

การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศโดยนำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหย PERFORMANCE IMPROVEMENT OF AIR CONDITIONER USING CONDENSED WATER FROM EVAPORATOR

เอกภูมิ บุญธรรม
Eakpoom Boonthum

Faculty of Industrial Technology, PibulsongkramRajabhat University
corresponding author e-mail: eakpoom.b@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (C.O.P.) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการนำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องควบแน่นเพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าอุปกรณ์ลดความดัน โดยทำการศึกษาในสภาวะการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง สารทำความเย็น R22 กำหนดอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าอุปกรณ์ลดความดันและทางออกเครื่องอัดไอลดลง ในทางกลับกัน อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางออกของเครื่องทำระเหยและทางเข้าของเครื่องอัดไอมีค่าเพิ่มขึ้น ความดันของสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องอัดไอและที่เครื่องควบแน่นลดลง ความดันของสารทำความเย็นที่ทางออกของเครื่องทำระเหยและทางเข้าของเครื่องอัดไอเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศขณะติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องควบแน่นโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.79

คำสำคัญ: เครื่องปรับอากาศ สัมประสิทธิ์สมรรถนะ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

Abstract

The objective of this research was to study the Coefficient of Performance (C.O.P.) of split type air conditioner using condensed water from evaporator to exchange heat with refrigerant at condenser outlet for reducing temperature of refrigerant before entering expansion device. The research was conducted on split type air conditioner which having cooling capacity 12,000 BTU/h at actual operation. The refrigerant was R22. Room temperature was controlled at 25°C. The results of this research were found that refrigerant temperature was decreased at inlet expansion device and outlet compressor. On the other hand, refrigerant temperature was increased at evaporator outlet and compressor inlet. Pressure of the refrigerant was decreased at compressor outlet and condenser inlet, whereas, increased at before compressor and evaporator. The average C.O.P. of the system was increased by 3.79%

while the system was installed with device collecting the condensed water from evaporator to reduce refrigerant temperature at condenser outlet.

Keywords: air conditioning, coefficient of performance, heat exchanger

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อนชื้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศภายในอาคารทั้งอาคารพักอาศัยและอาคารสำนักงาน เพื่อให้ผู้พักอาศัยเกิดความสบาย โดยเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนนั้นเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้มากที่สุด แต่เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูง ซึ่งแหล่งพลังงานของเครื่องปรับอากาศนั้นส่วนใหญ่คือพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการใช้งานเครื่องปรับอากาศต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศนั้น เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, C.O.P.) (McQuiston & Parker, 2007) เมื่อพิจารณาการหาแนวทางเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศนั้นมีหลายวิธี เช่น การเพิ่มอุณหภูมิที่เครื่องทำระเหย การเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Prerkshanandana & Suwapiromchot, 2002) ดังเช่น Adel et al. (2017) ศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กโดยใช้กระบวนการทำระเหยเพื่อลดอุณหภูมิอากาศระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น จากการศึกษาพบว่า การลดอุณหภูมิสารทำความเย็นที่เครื่องควบแน่นสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 5 - 7.5 และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในระบบลดลง และ Wang et al. (2014) ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศโดยการติดตั้งระบบทำระเหยที่เครื่องควบแน่น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.1 - 18 และกำลังงานที่ใช้ในเครื่องอัดไอลดลงสูงสุดร้อยละ 14.3 และ Michalis et al. (2007) ทำการศึกษาการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศโดยการฉีดฝอยน้ำให้กับอากาศก่อนระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น จากการศึกษาพบว่า สามารถลดการใช้พลังงานลงได้สูงสุดร้อยละ 58 สอดคล้องกับ Nakpipat et al. (2006) และ Swatdepan et al. (2006) และ Piankaew (2007) เช่นเดียวกับ Achanaseaw & Sripetchai (2008) ศึกษาการลดการใช้พลังงานในเครื่องทำน้ำเย็นโดยการติดตั้งคูลิ่งแพดเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศระบายความร้อนแก่เครื่องควบแน่น พบว่าการติดตั้งคูลิ่งแพดเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าระบายความร้อนแก่เครื่องควบแน่นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นเพิ่มขึ้นและลดการใช้กระแสไฟฟ้าลงร้อยละ 10 ในส่วน Satalodkal (2003) ศึกษาการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศโดยการใช้น้ำเป็นตัวช่วยระบายความร้อน จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.7 - 26.7 และกำลังไฟฟ้าลดลงร้อยละ 12.93 - 14.17 เช่นเดียวกับ Trihera (2007) ศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นแบบไหลสวนทางร่วมกับการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น โดยพบว่ากรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพียงอย่างเดียว ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.05 - 5.89 ในกรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดัน ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.32 - 6.29 จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เครื่องควบแน่นสามารถปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศได้ และจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ พบว่า

ความชื้นในอากาศจะเกิดน้ำกลั่นตัวที่เครื่องทำระเหย ซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกลั่นตัว (dew point temperature) ของความชื้นในอากาศ (Siriwattana, 2010) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกพื้นที่ปรับอากาศ หากนำน้ำอุณหภูมิตัวนี้ไปใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นบริเวณเครื่องควบแน่นได้ จะสามารถเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นและเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศ จากงานวิจัยที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นบริเวณเครื่องควบแน่น สามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการใช้ น้ำกลั่นตัวที่เครื่องทำระเหยเพื่อระบายความร้อนให้แก่สารทำความเย็นหลังจากเครื่องควบแน่น

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการวิเคราะห์ทางทฤษฎีตามหลักอุณหพลศาสตร์ ซึ่งในการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบนั้นจำเป็นต้องทราบค่าความดันและอุณหภูมิของระบบในแต่ละอุปกรณ์ ดังนั้นจึงต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันและอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง 1-5 แสดงดังภาพที่ 1 (Figure 1)

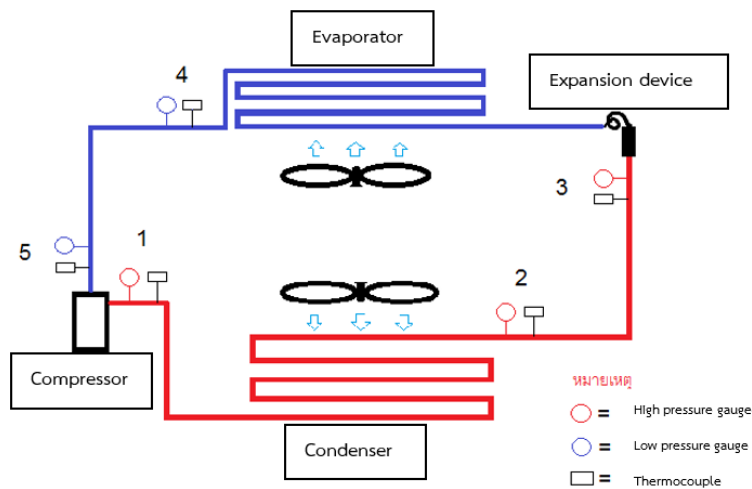


Figure 1 Position of temperature and pressure measurement

ทำการบันทึกค่าความดันโดยการจดบันทึกและทำการบันทึกค่าอุณหภูมิผิวท่อสารทำความเย็นโดยเทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K โดยใช้เครื่องบันทึกบันทึกค่าทุกๆ 10 นาที ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และทดลองซ้ำจำนวน 8 การทดลองในแต่ละระบบจากนั้นนำค่าอุณหภูมิและความดันที่บันทึกได้นำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ในการทดลองได้ทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ใช้สารทำความเย็น R22 ณ อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบปรับอากาศ ภายใต้สภาวะการทำงานจริง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำระบบปรับอากาศดังกล่าวมาติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยแลกเปลี่ยนความ

ร้อนกับสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องควบแน่นและทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบ เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของทั้ง 2 ระบบ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ดังสมการ (McQuiston & Parker, 2007) ต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (C.O.P.) ของระบบ

$$C.O.P. = q_e/w_c \dots\dots\dots(1)$$

ความร้อนที่สารทำความเย็น 1 กิโลกรัม รั่วไถ่ขณะที่ไหลผ่านเครื่องทำระเหย

$$q_e = h_3 - h_4 \dots\dots\dots(2)$$

พลังงานที่สารทำความเย็น 1 กิโลกรัม ได้รับจากเครื่องอัดไอ

$$w_c = h_1 - h_5 \dots\dots\dots(3)$$

โดยที่

q_e คือ ภาระการทำความเย็น, kJ/kg

w_c คือ งานที่เครื่องอัดไอ, kJ/kg

h_i คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็น, kJ/kg

ผลการวิจัย

ในการนำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่ทางออกเครื่องควบแน่นโดยการต่อท่อรับน้ำจากเครื่องทำระเหยมายังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน บริเวณทางออกเครื่องควบแน่นก่อนเข้าอุปกรณ์ลดความดัน แสดงดังภาพที่ 2 (Figure 2)

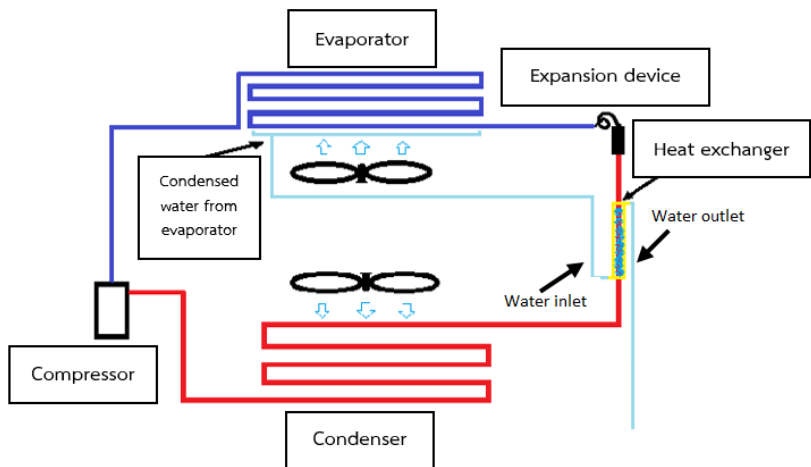


Figure 2 Diagram of correcting of condensed water from evaporator

จากการทดลองการนำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องควบแน่น พบว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าอุปกรณ์ลดความดันและทางออกเครื่องอัดไอลดลง แต่อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางออกของเครื่องทำระเหยและทางเข้าของเครื่องอัดไอนี้มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 3 (Figure 3)

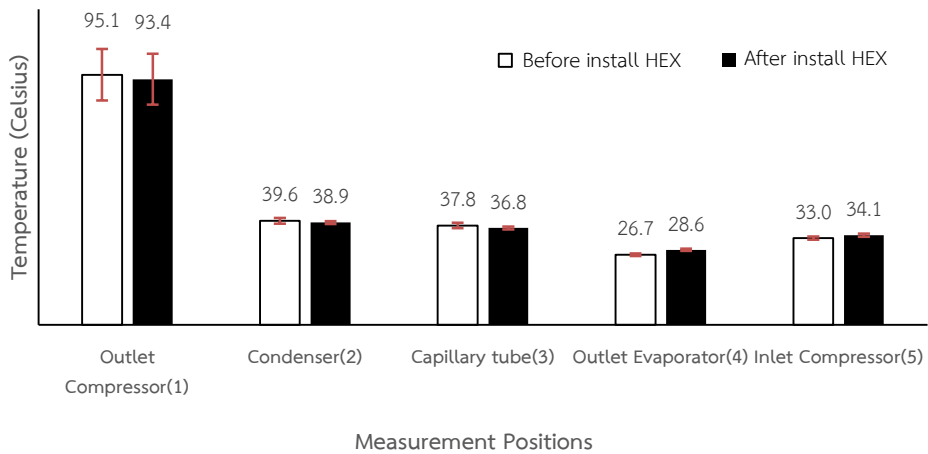


Figure 3 Comparison of refrigerant temperature

ความดันของระบบก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหย แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องควบแน่น พบว่าความดันที่ทางออกของเครื่องอัดไอและเครื่องควบแน่นลดลง แต่ความดันที่ทางเข้าอุปกรณ์ลดความดัน ทางออกเครื่องทำระเหยและทางเข้าเครื่องอัดไอเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 4 (Figure 4)

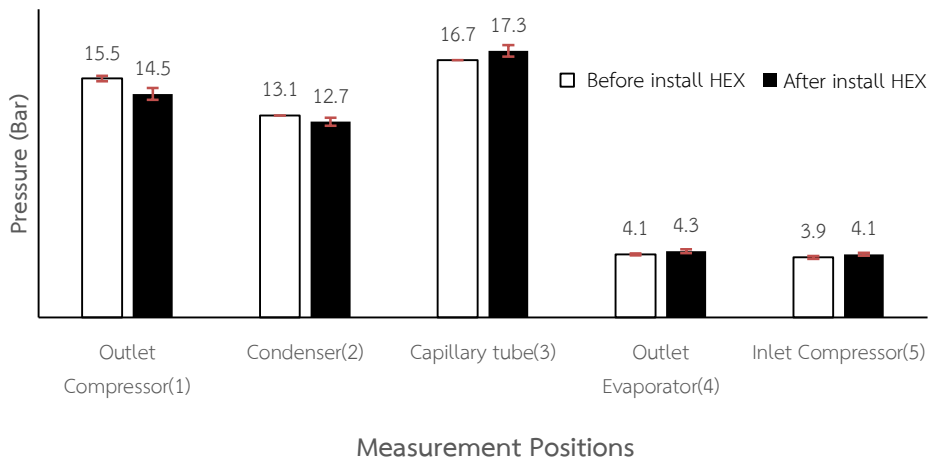


Figure 4 Comparison of pressure

นำค่าอุณหภูมิและความดันของระบบทั้งก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องควบแน่น นำมาเขียนลงในแผนภูมิความดัน - เอนทัลปี เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบวัฏจักรการทำความเย็นทางทฤษฎีของเครื่องปรับอากาศพบว่าความสามารถในการทำความเย็น (refrigerating effect) ของระบบนี้มีค่าเพิ่มขึ้น และกำลังงานที่ใช้ในเครื่องอัดไอนั้นมีค่าลดลง แสดงดังภาพที่ 5 (Figure 5)



Figure 5 Comparison of pressure – Enthalpy of the system

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยกลับมาแลกเปลี่ยนความร้อนแก่สารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องควบแน่นพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2.28 เป็น 2.37 คิดเป็นร้อยละ 3.79

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า การนำน้ำกลั่นตัวที่เครื่องทำระเหยมาระบายความร้อนแก่สารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องทำควบแน่น สามารถลดอุณหภูมิสารทำความเย็นบริเวณก่อนเข้าเครื่องลดความดันลงได้ ทำให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่ทางเข้าเครื่องทำระเหยเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันก่อนเข้าเครื่องอัดไอสูงขึ้นเช่นกัน และจากการศึกษาพบว่าความดันบริเวณทางออกเครื่องอัดไอและเครื่องควบแน่นลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิสารทำความเย็นที่เครื่องควบแน่นลดลง ขณะเดียวกันความดันที่เครื่องทำระเหยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการทำ ความเย็น (refrigerating effect) มีค่าเพิ่มขึ้น และจากการเพิ่มขึ้นของความดันที่เครื่องทำระเหยและการลดลงของความดันที่เครื่องควบแน่น ทำให้กำลังงานที่เครื่องอัดไอลดลง ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบนั้นมีค่าที่สูงขึ้นจาก 2.28 เป็น 2.37 คิดเป็นร้อยละ 3.79 ซึ่งสอดคล้องกับ Trihera (2007) และ Adel et al. (2017) อีกทั้งในงานวิจัยนี้การออกแบบอุปกรณ์นำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยกลับมาระบายความร้อนให้แก่สารทำความเย็นทางออกเครื่องควบแน่น ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ให้มีการตัดแปลงระบบให้น้อยที่สุดและใช้วัสดุที่หาซื้อได้โดยทั่วไป และมีราคาถูก ดังนั้นจากประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเทียบกับต้นทุนในการสร้างจึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์นั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมต่อไปและในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อนำน้ำกลั่นตัวจากเครื่องทำระเหยมาระบายความร้อนแก่สารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องควบแน่นใน

งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดที่สามารถใช้ได้เฉพาะเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งเครื่องทำระเหยอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าเครื่องควบแน่น เนื่องจากในการนำน้ำกลั่นตัวกลับมาใช้งานในงานวิจัยนี้ใช้การไหลตามธรรมชาติโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และเพื่อให้การแลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น จำเป็นต้องมีการศึกษาการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้มีขนาดที่เหมาะสม อีกทั้งควรศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนของอุปกรณ์เพื่อการพัฒนาเชิงพาณิชย์ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำน้ำกลั่นตัวที่เครื่องทำระเหยมาระบายความร้อนให้แก่สารทำความเย็นบริเวณทางออกเครื่องควบแน่น สามารถเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นเพิ่มความสามารถในการทำความเย็น และลดกำลังงานที่เครื่องอัดไอได้ ซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศมีค่าสูงขึ้นร้อยละ 3.79

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิชาเอกเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ วัสดุและเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Achanaseaw A, Sripetchai C. *Saving Energy by Cooling Pad at Condenser of Water Chiller*. In Proceeding of the 22nd conference of Mechanical Engineering Network of Thailand; 2008: 112-115.
- Adel AE, Kareem JA, Assaad A. Enhancement of the performance characteristics for air conditioning system by using direct evaporative cooling in hot climates, *Energy Procedia*.2017; 142: 3998-4004.
- McQuiston FC, Parker JD. *Heating Ventilating and Air Conditioning*. 4th ed. United States of America: John Wiley & Sons, 2007.
- Michalis GrV, Andronikos EF, Georgios TK. et al. Incorporative evaporative condenser, *Applied Thermal Engineering*.2007; 27: 823-828.
- Nakpipat T, Khumpunyim P, Sindhupak A. *Increasing of Air Conditioner Performance by Evaporative Cooling*.In Proceeding of the 20th conference of Mechanical Engineering Network of Thailand; 2006, 891-896.
- Piankaew A. *Expansion of Air-Conditioner Efficiency by Increasing Heat Releasing of Condenser With Water*. Master of Science in Industrial Education (electrical engineering), Faculty of Industrial Education and technology, King's Mongkut University of technology thonburi, 2007.
- Prerkshanandana P, Suwapiromchot S. *Refrigeration*. Thailand: King's Mongkut Institute of Technology Thonburi, 2002.
- Siriwattana C. *Refrigeration and Air Condition*. 19th ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), 2010.
- Sutalodkal M. *Condenser Cooling Of an Air Conditioner Using Air/Water as Transfer Media*. Master of engineering (energy management technology), School of energy and materials, King's Mongkut University of technology thonburi, 2003.

- Swatdepan P, Teeboonma U, Thinvongpituk C. *Performance Improvement of Air Condition System Liquid Intercooler Heat Exchanger*. In Proceeding of the 20th conference of Mechanical Engineering Network of Thailand; 2006: 877-881.
- Trihera S. *Improvement of Refrigeration Performance of Split Type Air Conditioner Using Heat Exchanger Combined With Balancing of Refrigerant Pressure*. Master of Science in Industrial Education (mechanical engineering), Faculty of Industrial Education and technology, King's Mongkut University of technology thonburi, 2007.
- Wang T, Sheng C, Nnanna A.G.A. Experimental investigation of air conditioning system using evaporative cooling condenser, *Energy and Building*. 2014; 81: 435-443.