การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

A Comparative Study of Performance in a Split-type Air Conditioning System with the Solar Collector

ณัฐพล โคตรพิมพ์* และ ทวีวัฒน์ สุภารส
Nuttapon Khotpim* and Taveewat Suparos

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ
Department of Mechanical Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

*Corresponding author E-mail: nuttapon.khotpm@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ระบบประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอัดไอระบายความร้อนด้วยอากาศแบบควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ด้วยระบบอินเวอร์เตอร์โดยใช้สารทำความเย็น R32 มีขนาดพิกัดทำความเย็น 5.42 kW (18,500 Btu/h) การทดลองเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ 2 ชนิด คือ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ มีความยาวท่อทองแดง 5 เมตรภายในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ การทดลองนี้ได้ทำการควบคุมภาระการทำความเย็นที่สำหรับปรับอากาศ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 kW ที่อุณหภูมิปรับอากาศคงที่ 25°C ภายในห้องปรับอากาศที่มีพื้นที่ 25 m^2 ช่วงเวลา 09.00-17.00 น. ผลการทดลองพบว่าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศให้สมรรถนะสูงกว่าแบบแผ่นเรียบโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็น (COP) เฉลี่ยเท่ากับ 7.24 และ 7.12 ตามลำดับ มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เท่ากับ 23.16 Btu/h/W และ 22.49 Btu/h/W ตามลำดับมีค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.08 kW และ 1.14 kW และการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.8 kWh/day และ 9.16 kWh/day (09.00-17.00 น.) คิดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 37.15 บาท/วัน และ 38.67 บาท/วัน

คำสำคัญ: การประหยัดพลังงาน ระบบปรับอากาศ พลังแสงอาทิตย์ สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ

Abstract

This research was a comparative study of performance on a split-type air conditioning system with the solar collector. The system consisted of a vapor compression with an inverter system, air-cool type condenser, R32 type of refrigerant, and 5.42 kW (18,500 Btu/h) of cooling capacity. To determine the system performance and the potential of energy saving between solar collector, two experiments were conducted as testing an air conditioner combined flat plate solar collector and testing an air conditioner combined vacuum tube solar collector. In which the copper tube is 5 meters long, installed inside the solar collector. The cooling load for air conditioning was controlled at 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 kW, in a room area 25 m^2, at a constant room temperature of 25°C, the time of testing 09.00 am – 05.00 pm. The result show that the air conditioner combined with vacuum tube solar collector was best effective combination system more than flat plate solar collector, the coefficient of performant (COP) was equaled to 7.24 and 7.15, energy efficiency ratio (EER) was equaled to 23.16 and 22.49 Btu/h/W, the average maximum electric power was at 1.08 and 1.14 kW, and the electrical energy was consumed at 8.8 and 9.16 kWh/day (09.00 am - 05.00 pm) which will cost equaled to 37.15 and 38.67 baht/day.

Keywords: Energy Saving, Air Conditioning System, Solar Energy, Coefficient of Performant

บทนำ

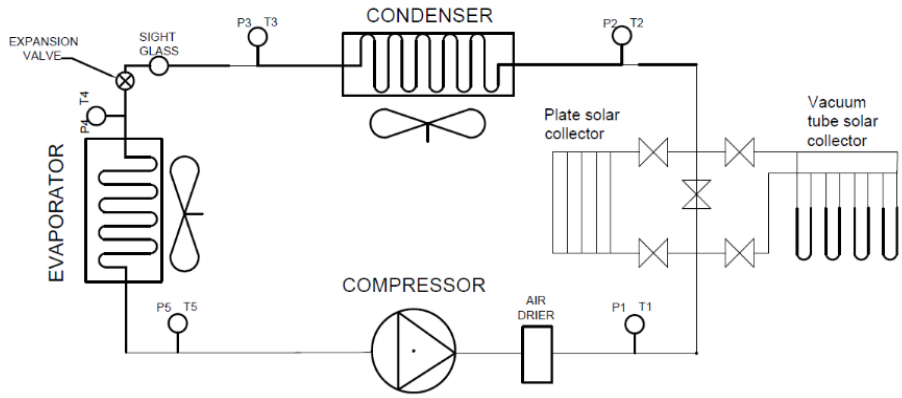
ในปัจจุบันอุณหภูมิจากอากาศภายในประเทศมีความร้อนค่อนข้างสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชากรภายในประเทศเป็นอย่างมาก เพื่อให้สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างสุขสบายประชากรจึงนิยมใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้ช่วยลดอุณหภูมิจากภาพแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลกระทบดังกล่าว โดยนิยมติดตั้งภายในที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงานต่าง ๆ รวมทั้งห้างสรรพสินค้าและอาคารอื่น ๆ ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานป้อนให้กับเครื่องปรับอากาศ โดยสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยค่อนข้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี รวมทั้งมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า “สภาวะโลกร้อน” ในหลายประเทศจึงมีนโยบายรณรงค์ให้มีการลดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและรณรงค์ให้หันมาใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น จากข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานในชีวิตประจำวันพบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ากว่า 60% มาจากเครื่องปรับอากาศเป็นหลัก ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูง โดยจากสถิติพบว่ามียอดการจำหน่ายเครื่องปรับอากาศแบบแยกในปี 2557 จำนวนประมาณ 3.2 ล้านเครื่อง

และปี 2558 มีจำนวนประมาณ 3.4 ล้านเครื่องและมีแนวโน้มจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น 1-2% ต่อปี รวมทั้งเมื่อเทียบสัดส่วนประเภทของเครื่องปรับอากาศ พบว่ามีการใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กประมาณ 68% (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560) ผู้วิจัยจึงได้สนใจในการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานสะอาด ไม่มีมลพิษ มีศักยภาพที่สูงและไม่มีวันสิ้นสุด โดยจะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ลดลง จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ดำเนินการวิจัยวิธีต่าง ๆ ในการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ โดยมีหลักการคือ การเพิ่มความร้อนของสารทำความเย็นหลังออกจากคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นอีกวิธีนึงที่มีนักวิจัยได้ทำการวิจัยในระดับหนึ่ง เช่น ชนิดา ป้อมเสน (2556) ได้ทำการศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาดเครื่องปรับอากาศ 18,000 Btu/h สารทำความเย็น R-410A ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยให้น้ำร่วมกับเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิของน้ำร้อน 90°C 80°C และ 70°C ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่า COP ของแบบใช้ความร้อนทิ้งที่ 90°C มีค่ามากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 5.17 และส่งผลทำให้ค่า EER เฉลี่ยเท่ากับ 17.64 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 kW/h ประหยัดได้ถึง 36.72 บาทต่อ 8 h/day ซึ่งวิธีนี้ต้องทำการติดอินเวอร์เตอร์ในการปรับลดความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์หรือการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นหลังออกจากคอมเพรสเซอร์ นอกจากนี้ ศิริรัตน์ กาญจนวชิกุล (2551) ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยการใช้ความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาด 12000 Btu/h สารทำความเย็น R22 ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแลกเปลี่ยนกับน้ำร่วมกับการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์โดยอุณหภูมิของน้ำร้อนเฉลี่ยที่ 57.4°C ซึ่งทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลังคอมเพรสเซอร์โดยได้ค่าเฉลี่ย COP เท่ากับ 4.0 ใช้ไฟฟ้า 2.07 kW-h ช่วยให้ประหยัดไฟฟ้าจากเดิมได้ 38.76% ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าในเครื่องปรับอากาศจะใช้คอมเพรสเซอร์ในการสร้างแรงดันให้กับสารทำความเย็นให้ไหลเวียนภายในระบบโดยคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในระบบปรับอากาศสำหรับนักวิจัยหลายท่านได้ทำการวิจัยในเรื่องนี้ออกมาแล้วนั้นพบว่าค่า COP ค่า EER และผลประหยัดไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการคือนำเครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์มาติดตั้งร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ โดยให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นตัวช่วยเพิ่มอุณหภูมิของสารทำความเย็นในระบบให้มีความดันเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยในการลดภาระการทำงานและลดกำลังการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบปรับอากาศ และยังนำพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ รวมทั้งความคุ้มค่าในการลงทุนของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบสมรรถนะในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ระบบประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบอัดไอชนิดอินเวอร์เตอร์ขนาดความสามารถในการทำความเย็น 5.4 kW (18,500 BTU/h) ใช้สารทำความเย็นชนิด R32 เป็นสารทำงานในระบบ โดยติดตั้งร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ 2 ชนิดคือ แบบแผ่นเรียบขนาด 0.95 m × 0.5 m (0.457 m^2) และแบบท่อสุญญากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.58 mm หนา 1.6 mm ความยาวหลอดละ 0.5 m จำนวน 5 หลอด โดยติดตั้งท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้วเป็นท่อทางเดินให้แก่สารทำความเย็นภายในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์และมีความยาวของท่อทองแดงแต่ละเครื่องเท่ากับ 5 m/เครื่อง ห้องปรับอากาศขนาด กว้าง 5 m ยาว 5 m สูง 2.7 m ซึ่งทำการทดลองในช่วงเดือนมีนาคม 2564 เวลา 09.00 – 17.00 น. โดยก่อนบันทึกข้อมูลได้ทำการเปิดเครื่องปรับอากาศให้ทำงานก่อนเวลาบันทึกข้อมูลเป็นเวลา 30 min การทดลองได้ดำเนินการบันทึกผลการทดลองโดยใช้เกจวัดความดันในการวัดความดัน ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติบันทึกผลอุณหภูมิ ค่าพลังงานไฟฟ้าใช้เครื่องวัด Power meter



ภาพที่ 1 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอัดไอร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 ตารางแสดงจำนวนจุดวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

จุดวัด	สัญลักษณ์	ตำแหน่งการวัด	จำนวน
1	P_1 T_1	ความดันและอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจาก Compressor	1
2	P_2 T_2	ความดันและอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจาก Solar collector	1
3	P_3 T_3	ความดันและอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจาก Condenser	1
4	P_4 T_4	ความดันและอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจาก Expansion valve	1
5	P_5 T_5	ความดันและอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจาก Evaporator	1

ขั้นตอนในการทดลองครั้งนี้ได้ดำเนินการปรับตั้งภาระการทำความเย็นที่ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ5.0 kW ตามลำดับ ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยเดือนมีนาคม 2564 เท่ากับ 20-24 MJ/m^2/day โดยปรับอุณหภูมิห้องปรับอากาศคงที่ 25°C โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 50-60%

หลักการและการวิเคราะห์ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

หลักการทำความเย็นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่ที่ต้องการไปยังพื้นที่อื่น โดยอาศัยสารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการพาความร้อนโดยใช้กระบวนการต่างๆของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เช่น กระบวนการอัดไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัวและกระบวนการระเหย ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ เครื่องอัดไอ (คอมเพรสเซอร์) คอนแดนเซอร์ อุปกรณ์ควบคุมการไหล และอีวาเปอเรเตอร์ (อัครเดช สินธุภัค, 2542) จากสมการดังนี้

1. งานของคอมคอมเพรสเซอร์ ซึ่งคอมเพรสเซอร์หรือเครื่องอัดไอ เป็นเครื่องดูดและอัดไอสารทำความเย็นให้มีการไหลสม่ำเสมอแบบอะเดียแบติกที่ย้อนกลับได้หรือไอเซนโทรปิก โดยหางานของคอมเพรสเซอร์ได้ดังนี้

$$Wc \text{ หรือ } W_{in} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (1)$$

โดย Wc หรือ W_{in} คืองานที่ให้แก่คอมเพรสเซอร์, h_1 คือ เอลทาลปีของสารทำความเย็นก่อนคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg), h_2 คือ เอลทาลปีของสารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg) และ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/s)

2. ความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องควบแน่น เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์ เป็นกระบวนการไหลแบบสม่ำเสมอซึ่งจะทำการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นซึ่งกระทำในสภาวะความดันคงที่ ซึ่งความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องควบแน่นหาได้ดังนี้

$$_2q_3 = \dot{m}(h_3 - h_2) = -\dot{m}(h_3 - h_2) \quad (2)$$

โดย $_2q_3$ คือ ความร้อนของสารทำความเย็นที่ระบายภายในเครื่องควบแน่น (kJ/kg), h_3 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น (kJ/kg) และ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/s)

3. ความร้อนที่สารทำความเย็นดูดเอาไว้ในขณะที่ไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ โดยหาได้ดังนี้

$$Q_E \text{ หรือ } Q_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (3)$$

โดย Q_E หรือ Q_L คือ ความร้อนที่สารทำความเย็นที่ดูดเอาไว้ในอีวาพอเรเตอร์ (kJ/kg), $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/s), h_4 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์ (kJ/kg) และ h_1 คือ เอลทาลปีของสารทำความเย็นออกจากอีวาพอเรเตอร์ (kJ/kg) หาได้จาก P-h ไดอะแกรม

4. ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของการทำความเย็น (COP) คือความร้อนที่สารทำความเย็นดูดไว้ในขณะไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ต่องานที่ให้กับเครื่องอัดไอ การวิเคราะห์นี้ไม่ได้คิดความสูญเสียความดันและเอนทาลปีที่เกิดจากการไหลในท่อ หาได้ดังนี้

$$\therefore C.O.P = \frac{\dot{m}(h_2 - h_1)}{\dot{m}(h_1 - h_4)} = \frac{Q_E}{W_{in}} \quad (4)$$

โดย Q_E คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (W), W_{in} คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W) , $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/s), $(h_2 - h_1)$ คือ ผลต่างของเอนทาลปีด้านทำความเย็น (kJ/kg) และ $(h_1 - h_4)$ คือ ผลต่างของเอนทาลปีด้าน Compressor (kJ/kg)

5. ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน EER หรือ Energy Efficiency Ratio เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างขีด ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h) รวมสุทธิและกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความ เย็น (W) โดยค่า EER มีหน่วยเป็น Btu/h/W หาได้ดังนี้

$$EER = COP \times 3.142 \quad (5)$$

หรือ

$$EER = \frac{Cooling\ Load\ (BTU/h)}{Electrical\ Power(W)} \quad (6)$$

6. การคำนวณค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

พิจารณาค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยพิจารณาจากกำลังไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงาน และค่าไฟฟ้าต่อหน่วยสามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้า (ยูนิต หรือ kW-h) × ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (7)

พลังงานไฟฟ้า (ยูนิต หรือ kW-h) = กำลังไฟฟ้า (kW) × เวลา (h) (8)

โดย กำลังไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ (kW)
ชั่วโมงที่ใช้งาน คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานเครื่องปรับอากาศ (h)
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย คือ ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย (บาท)

7. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศ

พิจารณาระยะคืนทุนของเครื่องปรับอากาศ โดยพิจารณาจากมูลค่าประหยัดที่ได้ของเครื่องปรับอากาศ ต่อมูลค่าการลงทุน สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

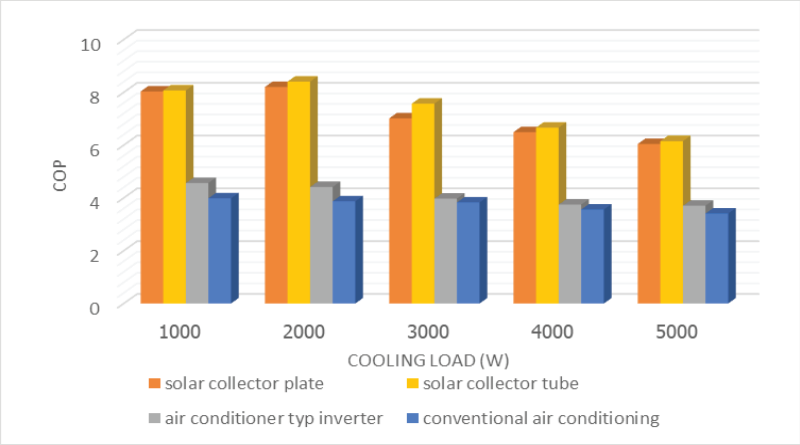
ระยะเวลาคืนทุน = มูลค่าหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุน/มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ย (9)

โดย มูลค่าการลงทุน คือ จำนวนเงินที่ใช้ในการลงทุน (บาท)
มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อไป คือ จำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท)

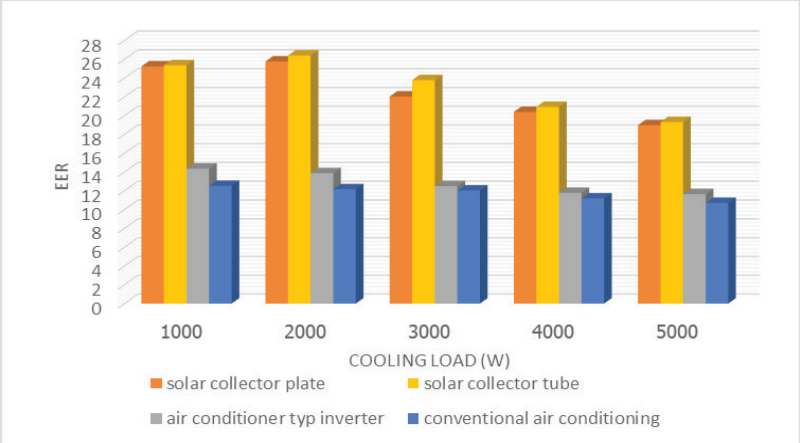
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองได้ทำการทดสอบระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอร์เตอร์ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ภาระการทำความเย็น 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 kW โดยใช้สารทำความเย็น R32 และ โดยใช้หลอดไฟฟ้าอินแคสเซนต์เป็นตัวสร้างภาระการทำความเย็นภายในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิคงที่ 25°C พบว่ามีผลการทดลองดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน EER ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอเตอร์ เครื่องปรับอากาศแบบปกติ (Conventitional air coditioning) เทียบกับภาระการทำความเย็นขนาด 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 kW ที่อุณหภูมิห้องปรับอากาศ 25°C ที่ มีค่า COP มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อภาระทำความเย็นในห้องปรับอากาศลดน้อยลงเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเป็นสัดส่วนระหว่างภาระการทำความเย็นต่อกำลังงานของคอมเพรสเซอร์

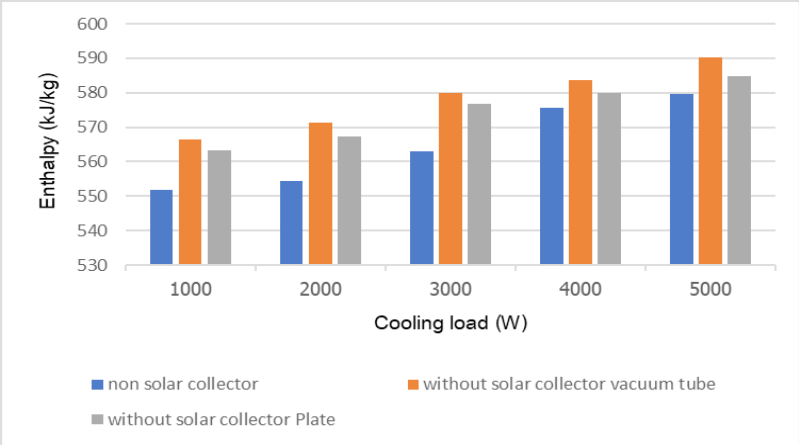
ซึ่งจะแปรผันกันโดยตรงกับภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากการลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้น้อยลง โดยเครื่องปรับอากาศที่ใช้ร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ และเครื่องปรับอากาศที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบให้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) สูงกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอร์เตอร์โดยมีค่า COP เฉลี่ย 7.24 และ 7.12 ตามลำดับ และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 23.16 และ 22.49 ตามลำดับ ที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 21.44 MJ/m^2/day ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะเทียบกับภาระการทำความเย็น ที่อุณหภูมิ 25°C

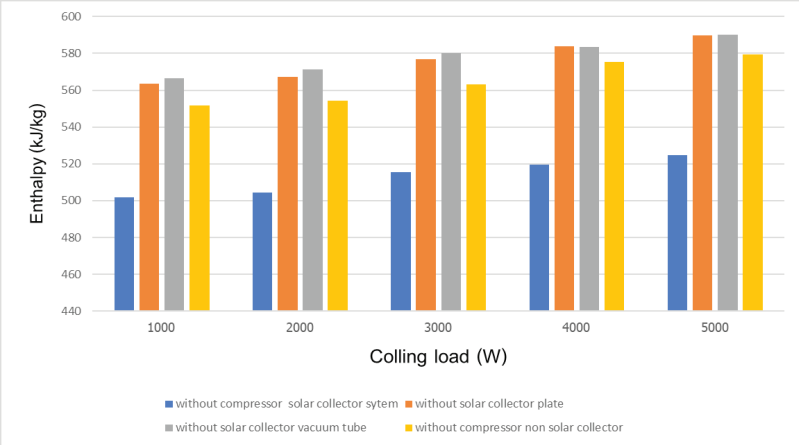


ภาพที่ 3 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเทียบกับภาระการทำความเย็น ที่อุณหภูมิ 25°C



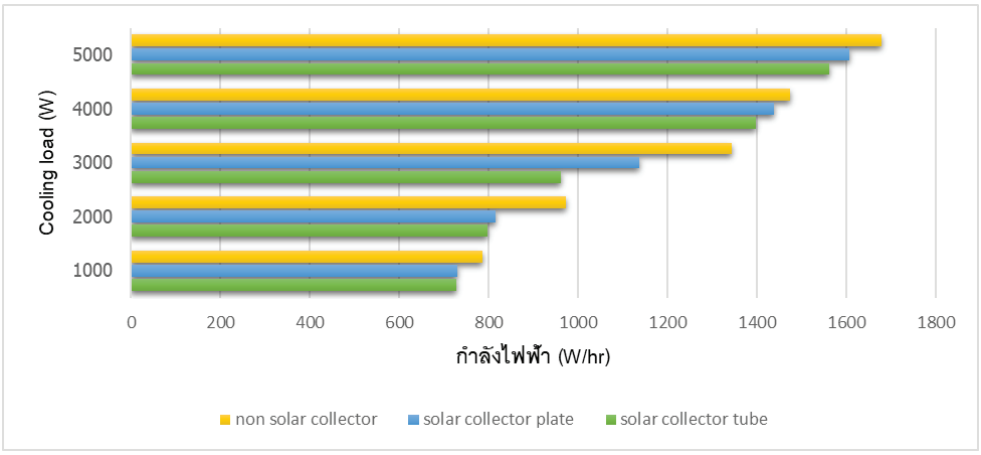
ภาพที่ 4 เอนทัลปีสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เทียบกับภาระการทำความเย็น ที่อุณหภูมิห้องปรับอากาศ 25°C

จากภาพที่ 4 เอนทัลปีสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เทียบกับภาระการทำความเย็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็น R32 ที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ผ่านตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสารทำความเย็นเนื่องจากการไหลของสารทำความเย็นโดยอยู่ในรูปแบบปริมาณงานที่ป้อนให้กับงานคอมเพรสเซอร์ โดยที่สารทำความเย็นเมื่อถูกอัดตัวทำให้มีความดันและอุณหมิเพิ่มขึ้น ซึ่งแปรผกผันตามอุณหภูมิจากพลังงานความร้อนของแสงอาทิตย์ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานทางเลือกและเป็นพลังงานที่ไม่มีค่าใช้จ่ายและความดันก็จะแปรผกผันตามอุณหภูมิ ซึ่งเมื่อเทียบกับเอนทัลปีที่เกิดขึ้นของสารทำความเย็นในช่วงที่ออกจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ส่งผลทำให้เอนทัลปีใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอร์เตอร์ปกติมีค่าการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเท่ากับ 3.6% ทำให้ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไม่มากนักในการออกแบบของผู้ผลิต



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์กับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ เทียบกับภาระการทำความเย็นที่อุณหภูมิห้องปรับอากาศ 25°C

จากภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์กับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ เทียบกับภาระการทำความเย็นที่อุณหภูมิห้องปรับอากาศ 25°C กับภาระการทำความเย็นที่ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 kW พบว่าการเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีที่เครื่องเก็บรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและแปรผันกับภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น และในส่วนของเครื่องเก็บรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าแบบแผ่นเรียบ ค่าผลต่างของสารทำความเย็นหลังออกจากคอมเพรสเซอร์และออกจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ของสารทำความเย็น R32 และตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ มีค่ามากที่สุดในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.2% โดยที่ค่าเฉลี่ยของระยะเวลายาวนานแสงแดดอยู่ที่ 6.7 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 35°C ค่าความเข้มของรังสีเฉลี่ย 21.4 MJ/m^2/day



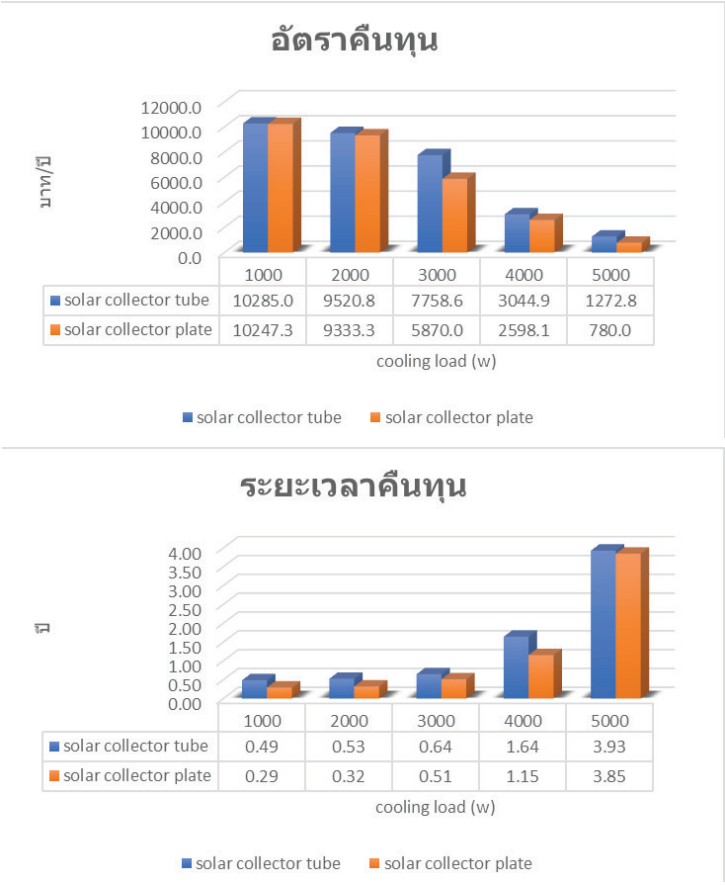
ภาพที่ 6 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงเทียบกับภาระการทำความเย็นของห้องปรับอากาศที่ 25°C

จากภาพที่ 6 แสดงผลต่างของกำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมงเทียบกับภาระการทำความเย็นของห้องปรับอากาศที่ 25°C พบว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ ที่ภาระการทำความเย็นเท่ากับ 3000 W มีผลต่างค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดเมื่อเทียบกับการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ปกติ โดยสามารถลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ป้อนให้แก่เครื่องปรับอากาศที่ 24.03% โดยมีค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ เครื่องปรับอากาศที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ และเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ปกติเท่ากับ 1.08, 1.14 และ 1.35 kW/h ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการใช้กำลังไฟฟ้าต่อวันแล้วนั้นพบว่าในช่วงการเก็บผลการทดลองในช่วงเวลา 09.00–17.00 น. นั้นจะมีค่าการใช้ไฟฟ้าสะสมต่อวันเฉลี่ย 8.8, 9.16 และ 10.87 kWh/day ตามลำดับที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 21.4 MJ/m^2/day และเปรียบเทียบค่าพลังงานสะสมต่อวันเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเอร์เตอร์นั้นพบว่า มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวันเท่ากับลดลงเฉลี่ย 20.59 และ 16.18% ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

จากการวิเคราะห์สรุปผลทางด้านเศรษฐศาสตร์จากตารางที่ 2 ราคาลงทุนเฉพาะเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์แบบปกติ 21,700 บาท โดยระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ มีมูลค่าการลงทุนอุปกรณ์ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ 5,000 บาท และระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบมีมูลค่าการลงทุนอุปกรณ์ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 3,000 บาท เมื่อพิจารณามีค่าการใช้พลังงานสะสมต่อวันเฉลี่ย 8.8 kWh/day และ 9.16 kWh/day ตามลำดับที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 21.4 MJ/m^2/day จะมีค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 37.15 บาท/วัน และ 38.67 บาท/วันตามลำดับ โดยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอร์เตอร์มีค่าใช้จ่ายพลังงานต่อวันเฉลี่ยเท่ากับ 45.91 บาทต่อวัน (คิดค่าไฟฟ้าในอัตราเฉลี่ย 4.22 บาท/kWh เวลาในการเปิดเครื่องปรับอากาศ 09.00-17.00 น. ทุกกรณี) และจากภาพที่ 7 การประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและระยะคืนทุนของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับเครื่องเก็บรังสีจากแสงอาทิตย์ พบว่าช่วงการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 1.23 และ 1.45 ปี ตามลำดับ

ตารางที่ 2 มูลค่าการลงทุนสุทธิของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ขนาดการทำความเย็น 18,500 Btu/h

ประเภท	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอินเวอร์เตอร์
1. มูลค่าเครื่องปรับอากาศ (บาท)	21,700	21,700	21,700
2. มูลค่าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (บาท)	5,000	3,000	-
3. การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (09.00-17.00 น.) (kWh/day)	8.8	9.16	10.87
4. ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อวัน (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.22 บาท/kWh) (บาท)	37.15	38.67	45.91



ภาพที่ 7 การประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่ลดลงและระยะคืนทุนของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ ใช้เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานและสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศร่วมกับตัวเก็บรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศและแบบแผ่นเรียบ รวมทั้งเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ย 4.26 โดยจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP) ที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและแบบหลอดแก้วสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 7.12 และ 7.24 และค่าเฉลี่ยการประหยัดพลังงานเท่ากับ 22.49 และ 23.16% ตามลำดับ รวมถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ลดลงเฉลี่ย 16.18 และ 20.59 ตามลำดับ และอัตราการคือทุนเฉลี่ย 1.23 ปี และ 1.45 ปี ตามลำดับ โดยหากทำการเลือกใช้นั้นควรเลือกใช้ในภาระการทำความเย็นไม่เกิน 3 kW ซึ่งจะสามารถให้ระยะเวลาคืนทุนได้ไม่เกิน 1 ปี

เอกสารอ้างอิง

ชนิดา ป้อมเสน. (2556). *การศึกษาเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนทิ้งและพลังงานแสงอาทิตย์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต].คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิริรัตน์ กาญจนวชิกุล. (2551). *การผลิตน้ำร้อนด้วยความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต] สาขาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). สำนักสถิติลงพื้นที่เก็บข้อมูลสำมะโนอุตสาหกรรม. *สารสถิติ, 28* (1), 8.

อัครเดช สินธุภัค. (2542). *การทำความเย็น* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.