



รายงานการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อน
ชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ

Efficiency enhancement of a split type air conditioner
using water-cooled brazed plate heat exchanger

หัวหน้าโครงการ นายยุทธนา ศรีผา

ผู้ร่วมโครงการ นางสาวนัตยา เจริญสุข

นายเมธาวุฒิ โชติสวัสดิ์

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณจากเงินงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

หัวข้องานวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อน
ชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชื่อนักวิจัย นายยุทธนา ศรีผา
นางสาวนาตยา เจริญสุข
นายเมธาวุฒิ โชติสวัสดิ์

สาขา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ เงื่อนไขภาระความร้อน 60 เฟอร์เซ็นต์ และ 65 เฟอร์เซ็นต์ ของพิกัดภาระความร้อนของเครื่อง ปรับอุณหภูมิทดสอบคงที่ 25 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบที่ 30 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราการไหลของน้ำผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10 ลิตรต่อนาที 15 ลิตรต่อนาที และ 20 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ค่าความสามารถในการทำความร้อน (Btu/hr) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Energy efficiency ratio, EER)

ผลการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด ที่ภาระความร้อน 65 เฟอร์เซ็นต์ และอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตรต่อนาที โดยค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy efficiency ratio, EER) เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น 43.57 เฟอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศที่ภาระความร้อนเท่ากัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์และช่วยเหลือ จากสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ทดลอง บุคลากรในสาขาวิชาที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุน

ในการนี้ทางคณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณ แผนกวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ช่วยสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะมีส่วนในการต่อยอดและประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรม และมีประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการศึกษาข้อมูลต่อไป

สวพ.
ผศ.สุวรรณภูมิ
คณะผู้จัดทำ
สิงหาคม 2556

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญรูป	
สารบัญ	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 วิธีการวิจัย	3
1.6 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย	6
1.8 แผนการใช้จ่ายเป็นงบประมาณ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและการวิเคราะห์	7
2.1 สภาวะอากาศ	7
2.2 ความหมายของการปรับอากาศ	9
2.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	9
2.4 ระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ	11
2.5 วัฏจักรของการทำความเย็นชนิดอัดไอ	12
2.6 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)	16
2.7 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติดกัน	17
บทที่ 3 เครื่องมือและการเก็บข้อมูล	20
3.1 ลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบ	20
3.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	20
3.3 การเก็บข้อมูล	20
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง	23
4.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %	23

4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 65 %	24
4.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยก ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อน ด้วยน้ำภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min	26
4.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยก ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อน ด้วยน้ำภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min	28
4.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยก ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อน ด้วยน้ำภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min	29
4.6 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยก ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อน ด้วยน้ำภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min	31
4.7 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยก ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อน ด้วยน้ำภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min	32
4.8 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยก ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อน ด้วยน้ำภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min	34
4.9 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบายความร้อนด้วยน้ำ	36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	เทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะเปียก-แห้ง	8
2.2	เครื่องอัดไอหรือคอมเพรสเซอร์	10
2.3	เครื่องควบแน่นชนิดท่อและครีป	10
2.4	โครงสร้างของเครื่องทำระเหยชนิดท่อและครีป	11
2.5	ตัวควบคุมสารทำความเย็น	11
2.6	วัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอเบื้องต้น	12
2.7	แผนภูมิอุณหภูมิกับเอนโทรปีของสารทำความเย็น	12
2.8	แผนภูมิความดันกับเอนทัลปีของสารทำความเย็น	13
2.9	แผนภูมิความดันกับเอนทัลปีของสารทำความเย็นกรณีมีการปรับปรุง	14
2.10	แสดงเครื่องควบแน่นแบบเชื่อมติดกัน	18
2.11	แสดงการไหลและทิศทางของ Hot Fluid และ Cold Fluid	18
3.1	แผนผังระบบและจุดตรวจวัดบันทึกค่าตัวแปรต่าง ๆ	21
3.2	เครื่องปรับอากาศก่อนการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติด	22
3.2	เครื่องปรับอากาศก่อนการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติด	22
3.2	เครื่องปรับอากาศก่อนการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติด	22
4.1	กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) กับความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %	23
4.2	กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %	24

อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min	
4.16 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min	35
4.17 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 %	36
4.18 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 %	37

สวพ.
ม.ตร.สุวรรณภูมิ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ใช้ในอาคารสำนักงานและบ้านที่อยู่อาศัย ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นหนทางสำคัญ ที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง โดยปัจจุบันเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน(Split type air conditioner) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการเติบโตสูง มีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นทุกปี กฟผ. จึงได้ทำการกำหนดมาตรฐานระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศชนิดแยกส่วน โดยใช้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

$$EER \text{ (Energy Efficiency Ratio)} = [\text{Btu/h}]/W$$

โดย Btu/h คือ ความเย็นที่เครื่องทำได้

W คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่อง

ในการระบุประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ เพื่อกระตุ้นให้ผู้บริโภคเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน และสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดเพื่อจัดทำโครงการวิจัยทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศชนิดแยกส่วน ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนวรา ทองล้วน 2547[1] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยการพ่นน้ำ การทดสอบกระทำที่สภาวะอากาศแบบเดียวกัน และยังศึกษาความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบพ่นน้ำกับเครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 15,000 BTU/hr แล 48,000 BTU/hr การวิจัยนี้พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการพ่นน้ำ ดีกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 15,000 BTU/hr สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 15 % และค่า COP เพิ่มขึ้น 18 % ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 48,000 BTU/hr สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 18 % และค่า COP เพิ่มขึ้น 20 % ส่วนผลทดสอบจากห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ

มาตรฐาน ได้ทำการทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/hr ซึ่งสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบมากกว่า 9 % ชีตความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 6 % ค่า COP เพิ่มขึ้น 16 %

อนุชิต เพียรแก้ว 2550 [2] ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีการพ่นฝอยละอองน้ำที่แผงคอนเดนเซอร์ พบว่าการใช้พลังงานลดลงโดยเฉลี่ย 12.45 %

เวษยันต์ วรกีจาร์รงค์ชัย 2552 [3] ซึ่งได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อทดแทนระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ พบว่า ระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลงได้ 49.7 %

วีระวุฒิ อรุณวรรณนะ 2543[4] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอชนิดแยกส่วนขนาด 12,000 Btu/hr โดยใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย ที่ดัดแปลงมาจากระบบหยดน้ำ มาช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าไปถึงความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ และทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศหลังการปรับปรุง ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุง พบว่า เครื่องปรับอากาศหลังการปรับปรุงในช่วงเวลากลางวันโดยเฉลี่ยมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงกว่า 8.5 % กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง 8.2 % และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น 11.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในช่วงเวลากลางคืนโดยเฉลี่ยมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงกว่า 2.9 % กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง 9.9 % และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น 32.9 % มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.85 ปี

ศิริ พวงมาลัย 2548[5] ได้ศึกษาพัฒนาชุดระบายความร้อนของชุดควบแน่นสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยได้ทำการออกแบบเพิ่มพื้นที่ระบายความร้อนและใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน กำหนดให้การทำงานของชุดระบายความร้อนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกัน จากผลการทดสอบชุดระบายความร้อนของชุดควบแน่นสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน พบว่า เครื่องปรับอากาศที่พัฒนาชุดระบายความร้อนของชุดควบแน่นแล้วมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) สูงขึ้นร้อยละ 11 มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า(kW) ลดต่ำลงร้อยละ 7 มีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และเมื่อวิเคราะห์ค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าสามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า 439.09 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 9.5

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติด(Brazed Plate Heat Exchanger)
2. เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมปรับอากาศ

3. ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงาน สอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์พลังงานแห่งชาติ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาออกแบบและติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติด (Brazed Plate Heat Exchanger , BPHE) สำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 12,000 BTU/hr
2. ทำการทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ณ สภาวะอากาศภายนอกต่าง ๆ เปรียบเทียบก่อนปรับปรุงระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และหลังปรับปรุงระบบระบายความร้อนด้วยน้ำด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติด (Brazed Plate Heat Exchanger , BPHE)
3. วิเคราะห์ค่าลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าและการทำความเย็นในระบบ เพื่อแนวทางการประหยัดพลังงานที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ

1.5 วิธีกรวิจัย

วิธีการดำเนินงาน (Methodology) แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ศึกษาและออกแบบระบบ โดยการศึกษาทฤษฎีการปรับอากาศ การถ่ายเทความร้อน โดยการศึกษาถึงแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยใช้สารตัวกลางในการระบายความร้อนของระบบที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะที่สูงกว่าอากาศ และหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนจากการพาความร้อนแบบบังคับที่เกิดจากการไหลสวนทางกันของของไหล 2 กระแส ประกอบด้วยน้ำยาทำความเย็นและสารตัวกลางในการระบายความร้อนของระบบ โดยการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และทำการออกแบบระบบเชิงแนวคิดและสร้างระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุงเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติด โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 1.1 การศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- 1.2 คำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่จะใช้งาน

- 1.3 ออกแบบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่น

เพลทแบบเชื่อมติด (Brazed Plate Heat Exchanger , BPHE) และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้

เหมาะสมกับขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เลือก โดยออกแบบให้สามารถเลือกใช้งานได้ทั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหรือระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.4 ทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนและชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติด (Brazed Plate Heat Exchanger , BPHE) และชุดอุปกรณ์ประกอบ

1.5 ทดสอบเดินใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งทั้งในโหมดการระบายความร้อนด้วยน้ำและการระบายความร้อนด้วยอากาศ

2. การทดลองและวิเคราะห์ประสิทธิภาพ โดยการออกแบบการทดลองและเก็บข้อมูล คำนวณและวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามหลักทฤษฎีและสรุปผล โดยแบ่งขั้นตอนตามลำดับดังนี้

2.1 ออกแบบการทดลอง

2.2 จัดเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์บันทึกค่าต่าง ๆ สำหรับการทดลองที่ออกแบบ

2.3 ทำการทดลองและบันทึกข้อมูล

2.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศทั้งระบบระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ

2.5 วิจัยและสรุปผล

2.6 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย

ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ช่วงสำหรับดำเนินงานวิจัยกิจกรรมการดำเนินการในทุกๆ 1 เดือน (Gantt chart) สามารถแสดงได้ในตารางผลงานในแต่ละช่วงเวลาแผนการทำงานตลอดโครงการ 12 เดือน ตามปีงบประมาณ 2555 ดังนี้

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน
2. ชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำโดยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติด (Brazed Plate Heat Exchanger , BPHE)
3. สามารถเป็นโครงการของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

1.8 แผนการใช้จ่ายเป็นงบประมาณ

งบประมาณทั้งโครงการ 27,000 บาท ในเวลา 12 เดือน

ตารางที่ 1.2 การค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตามโครงการวิจัยสำหรับวงเงินที่ได้รับในปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

รายการ	วงเงิน งบประมาณ	ต.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.	ก.ค.-ก.ย.
งบบุคลากร	-	-	-	-	-
งบดำเนินการ 24,300	-	-	-	-	-
ค่าอุปกรณ์และก่อสร้าง เครื่องทดสอบ	21,000	-	16,200		-
ค่าเครื่องมือวัด	3,000	-	-	8,100	-
ค่าสำเนาเอกสารและเช่า เล่ม	300	-	-		-
เงินสมทบ มทร.สว 5%	1,350	-	1,350	-	-
เงินสมทบ วิจัย 5%	1,350	-	1,350	-	-
รวมเงิน	27,000	-	18,900	8,100	-

บทที่ 2

ทฤษฎีและการวิเคราะห์

ในการดำเนินการคณะผู้วิจัยได้นำทฤษฎีความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อเป็นแนวทางให้ถูกต้อง ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

พื้นฐานการทำความเย็น, กระบวนการปรับอากาศ, อุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ, การวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศในการทดลอง, ระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน รวมถึงแนวทางการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.1 สภาวะอากาศ

อากาศปกติหรืออากาศที่อยู่ล้อมรอบตัวเรามักมีไอน้ำปนอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งรวมเรียกว่า อากาศชื้น นิยามอากาศชื้นว่า คือของผสมระหว่างอากาศแห้งและไอน้ำ โดยไอน้ำอาจมีปริมาณได้ตั้งแต่ 0 ถึงสภาวะอิ่มตัว ดังนั้นอาจเรียกได้ว่า

$$\text{อากาศ} = \text{อากาศแห้ง} + \text{ไอน้ำ}$$

ภาวะอิ่มตัว หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่อาจมีได้สูงสุดในอากาศที่อุณหภูมิใดๆ ถ้าฉีดฝอยน้ำเข้าไปในอากาศอิ่มตัว น้ำจะคงอยู่ในรูปสถานะของเหลว ไม่ระเหย แต่อาจตกสู่พื้นหรือแขวนลอยอยู่ในรูปละอองน้ำ ถ้าทำให้อากาศอิ่มตัวเย็นลงหรือมีอุณหภูมิลดลงเล็กน้อย ไอน้ำส่วนเกินจะกลั่นตัวออกมาในรูปน้ำค้างหรือหมอก

2.1.1 ความดันไอ (P ; psia)

คือความดันเฉพาะส่วนของโมเลกุลไอน้ำที่อยู่ในอากาศชื้น ถ้าใช้บาโรมิเตอร์วัดความดันอากาศชื้น ความดันที่วัดได้คือความดันรวม (P_B) ซึ่งจะเท่ากับผลบวกของความดัน เฉพาะส่วนของอากาศแห้ง (P_a) และความดันเฉพาะส่วนของไอน้ำ (P) หรือ

$$P_B = P_a + P \quad \text{psia} \quad (2.1)$$

2.1.2. ความชื้น (Humidity)

เรียกว่าไอน้ำที่ผสมกับอากาศแห้งในบรรยากาศว่าความชื้น ปกติไอน้ำนี้คือไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (Superheated steam) ซึ่งมีความดัน (P) ต่ำมาก

2.1.3 ความชื้นสัมบูรณ์ (Specific Humidity)

คือ ปริมาณของไอน้ำ(โดยมวล) ต่อ ปริมาณของอากาศ(โดยมวล) ในปริมาตรหนึ่งๆ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆสำหรับคุณสมบัติของอากาศแล้ว อากาศที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะสามารถเก็บ (Contain) ปริมาณไอน้ำไว้ได้มากกว่าอากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยทั่วไปบอกเป็น Grains ของความชื้นต่อน้ำหนักเป็นปอนด์ของอากาศแห้ง โดย 7,000 grains มีค่าเท่ากับหนึ่งปอนด์

2.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

คือ อัตราส่วนโดยมวลของไอน้ำในอากาศในขณะหนึ่ง(ที่อุณหภูมิหนึ่ง) ต่อ ไอน้ำสูงสุดที่อากาศ(ที่อุณหภูมินั้น)สามารถแบกรับไว้ได้

2.1.5 จุดหยดน้ำค้าง (Dew Point)

คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มเกิดการกลั่นตัวขณะที่อุณหภูมิของอากาศนั้นลดต่ำลง (เมื่อปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงที่) จุดที่ไอน้ำในอากาศเริ่มเกิดการกลั่นตัวนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลงเรื่อยๆจนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆจนเป็น 100% (คืออากาศอิ่มตัวสมบูรณ์) เมื่อใดที่ความชื้นสัมพัทธ์เป็น 100% จะทำให้เกิดการกลั่นตัวขึ้น หากอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เราเรียกว่า Frost Point

2.1.6 เอนทัลปี (h ; Btu/lba)

คือระดับความร้อน (Heat content) ของอากาศชื้นต่อหน่วยน้ำหนักอากาศแห้งเหนือระดับอุณหภูมิอ้างอิง ในไซโคเมตริกชาร์ต จะเห็นแกน Enthalpy ซึ่งเป็นพลังงานที่มีอยู่ในอากาศ (ที่อาจจะ มีไอน้ำปนอยู่ด้วย) อากาศร้อนจะมีเอนทัลปีสูงกว่าอากาศเย็น ในขณะที่เดียวกันอากาศที่มีความชื้นสูงกว่าจะมีเอนทัลปีสูงกว่าอากาศที่เย็นกว่า เนื่องจากอากาศต้องการความร้อนมากกว่าที่จะทำให้ความชื้นกลายเป็นไอ (ยิ่งอากาศมีความชื้นมากขึ้น ยิ่งต้องการความร้อนมากขึ้นที่จะทำให้ร้อนขึ้นและทำให้กลายเป็นไอ) ในทางกลับกันก็ต้องการพลังงานมากขึ้นเพื่อที่จะลดปริมาณของความชื้นลงและทำให้เย็นลง ตามปกติจะต้องใช้พลังงาน 1,061 BTU เพื่อทำให้น้ำ 1 ปอนด์ระเหยกลายเป็นไอ

2.1.7 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ($t_{dew} ; ^\circ F$)

คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเมื่อทำให้อากาศเย็นลงที่อัตราส่วนความชื้นจำเพาะและความดันคงที่ ดังนั้นไอน้ำในอากาศที่อุณหภูมิจุดน้ำค้างคือไออิ่มตัว และความดันเฉพาะส่วนของมันจะเท่ากับความดันไออิ่มตัวที่สมนัยกับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

2.1.8 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (t ; °F)

คือ อุณหภูมิอากาศชื้นที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา

2.1.9 อุณหภูมิเปราะเปียก ($t_{wet} : ^\circ F$) อาจแบ่งอุณหภูมิกระเปาะเปียกออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1.) อุณหภูมิกระเปาะเปียกไซโครเมตริก คืออุณหภูมิอากาศชั้นที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งกระเปาะถูกหุ้มไว้ด้วยผ้าสำลีเปียก ปกติจะเรียกอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกไซโครเมตริกนี้ว่า ไซโครมิเตอร์

2.) อุณหภูมิกระเปาะเปียกเทอร์โมไดนามิกส์ หรืออาจเรียกสั้นๆ ว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก คือ อุณหภูมิที่น้ำระเหยเข้าไปในอากาศ และทำให้อากาศอึดตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน



รูปที่ 2.1 เทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะเปียก-แห้ง

2.2 ความหมายของการปรับอากาศ

การปรับอากาศ คือ การทำให้ภาวะอากาศคงที่ที่อุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการและให้อากาศสะอาดและกระจายทั่วบริเวณที่ปรับอากาศ ซึ่งสามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 การปรับอุณหภูมิ (Temperature) ในระบบเครื่องปรับอากาศจะต้องปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับร่างกายมนุษย์ คือประมาณ 22 °C (อุณหภูมิของตัวคนจะประมาณ 98.6 °F) หรือ 37 °C

2.2.2 การปรับความชื้น (Humidity) คือปรับสภาพความชื้นของอากาศที่เข้าไปอยู่ภายในห้องโดยการลดความชื้น (Dehumidifier) และการเพิ่มความชื้น (Humidifier) การลดความชื้น (Dehumidifier) เป็นตัวลดความชื้นให้น้อยลง ใช้สำหรับเมืองร้อนซึ่งในเมืองร้อนจะมีความชื้นมากต้องปรับให้ต่ำลงความชื้นมีหน่วยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ เรียกว่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับร่างกายคนจะมีปริมาณ 50 – 55 % ส่วนการเพิ่มความชื้น (Humidifier) เป็นตัวให้ความชื้นมากขึ้น ใช้สำหรับเมืองหนาวหรือในโรงงานทอผ้าที่ต้องการความชื้นมาก

2.2.3 เครื่องกรองอากาศ (Air Filter) เป็นระบบกรองอากาศให้สะอาดโดยอาจจะใช้ฟิลเตอร์หรือเครื่องมือทางไฟฟ้าสำหรับกรองอากาศ

2.2.4 ระบบการถ่ายเทของอากาศ (Ventilation) คือการถ่ายเทของอากาศดีเข้าภายในห้องและดูดอากาศเสียออกนอกห้องที่เครื่องปรับอากาศทุกเครื่องจะมีปุ่ม Vent. ไว้ทางด้านหน้า ถ้าเราต้องการให้อากาศภายนอกเข้ามาก็เปิดปุ่ม Vent. นี้ จะไปดึงให้หน้าต่างเล็กๆที่กั้นระหว่างอากาศภายนอกและอากาศภายในเปิดให้อากาศเข้ามาภายใน การดูดอากาศออกกับการเปิดให้อากาศเข้าจะต้องสมดุลกันถ้าดูดอากาศออกมากกว่าอากาศเข้าแรงดันของอากาศภายในห้องจะน้อยกว่าแรงดัน

ภายนอกเรียกว่าแรงดันลบ (Negative Pressure) แบบนี้ไม่ดีเพราะจะทำให้อากาศร้อนภายนอกแทรกซึมเข้ามาภายในห้องและเพิ่มโหลดให้กับห้อง และจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย ถ้าปล่อยให้อากาศเข้ามามีปริมาณมากกว่าอากาศที่ดูดออกจะเป็นแรงดันบวก (Positive Pressure) แบบนี้อากาศในห้องจะดีกว่า

2.2.5 ระบบการส่งแรงลม คือระบบที่ส่งลมเย็นออกมาไปยังห้องหรือสถานที่ที่จะให้เย็น ซึ่งอาจทำได้เช่น เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างและแบบกล่อง ซึ่งจะติดตั้งให้อิวาพอเรเตอร์อยู่ในห้องและคอนเดนเซอร์หรือเครื่องควบแน่นอยู่ภายนอกห้อง หรือส่งโดยเดินท่อลม (Duct.) คือการติดตั้งระบบเครื่องปรับอากาศไว้ภายนอกทั้งหมด แล้วเดินท่อลมจ่ายไปยังห้องที่ต้องการ

2.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนกำลังเป็นที่นิยมมากในขณะนี้ เพราะทำให้ห้องที่จะปรับอากาศไม่มีเสียงดังของเครื่องปรับอากาศรบกวน แต่แบบแยกส่วนมีข้อเสียอยู่ตรงที่ว่าเมื่อติดตั้งที่ใดแล้วจะย้ายที่ใหม่ก็ต้องเดินท่อระบบเครื่องปรับอากาศ และบรรจุสารทำความเย็นใหม่อีก และจะต้องเจาะผนังให้ท่อผ่านจากภายนอกเข้ามาภายในห้องด้วย ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งก็คือจะต้องหาที่ตั้งระบบคอนเดนเซอร์ภายนอกอีกด้วย

ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ชุดเครื่องควบแน่น (Condensing Unit) เป็นระบบที่อยู่ภายนอกอาคาร
2. ชุดเครื่องให้ความเย็น ((Cooling Unit) หรือ Evaporating Unit) เป็นระบบที่อยู่ภายในห้องที่จะปรับอากาศ

2.3.1 ชุดเครื่องควบแน่นหรือ คอนเดนซิงยูนิต

ชุดเครื่องควบแน่นหรือ คอนเดนซิงยูนิต จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- 1.) คอมเพรสเซอร์ เป็นแบบปิดสนิทขนาด 1 – 4 ตัน จะเป็น คอมเพรสเซอร์เฮอรั่มเมติก แบบเชื่อมมิดชิด (Welded Hermetic) ขนาดเครื่องปรับอากาศ 5 ตันขึ้นไป จะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดสนิท (Semi Hermetic) คือแบบบริการได้ (Servicable)



รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องอัดไอหรือคอมเพรสเซอร์

2.) เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์ (Condenser) ส่วนมากจะเป็นท่อทองแดงแบบครีบละและท่อ (Fin And Tube) และระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)



รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องควบแน่นชนิดท่อและครีบละ

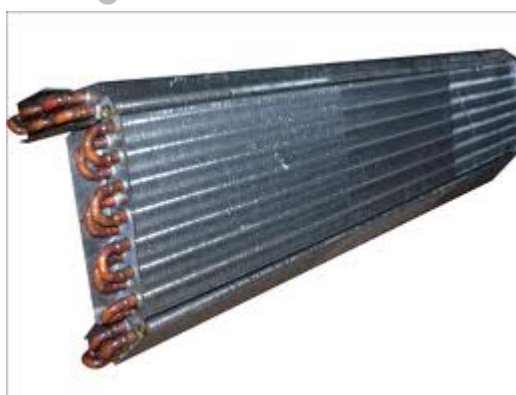
3.) พัดลมเครื่องควบแน่น (Condenser Fan) เป็นพัดลมที่ใช้มอเตอร์แบบเฟสเดียว แต่ถ้าเครื่องใหญ่อาจจะใช้แบบ 3 เฟส ใบพัดลมส่วนใหญ่จะเป็นแบบใบพัด (Propeller Fan)

2.3.2 ชุดเครื่องทำความเย็นหรือคูลิ่งยูนิต (Cooling Unit)

ชุดเครื่องทำความเย็นหรือคูลิ่งยูนิต (Cooling Unit) จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1.) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ส่วนมากจะเป็นขดท่อทำด้วยทองแดง และมีครีบละ (Fin) อาจเป็นอลูมิเนียมกับอีวาพอเรเตอร์เป็นแบบครีบละและท่อ (Fin And Tube)

2.) ตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant Control) ส่วนใหญ่จะใช้เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Thermostatic Expansion Valve หรือ TEV) และจะมีกระเปาะ (Bulb) แนบติดกับท่อทางดูด (หรือท่อทางออกของอีวาพอเรเตอร์)



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเครื่องทำระเหยชนิดท่อและครีบละ



รูปที่ 2.5 แสดงตัวควบคุมสารทำความเย็น

3.) แผ่นกรองอากาศ (Air Filter) เป็นแผ่นฟองน้ำหรือลูมินีเยมสาน ป้องกันเศษซีเมนต์ที่จะถูกดูดเข้าไปติดอีวาพอเรเตอร์ แผ่นกรองอากาศจะวางไว้ทางเข้าของอากาศ (Air In)

4.) พัดลมอีวาพอเรเตอร์ (Evaporating Fan) มอเตอร์พัดลมส่วนมากจะเป็นแบบเฟสเดียว และใบพัดลมเป็นแบบเป่าลมหรือโบลเวอร์ (Blower) หรือแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Fan)

5.) ถาดรองน้ำทิ้ง (Drain Pan) เป็นถาดรองน้ำทิ้งอยู่ข้างใต้อีวาพอเรเตอร์สำหรับรองน้ำที่กลั่นตัวจากอีวาพอเรเตอร์ และมีท่อต่อน้ำทิ้งไป

2.4 ระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ

ระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์ดังนี้

1.) ของไหลดูดความร้อนในขณะที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ และยอมให้ความร้อนเปลี่ยนแปลงจากสถานะไอเป็นของเหลว

2.) ในระหว่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะอุณหภูมิจะคงที่แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงกับความดัน ที่ความดันคงที่จุดหนึ่งการกลายเป็นไอจะเกิดขึ้น ณ จุดที่อุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของการกลายเป็นไอที่ความดันอันหนึ่งย่อมแตกต่างกันสำหรับของเหลวที่ต่างกัน

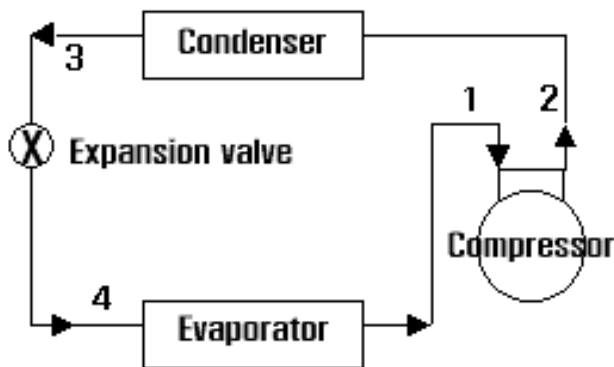
3.) ความร้อนจะไหลจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ

4.) การเลือกโลหะที่ใช้ทำเครื่องควบแน่นจะต้องเป็นโลหะที่มีการนำความร้อนสูง

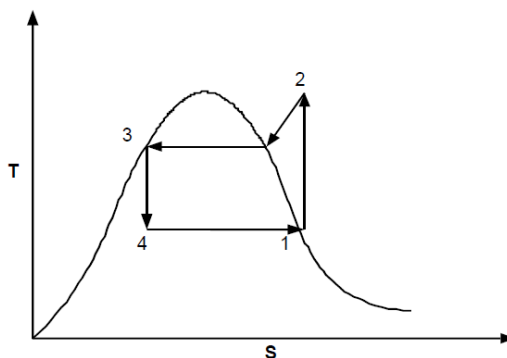
5.) พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆสามารถที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยกฎที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

2.5 วัฏจักรของการทำความเย็นชนิดอัดไอ

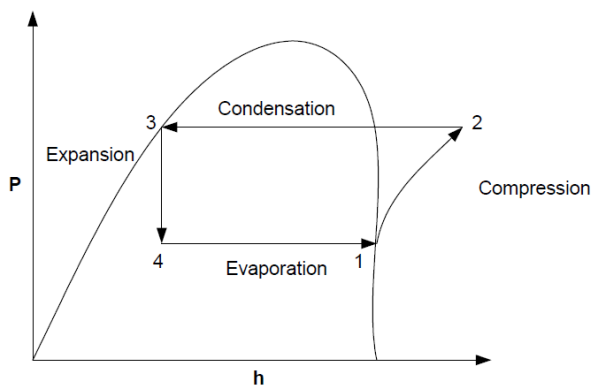
ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งจะวิเคราะห์ตามกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ โดยวิเคราะห์วัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอเบื้องต้น ซึ่งมีอุปกรณ์หลักประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ เอ็กแพนชันวาล์ว และอีวาพอเรเตอร์ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอเบื้องต้น



รูปที่ 2.7 แผนภูมิอุณหภูมิกับเอนโทรปีของสารทำความเย็น



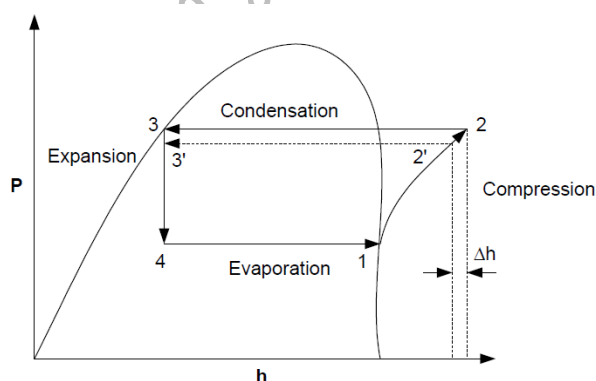
รูปที่ 2.8 แผนภูมิความดันกับเอนทัลปีของสารทำความเย็น

จากรูปที่ 2.6 การทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอเบื้องต้นเริ่มจากคอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นซึ่งอยู่ในสถานะเป็นไอที่จุดที่ 1 และอัดเพื่อให้ความดันสูงขึ้นตามกระบวนการไอเซนโทรปิก (Isentropic Process) ที่จุด 2 แล้วส่งสารทำความเย็นซึ่งเป็นแก๊สความดันสูงและอุณหภูมิสูงไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อทำให้แก๊สกลั่นตัวโดยการระบายความร้อนออก สารทำความเย็นก็จะควบแน่นจนกลายเป็นสารทำความเย็นเหลวที่มีความดันสูงจุดที่ 3 จากนั้นจะถูกส่งผ่านเอ็กแพนชันวาล์วเพื่อลดความดันลงที่จุดที่ 4 สารทำความเย็นเหลวจะเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอหรือเริ่มเดือด จะดูดความร้อนเข้าในวัฏจักรเพื่อช่วยในการเปลี่ยนสถานะจนกลายเป็นไอหมดพอดีที่จุดที่ 1 แล้วเริ่มวัฏจักรใหม่ต่อไป

ส่วนในการพิจารณาแกนความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเอนโทรปี หรือความดันและเอนทัลปี สามารถอธิบายดังรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ตามลำดับเป็น Standard Vapour Compression Cycle ซึ่งแสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสารทำความเย็น สำหรับการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้น ทั้งสี่ของวัฏจักรการทำความเย็นเป็นดังนี้

- 1-2 การอัด (Compression) ซึ่งเป็น Isentropic Compression
- 2-3 การควบแน่น (Condensation) โดยความดันคงที่
- 3-4 การขยายตัว (Expansion) โดยเอนทัลปีคงที่
- 4-1 การระเหย (Evaporation) โดยความดันคงที่

กรณีที่มีการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้น และเพื่อประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทัลปีกับความดันของวัฏจักรการทำความเย็นสามารถเขียนได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แผนภูมิความดันกับเอนทัลปีของสารทำความเย็นกรณีมีการปรับปรุง

จากรูปที่ 2.9 จะเห็นว่าเมื่อมีการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นโดยการทำให้ความดันและอุณหภูมิที่ทางออกของคอนเดนเซอร์ลดลง ดังนั้นวัฏจักรการทำความเย็นจะ

เปลี่ยนจากกระบวนการ 1 2 3 4 ไปเป็นกระบวนการ 1 2*3*4 เมื่อวัฏจักรการทำงานเย็นเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมก็จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานเท่ากับผลต่างของเอนทัลปี

สมมติฐานในการวิเคราะห์ระบบปรับอากาศแบบอัดไอ

ในการวิเคราะห์ตามกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์

1. ไม่คิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์
2. ไม่คิดความดันตกคร่อมผ่านอุปกรณ์ทดสอบ
3. สภาวะของสารทำความเย็นก่อนเข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์เป็นไออิ่มตัวและไอร้อนยิ่งยวดตามลำดับ
4. สภาวะของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีสภาวะเป็นของเหลวอิ่มตัวหรือของเหลวเย็นเยือกทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับอุปกรณ์ความร้อนต่างๆ จะถือว่าเป็นระบบปริมาตรควบคุมอาศัยหลักการไหลแบบสม่ำเสมอ จะได้

$$\dot{Q}_{EV} + \sum \dot{m}_1 \left[h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gZ_1 \right] = \sum \dot{m}_2 \left[h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gZ_2 \right] + \dot{W}_{EV} \quad (2.1)$$

เมื่อ	\dot{Q}_{EV}	=	อัตราความร้อนที่เข้าและออกจากอุปกรณ์ในระบบปริมาตรควบคุม (kW)
	\dot{m}_1, \dot{m}_2	=	อัตราการไหลของสารทำความเย็นเข้าและออกจากระบบ (kg/s)
	h_1, h_2	=	เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นเข้าและออกจากระบบ (kJ/kg)
	v_1, v_2	=	ความเร็วของมวลสารทำความเย็นเข้าและออกจากระบบ, m/s
	g	=	อัตราเร่งของโลกเท่ากับ 9.81, m/s ²
	Z_1, Z_2	=	ระยะความสูงจากระดับอ้างอิง, m
	\dot{W}_{EV}	=	งานที่ได้หรืองานที่ให้กับอุปกรณ์ในระบบ, kW

จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์จะแยกกระบวนการออกวิเคราะห์ในอุปกรณ์หลักแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งพิจารณาจากแกนอุณหภูมิกับเอนโทรปีตามรูปที่ 2.7 และแกนความดันกับเอนทัลปีตามรูปที่ 2.8

กระบวนการ 1 – 2 เป็นกระบวนการอัดสารทำความเย็นตามกระบวนการไอเซนโทรปิก (Isentropic Process)

$$\dot{Q}_{12} - \dot{W}_{12} - \dot{W}_c = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \quad (2.3)$$

เมื่อ	Q_{12}	= ความร้อนของคอมเพรสเซอร์ (kW)
	W_{12}, W_C	= งานของคอมเพรสเซอร์ (kW)
	h_2, h_1	= เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)
	\dot{m}_r	= อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

กระบวนการ 2 – 3 เป็นกระบวนการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นตามกระบวนการความดันคงที่ (Isobaric Process)

$$Q_{23} - Q_C = \dot{m}_r (h_2 - h_3) \quad (2.4)$$

เมื่อ	Q_{23}	= ความร้อนของคอนเดนเซอร์ (kW)
	h_2, h_3	= เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอนเดนเซอร์ตามลำดับ (kJ/kg)

กระบวนการ 3 – 4 เป็นกระบวนการขยายตัวของสารทำความเย็นตามกระบวนการเอนทัลปีคงที่ (Constant Enthalpy)

$$h_3 = h_4$$

เมื่อ	h_4	= เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นออกแอ็กแฟนชันวาล์ว (kJ/kg)
-------	-------	--

กระบวนการ 4 – 1 เป็นกระบวนการรับความร้อนของสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะตามกระบวนการความดันคงที่ (Isobaric Process)

$$Q_{41} - Q_E = \dot{m}_r (h_4 - h_1) \quad (2.5)$$

เมื่อ	Q_{41}, Q_E	= อัตราความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ (kW)
-------	---------------	--------------------------------------

2.6 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

การหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ภาระทำความเย็นต่าง ๆ สามารถทำการคำนวณจากตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องในสภาวะเงื่อนไขการทดสอบที่กำหนดดังนี้

- 1.) คำนวณหาปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ (CMM) จากสมการ

$$\text{CMM} = 60 \times V \times A \quad (2.8)$$

เมื่อ V = ความเร็วลมด้านลมกลับ หน่วยเป็น m/s
 A = พื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับ หน่วยเป็น m^2

2.) คำนวณหาความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (TR) จากสมการ

$$\text{TR} = 5.707 \times 10^{-3} \times \text{CMM} \times (\text{Hr} - \text{Hs}) \quad (2.9)$$

เมื่อ CMM = ปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น m^3/min
 Hr = เอนทาลปีของอากาศด้านลมกลับ หน่วยเป็น kJ/kg dry air
 Hs = เอนทาลปีของอากาศด้านลมจ่าย หน่วยเป็น kJ/kg dry air

ในการหาค่าเอนทาลปี (H) สามารถใช้แผนภูมิไซโครเมตริก เพื่อหาค่าเอนทาลปี (Enthalpy) ของอากาศด้านลมจ่ายและด้านลมกลับ หรือจากสมการหาค่าเอนทาลปีของอากาศที่สภาวะความดันบรรยากาศโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ คำนวณหาค่าเอนทาลปีและเปรียบเทียบกับค่าในแผนภูมิไซโครเมตริกแล้ว ผลการคำนวณที่ออกมาไม่แตกต่างกัน

$$P = 0.000000010618393 (T^6) - 0.0000010869575 (T^5) + 0.000042080891 (T^4) - 0.00070999723 (T^3) + 0.0072562898 (T^2) + 0.028402986 (T) + 0.61150476$$

$$a = \frac{\%RH}{100}$$

$$b = \frac{0.622aP}{101.325 - aP}$$

$$H = 1.005T + b \times (2,501.3 + 1.82T)$$

T = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่พิจารณา หน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$

$\%RH$ = ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่พิจารณา หน่วยเป็น $\%RH$

H = เอนทาลปีของอากาศที่พิจารณา หน่วยเป็น kJ/kg dry air

3) การวัดกำลังไฟฟ้า (kW) เครื่องปรับอากาศ

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะมีอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าอยู่ 3 อุปกรณ์หลัก คือ พัดลมคอยล์เย็น พัดลมคอยล์ร้อน และคอมเพรสเซอร์ โดยทำการวัดปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) แล้วคำนวณหากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

$$P = (IV \cos \theta)/1000 \quad (2.10)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (kW)
 I = กระแสไฟฟ้า (A)
 V = แรงดันไฟฟ้า (V)
 $\cos \theta$ = Power Factor

4.) **คำนวณสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ kW/TR และ EER**

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อความเย็นที่ทำได้ kW/TR สามารถคำนวณได้จากนำค่าจากสมการ (2.10) หาค่าจากสมการ (2.9) สำหรับค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) คือ อัตราส่วนขีดความสามารถในการทำความเย็นต่อพลังงานโดยรวมของเครื่องปรับอากาศ โดยมีหน่วยเป็น Btu/(hr.Watt)

$$EER = 12/(kW/TR) \quad (2.11)$$

เมื่อ (kW/TR) = ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ทำได้

2.7 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติดกัน (Brazed plate Heat Exchanger)

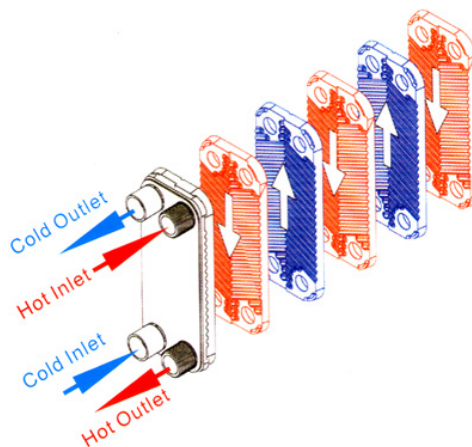
ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นแบบเชื่อมติดกัน คือ การนำเอาแผ่นถ่ายเทความร้อนหลายๆ แผ่นมาเรียงกัน โดยให้ของไหลแต่ละชนิดไหลผ่านในช่องว่างระหว่างแผ่นสลับกัน โดยระหว่างแผ่นจะถูกซีลด้วยทองแดง (หรือนิกเกิล) ดังนั้นของไหลทั้ง 2 ชนิดจะไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นจากการถ่ายเทผ่านพื้นที่หน้าตัดของแต่ละแผ่น มักใช้ในเครื่องจักรเช่น Chiller, Heat pump, Heat recovery unit, Oil cooler, Air Dryer การเลือกใช้ต้องให้เหมาะกับของไหลที่ต้องแลกเปลี่ยนความร้อนกัน แผ่นถ่ายเทความร้อนทั้งหมดจะถูกอัด (Compressed) และเชื่อมติดกัน (Brazed) ด้วยทองแดงหรือนิกเกิล โดยให้ของไหลแต่ละชนิดไหลผ่านในช่องว่างระหว่างแผ่นสลับกัน ดังนั้นของไหลทั้ง 2 ชนิดจะไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นจากการถ่ายเทผ่านพื้นที่หน้าตัดของแต่ละแผ่น มักใช้ในเครื่องจักรเช่น Chiller,

Heat pump, Heat recovery unit, Oil cooler, Air Dryer การเลือกใช้ต้องให้เหมาะกับของไหลที่ต้องแลกเปลี่ยนความร้อนกัน

แผ่นถ่ายเทความร้อนทั้งหมดจะถูกอัด (Compressed) และเชื่อมติดกัน (Brazed) ด้วยทองแดงหรือนิกเกิล โดยให้ของไหลแต่ละชนิดไหลผ่านในช่องว่างระหว่างแผ่นสลับกัน ดังนั้นของไหลทั้ง 2 ชนิดจะไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นจากการถ่ายเทผ่านพื้นที่หน้าตัดของแต่ละแผ่น มักใช้ในเครื่องจักรเช่น Chiller, Heat pump, Heat recovery unit, Oil cooler, Air Dryer การเลือกใช้ต้องให้เหมาะกับของไหลที่ต้องแลกเปลี่ยนความร้อนกัน



รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องควบแน่นแผ่นแบบเชื่อมติดกัน



รูปที่ 2.11 แสดงการไหลและทิศทางของ Hot Fluid และ Cold Fluid

ข้อดีของ Brazed plate Heat Exchanger

1. ด้านทานการสึกกร่อนได้สูง เนื่องจากแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนทำจาก Stainless Steel 316 และใช้ Copper หรือ Nickel เป็นตัวประสานกันเร็ว (Brazed) ซึ่งวัสดุเหล่านี้ล้วนมีค่าความต้านทานการสึกกร่อนสูง สำหรับการใช้งานกับของไหลหลายชนิด

2. สามารถใช้กับงานแรงดันสูง เนื่องจาก Plate Heat Exchanger ใช้วิธี Brazing Process ทำให้สามารถใช้กับแรงดันได้สูง (Design pressure 30 Bar, Test pressure 40 Bar)
3. มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง จากการออกแบบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีลายนูน (Corrugated plate Designed) ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูง ไม่ว่าจะถูกออกแบบในลักษณะ Counter Flow หรือ Cross Flow
4. สามารถใช้กับงานอุณหภูมิสูง ด้วยคุณสมบัติด้านโครงสร้างของวัสดุ ทำให้ BPHE สามารถใช้กับงานที่มีอุณหภูมิได้สูงถึง 200 °C
5. ขนาดกะทัดรัด BPHE มีขนาดเล็กกว่า และน้ำหนักเบากว่า เมื่อเทียบกับ Heat Exchanger แบบ Shell & Tube (ขนาดเล็กกว่าประมาณ 5 เท่า ที่ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน) ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้ BPHE ง่ายต่อการติดตั้งหรือซ่อมบำรุง
6. ง่ายในการดูแลรักษา เนื่องจากการออกแบบให้การไหลภายใน BPHE เป็นแบบ Turbulence Flow แม้อัตราการไหลที่ต่ำ ทำให้ไม่ต้องซ่อมบำรุงบ่อยๆ

สาวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

บทที่ 3

เครื่องมือและการเก็บข้อมูล

3.1 ลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบ

ในการศึกษางานวิจัยจะทำการศึกษาและทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,000 Btu/hr คณะผู้วิจัยทำได้ติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความแบบแผ่นเชื่อมติด เพื่อทำหน้าที่เป็นชุดระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นโดยใช้น้ำเป็นสารทำงานในระบบระบายความร้อน

3.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้สำหรับการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนดังนี้

1. เครื่องมือวัด และบันทึกอุณหภูมิแบบต่อเนื่อง (Data Logger) ในการวัดและบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K เป็นตัวส่งสัญญาณ
2. เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าบันทึกต่อเนื่อง (Power Recorder Meter) ใช้ในการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ
3. เครื่องบันทึกกำลังไฟฟ้า (kW Recorder Meter)
4. เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง (Data Logger) ใช้ในการวัดความชื้นของอากาศ

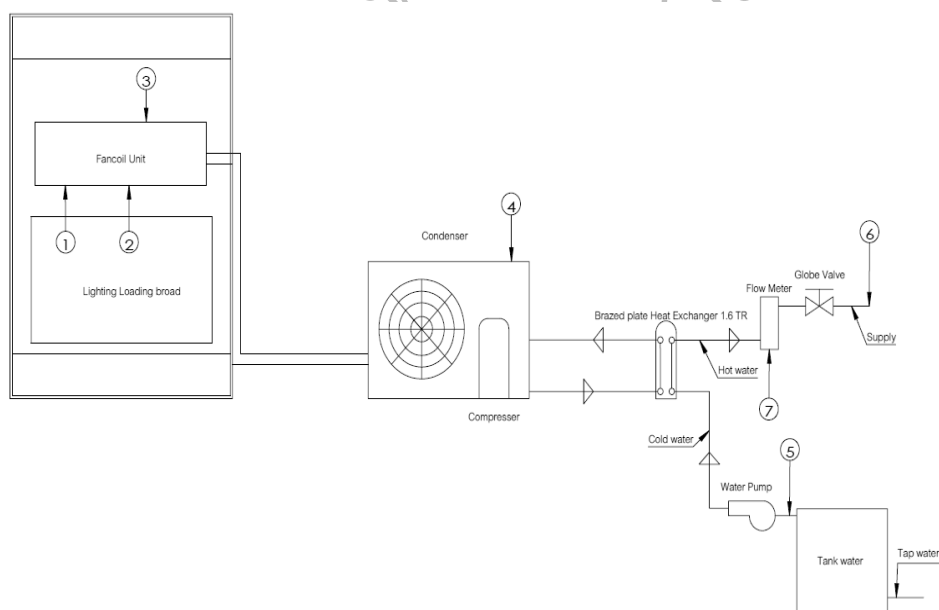
5. เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer ใช้วัดความเร็วลมของอากาศในการไหลผ่านช่องจ่ายลมเย็น

6. เกจวัดความดันของสารทำความเย็น R-410a ใช้ในการวัดความดันของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ

7. เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ

3.3 การเก็บข้อมูล

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner) ขนาด 12,000 Btu/hr ตั้งอุณหภูมิการทำงานไว้ที่ 25 °C แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือให้สารทำความเย็นผ่านเข้าชุดคอนเดนเซอร์แบบแผงท่อระบายความร้อนด้วยอากาศ และให้สารทำความเย็นผ่านเข้าชุดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมปิดที่มีน้ำเป็นตัวกลางรับความร้อนจากสารทำความเย็น และหาคำนวนสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ kW/TR และ EER ที่เงื่อนไขการทดสอบในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 30 °C ในแต่ละช่วงภาระความเย็นต่าง ๆ โดยทำการบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 3.1 แผนผังระบบและจุดตรวจวัดบันทึกค่าตัวแปรต่าง ๆ

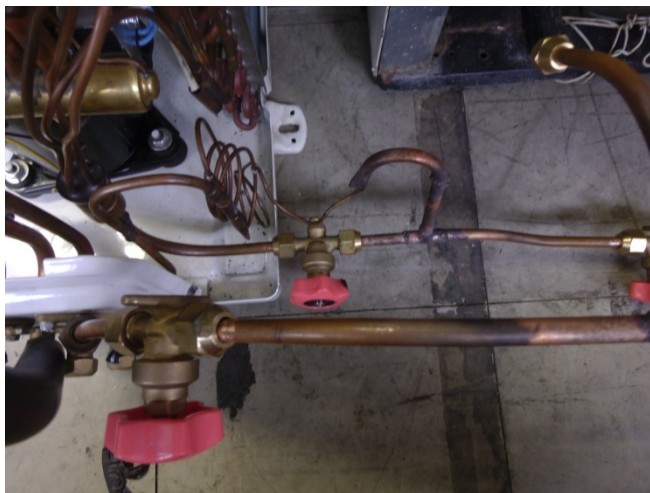
- เมื่อ 1, 2, = จุดวัดอุณหภูมิ °C และวัดความชื้นสัมพัทธ์ %RH ด้านลมจ่าย
- 3 = จุดวัดอุณหภูมิ °C และวัดความชื้นสัมพัทธ์ %RH ด้านลมกลับ
- 4 = จุดวัดกำลังไฟฟ้า kW

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

- 1.) วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมกลับด้วยตลับเมตร เพื่อใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด (A)
- 2.) วัดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
- 3.) วัดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่าย โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
- 4.) วัดความเร็วของลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมกลับ (V) โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม
- 5.) วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน (ส่วนของคอมเพรสเซอร์รวมกับส่วนของพัดลม) โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า
- 6.) ทดลองเปิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตั้งอุณหภูมิการทำงานไว้ที่ 25°C ตลอดการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ด้วยเครื่องตรวจวัดแบบบันทึกต่อเนื่อง(Data logger)
- 7.) เงื่อนไขการทดลอง ปรับภาระความร้อนที่ 60 % และ 65 % ของพิกัดภาระความร้อนทั้งหมด ปรับอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนเข้าสู่แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10 ลิตรต่อนาที 15 ลิตรต่อนาที และ 20 ลิตรต่อนาที



รูปที่ 3.2 เครื่องปรับอากาศก่อนการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติด



รูปที่ 3.2 การติดตั้งระบบชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเชื่อมติด

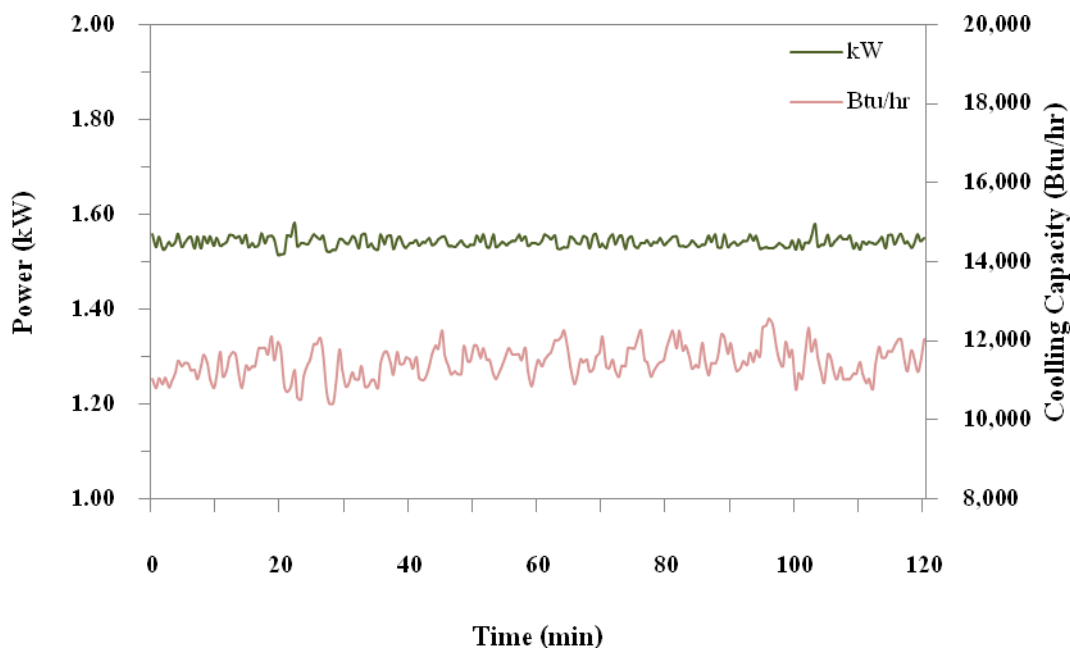
บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ เปรียบเทียบกับการระบายความร้อนด้วยอากาศโดยทั่วไป ภายใต้เงื่อนไขภาระความร้อนที่ 60 % และ 65 % ของพิกัดภาระความร้อนทั้งหมด ปรับอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนเข้าสู่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10 ลิตรต่อนาที 15 ลิตรต่อนาที และ 20 ลิตรต่อนาที ปรับตั้งอุณหภูมิการทำงานไว้ที่ 25 °C และควบคุมอุณหภูมิภายนอกห้องทดลองคงที่ 30 °C ผลจากการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

4.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %

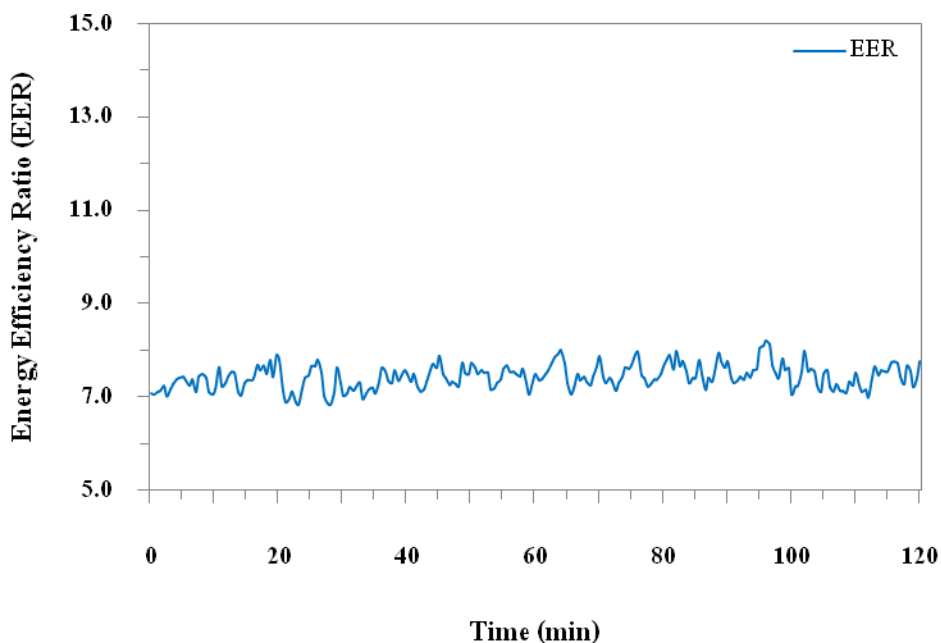
4.1.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ภาระความร้อน 60 % พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.58 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.52 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าเท่ากับ 1.54 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าสูงสุดเท่ากับ 12,556 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10,428 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าเท่ากับ 11,460 Btu/hr

4.1.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %

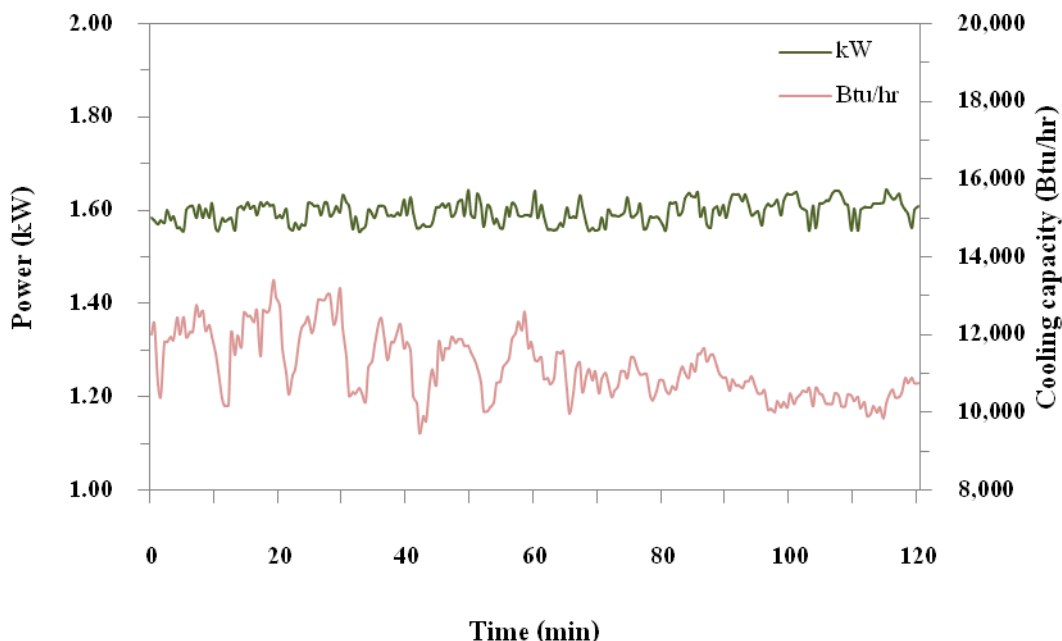


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 %

จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.22 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.84 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าเท่ากับ 7.43

4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 65 %

4.2.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 65 %

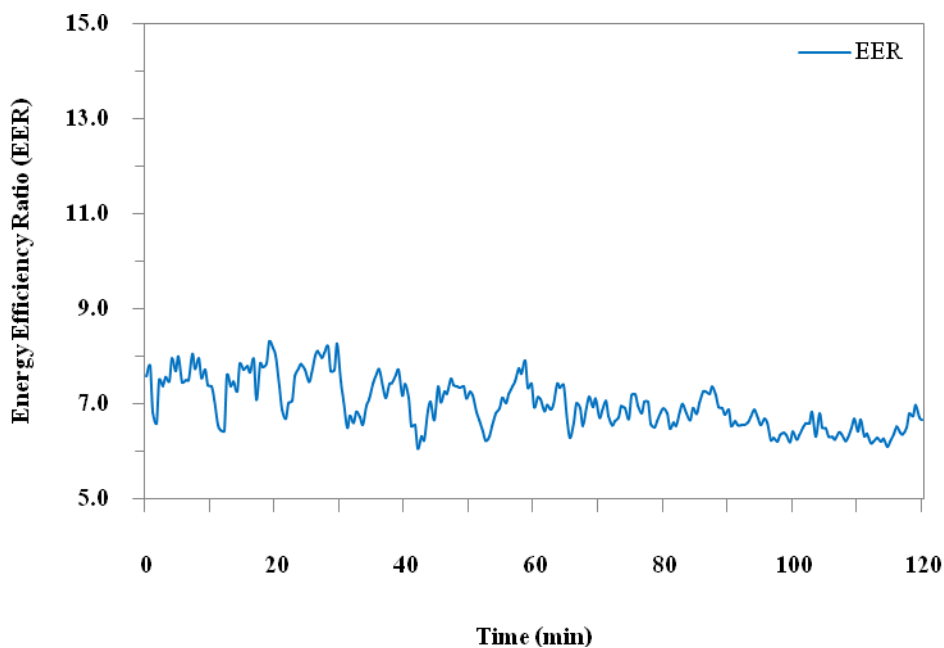


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 65 %

จากรูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศที่ภาระความร้อน 65 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.64 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.56 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าเท่ากับ 1.60 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13,408 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 9,469 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าเท่ากับ 11,178 Btu/hr

4.2.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 65 %

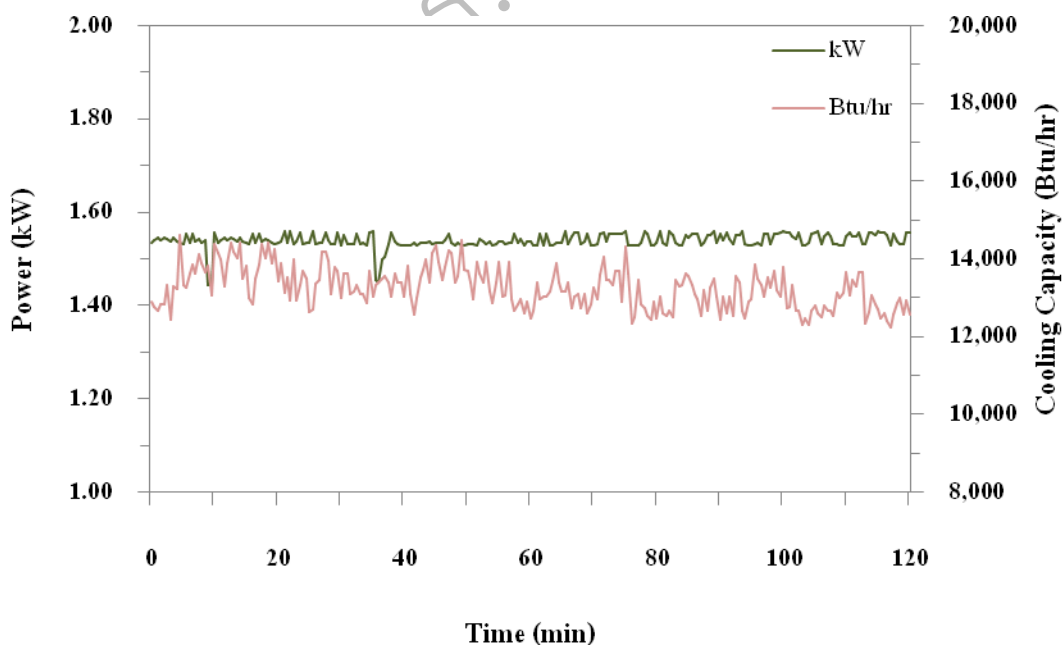
จากรูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศที่ภาระความร้อน 65 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.86 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.06 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าเท่ากับ 7.00



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่ภาระความร้อน 65 %

4.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

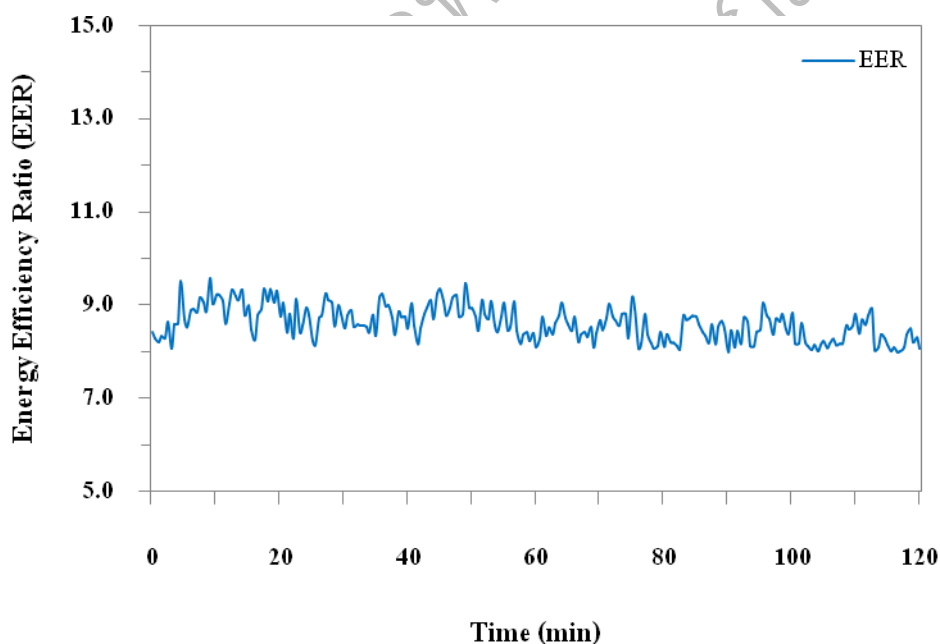
4.3.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 10 L/min ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.56 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.44 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าเท่ากับ 1.54 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 14,615 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 12,261 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าเท่ากับ 13,257 Btu/hr

4.3.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min



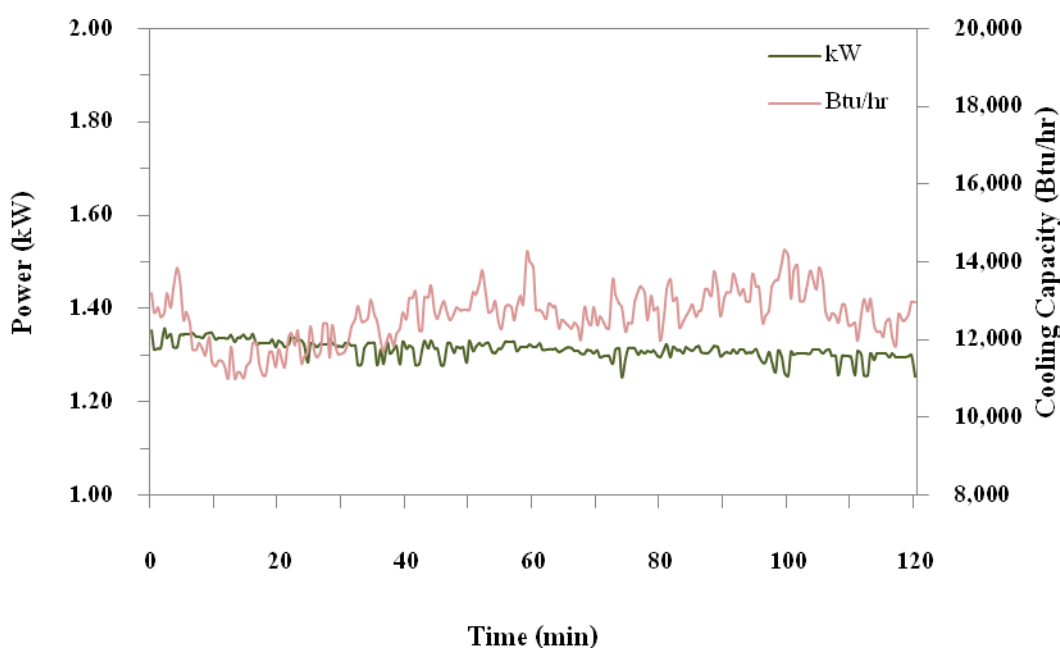
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 10 L/min ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.58 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.00 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ

เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าเท่ากับ 8.61

4.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

4.4.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

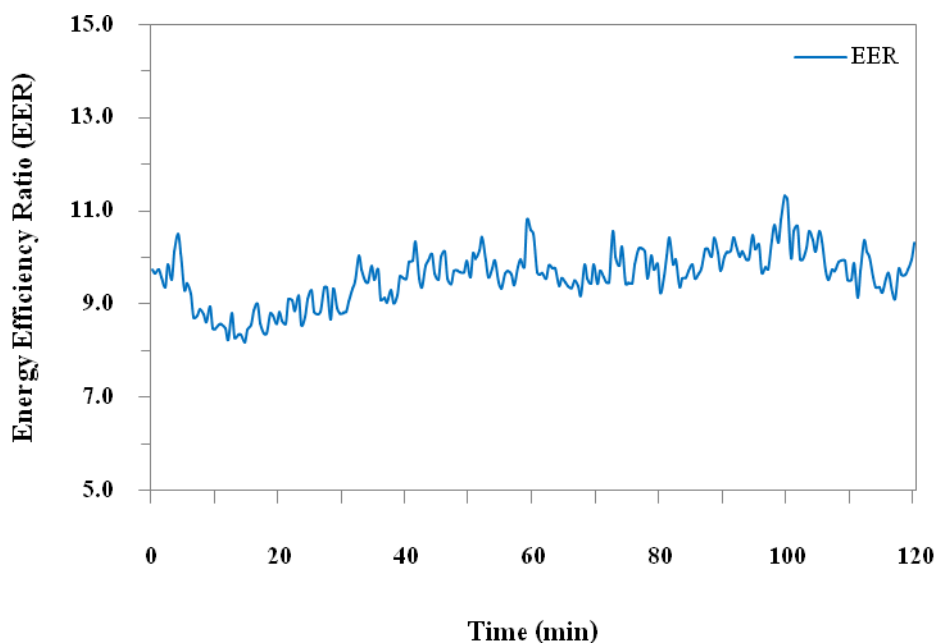


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) กับความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min ที่ ภาระความร้อน 60 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.36 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.25 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าเท่ากับ 1.31 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 14,317 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 11,014 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็น

เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าเท่ากับ 12,601 Btu/hr

4.4.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min



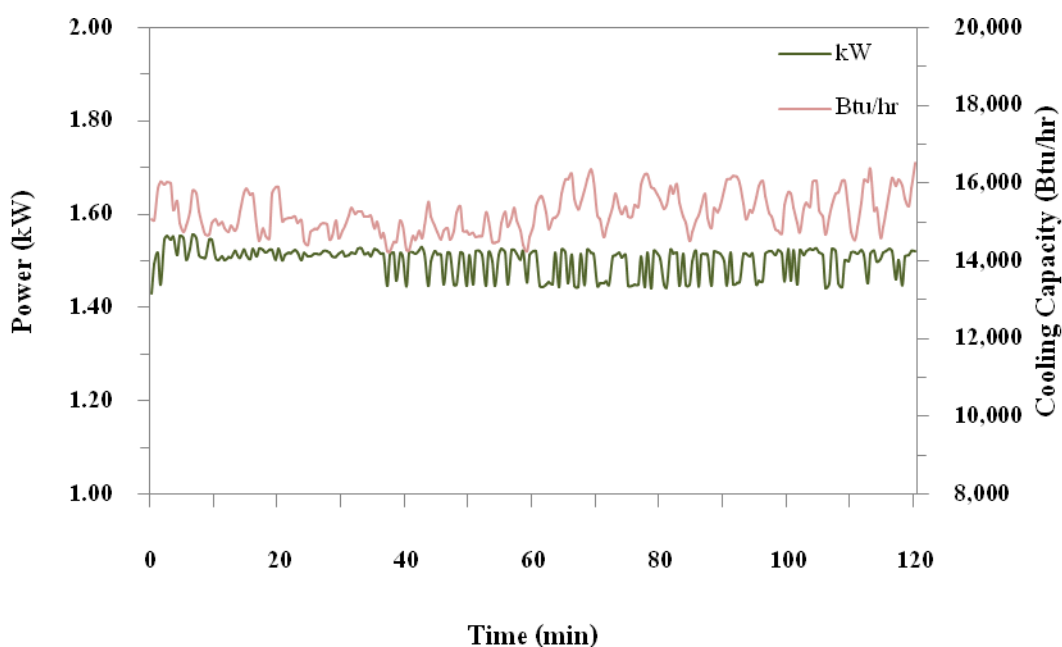
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.33 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.19 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าเท่ากับ 9.60

4.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

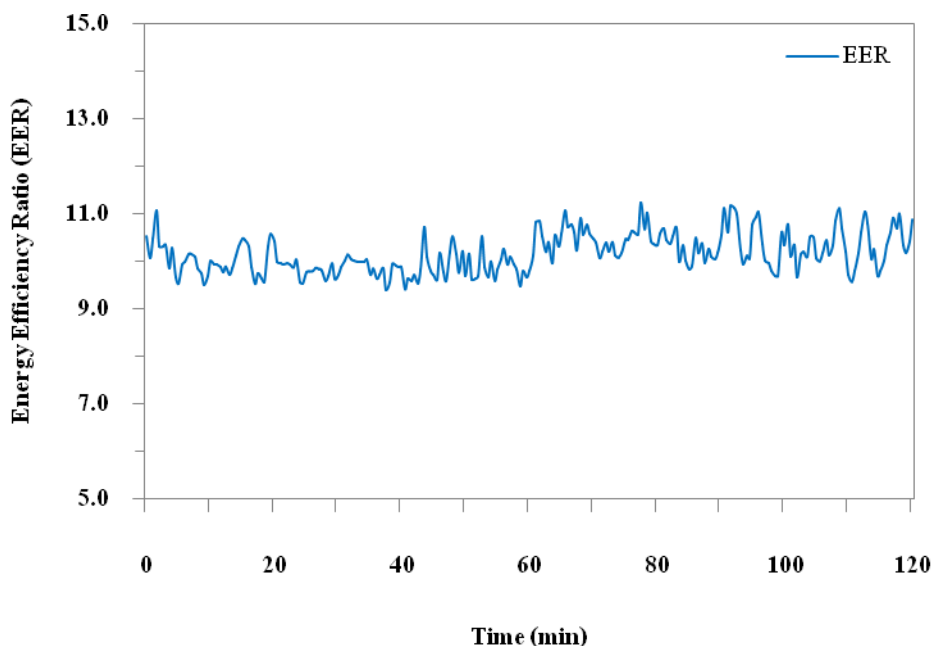
4.5.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.56 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.43 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าเท่ากับ 1.50 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 16,535 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 14,241 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าเท่ากับ 15,241 Btu/hr



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

4.5.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

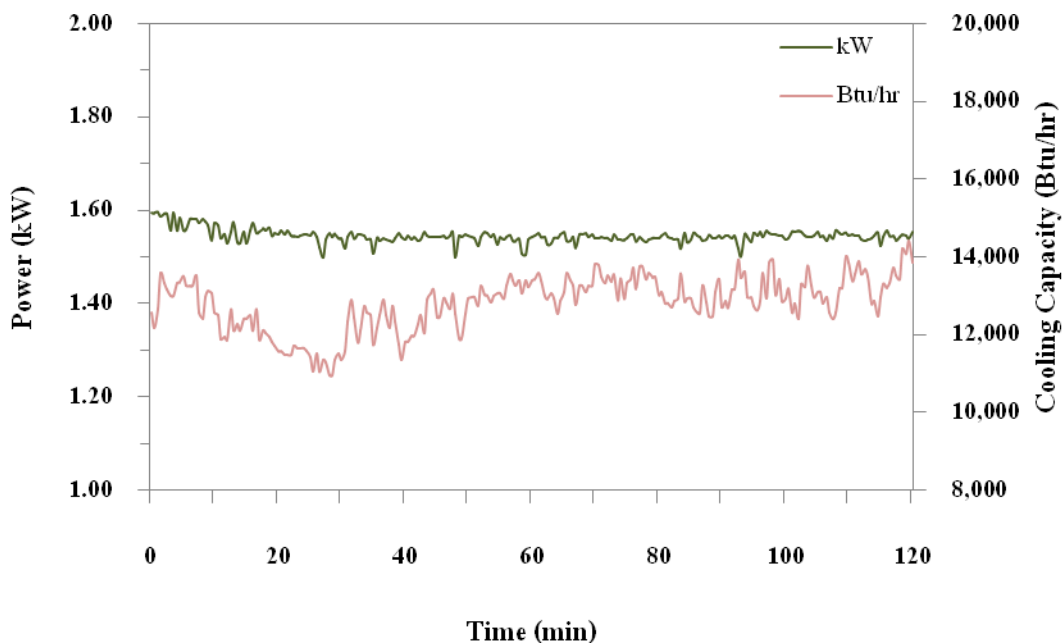


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.24 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 9.41 และค่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าเท่ากับ 10.16

4.6 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

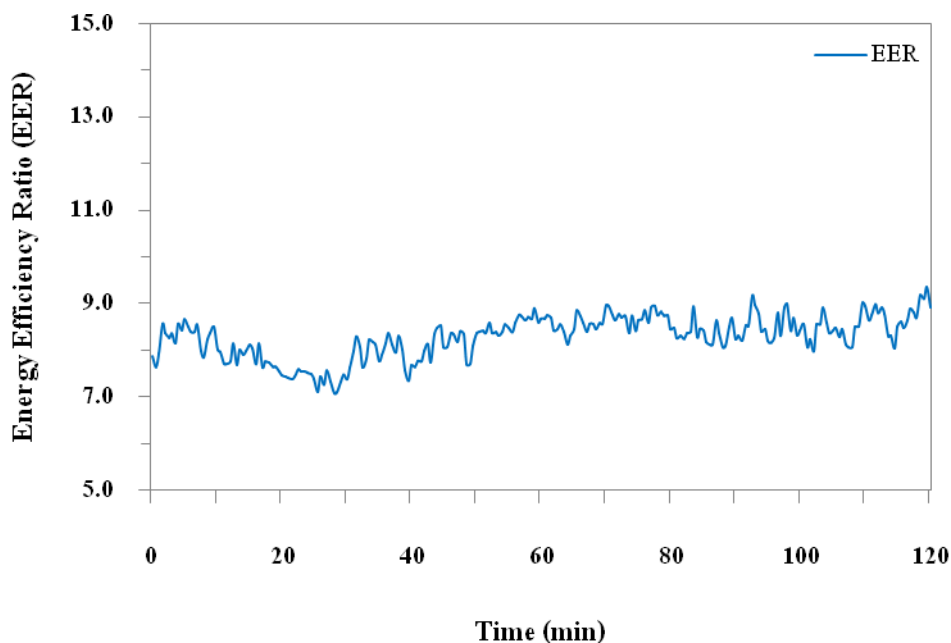
4.6.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) กับความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

จากรูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 10 L/min ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.60 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.50 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าเท่ากับ 1.55 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 14,414 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10,975 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าเท่ากับ 12,814 Btu/hr

4.6.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

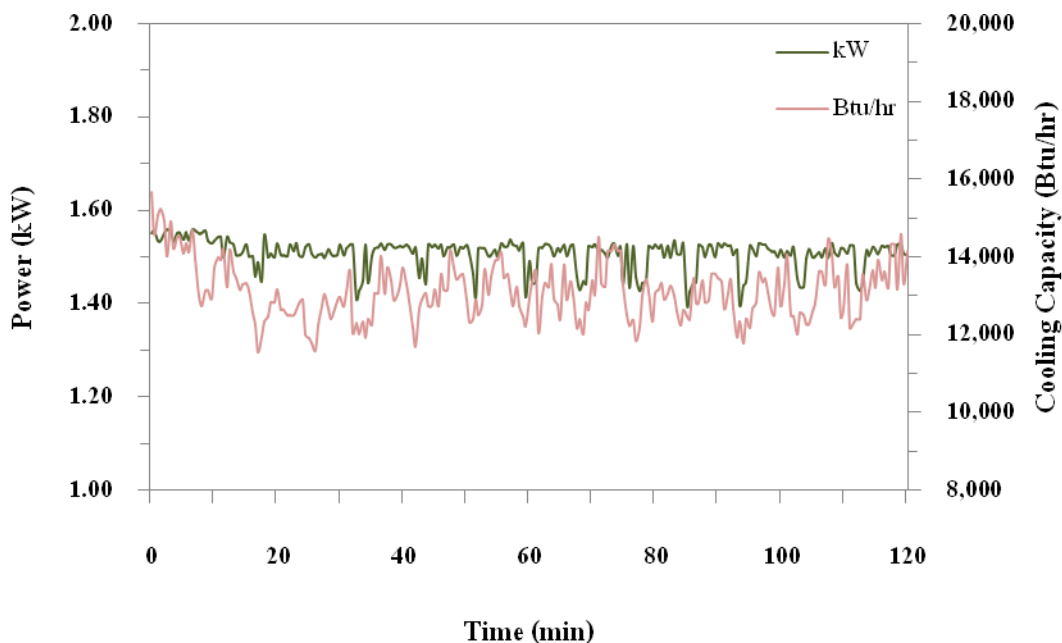


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min

จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 10 L/min ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.36 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.08 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 10 L/min มีค่าเท่ากับ 8.29

4.7 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

4.7.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min



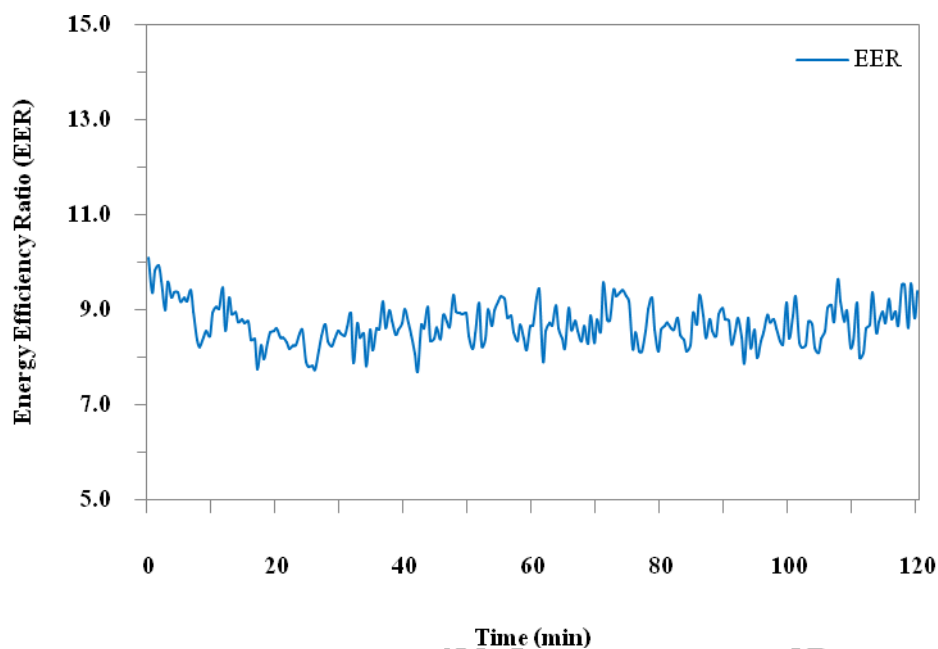
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

จากรูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.56 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.40 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าเท่ากับ 1.51 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 15,677 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 11,558 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าเท่ากับ 13,106 Btu/hr

4.7.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.11 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.70 และค่าอัตราส่วน

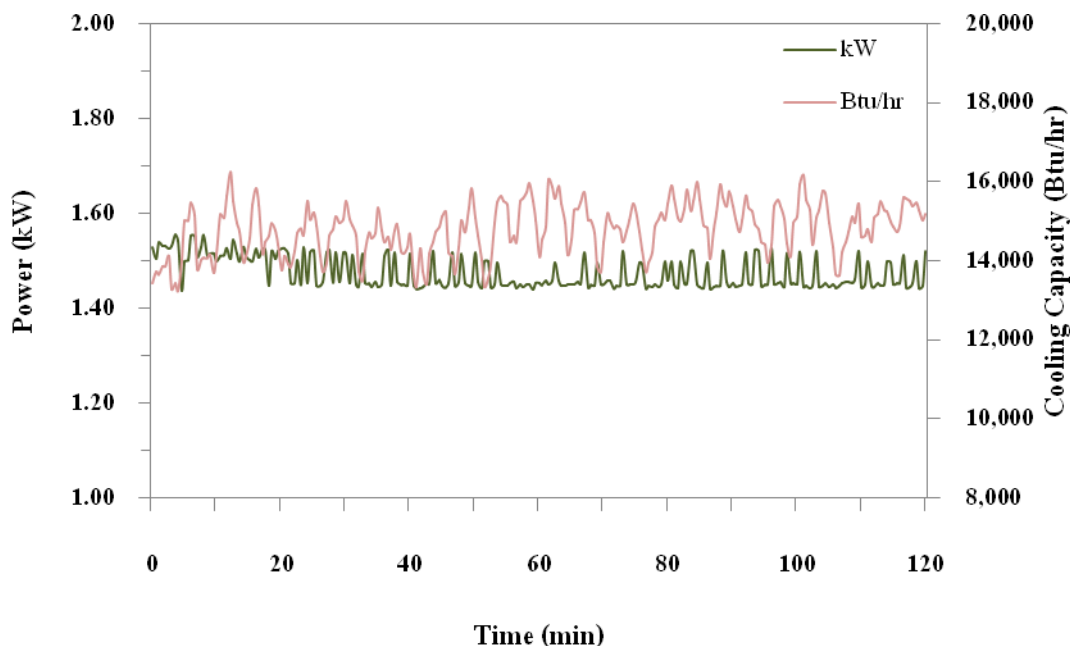
ประสิทธิภาพเฉลี่ย ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min มีค่าเท่ากับ 8.69



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 15 L/min

4.8 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

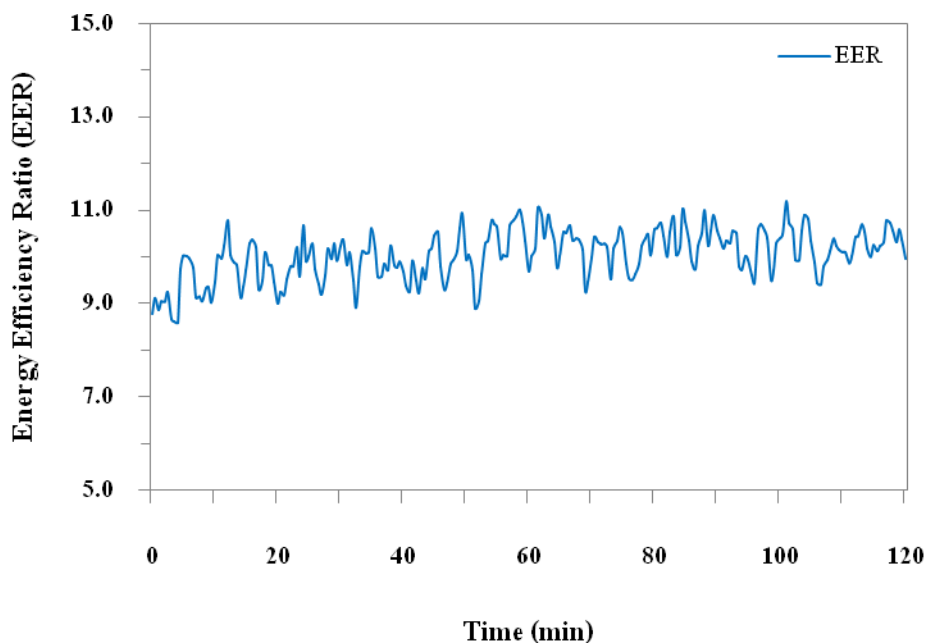
4.8.1 ผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่ากำลังไฟฟ้า (kW) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.56 kW มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.44 kW และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าเท่ากับ 1.47 kW ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 16,244 Btu/hr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 13,252 Btu/hr และความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าเท่ากับ 14,803 Btu/hr

4.8.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

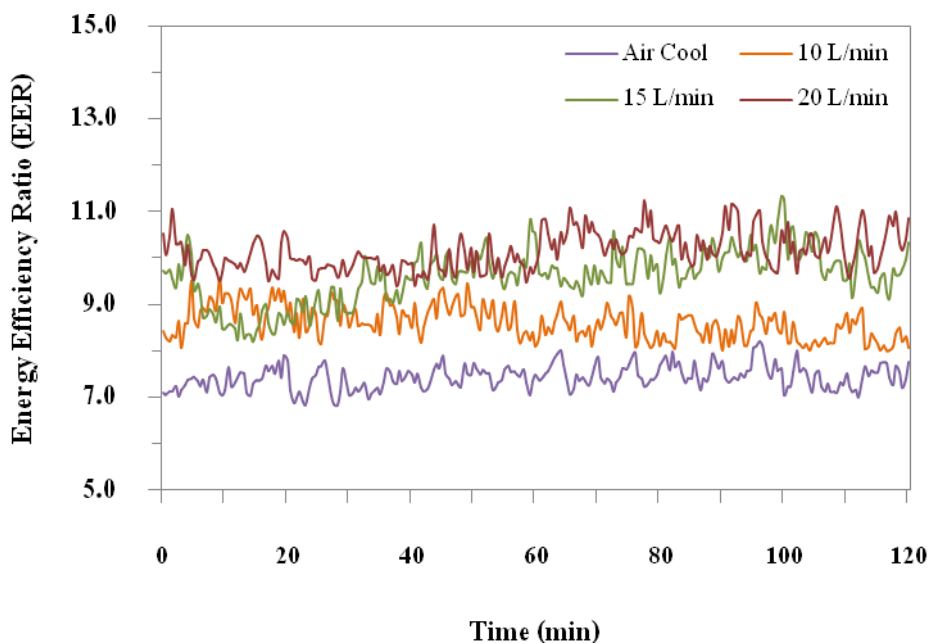


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min

จากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.19 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.60 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ย ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่าเท่ากับ 10.05

4.9 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ

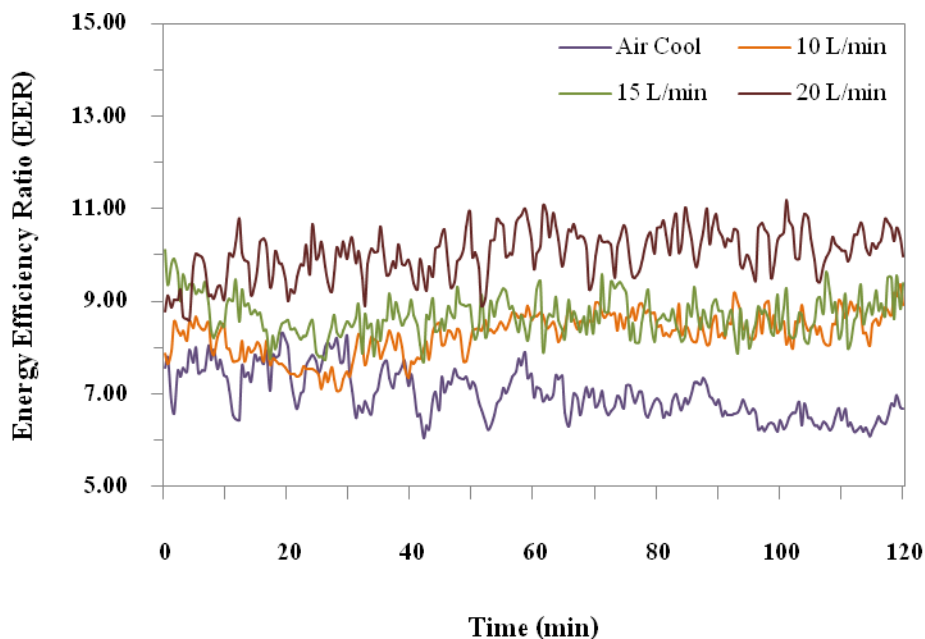
4.9.1 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 %



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 %

จากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 60 % พบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 7.43 และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 10 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 8.61 และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 9.60 และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 10.16

4.9.2 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 %



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 %

จากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศและระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ภาระความร้อน 65 % พบว่า เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 10 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 8.29 และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 8.69 และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 10.05

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่า เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชุดเดียวกันที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ทุกกรณีที่ทำการศึกษา โดยสรุปผลตามเงื่อนไขภาวะความร้อนดังนี้

1) ภาวะความร้อน 60 % เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหลของน้ำที่ 15 L/min มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยลดลง 14.94 % เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชุดเดียวกันที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ สำหรับค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ย (EER) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหลของน้ำที่ 20 L/min มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 10.16 โดยมีค่าเพิ่มขึ้น 36.74 % เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชุดเดียวกันที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

2) ภาวะความร้อน 65 % เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยน้ำที่อัตราการไหลของน้ำ 20 L/min มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงสูงที่สุดเท่ากับ 8.12 % และมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER) เพิ่มขึ้นสูงที่สุดจากทุกกรณีที่ทำการศึกษา โดยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 43.57 % เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากน้ำระบายความร้อนที่ผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงควรศึกษาศักยภาพการนำไปใช้ประโยชน์ด้านความร้อนในลักษณะเช่นเดียวกับปั๊มความร้อน นอกจากนี้ควรทำการศึกษาวิถัยสภาวะที่เหมาะสมของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดอื่น เช่น ประยุกต์ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric tube or double pipe) ในการระบายความร้อน เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนหรือเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด(Package) เพื่อเพิ่มแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารอ้างอิง

[1] เวชยันต์ วรกีจธำรงค์ชัย.การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อทดแทนระบบทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ.สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2552

[2] อนุชิต เพียรแก้ว. การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีเพิ่มการระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2550

[3] ธนวรา ทองล้วน. การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

[4] รศ.ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์, “ การถ่ายเทความร้อน ”, มิถุนายน พ.ศ. 2542

[5] Modern Air Conditioning Practice, Third Edition, Norman C Harris, McGraw Hill.