ศักยภาพการใช้เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนในโรงงานผลิตอาหาร
The potential of using absorption chiller in a food industry

กิจชัย เพ็ชรวารีวิทย์[1], อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ[1*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2410/2 ถนน พหลโยธิน แขวง เสนานิคม เขต จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[*]ผู้ติดต่อ: E-mail, apirak.sa@spu.ac.th, โทร 02-5791111, โทรสาร 02-5611721

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงศักยภาพการใช้ระบบทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนในโรงงานแปรรูปอาหารประเภท ไส้กรอก และเบคอน ซึ่งมีกำลังการผลิตเฉลี่ย 5,500 ตันต่อปี ชั่วโมงการทำงาน 7,680 ชั่วโมงต่อปี ขั้นตอนกาศึกษาเริ่มจากการหาศักยภาพทางเทคนิคของระบบการผลิต เพื่อหาแนวทางในการใช้ไอน้ำอย่างเหมาะสมพบว่าการปรับปรุงกระบวนการต้มน้ำจากการใช้ไอน้ำผสมโดยตรง สามารถเปลี่ยนเป็นการคายความร้อนผ่านขดท่อจะทำให้มีคอนเดนเสทเหลือพอที่จะนำไปใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนโดยไม่ส่งผลผลกระทบกับกระบวนการผลิต ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่าเมื่อเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเป็นแบบดูดกลืนทดแทนระบบอัดไอเดิมและใช้ความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 8,711,408 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.43 ปี อัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 38 ซึ่งผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เป็นเพราะใช้ความร้อนมือสองจากกระบวนการผลิต และโรงงานมีชั่วโมงการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน อีกทั้งค่าไฟฟ้าเฉลี่ยสูงถึง 4.11 บาทต่อหน่วย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมกับโรงงาน และเป็นกรณีศึกษาที่ดีสำหรับนำไปใช้ในโรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นที่มีการใช้พลังงานในลักษณะเดียวกัน ผลของการศึกษานี้จะเหมาะกับโรงงานที่มีความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและในปัจจุบันภาครัฐฯ มีเงินสนับสนุนในรูปแบบต่าง ๆ เช่นอัตราส่วนลดด้านภาษีอากรสำหรับอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เงินช่วยเหลือให้เปล่าร้อยละ 20 หรือ 30 สำหรับโครงการอนุรักษ์พลังงานที่ผลตอบแทนดีซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น
คำหลัก: โรงงานแปรรูปอาหาร ระบบทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน คอนเดนเสท

Abstract

This research is to study the potential of using absorption chiller system in a sausage and bacon processing plant with an average production capacity of 5,500 tons a year and the working hours of 7,680 hours a year. The procedure begins with the technical capacity of the production in order to find a proper way to use steam. The study was found that the improvement of the boiling process using a direct steam can be the exothermic change through the coil with enough condensates to use in the absorption chiller without affecting the production process. The economic evaluation showed that replacing the absorption chiller with a vacuum pump and using the heat recovery from the production process can save the expenses of 8,711,408 baht a year with a payback period of 0.43 year. The good return on investment is 38% because of the heat recovery from the production process, 24 working hours a day, and the average electricity cost of 4.11 baht a unit. This is a proper outcome and a good case study for other industrial plants with similar energy consumptions. The result of this study is suitable for the industries with the heat recovery from the production process. In present, the government provides various types of funding such as tax reduction for energy saving equipment, and 20% or 30% subsidy for energy conservation projects. This will give the entrepreneurs more awareness to energy conservation.
Keywords: food processing plant, absorption chiller, condensate

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและความมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะภาคธุรกิจอุตสาหกรรมหรือภาคครัวเรือน และภาคการขนส่ง เหล่านี้ต้องอาศัยพลังงานเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินการ ดังนั้นการลดการใช้พลังงาน การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแม้กระทั่งการปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนในรูปอื่น จะช่วยทำให้เกิดผลดีต่อภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศเป็นอย่างมาก และปัจจุบันได้มีการค้นคว้าพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ลดการใช้พลังงานในหลาย ๆ รูปแบบเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน

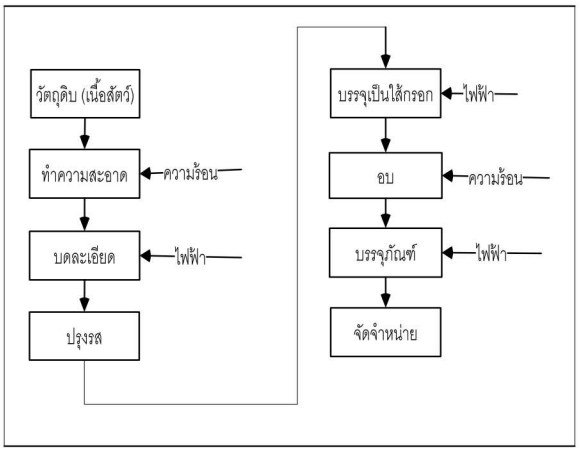
ในธุรกิจอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารประเภทไส้กรอก เบคอน ฯลฯ นอกจากพลังงานความร้อนและไฟฟ้าที่ใช้ในการประกอบการแล้วยังต้องการ การทำความเย็นอย่างต่อเนื่องอีกด้วย จึงทำให้ภาระทางไฟฟ้าโดยรวมส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับระบบการทำความเย็นจึงควรนำระบบดังกล่าวมาพิจารณาในลำดับแรก เพราะจะทำให้เห็นผลประหยัดอย่างชัดเจน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องทำน้ำเย็นระบบดูดกลืน (absorption chiller) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอาคารสูงและโรงงานอุตสาหกรรม [1] ข้อได้เปรียบของ absorption chiller คือใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องทำน้ำเย็นระบบอัดไอ ผลกระทบต่อโอโซนในชั้นบรรยากาศน้อย การสั่นสะเทือนและเสียงที่เกิดจากการทำงานต่ำ ด้วยเหตุนี้ระบบจึงมีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- ศึกษาถึงความต้องการใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ของโรงงานแปรรูปอาหาร
- ประเมินศักยภาพทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนมาใช้งานทดแทนระบบอัดไอเดิม

3. ลักษณะทางกายภาพของโรงงานแปรรูปอาหาร

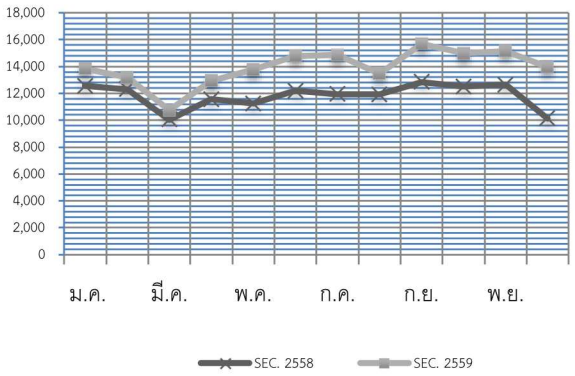
โรงงานที่ใช้เป็นที่ศึกษาเป็นโรงงานแปรรูปอาหารสำเร็จรูปจากวัตถุดิบเนื้อสัตว์นำมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ ตามที่แสดงในรูปที่ 1 เพื่อผลิตเป็นไส้กรอก เบคอน ฯลฯ โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 5,500 ตันต่อปี จำหน่ายภายในและต่างประเทศ



รูปที่ 1 **กระบวนการผลิตไส้กรอก**

การใช้พลังงานของโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบปี 5,573,515 kWh/ปี คำเป็นค่าใช้จ่าย 22,907,147 บาท/ปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.11 บาท/kWh มีการใช้ compressor chiller ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 300 ตันความเย็น สำหรับใช้ในการปรับอากาศในไลน์การผลิต อายุใช้งานมากกว่า 10 ปี พลังงานความร้อนที่ใช้ได้จากไอน้ำที่ผลิตจากหม้อไอน้ำที่มีจำนวน 2 ลูกเดิน 1 ลูก สำรอง 1 ลูก ยี่ห้อ LOSS GUNZENHAUSEN ชนิด fire tube ผลิตไอน้ำชนิดไออิ่มตัว พิกัดเครื่อง 8,000 kg/hr เดินเครื่องทำงานที่ 5,000 kg/hr ความดันไอสูงสุด 12 bar.g ความดันไอควบคุม 6.5 bar.g (ตัดการจ่ายเชื้อเพลิง) ความดันที่ผลิตได้ 6 bar.g อุณหภูมิน้ำป้อน 90 $^{\circ}$C จุดไฟด้วยระบบแม็กนีโต ใช้หัวเผาชนิด PRESSURE AUTOMIZER ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง น้ำมันมีค่าความร้อน 38.18 เมกกะจูล/ลิตร ปริมาณการใช้เฉลี่ย 525,000 ลิตร/ปี คำเป็นค่าใช้จ่าย 13,125,000 บาท/ปี ราคาน้ำมันเฉลี่ย 25 บาท/ลิตร โรงงานทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน 320 วัน/ปี จากข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต (specific energy consumption) หรือ SEC เปรียบเทียบ 2 ปี ที่แสดงในรูปที่ 2 ค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอตามปริมาณผลผลิตไม่มีปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบกับ SEC มากนักส่งผลให้การใช้พลังงานคงที่

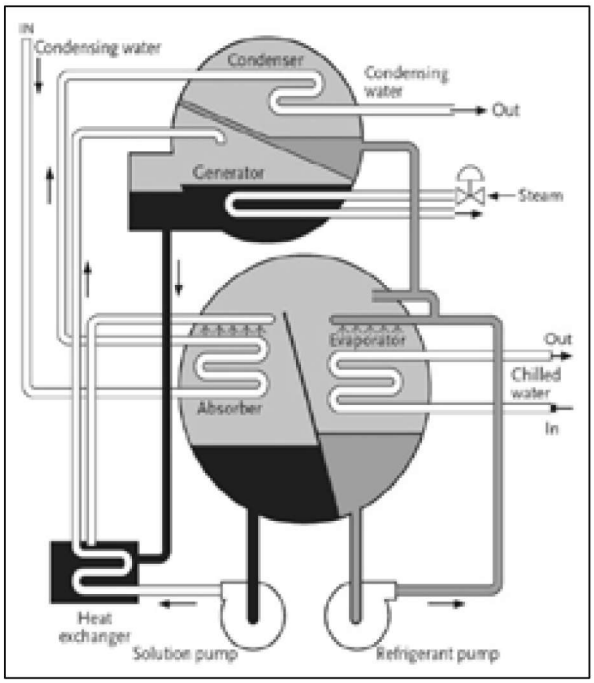
SEC. (MJ/ton)



รูปที่ 2 ปริมาณการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานปี 58-59

4.ระบบการทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน

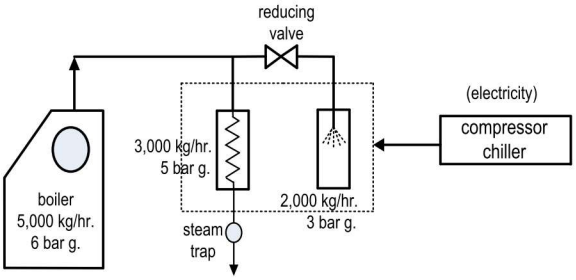
ระบบการทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน [2] ใช้เป็นเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) ในระบบปรับอากาศหรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ลักษณะการทำงานของมันคล้ายกับระบบอัดไอแบบปกติในเรื่องของการใช้สารทำความเย็น เป็นตัวขนถ่ายความร้อนในระบบโดยให้รับความร้อนจากน้ำในท่อ ที่ทำให้เย็นในส่วนของระบบที่เรียกว่า evaporator แต่แทนที่จะใช้วิธีการอัดสารทำความเย็นในสภาพไอให้มีความดันสูง โดยใช้เครื่องอัด (compressor) มันอาศัยวิธีการดูดกลืน (absorption) โดยใช้สารดูดกลืน (absorbent) ในสภาพของสารละลายดูดเอาไอของสารทำความเย็นไว้ทำให้ตัวมันเองกลายเป็นสารละลายเจือจางต่อจากนั้นของเหลวดังกล่าว จะถูกปั๊มจากห้องการดูดกลืนซึ่งมีความดันต่ำไปยังเครื่องระเหยเพื่อแยกเอาน้ำออกที่เรียกว่า generator ทั้งนี้โดยให้ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เพื่ออุ่นสารละลายให้ร้อนมากขึ้นก่อนเข้า generator จากการที่ระบบใช้วิธีอัดความดันในสภาพของเหลวทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่าการอัดไอในสภาพไอมาก และเนื่องจากปฏิกิริยาการดูดกลืนเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็นระบายความร้อนออกใน generator สารทำความเย็นซึ่งปกติจะใช้น้ำจะถูกขับออกจากสารละลายของสารดูดกลืน (มักใช้ Li-Br หรือ NH_3) โดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำ ทำให้มันระเหยกลายเป็นไอและแยกตัวออก เนื่องจากจุดเดือดของมันต่ำกว่าสารดูดกลืนไอน้ำที่ใช้จะถูกควบแน่น condenser แล้วไหลเข้าสู่ evaporator ตามวัฏจักรเดิมส่วนสารดูดกลืน เมื่อน้ำถูกแยกออกตัวมันเองจะกลายเป็นสารละลายเข้มข้นไหลกลับมาสู่ห้องดูดกลืน โดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่กล่าวมาแล้วเพื่อระบายความร้อนบางส่วนออก ก่อนที่จะมาทำหน้าที่ดูดกลืนไอน้ำในห้องดูดกลืนเข้าวัฏจักรเดิมต่อไป รายละเอียดของกระบวนการทั้งหมดแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนชนิดชั้นเดียว



รูปที่ 3 เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนชนิดชั้นเดียว

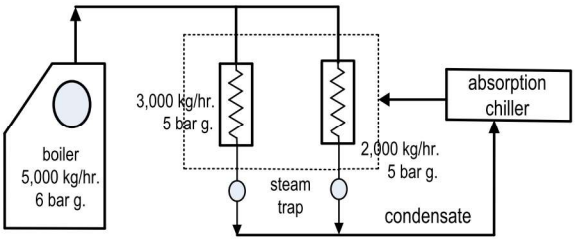
5. วิธีการศึกษา

จากข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานที่แสดงอยู่ในรูปที่ 4 จะเห็นว่าโรงงานมีการผลิตไอน้ำจากหม้อไอน้ำขนาด5 ตันต่อชั่วโมง ที่ความดัน 6 bar g. และส่งไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งใช้ไอน้ำขนาด 3ตันต่อชั่วโมง ที่ความดัน 5 bar g. ผ่านขดท่อเพื่อคายความร้อนใช้ในการอบฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์และผ่านกับดักไอน้ำ (steam trap) ปล่อยออกสู่บรรยากาศ ส่วนที่สองใช้ไอน้ำขนาด 2 ตันต่อชั่วโมงผ่านวาล์วลดความดันจนเหลือความดัน 3 bar g. ฉีดผสมกับน้ำเพื่อทำน้ำร้อนใช้ในการต้มและล้างทำความสะอาดในกระบวนการผลิตที่ใช้น้ำร้อนอื่น ๆ ในส่วนการผลิตน้ำเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศจะใช้ compressor chiller ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก



รูปที่ 4 แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานก่อนปรับปรุง

ในการนี้สามารถออกแบบให้นำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตมาใช้ใน absorption chiller ที่ลงทุนติดตั้งใหม่ทั้งนี้จะต้องเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตน้ำร้อนจากการนำไอน้ำเข้าผสมให้เป็นการคายความร้อนผ่านขดท่อ และระบายออกผ่านกับดักไอน้ำเป็นคอนเดนเสทรวมกับคอนเดนเสทที่ได้จากกระบวนการอบ และนำไปใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนชนิดชั้นเดียวที่ใช้กับน้ำร้อนอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 90 – 130 $^{\circ}$C ประมาณ 4,000 kg/hr [3] สำหรับผลิตน้ำเย็นใช้ในการปรับอากาศในโรงงาน เพื่อลดการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอเดิม อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการหรี่วาล์วอีกส่วนหนึ่งเพราะความดันไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดจะใกล้เคียงกับความดันที่ผลิตจากหม้อไอน้ำ กรณีที่มีคอนเดนเสทส่วนเกินยังสามารถนำไปผสมน้ำป้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นทดแทนระบบเดิมที่ใช้ไอน้ำเข้าผสมน้ำป้อนก็จะประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำอีกทางหนึ่งด้วย ลักษณะของการออกแบบปรับปรุงแสดงอยู่ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานหลังปรับปรุง

หลังการประเมินศักยภาพทางเทคนิคซึ่งพบว่าโรงงานมีศักยภาพเพียงพอในการปรับปรุงระบบดังกล่าว จากนั้นจึงทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นทางเลือกในการลงทุนโดยพิจารณาจากรายรับและรายจ่ายของการลงทุนดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการประกอบด้วย [4]

ก. ค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่อง (CH_g) คิดจากความต้องการพลังไฟฟ้าของ absorption chiller (12.5 kW) คูณกับราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (4.11 Baht/kWh) และชั่วโมงทำงานในรอบปี (7,680hr/yr)

$$CH_g = \text{พลังไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย} \times \text{OP.hr} \quad (1)$$

ข. ค่าดูแลและบำรุงรักษา ($CH_{O\&M}$) รวมถึงค่าซ่อมแซมคิดจากขนาดตันความเย็นของ absorption chiller ที่ใช้ (300 RT) คูณกับค่าดูแลบำรุงรักษารายปี กรณีนี้ดูแลบำรุงรักษารายปีประมาณ 200 Baht/TR/yr (ข้อมูลจากผู้แทนจำหน่าย)

$$CH_{O\&M} = \text{ขนาดตันความเย็น} \times 200 \quad (2)$$

ค. ค่าลงทุนของเครื่อง absorption chiller (CH_{cost}) ราคาเครื่องขนาด 300 ตันความเย็น ประมาณ 5,100,000 บาท

ง. ค่าลงทุนของอุปกรณ์ในระบบ condensate และการปรับปรุงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในกระบวนการผลิต (EQ_{cost}) รวม 500,000 บาท

2. รายได้ในการลงทุนของโครงการ ประกอบด้วย

ก. ค่าไฟฟ้าของระบบ compressor chiller (A/C_g) ขนาด 300 RT คำนวณจากพลังไฟฟ้าที่เครื่องต้องการ (0.95 kW/RT) คูณกับราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (Baht/kWh) และชั่วโมงทำงานต่อปี (hr/yr)

$$A/C_B = \text{พลังไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย} \times \text{OP.hr} \quad (3)$$

ข. ค่าดูแลและบำรุงรักษาของระบบ compressor chiller ($A/C_{O\&M}$) กรณีนี้อาศัยข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาและซ่อมแซมประจำปีที่โรงงานจ่ายให้กับบริษัทผู้รับเหมา ซึ่งราคาบำรุงรักษาจะขึ้นอยู่กับขนาดตันความเย็นและอายุการใช้งานของเครื่อง สมมติให้มีค่าเป็น 5% ของราคาเครื่อง (ราคาเครื่อง 3,400,000 บาท)

ค. มูลค่าซากของระบบ absorption chiller (S_v) เท่ากับ 1% ของราคาลงทุน

ง. ค่าเสื่อมราคาของ compressor chiller ($D_{c,old}$) คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดอายุการใช้งานเท่ากันที่ 25 ปี มูลค่าซากเท่ากับ 10% ของราคาที่ซื้อและอายุการใช้งานขณะประเมิน 12 ปี

3. รายได้สุทธิประจำปี (Annual net income, A) ของระบบ absorption chiller

Annual net income = $(A/C_B + A/C_{O\&M}) - (CH_g + CH_{O\&M})$ (4)

4. การประเมินผลตอบแทนการลงทุน [5] ดัชนีที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนได้แก่

ก. ระยะเวลาคืนทุน (payback period, n) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$P\,\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} = A \qquad (5)$$

โดยที่ P คือเงินลงทุน n คือระยะเวลาคืนทุน i คืออัตราดอกเบี้ย A คือรายได้สุทธิประจำปี

ข. อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) คำนวณจากสมการที่ (6)

$$\sum_{t=1}^{N} \frac{A}{[1+IRR]^t} - P = 0 \qquad (6)$$

โดยที่ t คือปีที่พิจารณา N เป็นอายุการใช้งานของระบบ IRR คืออัตราผลตอบแทนภายใน ดัชนีดังกล่าวนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าโครงการหรือมาตรการนั้น ๆ มีความคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่เพียงไร

6. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

หลังการประเมินศักยภาพทางเทคนิคซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้ในทางเทคนิค จึงได้ประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยข้อมูลทางเทคนิคจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ รวมทั้งราคาของอุปกรณ์ที่ใช้จากผู้แทนจำหน่ายภายในประเทศ ได้ข้อสรุปข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงในตารางที่ 1 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีทั้งระยะเวลาคืนทุนของโครงการและอัตราผลตอบแทนการลงทุน อาจเป็นเพราะความร้อนที่นำมาใช้เป็นความร้อนที่ เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ทำให้ไม่มีต้นทุนในส่วนนี้อีกทั้งโรงงานทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันนั่นคือมีชั่วโมงการทำงานมาก ระยะเวลาคืนทุนเร็ว นอกจากนี้โดยการประเมินราคาขายซาก compressor chiller ตามวิธีข้างต้นจะได้ราคาขายสูง จึงทำให้เงินลงทุนต่ำผลตอบแทนดี

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ที่พิจารณา	มูลค่า
ค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่อง (CH_g)	394,560 บาท
ค่าดูแลและบำรุงรักษา ($CH_{O\&M}$)	60,000 บาท/ปี
ค่าลงทุนของเครื่อง absorption chiller (CH_{cost})	5,100,000 บาท
ค่าลงทุนของอุปกรณ์ (EQ_{cost})	500,000 บาท
ค่าไฟฟ้าของระบบ compressor chiller (A/C_g)	8,995,968 บาท/ปี
ค่าบำรุงรักษาของระบบ compressor chiller ($A/C_{O\&M}$)	170,000 บาท/ปี
มูลค่าซากของระบบ compressor chiller (S_v)	34,000 บาท
ราคาขาย compressor chiller (ตามค่าเสื่อมราคา,$D_{c,old}$)	1,784,320 บาท
รายได้สุทธิประจำปี	8,711,408 บาท
เงินลงทุนของโครงการ (หักรายได้ต่าง ๆ แล้ว)	3,781,680 บาท
ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ	0.43 ปี
ผลตอบแทนการลงทุนต่อปี	38%

7. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการนำความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตโดยการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตบางส่วนพบว่าสามารถนำคอนเดนเสทมาใช้ในระบบ absorption chiller เพื่อทดแทน compressor chiller เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นเดิม โดยออกแบบให้ใช้อุปกรณ์ส่วนควบต่าง ๆ เช่นปั๊ม หรือหอระบายความร้อน (cooling tower) ชุดเดิม การศึกษาเริ่มจากการประเมินศักยภาพในทางเทคนิคเพื่อดูความเป็นไปได้ของปริมาณความร้อนทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปของคอนเดนเสทซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้สูง จากนั้นจึงประเมินศักยภาพในทางเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาจากรายได้และค่าใช้จ่ายของโครงการเทียบกับการลงทุน พบว่าระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เนื่องจากโรงงานมีชั่วโมงทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงานสูงถึง 4.11 บาท/kWh ทำให้ผลประหยัดจากระบบการทำน้ำเย็นสูงด้วย ผลของการศึกษานี้จะเหมาะกับโรงงานที่มีความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและในปัจจุบันภาครัฐฯ มีเงินสนับสนุนในรูปแบบต่าง ๆ เช่นอัตราส่วนลดด้านภาษีอากรสำหรับอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เงินช่วยเหลือให้เปล่าร้อยละ 20 หรือ 30 สำหรับโครงการอนุรักษ์พลังงานที่ผลตอบแทนดีซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, (2550) กรณีศึกษา "**ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller)**", เอกสารประกอบการอบรมสัมมนาเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในระบบการทำความเย็น, ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, กรกฎาคม 2550, 34 หน้า

[2] ASHRAE Handbook, (1998)", **Absorption Cooling Heating and Refrigeration Equipment, Refrigeration** Volume. Chapter 41. 1998

[3] Energy Conservation System. Greener Air Conditioning. Available from URL : http://www.ecsthai.co.th/product-services-2/greener-air-conditioning/. Accessed Mar 4, 2014.

[4] พิชัย กฤชไมตรี, (2541), "**ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม อดีต ปัจจุบัน และอนาคต**" บทความวิชาการสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ. Vol 27 : 18 – 23.

[5] อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ และจุลละพงศ์ จุลละโพธิ "**การประหยัดไอน้ำในโรงงานยาสูบ**" วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 พ.ศ.2543 หน้า 95-103

[6] Reay, D.A., (1979), **Industrial Energy Conservation**, Pergamon, Inc.

[7] W.F.Stoker, (1989), **Design of Thermal Systems**, Mc.Graw-hill , Inc.