

การประยุกต์ใช้หอทำน้ำเย็นในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงาน

An Implementation of a Self-Contained Cooling Tower in Split-Type Air Conditioner for Energy Conservations

เกรียงไกร อัสวามารตบุนลือ *, นิตริฐ สีล, ปิยะชัย มั่งคั่ง, พีรदनย์ ชูช่วยสุวรรณ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
โทร 0-662-942-8555 โทรสาร 0-662-579-4576 *อีเมล fengkka@ku.ac.th

Kriengkrai Assawamartbunlue *, Nitirat S., Piyachai M., Piradon C.

Mechanical Engineering Department, Kasetsart University,

Bangkok, 10900, Thailand, Tel: 0-662-942-8555, Fax: 0-662-579-4576, *E-mail: fengkka@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศซึ่งเดิมเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศให้กลายเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยการประยุกต์ใช้หลักการของหอกลั่นน้ำเย็นในการระบายความร้อนจากน้ำหล่อเย็นให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอกเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงาน นอกจากนี้แล้วเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงและดัดแปลงเครื่องเดิม อุปกรณ์ที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่ในเครื่องยกเว้น ปั๊มน้ำ ระบบท่อและโครงซึ่งจะต้องทำการดัดแปลงให้สามารถรองรับน้ำได้ ปั๊มน้ำจะเป็นแบบธรรมดาที่มีความดันสูงไม่สูงมากเพื่อลดค่าใช้จ่าย ในการออกแบบได้คำนึงถึงความสะดวกในการติดตั้งและการใช้งานจริงอุปกรณ์จะถูกบรรจุอยู่ในโครงเดียวกันกับหอกลั่นน้ำเย็น ในการตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุงอาศัยหลักการตามข้อตกลงนานาชาติในการตรวจวัดและพิสูจน์ทราบผลประหยัดพลังงาน (IPMVP) จากการทดสอบในสภาพการใช้งานจริงพบว่า เมื่อปรับปรุงแล้วเครื่องปรับอากาศจะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลง 10.62% สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาครึ่งปี อย่างไรก็ตามพบว่าขนาดของชุดระบายความร้อนจะใหญ่ขึ้นประมาณ 3-4 เท่าของขนาดเดิมทำให้ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมากขึ้น

Abstract

In this paper, the air-cooled condenser of a split-type air-conditioner is modified to water-cooled condenser associated with cooling tower. The condensing coil, compressor, and cooling tower is combined into one unit. Most of the equipment

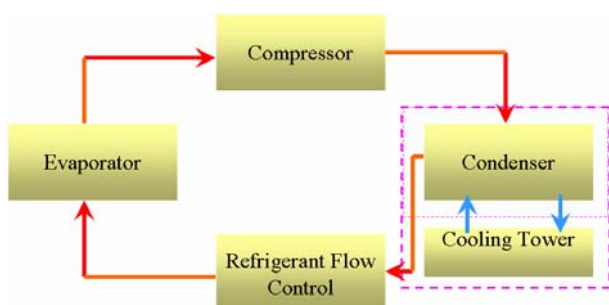
contained in the modified condensing unit is taken from the old condensing unit, i.e., fan coil, heating coil, and compressor. Additional equipment includes water pump, cooling tower fills, and container. Based on International Performance Measurement and Verification Protocol, the modified condensing unit can save 10.62% with payback period of 0.5 year. However, the size of the modified unit is 3-4 times greater than the original one.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศร้อน การใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในบ้านพักอยู่อาศัยสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอัตราการใช้พลังงานสูงมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ภายในครัวเรือน อีกทั้งชั่วโมงการทำงานก็ยาวนานกว่า การพัฒนาให้เครื่องปรับอากาศมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงโดยที่ยังคงมีความสามารถในการทำความเย็นที่เท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้นจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้ใช้และผู้ผลิตโดยตรง บทความนี้มีแนวความคิดที่จะปรับปรุงระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งเดิมเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ให้เป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยมีหอทำน้ำเย็น (Cooling Tower) เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนให้กับน้ำระบายความร้อนอีกทีหนึ่งเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ ซึ่งความคาดหวังว่าโครงการจะเป็นประโยชน์ทั้งต่อผู้ที่สนใจ ผู้ซื้อและผู้ผลิต อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่จะใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าในยุคที่พลังงานมีมูลค่าสูงขึ้นอีกด้วย

2. การปรับปรุงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 4 อุปกรณ์ด้วยกัน คือ คอมเพรสเซอร์ คอยล์ร้อน คอยล์เย็น และอุปกรณ์ลดความดัน ในการประกอบเครื่อง ชุดคอยล์ร้อนจะประกอบด้วยคอยล์ร้อนและคอมเพรสเซอร์จะวางอยู่คู่กันภายนอกห้อง โดยมีพัดลมระบายความร้อนสำหรับเป่าระบายความร้อนให้แก่คอยล์ร้อน คอยล์เย็นและอุปกรณ์ลดความดันจะวางอยู่ใกล้กันในชุดคอยล์เย็น ในการวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงชุดคอยล์ร้อนซึ่งเดิมเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศให้กลายเป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำ น้ำที่ได้รับความร้อนจากคอยล์ร้อนจะถูกส่งไปยังหอทำน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของน้ำอีกทีหนึ่งเพื่อให้ไหลเวียนกลับมายังคอยล์ได้อีก รูปที่ 1 แสดงวัฏจักรของระบบที่ได้ทำการปรับปรุงขึ้น



รูปที่ 1 วัฏจักรทำความเย็นที่ปรับปรุงแล้ว

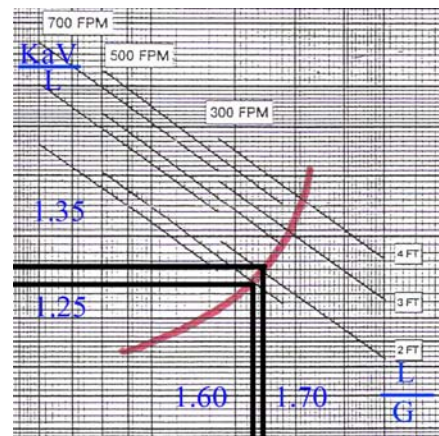
การใช้หอทำน้ำเย็นมาระบายความร้อนให้แก่น้ำ จะสามารถลดอุณหภูมิของน้ำได้ต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ ซึ่งโดยทางทฤษฎีจะสามารถลดอุณหภูมิได้ถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ เมื่อน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศมาระบายความร้อน จะทำให้ความดันด้านสูงหรืออุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นภายในคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิหรือความดันลดต่ำลง ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานลดลงด้วย

2.1 การออกแบบหอทำน้ำเย็น

ชุดหอทำน้ำเย็นและคอยล์ร้อนจะรวมกันอยู่ตู้ใบเดียวกันเพื่อลดขนาดของชุดคอยล์ร้อนให้เล็กที่สุดและลดพื้นที่ในการติดตั้ง หอทำน้ำเย็นที่ออกแบบจะเป็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง คอยล์ร้อนจะจุ่มน้ำในถาดรับน้ำทั้งคอยล์ ภายในจะกันเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งสำหรับวางคอมเพรสเซอร์ รูปที่ 2 แสดงชุดปรับปรุงคอยล์ร้อนและหอทำน้ำเย็น การหาขนาดของหอทำน้ำเย็นจะใช้วิธีที่เขบายเซฟสำหรับหาขนาดที่เหมาะสมของหอทำน้ำเย็น [3] โดยจะได้ค่าที่เหมาะสมจากการตัดของเส้นแสดงสภาวะการทำงานกับเส้นสมรรถนะของแผงขยายฟิล์มน้ำดังรูปที่ 3 สภาวะการออกแบบกำหนดไว้ที่อุณหภูมิน้ำเข้าและออกที่ 37 และ 32 องศาเซลเซียสตามลำดับ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ 28.5 องศาเซลเซียส ในการออกแบบจะยึดเอาอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในเครื่องปรับอากาศสำหรับการทดลองเป็นหลัก กล่าวคือ ใช้พัดลมคอมเพรสเซอร์และคอยล์เย็นของเดิมที่มากับเครื่องทดสอบ อุปกรณ์ที่จะจัดหาเพิ่มเติมได้แก่ปั๊มน้ำ ท่อน้ำ แผงขยายฟิล์มน้ำและโครงสร้างที่จะต้องทำให้สามารถบรรจุน้ำได้



รูปที่ 2 แสดงชุดปรับปรุงคอยล์ร้อนและหอทำน้ำเย็น



รูปที่ 3 การเลือกขนาดของแผงกระจายน้ำในหอทำน้ำเย็น

2.2 เครื่องปรับอากาศสำหรับการทดลอง

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องปรับอากาศขนาด 9,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี ติดตั้งอยู่ในห้องทำงานของอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งมีการใช้งานอยู่เป็นประจำทุกวัน ห้องมีขนาดพื้นที่ประมาณ 12 ตารางเมตร มีกระจกอยู่ทางด้านทิศตะวันออกและทิศใต้ อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังประมาณ 50% ภาวะความร้อนภายในห้องประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 6 หลอด เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด คนในห้อง 1 คน ในห้องไม่มีพัดลมระบายอากาศ มีประตูทางเข้า 1 บาน และมีลักษณะการใช้เหมือนห้องทำงานของอาจารย์ทั่วไป

2.3 ผลการออกแบบหอทำน้ำเย็น

ในการออกแบบใช้แผงขยายฟิล์มน้ำรุ่น CF-1200 ซึ่งได้รับความนิยมจากผู้ผลิต จากการคำนวณพบว่าจะต้องมีพื้นที่หน้าตัดของแผงขยายฟิล์มน้ำอยู่ที่ 0.838 ตารางเมตรที่ความสูง 0.6 เมตร ขนาดพื้นที่ช่องรับลมที่ 0.585 ตารางเมตร และความเร็วของลมที่ 2.54 เมตรต่อวินาที

3. การทดสอบระบบ

ก่อนที่จะทำการปรับปรุงระบบได้มีการเก็บข้อมูลของเครื่องปรับอากาศเดิมไว้ก่อน โดยข้อมูลที่จะเก็บประกอบไปด้วยกำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายในและภายนอกห้อง ความชื้นอากาศภายใน

และภายนอกห้องและอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อน ทำการจับเก็บ เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 วันโดยช่วงที่ทำการทดสอบอยู่ในเดือน กุมภาพันธ์ หลังจากที่เก็บข้อมูลมาพร้อมแล้วก็จะทำการถอดประกอบ ชุดคอยล์ร้อนใหม่ให้ได้ดังแสดงในรูปที่ 2 และทำการทดสอบอีกครั้ง หนึ่งโดยเก็บข้อมูลเหมือนก่อนการปรับปรุง

4. การประเมินผลประหยัด

การประเมินผลประหยัดจะยึดตามหลักวิธีของ International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) ปี 2002 [5] ซึ่งเป็นแนวทางในการประเมินผลประหยัดในโครงการอนุรักษ์ พลังงานที่เป็นที่นิยมใช้ในระดับสากล เนื่องจากสภาวะการทำงานของ เครื่องปรับอากาศก่อนและหลังการปรับปรุงจะมีความแตกต่างกันทั้ง สภาพอากาศและภาระความร้อนที่เกิดขึ้น การเปรียบเทียบพลังงานที่ ใช้จะไม่สามารถเปรียบเทียบได้โดยตรง ตามหลักของ IPMVP ขอบเขตของการพิจารณาจะครอบคลุมเฉพาะตัวเครื่องปรับอากาศ และพิจารณาว่าตัวแปรใดมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของ เครื่องปรับอากาศนี้ หลังจากนั้นจะหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ ใช้และตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานนั้นๆ ซึ่งในที่นี้กำลังไฟฟ้าที่ เครื่องปรับอากาศใช้เป็นตัวแปรต้นพลังงานที่สนใจและตัวแปรที่มี ผลกระทบกับกำลังไฟฟ้าได้แก่อุณหภูมิและความชื้นภายในและ ภายนอกห้อง

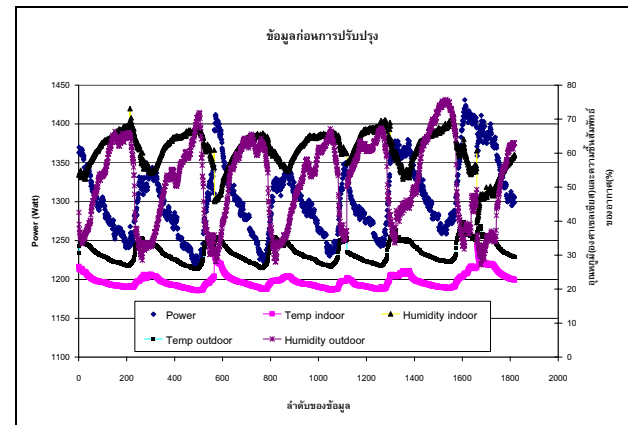
สมการความสัมพันธ์นี้จะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศถ้าไม่มีการปรับปรุง โดยอาศัยข้อมูลที่ เก็บมาได้ก่อนการปรับปรุงและเทคนิคการสร้างสมการแนวโน้ม (Regression) ตามหลักของ IPMVP จะไม่เน้นการสร้างความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรจากสมการพื้นฐานทางวิศวกรรมเนื่องจากมีความยุ่งยาก และไม่สามารถยืนยันผลสรุปได้ ถ้าหากสมการแนวโน้มสามารถที่จะ จัดทำขึ้นได้โดยมีค่า Root Mean Square Error (RMSE) มากกว่า 75% ก็เป็นที่ใช้ได้ในการคำนวณค่าพลังงานของเครื่อง สมการนี้จะ เป็นตัวแทนบ่งบอกสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุง หลังจากมีการปรับปรุงแล้วตัวแปรที่ใช้ในสมการแนวโน้มจะถูกเก็บไว้ ด้วย เมื่อเอาข้อมูลเหล่านี้ไปแทนค่าในสมการจะรู้ว่าภายใต้สภาวะที่ เกิดขึ้น ถ้าไม่มีการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศแล้วจะมีการใช้ กำลังไฟฟ้าเท่าใด แล้วนำกำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับ กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จริงซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้หลังการ ปรับปรุง ความแตกต่างของค่ากำลังไฟฟ้าสองคือผลประหยัดที่เกิดขึ้น จากการปรับปรุงนั่นเอง

5. ผลการทดลอง

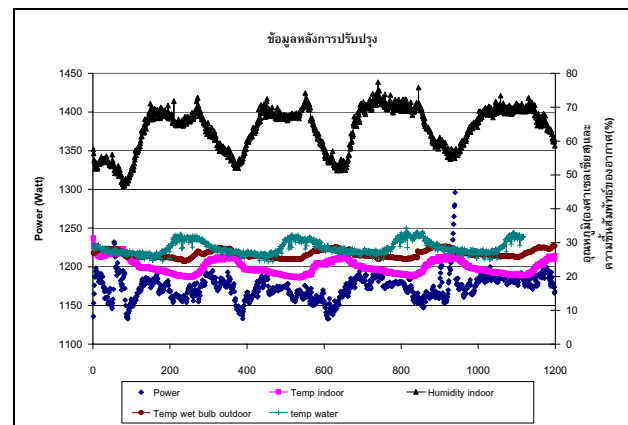
รูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดงผลการตรวจวัดการใช้กำลังไฟฟ้าและตัว แปรที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนและหลังการปรับปรุงตามลำดับ จะ เห็นได้ว่าการปรับปรุง กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้จะขึ้นลง ตามอุณหภูมิของอากาศอย่างเห็นได้ชัดเจนโดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1,225 วัตต์ สูงสุดอยู่ที่ 1,425 วัตต์ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจะไวต่อการ เปลี่ยนแปลงของอากาศมากทั้งอุณหภูมิภายนอกและภายใน ความชื้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ

อุณหภูมิภายในและภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกันกับความชื้น

ในส่วนการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศหลังการปรับปรุง จะ เห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีช่วงการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าในช่วงที่แคบ กว่า เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ เพราะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูงกว่าอากาศ อุณหภูมิของน้ำมีค่า ใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบหอทำน้ำเย็นมีประสิทธิภาพดี



รูปที่ 4 ข้อมูลการตรวจวัดก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 5 ข้อมูลการตรวจวัดหลังการปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลก่อนการปรับปรุงมาสร้างเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและสภาพอากาศจะได้สมการแนวโน้ม ดังต่อไปนี้

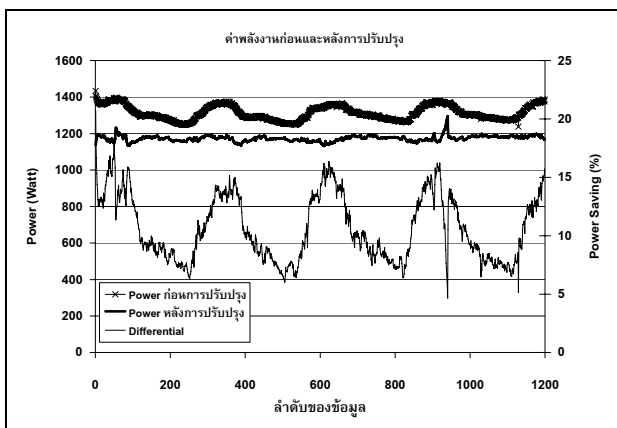
$$\text{Power} = 546.953 + 14.654T_{in} + 1.299Rh_{in} + 10.134T_{out} + 0.708Rh_{out} \quad (1)$$

โดย T_{in} และ Rh_{in} คืออุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้อง T_{out} และ Rh_{out} คืออุณหภูมิและความชื้นของอากาศนอกห้อง และมีค่า RMSE = 0.935 ซึ่งตาม IPMVP จะต้องไม่ต่ำกว่า 0.75 จึงจะเป็น ค่าที่สามารถยอมรับได้ สมการแนวโน้มที่ได้นี้จะถูกใช้ในการคำนวณ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ถ้าไม่มีการปรับปรุงชุดระบาย ความร้อน

6. สรุป

รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการปรับปรุงกับหลังการปรับปรุงแล้ว กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุงจะมีการเปลี่ยนแปลงสูงตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ แตกต่างจากกำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุงที่มีลักษณะค่อนข้างสม่ำเสมอ กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุงที่แสดงรวมกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ พัดลมและปั๊มน้ำเข้าด้วยกัน

จากผลการประเมินพบว่าหลังการปรับปรุงชุดคอยล์ร้อนจะสามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 10.62% ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอยู่ที่ 7,000 บาท ถ้าเครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 8 ชั่วโมง 365 วันต่อปี ราคาค่าไฟฟ้า 1.70 บาทต่อหน่วย จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 5 เดือน คิดรวมค่าน้ำที่จะเติมลงไปในห้องน้ำเย็นเพื่อชดเชยส่วนที่ระเหยออกไปพร้อมกับอากาศด้วย



รูปที่ 6 เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

การปรับปรุงชุดคอยล์ร้อนจากแบบระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำจะสามารถลดการใช้พลังงานซึ่งสามารถเห็นได้อย่างชัดเจน แม้ว่าจะมีการใช้อุปกรณ์หลักเดิมที่มีจากเครื่องที่ทำการปรับปรุง การปรับปรุงโดยวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างต่ำ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง กล่าวคือ อัตราการไหลของอากาศผ่านหอทำน้ำเย็นถูกจำกัดโดยขนาดของพัดลมเนื่องจากความเร็วของพัดลมไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ ทำให้ต้องใช้ขนาดของแผงกระจายน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของชุดคอยล์ร้อนใหญ่ขึ้นประมาณ 3-4 เท่าของขนาดเดิมและต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมากยิ่งขึ้น การติดตั้งจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพราะต้องมีการต่อท่อน้ำสำหรับเติมน้ำลงในหอทำน้ำเย็นเพื่อชดเชยน้ำที่ระเหยออกไปพร้อมกับอากาศซึ่งปกติจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการบำรุงรักษาหอทำน้ำเย็นและพื้นที่โดยรอบซึ่งอาจจะมีน้ำกระเด็นออกมาบ้างจากตัวหอทำน้ำเย็น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Brentwood Asia Limited และสถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อสนับสนุนการทดสอบครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] จิระพล ฉายัษฐิต, 2546. คู่มือหาวเวอร์. ระบบปรับอากาศ, ชุดที่ 1, 148-179.
- [2] มนตรี พิรุณเกษตร, 2546. คู่มือหาวเวอร์. ระบบปรับอากาศ, ชุดที่ 2, 66-100.
- [3] อนันต์ ฟองลมุล, 2549. การออกแบบหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดไหลสวนทางสำหรับงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Hill, G.B. et. al. 1990. Cooling Tower: Principle and Practice, 3rd, Butterworth-Heinemann.
- [5] IPMVP: International Performance Measurement and Verification, Volume 1, U.S. Department of Energy, 2002.