

การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศโดยใช้การลดอุณหภูมิด้วยน้ำระเหย Increasing of Air Conditioner Performance by Evaporative Cooling

ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ ประสิทธิ์ คำพันธ์ อัครเดช สินธุภาค

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทร 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 *อีเมล kntawac@kmitl.ac.th

Tawatchai Nakpipat, Prasit Khumpunyim, Akradach Sindhupak

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Bangkok, Thailand 10520, Thailand, Tel: 0-2326-4197, Fax: 0-2326-4198, *E-mail: kntawac@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ: การปรับอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากที่ต้องนำมาขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เพื่อทำให้ระบบปรับอากาศทำงาน การเพิ่มสมรรถนะของการทำความเย็นสามารถทำได้หลายวิธี โดยทั้งหมดมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้ความเย็นมากที่สุดโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด การนำระบบการระเหยตัวของน้ำมาช่วยระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ระบบปรับอากาศมีสมรรถนะสูงขึ้น จากการคำนวณประกอบกับผลการทดลองและการปรับปรุงอุปกรณ์ในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถเพิ่มสมรรถนะของการทำความเย็นได้ทั้งทางด้านปริมาณการทำความเย็นและการประหยัดไฟฟ้าในรูปของ EER ที่สูงขึ้นถึง 16

Abstract: Air Conditioning is one important thing for earning human life. Large amount of electricity is used for running refrigeration cycle by compressor motor. It have many method to increase coefficient of performance, all of it is aim to obtain more cooling by less energy. One way is introduced, the evaporative cooling for remove heat from air before enter to condenser. By calculation, experiment, developing and optimum adjusting, the coefficient of performance of air conditioner can be increased more than conventional. More cooling capacity and less of electricity are obtained which shown by EER = 16.

Keywords: Air conditioner, Evaporative, High EER.

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้านับวันจะมีราคาแพงขึ้นมาก การนำเทคนิคของการเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นและช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มีการดำเนินการวิจัยอย่างต่อเนื่องโดยตลอด การนำเอาระบบการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนไหลเข้าไประบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ด้วยการระเหยตัวของน้ำ มาใช้กับระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ โดยการใส่ cooling pad และทำการเปิดน้ำอาบ cooling pad เพื่อช่วยในการระบายความร้อนของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานเบาลง เป็นการช่วยลดการ

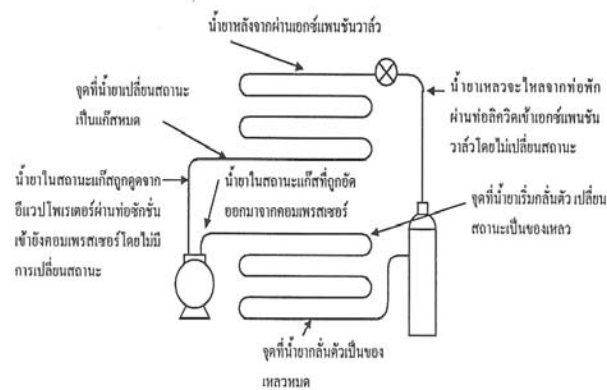
ใช้พลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์และเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็น การทดลองของโครงการนี้ได้ทำการเปรียบเทียบระบบทำความเย็นชนิดอัดไอแบบธรรมดาและแบบใส่ cooling pad แล้วเปิดน้ำ ทำการวิเคราะห์ในสภาวะความชื้นต่างๆเปรียบเทียบกันและทำการปรับแต่งเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม

2. วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อเพิ่มการระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์
- 1.1.2 เพื่อเพิ่มอัตราการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ
- 1.1.3 เพื่อการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ

3. ทฤษฎีการทำความเย็น

การทำความเย็นเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่กล่าวถึงวิธีในการลด และรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่างหรือของเหลวให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปสามารถนิยามการทำความเย็นอย่างสั้น ๆ ว่า เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายความร้อนออกจากสถานที่หนึ่ง ทำให้อุณหภูมิของสถานที่นั้นลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ซึ่งอัตราความร้อนที่ต้องเคลื่อนย้ายออกจากสถานที่นั้นๆ เพื่อลดอุณหภูมิลง หรือรักษาระดับอุณหภูมิที่ต้องการไว้จะเรียกว่าความร้อนที่คิดเป็นภาระ(Heat Load) จะเป็นผลรวมของความร้อนจากแหล่งความร้อนต่างๆ และความร้อนเหล่านี้จะมีผลในการคำนวณหาขนาดของการทำความเย็น ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอประกอบด้วย การระเหย การควบแน่น และการหมุนเวียนของสารทำความเย็นในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอเกิดขึ้นเมื่อมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ การควบแน่นจากไอเป็นของเหลวเกิดเมื่อมีความดันสูงและอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

พิจารณาบทบาทแต่ละจุดของเครื่องทำความเย็นในรอบวัฏจักร โดยเริ่มที่ทางเข้าของอีแวปโปเรเตอร์ สารทำความเย็นจะไหลผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น ซึ่งจะคอยควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะเข้าไปในอีแวปโปเรเตอร์และในเวลาเดียวกันจะเป็นตัวลดทั้งความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นด้วย เมื่อสารทำความเย็นที่มีสถานะความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำไหลเข้าไปในอีแวปโปเรเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ท่ามกลางภาระที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนจากภาระจะถ่ายเทมาสู่อีแวปโปเรเตอร์ทำให้สถานะของสารทำความเย็นเปลี่ยนไปจากของเหลวกลายเป็นไอ ที่ปลายของอีแวปโปเรเตอร์จะต่อผ่านท่อดูดไปยังด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ ไอของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าไปจะถูกอัดจนมีอุณหภูมิสูงและความดันสูงแต่ยังมีสถานะเป็นไออยู่ ไอที่ผ่านท่อส่งจะเข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อถ่ายเทความร้อนที่ได้รับมาจากอีแวปโปเรเตอร์และถ่ายเทสู่อากาศหรือน้ำที่ภายนอกอีกทอดหนึ่งจนเปลี่ยนสถานะไปเป็นของเหลว ซึ่งหมายความว่าสารทำความเย็นอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้อีกครั้งหนึ่ง

ปริมาณความร้อนที่ได้ถูกควบคุมด้วยปริมาณสารทำความเย็น ส่วนอุณหภูมิถูกควบคุมด้วยความดันของสารทำความเย็น

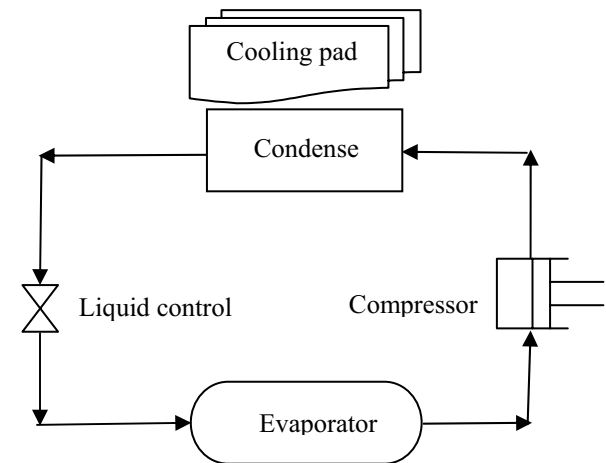
ในอีแวปโปเรเตอร์ ซึ่งทั้งปริมาณและความดันถูกควบคุมด้วยขนาดของคอมเพรสเซอร์และตัวควบคุมสารทำความเย็นเหลว

เมื่อพิจารณาวัฏจักรของเครื่องทำความเย็นแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ด้านที่มีความดันสูงและด้านที่มีความดันต่ำ

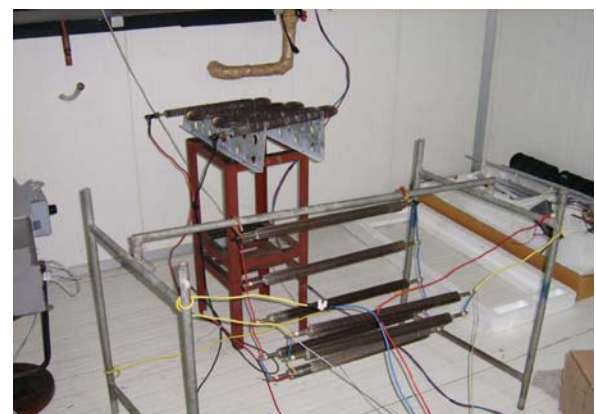
4. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 2 แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3 แสดงผังวงจรของระบบชุดทดลอง



รูปที่ 4 ชุดควบคุมความร้อนในห้องทดลอง



รูปที่ 5 electronic expansion valve

รูปที่ 2 และ 3 แสดงลักษณะการติดตั้ง Cooling pad ที่ชุดคอนเดนซิ่ง รูปที่ 4 เป็นชุดฮีตเตอร์และถังต้มน้ำร้อนเพื่อควบคุมสภาวะของห้องทดสอบให้อยู่ในสภาวะตามมาตรฐาน ISO กำหนด รูปที่ 5 เป็นชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบไมโครโพรเซสเซอร์ สามารถควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่เหมาะสม ทำให้สามารถควบคุมการเป็นไอร้อนยิ่งยวดของสารทำความเย็นที่ออกจากอีแวปโปเรเตอร์ที่ประมาณ 1-2 องศาได้

5. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 5151 และ สมอ. 1155

5.1 ระบบปกติ

- 1) เปิดเครื่องปรับอากาศโดยตั้งอุณหภูมิและความเร็วรอบมอเตอร์ให้ได้ประสิทธิภาพการทำความเย็นมากที่สุด
- 2) ปรับอุณหภูมิห้อง Indoor และ Outdoor ให้เข้าสู่สภาวะทดสอบ ดังตารางที่ 1

Condition	Indoor Room		Outdoor Room	
	Dry bulb	Wet bulb	Dry bulb	Wet bulb
Standard Cooling	27 °C	19 °C	35 °C	24 °C

ตารางที่ 1 สภาวะทดสอบมาตรฐาน ISO

- 3) ทำการควบคุมสภาวะห้อง Indoor ทำโดยปรับ Heater และ Humidifier ให้เข้าสู่สภาวะทดสอบ
- 4) ทำการควบคุมสภาวะห้อง Outdoor ทำโดยปรับ Heater และ Chiller ให้เข้าสู่สภาวะทดสอบ

5) เมื่อควบคุมสภาวะห้องได้ตามสภาวะทดสอบ ทำการปรับปริมาณสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศให้ได้ปริมาณการทำความเย็นมากที่สุด

6) กรณีอุณหภูมิห้องเปลี่ยนแปลงจากสภาวะทดสอบ ย้อนทำตามข้อ 2

7) กรณีอุณหภูมิห้องได้ตามสภาวะทดสอบแล้ว เดินเครื่องปรับอากาศต่ออีก 1 ชั่วโมง

8) หลังจากเดินเครื่องปรับอากาศครบ 1 ชั่วโมงแล้ว ทำการเก็บค่า ทุกๆ 10 นาที ต่อมาอีกเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

9) อุณหภูมิลมเข้าและลมออกที่ Cooling pad วัดโดยใช้สาย Thermo couple ตำแหน่งทางเข้า 3 ตำแหน่ง ทางออก 3 ตำแหน่ง ทั้งที่ Indoor และ Outdoor อ่านค่าอุณหภูมิ

5.2 ระบบปกติใส่ cooling pad ไม่เปิดน้ำ

ทำการทดลองเหมือนกรณีที่ 5.1

5.3 ระบบปกติใส่ cooling pad เปิดน้ำ

เปิดน้ำให้กับระบบ ทำการทดลองเหมือนกรณีที่ 5.1

5.4 ทำการทดสอบเหมือนในกรณี 5.3 แต่ใส่ cooling pad หน้าเป็น 2 ชั้น เพื่อเพิ่มอัตราการขึ้นในอากาศ

ทำการทดลองเหมือนกรณีที่ 5.1

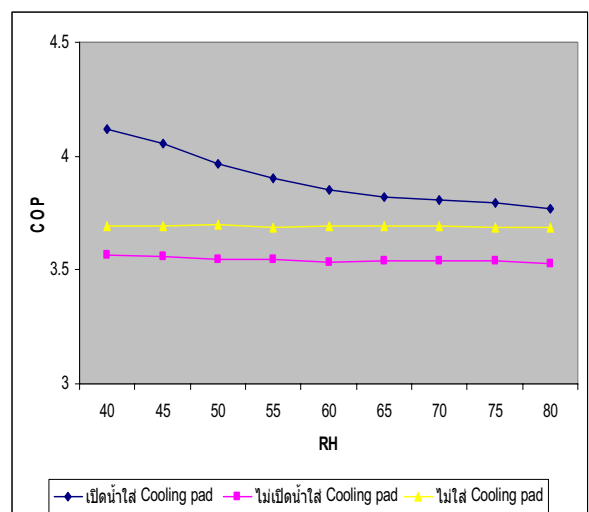
5.5 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำใส่ cooling pad

ทำการทดลองเหมือนกรณีที่ 5.1

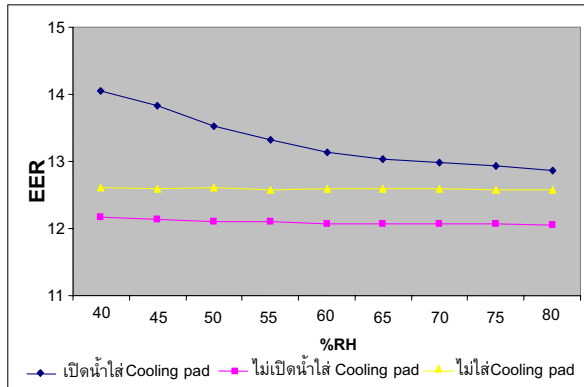
5.6 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่จ่ายให้กับระบบ cooling pad

ทำการทดลองเหมือนกรณีที่ 5.1

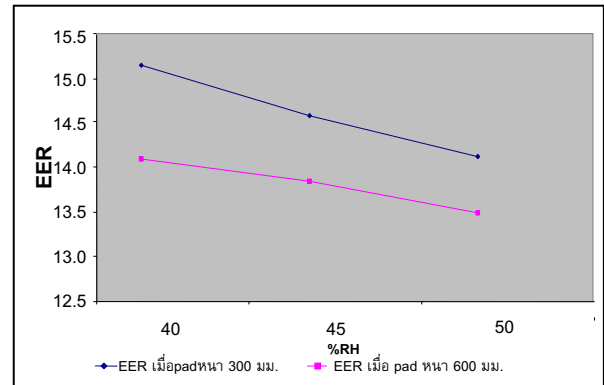
6. ผลการทดลอง



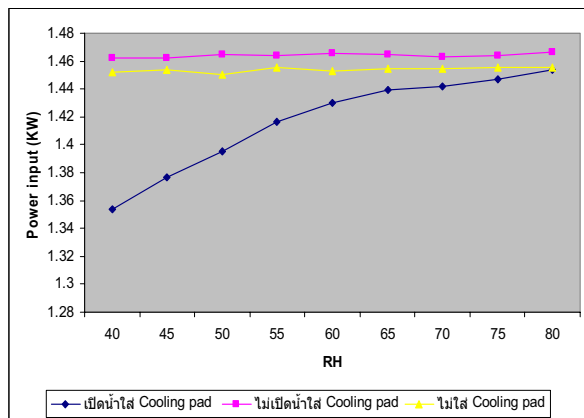
รูปที่ 6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง COP กับ RH



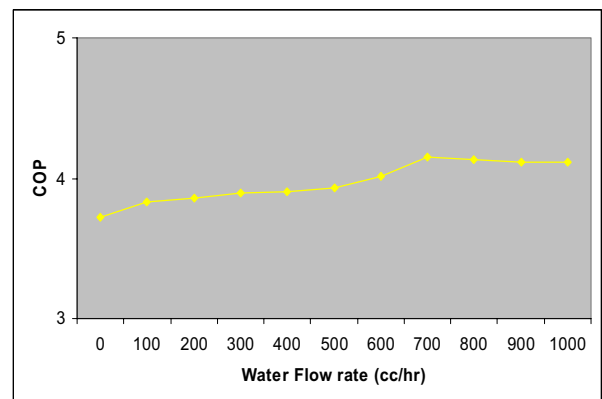
รูปที่ 7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง EER กับ RH



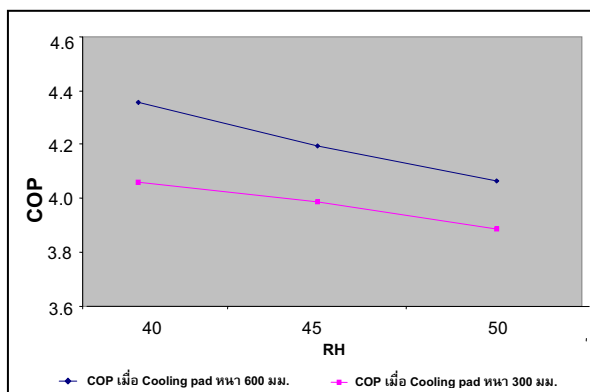
รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่า EER กรณีความหนา pad ต่างกัน



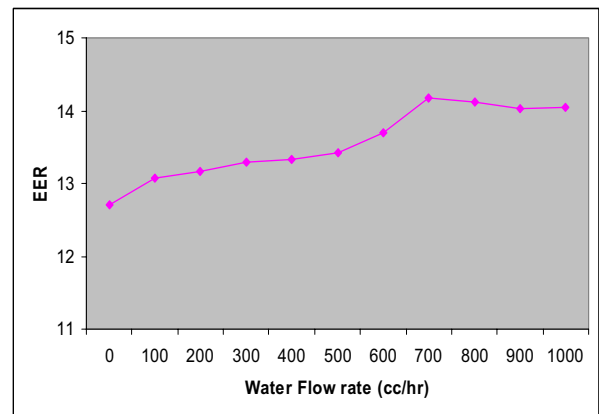
รูปที่ 8 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Power input กับ RH



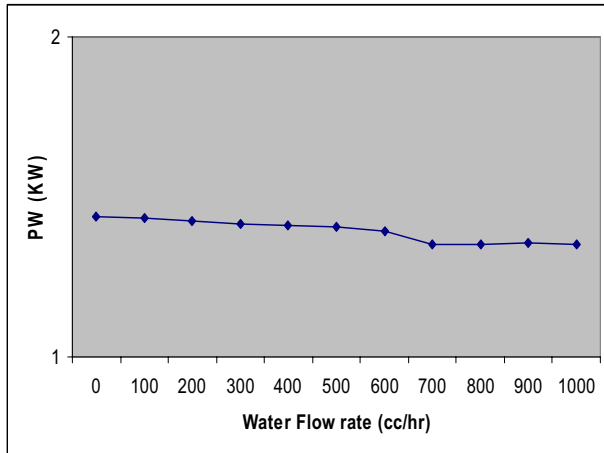
รูปที่ 11 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง COP กับ Water flow rate



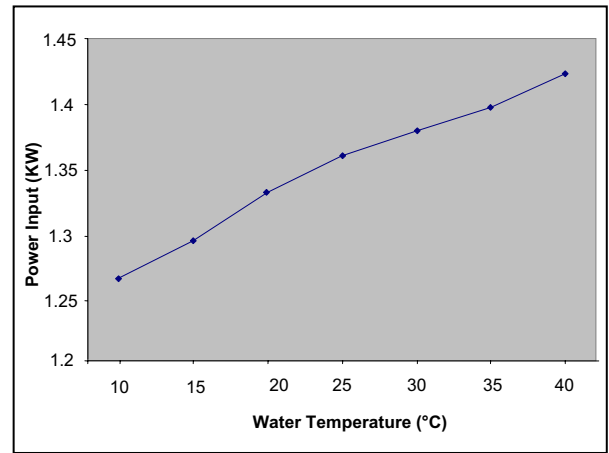
รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่า COP กรณีความหนา pad ต่างกัน



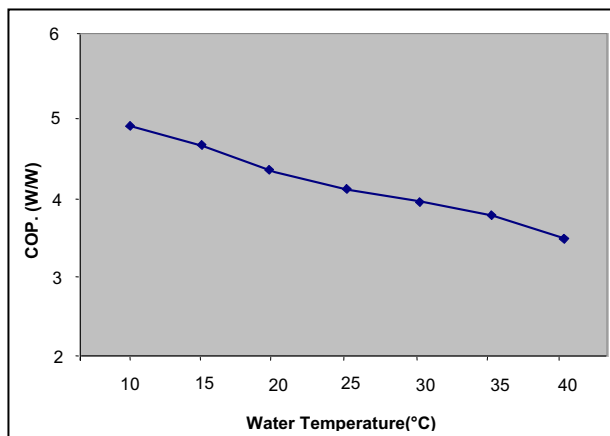
รูปที่ 12 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง EER กับ Water flow rate



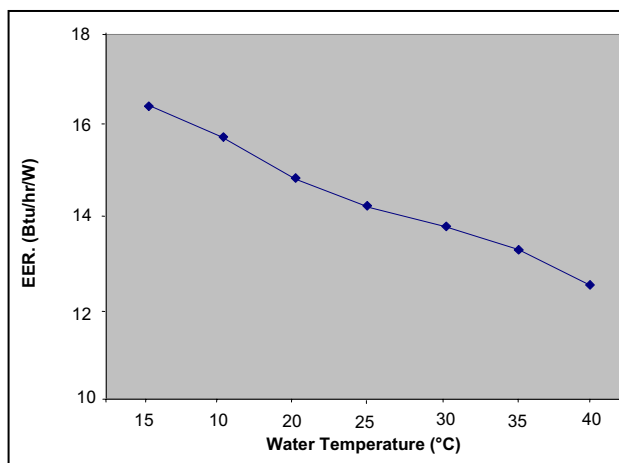
รูปที่ 13 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Power Input กับ Water flow



รูปที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ของ Power input กับอุณหภูมิน้ำที่จ่ายให้ระบบ



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ของ COP กับอุณหภูมิน้ำที่จ่ายให้ระบบ



รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ของ EER กับ อุณหภูมิน้ำที่จ่ายให้ระบบ

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบที่ใช้การลดอุณหภูมิด้วยการระเหยตัวของน้ำเข้าช่วย จะมีค่าสูงกว่าระบบการทำความเย็นอัดไอปกติ และระบบที่ใช้ cooling pad แต่ไม่เปิดน้ำตามลำดับ จากกราฟถ้าแบ่งสภาวะความชื้นเป็นช่วง จะเห็นได้ว่าที่สภาวะความชื้นต่ำ การลดอุณหภูมิด้วยการระเหยตัวของน้ำ กับ การทำความเย็นระบบอัดไอจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่สภาวะความชื้นเพิ่มมากขึ้น ส่วนระบบที่ใช้ cooling pad แต่ไม่เปิดน้ำและระบบการทำความเย็นปกติ จะมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นค่อนข้างคงที่ ไม่ขึ้นกับสภาวะของความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะแนวโน้มเช่นเดียวกันกับค่าประสิทธิภาพของการทำความเย็น คือ ระบบที่ใช้การระเหยตัวของน้ำเข้าช่วยระบายความร้อน จะมีค่าอัตราการประหยัดพลังงานสูงกว่าระบบที่ใช้ cooling pad แต่ไม่เปิดน้ำ และระบบการทำความเย็นปกติ ถ้าแบ่งสภาวะความชื้นออกเป็นช่วงๆ จะเห็นว่าระบบที่ใช้การระเหยตัวของน้ำเข้าช่วยระบายความร้อนจะประหยัดพลังงานได้สูงที่สภาวะความชื้นต่ำ แต่ที่สภาวะความชื้นสูงขึ้น อัตราการประหยัดพลังงานจะลดลง

จากรูปที่ 8 กำลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์ของระบบที่ใช้การระเหยตัวของน้ำเข้าช่วยระบายความร้อน จะมีค่าต่ำที่สภาวะความชื้นต่ำและจะสูงขึ้นเมื่อสภาวะความชื้นเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ระบบที่มีการระเหยตัวของน้ำเข้าช่วยระบายความร้อนแต่ไม่เปิดน้ำและระบบการทำความเย็นปกติ จะมีค่าคงที่เปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไป โดยที่ระบบการทำความเย็นปกติ จะใช้กำลังงานจ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์น้อยกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 9 และ 10 เมื่อทำการเพิ่มความหนาของ pad มีผลทำให้ค่า COP และ EER สูงขึ้น เนื่องจาก pad มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้น

จากรูปที่ 11,12 และ 13 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำที่จ่ายให้กับระบบการทำความเย็น กับพลังงานที่จ่ายให้กับระบบและสมรรถนะของการทำความเย็น พบว่าเมื่ออัตราการไหลลดลง สมรรถนะของการทำความเย็น และอัตราการประหยัดพลังงานจะลดลง แต่พลังงานที่จ่ายให้กับระบบจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราการไหลของน้ำลดลง ทำให้สูญเสียพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเพราะมีบริเวณบาง ส่วนของ pad ที่ไม่เปียกน้ำ อัตราการไหลที่มีความเหมาะสมมากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 700 ลิตรต่อชั่วโมง และเมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มมากขึ้น การระเหยตัวกลับลดลงทำให้สมรรถนะของการทำความเย็นลดลง

จากรูปที่ 14 และ 15 เมื่อเราทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำ จะพบว่าค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น และค่าอัตราการประหยัดพลังงานลดลง เนื่องมาจากการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ลดลง เพราะอุณหภูมิของลมที่ผ่านคอนเดนเซอร์สูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น ส่วนในรูปที่ 16 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ระบบกินกำลังมากขึ้น เนื่องมาจากการระบายความร้อนลดลงนั่นเอง

7. สรุปผลการทดลอง

1. ระบบที่ใช้ cooling pad เมื่อสภาวะความชื้นต่ำ ประสิทธิภาพการทำความเย็นจะมีค่าสูง เนื่องจากเกิดการลดอุณหภูมิจากการระเหยตัวของน้ำที่ cooling pad จะไปช่วยในการระบายความร้อนให้กับอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ทำให้กำลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์ลดลง แต่ที่สภาวะความชื้นเพิ่มมากขึ้นประสิทธิภาพการทำความเย็นและการประหยัดพลังงานจะมีค่าลดลง แต่ยังคงสูงกว่าระบบการทำความเย็นปกติ

2. ความชื้นมีผลต่อการใช้ cooling pad กับระบบการทำความเย็น โดยประสิทธิภาพการทำความเย็นและอัตราการประหยัดพลังงานจะมี ค่าสูงขึ้นที่สภาวะความชื้นต่ำ ส่วนในระบบการทำความเย็นปกติจะเปลี่ยนแปลงไม่มาก

3. เมื่อปรับให้อัตราการไหลของน้ำที่ cooling pad ลดลงจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ลดลง ทำให้ต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบมากขึ้น อัตราการประหยัดพลังงานลดลง

4. เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่จ่ายให้กับCooling pad สูงขึ้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพของการทำความเย็น และอัตราการประหยัดพลังงานลดลง เนื่องจากความสามารถลดอุณหภูมิอากาศจากการระเหยตัวของน้ำลดลง ทำให้ต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบมากขึ้น

5. การใช้ cooling pad กับระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศสามารถช่วยในการประหยัดพลังงานได้ นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศยังสามารถทำงานได้ แม้วาระบบการระเหยตัวของน้ำจะไม่ทำงานก็ตาม เนื่องจากว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใส่เพิ่มเข้าจากชุดคอมเพรสเซอร์ปกติ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Richard G. Jordan, and Gayle B. Priester, "Refrigeration and Air Conditioning" Prentice-Hall of India Private Limited, 1973
- [2] C P Arora "Refrigeration and Air Conditioning" Mc GRAW-HILL International Edition.
- [3] P N Ananthanarayanan "Basic Refrigeration and Air Conditioning" Mc GRAW-HILL International Edition.

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ชัยใจคอนกรีตอินทรีย์เนชั่นแนล จำกัด ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี