความเหมาะสมของสถานที่ปลูกทานตะวัน 5) ความเหมาะสมของจำนวนพื้นที่ปลูกทานตะวัน 6) ความเหมาะสมของปัจจัยในการปลูกทานตะวัน ได้แก่ แหล่งน้ำ ปุ๋ย เมล็ดพันธ์ 7) ความพึงพอใจจากรายได้ที่ได้รับ 8) ต้องการให้มีโครงการลักษณะนี้ต่อไป ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาหาค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และสรุปรายละเอียดเชิงบรรยาย

2. การศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

การวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ [6] ผู้วิจัยใช้วิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion) ตามขั้นตอนการอภิปรายกลุ่ม [7] ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ผู้ร่วมอภิปรายที่เป็นเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันบริเวณม่อนทานตะวัน ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา จำนวน 12 คน ผู้วิจัยออกแบบข้อคำถามเป็นลักษณะปลายเปิด ประเด็นในการสอบถามมีรายละเอียดเกี่ยวกับด้านต่างๆดังนี้

1) การใช้ประโยชน์พื้นที่ 2) การจัดการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า 3) การจัดภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม 4) การวางแผนธุรกิจ 5) การมีส่วนร่วมกับชุมชน

ในขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์ในบทบาทของผู้นำกลุ่ม (Moderator) โดยเป็นผู้ตั้งคำถามแล้วให้ผู้ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นซึ่งผู้นำกลุ่ม (Moderator) จะเป็นผู้ดำเนินการสนทนาในระยะเวลาการสัมภาษณ์ 60 นาที ในระหว่างที่มีการสนทนาจะมีการบันทึกเสียงลงบนแถบบันทึกและจดรายละเอียดความคิดเห็นของแต่ละท่าน แล้วทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการบันทึกนำมารวบรวมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการ วิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) [8] นำข้อมูลมาประมวลเป็นข้อสรุปเป็นประเด็นหลัก เพื่อนำไปพัฒนาเป็นแนวคิดในการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรต่อไป

3. การพัฒนาแนวความคิดพัฒนาม่อนทานตะวัน ตำบลป่าซางเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

การพัฒนาแนวความคิดพัฒนาม่อนทานตะวัน ตำบลป่าซางเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร โดยการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาความพึงพอใจ ทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรตำบลป่าซางจากข้อ 1 และข้อ 2 นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ผลสร้างเป็นแนวความคิดโครงการเพื่อพัฒนาม่อนทานตะวัน ตำบลป่าซางเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามส่วนที่ 3 ด้วย Reliability test ทดสอบข้อมูลแบบ Likert scale เกี่ยวกับความพึงพอใจและความคิดเห็นที่มีต่อม่อนทานตะวัน โดยทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่า สัมประสิทธิ์ ครอนบัคอัลฟา มีค่าเท่ากับ 0.767 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือได้ของคำถามอยู่มาก ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ครอนบัคอัลฟามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าความน่าเชื่อถือของคำถามมีมาก สามารถนำแบบสอบถามไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

ผลการวิจัยในขั้นตอนนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามลักษณะประชากรศาสตร์โดยจำแนกตาม เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา และรายได้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 67) มีอายุมากกว่า 55 ปีมากที่สุด (ร้อยละ 34) ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลัก คือ ทำนา (ร้อยละ 64) ระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษา (ร้อยละ 77) ส่วนมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท (ร้อยละ 86) ด้านการใช้ประโยชน์พื้นที่ม่อนทานตะวัน ส่วนใหญ่ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วดำ (ร้อยละ 97) ขนาดพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะมีรายละ 1-10 ไร่ (ร้อยละ 78) และระหว่างที่เข้าร่วมโครงการปลูกทานตะวันหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วดำ ส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท (ร้อยละ 51)

เมื่อสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อปัจจัยรายด้าน พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนความพึงพอใจทุกด้านในเกณฑ์ดีมาก โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) การปลูกดอกทานตะวันสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับครอบครัวของท่านมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.57 2) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการสร้างอาชีพเสริมให้กับเกษตรกรในพื้นที่มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.71 3) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลป่าซางมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.83 4) ความเหมาะสมของสถานที่ปลูกทานตะวันมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.71 5) ความเหมาะสมของจำนวนพื้นที่ปลูกทานตะวันมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.66 6) ความเหมาะสมของปัจจัยในการปลูกทานตะวัน ได้แก่ แหล่งน้ำ ปุ๋ย เมล็ดพันธ์มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.41 7) ความพึงพอใจจากรายได้ที่ได้รับมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.64 8) ต้องการให้มีโครงการลักษณะนี้ต่อไปมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.91

2. ผลการศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

ผลการศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คนเป็นเพศชายจำนวน 7 คนเพศหญิง 5 คนมีอายุอยู่ในช่วง 30 – 55 ปีเป็นเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวัน ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยาด้วยวิธีการทำอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ ได้แก่ 1) การใช้ประโยชน์พื้นที่ 2) การจัดการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า 3) การจัดภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม 4) การวางแผนธุรกิจ 5) การมีส่วนร่วมกับชุมชน แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรจากการทำอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion)

ทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร	
1) การใช้ประโยชน์พื้นที่ • การปลูกทานตะวันเหมาะสมกับพื้นที่นี้หรือไม่อย่างไร	- มีความเหมาะสม เพราะทำเลที่ตั้งติดถนนสายหลัก มีวิวทิวทัศน์สวยงาม มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาสามารถชมวิวจากมุมสูงได้ - ดินมีความอุดมสมบูรณ์ เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชได้หลายชนิด เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วดำ และในปีที่ผ่านมาปลูกทานตะวันก็ให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ
• ขนาดพื้นที่ปลูกทานตะวันมีพื้นที่กว้างเกินไปหรือน้อยเกินไปหรือไม่อย่างไร (ปี 2556 ปลูกจำนวน 750 ไร่)	- ขนาดพื้นที่ยังน้อยอยู่ต้องการให้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้น เพื่อจะให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มและนักท่องเที่ยวจะได้เดินทางมาเที่ยวมากขึ้น - พอดีแล้ว ถ้าเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมาเนื่องจาก สามารถบริหารจัดการได้สะดวก แต่ถ้ามีการวางแผนบริหารจัดการที่ดีขึ้น ก็ต้องการให้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มในปีถัดไป
• ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับพื้นที่ก่อนและหลังมีโครงการปลูกทานตะวัน	- ก่อนหน้านั้นหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด ถั่วลิสง ปลูกพืชรอบเดียว พื้นที่ดังกล่าวจะถูกปล่อยให้รกร้างว่างเปล่าไม่ได้ใช้ประโยชน์เนื่องจากช่วงฤดูแล้งไม่มีแหล่งน้ำให้ใช้ในการเพาะปลูกพืชอื่น เมื่อทาง อบจ.พะเยา สนับสนุนให้มีการปลูกทานตะวัน เกษตรกรไม่มีความมั่นใจว่าจะได้ผล เนื่องจากเป็นพืชใหม่ไม่เคยปลูกมาก่อน หลังจากเข้าร่วมโครงการเรียนรู้วิธีการปลูก การดูแลรักษา ทำให้ทราบว่าการปลูกทานตะวันไม่ต้องการน้ำมาก ดูแลง่าย ปลูกง่าย เก็บเกี่ยวง่าย ให้ผลผลิตดีทำให้รายได้เพิ่มขึ้น - โครงการปลูกทานตะวันทำให้ตำบลป่าซางเป็นที่รู้จักมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมพื้นที่เป็นจำนวนมาก เกษตรกรมีรายได้เพิ่มจากการขายของ ขายอาหาร และการบริการรถไถพาเที่ยว
• ต้องการพัฒนาม่อนทานตะวันให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานอย่างไร	- ต้องการให้มีการจัดตั้งเป็นศูนย์เรียนรู้ด้านพลังงานแก่นักเรียน นักศึกษาและบุคคลทั่วไป และก่อสร้างโรงสกัดน้ำมันจากพืช โรงหมักก๊าซชีวภาพ โรงหมักปุ๋ย กังหันลมผลิตไฟฟ้า แผงโซล่าเซลล์ เพื่อนำมาใช้ในพื้นที่ ลดค่าใช้จ่ายเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร - นอกจากการปลูกทานตะวัน ก็ต้องการปลูกพืชพลังงานอื่นๆเพิ่มเติม เช่น สบู่ดำ ละหุ่ง งา
• ต้องการพัฒนาม่อนทานตะวันให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างไร	- ต้องการให้มีการพัฒนาพื้นที่บริเวณม่อนทานตะวันให้เป็นศูนย์เรียนรู้เรื่องทานตะวันอย่างรอบด้าน ตั้งแต่เมล็ดพันธ์ วิธีการปลูก การเก็บเกี่ยว การแปรรูป และการนำไปใช้ประโยชน์ - ต้องการให้มีการสร้างโรงแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร เช่น การแปรรูปเมล็ดทานตะวันงอก เมล็ดทานตะวันอบ - ต้องการพัฒนาให้พื้นที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวแบบยั่งยืน ทำให้คนในพื้นที่มีรายได้เพิ่ม - นอกจากการปลูกข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วดำ ทานตะวัน อยากจะปลูกพืชอื่นเพิ่มเติม เช่น พืชผักสวนครัว สตอเบอรี่ ดอกดาวเรือง แต่ติดปัญหาเรื่องแหล่งน้ำ
2) การจัดการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน • โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า เป็นอย่างไร • ท่านต้องการให้โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า เป็นอย่างไร	- ควรปรับปรุง ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า - ต้องการให้มีการปรับปรุงซ่อมแซมถนนที่เป็นหลุม ร่องน้ำเซาะให้เรียบเวลาสัญจรจะได้ไม่เกิดอุบัติเหตุ - ต้องการเพิ่มห้องน้ำหลายๆจุด และต้องดูแลรักษาความสะอาดให้น่าใช้ - ควรเพิ่มร้านค้าให้มากขึ้นและให้มีสินค้าที่หลากหลาย เช่น สินค้า OTOP

ต่อ

ทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร	
	ห้าดาวของแต่ละอำเภอมาจำหน่าย หรือสินค้าของชนเผ่าพื้นเมือง - ควรเพิ่มจุดในการตั้งร้านอาหารให้บริการแก่นักท่องเที่ยวไว้หลายๆจุด กระจายตามจุดชมวิวที่สวยงาม
3) การจัดการภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม (นำเสนอรูปภาพประกอบ) ● การออกแบบภูมิทัศน์และอาคารสิ่งก่อสร้างบริเวณม่อนทานตะวันเป็นอย่างไร ● ท่านต้องการให้มีการจัดภูมิทัศน์และอาคารสิ่งก่อสร้างบริเวณบริเวณม่อน ทานตะวันเป็นอย่างไร	- ปีที่ผ่านมาคิดว่าควรปรับปรุงบางจุด จัดแบ่งโซนพื้นที่ให้เหมาะสม เช่น คอกม้า ควรจะอยู่ในจุดที่แยกออกไป เพราะมีกลิ่นรบกวน - ในส่วนของป้ายต่างๆ ต้องการให้มีสีป้ายชัดเจนยิ่งขึ้น - อาคารต้องการให้สร้างแบบถาวร ตกแต่งให้มีสีสันสวยงาม - มีจุดประชาสัมพันธ์ที่ประชาชนเห็นได้ชัดเจนและเข้าถึงได้ง่าย - เพิ่มแผนที่แสดงรายละเอียดจุดบริการต่างๆให้นักท่องเที่ยวเห็นได้ชัดเจน - ต้องการให้ทำเส้นทางสัญจรสำหรับรถ ATV แยกกับรถไถนำเที่ยว เพราะเกิดปัญหาฝุ่นฟุ้งกระจายเวลารถ ATV ขับผ่านทำให้นักท่องเที่ยวที่นั่งรถไถไม่สะดวก - ต้องการให้ป้าย “DOKKHAMTAI” ทำเป็นวัสดุที่คงทนถาวร สวยงาม - ต้องการให้กำหนดจุดหรือจัดพื้นที่ให้นักท่อง เที่ยวลงไปในจุดถ่ายรูปที่กำหนดเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับดอกทานตะวัน
4) การวางแผนธุรกิจ ● ควรวางแผนธุรกิจอย่างไรให้ส่งเสริมการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจชุมชน ● ต้องการให้มีการวางแผนธุรกิจอย่างไร	- ควรมีการโฆษณาประชาสัมพันธ์ให้คนทราบมากๆและทั่วถึง - ควรมีการประกันราคารับซื้อผลผลิตเมล็ดทานตะวัน - ควรติดต่อบริษัทที่รับซื้อผลผลิตเมล็ดทานตะวันไว้หลายๆราย เพื่อเกษตรกรจะได้มีอำนาจต่อรอง - ต้องการให้มีการอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรในด้านการตลาด และแผนธุรกิจ เพราะชาวบ้านไม่มีความรู้ด้านนี้
5) การสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชน ● การปลูกทานตะวันสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชนอย่างไร ● ต้องการให้มีการพัฒนาการมีส่วนร่วมกับชุมชนอย่างไร	- ทำให้มีความรักความสามัคคีในชุมชนเพิ่มขึ้น เกิดการรวมตัวของสมาชิกกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชน สามารถต่อยอดการทำงานในการพัฒนาด้านอื่นๆ เช่น การตั้งกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ - ต้องการให้ภาครัฐสนับสนุนงบประมาณในการต่อยอดวิสาหกิจชุมชน และตั้งกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตร เช่น สนับสนุนงบประมาณสร้างโรงแปรรูปและอุปกรณ์

จากตาราง ผลการศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรต่อการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรด้วยวิธีอภิปรายกลุ่ม (Focus group) สามารถอธิบายรายละเอียดดังนี้ เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่คิดว่าพื้นที่ที่มีการส่งเสริมให้มีการปลูกทานตะวันจำนวน 750 ไร่ มีความเหมาะสมในด้านสถานที่ สภาพแวดล้อม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ทำให้ได้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ และต้องการให้มีการพัฒนาพื้นที่ให้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนด้วยการตั้งศูนย์เรียนรู้ด้านพลังงานแบบครบวงจร เช่น การปลูกพืชน้ำมัน การผลิตน้ำมันจากพืชต่างๆ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และแหล่งกักเก็บน้ำ นอกจากนี้ยังต้องการให้มีการสร้างโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์การเกษตรเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้แก่นักเรียน นักศึกษา ประชาชนทั่วไป ในด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยว ต้องการให้มีปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ ถนน ห้องน้ำ ร้านค้าให้สะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อย ก่อสร้างอาคารต่างๆให้คงทนถาวรตกแต่งให้มีสีสันสวยงาม มีป้ายต่างๆมองเห็นได้ชัดเจน กำหนดจุดบริการนักท่องเที่ยว มีแผนที่แสดงจุดบริการต่างๆ ด้านการส่งเสริมธุรกิจควรมีการจัดอบรมเกี่ยวกับการทำธุรกิจให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจ เพื่อจะสามารถนำไปวางแผนต่อยอดธุรกิจได้ ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนได้จัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทำให้เกิดความสามัคคีชุมชนเข้มแข็งเติบโตอย่างยั่งยืน

3. ผลการพัฒนาแนวความคิดพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

ผลการพัฒนาแนวความคิดพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรโดยการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาความพึงพอใจ ทัศนคติ ความคิดเห็นและความต้องการของเกษตรกรด้วยวิธี กรอกแบบสอบถาม จำนวน 100 คนและการอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion) มีเกษตรกรร่วมอภิปรายจำนวน 12 คน (ตารางที่ 1) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวเมื่อนำมาวิเคราะห์และประมวลผลสามารถสร้างแนวความคิดโครงการนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรต่อไปโดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

แนวความคิดพัฒนาม่อนทานตะวัน : ม่อนทานตะวัน ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ เป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรของจังหวัดพะเยาและเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานแบบครบวงจร ถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีด้านการปลูก การแปรรูป การนำไปใช้ประโยชน์จากพืชพลังงานต่างๆ ภายในพื้นที่ประกอบด้วย แปลงสาธิตปลูกพืชพลังงาน เช่น ทานตะวัน สบู่ดำ ละหุ่ง แก่นตะวัน เป็นต้น โรงงานต้นแบบสกัดน้ำมันพืช โรงงานแปรรูปผลิตผลการเกษตร โรงหมักก๊าซชีวภาพ สวนพลังงานลม สวนพลังงานแสงอาทิตย์ และร้านค้าวิสาหกิจชุมชน

วิจารณ์และสรุปผล

1. การศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกทานตะวันตำบลป่าซาง จำนวน 100 คนโดยกลุ่มตัวอย่างตอบลงในแบบสอบถาม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 67 อายุมากกว่า 55 ปีมากที่สุดร้อยละ 34 ประกอบอาชีพหลัก คือ ทำนาร้อยละ 64 ระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษาร้อยละ 77 มีรายได้ต่อเดือนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาทร้อยละ 86 การใช้ประโยชน์พื้นที่ปลูกพืชไร่มากที่สุดร้อยละ 97 และเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ 1-10 ไร่ร้อยละ 78 และมีรายได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาทร้อยละ 78 จากการเข้าร่วมโครงการปลูกทานตะวันหลังเก็บเกี่ยวพืชไร่ทั้งโครงการ

ด้านความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับปัจจัยรายด้าน ได้แก่ 1) การปลูกดอกทานตะวันสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับครอบครัวของท่านมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.57 2) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการสร้างอาชีพเสริมให้กับเกษตรกรในพื้นที่มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.71 3) การปลูกดอกทานตะวันเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ตำบลป่าซางมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.83 4) ความเหมาะสมของสถานที่ปลูกทานตะวันมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.71 5) ความเหมาะสมของจำนวนพื้นที่ปลูกทานตะวันมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.66 6) ความเหมาะสมของปัจจัยในการปลูกทานตะวัน ได้แก่ แหล่งน้ำ ปุ๋ย เมล็ดพันธ์มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.41 7) ความพึงพอใจจากรายได้ที่ได้รับมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.64 8) ต้องการให้มีโครงการลักษณะนี้ต่อไปมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.91 โดยปัจจัยทุกด้านมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

2. การศึกษาทัศนคติ ความคิดเห็น และความต้องการพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรด้วยวิธีอภิปรายกลุ่ม (Focus group) โดยผู้เข้าร่วมอภิปรายกลุ่มเป็นเกษตรกรในพื้นที่ตำบลป่าซางจำนวน 12 คน แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้านต่างๆได้แก่ 1) การใช้ประโยชน์พื้นที่ของม่อนทานตะวันมีความเหมาะสมทั้งสภาพแวดล้อมที่มีวิวทิวทัศน์ที่สวยงามเหมาะสมเป็นแหล่งท่องเที่ยวและสภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ให้ผลผลิตทานตะวันเป็นที่น่าพอใจ ต้องการให้มีการพัฒนาพื้นที่เป็นศูนย์เรียนรู้ด้านพลังงานอย่างครบวงจร เช่น การปลูกพืชน้ำมันหลากหลายชนิด โรงงานสกัดน้ำมันพืช โรงงานแปรรูปผลิตผลการเกษตร กังหันลมผลิตไฟฟ้า แผงโซล่าเซลล์ ร้านค้าวิสาหกิจชุมและแหล่งกักเก็บน้ำ 2) การจัดการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ห้องน้ำ ร้านค้า ควรปรับปรุงให้เป็นระเบียบเรียบร้อย 3) การจัดภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม มีการก่อสร้างอาคารถาวรตกแต่งให้มีสีสันสวยงาม 4) การวางแผนธุรกิจ ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้การทำธุรกิจ การตลาด 5) การมีส่วนร่วมกับชุมชน จัดตั้งวิสาหกิจชุมชนเกิดความสามัคคีและความเข้มแข็งของชุมชน

3. การพัฒนาแนวคิดพัฒนาม่อนทานตะวันเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานและการท่องเที่ยว จากการรวบรวมข้อมูลทั้งการวิจัยเชิงสำรวจและการวิจัยเชิงคุณภาพสามารถสร้างแนวความคิดในการพัฒนาม่อนทานตะวันเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบพื้นที่ในด้านต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้ ม่อนทานตะวัน ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ เป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตรของจังหวัดพะเยาและเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานแบบครบวงจร ถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีด้านการปลูก การแปรรูป การนำไปใช้ประโยชน์จากพืชพลังงานต่างๆ ภายในพื้นที่ประกอบด้วย แปลงสาธิตปลูกพืชพลังงาน เช่น ทานตะวัน สบู่ดำ ละหุ่ง แก่นตะวัน เป็นต้น โรงงานต้นแบบสกัดน้ำมันพืช โรงงานแปรรูปผลิตผลการเกษตร โรงหมักก๊าซชีวภาพ สวนพลังงานลม สวนพลังงานแสงอาทิตย์ และร้านค้าวิสาหกิจชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา และเกษตรกร ตำบลป่าซาง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ที่ช่วยประสานงานและให้ความอนุเคราะห์ผู้วิจัยในการเข้าไปเก็บข้อมูลและดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดพะเยา “บรรยายสรุปจังหวัดพะเยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 สำนักงานจังหวัดพะเยา” ได้จาก:http://www.phayao.go.th/au/all_phayao_2556.pdf 7 กรกฎาคม 2557

[2] ชูศักดิ์ จอมพุก. “พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ”ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2541.

[3] Amornsak Kitthananan “Choosing And Using Qualitative Research : The Focus group Method” การจัดการภาครัฐและเอกชน 2549 กันยายน-ธันวาคม ปีที่ 13 ฉบับที่ 2

[4] อนุรักษณ์ ปัญญานุวัฒน์ “การวิจัยเชิงสำรวจ” สำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ได้จาก:http://www.uniserv. cmu.ac.th /file/_powerpoint%20การวิจัยเชิงสำรวจ.pdf 8 สิงหาคม 2557

[5] กัลยา วาณิชย์บัญชา “สถิติสำหรับงานวิจัย” พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;2548.

[6] ประวิต เอราวรรณ์ “การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)” ได้จาก:http://www.udru.ac.th/kmudru/document /research2.pdf 3 กันยายน 2557

[7] แอนนา จุมพลเสถียร “เข้าถึงใจผู้บริโภคด้วย Focus groups” กรุงเทพฯ: บริษัท แพค อินเตอร์กรุ๊ปจำกัด;2547.

[8] ชาย โพธิสิตา “การวิจัยเชิงคุณภาพหลักการและแนวคิด” ได้จาก:http://www.academia.edu/1747263/การวิจัยเชิงคุณภาพ_หลักการและแนวคิด_รศ.ดร.ชาย_โพธิสิตา 3 กันยายน 2557

สินเชื่อบุคคลกรุงไทย Super Easy



สินเชื่อบุคคลกรุงไทย Super Easy แก้ปัญหาเรื่องเงินง่ายๆ คล่ายเครียดได้อย่างเห็นผล

- จ่ายเบาๆ ดอกเบี้ยเพียง 18% ต่อปี ทุกวงเงิน ทุกกรณี ทุกประเภทลูกค้า
- วงเงินโดนๆ 5 เท่าของรายได้ สูงสุด 1 ล้านบาท
- กู้ง่ายๆ ไม่ต้องมีบุคคลค้ำประกัน
- สบายๆ Refinance หนี้บัตรเครดิต หรือสินเชื่อดอกเบี้ยสูงได้

* เงื่อนไขเป็นไปตามที่ธนาคารกำหนด
MRR = 8.00% ณ วันที่ 2 มิ.ย. 2557

CALL CENTER 02 111 1111 | www.ktb.co.th | KTB Care | KTB Care | KTB_Care | KTB_Care | KTBCare

วิสัยทัศน์ KTB GROWING TOGETHER | กรุงไทย ก้าวไกล ไปกับคุณ

ธนาคารกรุงไทย
KRUNGTHAI BANK

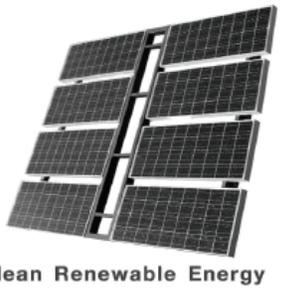
PILLER THAILAND
PILLER (THAILAND) CO.,LTD.
75 Moo 3 Petchkasem Road, Banmai, Sampran, Nakornpathom 73110 Thailand
T +66 (0) 2805 8168-9 +66 (034) 979 334-7 F +66 (0) 2813 9861+66 (034) 979 334-7
www.piller.co.th E-mail : sales@piller.co.th



"Piller is your satisfication
On site power improvement"

Piller's Products
Generating Set
Unit Substation
Static UPS
Dynamic UPS
Frequency Converter
Solar Cell System
Electronic Kilowatt Hour Meter

18th
18th Year Anniversary
Piller (Thailand) Co., Ltd.
1996 - 2014



Clean Renewable Energy

Piller (Thailand) Co.,Ltd.


"ผลิตไฟฟ้า รักษาสิ่งแวดล้อม พร้อมพัฒนาชุมชน"
RPC
บริษัท ราชบุรีเพาเวอร์ จำกัด
RATCHABURI POWER COMPANY LIMITED
14:55:40 PM
สำนักงานกรุงเทพฯ 1828 ถนนสุขุมวิท พระโขนง กรุงเทพฯ 10260 / Bangkok Office 1828 Sukhumvit Rd.,Bangchak, Phrakanong, Bangkok 10260
โรงไฟฟ้า 245 หมู่ 6 ตำบลบ้านไร่ อำเภอด่าเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี 70130 / 245 Moo 6, Baan Rai Sub-District, Damnoen Saduak District, Ratchaburi 70130

NanoPower - nano Titanium Dioxide (TiO_2)

สารเคลือบเพื่อ
เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟ
และยืดอายุการใช้งานของแผงเซลล์

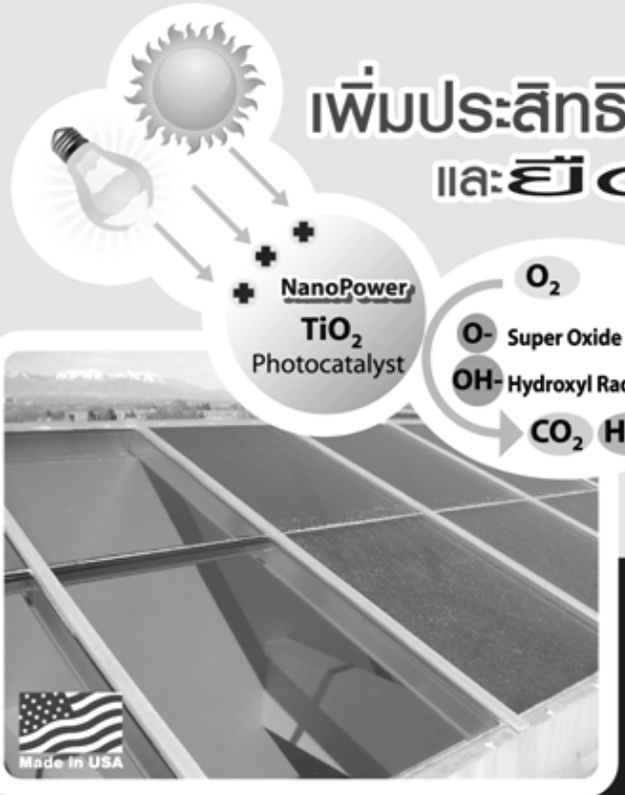


Photo Catalyst Coated Surface
ทำความสะอาดตัวเอง
ช่วยกระจายแสง
แสงตกกระทบ
ลดการสะท้อนของแสง

* ทำความสะอาดตัวเองได้ นานกว่า 20 ปี
* ประหยัดค่าบำรุงรักษาได้ มากถึง 60%
* ประสิทธิภาพการทำงานของแผง เพิ่มขึ้น 8-35%

www.nanopowerselfcleaning.com

Pure Water Technology
เทคโนโลยีการล้าง
ทำความสะอาดแผงเซลล์
ระบบน้ำบริสุทธิ์

UNGER
Quality Tools for Smart Cleaning



แปรงขัด ออกแบบเพื่อใช้เฉพาะกับแผงโซล่าเซลล์
ท่อปล่อยน้ำล้างที่หัวแปรง ปรับระดับน้ำที่ด้ามจับ
ด้ามจับคาร์บอนไฟเบอร์ หรืออลูมิเนียมเกรดดี น้ำหนักเบาพิเศษ
ด้ามจับ ปรับยืดออกและหดเข้าได้ตามความต้องการ
เครื่องกรองน้ำ สามารถกรองได้สะอาดบริสุทธิ์ถึง 0 ppm.
เหลือเพียง H_2O จึงไม่ทิ้งคราบน้ำหรือสิ่งสกปรกใดๆเมื่อแห้งแล้ว

เทคโนโลยีล่าสุดจากประเทศประเทศเยอรมนี ทำงานได้ด้วยคนเพียงคนเดียว
ปล่อยน้ำล้างสุดท้ายแล้วไม่ต้องใช้ไม้ยางกรีดน้ำตาม

J.C.C. Solar Care
jccnanopower@hotmail.com
Tel. 0-2902-5071 ext. 109
Cell Phone 09-5956-8306, 08-1487-3610

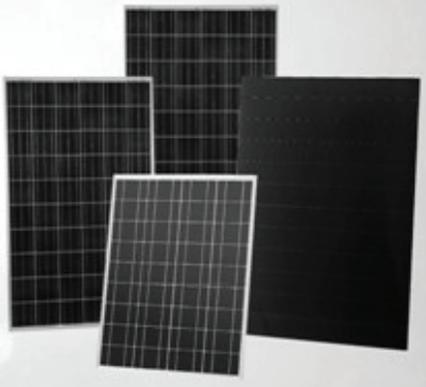
SHARP

Sharp : Energy Solution

ผู้นำทางด้านพลังงานสะอาดผลิตภัณฑ์เซลล์แสงอาทิตย์ Solar Cells และประหยัดพลังงานผลิตภัณฑ์แสงสว่างแอลอีดี LED Lighting

ผลิตภัณฑ์แสงอาทิตย์ Solar Cells



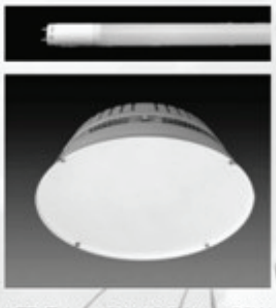


Poly-Crystalline : 80W 130W 245W และ 250W
Thin-Film : 130W
See-Through : 95W

- ชาร์ปมีประสบการณ์พัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์มายาวนานมากกว่า 54 ปี
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชาร์ปได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชาร์ปได้รับการติดตั้งในประเทศไทยมากกว่า 160 MW

ผลิตภัณฑ์แสงสว่างแอลอีดี LED Lighting





LED Tube : 9W 18.5W และ 22W
LED High Bay : 100W และ 200W

- ผลิตภัณฑ์แสงสว่าง ชาร์ป LED ได้รับการพัฒนากว่า 45 ปี
- ผลิตภัณฑ์คุณภาพมาตรฐานการผลิตแบบญี่ปุ่น
- ผลิตภัณฑ์แสงสว่าง ชาร์ป LED มีความทนทานสูงและอายุการใช้งานยาวนาน

SHARP THAI CO.,LTD.
952 RAMALAND BUILDING,12th FLOOR, RAMA IV ROAD. SURIYAWONG, BANGRAK. BANGKOK 10500
TEL. 0 2638 3970, 0 2638 3972, 0 2638 3975 FAX. 0 2638 3777
e-mail : nitinan.p@stcl.sharp-world.com, chatchawat.c@stcl.sharp-world.com
www.sharpthai.co.th

Trojan BATTERY COMPANY
Clean energy for life
Made in USA

Trojan BATTERY COMPANY
Clean energy for life.
Made in USA

Trojan *แบตเตอรี่คุณภาพสูงชนิดพิเศษสำหรับระบบพลังงานทดแทนแห่งอนาคต*

สนใจติดต่อสั่งซื้อ บ. ธัญญ่าเพาเวอร์จำกัด โทร 02-1590830 จัดส่งทั่วประเทศไทย

www.thunyapower.co.th









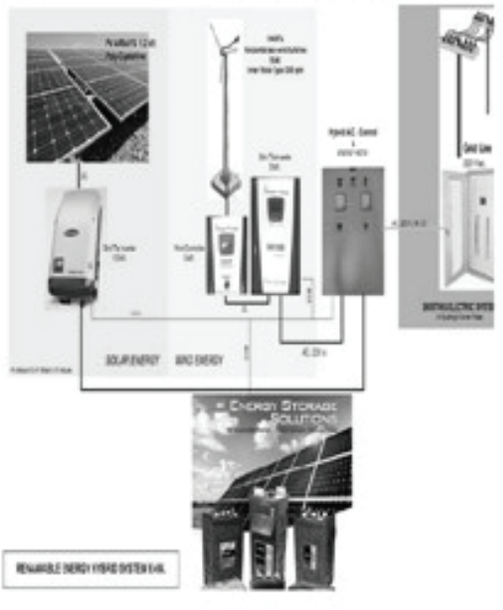


Trojan BATTERY COMPANY





Clean energy for life.



Fronius Fronius Fronius

ระบบเชื่อมต่อกับสายส่งคุณภาพสูงพลังงานแสงอาทิตย์ จากประเทศออสเตรีย พร้อมระบบแสดงผลระยะไกล และคุณภาพตามมาตรฐานยุโรปและรับรองจากการไฟฟ้าของประเทศไทย ทั้งระบบ 1และ3 เฟส ขนาดเล็กในบ้านเรือน และขนาดใหญ่ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

สนใจติดต่อสั่งซื้อตรง หรือตัวแทนจำหน่าย **บ. ธัญญ่าเพาเวอร์จำกัด โทร. 02-1590830** จัดส่งและติดตั้งระบบทั่วประเทศไทย **www.thunyapower.co.th**

Fronius Sattledt site: Austria's largest flat-roof photovoltaic system.



- 615 kWp installed power
- 3500 m² module area
- Annual power production 550 MWh
- Covers 30-40% of the site's power needs

Fronius

The Solar Electronics Division





Fronius

Product development



1995 2000 2005 2007 2008 2010

Symo Fronius IG Fronius IG central inverter Fronius IG Plus Fronius IG TL Fronius CL

Fronius

Fronius IG Plus



- Fronius IG Plus 35 3,5 kW
- Fronius IG Plus 50 4 kW
- Fronius IG Plus 70 6,5 kW
- Fronius IG Plus 100 8 kW
- Fronius IG Plus 120 10 kW
- Fronius IG Plus 150 12 kW

Single phase / Two phase / Three phase

* with MIX™-Concept

Fronius

Fronius IG Plus- features

- Euro-efficiency **95,5 %**
- Max. input voltage **600VDC**
- **Aluminium housing** for wall mounting
- **Graphical Display** - 20 parameters
- **MIX-Concept** at Fronius IG Plus 70, 100, 120 and 150
- **DatCom** Components – Plug&Play
- **DC-breaker** integrated (no DC-plugs)
- **Stringfuses** integrable
- **Power plus system** – separated power- / connection area
- **MPP-efficiency** 99,9 %
- **Modulgrounding**
- **Ventilation concept**



Integrated functions for simple DATCOM system setup

Integrated link for Solar Net and/or 3rd party components
- Replaces Fronius Com Card and/or Interface Card (protocol can be selected)

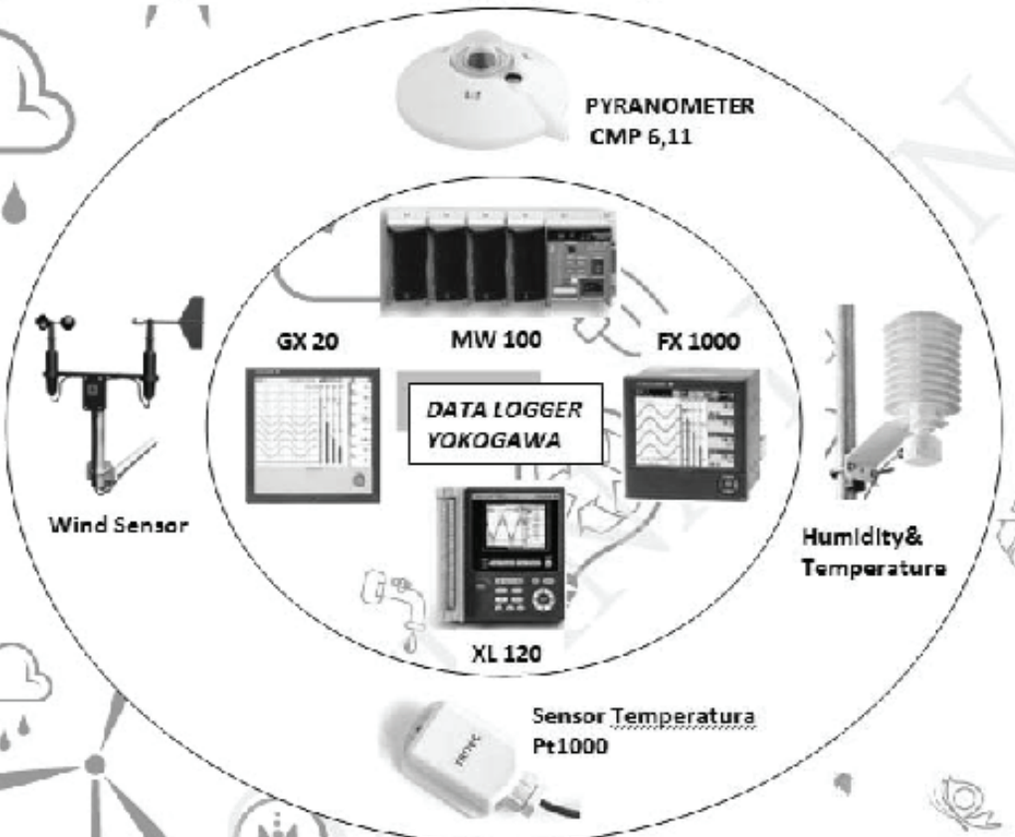
Direct signal contact
- Replaces Fronius Signal Card



PTS Combination

เครื่องมือการตรวจวัดและเก็บข้อมูลทางด้านพลังงานทดแทน

(Measuring and Monitoring System)



อุปกรณ์การตรวจวัด อุณหภูมิ ความชื้น ลม ความเข้มแสงอาทิตย์ โดยสามารถต่อใช้งานร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลได้ ประกอบด้วย

- เครื่องตรวจวัดทิศทางและความเร็วลม (WIN SENSORS)
- เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น (TEMPERATURE / HUMIDITY)
- เครื่องตรวจวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ (PYRANOMETER)
- เครื่อง วัดและบันทึกข้อมูล เป็นเครื่องมือวัดที่ออกแบบมาเพื่อทำการ วัดและบันทึกข้อมูลจาก Sensor ต่าง ๆ สามารถวัดอุณหภูมิ วัดพลังงานไฟฟ้า วัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ วัดความเร็วและทิศทางลม ได้อย่างแม่นยำ สามารถรับสัญญาณจากแหล่งต่าง ๆ ได้ตั้งแต่ 2 - 60 ช่องสัญญาณ พร้อมบันทึกและแสดงผลภายในตัวเองสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ ใช้งานได้สะดวกและเคลื่อนย้ายได้ง่าย มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน และได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล

บริษัท พีทีเอส คอมบิเนชั่น จำกัด

315/116 หมู่ 3 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120.

Tel : 02 501 5077 Email: support@pts.in.th , www.pts.in.th

J.S.P.
J.S.P. PROPERTY PUBLIC COMPANY LIMITED
www.jsp.co.th

MIAMI
BANGPU

ไมอามี บางปู
วิลล่าคอนโด
ติดรถไฟฟ้า

90 เมตร จากสถานีรถไฟฟ้า
สถานีสวางคนิวาศ ส่วนต่อขยายในอนาคต

เริ่มต้นเพียง 8 แสนกว่า
ผ่อนเบาๆ 2,500 บาท/เดือน

แต่งครบพร้อมอยู่ เชิญชมห้องตัวอย่างได้แล้ว วันนี้ !

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม
080 - 438 - 6777
080 - 438 - 6888

www.miamibangpu.com

Thunya
Power Co.,Ltd.



100 Watt Solar Home



1 MW Wind Turbine Farm



Water turbine 5 Kw



50 Kw
Low speed
Wind turbine

Thunya Power Co.,Ltd.

70/12 Moo 6 Lat Sawai, Lumlukka,
Pathumthani, 12150 Thailand

Tel : / Fax : +66 2159 0830
E-mail : wirachairoynarin@yahoo.com
Web : www.thunyapower.co.th



Thunya
Power Co.,Ltd.


Thunya
Power Co.,Ltd.
The Advantage of latest product
All in one, Integration design
put solar panel, LED lamp, battery and controller all in one box
without any cable, easy to install and ship
Longer service life.....
Easy to maintain and replacement.....
Solar Module
motion sensor
LED LAMP
Controller
Battery (Lithium-ion LiFePO4)
Renewable Energy System and Consultant
Design engineering and renewable energy equipment.
Installation of wind turbines and solor panels power the whole system.
Electric and electronics.
70/12 Moo 6 Lat Sawai, Lumlukka, Pathumthani, 12150 Thailand
Tel : / Fax : +66 2159 0830
E-mail : wirachairoynarin@yahoo.com
Web : www.thunyapower.co.th
Thunya
Power Co.,Ltd.


TREC-7