การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์

Analysis of COP and EER of Air Conditioner by Thermoelectric Combined with Solar Cell

ถิรายุ ปิ่นทอง*

Thirayu Pinthong*

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Energy Engineering Branch, Department of Industrial Technology,

Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology Nakhonsawan Rajabhat University.

วันที่รับบทความ 1 มกราคม พ.ศ. 2558

วันที่ตอบรับตีพิมพ์ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ สร้างทดสอบและ วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบได้ถูกออกแบบให้ติดตั้งถังพักน้ำเย็นสำหรับจ่ายน้ำเย็นเข้าคอยล์เย็น โดยมีขนาดกว้าง 0.025 เมตร ยาว 0.6 เมตร สูง 0.2 เมตร และถังเก็บน้ำใช้ระบายความร้อนที่มีขนาด 0.02 เมตร ยาว 0.6 เมตร 0.2 เมตร การทดสอบทำการบันทึกข้อมูลทุก 20 นาที ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นทั้งระบบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.080 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานโดยเฉลี่ย เท่ากับ 0.274 บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ การชาร์ตประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่โดยการใช้แผงโซล่าเซลล์ กำลังไฟฟ้าที่วัดจากขั้วแบตเตอรี่มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 263.94 วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่วัดจากขั้วแผงโซล่าเซลล์มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 279.78 วัตต์ และค่าเฉลี่ยความเข้มแสงตลอดการทดลองอยู่ที่ 899.56 วัตต์ต่อตารางเมตร ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์พลังงานแสงอาทิตย์ ระยะคืนทุน 4.19 ปี

คำสำคัญ: เครื่องปรับอากาศ เทอร์โมอิเล็กทริกส์ เซลล์แสงอาทิตย์

*Corresponding author. E-mail: volt-energy@hotmail.com

Abstract

This research is to design, fabricate, and analyze coefficient of performance (COP) and energy efficiency ratio (EER) including the analysis of economic cost benefit of a thermoelectric air-conditioner combined with solar cell. The system is designed by installing a cool water tank to feed into the cooling coil with dimension of 0.025 m width, 0.6 long, and 0.2 high and the water tank used to transfer the heat with dimension of 0.02 m width, 0.6 long, and 0.2 high. The temperature recorded at various points and turn on sheet thermoelectric work for every 20 minutes. The results test from each test point average is that the average coefficient of performance of the cooling system on the average is 0.080. The energy efficiency ratio (EER) from testing a 0.274 (BTU/hr)/W. The results test of recharge battery average is 263.94 watts. The average of electricity power solar is 279.78 watts. The solar intensity is 899.56 watts per square meter. Air conditioner by Thermoelectric combined with Solar Cell, will be paid. The payback period is 4.19 years.

Keywords: air conditioner , thermoelectric , solar cell

บทนำ

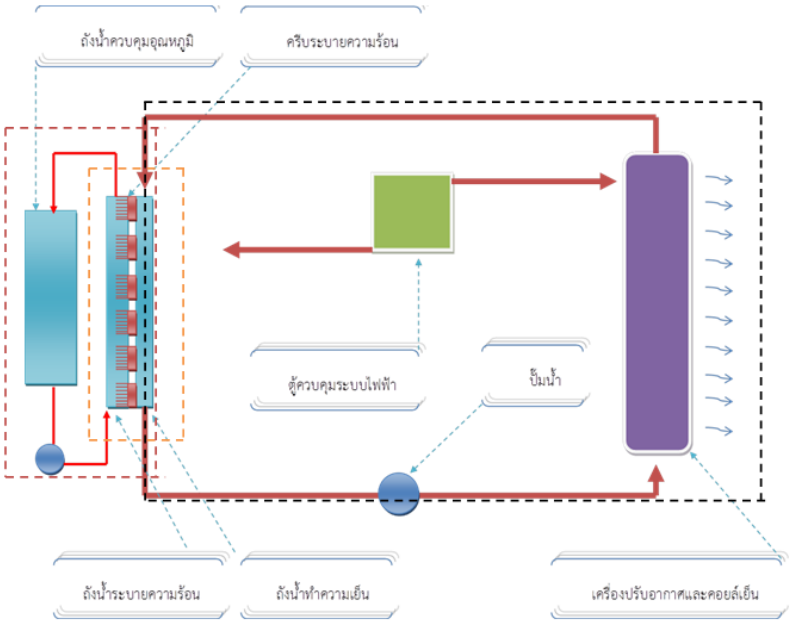
ในปี พ.ศ. 2557 จำนวนราษฎรของประเทศไทยสามารถแบ่งเป็น ชาย 31,999,008 คน และหญิง 33,125,708 ประชากรทั้งหมดมีจำนวนเท่ากับ 65,124,716 คน (หลักฐานทะเบียนราษฎร สำนักงานทะเบียนกลาง, 2557) ส่งผลให้มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วง 9 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2557 อยู่ที่ระดับ 26,942 เมกะวัตต์ สูงกว่าพลังงานสูงสุดสุทธิของปีที่ผ่านมาอยู่ 344 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 เป็นผลให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย ในช่วง 9 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2557 มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจำนวน 136,779 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมา โดยสามารถแบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้ การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 64 ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด อยู่ที่ระดับ 89,228 กิกะวัตต์ชั่วโมง ลดลงร้อยละ 1.3 เนื่องจากประเทศพม่าหยุดจ่ายก๊าซธรรมชาติในเดือนมกราคม และมีนาคม ประกอบกับการปิดการซ่อมบำรุงของแหล่งก๊าซธรรมชาติบงกช ในเดือนเมษายน และแหล่งเจดีเอ A18 ปิดซ่อมการบำรุงในเดือนมิถุนายน ส่งผลให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติเข้าระบบผลิตไฟฟ้าลดลง การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน/ลิกไนต์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21 อยู่ที่ระดับ 28,719 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.4 การนำเข้าไฟฟ้าจาก สปป. ลาว ไฟฟ้าแลกเปลี่ยนกับมาเลเซีย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 8 อยู่ที่ระดับ 10,032 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7 จากการขอรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการเทิน-หินบุน น้ำงึม 2 และน้ำเทิน 2 สปป. ลาว เพิ่มขึ้น เพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าช่วงที่ประเทศพม่าหยุดจ่ายก๊าซธรรมชาติในเดือนมกราคม การผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3 อยู่ที่ระดับ 4,363 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 การผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันเตาและน้ำมันดีเซล คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1 อยู่ที่ระดับ 1,372 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.8 และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2 อยู่ที่ระดับ 3,065 กิกะวัตต์ชั่วโมงเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.4 (ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน, 2558) เครื่องปรับอากาศเป็นสาเหตุหนึ่งของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดเวลา รวมถึงยังส่งผลเสียให้กับชั้นบรรยากาศ เนื่องจากมีสาร

คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และ สารไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (HCFC) เป็นสารที่มีผลทำลายชั้นโอโซนและไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีการผลิตอุปกรณ์ประเภทคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในระบบทำความเย็น เป็นจำนวนอยู่ที่ 7,942,000 เครื่อง (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2548) ในระบบปรับอากาศและทำความเย็นในประเทศไทยเกือบทั้งหมดใช้คอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ และใช้สารทำความเย็นที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์, 2548) เพื่อการหลีกเลี่ยงปัญหาการขาดแคลนพลังงานและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมดังกล่าว แนวทางแก้ไขที่เสนอในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเอาเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกส์มาประยุกต์ใช้ในระบบทำความเย็น ซึ่งระบบการทำความเย็นโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์จะไม่ทำลายสภาวะแวดล้อม โดยอาศัยปรากฏการณ์เพลเทียร์คือการแปรผันกระแสไฟฟ้าเป็นความเย็นและความร้อน โดยอาศัยการสั่นสะเทือนของโครงสร้างภายในสารในเชิงฟิสิกส์ควอนตัม ข้อดีประการสำคัญของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ คือใช้พลังงานน้อยในการทำความเย็น ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดเสียงดังเพราะไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวขณะทำงาน ฯลฯ

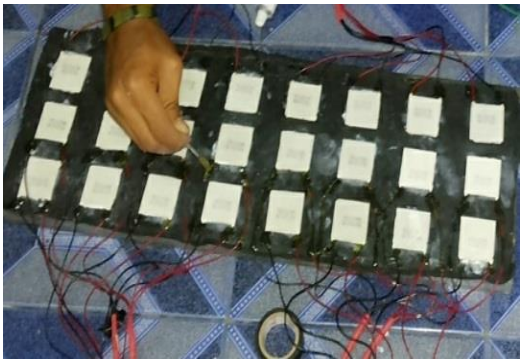
ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ออกแบบสร้างและทดสอบสมรรถนะการทำความเย็น และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้พลังงานทางเลือก ในด้านการทำความเย็น เพื่อทดแทนพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใกล้จะหมดไป

หลักการทำงานของระบบ

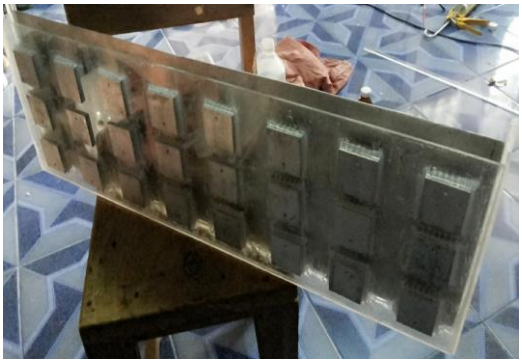
หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้ศึกษาออกแบบและสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ในระบบจะมีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำให้น้ำในระบบเย็นและส่วนที่ทำน้ำเย็นไปแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับกับอากาศ ส่วนที่ทำให้น้ำเย็นจะประกอบด้วยถังน้ำ 3 ถัง คือ 1.ถังน้ำเย็นที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ติดตั้งอยู่เพื่อปั๊มน้ำเข้าสู่ส่วนที่สอง 2. ถังน้ำระบายความร้อน โดยจะติดตั้งครีบระบายความร้อนติดกับถัง 3.ถังน้ำเพื่อควบคุมอุณหภูมิ จะเป็นถังที่มีขนาดใหญ่เพื่อควบคุมไม่ให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อส่วนที่หนึ่งทำอุณหภูมิน้ำได้ที่กำหนดไว้จึงปั๊มน้ำเข้าส่วนที่สองเพื่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับอากาศทำให้ห้องมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป



ภาพที่ 1 หลักการทำงานเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์

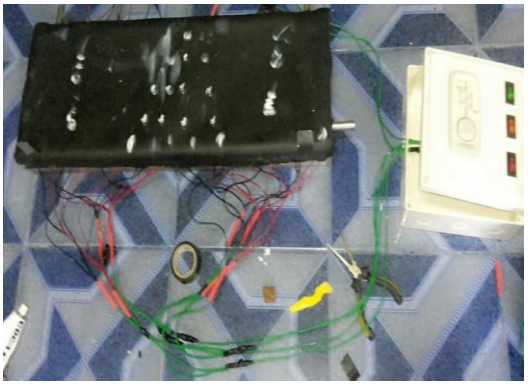


ภาพที่ 2 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์



ภาพที่ 3 ถังน้ำระบายความร้อน

ส่วนประกอบของถังทำน้ำเย็นเพื่อป้อนเข้าสู่คอยล์เย็น เพื่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับอากาศภายในห้องทดสอบ ได้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 24 แผ่น โดยนำมาต่อขนานกัน และหุ้มฉนวนทำความเย็นเพื่อกันอุณหภูมิสูงจากด้านนอกถ่ายเทเข้ามาให้กับน้ำเย็นในถัง ดังภาพที่ 2 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ในส่วนของถังน้ำระบายความร้อนติดตั้งครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน จำนวน 24 ชุด เพื่อใช้เป็นตัวช่วยระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้ง 24 แผ่น ดังภาพที่ 3 ถังน้ำระบายความร้อน



ภาพที่ 4 ระบบสวิตช์ควบคุม

ภาพที่ 5 การติดตั้งคอยล์เย็นและถังน้ำเย็น

ในระบบการทำความเย็นในถังทำน้ำเย็น ได้ติดตั้งระบบสวิตช์ควบคุมการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้ง 24 แผ่น ดังภาพที่ 4 ระบบสวิตช์ควบคุม รวมถึงได้ติดตั้งปั๊มน้ำขนาดเล็ก DC 12 โวลต์ ขนาดกำลังไฟฟ้าที่ 4.2 วัตต์ อัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที เพื่อปั๊มน้ำเย็นจากถังทำน้ำเย็นไปสู่คอยล์เย็น ที่บริเวณด้านหน้าของคอยล์เย็นจะมีมอเตอร์เพื่อดูดอากาศผ่านคอยล์ เย็นเพื่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยใช้มอเตอร์ DC 12 โวลต์ ขนาด 30 วัตต์ และตำแหน่งของอุปกรณ์ของชุดสวิตช์ควบคุมการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ในถังทำน้ำเย็น และการหุ้มฉนวนในถังน้ำเย็นได้ติดตั้งดังภาพที่ 5 การติดตั้งคอยล์เย็นและถังน้ำเย็น

ภาพที่ 6 ชุดระบายความร้อน

ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแต่ละจุด

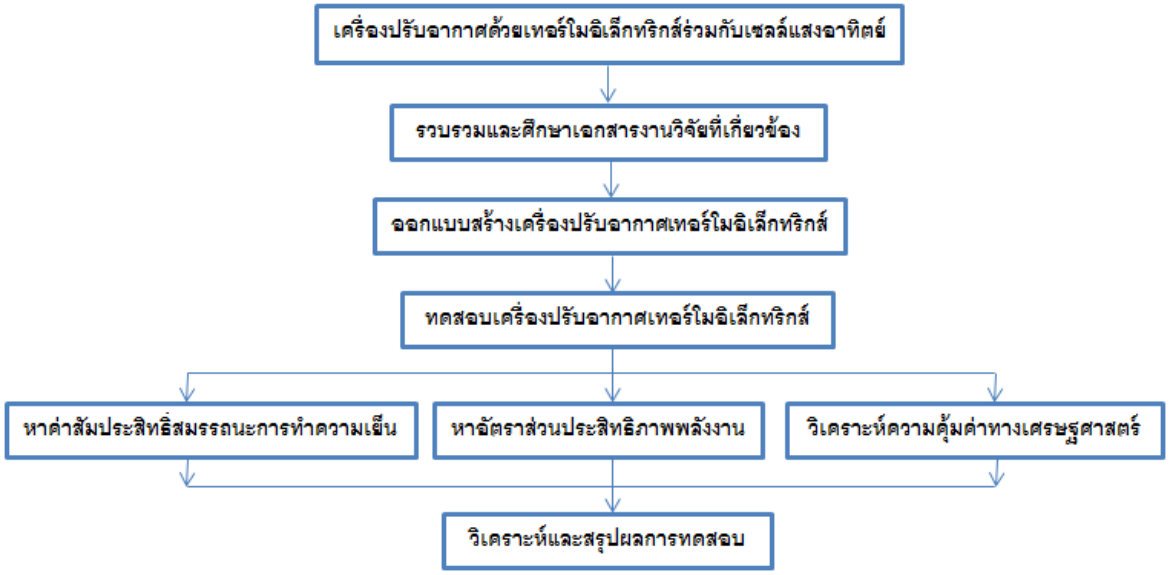
การระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้ง 24 แผ่น ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ชุดพัดลมระบายความร้อนขนาด 3 เซนติเมตร จำนวน 24 ชุด ใช้กำลังไฟฟ้าที่ 5 โวลต์ 0.02 แอมแปร์ ต่อ 1 ชุด และใช้พัดลมระบายความร้อนขนาด 10.16 เซนติเมตร ใช้กำลังไฟฟ้า 12 โวลต์ 0.25 แอมแปร์ จำนวน 2 ชุด ใช้ในการดูดความร้อนที่ระบายจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ทั้ง 24 แผ่น ให้ออกมาตามท่อหุ้มฉนวนเพื่อปล่อยความร้อนทิ้งสู่ภายนอกห้องทดสอบ ในห้องที่ทำการทดสอบนี้มีขนาดกว้าง 1.8 เมตร ยาว 1.8 เมตร สูง 3 เมตร ภาพที่ 6 ชุดระบายความร้อน นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งเทอร์โมดิจิตอลเพื่อทำการวัดอุณหภูมิของห้องทดสอบเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ดังภาพที่ 7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแต่ละจุด

ภาพที่ 8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการชาร์ตประจุลงแบตเตอรี่

ระบบการชาร์ตประจุลงแบตเตอรี่ได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม (Polycrystalline) ขนาด 295 วัตต์ จำนวน 1 แผง และใช้อุปกรณ์ควบคุมประจุเพื่อทำการชาร์ตประจุลงแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก ดังภาพที่ 8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการชาร์ตประจุลงแบตเตอรี่

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงเป็นแผนภาพไดอะแกรมได้ดังภาพที่ 9 เริ่มจากสร้างองค์ความรู้ด้วยการศึกษา ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการการออกแบบ เครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้ศึกษาทดสอบ วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยออกแบบเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ซึ่งใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์จำนวน 24 แผ่น โดยที่แต่ละแผ่นมีขนาด 40 วัตต์ และออกแบบให้มีถังพักน้ำเย็นสำหรับจ่ายน้ำเย็นเข้าคอยล์เย็น ขนาดกว้าง 0.025 เมตร ยาว 0.6 เมตร สูง 0.2 เมตร และถังเก็บน้ำสำหรับการระบายความร้อนขนาด 0.02 เมตร ยาว 0.6 เมตร 0.2 เมตร เริ่มเก็บผลการทดสอบบันทึกข้อมูลทุก 20 นาทีตั้งแต่เวลา 8:00 – 16:00 น. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบรวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามสมการดังนี้

1. **กำลังไฟฟ้า**

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

P คือ กำลังไฟฟ้า (W), V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V), I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

2. **สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น** (Coefficient of performance: COP)

$$COP = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ } (\mathbf{BTU/hr})}{\text{พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ } (\mathbf{BTU/hr})} = \frac{|Q|}{W} \quad (2)$$

Q คือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อน (kW), W คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ (kW)

3. **อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน** (Energy Efficiency Ratio)

$$EER = \frac{\text{อัตราการทำความเย็น } (\mathbf{BTU/hr})}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ } (\mathbf{W})} = 3.142 \times COP \quad (3)$$

4. **ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์**

$$\textbf{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ราคาต้นทุนในการผลิต } (\text{บาท})}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ } (\text{บาทต่อปี})} \quad (4)$$

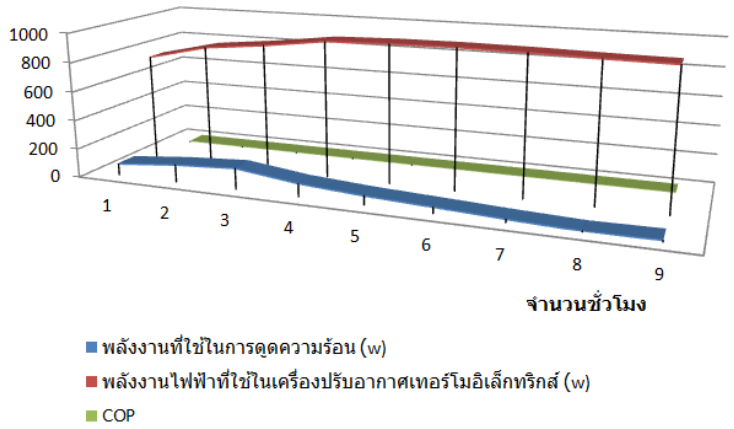
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of performance : COP)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	มวลอากาศ(kg)	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg.K)	อุณหภูมิอากาศในห้องเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิอากาศในห้องสุดท้าย (°C)	พลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อน (W)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (W)	COP
08.00	11.66	1.02	38.20	37.40	79.29	750.00	0.106
08.20	11.66	1.02	37.40	36.00	138.75	820.00	0.170
08.40	11.66	1.02	36.00	35.20	79.29	845.00	0.094
09.00	11.66	1.02	35.20	34.00	118.93	847.00	0.141
09.20	11.66	1.02	34.00	32.80	118.93	865.00	0.138
09.40	11.66	1.02	32.80	31.60	118.93	880.00	0.135
10.00	11.66	1.02	31.60	30.15	143.71	890.00	0.162
10.20	11.66	1.02	30.15	29.40	74.34	907.00	0.082
10.40	11.66	1.02	29.40	28.05	133.80	920.00	0.146
11.00	11.66	1.02	28.05	27.15	89.20	945.00	0.095
11.20	11.66	1.02	27.15	25.80	133.80	950.00	0.141
11.40	11.66	1.02	25.80	25.20	59.47	955.00	0.062
12.00	11.66	1.02	25.20	24.60	59.47	957.00	0.062
12.20	11.66	1.02	24.60	23.80	79.29	956.50	0.083
12.40	11.66	1.02	23.80	23.20	59.47	954.00	0.062
13.00	11.66	1.02	23.20	22.80	39.64	960.00	0.041
13.20	11.66	1.02	22.80	22.40	39.64	962.00	0.041
13.40	11.66	1.02	22.40	22.05	34.69	958.00	0.036
14.00	11.66	1.02	22.05	21.86	18.84	956.00	0.020
14.20	11.66	1.02	21.86	21.28	57.49	952.00	0.061
14.40	11.66	1.02	21.28	21.18	9.91	950.00	0.011
15.00	11.66	1.02	21.18	21.16	1.98	948.00	0.002
15.20	11.66	1.02	21.16	21.20	3.90	940.00	0.004
15.40	11.66	1.02	21.20	22.20	99.11	938.00	0.106
16.00	11.66	1.02	22.20	22.28	7.93	943.00	0.008
ค่าเฉลี่ย					71.99	916.33	0.080

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.080 และเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด 21.16 องศาเซลเซียส มีพลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 71.99 วัตต์ และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์เฉลี่ยเท่ากับ 916.33 วัตต์ จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าอุณหภูมิห้องเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 38.20 องศาเซลเซียส และเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถทำอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 21.16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ และค่า COP ในแต่ละชั่วโมงทดสอบ

จากผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่าค่าพลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อนจะมีค่าสูงมาก เมื่อระยะเวลาการทดสอบเริ่มต้นจนถึงเวลา 3 ชั่วโมง จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 143.71 วัตต์ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์เมื่อเริ่มทำการทดสอบพบว่าช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น และค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 962 วัตต์ และค่า COP พบว่าเมื่อเริ่มทดสอบเริ่มต้นจนถึงเวลา 3 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.170 ซึ่งพบว่าค่า COP จะแปรผันตรงกับค่าพลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อนและแปรผกผันกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์

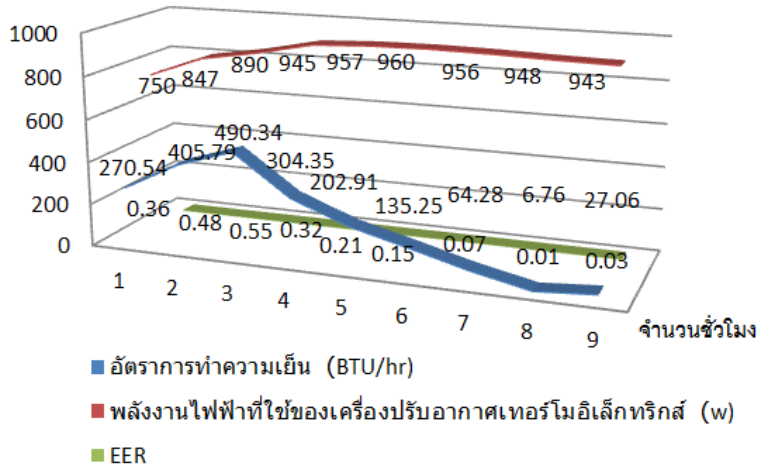
ผลการทดสอบเฉลี่ยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

จากผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน เมื่อ หน่วย บีทียู สามารถเทียบกับหน่วยวัตต์ได้คือ 1 บีทียู เท่ากับ 0.293071 วัตต์ จะได้ว่า 1 วัตต์ เท่ากับ 3.412 บีทียู (ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

เวลา	มวลอากาศ(kg)	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg.K)	อุณหภูมิอากาศในห้องเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิอากาศในห้องสุดท้าย (°C)	อัตราการทำความเย็น (BTU/hr)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (W)	EER
08.00	11.66	1.02	38.20	37.40	270.54	750.00	0.36
08.20	11.66	1.02	37.40	36.00	473.41	820.00	0.58
08.40	11.66	1.02	36.00	35.20	270.54	845.00	0.32
09.00	11.66	1.02	35.20	34.00	405.79	847.00	0.48
09.20	11.66	1.02	34.00	32.80	405.79	865.00	0.47
09.40	11.66	1.02	32.80	31.60	405.79	880.00	0.46
10.00	11.66	1.02	31.60	30.15	490.34	890.00	0.55
10.20	11.66	1.02	30.15	29.40	253.65	907.00	0.28
10.40	11.66	1.02	29.40	28.05	456.53	920.00	0.50
11.00	11.66	1.02	28.05	27.15	304.35	945.00	0.32
11.20	11.66	1.02	27.15	25.80	456.53	950.00	0.48
11.40	11.66	1.02	25.80	25.20	202.91	955.00	0.21
12.00	11.66	1.02	25.20	24.60	202.91	957.00	0.21
12.20	11.66	1.02	24.60	23.80	270.54	956.50	0.28
12.40	11.66	1.02	23.80	23.20	202.91	954.00	0.21
13.00	11.66	1.02	23.20	22.80	135.25	960.00	0.15
13.20	11.66	1.02	22.80	22.40	135.25	962.00	0.14
13.40	11.66	1.02	22.40	22.05	118.36	958.00	0.12
14.00	11.66	1.02	22.05	21.86	64.28	956.00	0.07
14.20	11.66	1.02	21.86	21.28	196.15	952.00	0.21
14.40	11.66	1.02	21.28	21.18	33.81	950.00	0.04
15.00	11.66	1.02	21.18	21.16	6.76	948.00	0.01
15.20	11.66	1.02	21.16	21.20	13.30	940.00	0.02
15.40	11.66	1.02	21.20	22.20	338.16	938.00	0.36
16.00	11.66	1.02	22.20	22.28	27.06	943.00	0.03
ค่าเฉลี่ย					**245.64**	**916.33**	0.273

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.273 และเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด 21.16 องศาเซลเซียส มีอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 245.64 บีทียูต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์เฉลี่ยเท่ากับ 916.33 วัตต์ จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าอุณหภูมิห้องเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 38.20 องศาเซลเซียส และเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถทำอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 21.16 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบอัตราการทำความเย็น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ และค่า EER ในแต่ละชั่วโมงทดสอบ

จากผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 11 พบว่า ค่าอัตราการทำความเย็นจะมีค่าสูงมาก เมื่อระยะเวลาการทดสอบเริ่มต้นจนถึงเวลา 3 ชั่วโมง จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 490.34 บีทียูต่อชั่วโมง และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์เมื่อเริ่มทำการทดสอบพบว่าช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ มีผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น และค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 960 วัตต์ และค่า EER พบว่าเมื่อเริ่มทดสอบเริ่มต้นจนถึงเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.55 บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ ซึ่งพบว่าค่า EER จะแปรผันตรงกับค่าอัตราการทำความเย็น และแปรผกผันกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์

ผลการทดสอบการชาร์ตพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่โดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการชาร์ตพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่โดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์

เวลา (ชั่วโมง)	**ตำแหน่งที่วัดกำลังไฟฟ้า** (W)		**ความเข้มแสงอาทิตย์** W/m^2
	ขั้วแบตเตอรี่	**ขั้วแผงโซล่าเซลล์**	
08.00	220.75	235.55	630.05
09.00	240.58	260.55	794.95
10.00	270.85	280.75	864.80
11.00	278.95	285.48	989.90
12.00	285.40	296.40	1070.58
13.00	285.20	295.52	1060.83
14.00	292,36	293.45	998.82
15.00	286.42	290.55	892.49
16.00	243.42	258..42	793.68
เฉลี่ย	263.94	279.78	899.56

จากตารางที่ 3 พบว่าผลทดสอบชาร์ตแบตเตอรี่โดยการใช้แผงโซล่าเซลล์ตลอดการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง สรุปได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่วัดจากขั้วแบตเตอรี่มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 263.94 วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่วัดจากขั้วแผงโซล่าเซลล์มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 279.78 วัตต์ และค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ตลอดการทดสอบอยู่ที่ 899.56 วัตต์ต่อตารางเมตร

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์

- เครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ มีขนาด 972.60 วัตต์ ระยะเวลาการทดสอบเปิดใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง
- ใน 1 วัน มีอัตราการใช้พลังงานอยู่ที่ = 972.60 x 8 = 7,780.80 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน
- คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน = 7,780.80 x 30 = 233,424 วัตต์ชั่วโมงต่อเดือน
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน = 233.424 กิโลวัตต์ชั่วโมง
- จากราคาค่าไฟฟ้า ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(http://www.eppo.go.th/power/pw-rate-PEA.html#1) คิดที่อัตราปกติ 2.98 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

- พบว่าใน 1 เดือนมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 233.424 กิโลวัตต์ชั่วโมง และมีราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยอยู่ที่ 2.98 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ดังนั้น ใน 1 เดือน เครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดต้นทุนการใช้พลังงานได้ = 233.424 x 2.98 = 695.60 บาทต่อเดือน
- ดังนั้น เครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์มีต้นทุน = 35,000 บาท พบว่าระยะเวลาคืนทุน = 35,000/695.60 = 50.31 เดือน คิดเป็น 50.31/12 = 4.19 ปี

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.080 และเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด 21.16 องศาเซลเซียส มีพลังงานที่ใช้ในการดูดความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 71.99 วัตต์ และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์เฉลี่ยเท่ากับ 916.33 วัตต์

2. ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.273 บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ และเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด 21.16 องศาเซลเซียส มีอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 245.64 บีทียูต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์เฉลี่ยเท่ากับ 916.33 วัตต์

3. กำลังไฟฟ้าที่วัดจากขั้วแบตเตอรี่มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 263.94 วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่วัดจากขั้วแผงโซล่าเซลล์มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 279.78 วัตต์ และค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ตลอดการทดสอบอยู่ที่ 899.56 วัตต์ต่อตารางเมตร

4. เมื่อวิเคราะห์ค่าจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่ามีเงินลงทุนประมาณ 35,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4.19 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาคเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับใช้ในวิจัยจนทำให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คณิต ทองพิสิฐสมบัติ .(2552) . *เครื่องทำความเย็นขนาดเล็กเทอร์โมอิเล็กทริกส์*. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2557, เข้าถึงได้จาก https://e-nett.sut.ac.th/content_groupSorted.htm.

เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์. (2548). ตู้น้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กตริก. ในการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 วันที่ 11-13 พฤษภาคม 2548

ปฐมพงศ์ จิโน ถิรายุ ปิ่นทอง โกเมน หมายมั่น .(2557). การศึกษาระบบทำน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับโซล่าร์เซลล์ .*วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, *19* (พิเศษ), 231-243

พูลพร แสงบางปลา .(2550). *ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ .(2552). *เครื่องทำน้ำเย็น-น้ำร้อนระบบอัตโนมัติ*. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2557, เข้าถึงได้จาก https:// koha.library.tu.ac.th/opac-search.pl?

ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน .(2558). *สถานการณ์พลังงานไทย ช่วง 9 เดือนแรกของปี 2557 (รายไตรมาส)*. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

สำนักงานทะเบียนกลาง .(2557). จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่างๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557.สำนักงานทะเบียนกลาง กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน .(2558) . *กระทรวงพลังงาน*. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2557, เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/airconditioner55/extra-credit/kar-khanwn-btu

สมศักดิ์ สุโมตยกุล.(2533). *หลักการทำงานและเทคนิคการตรวจสอบเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ :* ซีเอ็ดยูเคชั่น

สุวิทย์ จักษุจินดา. (2549). *ระบบทำความเย็นของตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริกซ์*. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2557, เข้าถึงได้จาก https:// rdi.snru.ac.th/UserFiles/File/s53.pdf.