การควบคุมความชื้นโดยการปรับอัตราการไหลของอากาศ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์

นินนาท ราชประดิษฐ์

Humidity Control Using Air Volume Flow Rate Adjustment for Inverter Air-Conditioner

Ninnart Rachapradit

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Pitsanulok

*Corresponding Author. E-mail address: ninart@hotmail.com

Received 30 May 2011; accepted 31 August 2011

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยใช้การปรับอัตราการไหลอากาศของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง โดยทำการทดลองในห้องทดลองที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 3.52 kW ในสองส่วนแรกได้ศึกษาผลที่กระทบต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของอัตราการไหลของอากาศและปริมาณความชื้นที่เข้าสู่ห้อง ในการทดลองจะปรับอัตราการไหลของอากาศที่เครื่องปรับอากาศ 3 ระดับคือ 6.32 m^3/min 7.72 m^3/min และ 9.13 m^3/min ส่วนการปรับปริมาณความชื้นจะใช้การเพิ่มลดจำนวนเครื่องให้ความชื้น แต่ละการทดลองจะตั้งค่าอุณหภูมิการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 25 °C อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ให้อยู่ 32 °C ผลจากการทดลองพบว่าทั้งการปรับปริมาณของอัตราการไหลของอากาศและการเพิ่มลดความชื้นที่เข้าสู่ห้อง มีผลกับความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศ ในส่วนสุดท้ายใช้การปรับอัตราการไหลของอากาศมาควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง โดยใช้รูปแบบการควบคุมแบบย้อนกลับ ในการทดลองจะตั้งค่าอุณหภูมิการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 25 °C อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ให้อยู่ 32 °C และตั้งค่าการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้องที่ 55% RH จากผลการทดลองพบว่าสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้องให้อยู่ในช่วง 55± 2% RH แสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์หากมีประยุกต์ใช้งานโดยมีการเพิ่มการควบคุมอัตราการไหลของอากาศตามความชื้นสัมพัทธ์ของห้องร่วมกับระบบอินเวอร์เตอร์ตามเดิมของผู้ผลิตจะสามารถควบคุมความชื้นของห้องได้ตามต้องการ

คำสำคัญ: การควบคุมความชื้น เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ อัตราการไหลของอากาศ

Abstract

This study controls air volume flow rate in order to control relative humidity in the inverter air-conditioned room. The experiment was conducted in a lab equipped with 3.52 kW inverter air - conditioner. The first two parts of the study investigates the impact of air volume flow rate adjustment and humidity level on the room temperature and room relative humidity. The air volume flow rate at the air-conditioner has been set at three levels; 6.32 m^3/min 7.72 m^3/min และ 9.13 m^3/min. The humidity is adjusted by increasing and decreasing the number of humidifier. Set point temperature of the air-conditioner is set at 25 °C while the inlet air temperature at condenser is set at 32 °C. The results show that both air volume flow rate level and humidity level have impacts on the room relative humidity. The last part of the study uses adjustment of air volume flow rate to control room relative humidity. Feedback control is employed in the study. Set point temperature of the air-conditioner is set at 25 °C and the inlet air temperature at condenser is set at 32 °C. The relative humidity is controlled at 55% RH. From the study, relative humidity can be controlled within 55 ± 2% RH range. The results suggest that for inverter air-conditioner, if the control of room relative humidity using air volume flow rate adjustment together with typical inverter system, room temperature and room relative humidity can be controlled at the same time

Keywords: humidity control, inverter air-conditioner, air volume flow rate

บทนำ

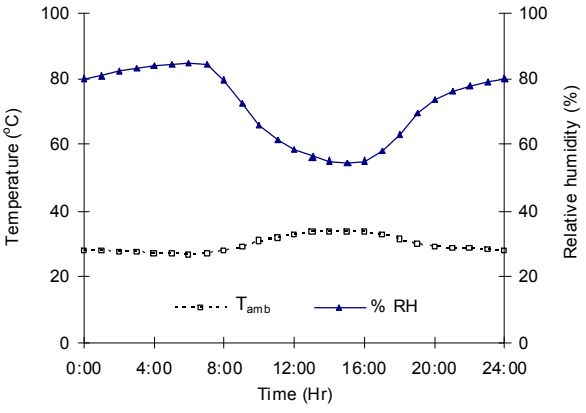
เนื่องจากสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเป็นแบบร้อนชื้น ทำให้มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศอย่างกว้างขวาง ทั้งสถานที่ทำงานและที่พักอาศัย โดยที่เครื่องปรับอากาศที่นำมาใช้งานนั้นมีหลายชนิดขึ้นกับสภาพการใช้งานสำหรับสถานที่ทำงานขนาดเล็กและที่พักอาศัย มักนิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เนื่องจากง่ายแก่การติดตั้งและมีราคาเริ่มต้นไม่สูงมากนัก จึงทำให้อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศชนิดนี้มีการแข่งขันในตลาดกันค่อนข้างมาก ส่งผลผู้ผลิตแต่ละรายทำการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศอย่างต่อเนื่อง มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเทคโนโลยีที่สำคัญที่นำมาใช้ในปัจจุบันคือ เทคโนโลยีควบคุมคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศด้วยระบบ อินเวอร์เตอร์ (Inverter Control)

การควบคุมดังกล่าวเป็นการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องคอมเพรสเซอร์อย่างต่อเนื่องตามอุณหภูมิภายในห้อง โดยที่ความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์จะถูกปรับเปลี่ยนด้วยความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องคอมเพรสเซอร์ให้เหมาะสมกับภาระในการทำความเย็นภายในห้องตลอดเวลา

ในการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์อัตราการไหลของสารทำความเย็นและกำลังงานที่ต้องการของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละความเร็วรอบจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับขนาดและสภาวะที่ระบบทำงาน การควบคุมความเร็วรอบของเครื่องคอมเพรสเซอร์ตามภาระการทำความเย็นจะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ (Qureshi, & Tassou, 1996) ทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ใช้การปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับภาระในการทำความเย็นกับระบบทำความเย็นที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์คงที่ โดยจากการทดสอบระบบที่ใช้การปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์จะประหยัดพลังงานกว่าระบบที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์คงที่ นอกจากนั้นยังมีการวิเคราะห์ทั้งจากทางทฤษฎีและทำการทดลองโดย (Yang, & Lee, 1991) ทำการวิจัยพิจารณาความสามารถในการประหยัดพลังงานและการลดความชื้นของห้องที่ปรับอากาศโดยใช้วิธีปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เทียบกับระบบที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์คงที่ ซึ่งพบว่าระบบที่มีการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์สามารถประหยัดพลังงานรายปี 20%

ในการพิจารณาระบบปรับอากาศนอกจากประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ ยังต้องคำนึงถึงความสบายเชิงความร้อน (thermal comfort) ด้วย (Djongyang, et al., 2010) ตัวแปรหลักที่มีความสำคัญคือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง โดยปกติเครื่องปรับอากาศจะทำงานโดยมีการควบคุมอุณหภูมิของห้องเป็นหลัก เพื่อให้ห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยไม่ได้คำนึงถึงค่าความชื้น ซึ่งในขณะการทำงานหากลดความชื้นมากหรือน้อยไปก็จะไม่เหมาะกับสภาพความสบายเชิงความร้อน ในขณะที่การลดความชื้นในห้องมากไปจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย โดยส่วนใหญ่ความชื้นจะมาจากการนำอากาศภายนอกเข้ามาเพื่อการระบายอากาศ (Henderson, et al., 1998; Zheng, et al., 2006) สำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทย อุณหภูมิและความชื้นจะมีการเปลี่ยนแปลงมากในแต่ละ ช่วงของวันตามรูปที่ 1 และจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยในช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิสูงค่าของความชื้นจะต่ำ แต่ในช่วงกลางคืนจะตรงข้ามกัน ดังนั้นการปรับอากาศที่ทำงานโดยการควบคุมอุณหภูมิของห้องอย่างเดียว ค่าของความชื้นจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นหากสามารถควบคุมความชื้นของห้องได้ นอกจากจะทำให้เหมาะกับสภาพความสบายเชิงความร้อนแล้วยังประหยัดพลังงานในการปรับอากาศอีกด้วย

สำหรับเครื่องปรับอากาศสมรรถนะในการลดความชื้น มักจะพิจารณาที่ค่าของอัตราส่วนค่าความร้อนสัมผัส (sensible heat ratio, SHR) ซึ่งหาค่าได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสัมผัส (sensible heat) ต่อปริมาณความร้อนรวม (total heat) ที่ถ่ายเทที่อีวาปอเรเตอร์ (evaporator) ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งความร้อนรวม (total heat) คือผลรวมของความร้อนสัมผัส (sensible heat) กับความร้อนแฝง (latent heat) เนื่องจากความร้อนแฝงเป็นความร้อนที่ถ่ายเทจากไอน้ำที่กลั่นตัว ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนแฝงมากขึ้นที่อีวาปอเรเตอร์ของเครื่องปรับอากาศ จึงหมายถึงการดึงความชื้นจากอากาศได้มากขึ้นนั่นเอง จากงานวิจัยที่ผ่านมาของผู้วิจัย (Rachapradit, et al., 2007; Rachapradit, et al., 2008) พบว่า สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ เมื่อปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้นจะค่า SHR ของเครื่องลดลง แต่ดึงความชื้นจากอากาศได้มากขึ้น นอกจากนั้นเนื่องจากในเครื่องปรับอากาศสามารถปรับอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านอีวาปอเรเตอร์ จากการทดสอบพบว่าสามารถเพิ่มค่าของ SHR โดยการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ แต่จะลดความสามารถในการดึงความชื้นจากอากาศ ดังนั้น หากนำหลักการดังกล่าวมาช่วยควบคุมความชื้นของห้องโดยการปรับอัตราการไหลของอากาศร่วมกับการการควบคุมอุณหภูมิโดยการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศ นอกจากจะควบคุมความชื้นของห้องได้ ซึ่งจะทำให้เหมาะกับสภาพความสบายเชิงความร้อนของภูมิอากาศในประเทศไทยซึ่งอยู่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงประมาณ 24-26 °C และ 50-60 %RH (Yamtraipat, et al., 2006) แล้วยังประหยัดพลังงานในการปรับอากาศอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะทำการศึกษาการควบคุมความชื้นของห้องด้วยการปรับอัตราการไหลของอากาศร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิโดยการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์

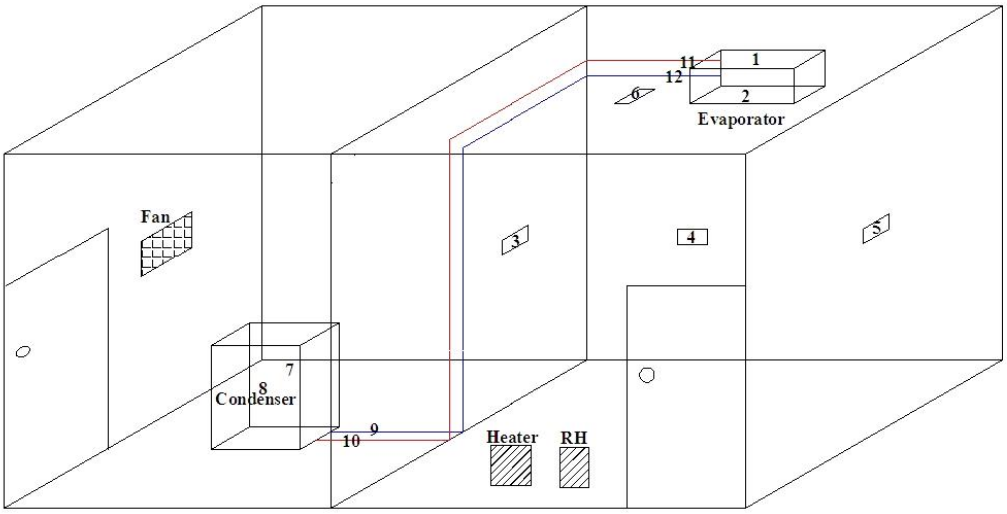


รูปที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทย (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาปี 2550)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. ห้องทดลอง

ห้องทดลองทำการสร้างอยู่ภายในห้องขนาด 10x20 x3.5 m^3 ที่มีการปรับอากาศด้วยระบบชิลเลอร์ ส่วนห้องทดลองจะใช้เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ขนาดขนาด 3.52 kW โดยห้องทดลองที่สร้างขึ้นนี้จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยเป็นส่วนของห้องส่วนทำความเย็นและห้องของเครื่องระบายความร้อน ตามรูปที่ 2 แต่ละห้องมีขนาด 2x 3x2.25 m^3 ผนังภายในกรุด้วยฉนวนกันความร้อน อุปกรณ์ประกอบสำหรับห้องส่วนทำความเย็น จะมีเครื่องให้ความร้อน (Heater) แบบครีบ ขนาด 2.5 kW เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มความร้อนให้กับห้องส่วนทำความเย็น มีเซนเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิภายในห้อง เครื่องให้ความร้อนจะทำงานแบบอัตโนมัติโดยสามารถตั้งอุณหภูมิห้องได้ เมื่ออุณหภูมิห้องที่วัดได้ สูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้เครื่องให้ความร้อนจะหยุดทำงานและถ้าอุณหภูมิที่วัดได้ภายในห้องต่ำกว่าที่ตั้งไว้ เครื่องให้ความร้อนก็จะทำงานและการให้ความชื้นแก่ห้อง จะมีเครื่องให้ความชื้นที่เป็นตัวกำเนิดไอน้ำด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิคส์อยู่ในน้ำทำหน้าที่แตกอิออนของน้ำทำให้น้ำแตกตัวเป็นไอน้ำ นอกจากนั้นยังมีพัดลมระบายความร้อนแบบแบบใบแฉก มีบานปรับปริมาณลมช่วยในการควบคุมอุณหภูมิห้องตามที่กำหนดไว้ ถ้าอุณหภูมิในห้องสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้พัดลมก็จะทำงาน แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้พัดลมจะหยุดทำงาน สำหรับอุปกรณ์ประกอบสำหรับห้องเครื่องระบายความร้อน จะใช้พัดลมระบายความร้อนแบบกรงกระรอก ขนาด 0.23 m^3/s มีอุปกรณ์ปรับปริมาณลม (damper) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนให้กับห้องเครื่องระบายความร้อน โดยจะนำความเย็นเข้ามาภายในห้อง ซึ่งสามารถทำงานอัตโนมัติภายใต้อุณหภูมิห้องเครื่องระบายความร้อนที่กำหนดไว้ ถ้าอุณหภูมิในห้องสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ พัดลมจะทำงาน แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้พัดลมจะหยุดทำงาน



รูปที่ 2 ห้องทดลอง อุปกรณ์ประกอบ และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด

2. อุปกรณ์และตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูล

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

- เครื่องมือวัด และ บันทึกอุณหภูมิ (Data logger) ใช้ในการวัดและบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการโดยใช้ Thermocouple Type K มีค่าความแม่นยำ ±0.1 ^oC
- Hot wire anemometer ใช้วัดอัตราเร็วของอากาศที่ทางออกของอีวาปอเรเตอร์ และ คอนเดนเซอร์ มีค่าความแม่นยำ 1%
- เครื่องมือวัดความชื้นมีค่าความแม่นยำ ± 1 %RH ใช้วัดความชื้นของอากาศตามตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการ
- Bourdon Tube Pressure Gage สำหรับวัดค่าความดันที่จุดต่างๆ โดยมีค่ามีค่าความแม่นยำ ± 0.2 % ของค่าสูงสุดที่สามารถวัดได้

ในแต่ละการทดลอง จะทำการวัดและบันทึกค่าต่างๆ ตามตำแหน่งจากรูป 2 คือ

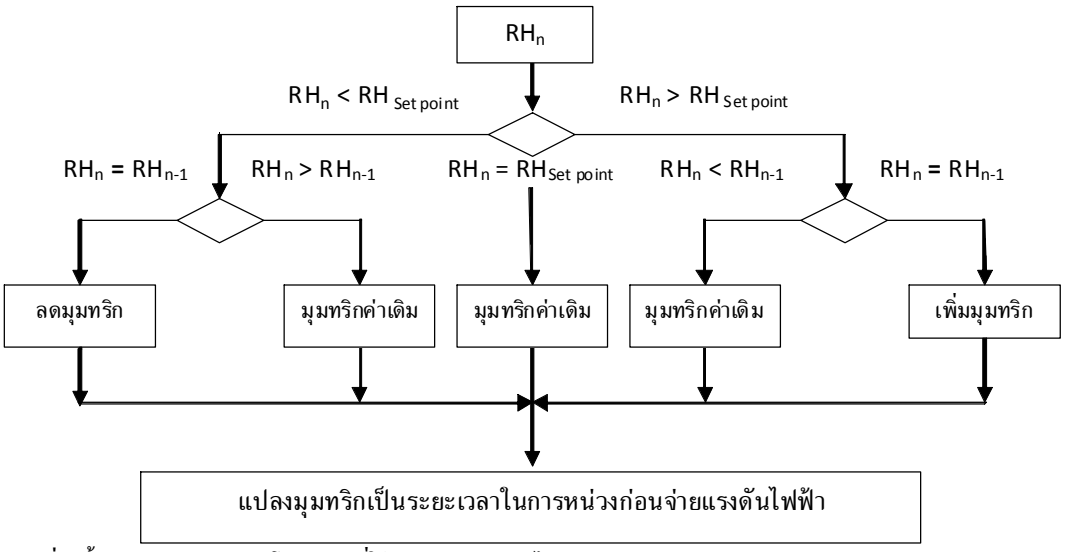
ตำแหน่งที่ 1 วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ทางเข้าอีวาปอเรเตอร์
ตำแหน่งที่ 2 วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมที่ทางออกอีวาปอเรเตอร์
ตำแหน่งที่ 3, 4, 5 และ 6 วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดลอง
ตำแหน่งที่ 7 วัดอุณหภูมิที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์
ตำแหน่งที่ 8 วัดอุณหภูมิที่ทางออกคอนเดนเซอร์
ตำแหน่งที่ 9, 10, 11 และ12 วัดความดันของสารทำความเย็น

3. ชุดเครื่องควบคุมอัตราการไหลของอากาศผ่านอีวาปอเรเตอร์ตามค่าความชื้นสัมพัทธ์

ชุดเครื่องควบคุมอัตราการไหลของอากาศผ่านอีวาปอเรเตอร์ตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 bit ยี่ห้อ Philip รุ่น MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขนาดหน่วยความจำ 64 kB หน่วยความ

จำข้อมูลแรมภายใน มีขนาด 1kB ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 40 MHz ใช้หน้าจอ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอกจากหม้อแปลงไฟ 12 V 500 mA ในการทำงานจะใช้การเขียนโปรแกรมภาษา C โดยจะทำการอ่านค่าข้อมูลดิบของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากหัววัดความชื้นและอุณหภูมิ SHT 15 ที่ความละเอียด 14 และ 12 bit ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้ใช้ระบบควบคุมแบบย้อนกลับ (feedback control) ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่มีหลักการคือวัดค่าตัวแปรที่เราต้องการจะควบคุม ซึ่งคือค่าความชื้นสัมพัทธ์ แล้วนำค่าย้อนกลับเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ปรับตั้ง (set point value) ที่ต้องการและพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์จากข้อมูลที่อ่านได้ครั้งที่ผ่านมาด้วย หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมในอีวาปอเรเตอร์ด้วยการปรับองศาจุดชนวน (Trigger angle) หรือมุมทริก ซึ่งหมายถึงองศาทางไฟฟ้าในการเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์พัดลมในอีวาปอเรเตอร์ การปรับค่ามุมทริกคือการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลาในการหน่วงก่อนจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เพื่อปรับเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของมอเตอร์ ซึ่งมีผลทำให้ควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามต้องการ โดยรูปแบบการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมแสดงตามรูปที่ 3 โดยมีลำดับของระบบควบคุมดังนี้

- รับสัญญาณค่าความชื้นสัมพัทธ์ (RH_n)
- พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการ ($RH_{setpoint}$)
- เปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้ครั้งที่ผ่านมา (RH_{n-1})
- พิจารณาปรับมุมทริกเพื่อปรับอัตราการไหลของอากาศ

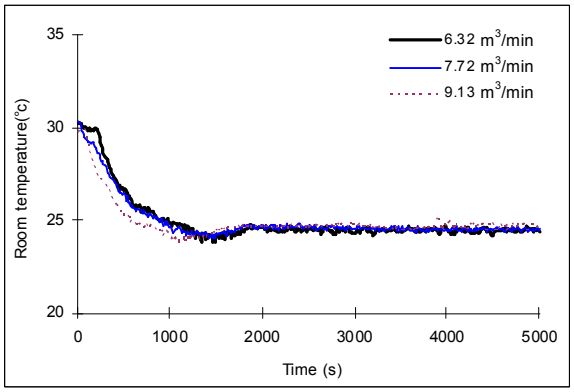


รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ

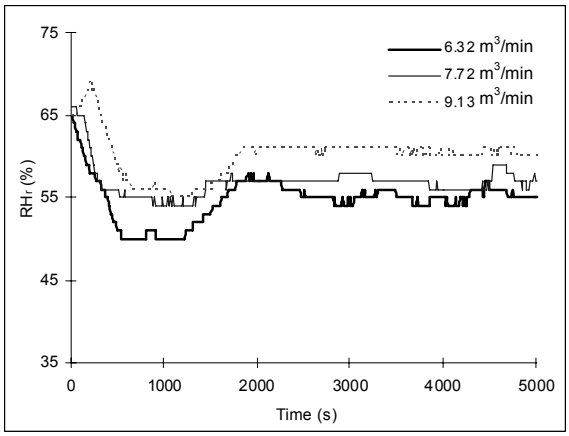
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

1. ผลของการปรับอัตราการไหลอากาศต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมผัสของห้อง

ในการพิจารณาผลของการปรับอัตราการไหลอากาศที่มีต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมผัสของห้อง จะทำการทดลองโดยเปิดเครื่องปรับอากาศโดยใช้การปรับอัตราการไหลของอากาศที่เครื่องปรับอากาศ 3 ระดับคือ 6.32 m^3/min 7.72 m^3/min และ 9.13 m^3/min ในแต่ละการทดลองเปิดเครื่องให้ความร้อน 2.5 kW และ เครื่องให้ความชื้น 1 เครื่องตลอดการทดลอง ตั้งค่าอุณหภูมิการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 25 °C อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ให้อยู่ 32 °C โดยผลการทดลองแสดงตามรูปที่ 4 จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จะสามารถรักษาอุณหภูมิห้องได้ตามต้องการไม่ว่าจะมีการปรับระดับของอัตราการไหลของอากาศที่ระดับใด และในรูปที่ 5 แสดงระดับของความชื้นสัมพัทธ์ของห้องซึ่งแม้ว่ามีการให้ความชื้นเข้าสู่ห้องปรับอากาศเท่ากัน หากใช้อัตราการไหลของอากาศที่ระดับสูงจะส่งผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องมีค่าสูงกว่าการใช้อัตราการไหลของอากาศที่ระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ จะลดความสามารถในการดึงความชื้นจากอากาศของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 4 อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศเมื่อมีการปรับอากาศและปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศต่างกัน 3 ระดับ โดยให้ภาระความร้อนและความชื้นเท่า ๆ กัน

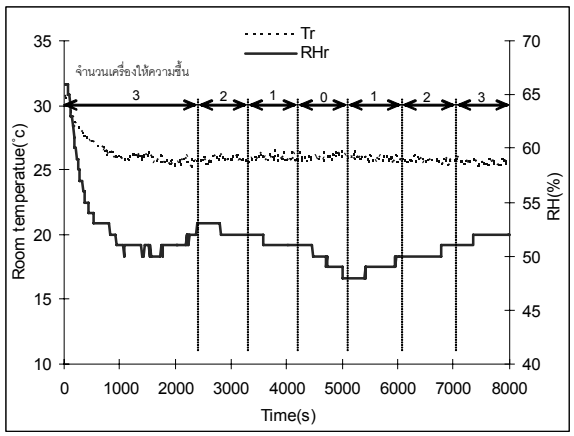


รูปที่ 5 ความชื้นสัมผัสภายในห้องปรับอากาศเมื่อมีการปรับอากาศและปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศต่างกัน 3 ระดับ โดยให้ภาระความร้อนและความชื้นเท่า ๆ กัน

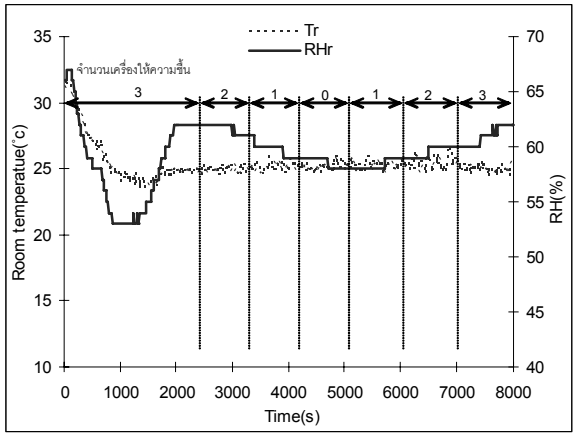
2. ผลจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ

ในการศึกษาผลจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ โดยไม่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง ซึ่งแต่ละการทดลองจะตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 25 ^{o}C อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ 32 ^{o}C ในแต่ละการทดลองจะทำการเปิดเครื่องให้ความชื้นเข้าห้องทดลองเริ่มต้นที่ 3 เครื่อง จากนั้นจะทำการลดเป็น 2 เครื่อง 1 เครื่อง และไม่เปิดเครื่องให้ความชื้น จากนั้นจะทำการเพิ่มเป็น 1 เครื่อง 2 เครื่อง และ 3 เครื่อง ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาในแต่ละช่วงประมาณ 15 นาที และจะทำการปรับเช่นนี้ในทุก ๆ รูปแบบของการทดลอง

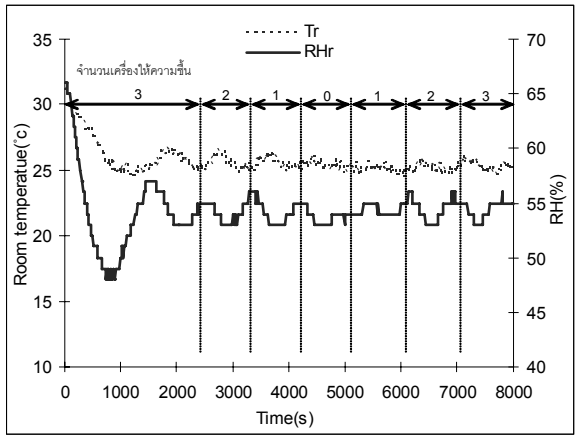
รูปที่ 6 และ 7 แสดงผลจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศและใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 6.32 m^3/min และ 9.13 m^3/min ตามลำดับ จากรูปจะเห็นว่าสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศอุณหภูมิของห้องจะค่อยลดลงจนเข้าสู่อุณหภูมิที่ได้ตั้งค่าไว้และจะรักษาอุณหภูมิของห้องให้คงที่ แม้ว่าความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดลง ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องจะมีค่าตามปริมาณความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง และผลจากการตั้งอัตราการไหลของอากาศที่ต่ำกว่าจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศมีค่าต่ำ โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องในรูปที่ 6 จะมีค่าต่ำกว่าในรูปที่ 7 ทั้งนี้เนื่องจากการลดอัตราการไหลของอากาศ จะเพิ่มความสามารถในการดึงความชื้นจากอากาศ จากผลการทดลอง สามารถนำหลักการดังกล่าวนี้ไปใช้เพื่อเป็นเทคนิคในการเลือกค่าอัตราการไหลสำหรับการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์โดยปกติทั่วไป โดยควรลดอัตราการไหลของอากาศในช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศมีค่าสูง เช่น ในช่วงเวลากลางคืน เป็นต้น



รูปที่ 6 อุณหภูมิและความชื้นสัมผัสภายในห้องปรับอากาศเมื่อมีการปรับอากาศ และปรับเปลี่ยนอัตราการให้ความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ เมื่อใช้อัตราการไหลของเครื่องปรับอากาศที่ 6.32 m^3/min



รูปที่ 7 อุณหภูมิและความชื้นสัมผัสภายในห้องปรับอากาศเมื่อมีการปรับอากาศ และปรับเปลี่ยนอัตราการให้ความชื้นที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ เมื่อใช้อัตราการไหลของเครื่องปรับอากาศที่ 9.13 m^3/min



รูปที่ 8 อุณหภูมิและความชื้นสัมผัสภายในห้องปรับอากาศในกรณีที่ใช้การควบคุมอัตราการไหลของอากาศตามค่าความชื้นสัมพัทธ์

3. การควบคุมความชื้นโดยการปรับอัตราการไหลของอากาศ

รูปที่ 8 แสดงค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ห้อง ในกรณีที่ใช้การควบคุมอัตราการไหลของอากาศตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ จากรูปจะเห็นว่า อุณหภูมิของห้องจะลดลงและเข้าใกล้อุณหภูมิที่ตั้งไว้ (25 °C) และมีการแกว่งไปมาในช่วงแคบ ๆ อยู่ระหว่าง 25-26 °C เนื่องจากผลของการทำงานของระบบอินเวอร์เตอร์ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของห้องในช่วงเริ่มการทำงานจะลดลงและมีแกว่งขึ้นลงเข้าใกล้กับค่าความชื้นที่ตั้งไว้ (55 %RH) ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มความชื้นเข้าสู่ห้องมากขึ้นหรือน้อยลงระหว่างการทดลอง เนื่องจากมีการปรับอัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสมกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการตลอดเวลา โดยสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้องให้อยู่ในช่วง 55± 2 %RH ซึ่งในเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์โดยปกติทั่วไป อัตราการไหลของอากาศจะคงที่ตามความต้องการของผู้ใช้งาน (รูปที่ 6 และ 7) มีควบคุมเฉพาะอุณหภูมิของห้องได้เพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่สามารถรักษาระดับของค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องได้ ดังนั้น การควบคุมความชื้นโดยการปรับอัตราการไหลของอากาศร่วมกับการควบคุมคอมเพรสเซอร์สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมความชื้นของห้องปรับอากาศต่อไป

สรุป

เครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์ ทำงานโดยการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ด้วยการปรับเปลี่ยนความถี่ทางไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ตามภาระการทำความเย็น การปรับอัตราการไหลอากาศผ่านอีวาปโปเรเตอร์ ไม่มีการควบคุมอัตโนมัติแต่เป็นการควบคุมโดยผู้ใช้ ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศจึงอาจมีค่าไม่เหมาะสมกับความสบายทางความร้อน

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลจากการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์และผลจากความชื้นเข้าสู่ห้องที่มีผลต่ออุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ห้อง รวมทั้งใช้รูปแบบการควบคุมแบบย้อนกลับ (Feed Back Control) มาควบคุมปริมาณของอัตราการไหลของอากาศตามระดับของความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง โดยใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้เทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตั้งค่าไว้ พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์จากข้อมูลที่อ่านได้ครั้งที่ผ่านมาด้วย มาใช้ปรับปริมาณของอัตราการไหลของอากาศ ส่วนการควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นยังเป็นการควบคุมโดยระบบอินเวอร์เตอร์ตามเดิมของผู้ผลิต ผลจากการทดลองที่ตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55 %RH สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้องให้อยู่ในช่วง 55± 2 %RH แสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ซึ่งปกติทั่วไป จะไม่มีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศ หากมีประยุกต์ใช้งานโดยมีการเพิ่มการควบคุมอัตราการไหลของอากาศตามความชื้นสัมพัทธ์ของห้องร่วมกับระบบอินเวอร์เตอร์ตามเดิมของผู้ผลิตจะสามารถควบคุมความชื้นได้ตามต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนอุดหนุนการวิจัย กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ปี พ.ศ. 2553 และงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มวิจัยด้านพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณนายกฤษณะ วิชาพร นายฐนิศร์ สมี และนายเอกลักษณ์ ยอดยิ่ง นิสิตปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งช่วยเก็บข้อมูลการทดลองและมีส่วนช่วยให้การทำงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Djongyang, N., Tchinda, R. & Njomo, D. (2010). "Thermal comfort: A Review paper". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, No. 9, pp. 2626-2640.

Henderson, H.I., Rengarajan, K. & Shirey, D.B. (1998). "The Impact of Comfort Control on Air Conditioner Energy Use in Humid Climate". *ASHRAE Transitions*, Vol. 98, No. 2, pp. 104-113.

Qureshi, T.Q. & Tassou, S.A. (1996). "Variable Speed Capacity Control in Refrigeration Systems". *Applied Thermal Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 103-113.

Rachapradit, N., Thepa, S. & Monyakul V. (2007). "Effect of Refrigerant Flow and Air Flow on Performance of Inverter Slit Type Air-Conditioner". *International Conference on Engineering Applied Sciences and Technology*, November 21-23, Bangkok, Thailand, pp. 323-326.

Rachapradit, N., Thepa, S. and Monyakul V. (2008). "Experimental and Analytical Study on Inverter Split Type Air-Conditioner". *International Conference of the Council of Deans of Architecture School of Thailand*, May 23-25, Pitsanuloke, Thailand, pp. 302-310.

Yamtraipat, N., Khedari, J., Hirunlabh, J. and Kunchornrat, J. (2006). "Assessment of Thailand Indoor Set-Point Impact on Energy". *Energy Policy*, Vol. 34, No. 7. pp. 765-770.

Yang, K.H. & Lee, M.L. (1991). "Analysis of An Inverter-Driven Air-Conditioning System and Its Application in a Hot and Humid Area". *International Journal of Energy Research*, Vol. 15, No. 5, pp. 357-365.

Zheng, L., Chena, W., Denga, S. & Linb, Z. (2006). "The Characteristics of Space Cooling Load and Indoor Humidity Control for Residences in the Subtropics". *Building and Environment*, Vol. 41, No. 9, pp. 1137-1147.