มรภ.อุดรธานี มรภ.สกลนคร มรภ.เลย NIMT การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ECTI Association

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

ECTI-CARD 2017

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม

VOL.1

SESSION 111-214

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน

อ.เชียงคาน จ.เลย

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

1048	ระบบบริหารจัดการข้อมูลแบบรวมศูนย์กลางสำหรับข้อมูลปริมาณมากเพื่อการจัดการและการดำเนินงาน	217-220
1098	ระบบค้นหาทิศที่ตั้งสถานีโทรทัศน์ระบบดิจิตอล	221-224
1114	การประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวจังหวัดตรัง ผ่านแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	225-228
1183	การจำแนกกิจกรรมตามปกติโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	229-232
1195	e-PTA: The Project Progress Tracking Application	233-236
1231	Lightning Performance Assessment for 115 kV Transmission Line System Based on Ground Flash Density	237-240
1262	Bottle Image Registration base on Principal Axis Analysis Algorithm	241-244
1275	เครื่องกึ่งอัตโนมัติสำหรับผสมและอัดก้อนเชื้อเห็ด	245-248
	งานเลี้ยงต้อนรับ(Welcome Party) ลานสนามหญ้าเอนกประสงค์ เวลา 18:00 – 20:00 น.	

วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2560		**SESSION 201**
การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ ห้อง นครเวียงจันทร์ ประธาน : ดร. นฤดม นวลขาว (สถาบันมาตรวิทยา) รองประธาน : ดร. ธวัชชัย จารุวงศ์วิทยา (มทร.อีสาน โคราช)		
08:00 – 10:00 น.		
ID	ชื่อเรื่อง	หน้า
1031	The Control Operation Of Electrical From Mobile Phones	249-252
1083	การประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับถนนด้วยการปรับปรุง Photo Switch	253-256
1127	ระบบบริหารจัดการการเชื่อมต่อสมาร์ทโฮม	257-260
1176	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส	261-264
1213	ระบบติดตามการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อลดการใช้พลังงาน	265-268
1245	ระบบวิเคราะห์และแจ้งเตือนการใช้พลังงานแบบเวลาจริง	269-272
1305	สมาร์ทเทคโนโลยีสำหรับห้องครัว	273-276
	พักรับประทานอาหารว่าง ห้องหลวงน้ำทา เวลา 10:00 – 10:15 น.	

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

Performance Enhancement of Air Conditioning by Air Temperature Reduction before Entering the Condenser by Condensed Water of Evaporator Passing through Heat Exchanger with Square Fins

สิริสวัสดิ์ จิงเจริญนิรชร

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

321 ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000 โทรศัพท์ 036-422125 E-mail: sirisawat74@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ชุดทดลองประกอบไปด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr) ใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 mm. ยาว 500 mm. ระยะห่างท่อ 50 mm. มีขดท่อจำนวน 9 โค้งเลี้ยว และติดครีบแผ่นทองแดงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 30X30 mm. หนา 1 mm. ระยะห่างระหว่างครีบ 13 mm. จากการทดลองพบว่าระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น 4.60% เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 2.61 °C ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 3.30% และมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะเพิ่มขึ้น 8.24%

คำสำคัญ: ระบบปรับอากาศ, สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ, การถ่ายเทความร้อน, น้ำควบแน่น, ครีบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

Abstract

The aim of this research was to study the performance enhancement of air conditioning by air temperature reduction before entering the condenser by condensed water of evaporator passing through heat exchanger with square fins. The experimental unit consisted of a vapor compression of 3.52 kW (12,000 BTU/hr) capacity with R-22 refrigerant and air cooled condenser. The heat exchanger was made of a copper u-tern bend tube with an external diameter of 6.35 mm., a length of 500 mm. with 50 mm. spacing between each tube. This copper tube bent into the shape with 9 turns, and adhesion with square fins of 30X30 mm. which were made from 1 mm. thickness copper board with 13 mm. spacing between each fin. The results showed that the heat transfer rate of condenser increase of 4.60%, when the air flow passing through the heat exchanger, the average decrease of temperature was 2.61 °C, reduced power consumption by up to 3.30%, and the highest coefficient of performance with an increase of 8.24%.

Keywords: Air-Conditioning, Coefficient of Performance, Heat Transfer, Condensation, Square Fins

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ มากขึ้นทุกขณะ โดยเฉพาะพลังงานที่เกิดจากธรรมชาติ เช่นน้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน เป็นต้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดความขาดแคลนได้ในอนาคต พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียกับการทำงานของระบบปรับอากาศนั้นนับได้ว่าเป็นพลังงานที่มีอัตราที่มาก เพราะระบบปรับอากาศเป็นอีกระบบหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งภายในอาคาร บ้านเรือน และสำนักงาน พลังงานที่สูญเสียไปนี้เป็นพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ระบบปรับอากาศส่วนมากจะเป็นแบบแยกส่วน (Split type) เพราะเป็นระบบปรับอากาศที่ ราคาไม่สูง ติดตั้งง่าย เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนใช้หลักการนำอากาศจากสิ่งแวดล้อมเป็นตัวถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ [1] แต่เนื่องด้วยปัจจุบันประเทศไทยมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นและแนวโน้มจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นใช้พลังงานมากขึ้น ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพลดลง เพราะคอนเดนเซอร์ถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี จากงานวิจัยที่ผ่านมามีหลายวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบปรับอากาศ เช่น การลดอุณหภูมิของอากาศและสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ [2], [3] อีกทั้งการใช้อุปกรณ์

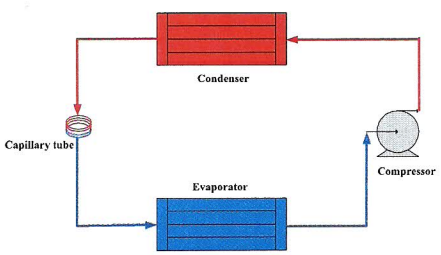
แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับน้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศได้ [4] และเมื่อพิจารณาที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหากติดครีบจะสามารถดึงอุณหภูมิของน้ำควบแน่นได้ดียิ่งขึ้น เพราะครีบเป็นพื้นผิวส่วนที่เพิ่มขึ้นจากผิวผนังหรือท่อที่มีอยู่ เพื่อให้มีพื้นที่การถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อผิวเรียบ [5]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานอีกทั้งยังเป็นการใช้พลังงานให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดและเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกด้วย

2. ทฤษฎี

2.1 หลักการของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

เมื่อเปิดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สอุณหภูมิต่ำ แรงดันต่ำจากอิวาพอเรเตอร์แล้วอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิสูง ไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนและควบแน่นสารทำความเย็นให้เป็นของเหลว จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลผ่านแคปปิลารี่ทิ้วเพื่อลดแรงดันและสารทำความเย็นก็จะไหลเข้าสู่อิวาพอเรเตอร์ ขณะที่สารทำความเย็นสถานะของเหลวภายในอิวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดต่ำลง สารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์จะไหลไปยังคอมเพรสเซอร์ เป็นวัฏจักรต่อไป [1] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรระบบทำความเย็นคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ

งานคอมเพรสเซอร์จากการทดลองสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 1

$$W_{comp} = \dot{m}_r (h_{comp,o} - h_{comp,i}) \quad (1)$$

โดยที่ W_{comp} คืองานคอมเพรสเซอร์ $\dot{m}_r$ คืออัตราการไหลสารทำความเย็น $h_{comp,o}$ คือเอนทาลปีทางออกคอมเพรสเซอร์ $h_{comp,i}$ คือเอนทาลปีทางเข้าของคอมเพรสเซอร์

อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์จากการทดลองสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2

$$Q_{cond} = \dot{m}_r (h_{cond,i} - h_{cond,o}) \quad (2)$$

โดยที่ Q_{cond} คืออัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ $h_{cond,i}$ คือเอนทาลปีทางเข้าคอนเดนเซอร์ และ $h_{cond,o}$ คือเอนทาลปีทางออกคอนเดนเซอร์

อัตราการถ่ายเทความร้อนของอิวาพอเรเตอร์จากการทดลองสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 3

$$Q_{evap} = \dot{m}_r (h_{evap,o} - h_{evap,i}) \quad (3)$$

โดยที่ Q_{evap} คืออัตราการถ่ายเทความร้อนของคของอิวาพอเรเตอร์ $h_{evap,o}$ คือเอนทาลปีทางออกของอิวาพอเรเตอร์ และ $h_{evap,i}$ คือเอนทาลปีทางเข้าของอิวาพอเรเตอร์

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบอัดไอสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 4

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W_{comp}} \quad (4)$$

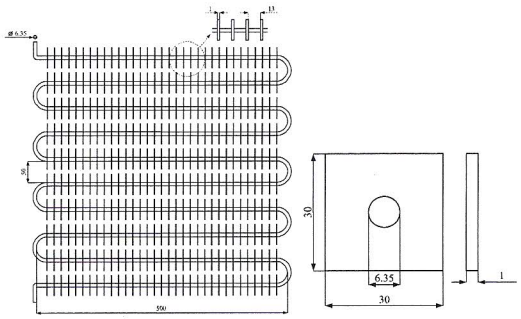
โดยที่ COP คือสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนจากครีบระบายความร้อน

ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งโดยการนำมักจะถูกระบายออกจากวัตถุที่เป็นของแข็งโดยการพาความร้อนแต่เพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากอัตราการพาความร้อนนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของผิว ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มอัตราการระบายความร้อนที่ผิวนี้ได้ด้วยการยืดผิวออกไปจากวัตถุส่วนของวัตถุที่ยืดออกมาจากผิวของวัตถุตัวนี้เรียกว่า ครีบระบายความร้อน [5]

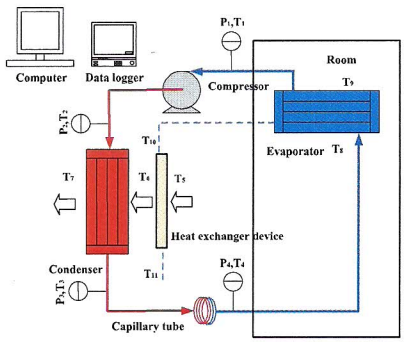
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ระบบปรับอากาศแบบอัดไอขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr) โดยใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 mm ยาว 500 mm ระยะห่างท่อ 50 mm มีขดท่อจำนวน 9 โค้งเลี้ยวและติดครีบแผ่นทองแดงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 30X30 mm หนา 1 mm ระยะห่างระหว่างครีบ 13 mm ดังแสดงในรูปที่ 2

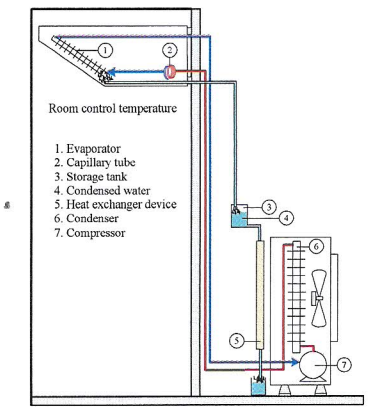


รูปที่ 2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบสี่เหลี่ยมจัสตุรัส

ในการทดลองควบคุมอุณหภูมิในห้องทดลองที่ 24-26 °C วัดความดันในระบบโดยใช้บูดองเกจ ($P_1 - P_4$) วัดอุณหภูมิสารทำความเย็น ($T_1 - T_4$) อุณหภูมิอากาศ ($T_5 - T_9$) และอุณหภูมิน้ำควบแน่น ($T_{10} - T_{11}$) ด้วยเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด K และวัดอัตราการไหลของอากาศโดยเอนาโมมิเตอร์ การเก็บข้อมูลในการทดลอง ทำการเก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งต่างๆโดยบันทึกค่าทุก 30 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิและความดันของระบบปรับอากาศ

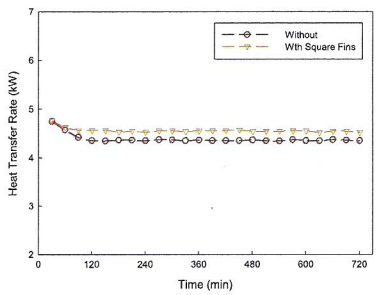


รูปที่ 4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับระบบปรับอากาศ

จากวัฏจักรการทำงานของระบบปรับอากาศจะเกิดน้ำควบแน่นบริเวณอิวาพอเรเตอร์ ในการทดลองจะใช้น้ำควบแน่นไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งบริเวณทางเข้าอากาศของคอนเดนเซอร์ เมื่ออากาศไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอากาศจะมีอุณหภูมิลดลงก่อนที่จะเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 4

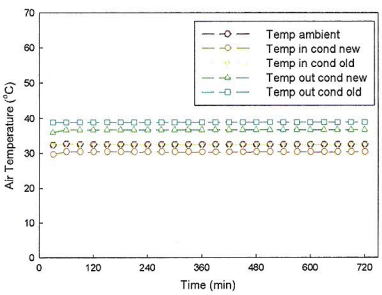
4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้



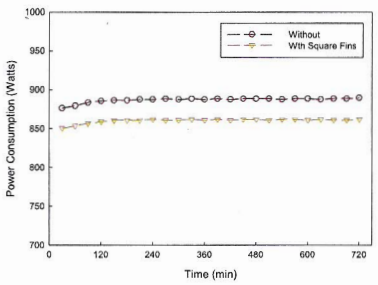
รูปที่ 5 อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เทียบกับเวลา

จากรูปที่ 5 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เทียบกับเวลา ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เท่ากับ 4.54 kW และ 4.34 kW ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากได้มีการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้ามาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 6



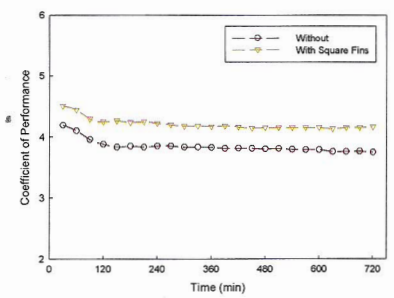
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเทียบกับเวลา

รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอากาศก่อนไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.20 °C เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 2.61 °C โดยที่น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 15.24 °C และเมื่อน้ำไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน น้ำจะดูดซับปริมาณความร้อนของอากาศก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ดังนั้นน้ำที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นที่ 25.83 °C



รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา

รูปที่ 7 แสดงการใช้กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 859.41 W และ 888.75 W ตามลำดับ เนื่องมาจากระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีมีผลให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานลดลง อีกทั้งสารทำความเย็นที่ออกมาจากคอนเดนเซอร์ จะมีสถานะ subcooled ทำให้สารทำความเย็นที่เข้าสู่อิวาพอเรเตอร์แตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่า ส่งผลให้สารทำความเย็นสามารถแลกเปลี่ยนกับภาวะในการปรับอากาศได้ปริมาณความร้อนที่สูง มีผลให้สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งเท่ากับ 4.20 และ 3.88 ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส จากการทดลองพบว่าระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น 4.60% เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 2.61 °C ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 3.30% และมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะเพิ่มขึ้น 8.24%

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่อำนวยความสะดวก ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในงานวิจัย จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] W. F. Stoecker and J.W. Jones, "Refrigeration & Air Conditioning," 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 1982.

[2] E. Hajidavalloo, "Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner," Appl Therm Eng, Vol.27, no.11-12, pp. 1937-1943, 2007.

[3] S. Juengjaroennirachon, N. Pratinthong, P. Namprakai, and T. Suparos, "Performance Enhancement of Air Conditioning using Thermosyphon System's Energy Storage Unit for Cooling Refrigerant before entering the Condenser," J. Meth Sci Technol, Vol.31, no.1, pp. 393-400, 2017.

[4] S. Juengjaroennirachon, "A Study of Air Temperature Reduction before Entering the Condenser by Condensed Water of Evaporator Passing through Heat Exchanger," in Rajabhat University National and International Research and Academic Conference (RUNIRAC IV)., Buriram, Thailand, 2016, pp. 385-394.

[5] สุนันท์ ศรัณยนิตย์, "การถ่ายเทความร้อน," สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.