



การออกแบบและพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ A Design and Development of Solar powered DC Compressor Air Conditioner

วีระชาติ ขวดแก้ว, กิตติศักดิ์ มณีทอง, ธวัชชัย ปัดถา และ ชัชวาล แข่งขัน, นพพร พืชประภคิต*

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เชียงราย 57120

99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

*อีเมลล์ : pnopporn@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการวิจัยครั้งนี้เน้นไปที่การพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่ชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 48 V 500 Watt. โดยกำลังพลังงานที่ใช้ในชุดฝึกเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 663.98 W. โดยการตรวจวัดค่าการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาตามมาตรฐานการประหยัดพลังงาน ค่าเฉลี่ยในการวิจัยครั้งนี้วัดจากการทำงานของชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ภายใน 1 ชั่วโมง ทำการวัดในช่วงเวลาทุกๆ 5 นาทีของการทำงาน โดยทำการเก็บบันทึกค่า แรงดันแผงเซลล์ (V_{pv}), กระแสแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (I_{pv}), แรงดันอัดประจุ ($V_{charger}$), กระแสอัดประจุ ($I_{charger}$), แรงดันแบตเตอรี่ (V_{batt}), กระแสแบตเตอรี่ (I_{batt}), แรงดันคอมเพรสเซอร์ (V_{com}), กระแสคอมเพรสเซอร์ (I_{com}) ในขณะที่ทำงานและวัดอุณหภูมิ ความชื้นด้านลมจ่าย-ลมกลับ และคำนวณหาค่า แรงดัน, กระแส ที่ใช้ในระบบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์, ค่าประสิทธิภาพ (Btu/h)/watt ซึ่งผลการทดลองพบว่า ขณะ ทำงานการทำงานของชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีผลค่าเฉลี่ยทางด้าน $V_{pv}= 55.15$ V, $I_{pv}= 7.8$ A, $V_{charger}= 55.525$ V, $I_{charger}= 7.975$ A, $V_{batt}= 45$ V, $I_{batt}= 13.275$ A, $V_{com}= 49.15$ V, $I_{com}= 13.575$ A, $P= 663.98$. ด้านผลของ อุณหภูมิลมจ่าย เฉลี่ยอยู่ที่ 19.7 °C อุณหภูมิลมกลับ เฉลี่ยอยู่ที่ 28.85 °C ความชื้นด้านลมจ่ายเฉลี่ยที่ 75.325% ด้านลมกลับเฉลี่ยที่ 73.425% ส่วนด้านของ ค่าประสิทธิภาพ (Btu/h)/Watt มีค่าเฉลี่ยที่ 154044 หรือ 30819.62 kW และค่า EER ค่าดีที่สุด 23.59 (Btu/h)/Watt และค่าที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 11.81 (Btu/h)/Watt ซึ่งผลของค่า EER ที่ได้จากการทดลองชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีด้านคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้พลังงานอยู่ในระดับที่ดีมากซึ่งเทียบวัดจากค่า EER ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu. ที่ใช้คอมเพรสเซอร์กระแสสลับ จะมีค่า EER ประมาณ 12 (Btu/h)/Watt ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้.

คำหลัก: คอมเพรสเซอร์กระแสตรง, พลังงานแสงอาทิตย์.

Abstract

This paper proposes a solar DC air conditioner 12,000 Btu/h with battery backup. The DC compressor is rotary type which has voltage 48 V and power 500 W. The parameter of solar energy, input electrical and output air flow, humidity and temperature are collected every 5 minute follow as solar array voltage (V_{pv}), solar array current (I_{pv}), Charging voltage ($V_{charger}$), Charging Current ($I_{charger}$), battery voltage (V_{batt}), battery current (I_{batt}), compressor voltage (V_{com}) and compressor current (I_{com}). The air conditioning system is operating at temperature 25 Celsius and the average power consumption is 663.98 W. The temperature and humidity of return air flow are 28.85 °C and 73.42% respectively. The temperature and humidity of supply air flow are 19.7 °C and 75.32%. The average energy efficiency ratio of solar DC air condition (Btu/h)/Watt are 18.73 which very high compare with the conventional AC air condition about 12.00 (Btu/h)/Watt.

Keywords: DC compressor air conditioner, photovoltaic system



1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน จึงทำให้มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประเทศไทยได้เจอวิกฤตการณ์ด้านพลังงานไฟฟ้าในปี 2559 เป็นวิกฤตการณ์ที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงที่สุดเป็นครั้งที่ 7 เกิดขึ้นเมื่อปี 2559 ในวันที่ 11 พฤษภาคม 2559 เวลา 14.12 น. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) อยู่ที่ 29,600.8 เมกะวัตต์ ทำลายตัวเลขการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในปีเป็นครั้งที่ 7 เมื่อเทียบกับปี 2558 ที่อุณหภูมิ 36.4 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงขึ้นจาก ครั้งที่ 6 เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2559 ที่ 29,403.7 เมกะวัตต์ เป็นผลทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องสร้างโรงผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และมองเห็นความสำคัญของพลังงานทดแทนมากขึ้นที่นำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าและหนึ่งในพลังงานทดแทนก็คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจากการสำรวจศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์อยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูล/ตารางเมตร บริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี ชัยภูมิ ขอนแก่น และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท ออยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูล/ตารางเมตร คิดเป็น ร้อยละ 14.3 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศจึงทำให้การใช้เครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะมากขึ้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานเป็นสัดส่วนมาก และกินพลังงานไฟฟ้ามาก และในช่วงเวลาบ่ายที่มีอุณหภูมิสูง อากาศร้อนชื้นทำให้เกิดสภาวะความต้องการไฟฟ้าสูงสุด จากสภาวะดังกล่าวพบว่าในช่วงเวลาช่วงเมื่ออุณหภูมิสูง ก็จะมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาดังกล่าวสูงด้วยเช่นกัน และเมื่อได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโหลดภาระเครื่องปรับอากาศและความเข้มแสงอาทิตย์ [1-2] พบว่ามีความสัมพันธ์ที่สอดคล้อง หากสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาปรับเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าและช่วยจ่ายโหลดในเวลาที่มีอุณหภูมิสูงได้ ซึ่งอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของเครื่องปรับอากาศก็คือ คอมเพรสเซอร์ เป็นหลักและพัดลมหมุนเวียนอากาศด้านคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นมีสัดส่วนเล็กน้อย โดยปัจจุบันคอมเพรสเซอร์ที่ใช้กันมากในเครื่องปรับอากาศก็คือคอมเพรสเซอร์กระแสสลับชนิดที่ไม่สามารถปรับความเร็วรอบได้ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้สารทำความเย็น

R-22 และชนิดคอมเพรสเซอร์ที่นำมาใช้ชนิดโรตารีและ Scroll ใช้การควบคุมด้วยเทอร์โมสตัท ที่ปรับตั้งค่าอุณหภูมิไว้ และทำงานแบบตัดต่อ (On-off Control) ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ และอากาศภายในห้องมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ จึงได้มีการพัฒนาคอมเพรสเซอร์มอเตอร์เหนี่ยวนำที่และใช้อินเวอร์เตอร์ปรับค่าความเร็วรอบ เพื่อควบคุมการไหลสารทำความเย็นที่เรียกว่า VRF (Variable Refrigerant Flow) ทำให้ควบคุมอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่อง แต่ระบบนี้มีราคาสูง และการควบคุมค่อนข้างซับซ้อน และหากจะใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะไม่สามารถใช้โดยตรงได้ ต้องมีชุดแปลงไฟฟ้าเป็นกระแสสลับอีกที อีกแนวทางหนึ่ง คือ การใช้คอมเพรสเซอร์มอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน ซึ่งมีข้อดีที่มีประสิทธิภาพสูง ให้แรงบิดสูงในความเร็วรอบที่สูงเช่นกัน และสามารถปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ได้ ใช้ร่วมกับสารทำความเย็น R-22 ได้โดยไม่ต้องดัดแปลงระบบท่อน้ำยา[3] ซึ่งต่างหากจาก R-410A ที่มีค่าความดันน้ำยาสูงกว่า [4] ไม่สามารถนำมาทดแทนได้ นอกจากนี้ชุดคอมเพรสเซอร์ แนวนอนมีราคาตลาดงด ดัดตั้งง่าย และได้รับความนิยมสูงขึ้น และได้มีโครงการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ [5-6]

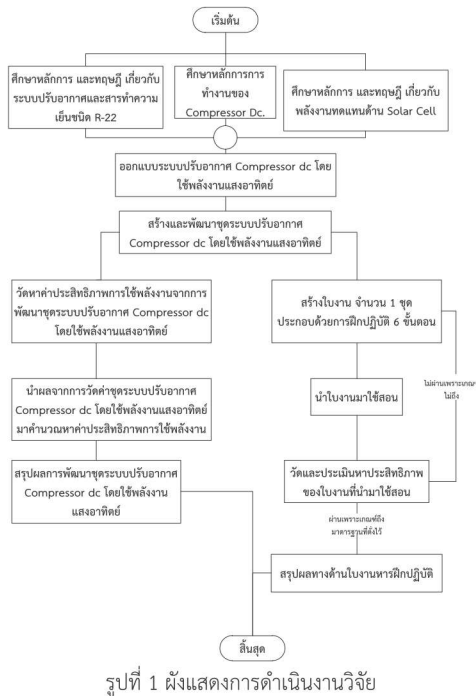
พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำระบบมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ [7-10] ดังนั้นในโครงการนี้จึงมีแนวคิดที่ทำการการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศโดยจะนำคอมเพรสเซอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน ชนิดสารทำความเย็น R-22 มาดัดแปลงและเปลี่ยนแทนคอมเพรสเซอร์กระแสสลับชนิดสารทำความเย็น R-22 และทำการทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะระบบและอัตราการใช้พลังงานแต่ละช่วงความเร็วรอบของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านจะสามารถใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้โดยตรง ในบริเวณที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึงหรือเสถียรภาพไฟฟ้าไม่ดี สามารถใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานเสริมให้ระบบสามารถทำงานได้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยได้จึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งคือ การออกแบบ และพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในส่วนที่สองคือการออกแบบและสร้างไปงานจะนำเสนอในครั้งถัดไป เพื่อให้ให้นักเรียนนักศึกษาที่มีความรอบรู้ และเกิดการเรียนรู้จากชุดฝึก อีกทั้งยังให้สำคัญต่อผู้ปฏิบัติติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีความรู้ ความเข้าใจในระบบ และให้การ



ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในกรอบตามมาตรฐานฝีมือแรงงานและมาตรฐานสากล เพื่อให้ผู้ติดตั้งระบบได้ออกไปประกอบอาชีพอย่างสุจริต มีคุณภาพ สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้อง ระเบียบร้อย และปลอดภัย

2. วิธีการวิจัย



รูปที่ 1 ผังแสดงการดำเนินงานวิจัย

2.1 วัดประสิทธิภาพ

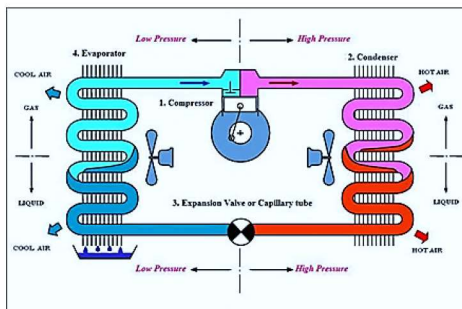
2.1.1 พัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ ชนิดสารทำความเย็น R-22 ที่ใช้มอเตอร์กระแสตรงวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2.1.2 เพื่อนำผลที่วัดและคำนวณได้ไปใช้เป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศด้วยคอมเพรสเซอร์กระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

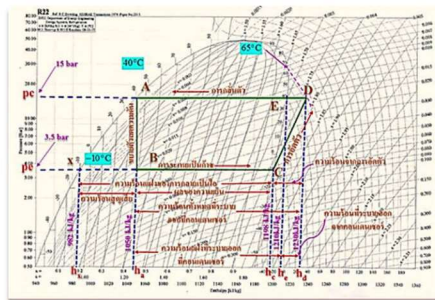
2.2 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการของเครื่องปรับอากาศเริ่มจากการนำสารทำความเย็น ในที่นี้ใช้ R-22 มาทำการอัดด้วยเครื่องอัดสารทำความเย็น(Compressor)สารทำความเย็นจะถูกอัดออกมาในรูปแบบแก๊สแรงดันสูงมีอุณหภูมิสูง ไหลตามท่อไปเข้าสู่ เครื่องควบแน่น (Condenser) แก๊สแรงดันสูงมีอุณหภูมิสูง เมื่อไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่นที่ขดไปขดมาและถูกระบายความร้อน

ออกระหว่างที่ไหลในเครื่องควบแน่น สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น เมื่อถูกดึงความร้อนออกส่วนหนึ่ง ก็จะเปลี่ยนสถานะเป็น ของเหลว แต่ยังคงมีแรงดันสูงมีอุณหภูมิสูง จากนั้นของเหลวแรงดันสูงอุณหภูมิสูง ก็จะวิ่งตามท่อทางอัดไปเข้าสู่อุปกรณ์ควบแน่นน้ำยา (Refrigerant Control) เมื่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวแรงดันสูงอุณหภูมิสูง ผ่านเข้าอุปกรณ์ควบแน่นน้ำยา จะถูกลดแรงดันลง แล้วไหลเข้าไปยังคอยล์เย็น (Evaporator) ในจังหวะที่ของเหลวแรงดันสูงอุณหภูมิสูง ถูกลดแรงดันลงอย่างรวดเร็ว ก็จะเกิดการระเหยกลายเป็นไอ การระเหยที่เกิดขึ้นในคอยล์เย็น จะดึงเอาความร้อนรอบๆบริเวณนั้น มาช่วยให้การระเหยทำได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อความร้อนในบริเวณนั้น ถูกดึงมาช่วยในการระเหยของสารทำความเย็น ทำให้อุณหภูมิในห้องเย็นลง สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็น จะอยู่ในรูปแบบของแก๊สแรงดันต่ำอุณหภูมิ ต่ำ ไหลกลับสู่ท่อทางดูดไปเข้าคอมเพรสเซอร์ ซึ่งหมุนเวียนเป็นวัฏจักรเช่นนี้ตลอดไป ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ



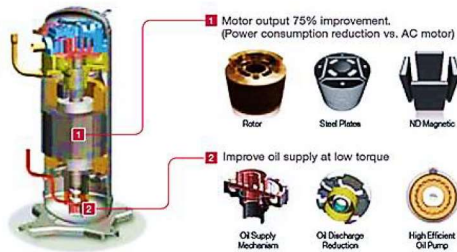
รูปที่ 3 ไดอะแกรมความดันและเอนทัลปี R-22



ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติมอเตอร์

คุณสมบัติ	BLDC	Brushed	AC Induction
การบำรุงรักษา	ไม่มี	ทุกช่วงเวลา	ไม่มี
อายุการใช้งาน	ยาว	สั้น	ยาว
ประสิทธิภาพ	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง
กำลังต่อน้ำหนัก	สูง	ต่ำ	ปานกลาง
ความเฉื่อย	ต่ำ	สูง	สูง
เสียง	เงียบ	ดัง	เงียบ
ราคา	สูงแต่มีแนวโน้มลดลง	ปานกลาง	ต่ำ
การควบคุม	ซับซ้อน	ง่าย	ง่าย/ซับซ้อน

มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านมีความเหมาะสมสำหรับงานเครื่องปรับอากาศกระแสตรงที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีสามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ และมีประสิทธิภาพสูงและสามารถใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่หรือเซลล์แสงอาทิตย์ได้ คุณสมบัติมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ชนิดอื่น เช่นประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำมากกว่า 5-10% และคุณสมบัติด้านอื่น แสดงดังตารางที่ 1

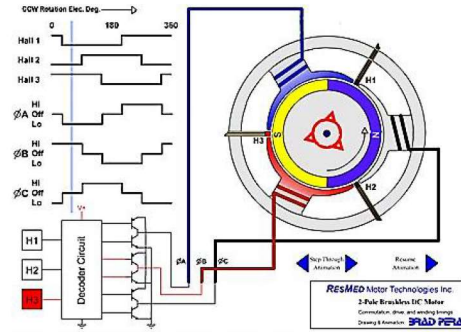


รูปที่ 4 โครงสร้างคอมเพรสเซอร์ Rotary BLDC

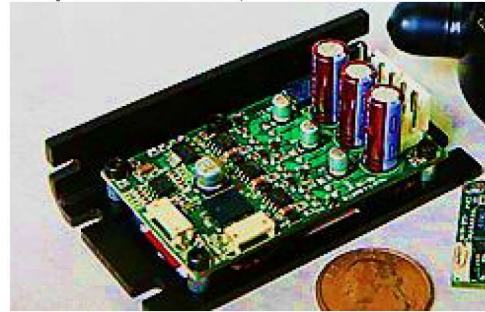


รูปที่ 5 คอมเพรสเซอร์ Rotary BLDC เซิงพาณิชย์

สำหรับโครงสร้างของมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีที่นิยมนำมาใช้กับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านที่มีในเชิงพาณิชย์

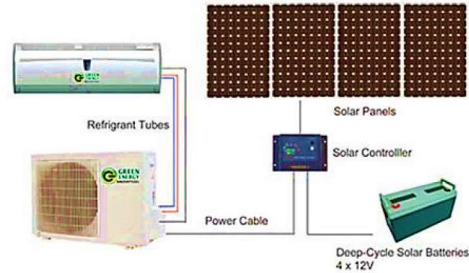


รูปที่ 6 หลักการทำงานชุดขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ BLDC



รูปที่ 7 โครงสร้างและชุดขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ BLDC

ในส่วนของการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน จะใช้เทคนิคการควบคุมสัญญาณพัลส์ โดยโครงสร้างวงจรถ่ายแบบอินเวอร์เตอร์สามเฟสที่มีการตรวจวัดความเร็วรอบและตำแหน่งของโรเตอร์และนำมาป้อนให้กับระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลสัญญาณและสวิตซ์สั่งการให้โรเตอร์หมุนปรับความเร็วรอบ ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 8 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีที่ใช้มอเตอร์ กระแสตรงไร้แปรงถ่านขับเคลื่อน ที่นำมาใช้ใน เครื่องปรับอากาศสำหรับโครงการวิจัยนี้ และสามารถนำ แบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ป้อนให้กับชุด ปรับอากาศกระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 8

2.3 การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพและอัตราการใช้ พลังงาน

สามารถตรวจวัดความต้องการไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ พัดลมที่แฟนคอยล์และคอนเดนเซอร์ได้จากเครื่องมือวัดทาง ไฟฟ้าโดยตรงในขณะที่เครื่องปรับอากาศกำลังทำงานดังนั้น ใน การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว รายการเครื่องมือวัดที่จำเป็นได้แก่ Power Meter หรือ kW Meter, Thermometer (เครื่องมือวัด อุณหภูมิ), Anemometer (เครื่องมือวัดความเร็วอากาศ), Hygrometer (เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์) และ Psychrometric Chart (แผนภูมิอากาศ) โดยมีแนวทางการเก็บข้อมูล มีดังนี้

2.3.1 บันทึกค่าความเร็วลมผ่านหน้าตัดของช่องลม กลับ โดยควรวัดหลาย ๆ จุดให้ทั่วทั้งหน้าตัดแล้วหาเป็น ค่าเฉลี่ย

2.3.2 วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับ แล้วนำไป คูณกับค่าความเร็วลมเฉลี่ยเพื่อหาปริมาณลมหมุนเวียนผ่าน คอยล์เย็นได้

2.3.3 บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลม ง่าย (Supply Air) เพื่อนำไปหาค่าเอนทัลปีของลมง่าย (h1) จากแผนภูมิ Psychrometric

2.3.4 บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลม กลับ (Return Air) เพื่อนำไปหาค่าเอนทัลปีของลมกลับ (h2) จากแผนภูมิ Psychrometric

2.3.5 บันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของพัดลมเป็น kW ด้วย Power Meter

2.3.6 บันทึกค่ากระแสและแรงดันของขณะชาร์จโซลา เซลล์

2.3.7 บันทึกค่ากระแสและแรงดันที่คอมเพรสเซอร์ใช้ งาน

การวัดกำลังไฟฟ้ากระแสตรง กำลัง เป็นตัวแสดง ปริมาณของงานที่ทำในช่วงเวลาที่กำหนด มันคือ อัตราในการ ทำงาน กำลังไฟฟ้าสามารถวัดได้ในรูปของแรงดันไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้า นำค่าที่ได้ทั้งสอง มาคำนวณหากำลัง ไฟฟ้า โดยใช้สูตรคำนวณ ดังสมการที่ 1

$$P = VI \quad (1)$$

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ

ค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องเป็นค่า กำลังไฟฟ้าจริง (True Power) หรือ PT สามารถเขียนเป็นสูตร ได้ดังสมการที่ 2

$$P = VI \cos \theta \quad (2)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

$\cos \theta$ คือค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของวงจร

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ สามารถ หาได้จากการคำนวณหาอัตราการจ่ายลมเย็น ซึ่ง สามารถ คำนวณปริมาณลมเย็นตามสมการที่ 3 และสามารถ นำอัตรา การจ่ายลมเย็นดังกล่าวไปคำนวณหาภาระการทำความเย็น ได้ตามสมการที่ 4 เมื่อสามารถคำนวณหาภาระการทำความเย็นได้แล้ว ผนวกกับการวัดความต้องการการใช้พลังงาน จะสามารถคำนวณประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศได้ ตาม สมการที่ 5

$$CFM = \text{Air Flow Rate (ft}^3/\text{min)} \quad (3)$$

$$= \text{Supply Air Speed (ft/min)} * \text{Grill Area (ft}^2)$$

$$Q = 4.5 * CFM * (h_2 - h_1) \quad (4)$$

เมื่อ Q = การคำนวณภาระการทำความเย็น (Btu/hr)

CFM = อัตราการจ่ายลมของระบบปรับอากาศ

h_2 และ h_1 = enthalpy ของลมง่ายและลมกลับ

ซึ่งอ่านค่าได้จาก Psychrometric Chart (รูปที่ 8)

h_2 = สภาวะอุณหภูมิและความชื้นด้านลมกลับ (Btu/lb)

h_1 = สภาวะอุณหภูมิและความชื้นด้านลมง่าย (Btu/lb)

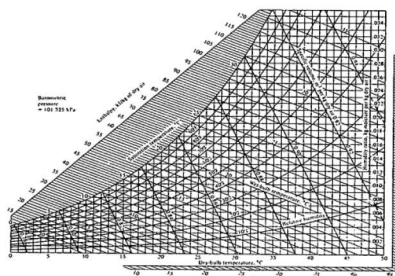
$$EER = (\text{Cooling load (Btu/h)}) / (\text{Electrical Power (W)}) \quad (5)$$

$$EER = 3.412 * COP$$

$$COP = EER / 3.412 \quad (6)$$

$$KW/TR = 12 / EER \quad (7)$$

$$Q_i = 5.707 * 10^{-3} * V_a * (h_i - h_e) \quad (8)$$



รูปที่ 9 Psychrometric Chart



Psychometric Chart นั้น คือ กราฟที่แสดงค่าของอุณหภูมิในสภาวะปกติ เพื่อทำการคำนวณค่าเกี่ยวกับ อุณหภูมิ เช่นระบบการควบคุมอุณหภูมิ หรือการ ควบคุมความชื้น เป็นต้น ซึ่งการที่เราจะอ่านค่าได้ จำเป็นต้องทราบ ค่าที่แสดงในกราฟ

Dry Bulb Temperature คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส เส้นแนวตั้ง จากในกราฟแสดง ตั้งแต่ -10 จนไปถึง 55 องศาเซลเซียส

Wet Bulb Temperature คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส แสดงที่เส้นโค้งนอกสุด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100% เนื่อง จากอุณหภูมิกระเปาะเปียก คือสภาวะที่แสดง อุณหภูมิที่มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 100%

Relative Humidity คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ แสดงเป็น % ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง แสดงที่เส้นโค้งในแนวนอน ตั้งแต่ 0 - 100%

Moisture content หรือค่า W นั้นเอง คืออัตราส่วนความชื้น มีหน่วยเป็น kg/kg คือเส้นในแนวนอน แสดง ตั้งแต่ 0.001 - 0.033 kg/kg

Enthalpy หรือค่า H ถ้าจะเรียกง่าย ๆ ก็คือ ปริมาณของพลังงานความร้อนในระบบ มีหน่วยเป็น kJ/kg คือเส้นเอียงๆ ที่แสดงค่า ตั้งแต่ -10 ถึง 145

การหาค่านั้น ถ้ามีค่าเพียง 2 ค่า นั้นเราก็จะสามารถหาค่าได้จากกร นำค่าจากเส้นที่ได้ 2 เส้นตัดกัน ก็จะหาค่าได้ทุกค่า แต่ในความเป็นจริง ส่วนใหญ่จะสามารถเก็บข้อมูลได้ 2 ค่า คืออุณหภูมิกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก ดังรูปแผนภูมิไซโครเมตริก รูปที่ 9

ในการคำนวณหาขนาด Btu ที่ใช้ในห้องที่มีพื้นที่ห้องขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 4 เมตร โดยใช้ สมการ

กว้าง × ยาว เพราะฉะนั้น 4×4 = 16 ตร.ม. นำค่าที่คำนวณได้มาเทียบหาขนาด Btu ของเครื่องปรับอากาศในตาราง

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการเลือกขนาด Btu กับพื้นที่ห้อง

Btu	ห้องปกติ (ตร.ม.)	ห้องที่โดนแดด (ตร.ม.)
9,000	12-15	11-14
12,000	16-20	14-18
18,000	24-30	21-27
21,000	28-35	25-32
24,000	32-40	28-36
25,000	35-44	30-39
30,000	40-50	35-45
35,000	48-60	42-54

48,000	64-80	56-72
80,000	80-100	70-90

วิธีการคำนวณ ระบบโซล่าเซลล์

ขนาดของแผง = ค่าการใช้พลังงานรวมทั้งหมด / 5 ชั่วโมง (ปริมาณแสงอาทิตย์ที่นำจะได้ใน 1 วัน) (9)

$$= \{(900 \text{ W} \times 1 \text{ เครื่อง}) \times 1 \text{ ชั่วโมง}\} / 5 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= 180 \text{ W}$$

ดังนั้น ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ คือ ขนาด 30V 180 W จึงเลือกใช้แผงขนาด 29.9 V 250W จำนวน 2 แผง แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บสำรองไฟฟ้า ในเวลาที่แผงโซล่าไม่สามารถรับแสงได้ (เวลากลางคืน) แบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ควรใช้ แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle แต่จะมีราคาสูง ซึ่งเราสามารถเลือกใช้กับแบตเตอรี่ชนิดอื่นแทนได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ หรือ แบตเตอรี่แห้ง (Sealed Lead Acid Battery) ได้ ซึ่งจะมีราคาถูกกว่า

สูตรคำนวณ ขนาดกระแส/ชั่วโมง ของแบตเตอรี่ สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Ah} = \text{ค่าพลังงานรวม} / [\text{แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่} \times 0.6 \text{ (\% การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่)} \times 0.85 \text{ (ประสิทธิภาพของ Inverter)}]$$

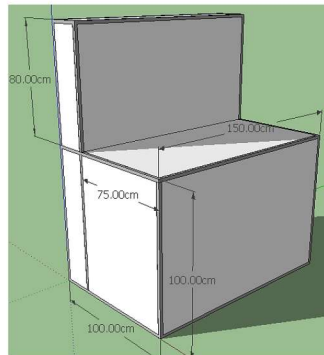
$$= \{(900 \text{ W} \times 1 \text{ เครื่อง}) \times 1 \text{ ชั่วโมง}\} / [48 \text{ V} \times 0.6 \times 0.85] \text{ (10)}$$

$$= 36.764 \text{ Ah}$$

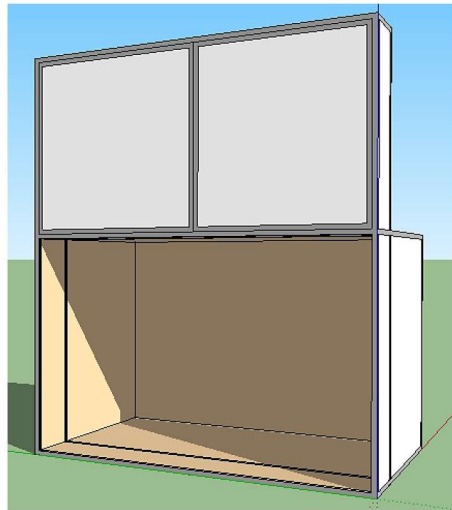
ดังนั้นขนาดของแบตเตอรี่ที่จะเป็นขนาด 48 โวลต์ 45 Ah หรือมากกว่า แต่ในชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์ กระแสตรงใช้ 12 โวลต์ 45 Ah จำนวน 4 ลูก

2.4 วิธีการวิจัย

2.4.1 ออกแบบโครงสร้างชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบจะคำนึงถึงเรื่องการต่อหลอดและถาดการขนย้าย การวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ขนาดและความสูงแสดงตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 โครงสร้างชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์
กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 11 ด้านหลังของโครงสร้าง

จากการออกแบบก็จะได้ชุดระบบปรับอากาศ
คอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่สมบูรณ์
แบบดังรูปที่ 11



รูปที่ 12 ชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้
พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 13 ส่วนด้านหลังของชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์
กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



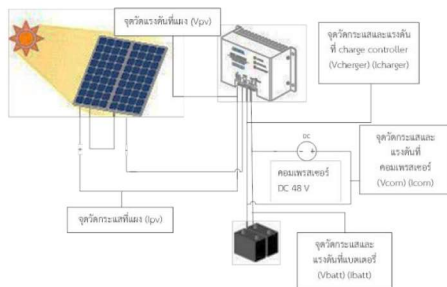
รูปที่ 14 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 15 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่

2.5 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการวัดค่าประสิทธิภาพการออกแบบและพัฒนาระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นั้น วัดค่าตามรูปที่ 16 ซึ่งจะแสดงวิธีการเก็บค่ากระแสแรงดันด้านของแผงโซลาร์เซลล์และ charge controller การชาร์จโซลาร์เซลล์ลงแบตเตอรี่ และการใช้กระแสแรงดันของคอมเพรสเซอร์กระแสตรง 48 V และนำมาหาค่าที่ปรับค่าความต้านทาน 500 Ω , 1 K Ω , 1.5 K Ω , 2 K Ω , ได้ผลดังตารางที่ 3 และหาค่าเฉลี่ยเพื่อไปหาค่ากำลังไฟฟ้า



รูปที่ 16 แสดงจุดการวัดค่ากระแสและแรงดันระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกค่าแรงดันและกระแส ในส่วนทางด้านแหล่งจ่ายที่แผงโซลาร์เซลล์และชาร์จเจอร์

ตารางบันทึกค่าแรงดันและกระแส ในส่วนทางด้านแหล่งจ่าย

R (Ω)	Vpv	Ipv	Vcharger	Icharger
500 Ω	55.4	7.8	56.3	8.2
1 K Ω	55.3	7.8	55.6	8
1.5 K Ω	55.4	7.8	55.5	7.8
2 K Ω	54.5	7.8	54.7	7.9
ค่าเฉลี่ย	55.15	7.8	55.525	7.975

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกค่าแรงดันและกระแส ในส่วนทางด้านแหล่งจ่ายที่แบตเตอรี่และคอมเพรสเซอร์

R (Ω)	Vbatt	Ibatt	Vcom	Icom	Vc*Ic
500 Ω	46	9.5	50.4	10.1	509.04
1 K Ω	45.6	10.9	50	11.9	595
1.5 K Ω	44.6	15	48.6	14.4	699.84
2 K Ω	43.8	17.7	47.6	17.9	854.04
ค่าเฉลี่ย	45	13.275	49.15	13.575	663.98

ในส่วนของการวัดค่าด้านระบบทำความเย็นนั้นจะปรับค่าความต้านทานที่ 500 Ω , 1 K Ω , 1.5 K Ω , 2 K Ω , ได้ผลดังตารางที่ 3 และนำไปคำนวณหาค่าที่กำลังงานที่คอมเพรสเซอร์

ตารางที่ 5 ตารางบันทึกค่าการทำงานในส่วนของระบบการทำความเย็นด้านลมง่าย

R (Ω)	Speed	%Rh	T/ลมง่าย	m/s
500 Ω	2500	68.2	21.5	3.5
1 K Ω	2850	76.2	20.8	3.1
1.5 K Ω	3200	77.2	18.4	3.5
2 K Ω	3500	79.7	18.1	3.8
ค่าเฉลี่ย		75.325	19.7	3.475

ตารางที่ 6 ตารางบันทึกค่าการทำงานในส่วนของระบบการทำความเย็นด้านลมกลับ

R (Ω)	Speed	%Rh	T/ลมกลับ	m/s
500 Ω	2500	71	29.1	1.7
1 K Ω	2850	74.2	28.6	1.9
1.5 K Ω	3200	75.2	28.1	2.4



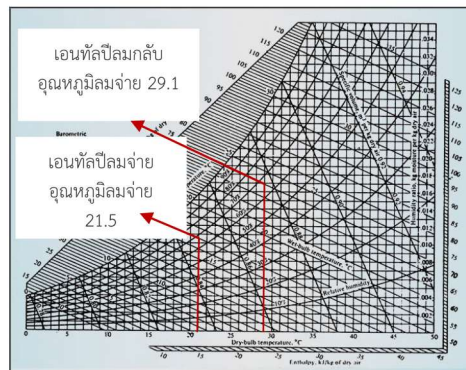
2 KΩ	3500	73.3	29.6	2.3
ค่าเฉลี่ย		73.425	28.85	2.075

ตารางที่ 7 ตารางคำนวณค่ากำลังงานและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ตารางบันทึกค่าการทำงานในส่วนของระบบการทำความเย็น	
Btu/h	EER
103800	29.6 kw
117936	20.18kw
198600	56.51kw
195840	55.73kw
154044	30.81kw

$$\text{สมการ } Q_i = 5.707 \times 10^{-3} \times V_a \times (h_i - h_e) \quad (11)$$

เมื่อได้ค่าดังตารางที่ 3,4,5,6,และ7 นำค่าลมจ่ายและลมกลับความชื้นมาใส่ใน แผนภูมิไซโครเมตริกรูปที่ 17 ที่ความดัน 500 Ω จะได้ค่า เอนทัลปีลมจ่ายและลมกลับ = 49 kJ/kg และ 75 kJ/kg และคำนวณค่าลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็นจะได้ $= 1.5 \times 60 \times 0.65 \text{ m}^2 = 58.5 \text{ ลบ.ม./นาที่}$ แล้วนำค่าที่ได้มาใส่ตามสมการที่ (8) $= 5.707 \times 10^{-3} \times 58.5 \times (75 - 49)$ และจะได้ค่า = 8.65 TR (103800 Btu/h หรือ 29.5 kW) หรือค่า EER (103800/8.65×509.04) = 23.59 สูงกว่ามาตรฐานแอร์เบอร์ 5 (ค่า EER จะอยู่ประมาณ 12) สุดท้ายนำมาหาค่า COP จะได้ (29.5/8.65) = 3.41



รูปที่ 17 การปรับค่าความดันที่ 500 Ω

ตารางที่ 8 บันทึกค่าอุณหภูมิลมจ่ายลมกลับและความชื้น

R (Ω)	%Rh	Speed	T (อุณหภูมิลมจ่าย)	V (m/s)	T (อุณหภูมิลมกลับ)	V (m/s)
500	68.2	2500	21.5	3.5	29.1	1.5

2.6 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลได้ว่าการทดลองหาค่าคุณภาพและประสิทธิภาพหรือค่า EER ที่มีหน่วยเป็น (Btu/h)/Watt มีค่าที่ทดลองจากการวัดโดยที่ปรับความดันที่ R ที่ 500Ω , 1 kΩ , 1.5kΩ , 2kΩ ซึ่งพบว่าได้ค่าประสิทธิภาพ EER (Energy Efficiency Ratio) หรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศคือค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศว่าดีหรือไม่ และผลการวิจัยทดลองพบว่าชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีค่า EER สูงสุดที่ 23.59 (Btu/h)/Watt ที่ความดัน 500Ω และต่ำสุดที่ 14.08 (Btu/h)/Watt ที่ความดัน 2kΩ ซึ่งถือว่าค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศถือว่าดีมากซึ่งเทียบค่า EER ระหว่างระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสสลับ ขนาด 12,000 บีทียู ค่า EER อยู่ที่ 12 (Btu/h)/Watt และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในการวิจัยทดลองในครั้งนี้

3. กิตติกรรมประกาศ

รูปแบบของการเขียนบทความได้ปรับปรุงมาจากรูปแบบของการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยและการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ขณะผู้จัดจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

4. เอกสารอ้างอิง

- [1]. Nopporn Patcharaprakiti, Kasem Treepak, Jeerawan Saelao, "Load Modeling based on System Identification with Kalman Filtering of Electrical Energy Consumption of Residential Air-Conditioning", International Symposium on Science Fusion and Technology (ISFT) 2014, Korea 2014
- [2]. Jeerawan Saelao*, Kasem Treepak and Nopporn Patcharaprakiti, "Mathematical Load Modeling of Residential Air-Conditioning for Demand Response Application", The 6th International Conference of Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB VI). Apsara Ankor Resort and Conference, Siem Reap, Kingdom of Cambodia Cambodia 2014.



- [3]. T.Kata, Y.Shirajuji, S.Kawaguchi, "Comparison of Compressor Efficiency Between Rotary and Scroll Type with Alternative Refrigerants for R22", International Compressor Engineering Conference Paper, 1085.
- [4]. W.Vance Payne and Piotr A.Domanski, "A Comparison of an R22 and R410A Air Conditioner Operating at High Ambient Temperatures",
- [5]. Nopporn Patcharaprakiti *, Jeerawan Saelao, " A Technical Design and Economic Evaluation of DC Solar Air Conditioning System", ISFT 2016, New Delhi India, 17-23 January 2016
- [6]. U. Desideri, S.Proietti, " Solar powered cooling systems : Technical and economic analysis on industrial refrigeration and air conditioning applications, Applied Energy, 2009, 86, 1376-1386.
- [7]. R. Gugulothu, N. Sarada Somanchi, and etal., "A Review on Solar Powered Air Conditioning System", Procedia Earth and Planetary Science, Global Challenges, Policy Framework & Sustainable Development for Mining of Mineral and Fossil Energy Resources (GCPF 2015), 361-367.
- [8]. I. Daut, M. Adzrie, M.Irwanto, P.Ibrahim, M.Fitra, "Solar Powered Air Conditioning System", Energy Procedia, TerraGreen13 International Conference, 2013, 444-453.
- [9]. Q.P. Ha and V.Vakiloroaya, "A novel solar assisted air conditioner system for energy savings with performance enhancement", Procedia Engineering, Evolving Energy – IEF International Energy Congress (IEF-IEC2012), 116-123.
- [10]. U.Eicker, D.Pietruschka, M.Haag and A.Schmitt, "Energy and economic performance of solar cooling systems world wide", Energy Procedia, 2013 ISES Solar World Congress.