การพัฒนาและวิเคราะห์ผลการทดสอบระบายความร้อนท่อนำความร้อนด้วยน้ำแบบจุ่มสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

The developments and analysis heat pipe by submersible in water for split air conditioners

ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์ [1] อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ [1] อวิรุทธ์ วงศ์อุดม [2]
สุขใจ พรมประสานสุข [2] และ ปุณยวีร์ ปฐมโฆษิตเสถียร [2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักรกรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-1111ต่อ 2272
E-mail: teepagron.ku@spu.ac.th

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี
140 หมู่ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
E-mail: p.sookjai@ptu.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีใช้กันมากในประเทศเขตร้อน อาทิเช่น ประเทศไทย เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้น จะมีผลต่อการระบายความร้อนของสารทำความเย็นที่ท่อนำความร้อนภายนอกลดลง จะมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในการลดอุณหภูมิลดลงด้วย ดังนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาชุดระบบบายความร้อนด้วยน้ำทดแทนการระบายความร้อนด้วยอากาศ พบว่าประสิทธิภาพในการทำการระบายความร้อนที่ท่อนำความร้อนภายนอกห้องปรับอากาศสูงกว่าแบบเดิมซึ่งระบายด้วยอากาศ ผลที่ได้คืออุณหภูมิลดลงเร็วมากขึ้น และอุณหภูมิที่ทำได้ภายในห้องที่ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 17°C, 25°C และ 30°C ผลที่ได้คืออุณหภูมิลดลง 0.43°C/min,1.67°C/min และ 2.3°C/min ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวัดค่ากระแส(A) พบว่าในระบบระบายความร้อนด้วยน้ำใช้กระแสสูงกว่าระบบระบายด้วยอากาศ ประมาณ 1.5-3.0 A โดยค่าความต่างของประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปรียบเทียบด้วยกระแสอยู่ประมาณร้อยละ 34 และค่าความต่างของการทำความเย็นโดยความสามารถในลดอุณหภูมิประมาณร้อยละ 10

คำสำคัญ: การระบายความร้อน, ท่อนำความร้อน, ระบบหล่อเย็น, ระบบม่านน้ำ

ABSTRACT

Split type air conditioners are commonly used in tropical countries such as Thailand, when the outside temperature are rising, the cooling effect of the refrigerant on the external heat pipe is reduced, so affect the use of electric air conditioners higher. Therefore, the cooling efficiency of air conditioners in reducing the temperature also decreases. Therefore, the researcher has developed a heat set with water instead of air cooling, that the efficiency of cooling the heat pipe outside the air-conditioned room is higher than the original, which is cooled by air. The result is the temperature drops faster and the temperature that can be done in a controlled temperature room at 17°C, 25°C and 30°C respectively.

The result is reduced temperature. 0.43°C / min, 1.67°C/min and 2.3°C/min respectively. However, when measuring the current (A), it is found that the water cooled system uses approximately 1.5-3.0 A higher than the air ventilation system

KEYWORDS: ventilation, heat pipe, cooling system, evaporation

1. บทนำ

ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ภูมิอากาศในประเทศมีลักษณะร้อนชื้น [1] ในสภาวะอากาศร้อนชื้นส่งผลกระทบต่อทารก ผู้สูงวัย ตลอดจนผู้ที่ชื่นชอบออกกำลังกายหรือต้องทำงานกลางแจ้ง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาสุขภาพต่างๆ เนื่องความร้อน ดังนั้นการลดอุณหภูมิแวดล้อมให้เหมาะสม ด้วยเทคโนโลยีเครื่องปรับอากาศ จึงเข้ามามีบทบาท แต่เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสูง [1] ดังนั้นการประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศจึงถูกพัฒนาในด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงจำเป็นที่จะต้องทราบถึงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิด เพื่อเลือกขนาดให้เหมาะสมต่อพื้นที่ห้อง ซึ่งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยส่วนใหญ่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งในประเทศ ไทยมีอากาศที่ค่อนข้างร้อน อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนน้อยลง หรืออาจจะทำให้ระบบปรับอากาศของเราทำงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการในการระบายความร้อนด้วยการฉีดน้ำเข้าสู่ท่อน้ำความร้อนภายนอก [2] เพื่อลดอุณหภูมิของท่อนำความร้อนให้เร็วขึ้น หรือใช้วิธีแผงเซลลูโลสที่ด้านหลังของคอนเดนเซอร์ เพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ [3] ซึ่งถูกนำไปใช้ทั้งระบบแอร์ชนิดเครื่องที่และติดผนัง [4,5,6]

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบระบายความร้อนของท่อนำความร้อนด้วยน้ำแบบจุ่ม สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.2 เพื่อเปรียบเทียบหาค่าประสิทธิภาพระบบทำความเย็นของระบบการระบายความร้อนด้วยอากาศและน้ำ ของท่อนำความร้อน

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพาความร้อน (heat convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ ในสสารสองสถานะดังสมการที่ 1

$$q = hA(T_p - T_f) \quad (1)$$

เมื่อ h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน heat transfer coefficient ระหว่างของไหลกับวัตถุ ($W/m^2 \cdot °C$)

A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m^2)

T_p คือ อุณหภูมิของผิววัตถุ (K)

T_f คือ อุณหภูมิของของไหลที่อยู่ห่างออกไปจากผิวหรืออุณหภูมิส่วนต้นของของไหล (K)

ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ หรือค่า Energy Effective Ratio (EER) เป็นค่าบ่งบอกอัตราส่วนของเครื่องปรับอากาศ เป็นค่าที่เป็นค่าหลักที่ใช้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กับ ค่าไฟ ดังสมการที่ 2

$$EER = Output / Input \quad (2)$$

Output คือ ค่าความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง (Btu/hr)

Input คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในการทำความเย็น (Watt)

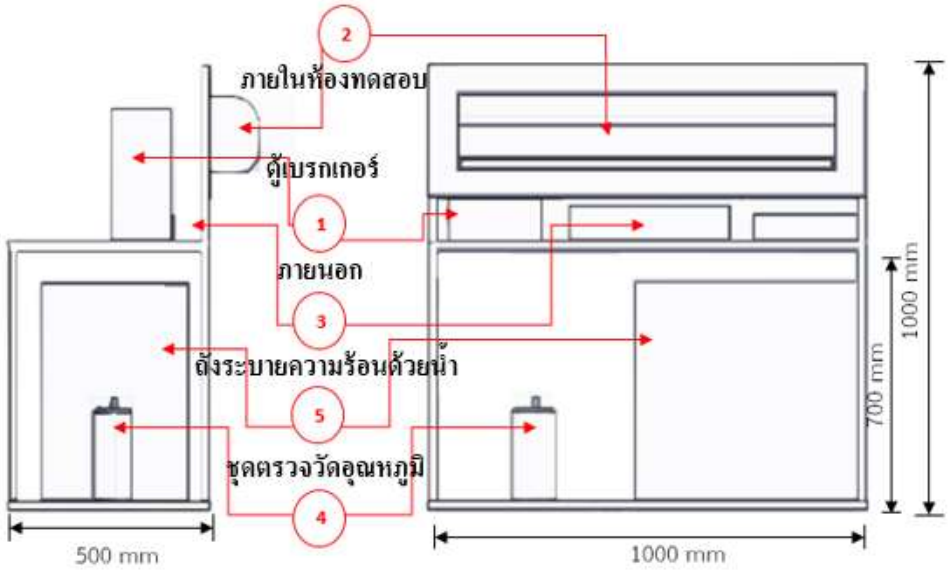
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP หรือค่า Coefficient of Performance (COP) ดังสมการที่ 3

$$COP = EER / 3.142 \quad (3)$$

โดยการตรวจวัดค่า EER และ COP ของเครื่องปรับอากาศนั้น กรณีที่ผ่านการใช้งานมาแล้วเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง ค่าความเย็นที่ให้จะลดต่ำลง ในขณะที่การใช้ไฟฟ้านั้นเพิ่มขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้งาน

4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

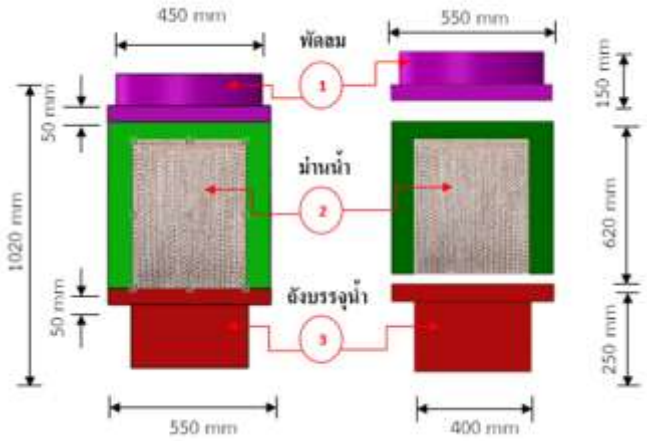
4.1 การออกแบบระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 1 แบบจำลองชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำแบบจุ่ม

จากรูปที่ 1 แสดงผลการออกแบบจำลองชุดระบายความร้อนด้วยน้ำชนิดจุ่ม สำหรับควบคุมการทำงานของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำ เลือกใช้ระบบม่านน้ำ (Evaporator) ทางเข้า 2 ทางออก 2 มอเตอร์พัดลม Welling ขนาด 220-240 โวลต์ กระแส 0.30 แอมป์ 27 วัตต์ ความเร็ว 1180 รอบต่อนาที คอมเพรสเซอร์ (GMCC) รุ่น KTN130D3OUFZ 200-240 โวลต์ ซีรีย์ R-410A/R-32 ถังระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 49.5 × 45.5 × 50 เซนติเมตร คอนเดนเซอร์ ทางเข้า 2 ทางออก 2 สำหรับชุดระบบทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำชนิดจุ่ม

4.2 การติดตั้งชุดระบายความร้อนแบบม่านน้ำ



รูปที่ 2 ชุดระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

จากรูปที่ 2 แสดงการติดตั้งชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ประกอบไปด้วย 1.) มอเตอร์พัดลม (Welling) DC 220 โวลต์ 43 วัตต์ ความเร็ว 1050 รอบต่อนาที, ใบพัดพัดลม ขนาด 16 นิ้ว, แผ่นกระดาษรังผึ้งขนาด 37 × 7.5 × 50 เซนติเมตร, ถังน้ำหลังจากถูกระบายความร้อน

4.3 การทดสอบชุดทดสอบและค่ากระแส โดยการระบายความร้อนด้วยอากาศ และการระบายความร้อนด้วยน้ำ

4.3.1 เตรียมชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำ ให้พร้อมใช้งาน

4.3.2 ติดตั้งชุดทดสอบในห้องทดสอบ

4.3.3 ทำการวัดอุณหภูมิภายในห้อง 4 จุด คือ แอร์ตก, บุคคล, หน้าต่าง, ประตู

4.3.4 บันทึกอุณหภูมิภายในห้องก่อนเริ่มการทดสอบ

4.3.5 กำหนดค่าอุณหภูมิ 30°C, 25°C, 17°C

4.3.6 บันทึกอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ ทุก ๆ 10 นาที ครบ 1 ชั่วโมง

4.3.7 ทดสอบเวลากลางวัน (11:00 น. ถึง 16:00 น.) และเวลากลางคืน (20:00 น. ถึง 01:00 น.)

4.4 วิธีการทดสอบอุณหภูมิภายในห้องทดสอบอุณหภูมิที่ 30°C, 25°C, 17°C

4.4.1 เตรียมชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ ให้พร้อมใช้งาน

4.4.2 ติดตั้งชุดทดสอบในห้องทดสอบ

4.3.3 ทำการวัดอุณหภูมิภายในห้อง 4 จุด คือ แอร์ตก, บุคคล, หน้าต่าง, ประตู

4.3.4 บันทึกอุณหภูมิภายในห้องก่อนเริ่มการทดสอบ

4.3.5 กำหนดค่าอุณหภูมิ 30°C, 25°C, 17°C

4.3.6 บันทึกค่า A (แอมป์) และ W (วัตต์) ทุก ๆ 10 นาที ถ้าเปิดเครื่องครบ 1 ชั่วโมง วัดค่าการทดสอบทุก 30 นาที และจดบันทึก A (แอมป์) และ W (วัตต์)

4.3.7 ทดสอบเวลากลางวัน (11:00 น. ถึง 16:00 น.) และเวลากลางคืน (20:00 น. ถึง 01:00 น.)

4.5 วิธีการเปรียบเทียบหาค่าประสิทธิภาพชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ

ในการวิเคราะห์ผล และเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของ COP และ ค่า EER **ของเครื่องปรับอากาศ**

5. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

5.1 ผลการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

รูปที่ 3 ชุดระบบปรับอากาศและชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบจุ่ม

จากรูปที่ 3 แสดงผลการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและชุดทดสอบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบจุ่ม ซึ่งแยกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของห้องปรับความเย็น และชุดระบายความร้อนภายนอก

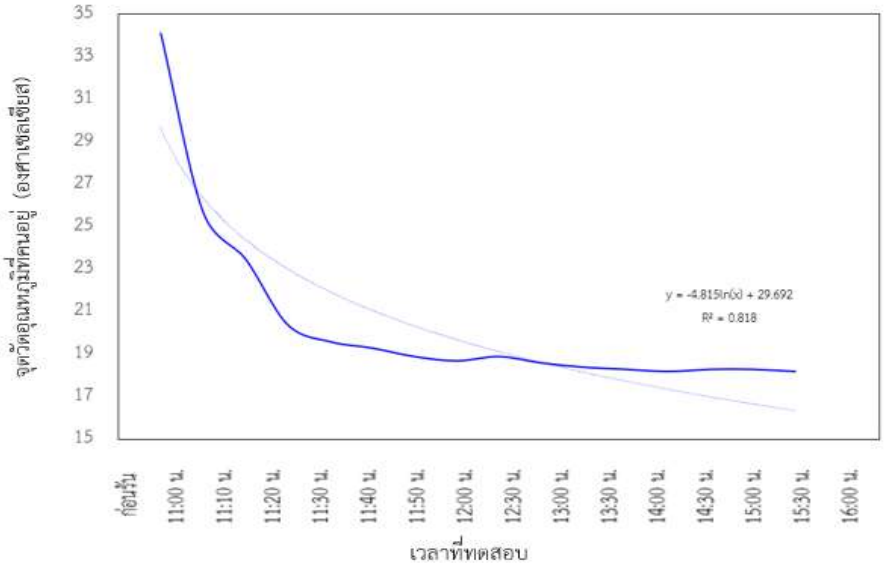
5.2 ผลการทดสอบชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ

5.2.1 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สูงสุด

กำหนดค่าอุณหภูมิ 30°C, 25°C, 17°C โดยกำหนดคอมเพรสเซอร์ที่ 900 รอบต่อนาที รอบพัดลมภายในที่ 1180 รอบต่อนาที และภายนอกที่ 950 รอบต่อนาที เวลากลางวัน และกลางคืน

5.2.2 ทดสอบการควบคุมความเร็วรอบช่วงเวลากลางวัน 11:00 น. – 16:00 น.

ผลการทดสอบชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ พบว่าที่ช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 11.00 - 16.00 น. อุณหภูมิก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิออกจากคอมเพรสเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่คนอยู่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส

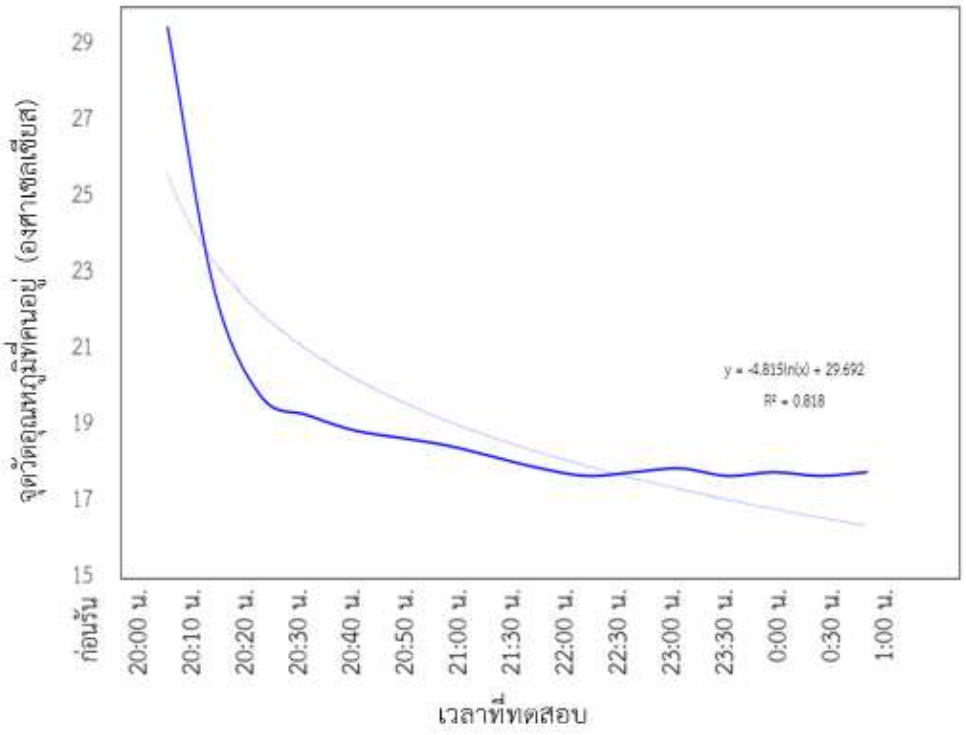


รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทดสอบกับจุดวัดอุณหภูมิที่คนอยู่ ของชุดการระบายความร้อนด้วยอากาศช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 11.00 – 16.00 น.

จากรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทดสอบกับจุดวัดอุณหภูมิที่คนอยู่ พบว่าเมื่อก่อนเริ่มการทดสอบอุณหภูมิจุดที่คนอยู่มีค่าอุณหภูมิสูง เมื่อเปิดชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศผ่านมาสักระยะหนึ่งอุณหภูมิจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งค่ารีโหมด ซึ่งอุณหภูมิที่คำนวณได้นั้นจะให้ผลสำฤทธิ์ที่แม่นยำ เนื่องจากเส้นแนวโน้มกับเส้นกราฟของการทดลองมีความสอดคล้องกัน

5.2.3 ทดสอบการควบคุมความเร็วรอบช่วงเวลากลางคืน 20:00 น. – 01:00 น.

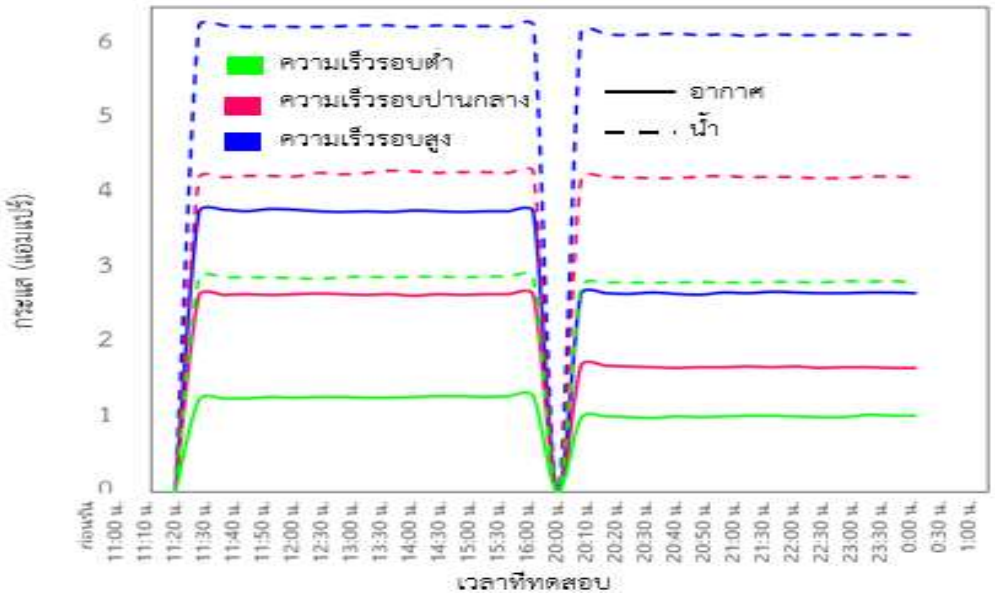
ผลการทดสอบชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ ผลการทดสอบพบว่าที่ช่วงเวลากลางคืนตั้งแต่ 20.00 - 01.00 น. อุณหภูมิก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิออกจากคอมเพรสเซอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่คนอยู่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทดสอบกับจุดวัดอุณหภูมิที่คนอยู่ ของชุดการระบายความร้อนด้วยอากาศช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 20.00 - 01.00 น.

จากรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทดสอบกับจุดวัดอุณหภูมิที่คนอยู่ พบว่าเมื่อก่อนเริ่มการทดสอบอุณหภูมิจุดที่คนอยู่มีค่าอุณหภูมิสูง เมื่อเปิดชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศผ่านมาสักระยะหนึ่งอุณหภูมิจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งค่ารีโหมด ซึ่งอุณหภูมิที่คำนวณได้นั้นจะให้ผลสำฤทธิ์ที่แม่นยำ เนื่องจากเส้นแนวโน้มกับเส้นกราฟของการทดลองมีความสอดคล้องกัน

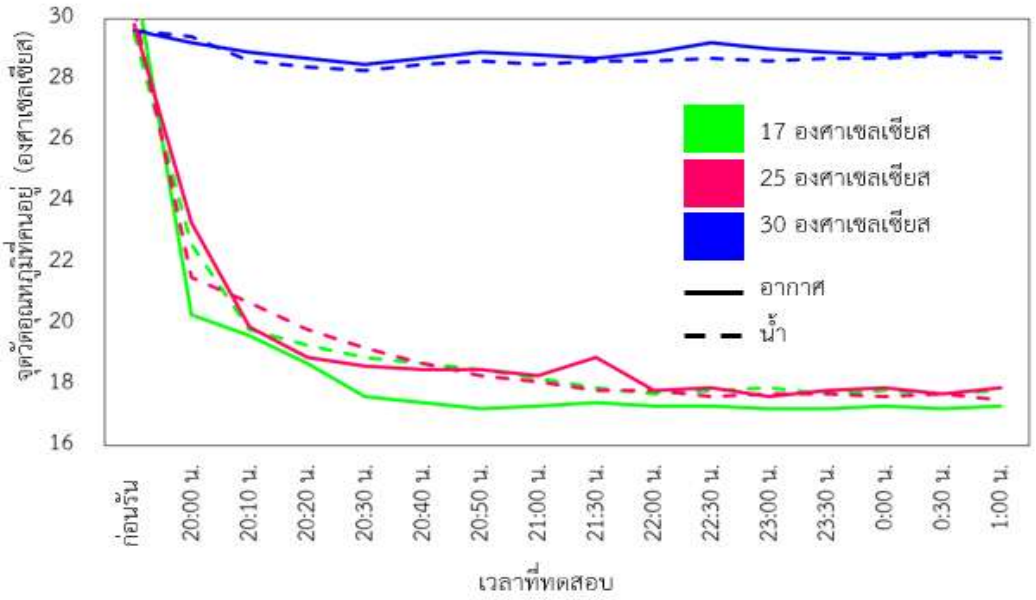
5.3 ผลการวิเคราะห์การทดสอบค่ากระแสที่เกิดขึ้นของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ และน้ำ



รูปที่ 4 ผลค่ากระแสระหว่างเวลาที่ทดสอบกับจุดวัดอุณหภูมิที่คนอยู่ ของชุดการระบายความร้อนด้วยอากาศและน้ำช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 11.00 - 16.00 น. และ 20.00 - 01.00 น. ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สูงสุด, ปานกลาง, ต่ำสุด

จากรูปที่ 4 พบว่าค่ากระแสของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำจะมีกระแสที่สูงกว่าชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ เนื่องจากเพิ่มระบบการระบายความร้อนด้วยม่านน้ำ โดยค่ากระแสจะใช้สูงกว่า 1-3 A

5.4 ผลการวิเคราะห์การทดสอบอุณหภูมิในห้องทดสอบของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ และน้ำ



รูปที่ 5 ผลการทดสอบอุณหภูมิห้องของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ

จากรูปที่ 5 พบว่าการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °C ชุดทดสอบทั้งสองชุดจะตัดการทำงานเนื่องจาก กำหนดค่าอุณหภูมิที่ 30 °C แต่อุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่า ระบบจึงตัดการทำงาน แต่ที่อุณหภูมิ 17°C และ 25°C อุณหภูมิจะใกล้เคียงกัน เพราะควบคุมรอบของ คอมเพรสเซอร์ รอบมอเตอร์ภายใน รอบมอเตอร์พัดลมภายนอก

ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบสูงสุดพบว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศจะมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำ เพราะค่ากระแสของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำสูงกว่า เนื่องจากมีปั๊มขนาด 330 วัตต์ จำนวน 2 ตัวเพิ่มเข้ามา และค่าประสิทธิภาพการระบายความร้อน (EER) ด้วยอากาศจะดีกว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำอยู่ที่ 3.77 โดยผลทดสอบที่ความเร็วรอบปานกลาง พบว่าค่าประสิทธิภาพการระบายความร้อนด้วยอากาศจะดีกว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำอยู่ที่ 2.40 และที่ความเร็วรอบต่ำสุด พบว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศจะมีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำ ค่าประสิทธิภาพการระบายความร้อนด้วยอากาศจะดีกว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำอยู่ที่ 7.17

ไรก็ตามงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดระบายท่อนำความร้อนของระบบระบายอากาศด้านน ก่อนรัน ารคำนวณหาประสิทธิภาพการระบายความร้อนของระบบการทำความเย็น โดยคำนวณการเปรียบเทียบการระบายความร้อนด้วยอากาศและน้ำ เมื่อกำหนดอุณหภูมิภายในห้องที่ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 17°C, 25°C และ 30°C ผลที่ได้คืออุณหภูมิลดลง 0.43°C/min,1.67°C/min และ 2.3°C /min ตามลำดับ และเมื่อทำการวัดค่ากระแส(A) พบว่าในระบบระบายความร้อนด้วยน้ำใช้กระแสสูงกว่าระบบระบายด้วยอากาศ ประมาณ 1.5-3.0 A

6. สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและสร้างชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศและชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ พบว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำ จะให้อุณหภูมิภายในห้องลดลงกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ ประมาณ 1°C -3°C หรือประมาณ ร้อยละ 10 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการระบายด้วยน้ำส่งผลต่อความเย็นที่ได้

ในระบบมากกว่าการระบายด้วยอากาศอากาศ อย่างไรก็ตามผลที่ได้ของอุณหภูมิในระบบส่งผลต่อกระแสของชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยน้ำสูงกว่าชุดทดสอบการระบายความร้อนด้วยอากาศ เนื่องจากเพิ่มระบบปั๊ม เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนทางความร้อนกับท่อนำความร้อน โดยค่าประสิทธิภาพของระบบการระบายตวามร้อนด้วยอากาศจะมีประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสูงกว่าค่าประสิทธิภาพของการระบายความร้อนด้วยน้ำเมื่อเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ประมาณร้อยละ 34

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน

[2] ไตรรงค์ นามวงศ์ (2557) ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศได้ทำการติดตั้งหัวฉีดฝอยละอองน้ำให้แก่คอยล์ร้อน. นนทบุรี : วิทยาลัยเทคโนโลยี ปัญญาภิวัฒน์

[3] ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ ติดตั้งแผงเซลลูโลสที่ด้านหลังของคอนเดนเซอร์. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย (2556)

[4] กฤษณะ ธรรมกานนท์ และ มนต์ศักดิ์ พิมสาร ทดลองติดตั้งท่อสารทำความเย็นที่ความยาวต่าง ๆ (7.5 , 10 , 17 และ 19 เมตร) และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[5] คาวี จินาวงศ์ และคณะ การลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ โดยการระเหยของน้ำโดยใช้ใยบวบ. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา (2551)

[6] ธีรพจน์ เวศพันธุ์ และคณะ เปลี่ยนการระบายความร้อนด้วยอากาศ มาเป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำโดยใช้เครื่องปรับอากาศที่สามารถเคลื่อนที่ได้. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย (2557)

[7] ถวิกา ผาติดำรงกุล และคณะ ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[8] Sumotayakul, S. (1990). เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ [Refrigeration and air conditioning system]. Bangkok, Thailand: Se-education

[9] Rojanapaibulya, W. (2009). นวัตกรรมเครื่องปรับอากาศแยกส่วน [Split-type air conditioning innovation]. Bangkok, Thailand: Architectural Design by Energy Research, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

SPU
SRIPATUM UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์, อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ, อวิรุทธ์ วงศ์อุดม, สุขใจ พรมประสานสุข, ปุณยวีร์ ปฐมโมษิตเสถียร

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิชาการ
ในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ ๑๔ ประจำปี ๒๕๖๒
เรื่อง ผลงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อประเทศไทย ๔.๐
วันพฤหัสบดีที่ ๑๙ ธันวาคม ๒๕๖๒

ขอให้มีความสุข และความสำเร็จตลอดไป
ให้ไว้ ณ วันพฤหัสบดีที่ ๑๙ ธันวาคม ๒๕๖๒

(ดร.รัชนีพร พุคยาภรณ์ พุกกะมาน)
อธิการบดี