

การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศโดยการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

Performance improvement of air condition by heat recovery

พูนพงศ์ สวาสดิพันธ์ อ่ำไพศักดิ์ ธิบุญมา และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190, email:luechai36@hotmail.com

Poonpong Swatdepan*, Umphisak Teeboonma and Chawalit Thinwongpituk
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University,
Ubon Ratchathani, 34190, Thailand.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะ เครื่องปรับอากาศ 4 ระบบ ได้แก่ (1) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา (2) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้น้ำหยดที่คอนเดนเซอร์ (3) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถังน้ำระบายความร้อน และ (4) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้แบบน้ำหยดและถังน้ำระบายความร้อน โดยน้ำที่ใช้หยด ส่วนหนึ่งได้มาจากการกลั่นตัวจากอีวาพอเรเตอร์ พารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน สัมประสิทธิ์สมรรถนะ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

จากการทดลองพบว่า เครื่องปรับอากาศระบบที่ 2,3 และ 4 สามารถเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพพลังงาน โดยระบบที่มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะและประสิทธิภาพพลังงานสูงสุดคือเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้น้ำหยดและถังน้ำระบายความร้อน ซึ่งมีค่ามากกว่าระบบที่ 1 โดยเฉลี่ยประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีระยะการคืนทุน 3 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 30.6 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การปรับอากาศ / การประหยัดพลังงาน

Abstract

The objective of this paper was to comparatively study the performance of air conditioning unit between the conventional vapor compression (1), the conventional vapor compression with using water dropping (2), the conventional vapor compression with using water tank (3) and the conventional vapor compression combine water dropping system and water tank (4) for decreasing the refrigerant temperature, which is used to reject heat before flow in a condenser and at condenser. The criteria for evaluating the

performance of air conditioning unit were energy consumption, coefficient of performance, and energy efficiency ratio.

From experimental results, It was found that the conventional vapor compression system 2,3 and 4 improve the coefficient of performance (COP) and energy efficiency ratio (EER). The system 4 has the most coefficient of performance and energy efficiency ratio, approximately 17 % higher than the system 1. When the data was economically analyzed, it was found that the break even point would be three years, with 30.6 % IRR.

Keyword: Air condition / Energy saving

1. บทนำ

การปรับอากาศ (Air Conditioning) เป็นกระบวนการควบคุม สภาพอากาศ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เช่น ความสุขสบายของมนุษย์ในที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ รวมทั้งการควบคุมคุณภาพสินค้าในงานอุตสาหกรรม เพื่อช่วยเร่งและควบคุมผลผลิต ให้ได้ผลตรงตามที่ต้องการ ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70-80 % โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีผลทำให้การเป็นอยู่ของมนุษย์ไม่สบายเท่าที่ควร ระบบปรับอากาศจึงเข้ามามีบทบาทในการควบคุมให้สภาพอากาศ โดยจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับความต้องการ การนำระบบปรับอากาศมาใช้งานจะพบได้ตั้งแต่ งานขนาดเล็กเช่นในห้องนอน ห้องทำงาน ไปจนถึงงานขนาดใหญ่เช่น หอประชุม อาคารสำนักงาน และในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และจากผลการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่าในระบบปรับอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้า ประมาณ 50-70 % ของพลังงานที่ใช้ในอาคารทั้งหมด งานวิจัยจะให้ความสนใจวิธีการประหยัดพลังงานโดยการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ ซึ่งจะทำโดยการนำน้ำที่ควบแน่นจากระบบปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำมาช่วยระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์

* Corresponding author

2. อุปกรณ์และวิธีการ

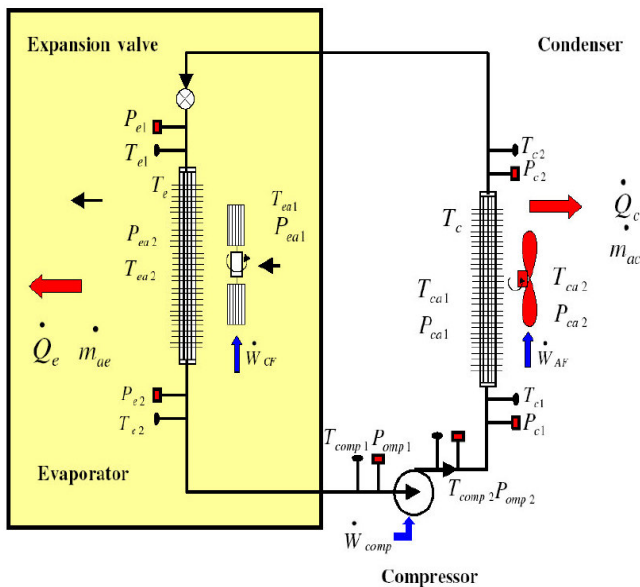
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปรับอากาศทั้งหมด

4 ระบบด้วยกันคือ

1. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา
2. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ น้ำ หยดที่คอนเดนเซอร์
3. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถึงน้ำระเหยความร้อน
4. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้แบบน้ำหยดและถึงน้ำระเหยความร้อน

ซึ่งมีรายละเอียดของชุดทดลอง ดังนี้

1. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา มีส่วนประกอบหลักคือคอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ เอ็กซ์แพนชันวาล์ว และอีวาพอเรเตอร์ โดยคอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็นสถานะไอ ทำให้ไอมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วไประบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ ไอจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ซึ่งยังมีความดันสูงและอุณหภูมิสูงอยู่ จะปลดความดันลงผ่านเอ็กซ์แพนชันวาล์ว พร้อมกับรับความร้อนเข้า และเปลี่ยนสถานะเป็นไอที่อีวาพอเรเตอร์ หลังจากนั้นไอสารทำความเย็นจะเคลื่อนตัวเข้าคอมเพรสเซอร์ ทำงานเป็นวัฏจักรต่อไป [1] ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ แสดงในรูปที่ 1

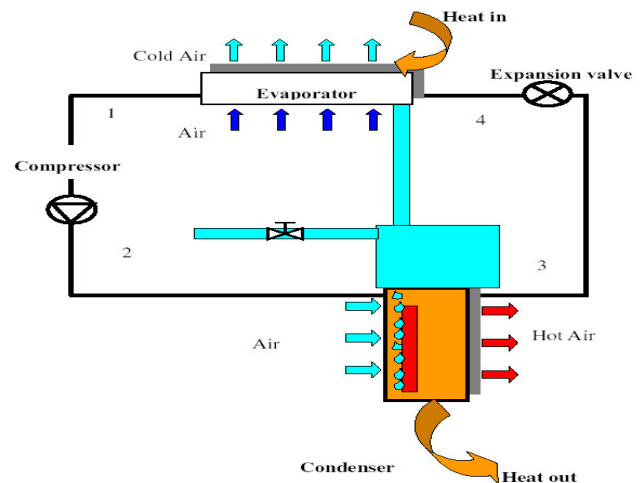


รูปที่ 1 เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา(ระบบที่ 1)

2. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ น้ำหยดที่คอนเดนเซอร์

เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ น้ำหยดที่คอนเดนเซอร์ มีส่วนประกอบหลักเหมือนกับเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา แต่ที่แตกต่างคือจะเพิ่มระบบน้ำหยดที่คอนเดนเซอร์ เพื่อช่วยเพิ่มการระบายความร้อน

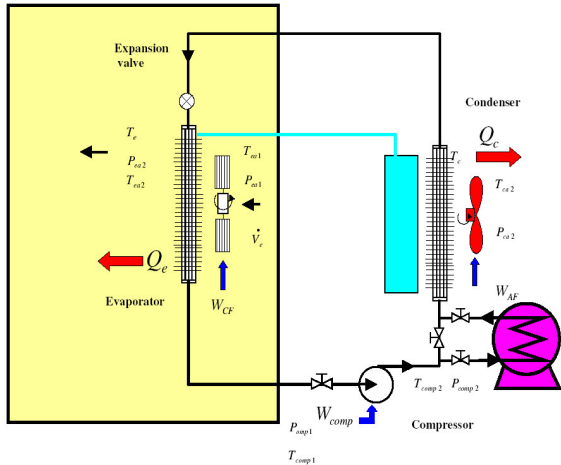
ออกจากสารทำความเย็นมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณการกลั่นตัวของสารเพิ่มขึ้น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการรับความร้อนจากอากาศที่อีวาพอเรเตอร์ ระบบน้ำหยดประกอบด้วยถังรับน้ำที่กลั่นตัวจากอีวาพอเรเตอร์และน้ำเสริมจากระบบทั่วไป การปล่อยน้ำหยดควบคุมด้วยวาล์วปรับอัตราการไหล มีหัวจ่ายน้ำหยดจำนวน 12 ท่อ การทดลองครั้งนี้จะควบคุมอัตราการไหลอยู่ที่ 0.125 l/min ซึ่งมีปริมาณ 3.7 เท่าของน้ำที่กลั่นตัวจากอีวาพอเรเตอร์ ส่วนประกอบระบบน้ำหยดแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศและหยดน้ำ (ระบบที่ 2)

3. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถึงน้ำระเหยความร้อน

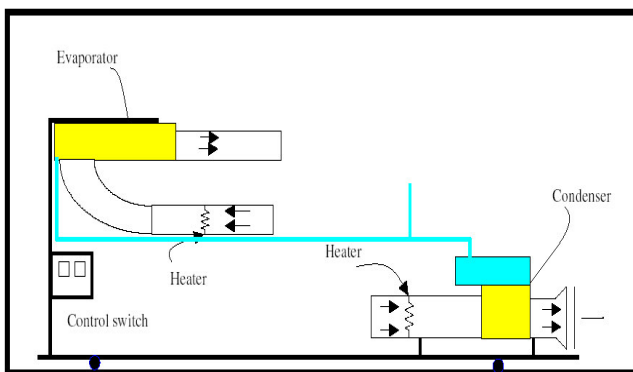
เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถึงน้ำระเหยความร้อน จะมีส่วนประกอบหลักเหมือนเครื่องปรับอากาศธรรมดา ที่แตกต่างคือจะเพิ่มถึงน้ำระเหยความร้อน โดยที่ถึงน้ำระเหยความร้อนเป็นภาชนะเหล็กทรงรูป ขนาด .02 ม³ ภายในมีท่อทองแดงขนาด 0.93 มม. จัดเรียงแนวขนานเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน และลดการสูญเสียพลังงานจากความผิด ภายในถึงบรรจุ น้ำอุณหภูมิต่ำ ติดตั้งเข้าไปในระบบเครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ก่อนไหลเข้าไประบายความร้อนซ้ำด้วยอากาศที่คอนเดนเซอร์ การใช้ถึงน้ำระเหยความร้อน มีผลทำให้ลดภาระการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์และยังได้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงนำไปใช้งานอีกด้วย ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถึงน้ำระเหยความร้อนแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องปรับอากาศแบบธรรมชาติที่ใช้ถึงน้ำระเหยความร้อน
(ระบบที่ 3)

4. เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้แบบน้ำหยดและถึง
น้ำระเหยความร้อน เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้แบบน้ำหยด
 และถึงน้ำระเหยความร้อน เป็นเครื่องปรับอากาศที่รวมอุปกรณ์ระหว่าง
 แบบที่ 2 และแบบที่ 3 เข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มปริมาณการระเหยความร้อน
 ออกจากสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ

เครื่องทดลอง เครื่องทดลองประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศที่แบบอัดไอ ขนาด 1 ตัน ติดตั้งบนแท่นเคลื่อนที่ได้ ควบคุมอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์และอีวาपोเรเตอร์ และติดตั้งเครื่องวัดความดันจำนวน 6 จุด วัดอุณหภูมิ จำนวน 12 จุด วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ลักษณะของห้องทดลองและตำแหน่งวัดค่าต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 และ รูปที่ 1



รูปที่ 4 ชุดทดลองสมรรถนะเครื่องปรับอากาศ

วิธีการทดลอง การทดลองจะควบคุมอุณหภูมิเข้าคอนเดนเซอร์และอีวาพอเรเตอร์ให้อยู่ที่ 30 °C และเดินเครื่องให้อยู่ในสภาวะคงตัว ทำการเก็บข้อมูลลดหมึกจำนวน 12 จุดโดยเครื่องบันทึกค่า

อุณหภูมิ ที่จุดต่างๆ ทุก 1 นาที ความชื้น ความเร็วอากาศ ความดันและกำลังไฟฟ้า ที่ใช้ ทุกๆ 5 นาที ใช้เวลาในการเดินเครื่องปรับอากาศนาน 2 ชั่วโมง พิจารณาค่าที่อยู่ในสภาวะคงตัว ในช่วง 1 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ผลลังงาน

การวิเคราะห์พลังงาน การวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบก่อนและหลังใช้อุปกรณ์เสริม จะใช้สมการดังต่อไปนี้ [2]

1. ปริมาณความร้อนที่ระบายออกที่คอนเดนเซอร์หาจากสมการ

$$Q_{\text{cond.}} = m_c (h_{ci} - h_{co}) \quad (1)$$

$Q_{\text{cond.}}$ = ปริมาณความร้อนที่ระบายออก, kW

$$m_c = \text{อัตราการไหลเชิงมวลอากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์, kg/s}$$

h = เอนทาลปี, kJ/kgK

2. ปริมาณความร้อนที่รับเข้าที่ฮีวโปเรเตอร์ หาจาก

$$Q_{\text{evap.}} = m_e (h_{e i} - h_{e o}) \quad (2)$$

$Q_{\text{evap.}}$ = ปริมาณความเย็นที่ได้, kW

m_e = อัตราการไหลเชิงมวลอากาศที่ผ่านอีวาพอเรเตอร์, kg/s

h = เอนทาลปี, kJ/kgK

- ### 3. สัมประสิทธิ์สมรรถนะหาค่าจากสมการ

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evap.}}}{W_{\text{comp.}}} \quad (3)$$

COP = สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

$Q_{\text{evap.}}$ = ปริมาณความเย็นที่ได้, kW

$$W_{\text{comp.}} = \text{กำลังงานคอมเพรสเซอร์, kW}$$

- #### 4. การหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling output}}{\text{Power input}} \quad (4)$$

EER = อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน Btu/hr/W

Cooling out = ความเย็นที่ได้, Btu/hr

Power input = กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้, W

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ สำหรับระบบจะพิจารณา ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และพลังงานที่ใช้ หลังติดตั้งระบบเสริม ดังนี้ ถังน้ำ, อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, ท่อทองแดง ขนาด .93 มม. รวมเป็นเงิน 2,750 บาท ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ 0.02 ม³ อุณหภูมิ 40 °C ราคา หน่วยละ 3.338 บาท คิดเป็นเงิน .5474 บาทต่อชั่วโมง ใช้งานวันละ 6 ชั่วโมง รวมเป็นเงิน 867 บาทต่อปี ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง 0.2541 บาทต่อ ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 402 บาทต่อปี ส่วนปริมาณน้ำหยด 0.125 ลิตร/นาที่ ราคาเฉลี่ย 0.021 บาทคิดเป็นเงิน 0.1155 บาทต่อชั่วโมง หรือ 182 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน (Pay back Period)

$$PP = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{รายได้เฉลี่ยตลอดปี - ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยตลอดปี}} \quad (5)$$

Series present worth factor (SPWF)

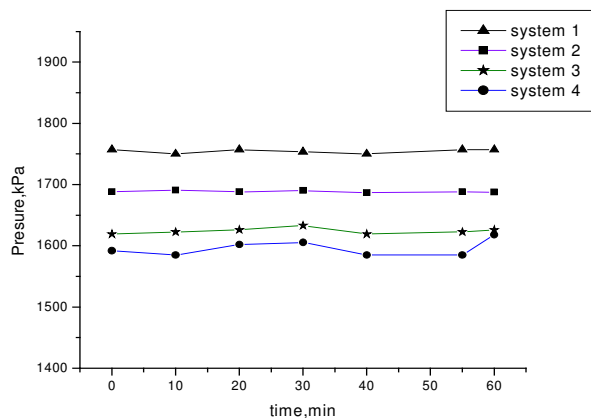
$$SPWF (p/a) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (6)$$

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี

n = จำนวนปี

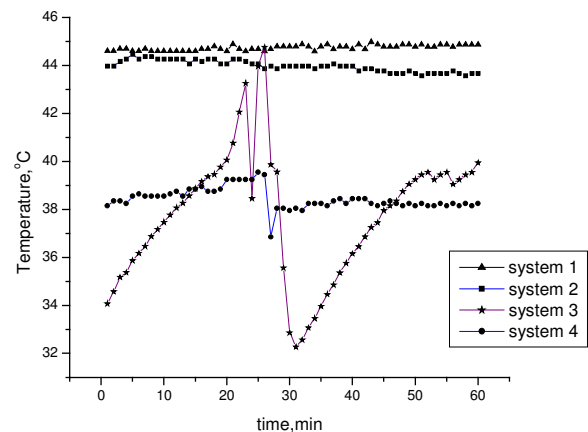
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ระบบ คือ (1) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา (2) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้น้ำหยดที่คอนเดนเซอร์ (3) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถังน้ำระบายความร้อน (4) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้แบบน้ำหยดและถังน้ำระบายความร้อน (รวมระบบที่ 2 และที่ 3 เข้าด้วยกัน)



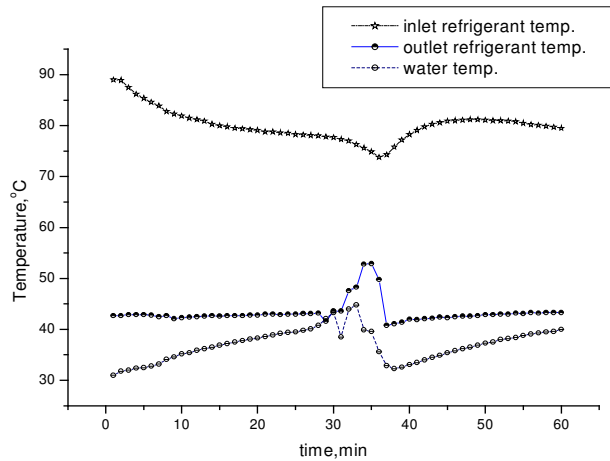
รูปที่ 5 ความดันขาเข้าคอนเดนเซอร์

รูปที่ 5 เปรียบเทียบความดันขาเข้าคอนเดนเซอร์ จากการ ทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ระบบ พบว่าเครื่องปรับอากาศระบบที่ 1 จะมีความดันสูงสุด โดยมีค่าอยู่ประมาณ 1,750 kPa เนื่องจากการ ระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ทำได้น้อยสุดเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ระบบที่ 4 มีความดันต่ำสุดประมาณ 1,560 kPa เนื่องจากการระบาย ความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ดีที่สุด ส่วนระบบที่ 2 และ 3 มีค่า ความดันเฉลี่ยประมาณ 1,680 kPa และ 1,620 kPa ตามลำดับ



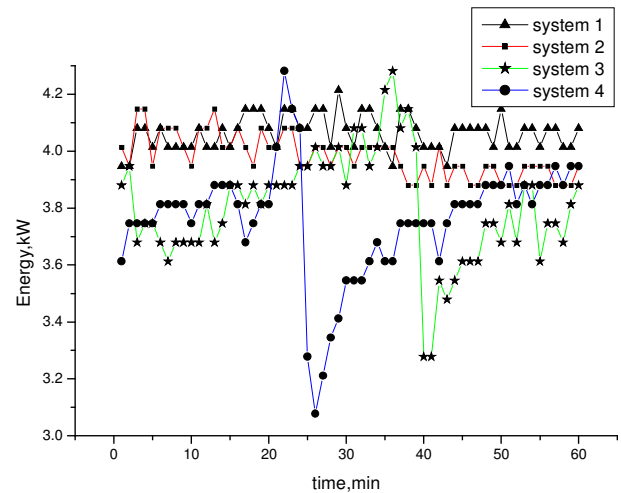
รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์

รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจาก คอนเดนเซอร์ หลังจากทดลองการทำงานทั้ง 4 ระบบ พบว่า ค่าอุณหภูมิ ของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์สูงสุดคือ เครื่องปรับอากาศ แบบระบบที่ 1 มีค่า 44.8 °C เนื่องจากการระบายความร้อนออก จากสารทำความเย็น ทำได้น้อยสุดเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ และเครื่องปรับอากาศระบบที่ 4 จะระบายความร้อนออกดีที่สุด โดยอุณหภูมิสารทำความ เย็นมีอุณหภูมิประมาณ 32 °C ส่วนที่เหลืออีก 2 ระบบ คือระบบที่ 2 และ ระบบที่ 3 จะระบายความร้อนได้รองลงมา โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ประมาณ 43 °C และ 38 °C ตามลำดับ



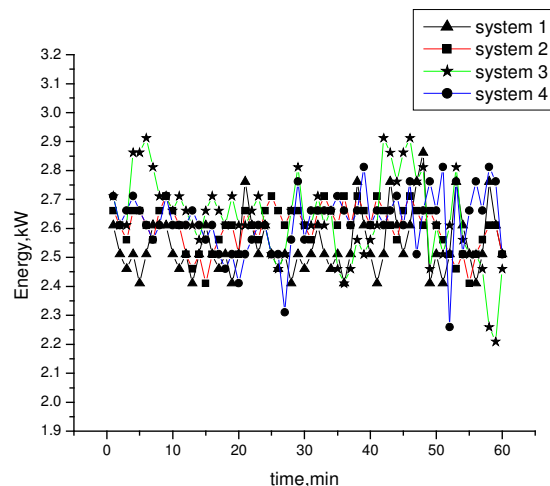
รูปที่ 7 เปรียบเทียบอุณหภูมิสารทำความเย็น เมื่อระบายความร้อนด้วย
ถึงน้ำระบายความร้อน(ระบบที่ 3)

รูปที่ 7 เปรียบเทียบอุณหภูมิสารทำความเย็น เมื่อไหลเข้าไป
ถึงน้ำระบายความร้อน จากการทดลองพบว่าสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิ
สูง เมื่อถ่ายเทความร้อนให้น้ำ อุณหภูมิจะลดลงโดยแปรผันตามอุณหภูมิ
น้ำในถังระบายความร้อน โดยอุณหภูมิสารทำความเย็นจะลดลงจากเดิม
ประมาณ 25 °C ส่วนอุณหภูมิน้ำเมื่อรับความร้อนจากสารทำความเย็น
อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 °C ในเวลา 40 นาที หลังจากนั้นเปลี่ยนน้ำ
ระบายความร้อนทุกๆ 40 นาที เมื่อพิจารณาเส้นกราฟของสารทำความ
เย็น (เส้นกลาง) จะพบว่าเส้นกราฟจะเอียงลงเนื่องจาการสารทำความ
เย็นระบายความร้อนให้กับน้ำ ส่วนเส้นกราฟล่างสุด(อุณหภูมิน้ำ) เมื่อรับ
ความร้อนจากสารฯจะมีแนวโน้มเอียงขึ้น จนสูงสุด และจะลดลงอีกครั้ง
เมื่อเปลี่ยนน้ำในถังน้ำระบายความร้อน



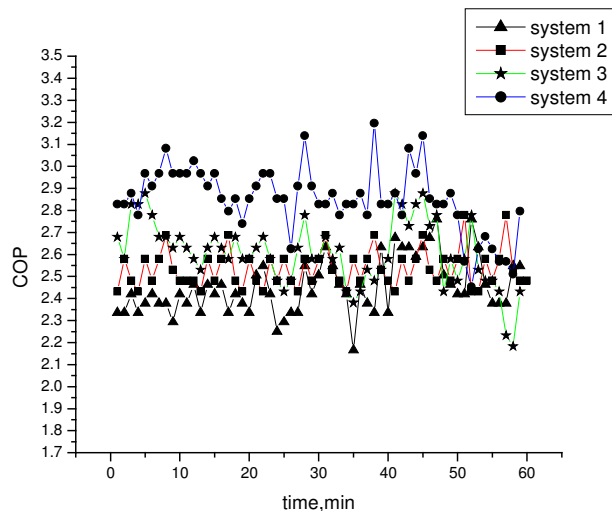
รูปที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ระบายออก ที่คอนเดนเซอร์

รูปที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ระบายออกที่
คอนเดนเซอร์ จากการทดลองของเครื่องปรับอากาศ 4 ระบบ พบว่าเครื่อง
ปรับอากาศระบบที่ 1 จะมีการระบายความร้อนออกสูงที่สุดมีค่าเฉลี่ย
ประมาณ 4 kW ส่วนเครื่องปรับอากาศระบบที่ 4 จะมีการระบายความร้อน
ออกต่ำสุดค่าเฉลี่ยประมาณ 3.6 kW เนื่องมาจากความร้อนส่วนหนึ่งถ่าย
เทให้กับน้ำในถังน้ำระบายความร้อน จึงเหลือปริมาณความร้อนส่วนน้อย
มาระบายออกที่คอนเดนเซอร์ด้วยอากาศ ส่วนเครื่องปรับอากาศระบบที่ 3
และ 2 จะสามารถระบายความร้อนเฉลี่ยประมาณ 3.8 และ 3.9 kW ตาม
ลำดับ



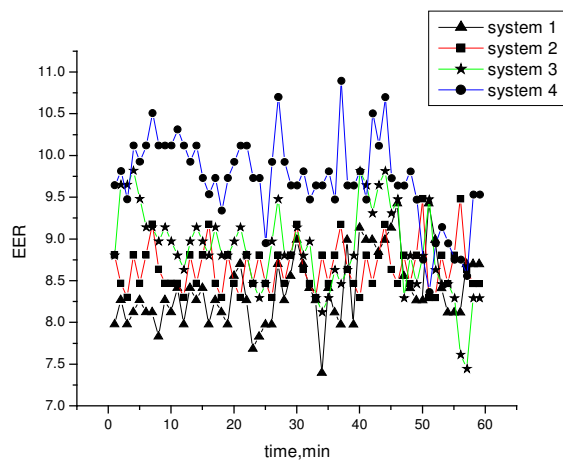
รูปที่ 9 ปริมาณความร้อนที่รับเข้าเครื่องปรับอากาศที่อีวาพอเรเตอร์

รูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่รับเข้าเครื่องปรับอากาศที่อิวาปอเรเตอร์จากเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ระบบ จากการทดลองพบว่า ความร้อนที่รับเข้าที่อิวาปอเรเตอร์จะมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 ระบบ โดยมีค่าเฉลี่ย ประมาณ 2.5 – 2.7 kW



รูปที่ 10 ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ 10 เปรียบเทียบ COP ของเครื่องปรับอากาศ ทั้ง 4 ระบบ จากทดลอง พบว่า ค่า COP สูงสุดคือเครื่องปรับอากาศระบบที่ 4 จะให้ค่าสูงสุด ประมาณ 2.9 ส่วนเครื่องปรับอากาศระบบที่ 1 มีค่า COP ต่ำสุด ประมาณ 2.4 ส่วนระบบที่ 2 และระบบที่ 3 จะมีค่า COP ประมาณ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ



รูปที่ 11 ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ 11 เปรียบเทียบค่า EER เครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ลักษณะ จากการทดลองพบว่า ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศที่ให้ค่าสูงสุดคือเครื่องปรับอากาศระบบที่ 4 มีค่าประมาณ 9.8 ส่วนเครื่องปรับอากาศระบบที่ 1 มีค่าต่ำสุด ประมาณ 7.8 ส่วนระบบที่ 2 และ 3 จะให้ค่าเฉลี่ยประมาณ 8 และ 8.9 ตามลำดับ

4. วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

ระบบที่ติดตั้งเพิ่มคิดจากอุปกรณ์และรายจ่ายรวมเป็นเงิน 2,750 บาท ค่า operating cost ที่เพิ่มขึ้น เป็นเงิน 182 บาทต่อปี ผลรับเมื่อติดตั้งระบบเสริม คิดเป็นเงิน 1,086 บาท ซึ่งจะพบว่าการติดตั้งระบบดังกล่าวมีอัตราการคืนทุนภายใน ประมาณ 30.6% และระยะเวลาในการคืนทุน 3 ปี

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษา การเปรียบเทียบสมรรถนะที่เกิดจากการทดลองเครื่องปรับอากาศ 4 ระบบ คือ (1) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา (2) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ น้ำหยดที่คอนเดนเซอร์ (3) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้ถึงน้ำระบายความร้อน และ (4) เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ใช้แบบน้ำหยดและถึงน้ำระบายความร้อน ผลการศึกษาพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบบที่ (4) ให้ค่า COP เท่ากับ 2.8 และค่า EER เท่ากับ 9.4 ซึ่งเป็นค่า สูงกว่าทุกระบบที่ได้ศึกษา โดยมีระยะการคืนทุน 3 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 30.6 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนงบประมาณ เพื่อส่งเสริมงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, USA, 1993.
2. Whitman, W.C., Johnson, W.M. Refrigeration and Air condition Technology. 3th Edition. USA. : Delmar Publishers Inc., 1995
3. ARI Guideline. Air conditioning and Refrigeration Institute. USA, 1990
4. Dossat, R.J. Principles of Refrigeration. 4th Edition. USA : Prentice-Hall International, 1997