

ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ

Field Efficiency of Split-Type Air Conditioners with Evaporative-Cooled Condensers

ถวิกา ผาติดำรงกุล และ จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์

Thawika Phatidamrongkul and Jatuwat Varodompun

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathumthani, 12121, Thailand

E-mail: vjatuwat@umich.edu

บทคัดย่อ

ในประเทศไทย เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนนับเป็นระบบที่นิยมใช้ในบ้านพักอาศัย ซึ่งส่วนมากนั้นระบบดังกล่าวอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นหลัก เนื่องจากประเทศไทยมีอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างสูงตลอดปี จึงทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่เต็มที่ ดังนั้น ในการพัฒนาประสิทธิภาพ จึงได้มีการคิดค้นระบบการระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำขึ้น แม้ว่าการทดสอบภายใต้สภาวะที่มีการควบคุม จะแสดงให้เห็นว่าระบบระบายความร้อนระบบนี้มีประสิทธิภาพสูง แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาระบบปรับอากาศระบบใหม่นี้ ยังขาดการตรวจวัดภายใต้การใช้งานจริง ซึ่งมีสภาพแตกต่างจากการทดสอบในห้องทดลองโดยสิ้นเชิง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในช่วงการใช้งานเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้า ซึ่งผลดังกล่าวสามารถกำหนดช่วงเวลาเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการนำไปใช้ในอาคารประเภทบ้านพักอาศัย

ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพภายใต้การใช้งานจริงนั้นต่ำกว่าผลที่ได้จากการทดลอง เนื่องมาจากอิทธิพลของภาระการทำความเย็นเป็นหลัก เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด เมื่อมีภาระการทำความเย็นสูงในระดับหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูง หรือเกิดจากความร้อนสะสมตั้งแต่ต้นขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ ยิ่งไปกว่านั้น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกที่ต่ำจะเอื้อให้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 14.98 ในช่วงกลางวัน ส่วนในช่วงกลางคืนลดได้ร้อยละ 9.49 และร้อยละ 4.26 ในช่วง 24 ชั่วโมง จากผลดังกล่าว จึงควรที่จะนำระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำไปติดตั้งร่วมกับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนในห้องที่มีการใช้งานช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากห้องจะมีการทำความเย็นสูงตลอดทั้งวัน ในขณะที่ห้องที่ใช้งานเฉพาะเวลากลางคืน อาทิ ห้องนอน ก็เป็นส่วนที่เหมาะสมกับระบบระเหยน้ำรองลงมา เนื่องจากมีการสะสมความร้อนสะสมจากช่วงกลางวัน ในทางกลับกันการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เหมาะกับระบบระเหยน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากระบบแทบจะไม่ช่วยลดการใช้พลังงานในช่วงกลางคืน

Abstract

In Thailand, split-type air conditioners are commonly used in residential buildings. These mainly rely on air-cooled compressors for the heat rejection process. However, the constant hot-humid conditions of Thailand reduce the efficiency of air conditioning systems significantly. As a result, an indirect evaporative condenser was proposed as a solution to improve the performance of a split-type system. Though the laboratory tests are promising, this system still requires field testing as dynamic ‘real’ conditions could be significantly different to a laboratory controlled scenario.

This research aims to study the field performance of split-type air conditioners with air cooled and evaporative condensers during day time, night time and throughout a 24-hour cycle. The results from this research were the comparison of the Coefficient of Performance (COP), electricity consumption and energy expense. Based on these results, the most effective user pattern for when an evaporative condenser is applied can be determined. This can provide efficient guidelines to save energy when using evaporative condensers in residential buildings.

The research results indicate that the field performance efficiency of an evaporative condenser is lower than that of the laboratory test. The impact from the cooling load is the main cause. By operating with a sufficient cooling load, the performance of an evaporative system could be enhanced. This could happen through heat transfer in summer or heat accumulation during the early hours of turning on the air conditioner. Moreover, low outdoor relative humidity is an additional factor to boost the performance of this system. Based on these findings, an air conditioner with evaporative condensers reduces energy consumption by 14.98 percent during daytime, 9.49 percent during nighttime and 4.26 percent through a 24-hour cycle. Given these results, the evaporative condenser should be used in rooms with daytime usage, which are the best candidate for an evaporative system. The second best option would be rooms with nighttime usage such as the bedroom because of the significant accumulation of heat from the day. 24-hour usage is the least suitable application for this system because energy savings could not be expected during the night.

Keywords

เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioning)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เครื่องระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ (Evaporative Condenser)

ประสิทธิภาพการปรับอากาศ (Coefficient of Performance [COP], Energy Efficiency Ratio [EER])

การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)

1. ความเป็นมา

เนื่องจากสภาพอากาศโดยรวมในประเทศไทยมีลักษณะที่ร้อนชื้นส่วนที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายมีเพียงส่วนน้อยเมื่อเทียบกับช่วงเวลาทั้งปี และยังมีปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม จึงมีการใช้เครื่องปรับอากาศอย่างแพร่หลายในอาคารทั่วไปในที่อาคารพักอาศัย ซึ่งเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอัตราการใช้พลังงานสูงมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ภายในครัวเรือน อีกทั้งชั่วโมงการทำงานก็ยาวนานกว่า ทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วยจนเป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้กับเจ้าของอาคาร (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2009) ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ในอาคารพักอาศัย คือ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยอากาศและใช้อากาศภายนอกเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาทำความเย็น (Rojanapaibulya, 2009)

สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้นและมีอุณหภูมิอากาศภายนอกค่อนข้างสูงทำให้อุณหภูมิและแรงดันของน้ำยาทำความเย็นเพิ่มสูงตามไปด้วยจนทำให้คอนเดนเซอร์ต้องทำงานหนักขึ้น และส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ทั้งนี้ วิธีที่จะลดอัตราการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศวิธีหนึ่งก็คือ การลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนก่อนเข้าสู่บริเวณคอยล์ของคอนเดนเซอร์ โดยมีวิธีที่ได้ผลและประหยัด คือ การใช้หลักการระเหยของน้ำ หรือ Evaporative Cooling (Hajidavaloo, 2007, pp. 1937-1943) ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศในบริเวณใกล้เคียง เมื่อนำมาใช้กับส่วนคอนเดนเซอร์จะเรียกระบบนี้ว่า ระบบการระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ (Evaporative Condenser) หลักการของอุปกรณ์ลักษณะนี้สามารถพบเห็นได้ทั่วไป คือ หอระเหยน้ำเย็น (Cooling Tower) ที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้น หากมีการนำระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำมาใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่ใช้ในอาคารพักอาศัยแล้วจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศและช่วยลดอัตราการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศได้ (Sumotayakul, 1990)

งานวิจัยนี้ ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ ในช่วงเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง

เพื่อหาช่วงเวลาเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ สามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด โดยมีการตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการใช้งาน และประสิทธิภาพ รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานจริง เพื่อเป็นข้อมูลให้เกิดการปรับปรุงต่อไปหาเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถใช้งานได้ดี และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม จะเป็นการส่งเสริมและยืนยันถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบเมื่อนำมาใช้กับอาคารพักอาศัย งานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการพิสูจน์ว่าเครื่องปรับอากาศระบบใหม่นี้สามารถลดอัตราการใช้พลังงานเมื่อมีการใช้งานจริง ซึ่งในท้ายที่สุดการใช้ระบบดังกล่าวอาจเป็นแนวทางสำคัญในการลดอัตราการใช้พลังงานรวมของประเทศและนำไปสู่การเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงานที่ยั่งยืนในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบบที่ระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ ในช่วงเวลาการใช้งานกลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางสภาพอากาศ อาทิเช่น อุณหภูมิ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
3. เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการใช้งานจริงมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ
4. วิเคราะห์ช่วงเวลาเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางปรับปรุงเพื่อนำไปใช้งานจริงในอาคารพักอาศัย
5. ศึกษาและบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานเครื่องปรับอากาศทั้งสองระบบเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสำหรับการใช้งานจริง

3. ขอบเขตในการทดลอง

1. งานวิจัยนี้เป็นการทดลองการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อน

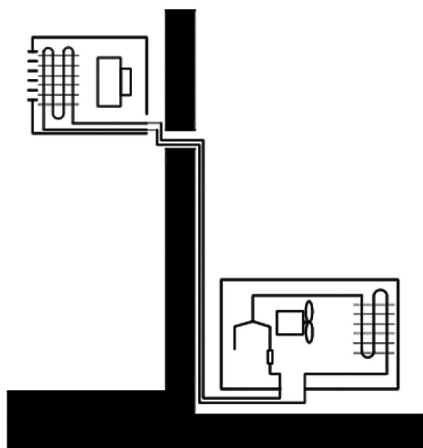
ด้วยอากาศ และระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้อาจมีความแตกต่าง หรือคลาดเคลื่อนจากการทดลองภายในห้องทดลอง

2. การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการใช้งานของเครื่องปรับอากาศทั้งสองระบบ เป็นการเปรียบเทียบการใช้งานจริงในช่วงเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง ภายในห้องทดลอง 2 ห้องที่มีขนาดพื้นที่เท่ากัน และมีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องให้เหมือนกันมากที่สุด โดยไม่มีตัวแปรในด้านผู้ใช้งานภายในห้องเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อไม่ให้ส่งผลต่อการใช้พลังงาน

3. การเก็บข้อมูลการทดลองเป็นการเก็บข้อมูลในระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 และผลการทดลองที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในปีที่ดำเนินการวิจัย

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

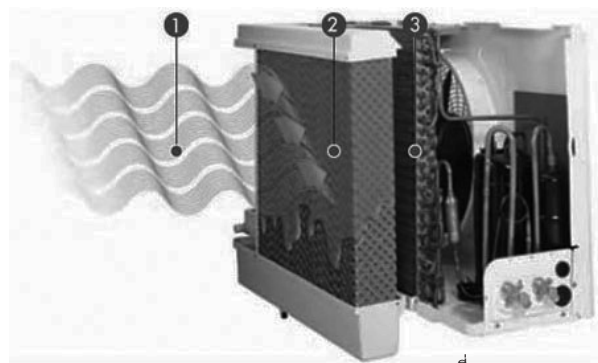
ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน และเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้ในศูนย์การค้า หรือโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชุดภายในระบบ คือ ส่วนที่เป็นตัวจ่ายลมเย็น (Fan Coil) ที่ติดตั้งภายในอาคารหรือพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ และส่วนระบายความร้อน (Condensing Unit) ที่ถูกติดตั้งภายนอกอาคาร ส่วนคอนเดนเซอร์จะใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนซึ่งจะมีพัดลมช่วยเพิ่มปริมาณลมที่ผ่านผิวของบริเวณคอนเดนเซอร์ให้มากขึ้น (Rojanapaibulya, 2009)



ที่มา: Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2009

รูปที่ 1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

สำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำจะอาศัยทั้งการระเหยของน้ำและอากาศช่วยกันในการระบายความร้อนออกจากบริเวณคอนเดนเซอร์ โดยละอองน้ำที่กระทบกับคอนเดนเซอร์บางส่วนจะระเหยตัวดูดซับความร้อนซึ่งจะช่วยให้การระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์มีประสิทธิภาพดีขึ้น ระบบทำความเย็นที่ใช้การระเหยของน้ำเข้ามาช่วยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ ระบบการทำความเย็นที่อากาศสัมผัสน้ำโดยตรง (Direct Evaporative Cooling) ซึ่งจะทำให้อากาศมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากขึ้น แต่วิธีที่นิยมสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก คือ ระบบการทำความเย็นที่อากาศผ่านตัวกลางไม่สัมผัสกับน้ำโดยตรง (Indirect Evaporative Cooling) โดยอาศัยวัสดุชุบน้ำเพื่อให้ดึงความร้อนจากอากาศได้มากขึ้น (รูปที่ 2) และไม่ทำให้อากาศที่เข้าระบบมีความชื้นมากเกินไป (Turki & Zaki, 1991, pp. 35-42)



ที่มา: Saijo-Denki

รูปที่ 2 Evaporative Condensers

สำหรับตัวแปรที่สำคัญในการปรับอากาศ คือ การควบคุมอุณหภูมิ โดยปรับและควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย ซึ่งอยู่ในระหว่าง 24-26 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งจะมีผลต่อความสบายของมนุษย์ เช่น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูง เหงื่อจะระเหยได้ยากทำให้รู้สึกไม่สบายตัว โดยปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อสภาวะน่าสบายมีค่าประมาณร้อยละ 50 R.H. (R.H. คือ Relative Humidity หรือความชื้นสัมพัทธ์) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสามารถหาได้จากการคำนวณหาค่าอัตราการจ่ายลมเย็น ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณลมเย็นตามสมการที่ 1 และสามารถนำอัตราการจ่ายลมเย็นดังกล่าวไปคำนวณหาภาระการทำความเย็นได้ตามสมการที่ 2 เมื่อสามารถคำนวณหาภาระการทำความเย็นได้แล้ว ผนวกกับการวัดความต้องการการใช้พลังงาน

จะสามารถคำนวณประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศได้ตามสมการที่ 3

$$\begin{aligned} \text{CFM} &= \text{Air Flow Rate (ft}^3/\text{min)} \\ &= \text{Supply Air Speed (ft/min)} * \text{Grill Area (ft}^2) \end{aligned} \quad [1]$$

$$Q = 4.5 * \text{CFM} * (h_2 - h_1) \quad [2]$$

เมื่อ

Q = การคำนวณภาระทำความเย็น (BTU/hr)

CFM = อัตราการจ่ายลมของระบบปรับอากาศ

h_2 และ h_1 = enthalpy ของลมจ่ายและลมกลับ ซึ่งอ่านค่าได้จาก Psychrometric Chart (รูปที่ 2)

h_2 = สภาวะอุณหภูมิและความชื้นด้านลมกลับ (Btu/lbs)

h_1 = สภาวะอุณหภูมิและความชื้นด้านลมจ่าย (Btu/lbs)

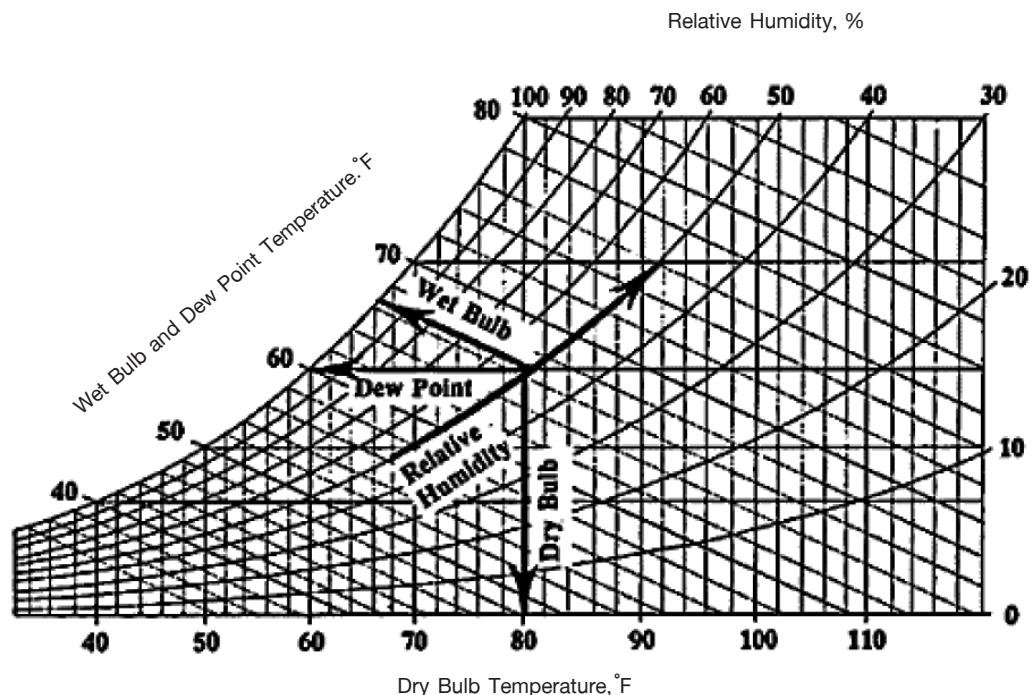
$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling load (BTU/hr)}}{\text{Electrical Power (Watt)}} \quad [3]$$

หรือ

$$\text{EER} = 3.412 * \text{COP} \quad [4]$$

ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ หรือ EER (Energy Efficiency Ratio) เป็นดัชนีที่มีความสำคัญในการเปรียบเทียบความสามารถของระบบปรับอากาศ หากเครื่องปรับอากาศมีค่า EER สูงแสดงว่าเครื่องปรับอากาศนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานได้ดี ซึ่งประเทศไทยในปัจจุบันเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง มีค่าเท่ากับ 10.6-11 (บีทียูต่อวัตต์ชั่วโมง) (Electricity Generating Authority of Thailand [EGAT], 2005)

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศ ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำนั้น ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยได้มีการทดลองภายในห้องที่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบ ซึ่งพบว่าการใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 40 และมีค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) ค่อนข้างสูงอยู่ที่ 14 ถึง 15 บีทียู ต่อวัตต์ชั่วโมง (Saijo-denki, 2008) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไปที่มีค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 11 ถึง 12 บีทียู ต่อวัตต์ชั่วโมง (มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5) แต่เมื่อมีการทดลองใช้งานจริง พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศกลับไม่ถึงที่คาดการณ์ไว้ โดยจาก



ที่มา: Chalernpipat, 2009

รูปที่ 3 Psychrometric Chart

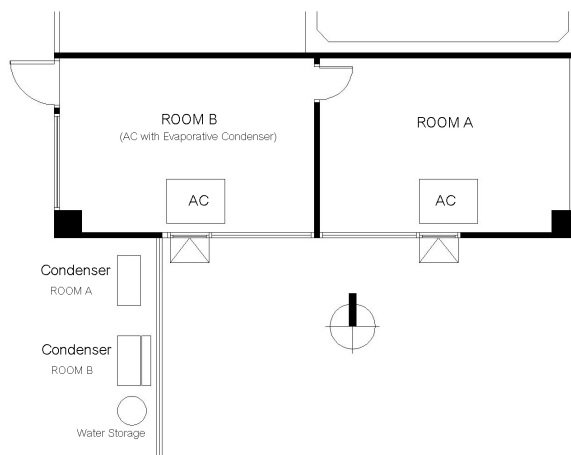
การทดลองขนาดเล็กในสหรัฐอเมริกา พบว่า สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 11.4 และเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP) ได้ร้อยละ 20 (Goswami, Mathur & Kulkarni, 1993)

จากนั้นในปี ค.ศ. 2000 ได้มีการทดลองภายในห้องทดลองที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมตาม ASHRAE Standard 116 พบว่า ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิมร้อยละ 1.8 ถึง 8.1 และมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศสูงขึ้นร้อยละ 11.1 ถึง 21.6 และค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 13.69 (Hwang, Radermacher & Koppo, 2000) สาเหตุที่ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์นั้น เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องมือ และอุปกรณ์ทดลองในขณะทำการวิจัยนั้น ไม่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าในปัจจุบัน ซึ่งในเวลาไม่กี่ปีมานี้ได้มีการวิจัยเพิ่มเติมในหลายพื้นที่ และจากผลการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศสามารถเพิ่มจากเดิม 3.80 เป็น 8.01 เนื่องจากการลดความแตกต่างของอุณหภูมิในการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ทำให้ช่วยเพิ่มการประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 58 (Hajidavaloo, 2007)

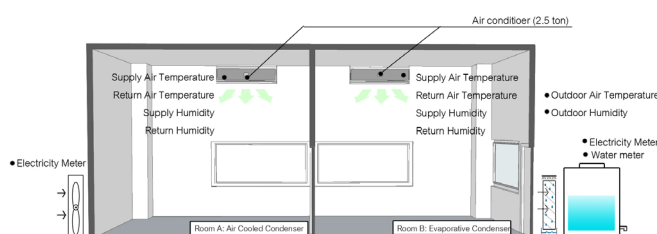
จากผลของงานวิจัยต่าง ๆ จึงควรมีการศึกษวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องปรับอากาศที่ใช้การระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานจริงทั้งในเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง รวมทั้งศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งาน เพื่อเป็นแนวทาง การปรับปรุงต่อไปในอนาคต

4. การเตรียมการทดลองและการตรวจวัด

สำหรับการทดลองเพื่อการตรวจวัดจริงได้ทดลองภายในห้องที่มีขนาดและช่องเปิดเท่ากันจำนวนสองห้อง ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 20 ตารางเมตร โดยขนาดเครื่องปรับอากาศของทั้งสองห้องมีขนาดเท่ากัน คือ 25000 บีทียูต่อชั่วโมง และกำหนดให้ห้อง A เป็นห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ส่วนห้อง B เป็นจะใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ (รูปที่ 4 และ 5)



รูปที่ 4 ห้องทดลอง A และ B

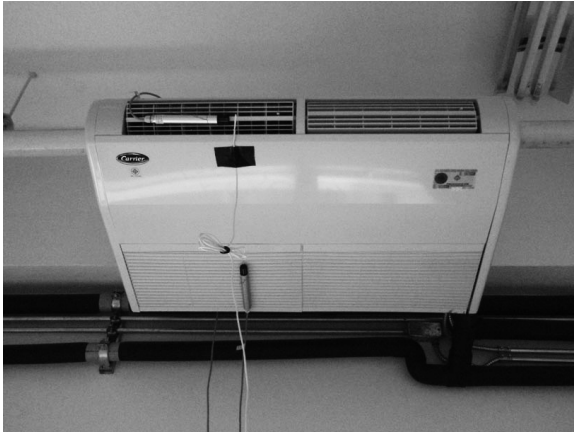


รูปที่ 5 ตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง



รูปที่ 6 บริเวณคอนเดนเซอร์ของห้องทดลอง A และ B

การติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดสำหรับภายในห้องทดลองจะมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นบริเวณลมจ่าย และบริเวณด้านลมกลับโดยมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล (Data Logger) (รูปที่ 7) สำหรับบริเวณภายนอกจะมีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า (Clip Amp) (รูปที่ 8) เพื่อวัดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องทดลองทั้งสองห้อง และวัดอุณหภูมิจากเครื่องระบายความร้อน (รูปที่ 9) รวมทั้งอุณหภูมิอากาศภายนอก



รูปที่ 7 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง



รูปที่ 8 การวัดกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 9 การวัดอุณหภูมิจากเครื่องระบายความร้อน

การตรวจวัดเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบระเหยของน้ำจะตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายและอัตราการใช้พลังงานโดยมีตัวแปรในการวัดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรในการตรวจวัด

To	อุณหภูมิอากาศภายนอก
Ti	อุณหภูมิอากาศภายในห้อง
Ts	อุณหภูมิด้านลมจ่าย
Tr	อุณหภูมิด้านลมกลับ
%RHs	ความชื้นด้านลมจ่าย
%RHR	ความชื้นด้านลมกลับ
Amp	อัตราการใช้ไฟฟ้า
Tc	อุณหภูมิจากเครื่องระบายความร้อน

สำหรับวิธีการตรวจวัดได้แบ่งออกเป็นสองช่วง ดังนี้
การทดลองช่วงที่ 1

เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลองทั้งสองห้อง เมื่อเปิดใช้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยแบ่งการวัดเป็นเวลาสองวัน ซึ่งรูปแบบการเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นไปตามตารางที่ 2

โดยจะนำค่าอุณหภูมิ และความชื้นบริเวณลมจ่ายและลมกลับมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาอัตราพลังงานที่ถูกต้องในห้องทดลอง A ของการทดลองวันที่สอง

ตารางที่ 2 รูปแบบการทดลอง

Test Day	Room A	Room B
Calibrate (Day 1)	Split type	Split type
Test (Day 2)	Split type	Split type

การทดลองช่วงที่ 2

เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลองทั้งสองห้อง เมื่อมีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยอากาศในห้องทดลอง A และระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในห้องทดลอง B โดยแบ่งการวัดเป็นเวลาสองวัน ระยะเวลาในการวัดของแต่ละเดือนจะมีช่วงเวลา ดังนี้

- 1) ช่วงกลางวัน (8:00–17:00 น.)
- 2) ช่วงกลางคืน (19:00–08:00 น.)
- 3) ช่วง 24 ชั่วโมง (19:00–19:00 น.)

สำหรับการเก็บข้อมูล จะเป็นการทดลองตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 โดยรูปแบบการเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นไปตามตารางที่ 3

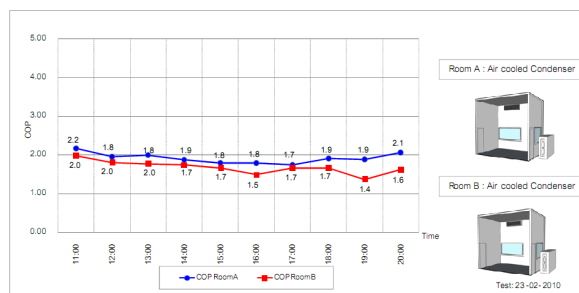
ตารางที่ 3 รูปแบบการทดลอง

Test Day	Room A	Room B
Calibrate (Day 1)	Split type	Split type
Test (Day 2)	Split type	Split type with Evaporative Condenser

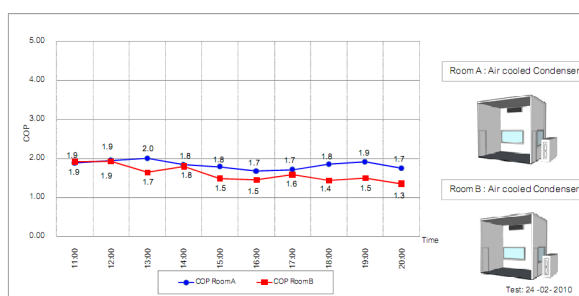
5. ผลการทดลอง

5.1 การทดลองช่วงที่ 1

ผลการทดลองในช่วงแรกเป็นการทดลองเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศระหว่างห้องทดลอง A และ B ในการทดลองทั้งสองวัน ได้ผลการทดลองดังกราฟในรูปที่ 10 และ 11 ตามลำดับ



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศในการทดลองวันที่ 1

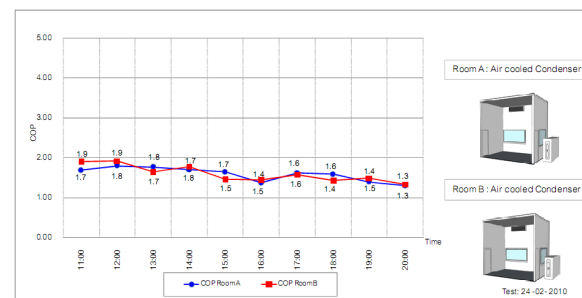


รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศในการทดลองวันที่ 2

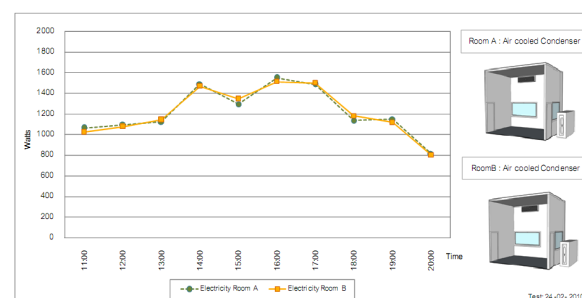
จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะระหว่างสองห้อง ในการทดลองทั้งสองวัน พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันทั้งที่เปิดเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยอากาศในทั้งสองห้อง เนื่องจากภาระการทำความเย็นของห้องทดลองขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

ในวันที่ทดลองที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการทางสถิติแล้วจะสามารถปรับค่าสมรรถนะให้มีความใกล้เคียงกันได้ (รูปที่ 12) และเมื่อนำมาคำนวณค่าพลังงานรายชั่วโมง (รูปที่ 13) ก็พบว่าพลังงานของทั้ง 2 ห้องมีค่าใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง A และ B มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถนำสมการดังกล่าวมาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ควรจะเป็นของห้องทดลอง A ได้ ซึ่งจะนำไปสู่การคำนวณหาค่าอัตราการใช้พลังงานที่ควรจะเป็นของห้องทดลอง A เพื่อจะนำมาเปรียบเทียบในการทดลอง เมื่อมีการเปิดใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในการทดลองต่อไป



รูปที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่คำนวณใหม่ในห้องทดลอง A เปรียบเทียบกับห้องทดลอง B

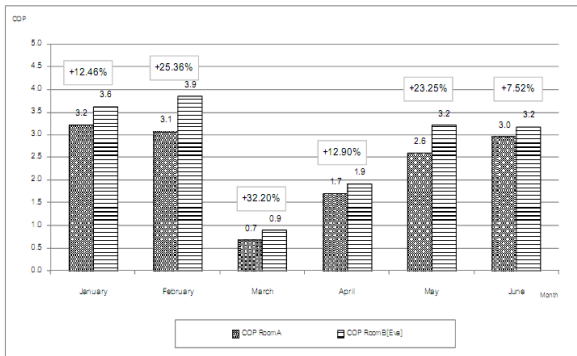


รูปที่ 13 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณใหม่ของห้องทดลอง A กับห้องทดลอง B

5.2 การทดลองช่วงที่ 2

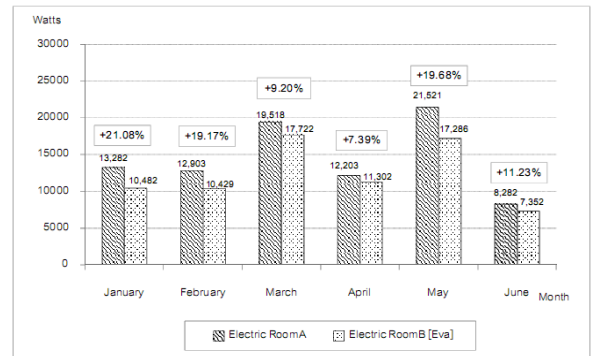
ผลการทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลองทั้งสองห้อง เมื่อมีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยอากาศในห้องทดลอง A และระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในห้องทดลอง B โดยมีผลการทดลองในช่วงเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง ของเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ดังนี้

1) ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

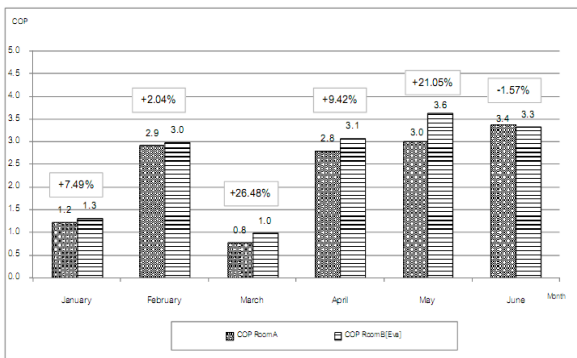


รูปที่ 14 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในช่วงกลางวันของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน

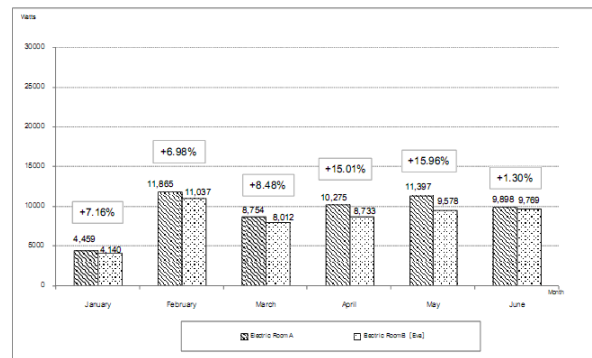
2) ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า



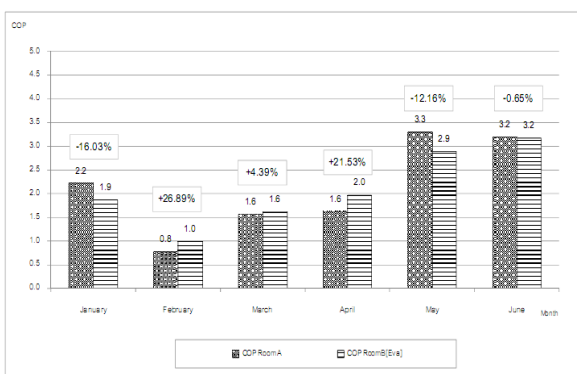
รูปที่ 17 ผลการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงกลางวันของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน



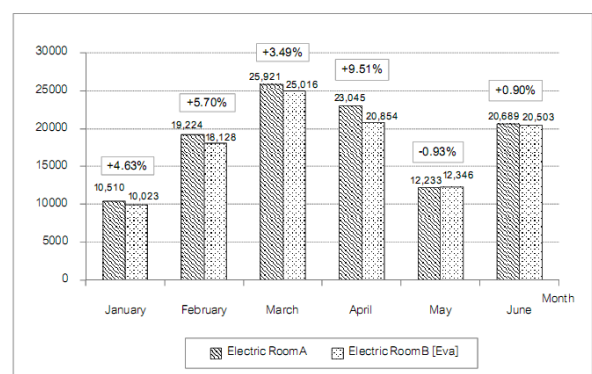
รูปที่ 15 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในช่วงคืนของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน



รูปที่ 18 ผลการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงคืนของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน

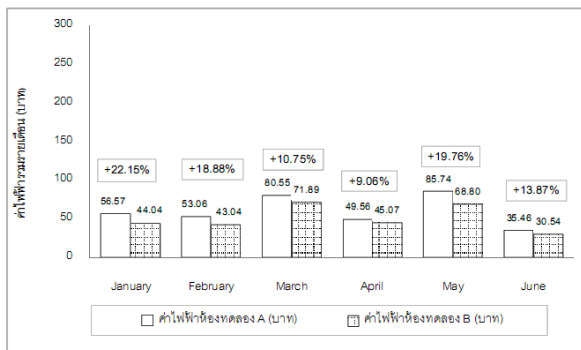


รูปที่ 16 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในช่วง 24 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน

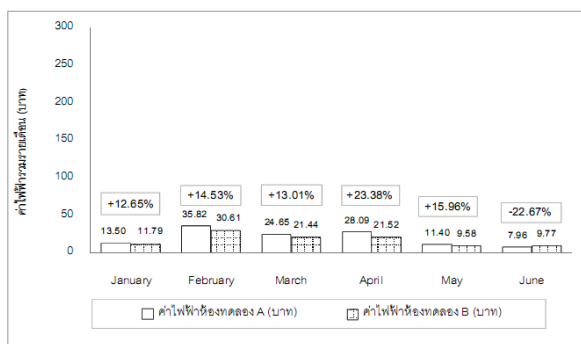


รูปที่ 19 ผลการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง 24 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน

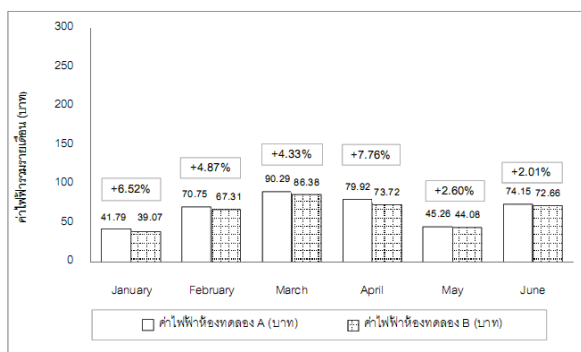
3) ผลการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้า



รูปที่ 20 ผลการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในช่วงกลางวันของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน



รูปที่ 21 ผลการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในช่วงกลางคืนของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน

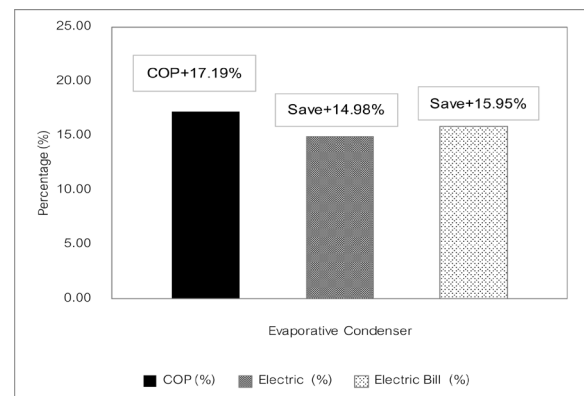


รูปที่ 22 ผลการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในช่วง 24 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศทั้ง 6 เดือน

6. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบการใช้จริงของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ ในช่วงกลางวัน กลางคืน และ 24 ชั่วโมง พบว่า การเปรียบเทียบในด้านอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าสามารถเห็นผลการใช้งานของระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำได้อย่างชัดเจนมากกว่าการเปรียบเทียบในด้านประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงที่เครื่องปรับอากาศ

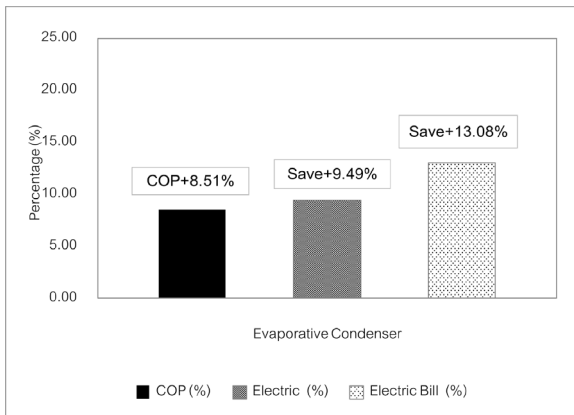
ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง เป็นช่วงที่มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในช่วงนี้ จึงทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ส่งผลให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากขึ้น เมื่อรวมค่าไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง โดยเห็นได้อย่างชัดเจนในแต่ละผลการทดลอง เช่น ในช่วงกลางวัน ซึ่งเป็นช่วงที่เครื่องปรับอากาศมีการทำความเย็นภายในห้อง เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและความร้อนสะสมที่เกิดในช่วงกลางคืน รวมทั้งปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกที่ต่ำลง จึงเอื้อให้การใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ มีอัตราการระเหยของน้ำมากกว่าช่วงอื่น ๆ ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดชั่วโมงที่ทดลองจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลต่อค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้มาก (รูปที่ 23)



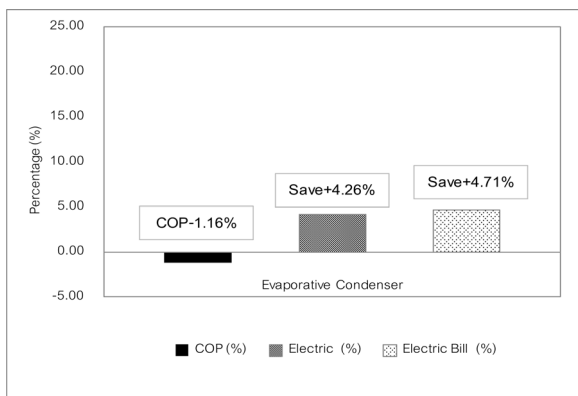
รูปที่ 23 เปรียบเทียบผลการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในช่วงกลางวัน

ส่วนการทดลองในช่วงกลางคืนนั้น ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ สามารถทำงานได้ดีในช่วง 1 ถึง 5 ชั่วโมงแรกเท่านั้น เนื่องจากมีการทำความเย็นจากความร้อนสะสมในช่วงกลางวัน ทำให้ช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่า ช่วงแรกที่ทดลองนั้น เป็นช่วงที่เครื่องปรับอากาศต้องทำงานมากขึ้น เพื่อทำความเย็นให้แก่ห้องทดลอง ทำให้มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และยังเป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (on peak) การที่ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

อากาศในช่วงนี้ จึงสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้มากกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ (รูปที่ 24) สำหรับการทดลองในช่วง 24 ชั่วโมงนั้น ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยกว่าในช่วงอื่น ๆ เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนสะสมในช่วงกลางวัน ทำให้มีการทำความเย็นแค่ในช่วงกลางวันเท่านั้น ซึ่งการลดลงของอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าก็จะมีแนวโน้มเดียวกัน (รูปที่ 25)



รูปที่ 24 เปรียบเทียบผลการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในช่วงกลางวัน



รูปที่ 25 เปรียบเทียบผลการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในช่วง 24 ชั่วโมง

7. สรุปแนวทางทางการนำไปใช้กับอาคารที่พักอาศัย

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถวิเคราะห์ถึงการนำระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำไปใช้กับอาคารประเภทที่พักอาศัยได้ว่า การใช้งานระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ ควรที่จะนำไปติดตั้งร่วมกับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนในห้องที่มีการใช้งานช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากการใช้ระบบ

ระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในเวลากลางวัน เป็นช่วงที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้มาก ส่วนการใช้งานในช่วงกลางคืน แม้จะมีประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในการทำงานต่ำกว่าช่วงเวลากลางวัน แต่ก็สามารถลดอัตราการใช้พลังงานลงได้ และช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มาก จึงเหมาะสมในการนำไปติดตั้งกับห้องที่มีการเปิดใช้ในช่วงกลางคืน เช่น ห้องนอน หรือห้องนั่งเล่น ส่วนการใช้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำตลอด 24 ชั่วโมงนั้น ช่วยลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้ระบบนี้ในช่วงอื่น ๆ เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ จึงไม่เหมาะกับการนำไปติดตั้งในห้องที่มีการใช้งานตลอดทั้งวัน

8. ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำในช่วงฤดูร้อนจนถึงช่วงที่เข้าสู่ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายนเท่านั้น จึงควรที่จะมีการวิจัยเพิ่มเติมในช่วงฝนและฤดูหนาว เพื่อนำมาเป็นข้อมูลตัดสินใจการเลือกใช้ในระยะยาว

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ และข้อมูลในด้านภูมิอากาศยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในการวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของห้องทดลองด้วย

3. ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการคำนวณค่าไฟฟ้าเฉพาะอาคารประเภทที่พักอาศัย จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม และเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในอาคารประเภทอื่น เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้กับอาคารประเภทต่าง ๆ

4. ควรศึกษาถึงขนาดของแผง Cooling Pad ที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำว่าควรมีขนาดเท่าไร จึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบนี้ได้มากที่สุด

5. สามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้ไปพัฒนาต่อยอดในด้านการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผลที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับการใช้งาน

References

- Chalermpipat, T. (2009). *การปรับอากาศ* [Air-conditioning]. Retrieved August 15, 2009, from http://www.reocities.com/auto_aircond/basic.html
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2009). *การใช้พลังงานไฟฟ้า* [Electric energy utilization]. In *Electric power in Thailand*. Bangkok, Thailand: Ministry of Energy.
- Electricity Generating Authority of Thailand. (2005). *เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5* [Air conditioner No. 5]. Retrieved December 27, 2008, from http://www2.egat.co.th/labelNo5/air_Saving.htm
- Goswami, D. Y., Mathur, G. D., & Kulkarni, S. M. (1993). Experimental investigation of performance of a residential air conditioning system with an evaporatively cooled condenser. *Journal of Solar Energy Engineering*, 115(4), 206-211.
- Hajidavaloo, E. (2007). Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner. *Applied Thermal Engineering*, 27(11-12), 1937-1943.
- Hwang, Y., Rademacher, R., & Koppo, W. (2000). An experimental evaluation of a residential-sized evaporatively cooled condenser. *International Journal of Refrigeration* 24(3), 238-249.
- Rojanapaibulya, W. (2009). *นวัตกรรมเครื่องปรับอากาศแยกส่วน* [Split-type air conditioning innovation]. Bangkok, Thailand: Architectural Design by Energy Research, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- Sumotayakul, S. (1990). *เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ* [Refrigeration and air conditioning system]. Bangkok, Thailand: Se-education.
- Turki, A. M., & Zaki, G. M. (1991). Energy saving through intermittent evaporative roof Cooling. *Energy and Building*, 17(1), 35-42.

Bibliography

- ARI. (2003). *ANSI/ARI 210/240-2003 unitary air-conditioning and air-source heat pump equipment*. Arlington, VA: ANSI.
- ASHRAE, ASHRAE Handbook. (2007). *HVAC applications*. Atlanta, Ga: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE, ASHRAE Handbook. (2005). *Fundamentals*. Atlanta, Ga: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE, ASHRAE Standard 116-1995 (RA2005). (1995). *Methods of testing for rating seasonal efficiency of unitary air conditioners and heat pumps*. Atlanta, GA: ANSI/ASHRAE.
- Bobenhausen, W. (1994). *Simplified design of HVAC Systems*. New York: Wiley & Sons.
- Stein, B., Reynolds, J., & McGuinness, W. J. (1992). *Mechanical and electrical equipment for buildings*. New York: Wiley & Sons.