

ศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชนิดระบายความร้อนด้วยแผ่นระเหย

A Study the Reduction of Air Temperature before Entering the Condenser of the Split Air Conditioner with Cooling Pad

นพรัตน์ อมัตริรัตน์*, สาธิต พูลโธสง

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล การทำความเย็นและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: nopparat.am@rmuti.ac.th, 044-233000 ต่อ 3451

บทคัดย่อ

การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยแผ่นระเหย ที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน ทำการทดลองก่อนและหลังติดตั้งแผ่นระเหยที่ทางดูดอากาศเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศขนาด 11.723 kW ใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงานและควบคุมอุณหภูมิอากาศที่เครื่องควบแน่น 37°C เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นระเหยแต่ละชนิดและหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จากการทดลองพบว่า เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นระเหยทำจากกระดาษเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) เฉลี่ยที่ 3.59, 3.52 และ 3.37 ตามลำดับ แผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส และไยบวบทำให้เครื่องปรับอากาศมีค่า COP เพิ่มขึ้นจากเดิม 4.66 และ 2.62% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดลง 1.75% ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เฉลี่ยที่ 9.67, 9.46 และ 8.74 Btu/hr/W ตามลำดับ แผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลสและไยบวบ ทำให้เครื่องปรับอากาศมีค่า EER เพิ่มขึ้นจากเดิม 9.64 และ 7.26% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดลง 0.91% ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 30,133.4, 31,443.8 และ 33,310.4 บาท/ปี ตามลำดับ แผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลสและไยบวบมีพลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิม 7.78 และ 3.76% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดลง 1.91% สรุปได้ว่าหลังการติดตั้งแผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส และไยบวบ ช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนเข้าเครื่องควบแน่น ส่งผลให้สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่นอยู่ในสภาวะของเหลวเย็นยิ่งมากขึ้น ค่า COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่เครื่องควบแน่นได้น้อย การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง ค่า COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศน้อยลงไปด้วย

คำหลัก: : แผ่นระเหย กระดาษเซลลูโลส ไยบวบ ถ่าน

Abstract

The reduction of air temperature before enter the condenser of split type air conditioner that using the cooling pad made from cellulose paper, luffa and charcoal. Before and after installed cooling pads were test, at the condenser of air conditioner that having cooling capacity of 11.723 kW to cool the condenser inlet air. The testing air conditioner used R-22 as working fluid. The condenser inlet air of 37°C was set in order to study the efficiency of each cooling pad and electric energy consumption of split type air conditioner. From the experimental results found that the average coefficient of performance (COP) of air conditioner used cellulose, luffa and charcoal as 3.59, 3.52 and 3.37 respectively. The increasing COP of air conditioner used cellulose and luffa as 4.66 and 2.62, however a

charcoal decreases 1.75%. The average of energy efficiency ratio (EER) of air conditioner used cellulose, luffa and charcoal as 9.67, 9.46 and 8.74 Btu/hr/W respectively. The increasing EER of air conditioner used cellulose and luffa as 9.64 and 7.26% but the EER of air conditioner used charcoal was decreased (0.91%). The average electricity charges of air conditioner used cellulose, luffa and charcoal were 30,133.4, 31,443.8 and 33,310.4 baht/year. The electrical power consumption decreased of 7.78 and 3.76%, respectively, when the cooling pads made from cellulose and luffa, respectively. However, it increased of 1.91% when the cooling pad made from charcoal. It concluded that the air conditioner installed the cooling pad made from cellulose and luffa, air temperature that entering the condenser was decreased. It led to the cooling process at the condenser is better. The refrigerant transferred to more subcooled liquid. Also the COP and EER were increased. While the cooling pad made from the charcoal, air temperature that entering the condenser was littler decreased, terribly cooling process. It led to the COP and EER were decreased.

Keywords: Cooling Pad, Cellulose Paper, Luffa, Charcoal

1. บทนำ

จากข้อมูลสถิติภูมิอากาศประเทศไทยที่ผ่านมาพบว่าสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงทุกปี [1] ทำให้อาคาร สำนักงาน และที่พักอาศัย มีความจำเป็นที่ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อสร้างความสุขสบาย แต่เครื่องปรับอากาศก็เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากเมื่อเทียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ คิดเป็น 60% ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นทุก ๆ ปี เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 - 2559 [2,3] สำหรับประเทศไทยเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ คือ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split-Type) ที่มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมีข้อดีคือ สามารถติดตั้งได้ง่ายตามความเหมาะสมของพื้นที่ใช้งาน สามารถควบคุมการเปิด-ปิด และปรับอุณหภูมิได้ตามความต้องการ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชุดภายในระบบ คือ ส่วนที่เป็นตัวจ่ายลมเย็น (Fan coil) ที่ติดตั้งภายในอาคาร หรือพื้นที่ที่ต้องการปรับอุณหภูมิ และส่วนระบายความร้อน (Condensing Unit) ที่ถูกติดตั้งภายนอกอาคาร เป็นการระบายความร้อนสู่อากาศภายนอก ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอุณหภูมิอากาศค่อนข้างสูง [4] ส่งผลให้การระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศไม่ดี ทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง ซึ่งที่ผ่านมาได้มีหน่วยงานต่าง ๆ ให้ความสนใจทำการศึกษาค้นคว้า วิจัย และพัฒนาหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีผู้ศึกษาและทำการวิจัยกันอย่างแพร่หลาย เช่น การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ทำจากกระดาษเซลลูโลส และใช้น้ำจากเครื่องระเหยในการหล่อเย็นพบว่าหลังการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ สามารถช่วยให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเท่ากับ 5.28 การใช้ไฟฟ้าลดลงจากเดิม 20.92% [5] การศึกษาออกแบบพัฒนาแผงทำความเย็นสำหรับลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ ใช้วัสดุทำแผงทำความเย็น 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส พีวีซี ฟิลลิ่ง และใยบัวพบว่าซึ่งแผงทำความเย็นกระดาษเซลลูโลสมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้นก่อนการติดตั้ง 3.38% ส่วนพีวีซี ฟิลลิ่ง และ ใยบัว มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะลดลง 3.21 และ 7.3% ตามลำดับ [6] จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น พบว่าการทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ระบายความร้อน ทำให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นภายในส่วนการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศมีอุณหภูมิและความดันลดต่ำลง ส่งผลให้การระบายความร้อนดีขึ้นและเครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการศึกษาวัสดุที่เหมาะสมและหา
ง่ายในท้องถิ่นมาใช้ในการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้า
คอนเดนเซอร์ โดยเลือกใช้วัสดุต่างชนิดกัน คือกระดาษ
เซลลูโลส โยบวบและถ่าน เพื่อศึกษาความสามารถในการ
ลดอุณหภูมิของแผ่นระเหยแต่ละชนิดและอัตราการ
สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา
และพัฒนาการใช้วัสดุทดแทนการทำแผ่นระเหยต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัฏจักรทำความเย็นทางทฤษฎี

(Simple Saturated Refrigerating Cycle)

วัฏจักรทำความเย็นที่ใช้สำหรับศึกษาการทำงานของ
ของระบบทำความเย็น โดยกำหนดให้สารทำความเย็นที่
ผ่านอุปกรณ์หลักในระบบอยู่ในสภาวะอิ่มตัว เช่น
ของเหลวที่ผ่านคอนเดนเซอร์จะมีสภาวะเป็นของเหลว
อิ่มตัว (Saturated liquid) และไอที่ออกมาจากเครื่อง
ระเหยจะเป็นไออิ่มตัว (Saturated vapor) ซึ่งเป็นไปตาม
หลักการงานเบื้องต้นของระบบทำความเย็น ดังรูปที่ 1

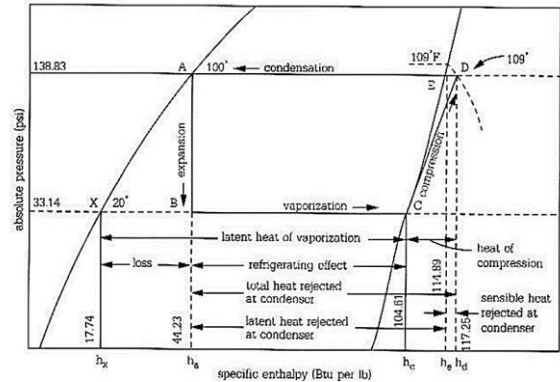
C-D กระบวนการของการอัดตัวเกิดขึ้นจากการ
ทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยไออิ่มตัวจากเครื่องระเหย
จะถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันสูง ตามกระบวนการ
ไอเซนทรอปิกหรือแอดิยาแบติกแบบไม่มีความเสียด

D-A กระบวนการควบแน่น เป็นกระบวนการที่
เกิดขึ้น เมื่อสารทำความเย็นผ่านคอนเดนเซอร์โดยใน
ช่วงแรกจะระบายความร้อนออกเพื่อลดอุณหภูมิสารทำ
ความเย็น ทำให้สารทำความเย็นจากสภาวะไอร้อนยวดยิ่ง
เปลี่ยนเป็นไออิ่มตัว จากนั้นจึงควบแน่นเป็นของเหลว
อิ่มตัว

A-B เป็นกระบวนการขยายตัวหรือกระบวนการลด
ความดัน (Expansion Process) โดยเริ่มจากสารทำความ
เย็นที่มีสภาวะเป็นของเหลวอิ่มตัวจากคอนเดนเซอร์ถูก
ส่งผ่านลิ้นลดความดันเพื่อลดความดันหรือขยายตัวตาม
Adiabatic Expansion คือ ไม่มีการเพิ่มหรือลดความร้อน
ให้กับ สารทำความเย็นหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเอน
ทาลปี แต่จากผลการลดความดันจะทำให้สารทำความ
เย็นส่วนหนึ่งเปลี่ยนสถานะเป็นไอโดยที่ยังไม่เกิดความ
เย็นขึ้น

B-C เป็นกระบวนการกลายเป็นไอเป็นกระบวนการ
ที่เกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นผ่าน เครื่องระเหย ซึ่งจะมิ

การดูดความร้อนจากระบบทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยน
สถานะเป็นไอ ตามกระบวนการอุณหภูมิและความดัน
คงที่ สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหยจะเปลี่ยน
สถานะเป็นไออิ่มตัว



รูปที่ 1 วัฏจักรทำความเย็นทางทฤษฎีที่เขียนลงบน
แผนภาพมอลเลียร์ (R-134a) [7]

2.2 การคำนวณหาเอนทาลปีของกระบวนการต่างๆ สามารถหาได้ดังนี้

1) กระบวนการลดความดัน (A-B) เป็นช่วงที่
ของเหลวอิ่มตัวจากคอนเดนเซอร์ส่งผ่านลิ้นลดความดัน
ทำให้เกิดการขยายตัวแบบแอดิยาแบติก (Adiabatic
Expansion) คือ ไม่มีการลดหรือเพิ่มความร้อนในสารทำ
ความเย็นหรือค่าเอนทาลปีไม่เปลี่ยนแปลง

2) กระบวนการกลายเป็นไอ (B-C) เป็นกระบวนการ
สร้างความเย็นให้กับระบบโดยการทำงานของเครื่อง
ระเหยโดยผลของความเย็นที่เกิดขึ้น (Refrigerating
Effect - R.E.) มีค่าดังนี้

$$Q_{\text{evap}} = h_c - h_b = \text{R.E.} \quad (2.1)$$

3) กระบวนการอัดตัว (C-D) นอกจากจะทำให้ความ
ดันของสารทำความเย็นในระบบเพิ่มสูงขึ้นยังเป็นผลให้
ค่าเอนทาลปีเพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณความร้อนที่เทียบเท่า
กับพลังงานกลที่ทำการอัดไอ เรียกผลของความร้อนที่เกิด
จากการอัดของคอมเพรสเซอร์ว่า ความร้อนจากการอัด
(Heat of Compression) ซึ่งจะคำนวณได้จาก

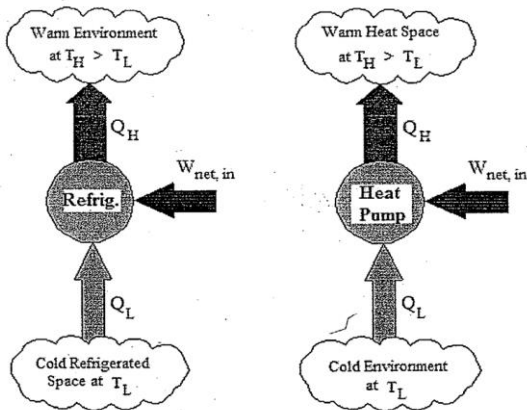
$$Q_{\text{comp}} = h_d - h_c \quad (2.2)$$

4) กระบวนการควบแน่น (D-A) กระบวนการนี้ทำ
ให้สารทำความเย็นจากสภาวะไอร้อนยวดยิ่งเปลี่ยนเป็น
ไออิ่มตัวก่อน (D-E) จากนั้นจึงควบแน่นจนเป็นของเหลว
อิ่มตัวที่จุด A ปริมาณความร้อนที่ระบายออกที่คอนเดน
เซอร์มีค่า = Q_{cond}

$$Q_{\text{cond}} = h_d - h_a \quad (2.3)$$

2.3 ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ

ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบอัดไอไม่ว่าจะเป็น การปรับอากาศให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลง สามารถพิจารณาจากพลังงานที่อยู่ในรูปของงานและความร้อน ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาตรความรู้ที่ต้องการนำออกไปต่องานที่ต้องนำเข้ามาโดยพิจารณา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานของการทำความเย็นและความร้อน [8] นิยามของประสิทธิภาพค่าในการวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในทางเทอร์โมไดนามิกส์นั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) ในการแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นโดยเป็นไปตามสมการ 2.4

$$\text{COP} = \frac{\text{cooling load}}{\text{power input}} \quad (2.4)$$

หรือ

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{Refrigerating effect}}{\text{heat of compression}} \\ &= Q_{\text{evap}} / Q_{\text{comp}} \\ &= (h_c - h_b) / (h_d - h_c) \end{aligned}$$

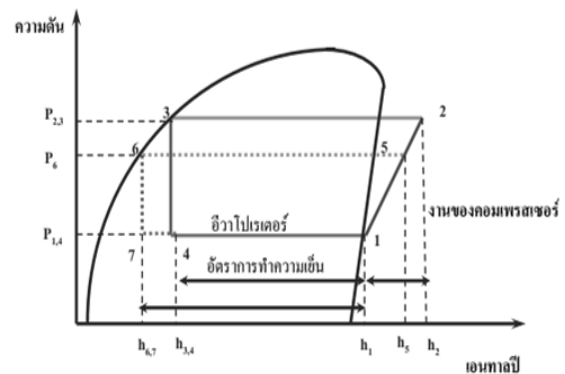
2.4 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

โดยที่ค่า Cooling load และ Power input เป็นค่าที่มาจากหน่วยเดียวกัน ในการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในบางครั้ง จะใช้ค่าดังต่อไปนี้

$$\text{EER} = \frac{\text{cooling load (Btu/hr)}}{\text{power input (W)}} \quad (2.5)$$

2.5 การลดอุณหภูมิทำงานของคอนเดนเซอร์

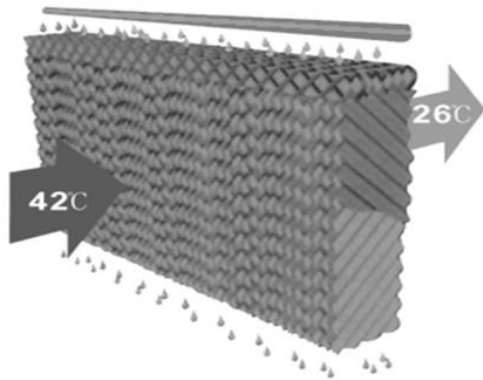
พิจารณาจากรูปที่ 3 การควบแน่นของสารทำความเย็นในระบบทำความเย็นจะเกิดขึ้นที่กระบวนการ 2-3 ถ้าสามารถลดอุณหภูมิและความดันที่คอนเดนเซอร์ลงได้ การควบแน่นจะเกิดขึ้นตามกระบวนการ 5-6 แทน และการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะเปลี่ยนจากกระบวนการที่ 1-2 มาเป็น 1-5 ส่วนอัตราการทำงานของเครื่องระเหยจะเปลี่ยนจากเส้นทาง 4-1 เป็น 7-1 ผลลัพธ์ที่ได้คือ จะสามารถลดพลังงานที่ต้องป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ลง และเพิ่มอัตราการทำความเย็นขึ้นได้ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 แผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h) เมื่อลดอุณหภูมิทำงานของคอนเดนเซอร์ [9]

2.6 หลักการทำงานของระบบแผงทำความเย็น (Cooling Pad)

เมื่ออากาศสัมผัสกับน้ำ พลังงานความร้อนในอากาศจะถูกนำไปใช้เปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นไอ แผงทำความเย็นประกอบไปด้วยวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้อย่างดีเยี่ยม มาจัดเรียงในรูปแบบที่มีการจัดสรรพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศสูงสุด จึงสามารถขยายผลของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติดังกล่าวให้เป็นทางเลือกในการทำความเย็นที่ประหยัดและคุ้มค่า เมื่อนำพัดลมดูดอากาศร้อนมาผ่านแผงทำความเย็นที่หล่อเลี้ยงด้วยน้ำ จะทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หลักการทำงานของระบบแผงทำความเย็น (Cooling Pad) [10]

ความสามารถในการลดอุณหภูมิของแผงทำความเย็น (ΔT) ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการระเหยน้ำค้างสมการ ต่อไปนี้

$$\Delta T = E\% \cdot (T_{db} - T_{wb}) \quad (2.6)$$

เมื่อ T_{wb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)

T_{db} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)

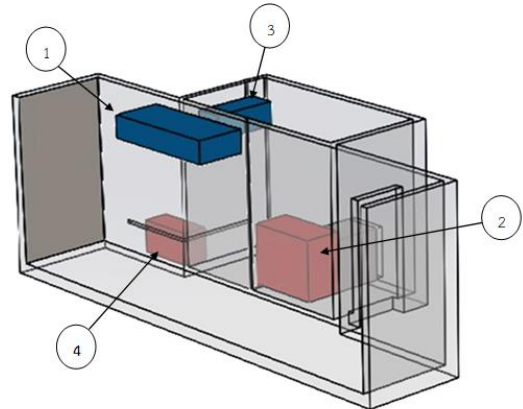
$E\%$ = ประสิทธิภาพในการระเหยน้ำของแผงทำความเย็น

3. อุปกรณ์และการทดลอง

การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยแผ่นระเหย โดยใช้วัสดุ 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส โยบวบ และถ่าน เป็นแผ่นระเหยลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่น โดยนำไปติดตั้งกับชุดคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 11.723 kW เพื่อทำการศึกษาค่าผลที่จะเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ อัตราส่วนพลังงาน และการลดอุณหภูมิทำงานของคอนเดนเซอร์

3.1 โครงสร้างห้องควบคุมอุณหภูมิ

ห้องที่ใช้ทำการศึกษาค่าควบคุมอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 37°C เพื่อให้มีอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ มีสภาวะการทำงานเดียวกันซึ่งง่ายต่อการศึกษา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้างห้องควบคุมอุณหภูมิ

หมายเลข 1 ชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ

หมายเลข 2 ชุดคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ

หมายเลข 3 ชุดคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิในห้องทดสอบ

หมายเลข 4 ชุดคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิในห้องทดสอบ

3.2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัด

การวิเคราะห์การทำงานของระบบทำความเย็นทางเทอร์โมไดนามิกส์จะทำการบันทึกข้อมูลที่สำคัญของวงจรทำความเย็น ซึ่งข้อมูลที่ต้องการ คืออุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูปที่ 6

1) ทางเข้า และ ทางออกคอมเพรสเซอร์ ที่ตำแหน่ง P_1T_1 และ P_2T_2

2) ทางเข้า และ ทางออกอุปกรณ์ลดความดัน ที่ตำแหน่ง P_3T_3 และ P_4T_4

3) ทางเข้าแผ่นระเหย ที่ตำแหน่ง T_5

4) ทางออกแผ่นระเหย ที่ตำแหน่ง T_6

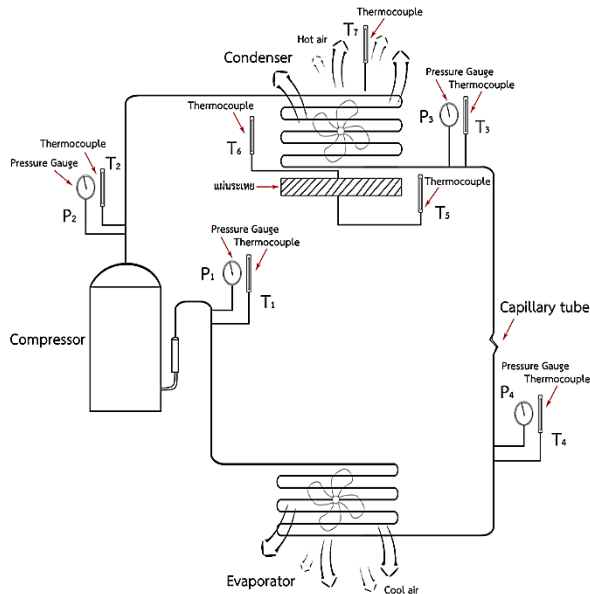
5) ทางออกคอนเดนเซอร์ ที่ตำแหน่ง T_7

6) อากาศภายนอกห้อง ที่ตำแหน่ง T_8

3.3 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการทดลอง

1) สายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ชนิด Type K ช่วงการวัดอุณหภูมิจาก -40°C ถึง 1700°C

2) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) ยี่ห้อ Elitech รุ่น STC-1000 ช่วงการวัดอุณหภูมิ -50 ถึง 99°C ความละเอียด 0.1°C ความแม่นยำ $\pm 1^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 6 ตำแหน่งของเครื่องมือวัดความดันและอุณหภูมิ

3) เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ GRAPHTECH midi logger รุ่น GL820 มีช่องสัญญาณ 20 ช่อง

4) เครื่องวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ Peace fair PZEM-061 ช่วงการวัดแรงดันไฟฟ้า AC 80 ถึง 260 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0 ถึง 100 A

5) ปั้มน้ำยี่ห้อ RESUN SP-6000 มีกำลังไฟ 40 W กำลังปั้ม 2800 L/hr ปั้มน้ำได้สูง 2.5 m

6) เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ Flow meter ยี่ห้อ TREATTON/UNIPURE รุ่น Z-3002 ช่วงการวัด 0.5-5.0 GPM

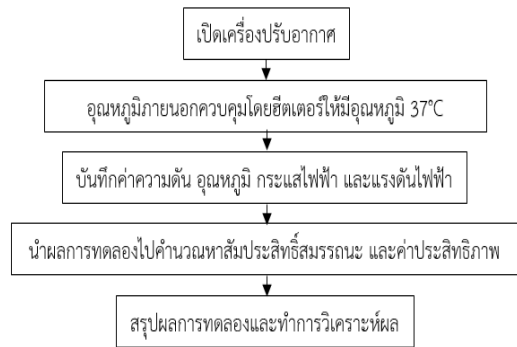
7) เกจวัดความดัน (Pressure gauge) ยี่ห้อ HONGSEN วัดค่าความดันต่ำ (low pressure) ช่วงการวัด 0-250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และวัดค่าความดันสูง (high pressure) ช่วงการวัด 0-500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.7 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองได้ทำการศึกษารลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยแผ่นระเหย โดยแบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้

1) เงื่อนไขการทดลองที่ 1

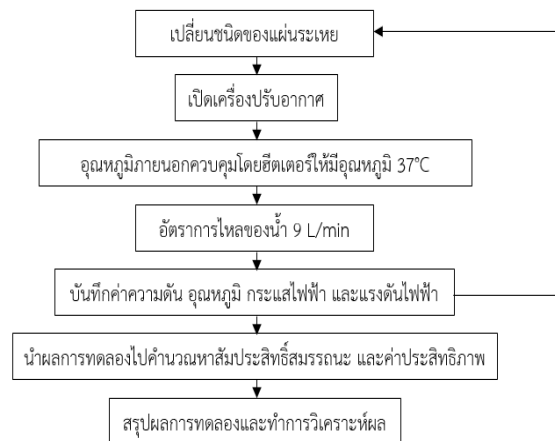
ทำการศึกษเครื่องปรับอากาศก่อนติดตั้งแผ่นระเหย โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการทดลองตามเงื่อนไขการทดลองที่ 1

2) เงื่อนไขการทดลองที่ 2

ทำการศึกษเครื่องปรับอากาศ ที่ติดตั้งแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลส โยบวบ และถ่าน โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการทดลองตามเงื่อนไขการทดลองที่ 2

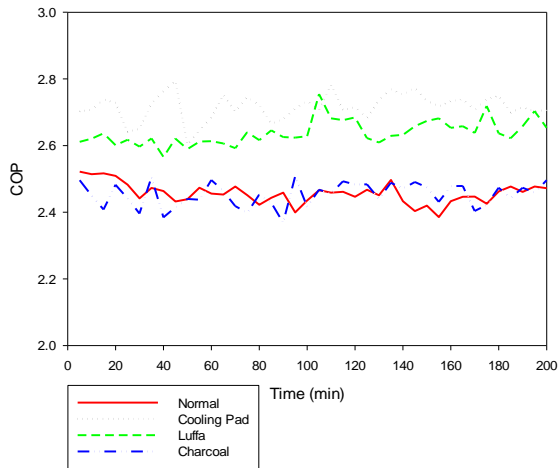
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การศึกษารลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยแผ่นระเหย ซึ่งทำการทดลองก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส โยบวบ และถ่าน ที่ลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะแสดงผลการทดลองเป็นกราฟบอกค่าต่าง ๆ ดังนี้

4.1 การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

ทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ดังรูปที่ 9

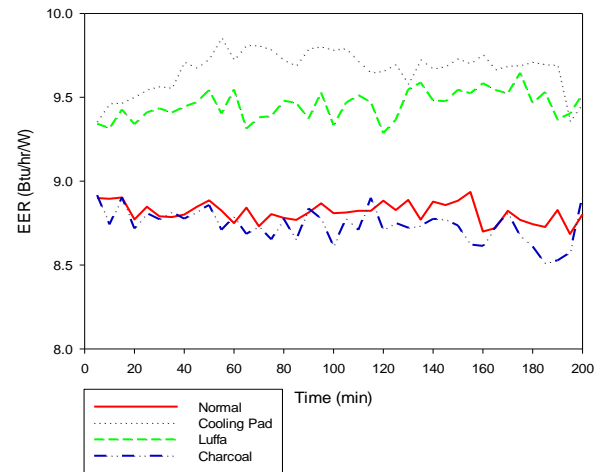


รูปที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

จากรูปที่ 9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่ได้จากอัตราส่วนระหว่างความเย็นที่ได้และความร้อนจากการอัดของคอมเพรสเซอร์ ที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือ กระจกเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน พบว่าค่า COP เฉลี่ยที่ 2.46, 2.72, 2.63 และ 2.45 ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นระเหยที่ทำจากกระจกเซลลูโลสและไยบวบ มีค่า COP เพิ่มขึ้นจากเดิม 9.56 และ 6.46% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดลงจากเดิม 0.41% เมื่อติดตั้งแผ่นระเหยที่ทำจากกระจกเซลลูโลสและไยบวบ จะช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น ทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น อยู่ในสถานะของเหลวเย็นยิ่งมากขึ้น ส่งผลให้ค่า COP เพิ่มขึ้น ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดอุณหภูมิของอากาศได้น้อยเพราะมีช่องให้อากาศผ่านแผ่นระเหยได้น้อย การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง ทำให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ COP ลดลง

4.2 การศึกษาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

การศึกษาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด จะมีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ดังรูปที่ 10

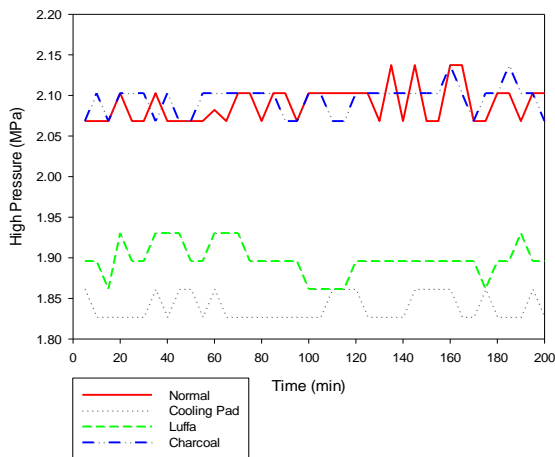


รูปที่ 10 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

จากรูปที่ 10 แสดงอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่ได้จากการทดสอบก่อนการติดตั้งแผ่นระเหยและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือ กระจกเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน พบว่าค่า EER เฉลี่ยที่ 8.82, 9.67, 9.46 และ 8.74 Btu/hr/W ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นระเหยที่ทำจากกระจกเซลลูโลสและไยบวบ มีค่า EER เพิ่มขึ้นจากเดิม 9.64 และ 7.26% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดลงจากเดิม 0.91% เมื่อติดตั้งแผ่นระเหยที่ทำจากกระจกเซลลูโลส และไยบวบ จะช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น ส่งผลให้การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ดีขึ้น การทำงานของคอมเพรสเซอร์น้อยลง ทำให้ค่า EER เพิ่มขึ้น ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดอุณหภูมิของอากาศได้น้อยเพราะมีช่องให้อากาศผ่านแผ่นระเหยได้น้อย การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง ทำให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า EER ลดลง

4.3 การศึกษาความดันด้านสูงของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

การศึกษาความดันด้านสูงของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด จะมีค่าความดันด้านสูง ดังรูปที่ 11

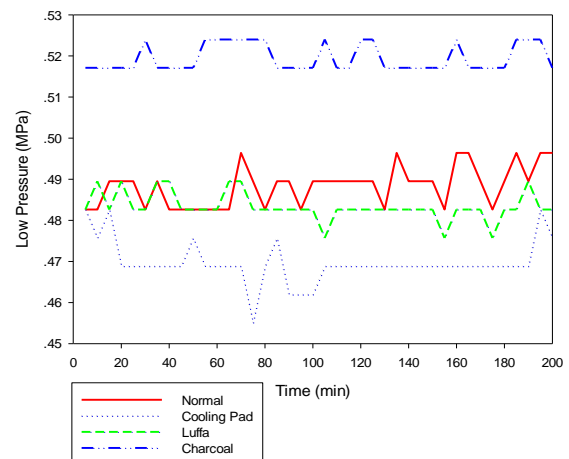


รูปที่ 11 ค่าความดันด้านสูงของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

จากรูปที่ 11 แสดงการศึกษาความดันด้านสูงที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส โยบวบ และถ่าน พบว่าความดันด้านสูงเฉลี่ยที่ 2.09, 1.84, 1.9 และ 2.1 MPa ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลส และโยบวบ ความดันด้านสูงลดลงจากเดิม 11.96 และ 9.09% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.48% เมื่อติดตั้งแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลส และโยบวบ จะช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น ส่งผลให้การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ดี ความดันด้านสูงลดลง ส่วนแผ่นระเหยถ่านลดอุณหภูมิของอากาศได้น้อย เพราะมีช่องให้อากาศผ่านแผ่นระเหยได้น้อย การระบายความร้อนที่ออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง ส่งผลให้ความดันด้านสูงเพิ่มขึ้น

4.4 การศึกษาความดันด้านต่ำของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

การศึกษาความดันด้านต่ำของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด จะมีความดันด้านต่ำ ดังรูปที่ 12

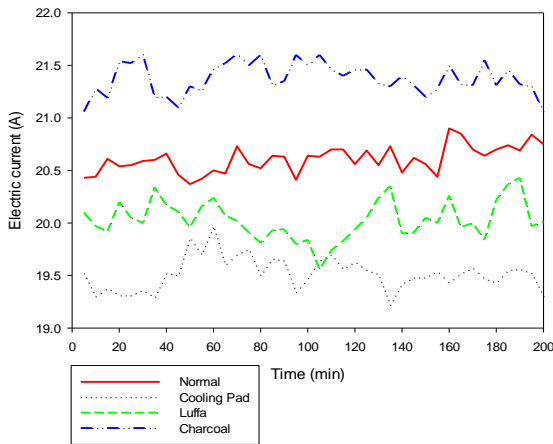


รูปที่ 12 ค่าความดันด้านต่ำของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

จากรูปที่ 12 แสดงการศึกษาความดันด้านต่ำที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส โยบวบ และถ่าน พบว่าความดันด้านต่ำเฉลี่ยที่ 0.49, 0.47, 0.48 และ 0.52 MPa ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลส และโยบวบ ความดันด้านต่ำลดลงจากเดิม 4.1 และ 2.06% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านเพิ่มขึ้นจากเดิม 6.12% เมื่อติดตั้งแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลสและโยบวบ จะช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น ส่งผลให้การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ดี ทำให้ความดันด้านต่ำลดลง ส่วนแผ่นระเหยถ่านลดอุณหภูมิของอากาศได้น้อยเพราะมีช่องให้อากาศผ่านแผ่นระเหยได้น้อย การระบายความร้อนที่ออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง ส่งผลให้ความดันด้านต่ำเพิ่มขึ้น

4.5 การศึกษากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

การศึกษากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด จะมีกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 13

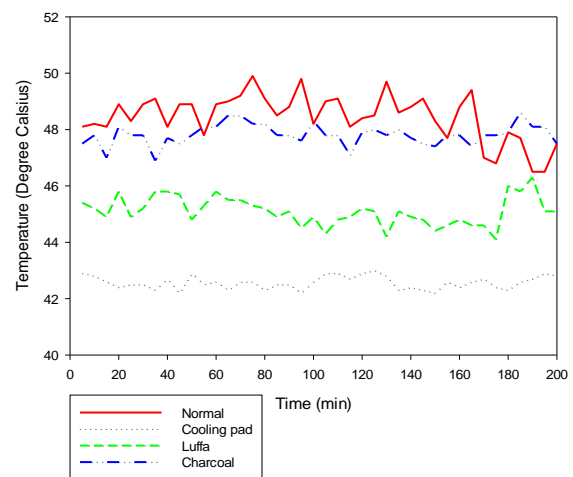


รูปที่ 13 ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

จากรูปที่ 13 แสดงการศึกษากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบก่อนการติดตั้งแผ่นระเหยและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน พบว่ามีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 20.61, 19.52, 20.03 และ 21.38 A ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลสและไยบวบ กระแสไฟฟาลดลงจากเดิม 5.29 และ 2.81% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านเพิ่มขึ้นจากเดิม 3.74% เมื่อติดตั้งแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลสและไยบวบจะช่วยให้ลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น ส่งผลให้การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ดี คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ทำให้กระแสไฟลดลง ส่วนแผ่นระเหยถ่านลดอุณหภูมิของอากาศได้น้อยเพราะมีช่องให้อากาศผ่านได้น้อย การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง คอมเพรสเซอร์ทำงานมากขึ้น ส่งผลให้กระแสไฟเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.6 การศึกษาอุณหภูมิอากาศออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

การศึกษาอุณหภูมิอากาศออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด จะมีอุณหภูมิ ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ค่าอุณหภูมิอากาศออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการติดตั้งแผ่นระเหย

จากรูปที่ 14 แสดงการศึกษาอุณหภูมิอากาศออกจากคอนเดนเซอร์ที่ได้จากการทดสอบก่อนการติดตั้งแผ่นระเหยและหลังการติดตั้งแผ่นระเหยทั้ง 3 ชนิด คือกระดาษเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน พบว่ามีอุณหภูมิอากาศออกจากคอนเดนเซอร์เฉลี่ยที่ 48.71, 42.57, 45.11 และ 47.85°C ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน มีอุณหภูมิอากาศลดลงจากเดิม 12.61, 7.39 และ 1.77% ตามลำดับ เมื่อติดตั้งแผ่นระเหยกระดาษเซลลูโลส ไยบวบ และถ่าน จะช่วยให้ลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น ส่งผลให้การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ดี ทำให้อุณหภูมิอากาศออกจากเครื่องควบแน่นลดลง

4.7 การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

จากการทดลอง พบว่าก่อนและหลังติดตั้งแผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส ไยบวบและถ่าน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เปลืองพลังงานไฟฟ้า เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 36.304, 33.112, 34.568 และ 36.642 หน่วยตามลำดับ ถ้าเปิดเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน และมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยประมาณ 300 วัน/ปี และคิดค่าไฟฟ้าปัจจุบันที่ราคา 3 บาท/หน่วย จะมีค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 32,673.6, 30,133.4, 31,443.8 และ 33,310.4 บาท/ปี ตามลำดับ แผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลสและไยบวบลดลงจากเดิม 7.78

และ 3.76% ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.91%

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยแผ่นระเหย พบว่าการติดตั้งแผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส และใยบัว จะช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่นสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่นอยู่ในสถานะของเหลวเย็นยิ่งมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น ส่วนแผ่นระเหยที่ทำจากถ่านลดอุณหภูมิของอากาศได้น้อย เพราะมีช่องให้อากาศผ่านแผ่นระเหยได้น้อย การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้น้อยลง การทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศน้อยลง โดยสรุปได้จากผลการทดลองของแผ่นระเหยแต่ละชนิด ดังนี้

1) แผ่นระเหยที่ทำจากกระดาษเซลลูโลส มีค่า COP เฉลี่ยที่ 2.72 เพิ่มขึ้นจากเดิม 9.56% ค่า EER เฉลี่ยที่ 9.67 Btu/hr/W เพิ่มขึ้นจากเดิม 9.64% ค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้า 30,133 บาท/ปี ลดลงจากเดิม 7.78%

2) แผ่นระเหยที่ทำจากใยบัว มีค่า COP เฉลี่ยที่ 2.63 เพิ่มขึ้นจากเดิม 6.46% ค่า EER เฉลี่ยที่ 9.46 Btu/hr/W เพิ่มขึ้นจากเดิม 7.26% ค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้า 31,443.8 บาท/ปี ลดลงจากเดิม 3.76%

3) แผ่นระเหยที่ทำจากถ่าน มีค่า COP เฉลี่ยที่ 2.45 ลดลงจากเดิม 0.41% ค่า EER เฉลี่ยที่ 8.74 Btu/hr/W ลดลงจากเดิม 0.91% ค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้า 33,310.4 บาท/ปี ลดลงจากเดิม 3.76%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ให้แล้วเสร็จ ลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมอุตุนิยมวิทยา (2560). *แผนภูมิข้อมูลภูมิอากาศ*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=Z>, เข้าดูเมื่อวันที่ 16/12/2561.
- [2] สำนักพยากรณ์ (2560). สำนักงานแห่งชาติ ลงพื้นที่เก็บข้อมูลสำมนโนอุตสาหกรรม, *วารสารสารสถิติ*, ปีที่ 28 (ฉบับที่ 1), หน้า 9.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2561). *การใช้พลังงานสาขาน้อยอยู่อาศัย*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/download/state_59/Residential.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 23/12/2561.
- [4] วิกีพีเดียสารานุกรมเสรี (2561). *ภูมิอากาศไทย*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/ภูมิอากาศไทย>, เข้าดูเมื่อวันที่ 3/10/2561.
- [5] อีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ ชขภูมิ (2556). เพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์, *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, ปีที่ 7 (ฉบับที่ 2), หน้า 57.
- [6] ณรงค์ สีหาจ้อง และ สุนทร อนุภาพไพพรบูรณ์ (2558). *รายงานวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาแผงทำความเย็นสำหรับลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศสาขาวิศวกรรมเครื่องกล*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.
- [7] Dossas, R.J. Principles of Refrigeration. 4th Edition. U.S.A. : Prentice-Hall International, 1988.
- [8] ธวัชชัย จารุงศ์วิทยา (2559). *การปรับอากาศ*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
- [9] การอนุรักษ์พลังงานระบบทำความเย็นและปรับอากาศ (2561). *การอนุรักษ์พลังงานระบบทำความเย็นและปรับอากาศ*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://kmcenter.rid.go.th/kcome/energy_saving_air.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 3/3/2561.
- [10] Lambodra (2561). *คุณสมบัติของคูลิ่งแพด*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.lambodra.com/lifestyle/คุณสมบัติของคูลิ่งแพด/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 3/3/2561.