TSF-31

การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับการนำพลังงานความร้อนทิ้งจากอุปกรณ์ควบแน่นของระบบปรับอากาศสำหรับผลิตน้ำร้อน

Design of heat exchanger for heat recovery from air conditioning system for generating hot water

นพรัตน์ อมัติรัตน์[1]*, ธณัฏฐ์ยศ สมใจ[2], ธวัชชัย จารุวงศ์วิทยา[1] และ อภิเดช บุญเจือ[1]

[1] *สาขาวิชาวิศวกรรมการทำความเย็นและการปรับอากาศ* คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนน สุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000
[2] *ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม*
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
129 ม.21 ตำบลเนินหอม อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25230
*ติดต่อ: acrteam_kai@hotmail.com, 044-233000, 044-233074

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 2 ประเภท คือ ประเภทของเหลวสู่น้ำ และประเภทอากาศสู่น้ำ สำหรับการนำพลังงานความร้อนทิ้งจากอุปกรณ์ควบแน่นของระบบปรับอากาศมาใช้สำหรับผลิตน้ำร้อน และประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ การใช้พลังงานของระบบผลิตน้ำร้อน ระบบทำความเย็นที่เลือกใช้มีขนาด 12,900 Btu/hr ใช้สารทำงานในระบบเป็น R-22

จากผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ4.04 ± 0.09 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำและประเภทของเหลวสู่น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบมีค่าสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 5.9 และ 8.9 ตามลำดับ และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.27 ± 0.17 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำ และประเภทของเหลวสู่น้ำ มีค่าลดลงจากระบบปกติเมื่อร้อยละ 3.09 และ 4.23 ตามลำดับ ระบบที่ระบายความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำเป็นการนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมากันหน้าคอนเดนเซอร์ทำให้มีการระบายความร้อนได้ยากส่งผลให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพลดลง จากการคำนวณปริมาณความร้อนอุณหภูมิของน้ำ ระบบที่ระบายความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำ สามารถฟื้นคืนความร้อนคิดเป็นร้อยละ 35.2 ในส่วนของระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถฟื้นคืนความร้อนคิดเป็นร้อยละ 69.2

คำหลัก: อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน; เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ; เครื่องทำน้ำร้อน

Abstract

This research was to design the equipment 2 types of heat exchanger as liquid-to-liquid type and gas-to-liquid type in order to recover the waste heat from condenser of air conditioning system for generating hot water. Furthermore, to evaluate the performance of air conditioning system and energy consumption of hot water generation system. The selected cooling system size was 12,900 Btu/hr. as well as refrigerant for the system was R-22.

As the results, determination of Coefficient of Performance for air conditioning system was averaged out at 4.04 ± 0.09. When applying heat exchanger equipment gas-to-liquid type and liquid-to-liquid type, the

Coefficient of Performance increased by 5.9 and 8.9 percent respectively. Moreover, the energy efficiency ratio of air conditioning system was averaged out at 12.27 ± 0.17. When applying heat exchanger equipment gas-to-liquid type and liquid-to-liquid type, the energy efficiency ratio decreased from normal system by 3.09 and 4.23 percent respectively. The cooling system by gas-to-liquid type was applying heat exchanger to a horizontal position in front of the condenser therefore the cooling was difficult. Thus, the efficiency of air conditioning system was decreased. According to calculation of quantity of heat, the system with gas-to-liquid cooling system could recover heat 35.2 percent. For the system was cooled by liquid could recover heat 69.2 percent.

***Keywords**:* Heat exchanger; Vapor compression; Water Heater

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติ จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยารายงานว่า พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) สูงกว่าค่าเฉลี่ย 0.66 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 11 ธันวาคม 2557) ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนและเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบชัดเจนมากยิ่งขึ้น ทำให้การดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์อยู่กับอากาศร้อน มนุษย์จึงหันมาใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้น ซึ่งการใช้เครื่องปรับอากาศก็ส่งผลกระทบทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเช่นกันเนื่องจากการระบายความร้อนที่ออกจากอุปกรณ์ระบายความร้อน (คอนเดนเซอร์) ของเครื่องปรับอากาศระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก เป็นความร้อนที่ถูกปล่อยออกโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และในส่วนของระบบปรับอากาศก็มีสารทำความเย็นที่เป็นสิ่งสำคัญในระบบ ซึ่งการใช้สารทำความเย็นก็มีผลต่อการทำลายโอโซนและก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกส่งผลให้เกิดปัญหาโลกร้อนรุนแรงมากขึ้น อาคารพักอาศัยรวมส่วนใหญ่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) และเครื่องทำน้ำอุ่นเพื่อความสะดวกสบายสำหรับผู้พักอาศัย โดยส่วนใหญ่เครื่องปรับอากาศมีขนาด 9000–80000 BTU (บริษัท เจ้าพระยามหานคร จำกัด (มหาชน), 29 มกราคม2558) และเครื่องทำน้ำอุ่นมีปริมาณการกินไฟ (กำลังไฟ) 2,500–12,000 วัตต์

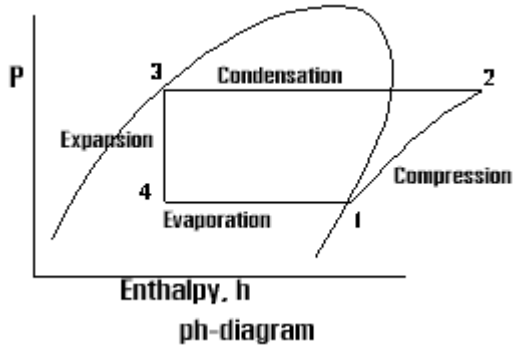
การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารพักอาศัยรวมมักเลือกใช้เครื่องปรับอากาศมีขนาดพอเหมาะ การติดตั้งทำได้ง่าย ราคาไม่สูงมากและมีหลักการทำงานของระบบไม่ยุ่งยาก ซึ่งในระบบทำความเย็นก็มีสารทำความเย็นที่ทำหน้าที่รับความร้อนออกจากห้องและทำให้ห้องเย็น สำหรับสารทำความเย็นที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศมีหลายชนิดซึ่งสารทำความเย็นแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการทำงานที่แตกต่างกันไป และเมื่อมีการเปิดเครื่องปรับอากาศให้ทำงาน ความร้อนที่ปล่อยออกสู่ภายนอกของเครื่องปรับอากาศจะส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนมากขึ้น เพื่อเป็นการลดภาวะโลกร้อนจึงได้นำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังช่วยลดความร้อนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอกด้วย

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำความร้อนที่ระบายออกจาก คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศนำกลับมาใช้ โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อนำความร้อนที่ได้ไปอุ่นน้ำให้กับเครื่องทำน้ำอุ่นและได้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 2 ประเภทคือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการระบายความร้อนจากของเหลวสู่น้ำ และแบบที่มีการระบายความร้อนจากอากาศสู่น้ำเพื่อนำความร้อนที่ได้ไปใช้ในการอุ่นน้ำสำหรับการอุปโภคและเป็นการลดภาวะโลกร้อนอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์วัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอ

วัฏจักรที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของระบบปั๊มความร้อนคือ วัฏจักรย้อนกลับของคาร์โนต์ (Reversed Carnot Cycle) เนื่องจากเป็นวัฏจักรที่ให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด ประกอบด้วยกระบวนการอะเดียแบติก 2 กระบวนการ และกระบวนการอุณหภูมิคงที่ 2 กระบวนการ จากรูปที่ 1 สามารถวิเคราะห์กระบวนการต่างๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 1 ไดอะแกรมความดันกับเอนทัลปีของวัฏจักรระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นกระบวนการอะเดียแบติกที่ย้อนกลับได้เมื่อคิดที่ไอของสารทำความเย็น 1 กิโลกรัม งานที่ต้องใช้ในการอัดไอสารทำความเย็น 1 กิโลกรัม หาได้จากสมการ

$$W_{12} = (h_2 - h_1) \qquad (1)$$

โดย W_{12} คือ งานที่ให้แก่เครื่องอัด, kJ/kg

h_1 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอ, kJ/kg

h_2 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดไอ, kJ/kg

2. คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นกระบวนการอุณหภูมิคงที่ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากอุปกรณ์ควบแน่นหาได้จากสมการ

$$q_{23} = (h_2 - h_3) \qquad (2)$$

โดย q_{23} คือ ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากอุปกรณ์ควบแน่น ,kJ/kg

h_2 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดไอ, kJ/kg

h_3 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ควบแน่น, kJ/kg

3. วาล์วขยายตัว (Expansion Valve) เป็นกระบวนการเอนทัลปีคงที่และลดความดันอย่างเดียว ไม่มีงานหรือการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น ดังนี้

$$h_3 = h_4 \qquad (3)$$

โดย h_3 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ควบแน่น, kJ/kg

h_4 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอุปกรณ์ระเหย, kJ/kg

4. เครื่องทำระเหย (Evaporator) เป็นกระบวนการอุณหภูมิคงที่ ความร้อนที่สารทำความเย็น 1 kg สามารถดูดกลืนเอาไว้ได้ หาได้จากสมการ

$$q_{41} = m_r(h_1 - h_4) \qquad (4)$$

โดย q_{41} คือ ความร้อนที่ดูดกลืนเอาไว้ในอุปกรณ์ระเหย, kJ/kg

h_1 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอ, kJ/kg

h_4 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอุปกรณ์ระเหย, kJ/kg

ในการวิเคราะห์นี้ไม่ได้คิดการสูญเสียความดันและเอนทัลปีที่เกิดจากการไหลในท่อ ดังนั้นสมรรถนะของปั๊มความร้อน (Coefficient of Performance, COP) หาได้จากสมการ (2.1)

$$COP = q_{23}/W_{12} \qquad (5)$$

หรือ $$COP = (h_2 - h_3)/(h_2 - h_1)$$

ในบางครั้ง COP ของปั๊มความร้อน นิยมเรียกว่าอัตราส่วนของสมรรถนะ (Performance Ratio) และให้นิยามว่า อัตราส่วนของความร้อนที่ระบบถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อมต่องานที่ใช้ในการอัด

ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานคือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็น (Btu/h)/W EER คืออัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง (Output) กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็น (Input) หาได้จากสมการ

$$EER = \frac{output}{Input} \qquad (6)$$

โดย Output คือ อัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง

Input คือ กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็น (2.3)

การคำนวณปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible heat) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป แต่สถานะยังคงเดิมอยู่หาได้จากสมการ

$$Q = mC_p\Delta T \qquad (7)$$

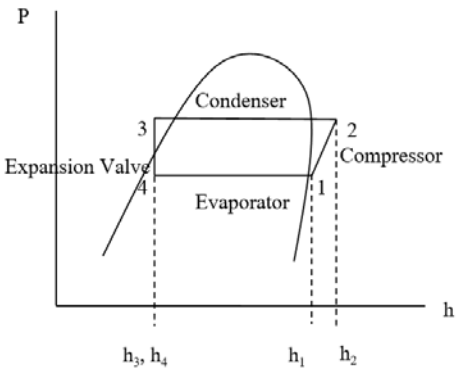
โดย m คือ มวลของน้ำ ลิตร

Cp คือ ค่าความจุความร้อนเท่ากับ 4.18 kJ/ (kg-K)

ΔT คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP)

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะจากค่าเอนทัลปีของสารทำงาน R-22 โดยการนำค่าความดันของสารทำงานและอุณหภูมิที่วัดได้ในแต่ละตำแหน่ง นำไปอ่านค่าเอนทัลปีจาก P-h ไดอะแกรมของสารทำความเย็น ดังรูปที่ 2 สามารถคำนวณด้วยสมการที่ (5)



รูปที่ 2 ภาพจำลองการพล็อตค่าลงในแผนภูมิมอลเลียร์

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

$COP = q_{23}/W_{12}$

$h_1 = 179$ kJ/kg

$h_2 = 201$ kJ/kg

$h_3, h_4 = 96$ kJ/kg

ความร้อนที่ได้จากเครื่องควบแน่น

$q_{23} = (h_2 - h_3)$

$= (201 - 96)$ kJ/kg

$= 105$ kJ/kg

พลังงานของความร้อนที่ให้ที่คอมเพรสเซอร์

$W_{12} = (h_2 - h_l)$

$= (201 - 179)$ kJ/kg

$= 22$ kJ/kg

ดังนั้นได้ค่าสัมประสิทธิสมรรถนะของระบบ

$$COP = \frac{105}{22}\ \frac{kJ/kg}{kJ/kg}$$

$COP = 4.77$

2.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficient Ratio: EER)

ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานคือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็น (Btu/h)/W EER คืออัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง (Output) กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็น (Input) สามารถคำนวณด้วยสมการที่ (6)

$$EER = \frac{output}{Input}$$

Output = 12900 Btu/h

Input = 1012 Watt

แทนค่า $= \frac{12900}{4.6 \times 220}\ \frac{Btu/h}{Watt}$

$= 12.4$ Btu/h-Watt

2.4 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณความร้อน

ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป แต่สถานะยังคงเดิมอยู่ เช่น น้ำ 40 ลิตรที่มีสถานะเป็นของเหลว เมื่อถูกเพิ่มปริมาณความร้อนเข้าไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นจาก 37 °C จนถึง 45°C ที่ความดันบรรยากาศ ค่าความจุความร้อนเท่ากับ 4.18 kJ/ (kg-K) ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น สามารถคำนวณด้วยสมการที่ (7)

$Q = mC_p\Delta T$

m = 40 ลิตร

Cp = 4.18 kJ/ (kg-K)

$\Delta T = 45-37 = 8$ °C

แทนค่า = 40x4.18x (45-37)

= 1337.6 kJ

ปริมาณความร้อนที่สามารถฟื้นคืน (Heat Recovery)

เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าพลังงานความร้อน

MJ = 3.6 x kWh

แทนค่า kWh = MJ/3.6

= (1337.6 /1000)/3.6

= 0.37 kWh

3. อุปกรณ์และการทดลอง

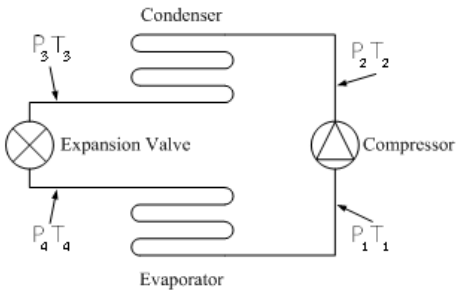
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเป็นแนวทางในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในการนำพลังงานความร้อนทิ้งจากชุดควบแน่นของระบบปรับอากาศเพื่อผลิตน้ำร้อนและทำการประเมินการใช้พลังงานของระบบผลิตน้ำร้อน โดยจะทำการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ

ร้อน 2 ประเภท คือ ประเภทของเหลวสู่น้ำ และประเภทอากาศสู่น้ำ โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยคือ การสร้างชุดทดสอบการถ่ายเทความร้อน เพื่อหาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน วิเคราะห์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ และทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในส่วนของระบบผลิตน้ำร้อน ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 เครื่องทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

3.1 วิธีการทดสอบและการเก็บข้อมูล

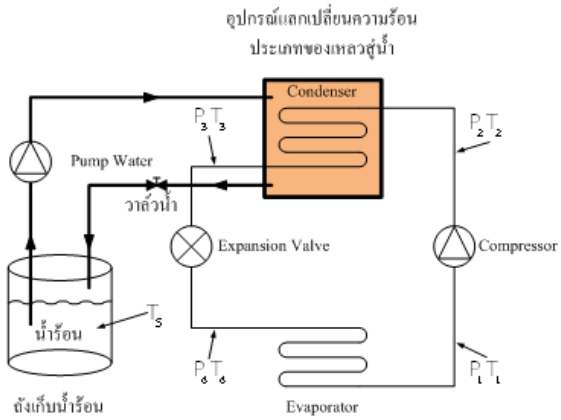
3.1.1 การทดสอบเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุง จะทำการวัดค่าความดันสารทำความเย็นด้านต่ำและด้านสูง ทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) โดยทำการตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศที่ 25 ºC และพัดลมที่ความเร็วสูงสุดทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ข้อมูลที่ต้องการสำหรับอุปกรณ์คือ ความดันของสารทำความเย็นและอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตำแหน่งวัดความดันสารทำความเย็นและอุณหภูมิ

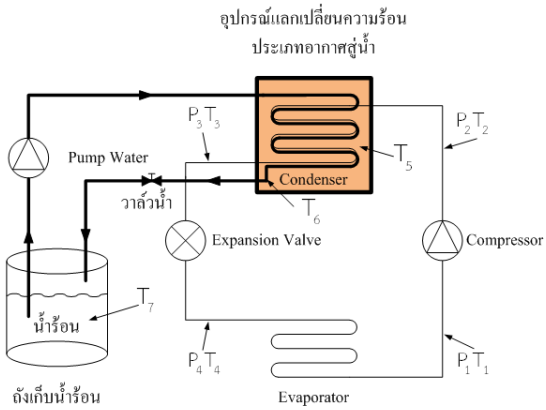
3.1.2 การทดสอบระบบทำน้ำร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศการวิเคราะห์การทำงานของระบบแลกเปลี่ยนความร้อนตามทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ ทำการบันทึกข้อมูลที่สำคัญของระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 2 ประเภท คือ ประเภทของเหลวสู่น้ำ และประเภทอากาศสู่น้ำ

1) ข้อมูลที่ต้องการสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทของเหลวสู่น้ำคือ ความดันของสารทำความเย็นและอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตำแหน่งวัดความดันสารทำความเย็นและอุณหภูมิสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทของเหลวสู่น้ำ

2) ข้อมูลที่ต้องการสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทของอากาศสู่น้ำคือ ความดันของสารทำความเย็นและอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 6



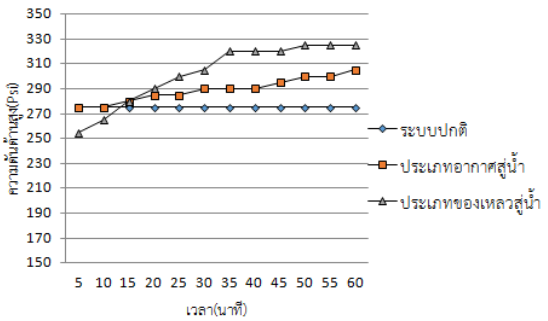
รูปที่ 6 ตำแหน่งวัดความดันสารทำความเย็นและอุณหภูมิสำหรับสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทของอากาศสู่น้ำ

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์

ผลที่ได้จากการทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อศึกษาการนำพลังงานความร้อนทิ้งจากชุดควบแน่นของระบบปรับอากาศเพื่อผลิตน้ำร้อนและทำการประเมินการใช้พลังงานของระบบผลิตน้ำร้อน โดยจะทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศระบบปกติ(ก่อนการปรับปรุง) และเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 2 ประเภท คือ ประเภทของเหลวสู่น้ำ และประเภทอากาศสู่น้ำ ด้วยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิสมรรถนะของระบบ(COP) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ทำการทดลองเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความดันสารทำความเย็นด้านสูง (Psig)

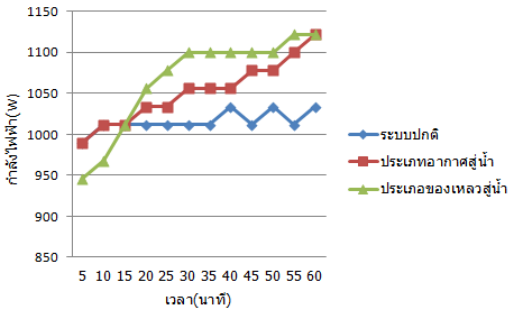
ผลจากการศึกษาความดันสารทำความเย็นด้านสูงของระบบแลกเปลี่ยนความร้อนพบว่า การทดลองระบบปกติมีความดันด้านสูงของระบบคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความดันโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 270 Psig เนื่องจากระบบไม่มีการถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ แต่เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นประเภทอากาศสู่น้ำความดันด้านสูงของระบบมีความดันสูงขึ้นตามเวลาการทดลองโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 289 Psig เนื่องจากอากาศระบายความร้อนให้กับน้ำ เมื่อน้ำมีการสะสมความร้อนที่อากาศระบายให้ความร้อนดังกล่าวจึงส่งผลให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นทำให้ความดันสูงขึ้นตามด้วย เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นประเภทของเหลวสู่น้ำ ความดันด้านสูงของระบบมีความดันสูงขึ้นตามเวลาการทดลองโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 303 Psig ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความดันสารทำความเย็นด้านสูงแต่ละประเภทการทดลอง

4.2 ผลการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

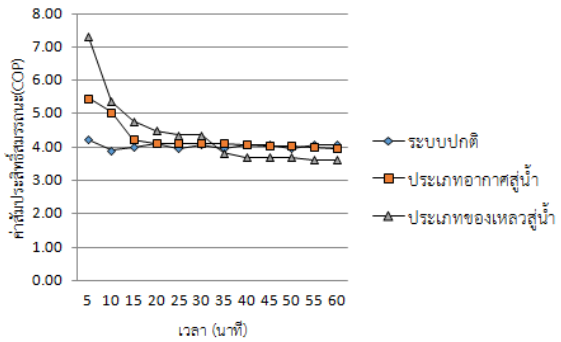
ผลจากการศึกษากำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศพบว่า การทดลองระบบปกติมีค่ากำลังไฟฟ้าโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.02 ± 0.01 kW เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นประเภทอากาศสู่น้ำ และประเภทของเหลวสู่น้ำ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าของระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.05 ± 0.04 และ 1.07± 0.06 kW ตามลำดับ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของระบบแต่ละประเภทการทดลอง

4.3 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ (COP)

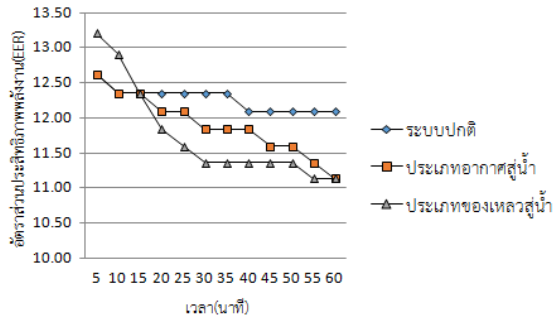
ผลจากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพบว่า การทดลองระบบปกติมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบคงที่โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.04±0.09 เนื่องจากระบบมีการทำงานของอุปกรณ์คงที่ แต่เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นประเภทอากาศสู่น้ำ และประเภทของเหลวสู่น้ำ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบมีค่าลดลงโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.28± 0.47 และ 4.40±1.07 ตามลำดับ เนื่องจากระบบระบายความร้อนด้วยน้ำถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ จึงไม่ได้พิจารณาการไหลเวียนของน้ำที่นำมาระบายความร้อน ส่งผลให้มีความร้อนสะสมมากขึ้นทำให้มีความดันด้านสูงมีความดันสูงขึ้น มีการใช้พลังงานมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบจึงมีค่าลดลงตามด้วยดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบแต่ละประเภทการทดลอง

4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

ผลจากการศึกษาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพบว่า การทดลองระบบปกติมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.27± 0.17 (Btu/h)/W เนื่องจากระบบมีการทำงานของอุปกรณ์คงที่จึงไม่ส่งผลกับค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมากนัก แต่เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นประเภทอากาศสู่น้ำ และประเภทของเหลวสู่น้ำค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบมีค่าลดลงตามเวลาการทดลองโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.89± 0.43 และ 11.75 ± 0.7 (Btu/h)/W ตามลำดับ เนื่องจากระบบปรับอากาศมีการใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น จึงทำให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานลดลง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานแต่ละประเภทการทดลอง

4.5 การคำนวณปริมาณความร้อน

จากการคำนวณปริมาณความร้อน โดยพิจารณาอุณหภูมิของน้ำที่เข้าระบบเท่ากับ 37 °C ระบบที่ระบายความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ได้สูงสุดเท่ากับ 45°C ค่าความร้อนที่สามารถฟื้นคืน (Heat Recovery) มาได้เท่ากับ 0.37 kW ในส่วนของระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำนั้น สามารถได้น้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 53°C ค่าความร้อนที่สามารถฟื้นคืนมาได้รับเท่ากับ 0.74 kW

4.6 ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมกับระบบแลกเปลี่ยนความร้อน ดังตารางที่ 1 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ4.04 ± 0.09 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำและประเภทของเหลวสู่น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบมีค่าสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 5.9 และ 8.9 ตามลำดับ และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.27 ± 0.17 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำ และประเภทของเหลวสู่น้ำ มีค่าลดลงจากระบบปกติเมื่อร้อยละ 3.09 และ 4.23 ตามลำดับ ระบบที่ระบายความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำเป็นการนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมากันหน้าคอนเดนเซอร์ทำให้มีการระบายความร้อนได้ยากส่งผลให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพลดลง จากการคำนวณปริมาณความร้อนอุณหภูมิของน้ำ ระบบที่ระบายความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำ สามารถฟื้นคืนความร้อนคิดเป็นร้อยละ 35.2 ในส่วนของระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถฟื้นคืนความร้อนคิดเป็นร้อยละ 69.2

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ค่าเฉลี่ย	ระบบปกติ	ประเภทอากาศสู่น้ำ	ประเภทของเหลวสู่น้ำ
ความดันสารทำความเย็นด้านต่ำ (Psig)	50	52	47
ความดันสารทำความเย็นด้านสูง (Psig)	270	289	303
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP)	4.04 ± 0.09	4.28 ± 0.47	4.40 ± 1.07
ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER)	12.27 ± 0.17	11.89 ± 0.43	11.75 ± 0.7
กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับระบบ (kW)	1.02 ± 0.01	1.05 ± 0.04	1.07± 0.06
อุณหภูมิน้ำร้อนสูงสุด (°C)	--	45	53
กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ (kW)	1.02 ± 0.01	1.05 ± 0.04	1.07± 0.06
ปริมาณความร้อนที่ฟื้นคืน (kW)	-	0.37	0.74

จากการพิจารณาผลการฟื้นคืนความร้อนระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบอากาศสู่น้ำ สามารถนำไปใช้ในอาคาร หรือโรงแรมที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ เนื่องจากระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบอากาศสู่น้ำสามารถติดตั้งได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีใช้อยู่เดิม

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาวิธีการทำงานระบบปกติของเครื่องปรับอากาศ ขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำ ขั้นตอนที่สามเป็นการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทของเหลวสู่น้ำ สามารถสรุปงานวิจัย ดังนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 ± 0.09 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำและประเภทของเหลวสู่น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบมีค่าสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 5.9 และ 8.9 ตามลำดับ

5.1.2 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.27 ± 0.17 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำและประเภทของเหลวสู่น้ำ มีค่าลดลงจากระบบปกติเมื่อร้อยละ 3.09 และ 4.23 ตามลำดับ

5.1.3 ระบบที่ระบายความร้อนประเภทอากาศสู่น้ำสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ได้สูงสุดเท่ากับ 45°C ค่าความร้อนที่สามารถฟื้นคืน (Heat Recovery) มาได้เท่ากับ 0.37 kW ในส่วนของระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำนั้น สามารถได้น้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 53°C ค่าความร้อนที่สามารถฟื้นคืนมาได้รับเท่ากับ 0.74 kW

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาอัตราการไหลเวียนของน้ำในการระบายความร้อนที่เหมาะสม

5.2.2 ศึกษาจุดคุ้มทุนในการดำเนินโครงการ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ขวัญชัย ไกรทอง และอติพงศ์ นันทพันธุ์. (2548). การประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางดัดแปลงจากคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์: กรณีศึกษาการดึงความร้อนจากน้ำร้อนมาใช้อุ่นอากาศ, วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 13, ม.ค.-เม.ย. 2548, หน้า 13-23.

[2] ธีรพจน์ เวศพันธุ์, ธีรพงศ์ บรีรักษ์, สุกัญญา ชำนาญหมอ, ปรัชญา โคมเมือง, สมควร โพธิ์ศรี, และสมบัติ ทีฆทรัพย์. (2551). การผลิตน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศเคลื่อนที่, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

[3] รัฐศักดิ์ พรหมมาศ. (2551). การศึกษาการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศโดยใช้ท่อความร้อน, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[4] บริษัท เจ้าพระยามหานคร จำกัด (มหาชน). (2558). “คอนโด การเลือกซื้อแอร์ ให้มี BTU เหมาะกับขนาดห้อง, แหล่งที่มา http://www.cmc.co.th/homeguide/139.html. เข้าดูเมื่อวันที่ 29 /01/ 2558

[5] วิศิษฏ์ ชูประเสริฐและจิตติน แตงเที่ยง. (2555). การนำความร้อนปล่อยทิ้งจากระบบทำน้ำเย็นร่วมกับการใช้ฮีตปั๊มในการผลิตน้ำร้อน, วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 9 ฉบับที่ 2555/2

TSF-31

[6] ศูนย์ภูมิอากาศ. (2557). ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556, สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรมอุตุนิยมวิทยา. แหล่งที่มา http://climate.tmd.go.th/Page20000_Climate_Change.aspx เข้าดูเมื่อวันที่ 11 /12/ 2557.

[7] หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ. (2551). ระบบทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้งของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต