

กรณีศึกษาการสร้างบ้านประหยัดพลังงานร่วมกับการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ ระยะที่ 1

The Case Study of Energy Saving House with the Use of Inverter Air Condition: 1st Phase

นพรัตน์ เกตุขาว¹, นัทธีธรรณ พงษ์พานิช¹, ฝนทิพย์ จินันทุยา¹, จักรพงษ์ จำรูญ¹ และ ทรงพล ผัดวงศ์^{2*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 ม.2 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 ม.2 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

*ie.up@hotmail.com, 054-466666 ต่อ3349

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างบ้านประหยัดพลังงานร่วมกับการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์เพื่อศึกษาผลประหยัดพลังงานและศึกษาการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ โดยได้ทดลองสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ขนาดกว้าง 3.2 เมตร ยาว 6.4 เมตร และหลังคาสูงประมาณ 2.75 เมตร และได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อนบริเวณผิวกรอบอาคารทั้งหมดเพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร จากผลการคำนวณพบว่าสามารถลดค่า OTTV ได้ร้อยละ 28.5 และลดค่า RTTV ได้ร้อยละ 49.2 จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศพบว่า EER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อค่าร้อยละของภาระความเย็นตามพิกัดเครื่องเพิ่มขึ้น จนเมื่อค่าร้อยละของภาระความเย็นตามพิกัดเครื่องมีค่าประมาณร้อยละ 60 ค่า EER จะค่อย ๆ ลดลงตามภาระความเย็นของเครื่องที่เพิ่มขึ้น และในช่วงที่ทำการทดสอบเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 47.18

คำหลัก: บ้านประหยัดพลังงาน, เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

Abstract

This project is to design and build the energy saving house with the use of a 12,000 Btu/hr inverter air conditioner. The house with the size of 3.2 meters in length, 6.4 meters in width and 2.75 meters in height was built and insulated with insulation surfaces to reduce heat entering the building. By installing the insulation, the calculated OTTV and RTTV of the house were reduced by 28.5 and 49.2 percent respectively. The effect of inverter air conditioner on energy savings was studied by monitoring its EER (Energy Efficiency Ratio). The results show that the EER increases with an increase in percentage of the cooling capacity and reach its peak at about 60 percent. Then the EER decreases as the percentage of the cooling capacity increases. In conclusion, using the inverter air conditioner for 3 days can significantly reduce energy consumption up to 47.18 percent.

Keywords: Energy saving house, Inverter air conditioner and Energy Efficiency Ratio (EER)

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าถือว่าเป็นพลังงานที่จำเป็นสำหรับทุกคน และมีแนวโน้มว่าในอนาคตจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นเรื่อย ๆ เพราะเทคโนโลยีใหม่ ๆ ต่างก็จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น ๆ

ภายในบ้าน การลดความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ วิศวกรรม จำนวนจิตต์ [1] ได้อธิบายการออกแบบบ้านเพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยเริ่มตั้งแต่การจัดวางบ้านให้อยู่ในทิศทางที่รับแสงน้อย ปรับปรุงภูมิทัศน์รอบตัวบ้านให้เย็นสบายโดยการปลูกต้นไม้ ออกแบบหลังคาโดยการ

ใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง เช่น หลังคาจากหลังคาไม้ หรือใช้วัสดุที่มีผิวมัน วัสดุที่มีโทนสีขาวจะสามารถสะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดี ทำให้อุณหภูมิภายในของตัวบ้านลดลง นอกจากนี้ การใส่นวนกันความร้อนเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถป้องกันการนำความร้อนผ่านผนังและหลังคาเข้าตัวบ้านได้ดี เช่น กรรisha อุ่นไพร และคณะ [2] ได้ทำการปรับปรุงตัวบ้านให้มีค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นโดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ผนังและฝ้าเพดาน แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกบ้าน (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาบ้าน (RTTV) ของอาคารที่มีการปรับอากาศ ซึ่งจากผลการดำเนินการพบว่าค่า OTTV ของห้องพักที่อยู่บริเวณกลางบ้านและห้องพักที่อยู่ด้านริมอาคาร มีค่าความร้อนลดลงประมาณร้อยละ 27.5 และ 42 ตามลำดับ ส่วนห้องพักที่อยู่ชั้นบนสุดค่า RTTV จะลดลงไปได้ประมาณร้อยละ 75

การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ในการทำความเย็นให้กับบ้าน ถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีคุณค่า เนื่องจากภาระการทำความเย็นส่วนใหญ่จะเป็นแบบบางส่วน (Part Load) [3] ซึ่งเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จะลดการทำงานในช่วงเวลาดังกล่าวโดยคอมเพรสเซอร์จะหมุนช้าลงเพื่อลดปริมาณสารทำความเย็น ทำให้กำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ลดลงเป็นกำลังสาม ซึ่งจะสามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานลงได้ประมาณร้อยละ 20-30 [4]

จากข้อมูลข้างต้น คณะวิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัพะเยาจึงได้ทดลองสร้างบ้านประหยัดพลังงานต้นแบบ โดยใช้หลักการออกแบบเปลือกอาคารให้มีค่า OTTV ลดลงให้มากที่สุดตามงบประมาณที่เหมาะสม และได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์เพื่อศึกษาภาระการทำความเย็นของบ้านและศึกษาผลการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศทั้งนี้เพื่อเป็นต้นแบบอาคารและเป็นกรณีศึกษาให้กับผู้ที่สนใจและประชาชนทั่วไป

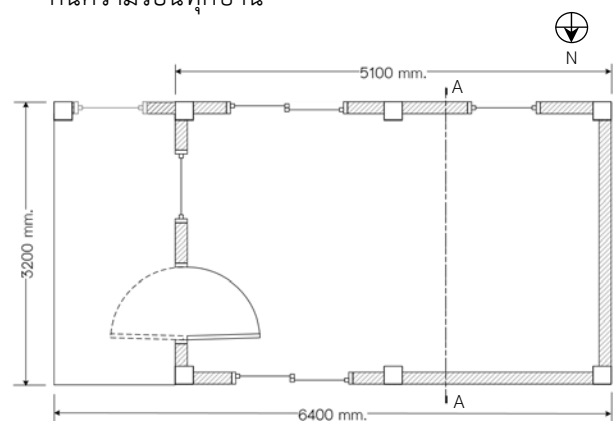
2. การออกแบบตัวอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็น

2.1 ลักษณะของตัวอาคาร

อาคารประหยัดพลังงานต้นแบบนั้นเป็นอาคารชั้นเดียวขนาดกว้าง 3.0 เมตรยาว 6.4 เมตร หลังคาสูง 3.2 เมตร และยกพื้นสูงจากพื้นดิน 0.5 เมตร โครงสร้าง

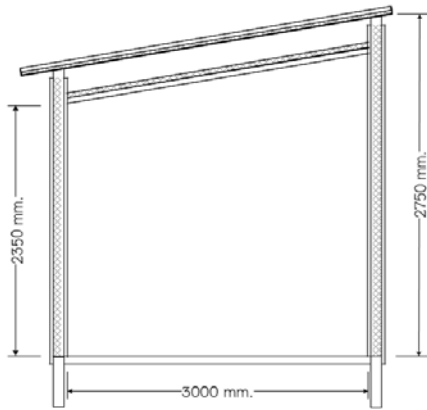
อาคารเป็นเหล็กกล่อง และผนังประกอบจากแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด (สมาร์ทบอร์ด) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- o ภายในของตัวบ้านมีขนาดกว้าง 3.2 เมตร ยาว 5.1 เมตร และระเบียงด้านหน้าประตูยาว 1.4 เมตร ดังรูปที่ 1 ความสูงของพื้นภายในถึงเพดานของบ้านเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 เมตร
- o ผนังภายนอกบ้านเป็นแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด (สมาร์ทบอร์ด) หนา 10.0 มิลลิเมตรทาสีสว้าง ส่วนผนังภายในปิดด้วยไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ดหนา 8.0 มิลลิเมตร และช่องว่างระหว่างผนังบุด้วยฉนวนใยแก้วหนา 25.4 มิลลิเมตร มีความหนาแน่นเท่ากับ 24 kg/m^3 ส่วนพื้นบ้านบุด้วยแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ดหนา 18.0 มิลลิเมตร
- o หลังคาทำจากแผ่นโลหะ (เมทัลชีท) ที่มีฉนวนพีไอโฟมหนา 5.0 มิลลิเมตรติดอยู่ด้านใต้หลังคา และฝ้าเพดานเป็นแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 8.0 มิลลิเมตร พูทับด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดพีไอโฟมหนา 5.0 มิลลิเมตร ดังแสดงรูปที่ 2
- o ภายในบ้านมีประตูกระจกใสหนา 6.0 มิลลิเมตร 1 บาน กว้าง 0.9 เมตร สูง 2.0 เมตร ภายในบ้านติดตั้งหน้าต่างกระจกใสบานเลื่อนหนา 6.0 มิลลิเมตร ขนาด กว้าง 1.2 เมตร สูง 1.1 เมตร 2 บาน และหน้าต่างกระจกใสหนา 6.0 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 0.6 เมตร สูง 1.1 เมตร 2 บาน โดยที่กระจกได้ติดตั้งฟิล์มกันความร้อนทุกบาน



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของตัวอาคาร

ตัวอาคารใช้งบประมาณในการก่อสร้างทั้งหมด 120,000 บาท ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 5,960 บาท ต่อตารางเมตร



รูปที่ 2 ภาพตัด A-A



รูปที่ 3 แสดงบ้านประหยัดพลังงาน

2.2 การคำนวณค่า OTTV และค่า RTTV

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (Overall thermal transfer value: OTTV) และการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคา (Roof thermal transfer value: RTTV) เป็นการประเมินความร้อนที่เข้ามาในอาคารที่มีการปรับอากาศ เพื่อใช้ประเมินสมรรถนะของกรอบอาคารต่อการถ่ายเทความร้อน โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้ [5]

$$OTTV = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot OTTV_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

โดย $OTTV_i$ คือค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2) โดยมีค่าดังสมการที่ 2

$$OTTV_i = U_w TD_{eq}(1-WWR) + SF \cdot SC \cdot WWR + U_f(WWR)\Delta T \quad (2)$$

โดย U_w คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

TD_{eq} คือผลต่างของอุณหภูมิผนังภายนอกและภายในผนังทึบ

WWR คืออัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

SF คือค่าตัวประกอบรังสีแสงอาทิตย์

SC คือค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

U_f คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก

ΔT คืออุณหภูมิแตกต่างเฉลี่ยระหว่างอากาศภายนอกและภายในอาคาร

และเนื่องจากหลังคาของตัวอาคารเป็นชนิดเดียว ดังนั้นค่า RTTV จึงมีค่าดังสมการ

$$RTTV = U_r TD_{eq} \quad (3)$$

โดย RTTV คือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (W/m^2)

U_f คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ

TD_{eq} คือผลต่างของอุณหภูมิผนังภายนอกและภายในผนังทึบ

จากผลการคำนวณค่า OTTV และค่า RTTV เปรียบเทียบกันระหว่างแบบที่ได้ติดตั้งฉนวนกับแบบที่ไม่ติดตั้งฉนวน พบว่าค่า OTTV สำหรับผนังที่ติดตั้งฉนวน มีค่าลดลงร้อยละ 28.5 ส่วนค่า RTTV สำหรับหลังคาที่ติดตั้งฉนวน มีค่าลดลงถึงร้อยละ 49.2 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ก่อนและหลังติดตั้งฉนวน

ค่า	แบบไม่มีฉนวน	แบบมีฉนวน	ร้อยละที่ลดลง
OTTV	42.9	30.6	28.5
RTTV	55.7	28.3	49.2

2.2 การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของบ้านนั้นใช้วิธี CLTD/CLF [6] โดยคำนวณทั้งแบบติดตั้งฉนวนกับแบบที่ไม่ติดตั้งฉนวน โดยมีข้อมูลในการออกแบบดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายนอกเท่ากับ $35^{\circ}C$ และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 60

- o อุณหภูมิกระเปาะแห้งของสภาวะอากาศภายในบ้านเท่ากับ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 50
- o มีผู้อยู่อาศัย 3 คน และมีระบบแสงสว่างรวมกับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเท่ากับ 353 วัตต์ ประกอบไปด้วยหลอดไฟแอลอีดีขนาด 9 W จำนวน 3 หลอด โทไรทัศน์แบบจอแอลอีดีมี 56 W ขนาด 36 นิ้ว 1 เครื่อง และคอมพิวเตอร์แบบพกพาขนาด 90 W จำนวน 3 เครื่อง

จากการคำนวณภาระการทำความเย็นของบ้านทั้งสองแบบพบว่าค่าภาระการทำความเย็นของบ้านแบบที่ติดตั้งฉนวนมีภาระการทำความเย็นเท่ากับ 12,295 บีทียู/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 819.7 บีทียู/ชั่วโมง ต่อ 1 ตารางเมตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแบบที่ไม่ติดตั้งฉนวนร้อยละ 22.44 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นแบบติดตั้งและไม่ติดตั้งฉนวน

ภาระการทำความเย็น	แบบไม่มีฉนวน	แบบมีฉนวน	ร้อยละที่ลดลง
บีทียู/ชั่วโมง	15,853.0	12,295.0	22.4
บีทียู/ชั่วโมง ต่อ 1 ตารางเมตร	1,056.8	819.7	

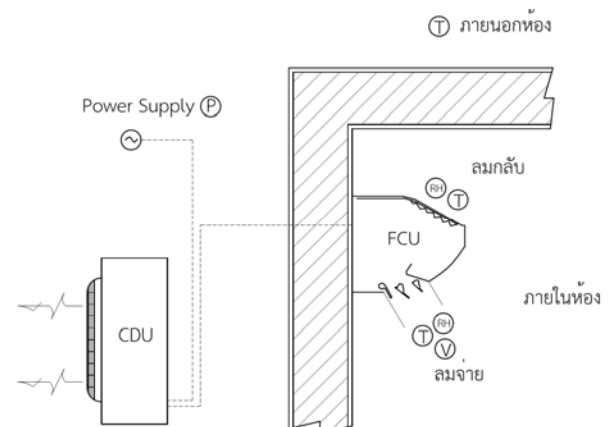
ในกรณีที่ตัวบ้านไม่ได้ติดตั้งฉนวนนั้นจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่พิกัดขนาด 15,200 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งมีราคาประมาณ 20,000 บาท [7] ส่วนแบบที่ติดตั้งฉนวนอาจจะต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่พิกัด 12,600 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งมีราคาประมาณ 15,100 บาท ซึ่งจะเห็นว่าการติดตั้งฉนวนสามารถลดค่าเครื่องปรับอากาศลดลงได้ถึง 4,900 บาท ส่วนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนให้กับบ้านนั้นประกอบไปด้วย ค่าฉนวนที่ติดกับหลังคาเมทัลชีท ค่าฉนวนใยแก้วที่ผนัง และค่าฉนวนพีอีบนฝ้าเพดาน ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 3,800 บาท เมื่อหักลบค่าใช้จ่ายแล้วจะช่วยให้ลดต้นทุนได้อีก 1,100 บาท จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งฉนวนอาจไม่ได้เป็นการเพิ่มต้นทุนในการสร้างอาคาร แต่อาจจะยังช่วยลดต้นทุนได้อีกด้วย

3. การศึกษาการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์

3.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่นำมาติดตั้งให้บ้านนั้น เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ติดผนัง ควบคุมการทำงานด้วยระบบอินเวอร์เตอร์ มีพิกัดการทำความเย็น 12,000 บีทียู/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 880 W และมีประสิทธิภาพการทำความเย็นค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เท่ากับ 13.64 บีทียู/ชั่วโมงต่อวัตต์

ในการทดสอบระบบปรับอากาศนั้นจะตั้งค่าอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25°C พร้อมกับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้เวลาในการทดสอบต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน และเก็บบันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที โดยจะเริ่มทดสอบตั้งแต่วันที่ 12.00 น. ของวันที่ 9 ธันวาคม 2558 ถึง 12.00 น. ของวันที่ 11 ธันวาคม 2558 โดยจะเก็บข้อมูลความเร็วลมจ่ายเฉลี่ยที่ตำแหน่งการวัดแบบขวางท่อสี่เหลี่ยมตามมาตรฐาน ASHRAE [6] ตามมาตรฐานเพื่อหาปริมาณลมจ่าย อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของช่องเป่าลมจ่ายกับช่องลมกลับ อุณหภูมิภายนอกของห้องทดสอบ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องปรับอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4



(ก) แผนผังการตรวจวัดและเก็บข้อมูล



(ข) รูปแสดงการตรวจวัดและเก็บข้อมูล
รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการตรวจวัดและเก็บข้อมูล



รูปที่ 5 แสดงเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล

โดยข้อมูลที่บันทึกนั้นจะถูกนำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศดังต่อไปนี้

ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$EER = \frac{\text{อัตราการทำความเย็น (Btu / hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (P)}} \quad (4)$$

โดย P คือ กำลังไฟฟ้าป้อนเข้าจริง มีหน่วยเป็นวัตต์ เนื่องจากค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณข้างต้นนั้นเป็นค่าที่เกิดขึ้นจริงและมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะอากาศภายในและภายนอกห้อง จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่า EER จากมาตรฐานได้ ซึ่งมาตรฐานในการทดสอบนั้นกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายในห้องเท่ากับ 27 °C และอุณหภูมิกระเปาะเปียกเท่ากับ 19.4 °C และอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายนอกเท่ากับ 35 °C ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ EER มาตรฐานของเครื่องปรับอากาศให้ตรงกับสภาวะอากาศจริงที่วัดได้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า EER ที่วัดได้จริง โดยค่าแก้ไขของค่า EER สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$EER_{cor} = EER_{std} \frac{CF_p}{CF_Q} \quad (5)$$

โดย EER_{cor} คือค่าแก้ไขของค่า EER ที่สภาวะอากาศภายในและภายนอกจริง

EER_{std} คือค่า EER มาตรฐานจากห้องทดสอบ

CF_p คือค่าแก้ไขกำลังไฟฟ้างแสดงในตารางที่ 3

CF_Q คือค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน [8]

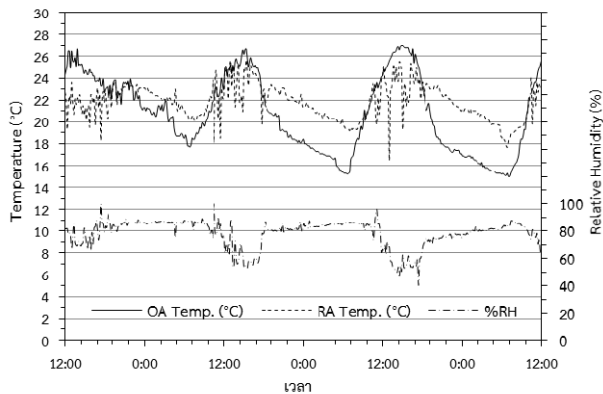
อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศเข้าคอยล์ระบายความร้อน (°C)	อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศเข้าคอยล์เย็น (°C)	ค่าแก้ไข	
		พลังไฟฟ้า (CF _p)	ขนาดทำความเย็น (CF _Q)
25	16	0.83	0.96
	18	0.85	1.03
	19	0.86	1.07
	19.4	0.87	1.08
	20	0.88	1.10
	22	0.90	1.18
30	16	0.89	0.92
	18	0.91	0.99
	19	0.93	1.02
	19.4	0.93	1.04
	20	0.94	1.06
	22	0.97	1.14
35	16	0.95	0.89
	18	0.98	0.95
	19	0.99	0.98
	19.4	1.00	1.00
	20	1.01	1.02
	22	1.04	1.09
40	16	1.01	0.85
	18	1.04	0.91
	19	1.06	0.94
	19.4	1.07	0.95
	20	1.08	0.97
	22	1.11	1.04

3.2 ผลการทดสอบ

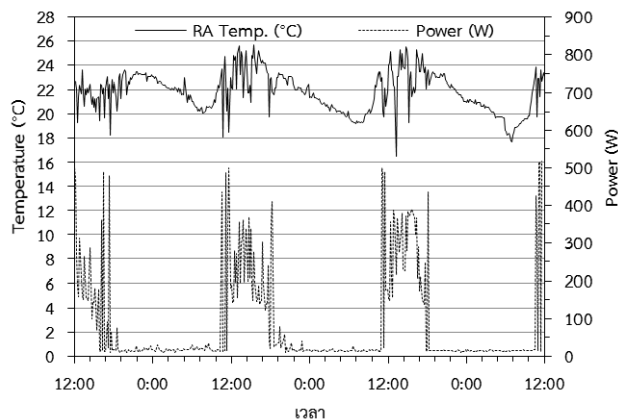
3.2.1 การทำงานของเครื่องปรับอากาศ

จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ปรับตั้งค่าไว้ที่ 25 °C เป็นเวลา 3 วัน โดยบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายนอกและภายในห้องปรับอากาศทุกๆ 10 นาที พบว่าอุณหภูมิภายนอกมีค่าระหว่าง 21 °C ถึง 27 °C ในช่วงเวลากลางวัน โดยมีค่าสูงสุดที่เวลา 15.00 น. ส่วนช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิจะลดลงมาอยู่ในช่วงตั้งแต่ 15 °C ถึง 21 °C ซึ่งต่ำสุดที่เวลา 06.00 น. สำหรับอุณหภูมิลมกลับภายในบ้านช่วงเวลากลางวันมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 16 °C และสูงสุดอยู่ที่ 25.7 °C แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 21 °C ถึง 25 °C และสำหรับช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ

จาก 21 °C ลงไปจนถึง 15 °C ดังรูปที่ 6 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศในรูปที่ 7 จะเห็นว่าคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ได้ทำงานตลอดเวลาช่วงเวลากลางคืน



รูปที่ 6 แสดงค่าอุณหภูมิลมกลับ อุณหภูมิภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 7 แสดงค่าอุณหภูมิลมกลับและกำลังไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ

จากผลการตรวจวัดอุณหภูมิลมกลับจะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิลมกลับให้ใกล้เคียงกับที่ตั้งไว้ได้ตลอดเวลา ทั้งนี้อาจเกิดจากในระหว่างทดสอบมีการเปิดประตูเพื่อไปเก็บข้อมูลอากาศภายนอกด้วยทุก ๆ 10 นาที ทำให้อากาศภายนอกอาจจะมีไหลเข้ามาผสมกับอากาศภายในห้อง

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าในช่วงกลางวัน ขณะที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศทำงานนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับจะมีค่าค่อนข้างแกว่งอยู่ในช่วงร้อยละ 45 ถึง 80 ส่วนในช่วงกลางคืนที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ทำงาน ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณร้อยละ 85

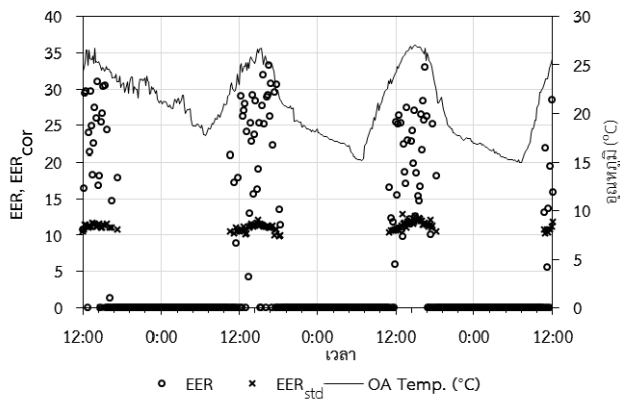
จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าในช่วงเวลากลางคืนนั้นค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (ทั้งชุดคอยล์ร้อนและคอยล์เย็น) มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์และคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศจะตัดการทำงาน และในช่วงกลางวัน ค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าค่อนข้างสูงและแกว่งอยู่ในช่วงประมาณ 200-400 วัตต์ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศจะทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้ได้ตามที่กำหนด

จากผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณความเย็นที่ต้องการ แตกต่างจากเครื่องปรับอากาศทั่วไป ที่จะใช้การตัดและต่อการทำงาน of คอมเพรสเซอร์ตามปริมาณความเย็นที่ต้องการ ทั้งนี้คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จะใช้หลักการลดอัตราการไหลของน้ำยาทำความเย็นตามปริมาณความเย็นที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงตามอัตราการไหลของน้ำยาทำความเย็นนั่นเอง

3.2.2 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

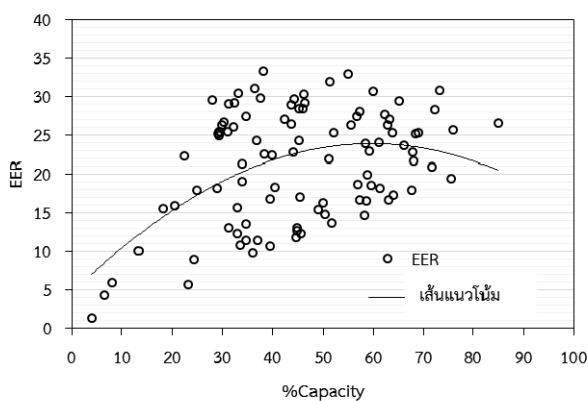
รูปที่ 8 แสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์เทียบกับค่า EER_{cor} ที่ได้ปรับแก้มาแล้ว จะเห็นว่าค่า EER จะมีค่าค่อนข้างแกว่ง อยู่ในช่วง 10-35 ทั้งนี้เกิดจากการทดสอบเครื่องปรับอากาศไม่ได้ดำเนินการที่สภาวะคงตัวเหมือนกับในห้องทดลอง ซึ่งอุณหภูมิภายนอกและภาระความร้อนของห้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และจากรูปจะเห็นว่าค่า EER และค่า EER_{cor} จะมีค่าขึ้นและลงตามช่วงเวลาสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศภายนอก โดยเมื่ออุณหภูมิของอากาศภายนอกสูงขึ้น ค่า EER ก็มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปค่า EER ของเครื่องปรับอากาศจะมีค่าลดลงเมื่ออากาศภายนอกสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายในห้องคงที่ [9] แต่จากในรูปที่ 8 ค่า EER กลับมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากในช่วงเวลาที่ทดสอบ ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าต่ำมาก จนให้เครื่องปรับอากาศทำงานในช่วง Part Load ที่ต่ำมาก ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวค่า EER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จะมีค่าต่ำมาก [3]



รูปที่ 8 แสดงค่า EER, EER_{std} และอุณหภูมิอากาศภายนอกที่เวลาต่าง ๆ

จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จะทำงานอยู่ในช่วงภาระความเย็นบางส่วน (Part load) เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเส้นแนวโน้ม จะเห็นว่าในช่วงร้อยละของภาระความเย็นตามพิกัดเครื่อง (%Capacity) ต่ำมาก ๆ ค่า EER จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อ %Capacity สูงขึ้น โดยจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 23 ที่ %Capacity เท่ากับ 60% จากนั้นค่า EER ก็จะค่อย ๆ ลดลงเมื่อ %Capacity เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดสอบที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบของ Sookchaiya et al. [3]



รูปที่ 9 แสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่ร้อยละของภาระความเย็นตามพิกัดเครื่อง (%Capacity) ต่าง ๆ

3.2.3 ผลประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

จากผลการทดสอบเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าไปประมาณ 4.72 kWh โดยมีค่า EER เฉลี่ยเฉพาะช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานเท่ากับ 21.3 และให้ความเย็นทั้งหมด 100,630 บีทียู ทั้งนี้ เมื่อคำนวณปริมาณการใช้

กำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไปที่ค่า EER_{cor} เท่ากับ 11.25 และให้ความเย็นเท่ากับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ พบว่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 8.94 kWh ดังนั้นจะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 47.18 ทั้งนี้ผลประหยัดอาจมีค่าสูงกว่าค่าทั่วไป เพราะว่าเป็นการทดสอบเครื่องปรับอากาศในช่วงฤดูหนาว นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศยังทำงานแบบ Part Load ตลอดเวลาอีกด้วย

4. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการออกแบบและสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ร่วมกับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อศึกษาการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ พบว่า

- 1) จากผลการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารพบว่าสามารถลดค่า OTTV ได้ร้อยละ 28.5 และลดค่า RTTV ได้ร้อยละ 49.2
- 2) จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะเห็นว่า EER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อ ร้อยละ การทำงานของเครื่องปรับอากาศลดลง แต่จะเริ่มมีค่าค่อย ๆ ลดลงเมื่อ ร้อยละ การทำงานของเครื่องปรับอากาศมีค่าประมาณร้อยละ 60
- 3) ในช่วงที่ทำการทดสอบเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 47.18

อย่างไรก็ดี การทดสอบนี้เป็นการเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ของฤดูหนาว จึงอาจไม่ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทุกฤดูกาล โดยนักวิจัยจะทำการทดสอบและเก็บข้อมูลและนำเสนอต่อไปในระยะที่ 2

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยและบริการวิชาการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิกรม จำนงค์จิตต์ (2545). ประสิทธิภาพของการออกแบบการระบายอากาศช่องใต้หลังคาเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากหลังคา: วิทยานิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] กรธิชา อุ๋นไพโร และสุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา (2555). การประหยัดพลังงานในอาคาร โดยการสร้างสภาวะนาสบายด้วยวิธีปรับเย็นแบบธรรมชาติ สำหรับอาคารอยู่อาศัยรวม: กรณีศึกษาอาคารอยู่อาศัยรวม มน.นิเวศน์ 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร, วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, ปีที่ 3 ฉบับที่ 2.
- [3] Sookchaiya, T., Monyakul, V., and Thepa, S., (2008). Experimental Studies of a Temperature and Relative Humidity Control System Using Inverter Air-Conditioning System, The 3rd GMSARN International Conference 2008, November 12-14, Uchoice Hotel, Kunming, China.
- [4] พิระศักดิ์ บงกชแก้ว (2558). การเลือกเครื่องระบบปรับอากาศแบบ VRF, การอบรมบรรยายระบบปรับอากาศโครงการอบรมหลักสูตร "วิศวกรระดับต้น" รุ่น 2 โปรแกรม 2.
- [5] วัชร มั่งวิฑิตกุล (2548). กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน, ISBN: 974-93281-5-9, บริษัท ไร่ไทย เพรส จำกัด
- [6] ASHRAE (2001), ASHRAE Handbook: Fundamentals Handbook (SI Edition), N.E. Atlanta, GA 30329
- [7] บริษัท วิเศษกุล เซ็นเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (2016). ราคาเครื่องปรับอากาศ TRANE, แหล่งที่มา <http://www.wisetair.co.th>, เข้าดู เมื่อ วันที่ 04/04/2559.
- [8] บริษัท เทคนิคอล ทีม จำกัด (2553). การหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ, เอกสารประกอบการอบรม, โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก
- [9] ชชาติชาย พิสุทธิบริบูรณ์ (2558). การกำหนดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยคำนึงถึงสภาพ

ภูมิอากาศ, บทความวิชาการ ชุดที่ 16, สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, หน้า 82 - 91.