

การเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยอาศัยพลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่

Coefficient of performance increase for split-type air conditioners
using heat loss recovery

นิรันดร์ วัชรโรดม^{1*}

Niran Watchrodorn^{1*}

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยอาศัยพลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาสัมประสิทธิ์สมรรถนะและการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในบทความได้แสดงการออกแบบถังเก็บความร้อนที่มีน้ำเป็นของเหลวส่งผ่านความร้อนให้กับสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและความดันส่งผลให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความร้อนที่จากคอนเดนเซอร์สามารถเพิ่มความดันให้กับสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะได้สูงสุดที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบทั่วไป นอกจากนั้นระบบนี้ยังสามารถทำงานได้ดีที่ภาระการทำงานมีค่าสูงๆ อีกด้วย

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์สมรรถนะ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน พลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่

Abstract

This paper presented coefficient of performance (COP_R) increasing for split-type air conditioner using heat loss recovery. This research aimed to study the coefficient of performance and energy saving of split-type air conditioner. In this paper, the design of a heat loss tank, which used water as heat transfer to increase temperature and pressure of refrigerant was shown. The results revealed that the temperature and pressure of refrigerant could be increased by the heat loss recovery. Therefore, the electric energy using was reduced and the coefficient of performance was improved by 50% as compared to commercial air conditioners. Furthermore, the proposed system was also appropriated for high cooling loads.

Keywords: coefficient of performance, split-type air conditioner, heat loss recovery

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี 72130

¹ Mechanical Engineering Department, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus 72130

* Corresponding author. E-mail: niran.w@rmutsb.ac.th

บทนำ

จากสถานการณ์วิกฤติด้านพลังงานของโลกในปัจจุบัน หลายประเทศจึงมีการรณรงค์ให้มีการลดใช้พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานสิ้นเปลืองเพื่อชะลอปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเพื่อลดการเกิดมลพิษอันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า ภาวะโลกร้อน ซึ่งปัจจุบันหน่วยงานรัฐหรือภาคเอกชนก็ยังคงมีความตื่นตัวในการรณรงค์การลดการใช้พลังงานและการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมมักมีความร้อนที่ใช้อย่างไม่หมด แล้วต้องปล่อยสู่บรรยากาศส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและยังเป็นการเสียต้นทุนในการผลิตอีกทั้งยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานของประเทศมีค่าสูงขึ้นทุกปี

ปัจจุบันสภาวะอากาศของประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จากข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมและอาคารบ้านเรือนพบว่าการใช้พลังงานกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ของอาคารทั้ง 2 ประเภทส่วนใหญ่มาจากระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ (กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน, 2558) นอกจากนั้นได้มีการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ประกอบอาคารเช่นระบบลิฟท์ โดยสาร ไพนูลย์ เกียรติสุขคนธา, กิตติพงศ์ คล้ายดี และนภัทร วัจนเทพินทร์ (2559) ได้ทำการวิเคราะห์การทำงานของมอเตอร์ลิฟท์โดยสารยังใช้พลังงานต่ำกว่าระบบปรับอากาศ ดังนั้นหากสามารถลดการใช้พลังงานจากระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศลงได้จะทำให้มีพลังงานเหลือไว้ใช้อีกเป็น

จำนวนมาก จากเหตุผลดังกล่าว Ha and Vakiloroya (2012) ได้ศึกษาการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพของการปฏิบัติงาน โดยการติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไว้หลังคอมเพรสเซอร์ มีการติดตั้งวาล์วเพื่อควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นโดยควบคุมอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ ควบคุมอุณหภูมิที่ทางออกถึงเก็บน้ำร้อน และควบคุมอุณหภูมิภายนอก โดยอาศัยวาล์วควบคุมที่สามารถปรับอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ได้ วาล์วควบคุมดังกล่าวจะหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของสารทำความเย็นในการเข้าสู่คอนเดนเซอร์ ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิให้อุณหภูมิเย็นสบายขึ้นซึ่งส่งผลอย่างมีนัยสำคัญในการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ของระบบ Byun, Lee, and Choi (2007) ได้นำเสนอการศึกษาผลกระทบของชนิดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สารทำความเย็น และลักษณะของครีบบระบายความร้อนต่อการทำงานของเครื่องระเหย โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่พิจารณามี 2 ประเภท คือ แบบไหลสวนทางกัน และไหลข้ามกัน สารทำความเย็นที่พิจารณา คือ R-134a, R-410A และ R-22 ภายในท่อเป็นผิวเรียบ และเพิ่มท่อ ส่วนครีบบมี 3 กรณี คือ ครีบบเรียบ ครีบบคลื่นหยัก และครีบบแบบหมุนวน จากการทดลองพบว่าครีบบแบบคลื่นหยักมีประสิทธิภาพดีกว่าครีบบเรียบ 3 เปอร์เซ็นต์ กับสารทำความเย็น R-22 การแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระเหยที่ใช้สารทำความเย็นและผลรวมความดันตกคร่อมของ R-410A ดีกว่า R-22 และ R-134a การแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนท่อเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อผลรวม

ของความดันตกคร่อมที่เพิ่มขึ้นถึง 45-50 เปอรเซ็นต์ ประสิทธิภาพเครื่องระเหยที่ใช้ครีบบแบบหมุนวนดีกว่า ครีบบแบบเรียบประมาณ 54 เปอรเซ็นต์ นอกจากนั้น สรายุทธ ทองกุลภักดิ์ และพัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร (2560) ได้ทำการการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก จากเครื่องปรับอากาศได้พลังงานไฟฟ้า 44.16 วัตต์ ต่อชั่วโมง นิรันดร์ วัชรโสม (2559) ได้ศึกษาถึงการเพิ่ม สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบ แยกส่วนด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ลดความชื้นชนิดเทอร์โมอิเล็กทริกจากการศึกษาพบว่า กรณีที่ติดตั้ง อุปกรณ์ลดความชื้นค่าอัตราการทำความเย็นของ เครื่องปรับอากาศ มีค่า 5.28 กิโลวัตต์ เมื่อเทียบกับ กรณีไม่ติดตั้งอุปกรณ์มีค่า 4.72 กิโลวัตต์ ทำให้มี อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 0.56 กิโลวัตต์ และ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็น 1.056 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น เมื่อเทียบกับก่อน การติดตั้งอุปกรณ์มีค่า 1.350 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น นอกจากนั้นอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency ratio, EER) มีค่าโดยเฉลี่ย 11.35 เมื่อเทียบกับก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ มีค่า EER=9.36 จากผลการ ทดลองแสดงให้เห็นว่า EER จะเพิ่มขึ้น 1.99 เมื่อ ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก ธนะกิตติ์ ถากัดดี (2546) ได้ ทำการศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 1 ตันความเย็น โดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบลิควิด- ชัคชั่น โดยทำการทดลองในสภาวะการใช้งานจริงที่ อุณหภูมิห้อง 26, 27 และ 28 องศาเซลเซียส ทำงาน วันละ 8 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบลิควิดชัคชั่น ที่มีความยาว 1 เมตร จะประหยัด

ไฟฟ้า 7.5 เปอรเซ็นต์ และค่าประสิทธิภาพสมรรถนะ และค่าประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น 6.4 เปอรเซ็นต์ สมเกียรติ บุญธนะ (2548) ได้ทำการประเมินพลังงาน ที่สามารถประหยัดได้จากการนำความร้อนทิ้งของ เครื่องอัดอากาศมาใช้ในการอบไหมจากเครื่อง อัดอากาศแบบหล่อเย็น โดยอากาศที่เข้าห้องอบ มีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ปริมาตร ห้องอบขนาด 67 ลูกบาศก์เมตร สามารถอบไหม ได้ครั้งละ 363 กิโลกรัม โดยใช้เวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง จากการประเมินพบว่า การนำความร้อนทิ้ง กลับมาใช้ในการอบไหมมีค่าพลังงานเท่ากับ 345.6 เมกะจูลต่อชั่วโมง

จากข้อมูลข้างต้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะ นำพลังงานความร้อนทิ้งมาใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน โดยนำพลังงานความร้อนดังกล่าวมา ให้ความร้อนกับสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และความดันให้กับสารทำความเย็นก่อนเข้า คอมเพรสเซอร์ ของระบบปรับอากาศ เพื่อลดภาระ การทำงานของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะเป็นการเพิ่ม ประสิทธิภาพให้กับระบบปรับอากาศ โดยมีประเด็น หลักที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศแบบ แยกส่วน
- ออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศแบบ แยกส่วนโดยอาศัยพลังงานความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่
- ตรวจวัดแรงดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นในแต่ละจุดของระบบ
- เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศและค่ากำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ แบบทั่วไป แบบใช้อินเวอร์เตอร์และแบบที่นำเสนอ

วิธีการศึกษา

1. การทำงานของระบบเครื่องทำความเย็น

หลักการทำความเย็นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ที่ต้องการทำความเย็น โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านสารทำความเย็น จากนั้นสารทำความเย็นจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ที่สารทำความเย็นจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยกระบวนการอัดสารทำความเย็นให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัวและกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่างๆ ของระบบคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ อุปกรณ์ควบแน่นการไหล และอีวาโปเรเตอร์ (evaporator) ระบบทำความเย็นแบบอัดไอเริ่มทำงานจากคอมเพรสเซอร์ (compressor) อัดสารทำความเย็นเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงไปที่เครื่องควบแน่น (condenser) ซึ่งรอบๆ เครื่องควบแน่น

จะมีอากาศไหลผ่าน ดึงเอาความร้อนไปจากเครื่องควบแน่น ทำให้ไอสารทำความเย็นอยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว จึงกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่มีความดันสูง สารทำความเย็นที่ไหลเข้าอุปกรณ์ควบแน่นการไหล จะอยู่ในสถานะของเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง อุปกรณ์ควบแน่นการไหลจะลดความดันของสารทำความเย็นลง ทำให้จุดเดือดของสารทำความเย็นลดต่ำลง สารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ควบแน่นการไหล จะไหลเข้าอีวาโปเรเตอร์เป็นละอองสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นจะมีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณรอบๆ สารทำความเย็น จึงเกิดการเดือดกลายเป็นไอโดยที่อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นคงที่ ความร้อนที่ใช้ในการเดือดกลายเป็นไอคือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไวดังแสดงกระบวนการทำงานได้ดัง (Figure 1)

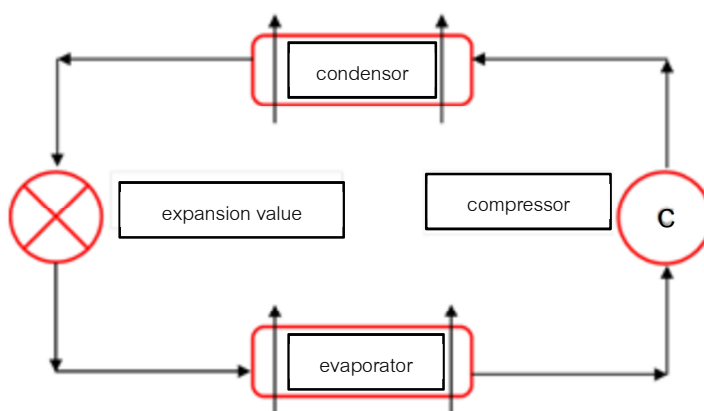


Figure 1 A schematic diagram of the vapor compression system.

2. การเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

Kiatsiriroat, and Euakit (1997) ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับอุปกรณ์หลักในระบบ

ทำความเย็นโดยสามารถวิเคราะห์และพิจารณางานสำหรับคอมเพรสเซอร์ได้จากสมการต่อไปนี้ คือ

$$W_{comp} = m_r C_p (T_{cp,o} - T_{cp,i}) = m_r (h_{cp,o} - h_{cp,i}) \quad (1)$$

โดยที่ W_{comp} คืองานคอมเพรสเซอร์ (kW), $h_{cp,i}$ คือ เอนทัลปีทางเข้าคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg) และ $h_{cp,o}$ คือเอนทัลปีทางออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

แบบจำลองคอนเดนเซอร์ อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์แบบอากาศ สามารถวิเคราะห์และพิจารณาได้จากสมการ คือ

$$Q_{cond} = m_r C_p (T_{ed,i} - T_{ed,o}) = m_r (h_{ed,i} - h_{ed,o}) \quad (2)$$

โดยที่ Q_{cond} คืออัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ (kW), $T_{ed,i}$ คืออุณหภูมิเข้าจากคอนเดนเซอร์ (°C), $T_{ed,o}$ คืออุณหภูมิออกจากคอนเดนเซอร์ (°C), $h_{ed,i}$ คือเอนทัลปีทางเข้าจากคอนเดนเซอร์ (kJ/kg) และ $h_{ed,o}$ คือเอนทัลปีทางออกจากคอนเดนเซอร์ (kJ/kg)

แบบจำลองอีวาโปเรเตอร์อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในอีวาโปเรเตอร์ระหว่างสารทำความเย็นและอากาศร้อน (ภาระการทำความเย็น) สามารถวิเคราะห์และพิจารณาได้จากสมการ คือ

$$Q_{evap} = m_r C_p (T_{ev,o} - T_{ev,i}) = m_r (h_{ev,o} - h_{ev,i}) \quad (3)$$

โดยที่ Q_{evap} คืออัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาโปเรเตอร์ $T_{ev,i}$, $T_{ev,o}$ คืออุณหภูมิเข้าและออกของ อีวาโปเรเตอร์และ $h_{ev,i}$, $h_{ev,o}$ คือเอนทัลปีทางเข้าและออกจาก อีวาโปเรเตอร์ตามลำดับ

อัศรเดช สิ้นธุภาค (2542) สมรรถนะของวัฏจักรจะพิจารณาในรูปของสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) โดยจะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาโปเรเตอร์ (Q_{evap}) กับงานใน

การอัดคอมเพรสเซอร์ (W_{comp}) โดยที่ปริมาณความร้อนเหล่านี้ สามารถหาได้จากคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำความเย็นที่สภาวะต่างๆ ซึ่งสมรรถนะของวัฏจักรนั้นสามารถวิเคราะห์หวัฏจักรทำความเย็นชนิดอัดไอ ได้ดังนี้

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W_{comp}} \quad (4)$$

โดยที่

$$W_{\text{comp}} = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (6) \quad \text{ดังนั้นจะได้}$$

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (5) \quad \text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (7)$$

เมื่อ

- h_1 คือ เอนทัลปีจำเพาะที่ทางเข้าของคอมเพรสเซอร์ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
 h_2 คือ เอนทัลปีจำเพาะที่ทางออกของคอมเพรสเซอร์ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
 h_4 คือ เอนทัลปีจำเพาะที่ทางเข้าของอีวาโปเรเตอร์ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
 $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็น (กิโลกรัมต่อวินาที)

จากกระบวนการทำงานของระบบปรับอากาศที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้นชี้ให้เห็นว่าสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์จะต้องมีแรงดันและอุณหภูมิที่สูง ก่อปรในระบบดังกล่าวมีความร้อนเหลือทิ้งที่ออกจากคอนเดนเซอร์อยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถนำมาเพิ่มแรงดันและอุณหภูมิให้กับสารทำความเย็นเพื่อลดการทำงานให้กับคอมเพรสเซอร์ได้ ซึ่งจะทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศตามสมการที่ (7) เพิ่มขึ้น

2.1 การออกแบบระบบปรับอากาศที่ใช้ความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

กล่องเก็บอุณหภูมิที่นำเสนอมีแนวความคิดมาจากการระบายความร้อนทั้งจากด้านเข้าคอนเดนเซอร์ ซึ่งปล่อยทิ้งสู่สภาวะแวดล้อม ดังนั้น

ผู้วิจัยจึงได้สร้างกล่องที่จะเก็บพลังงานความร้อนเหลือทิ้งมาให้ความร้อนโดยใช้น้ำเป็นสื่อนำความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิและแรงดันให้กับสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์และเป็นการลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ดังแสดงใน (Figure 2)

เนื่องจากความร้อนเหลือทิ้งที่จะนำไปเก็บไว้ในถังเก็บความร้อนดังแสดงใน (Figure 3) มีอุณหภูมิไม่คงที่และอัตราการไหลของอากาศไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะใช้ฮีตเตอร์ (heater) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนร่วมกับความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากคอนเดนเซอร์เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิคงที่และอัตราการไหลของอากาศสม่ำเสมอโดยใช้น้ำ (ของเหลว) เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิให้คงที่

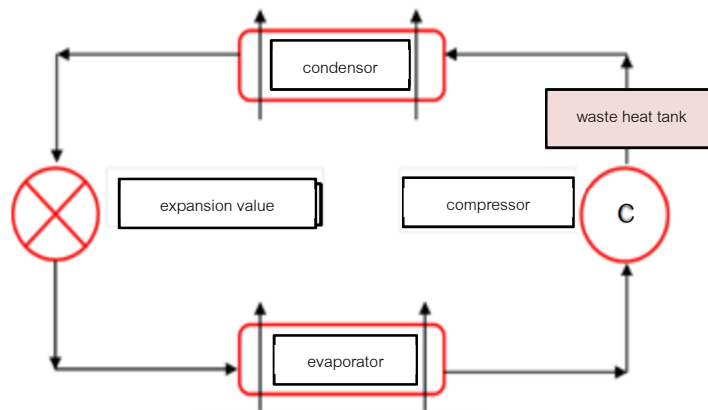


Figure 2 Proposed schematic diagram of a vapor compression system using the heat loss-recovery.

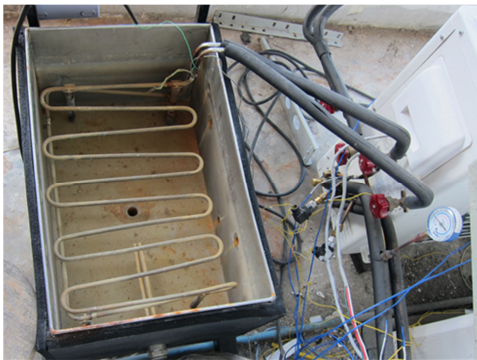


Figure 3 Eat loss tank.

2.2 การกำหนดเงื่อนไขการทดสอบการทำงาน (เงื่อนไขการทดสอบว่าไม่คิดฮีตเตอร์)

ระบบนี้จะประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดอัดไอ ความสามารถในการทำความเย็น 5.118 กิโลวัตต์ (18,000 บีทียูต่อชั่วโมง) ใช้สารทำความเย็นชนิด R-410a เป็นสารทำงานในระบบ และภาชนะบรรจุความร้อนทั้งใช้ฉนวนอย่างดีหุ้มมีขนาดบรรจุ 60 ลิตร ติดตั้งชุดท่อทองแดงแลกเปลี่ยนความร้อน ทำการทดลองในห้องขนาด 5×5 เมตร การทดลองบันทึกผลความดันด้วยเกจความดันแบบเพรสเซอร์-แทรนดิวเซอร์ อุณหภูมิเก็บข้อมูลด้วยเทอร์โมคัปเปิล

ชนิด K บันทึกค่าอัตโนมัติ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากคอมเพรสเซอร์ เพาเวอร์แฟคเตอร์โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (power meter) อัตราการไหลของสารทำความเย็น ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของอากาศผ่านฮีวาโปรเตอร์โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8.30-16.30 น. กำหนดอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-65 เปอร์เซ็นต์ น้ำร้อนควบคุมอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส อัตราการไหลคงที่

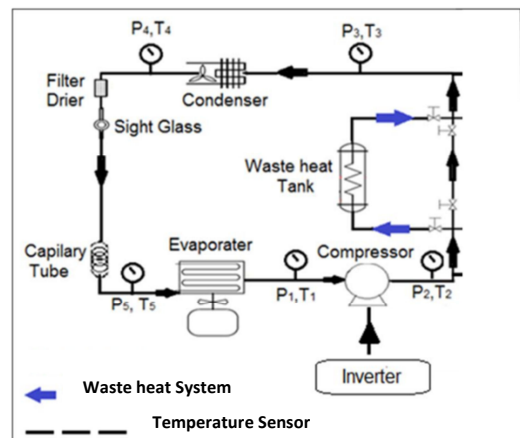


Figure 4 Measurement points of pressure and temperature.

จากตำแหน่งการวัดแรงดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่แสดงใน (Figure 4) ดังนั้นจะมีอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดดังแสดงรายละเอียดใน

(Table 1) และสามารถแสดงขั้นตอนการทดสอบได้ดัง (Figure 5)

Table 1 The component lists and measurement points for testing.

points	symbols	measurement positions	no.
1	P_1, T_1	inlet compressor	1
2	P_2, T_2	outlet compressor	1
3	P_3, T_3	inlet condenser	1
4	P_4, T_4	inlet evaporator	1
5	P_5, T_5	outlet evaporator	1
6	P_6, T_6	inlet heat loss tank	1
7	P_7, T_7	outlet heat loss tank	1

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

เพื่อยืนยันแนวคิดที่นำเสนอในที่นี้จะแบ่งเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ และการทดสอบเพื่อหาค่าการใช้พลังงาน โดยกำหนดภาระการทำงาน (cooling load) ที่ค่าสูงสุด และเปรียบเทียบเมื่อใช้ระบบปรับอากาศแบบทั่วไป แบบใช้อินเวอร์เตอร์ และแบบความร้อนที่กัลกลับมาใช้ใหม่ที่นำเสนอ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศแบบความร้อนที่กัลกลับมาใช้ใหม่ที่นำเสนอและแบบปกติโดยปรับภาระการทำงานที่แตกต่าง ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบอุณหภูมิและความดันในแต่ละตำแหน่งได้ดัง (Table 2) และสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดัง (Figure 6) และ (Figure 9)

1. การทดสอบเพื่อหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

จาก (Figure 6) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ที่อุณหภูมิในห้องเป็น 25 องศาเซลเซียส โดยภายในห้องมีภาระโหลดเท่ากับ 4,000 วัตต์ จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ที่ได้นำเสนอ มีค่า COP สูงกว่าระบบปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ และระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์โรตารี เนื่องจากพลังงานความร้อนที่เหลือใช้ช่วยลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์

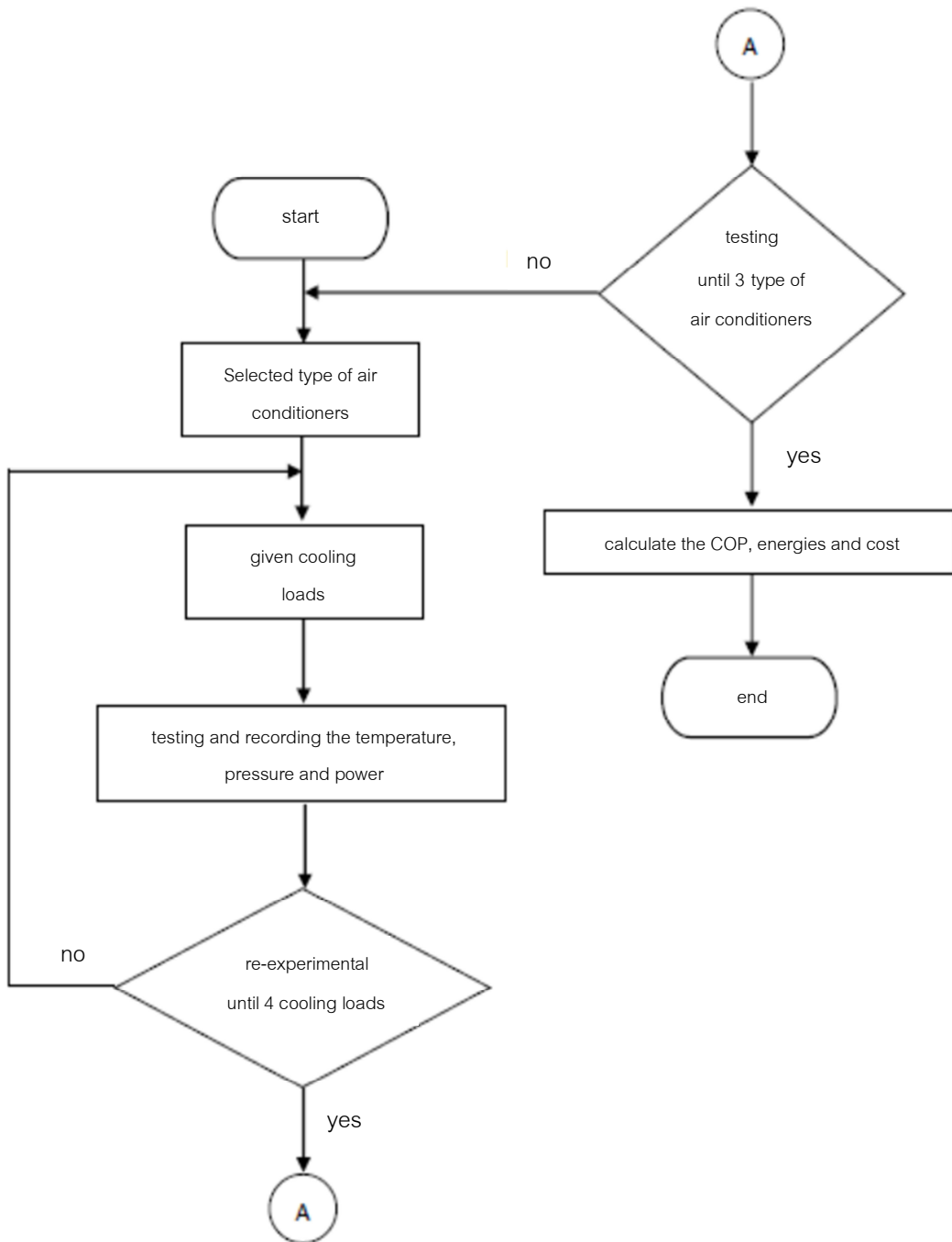
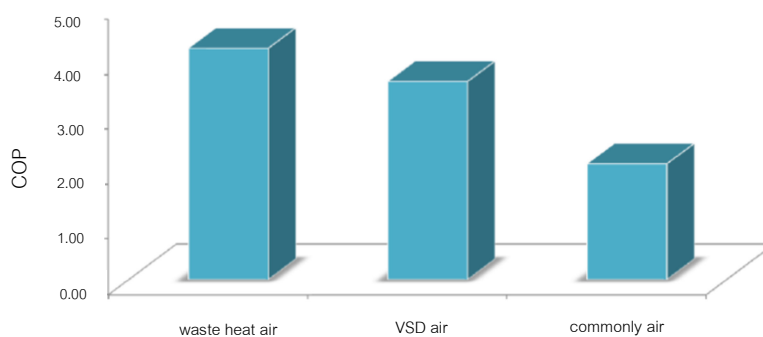
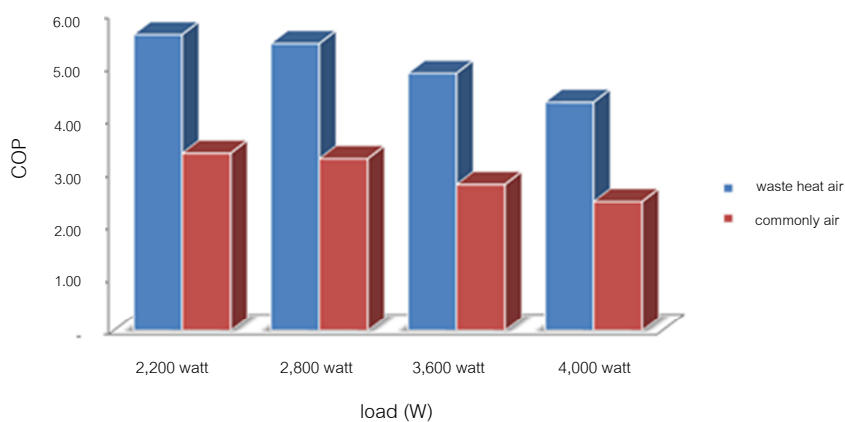


Figure 5 Testing procedure.

Table 2 The experimental results of the average pressure and temperature at each point for testing.

points	symbols	measurement positions	points	pressure _{avg} (bar)	temperature _{avg} (°c)
1	P ₁ , T ₁	inlet compressor	1	8.5	20
2	P ₂ , T ₂	outlet compressor	2	24	82.5
3	P ₃ , T ₃	inlet condenser	3	25	89
4	P ₄ , T ₄	inlet evaporator	4	8.6	3.5
5	P ₅ , T ₅	outlet evaporator	5	8.5	19
6	P ₆ , T ₆	inlet heat loss tank	6	24	82.5
7	P ₇ , T ₇	outlet heat loss tank	7	25.1	89.5

**Figure 6** Coefficient of performance at room temperature of 25 °C with the 4,000 watt cooling loads.**Figure 7** Coefficient of performance at room temperature of 25 °C with the cooling loads of 2,200, 2,800, 3,600 and 4,000 watts.

จาก (Figure 7) แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) สำหรับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่และระบบปกติ ที่อุณหภูมิปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส โดยภายในห้องมีการทำความเย็นเท่ากับ 2,200, 2,800, 3,600 และ 4,000 วัตต์ ตามลำดับ จากการทดสอบดังกล่าวพบว่าระบบมีค่า COP เพิ่มขึ้นเมื่อภาระการทำความเย็นในห้องน้อยลง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะเป็นอัตราส่วนของภาระการทำความเย็นและกำลังงานของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับภาระการปรับอากาศ และเมื่อนำผลการทดสอบ COP มาเปรียบเทียบกับพบว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่มีค่า COP สูงกว่า ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนปกติ เนื่องจากพลังงานความร้อนทิ้งเหลือใช้จะช่วยลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์

2. การทดสอบเพื่อหาค่าการใช้พลังงาน

ค่ากำลังไฟฟ้าขณะปรับอุณหภูมิในห้องเป็น 25 องศาเซลเซียส โดยภายในห้องมีภาระโหลดเท่ากับ

2,200, 2,800, 3,600 และ 4,000 วัตต์ ตามลำดับ แสดงดัง (Figure 8) จากรูปจะเห็นได้ว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนทิ้งเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่จะมีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำกว่าระบบปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์โรตารี (แบบปกติ) ทุกๆ ภาระโหลด เนื่องจากระบบความร้อนทิ้งได้เพิ่มความดันให้กับสารทำความเย็นก่อนระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์จึงสามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยผลต่างของกำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดเมื่อภาระโหลดสูงสุดที่ 4,000 วัตต์ ประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำข้อมูลใน (Figure 8) มาหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ 1 หน่วยต่อ 4.15 บาท จะได้ดัง (Figure 9) ซึ่งจากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนทิ้งเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่จะมีค่าการใช้พลังงานต่ำกว่าระบบปรับอากาศแบบปกติเมื่อใช้งานตลอดทั้งวันประมาณ 60 บาทต่อวัน

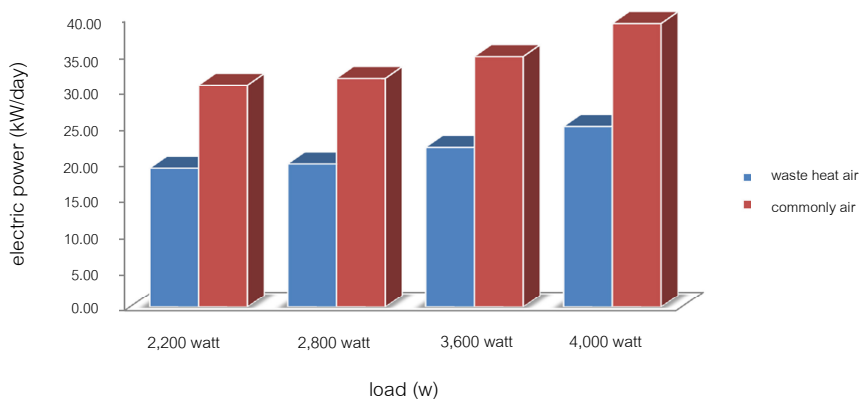


Figure 8 The electrical power at room temperature of 25 °C with the cooling loads of 2,200, 2,800, 3,600 and 4,000 watts.

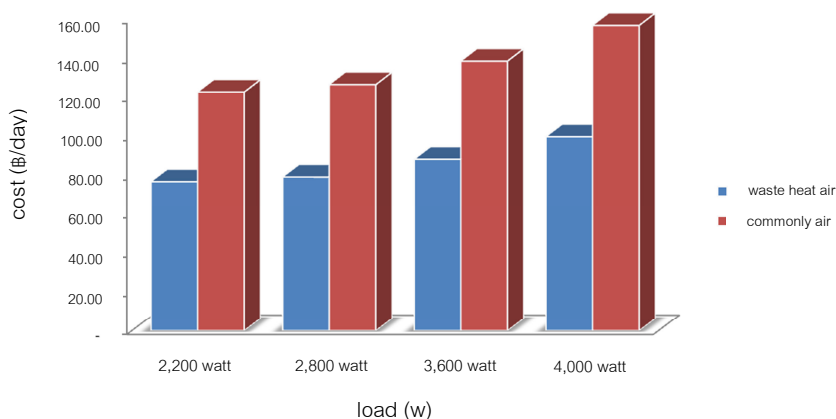


Figure 9 The electricity cost at room temperature of 25 °C with the cooling loads of 2,200, 2,800, 3,600 and 4,000 watts.

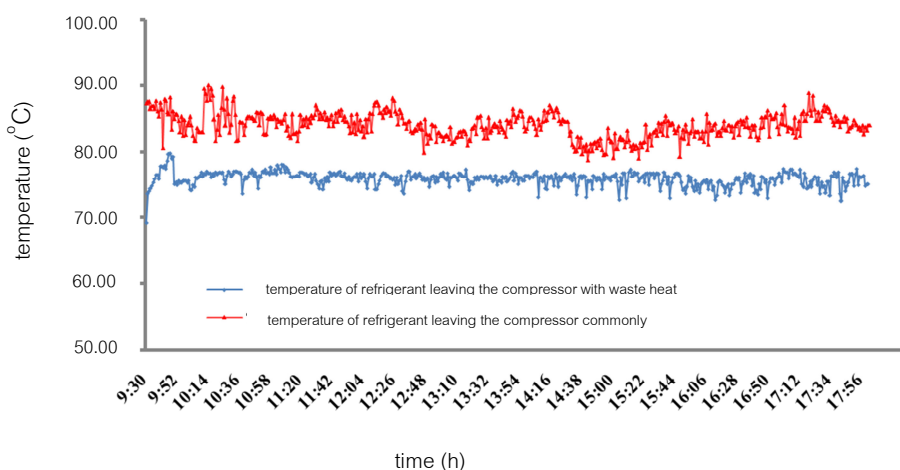


Figure 10 Comparison of refrigerant temperature from compressor with and without heat loss recovery.

จาก (Figure 10) แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความดันที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ ซึ่งพบว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนทิ้งเหลือใช้ มีค่าของอุณหภูมิและความดันต่ำกว่า ระบบปรับอากาศแยกส่วนแบบปกติ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนทิ้งเหลือใช้ มีการ

ทำงานที่น้อยกว่าระบบปรับอากาศแยกส่วนแบบปกติ และเมื่อพิจารณากราฟอุณหภูมิของคอมเพรสเซอร์แบบใช้ความร้อนทิ้งร่วมจะมีลักษณะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากความร้อนทิ้งที่จ่ายให้กับระบบทำความเย็นได้ช่วยเพิ่มอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นจึงส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ทำงานสม่ำเสมอ

สรุป

บทความนี้นำเสนอการการเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยอาศัยพลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่ในบทความได้แสดงการออกแบบถึงเก็บความร้อนจากความร้อนทิ้งของคอนเดนเซอร์ร่วมกับฮีทเตอร์เพื่อควบคุมอุณหภูมิและแรงดันให้กับสารทำความเย็นโดยใช้น้ำเป็นของเหลวแพร่พลังงานความร้อนผลการทดสอบขณะปรับอุณหภูมิในห้องที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่อภายในห้องมีภาระโหลดเท่ากับ 4,000 วัตต์ แสดงให้เห็นว่าระบบปรับอากาศใหม่ที่นำเสนอมีค่า COP สูงกว่า 10 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ และ 50 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบทั่วไป หากภาระการทำงานเพิ่มมากขึ้นค่า COP จะมีค่าต่ำลง ลักษณะดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยอาศัยพลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่จะเหมาะสำหรับภาระการทำงานสูงๆ นอกจากนั้นผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นด้วยว่าทุกๆ ภาระโหลดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนร่วมกับพลังงานความร้อนที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่จะมีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำกว่าระบบปรับอากาศแบบปกติและผลต่างของกำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดที่ภาระโหลดสูงสุด

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบและบันทึกผล และขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ให้ทุนสนับสนุนสำหรับการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน. (2558). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยมกราคม-กุมภาพันธ์ 2560. สืบค้น 9 พฤษภาคม 2560, จาก http://www.dede.go.th/download/state_59/frontpage_jan_feb60.pdf
- ธนะกิตติ์ ธาภิศักดิ์. (2546). การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดย Liquid-suction heat exchanger (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- นิรันดร์ วัชรโรตม. (2559). การออกแบบและสร้างนวัตกรรมระบบปรับอากาศประหยัดพลังงานสำหรับที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 (E-NETT 12) (น. 1,321-1,328). กรุงเทพฯ: บริษัท ดีวีดี มาร์เก็ตติ้ง จำกัด.
- ไพฑูริย์ เกียรติสุขคนธาธร, กิตติพงศ์ คล้ายดี, และเนภัทร วัจนเทพินทร์. (2559). การประเมินศักยภาพการคืนพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบขับเคลื่อนลิฟต์. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ, 4(1), 11-23.
- สมเกียรติ บุญนัส. (2548). การประเมินพลังงานที่การประหยัดได้ของการนำความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่จากเครื่องอัดอากาศ. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 (น. ECI04-1-4). ชลบุรี: เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย.
- สรายุทธ ทองกุลภักดิ์, และพัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร. (2560). การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากเครื่องปรับอากาศ. วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ, 5(1), 60-67.
- อัครเดช สันธวัค. (2542). การทำความเย็น (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Byun, J. S., Lee, J., & Choi, J. Y. (2007). Numerical analysis of evaporation performance in a finned-tube heat exchanger. *International Journal of Refrigeration*, 30, 812-820.

- Ha, Q. P., & Vakiloroya, V. (2012). A novel solar-assisted air-conditioner system for energy savings with performance enhancement. *Procedia Engineering*, 49, 116-123.
- Kiatsiriroat, T., & Euakit, T. (1997). Performance analysis of an automobile air conditioning system with R22/R124/R152a refrigerant. *App. Thermal Eng.*, 17, 1085-1097.