

## การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว

ชาตรี บ้านเกาะ<sup>1</sup> วีระพล โมนยะกุล<sup>2</sup> ศิริชัย เทพา<sup>3</sup> และ สุกิจ นิตินัย<sup>4</sup>

กลุ่มวิจัยระบบพลังงานสะอาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

รับเมื่อ 2 เมษายน 2547 ตอรับเมื่อ 27 สิงหาคม 2547

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันตามบ้านทั่วไป ซึ่งในการทดสอบได้ออกแบบห้องวัดความร้อนและสร้างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1155-2536

การทดลอง ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีใช้อยู่ทั่วไป 1 ชุดขนาด 12,000 BTU/h ทดสอบขณะที่มีและไม่มีอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วที่สภาวะการทำงานเดียวกัน โดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าแฟนคอยล์ให้คงที่ พบว่า ระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ประหยัดพลังงานกว่าระบบที่มีใช้กันอยู่ตามบ้านทั่วไป เมื่อทำการทดลองที่สภาวะการทำงานที่ภาระความร้อนสัมพัทธ์คงที่ 1,000 วัตต์ ที่ความร้อนแฝงคงที่ 220 วัตต์ ที่อุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์ 21 °C เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์จะใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 1.25 กิโลวัตต์ ส่วนเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันตามบ้านทั่วไปใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 1.74 กิโลวัตต์ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 28.16 และยังสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ได้ดีกว่าระบบที่มีใช้อยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป

**คำสำคัญ :** ห้องวัดความร้อน / อินเวอร์เตอร์ / การประหยัดพลังงาน

<sup>1</sup> นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ

<sup>2</sup> นักวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ

<sup>4</sup> อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

## Energy Saving in Air Conditioning Unit with Single Phase Inverter

Chatree Baan-koh <sup>1</sup>, Veerapol Moneyakul <sup>2</sup>, Sirichai Thepa <sup>3</sup> and Sukit Nitinai <sup>4</sup>  
Clean Energy System Group \*

King Mongkut's University Technology Thonburi Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

*Received 2 April 2004 ; accepted 27 August 2004*

### Abstract

The objectives of this research are to investigate energy saving of air conditioning unit with single phase inverter that controls speed of the compressor and compare to air conditioning unit generally used in houses. For the experiment, the room calorimeter was designed and created according to Thai Industrial Standard ISO. 1155-2536.

The experiment was conducted at the same condition, which temperature and humidity before entering the fan coil unit were controlled to be constant. It was found that the system with inverter that controls speed of the compressor can save energy more than the system without inverter. From the experiment condition at sensible heat rate 1,000 W, latent heat 220 W and return air temperature before entering fan coil unit 21 °C working for 4 hrs, it showed that energy consumption of air conditioning unit with and without inverters are 1.25 kWh and 1.74 kWh, respectively. This resulted in energy saving 28.16 % and better constant humidity control, comparing with air conditioning unit generally used in houses.

**Keywords :** Room Calorimeter / Inverter / Energy Saving

---

<sup>1</sup> Graduate Student, Energy Technology Program, School of Energy and Materials.

<sup>2</sup> Researcher, National Science and Technology Development Agency.

<sup>3</sup> Assistant Professor, Energy Technology Program, School of Energy and Materials.

<sup>4</sup> Lecturer, Rajamangala University of Technology.

E-mail: ceskmutt@kmutt.ac.th

## 1. บทนำ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและกำหนดให้โรงงานที่เข้าข่ายโรงงานควบคุมตามพระราชกฤษฎีกา ซึ่งได้กำหนดโรงงานควบคุมต้องดำเนินงานตามแผนงานเพื่ออนุรักษ์พลังงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมานั้น หน่วยงานสำคัญต่างๆ ทั้งของรัฐและเอกชน เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย บริษัทที่ปรึกษา และอื่นๆ ได้ร่วมกันเผยแพร่ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องไปถึงการลดต้นทุนการผลิต และจะทำให้บริษัทสามารถแข่งขันได้ในระยะยาว วิธีการประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรที่อยู่ในสายการผลิต ซึ่งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีจุดคุ้มทุนในระยะสั้น ทำให้ต้นทุนการผลิตในระยะยาวลดลง ในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์กระแสสลับ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า อินเวอร์เตอร์ มาใช้ขับเคลื่อนเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบ้านพักอาศัยทั่วไป ซึ่งโดยปกติแล้วเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปจะถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสแตทในการตัดต่อวงจรการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และในขณะที่มีการตัดต่อวงจรจะเกิดกระแสกระชากทำให้อายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์สั้นลง และยังทำให้สิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ จากการตัดต่อวงจรการทำงานของระบบด้วยเทอร์โมสแตทมาเป็นการควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ตามสภาวะโหลดของความร้อนในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น หรือตามปริมาณเอนทัลปีของอากาศที่ต้องการดึงออกหรือจ่ายให้กับฮีวป่าอเรเตอร์ เพื่อให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และยังช่วยในการประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 30

ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์สามารถควบคุมได้จากความถี่และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตามภาระโหลด โดยทั่วไปแล้วคอมเพรสเซอร์ที่สามารถปรับความเร็วได้มีอยู่หลายชนิด เช่น คอมเพรสเซอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (brushless DC motor) คอมเพรสเซอร์ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส (three phase induction motor)

ในงานวิจัยนี้จะใช้อินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เฟสเดียวติดตั้งในเครื่องปรับอากาศที่มีขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป เพื่อศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าขณะทำการปรับเปลี่ยนภาระโหลดการทำความเย็นตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ตามมาตรฐานการทดสอบ มอก. 1155 - 2536 และทำการเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่ไม่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ ในสภาวะการทดสอบที่เงื่อนไขเดียวกัน

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Masekuk et al [1] ได้ศึกษามอเตอร์ 3 เฟสขนาดเล็กในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์แบบสูบชักโดยการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพตามทฤษฎี เพื่อที่จะนำมาใช้แทนมอเตอร์แบบเฟสเดียวที่นิยมใช้กันในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของการประหยัดพลังงานโดยใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับความเร็วของกระแสไฟฟ้า (Sinusoidal Pulse Width Modulation, SPWM) เพื่อควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ให้เหมาะสมกับสภาวะโหลด

จากการทดลองพบสรุปได้ว่ามอเตอร์แบบ 3 เฟส จะประหยัดพลังงานได้มากกว่ามอเตอร์แบบเฟสเดียวถึงร้อยละ 28

Yang et al [2] ได้ศึกษาการประหยัดพลังงาน โดยนำหลักการลดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ (variable speed air conditioner, VSAC) และได้ทำการวิเคราะห์ระบบโดยทดลองกับอาคารสำนักงานที่มีขนาดพื้นที่  $17 \times 12 \times 10$  ม.<sup>3</sup> ซึ่งมี 2 ห้อง ที่มีสภาวะโหลดเหมือนกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบ HVAC โดยห้องแรกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีความเร็วคงที่ (CSAC) ส่วนห้องที่ 2 ใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมการทำงานคอมเพรสเซอร์ (VSAC)

จากการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์สามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 20 โดยรวม และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือเครื่องปรับอากาศที่ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์นั้นมีอัตราส่วนความร้อนสัมผัสของอุปกรณ์ (apparatus sensible heat ratio, ASHR) ต่ำเพียงพอกว่า 0.80 ถึง 0.60 ซึ่งเป็นสิ่งที่ดีมากสำหรับนำไปใช้ในพื้นที่เขตร้อนกับพื้นที่ที่มีความชื้น และจะทำให้ความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity, CAP) เพิ่มขึ้นเมื่อความถี่กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานจะลดลงเมื่อความถี่กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

Chaturved et al [3] ได้ศึกษาระบบบีบความร้อนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยในการทำระเหยสารทำความเย็นโดยตรง เพื่อใช้ในการทำน้ำร้อนในที่พักอาศัยโดยได้ติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ที่ไม่มีฝาครอบเพื่อใช้แทนเครื่องทำระเหยและได้ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับโหลดและสภาวะอากาศตลอดจนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทำระเหยสารทำความเย็น

จากการทดลองสรุปได้ว่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ เมื่อความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ลดลง และในทางตรงกันข้าม งานที่ป้อนให้กับระบบจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศกับค่าความถี่ต่างๆ ที่เปลี่ยนไปจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ( $COP_p$ ) เพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ลดลง

Zubair et al [4] ได้ศึกษาระบบปรับอากาศที่ใช้ในที่พักอาศัยโดยใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ตามสภาวะโหลด เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยทดลองกับที่พักอาศัยขนาดพื้นที่  $100$  ม.<sup>2</sup> ใน Dhahran ซึ่งใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 17.6 กิโลวัตต์ โดยใช้แหล่งพลังงานที่มีความแตกต่างกัน 3 แบบ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 29 จาก 20,000 กิโลวัตต์ ของระบบความเร็วคงที่ (FSAC) และเมื่อคิดเฉลี่ยรายปีสามารถประหยัดได้ร้อยละ 5 กับวิธีการปรับแรงดันแบบรูปคลื่นซายน์ (pulse-width-modulated, PWM) และแบบ six-step inverter จะให้การประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 19 ถึงร้อยละ 23 และเมื่อเปรียบเทียบชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศจะพบว่า แบบปรับความเร็วรอบได้จะทำงานได้ 5,500 ชั่วโมง ขณะที่ระบบที่มีการกำหนดให้ความเร็วคงที่จะทำงานได้เพียง 3,200 ชั่วโมง ดังนั้นระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น ( $COP_p$ ) และพลังงานที่ใช้จะแปรผันตามความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์

และจากการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพกับความถี่ที่ได้ พบว่า แบบ six-step inverter มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแบบ PWM ระหว่างความถี่ 45-75 เฮิร์ตซ์ เครื่องปรับอากาศที่ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบนั้น ระบบจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติเมื่อความถี่ตกลงถึง 30 เฮิร์ตซ์ ฉะนั้นความถี่ที่ใช้งานจะอยู่ระหว่าง 30-75 เฮิร์ตซ์

### 3. วิธีการวิจัย

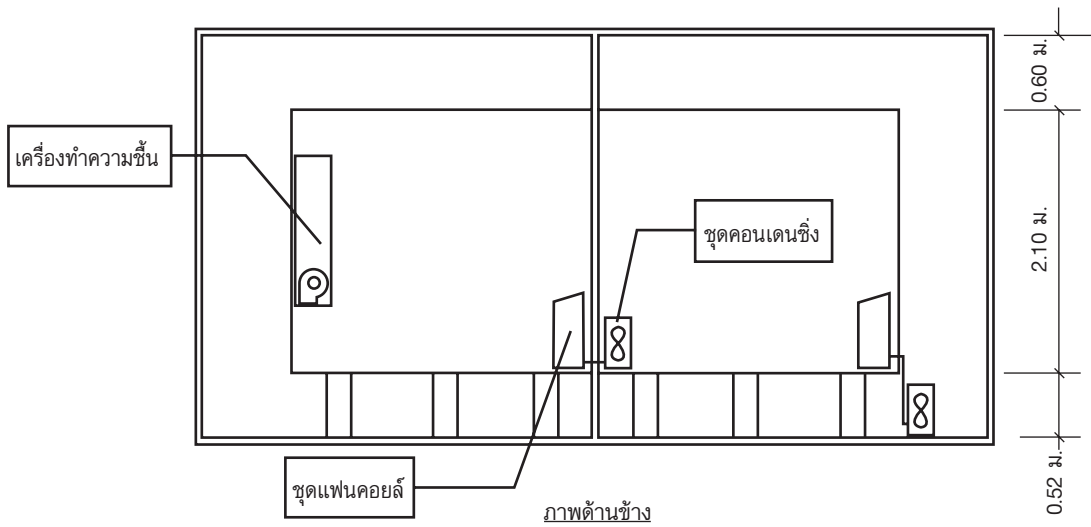
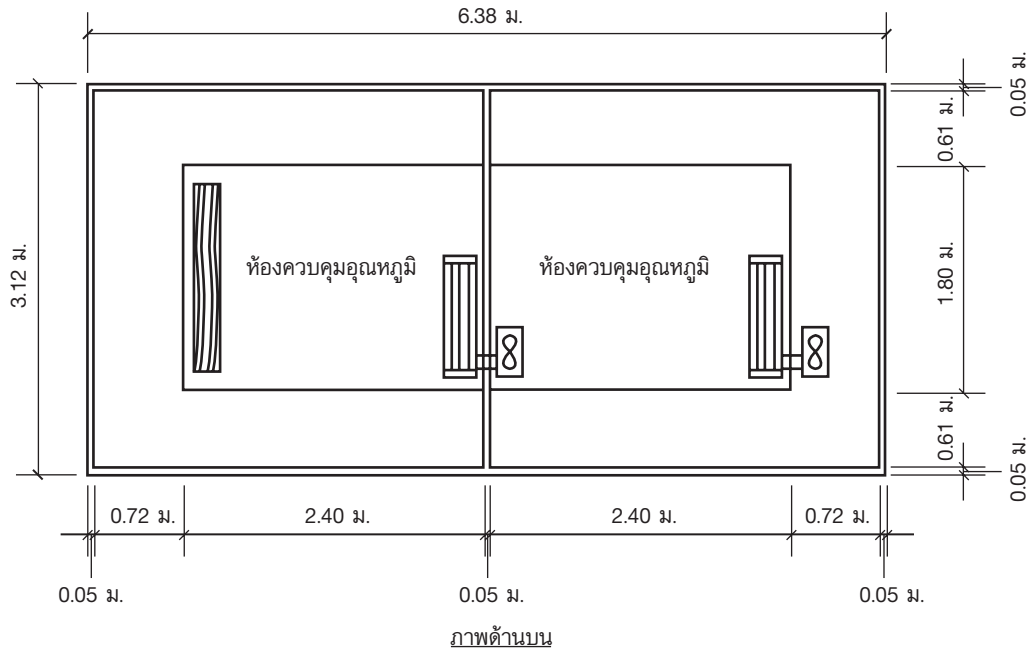
ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างห้องวัดความร้อนให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1155-2536 เพื่อใช้ในการศึกษาการใช้พลังงานเมื่อติดตั้งอินเวอร์เตอร์เข้าระบบและนำไปเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้ตามบ้านทั่วไปที่ใช้ไฟฟ้าเฟสเดียว ประกอบไปด้วย 2 ห้องที่อยู่ติดกัน โดยผนังระหว่างห้องทั้ง 2 จะต้องหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน และแต่ละห้องจะมีขนาดดังนี้ ยาว 1.8 เมตร กว้าง 2.4 เมตร และ สูง 2.1 เมตร โดยกำหนดให้ห้องแรก (indoor chamber room) ติดตั้งเครื่องทำระเหย (fan coil unit) ลึนขยายตัว อุปกรณ์ป้องกันความร้อนและเพิ่มความชื้น (heating and humidifying equipment) และกำหนดให้ห้องที่สอง (outdoor chamber room) ติดตั้งคอมเพรสเซอร์ เครื่องควบแน่น อุปกรณ์ทำความเย็นเพื่อใช้ในการลดความชื้น (cooling or dehumidifying equipment) และกำหนดให้เดินท่อสารทำความเย็นผ่านผนังห้องระหว่างห้องทั้ง 2 ห้อง ดังนั้นในการออกแบบห้องวัดความร้อนทั้ง 2 ห้องนี้จะต้องติดตั้งอยู่ภายในห้องใหญ่อีกทีหนึ่ง โดยรอบของห้องใหญ่หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน และให้มีช่องว่างระหว่างห้องวัดความร้อน (room calorimeter) ทั้ง 2 ห้องกับห้องใหญ่โดยให้มีระยะห่างกันประมาณ 600 มม. โดยรอบ ดังรูปที่ 1

ในการสร้างห้องวัดความร้อนนี้จะต้องสร้างให้มิดชิดมิให้มีความร้อนรั่วไหลออกจากระบบหรือเข้าสู่ระบบทั้ง 2 ห้อง และกำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบของห้องแรก ให้เป็นไปตามสภาวะการทดสอบ และให้กำหนดอุณหภูมิห้องภายนอกประมาณ 30 °C ดังนั้นในการกำหนดอุณหภูมิในลักษณะนี้ก็เพื่อเป็นการกำจัดความร้อนสัมผัสที่จะถ่ายเทผ่านผนังของห้องวัดความร้อนทั้ง 2 ห้อง

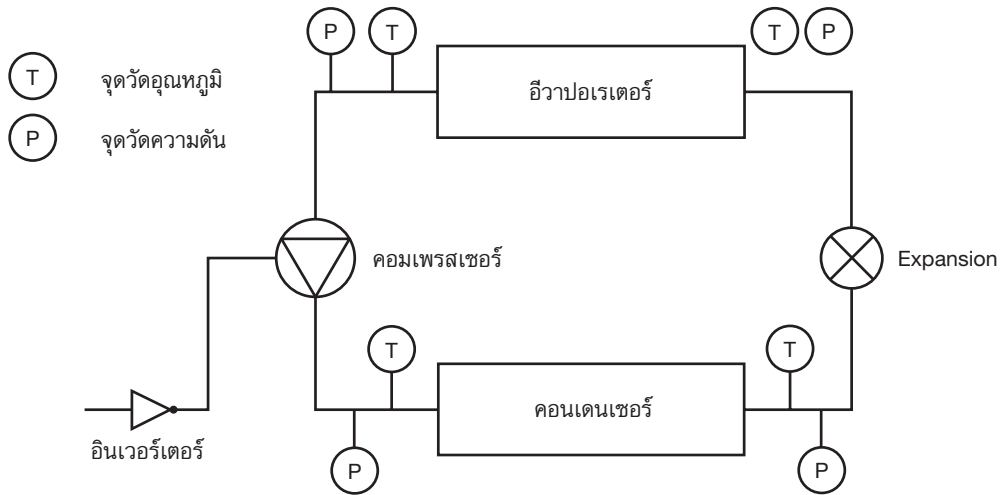
ในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องมีการปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้กับห้องทดลองทำความเย็นทุติยภูมิ โดยเริ่มทดลองให้ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงคงที่ไว้ที่ 1,000 วัตต์ กับ 220 วัตต์ ตามลำดับ เริ่มต้นเปิดเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบรอจนกว่าระบบอยู่ในสภาวะคงที่หรือดูได้จากอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนดไว้ก่อนเข้าแฟนคอยล์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน การทดสอบหรือให้เป็นไปตามภาวะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาวะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ

รายการ	อุณหภูมิ (°C.)	
	กระเปาะแห้ง	กระเปาะเปียก
ลมกลับก่อนเข้าสู่แฟนคอยล์	27 ± 1	19 ± 0.5
ลมกลับก่อนเข้าสู่ชุดคอนเดนซิง	35 ± 1	24 ± 0.5



รูปที่ 1 ห้องวัดความร้อนแบบปรับให้สมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ [5]



รูปที่ 2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความดัน

### การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ใช้ไฟฟ้าเฟสเดียวชุดเดียวกัน โดยในตอนแรกใช้การควบคุมอุณหภูมิตามท้องตลาดทั่วไป ส่วนในขั้นตอนที่สองจะนำอินเวอร์เตอร์แบบเฟสเดียวที่ผลิตขึ้นประกอบเข้ากับระบบปรับอากาศ เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

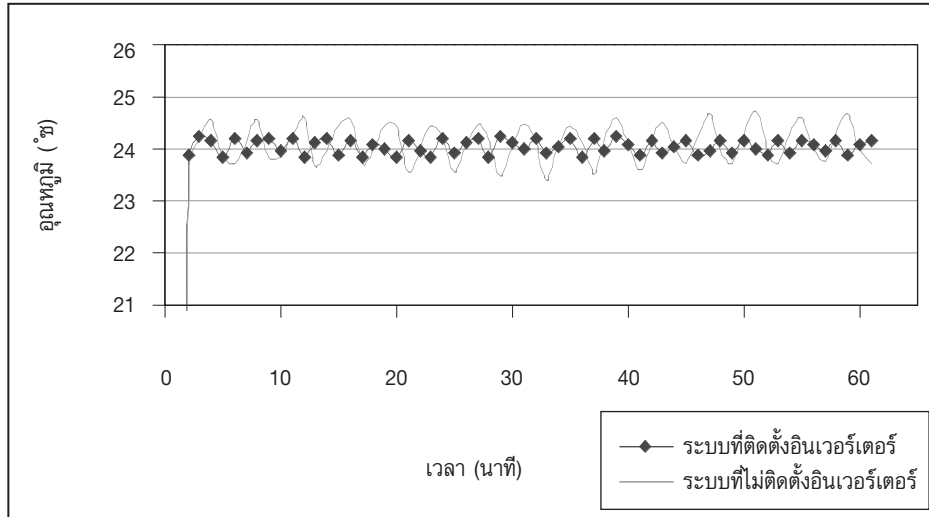
ขั้นตอนแรกศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศทั่วไป มีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งเครื่องทำระเหยกับอุปกรณ์เพิ่มความร้อนและเพิ่มความชื้น
2. ติดตั้งเครื่องควบแน่นกับอุปกรณ์ทำความเย็นเพื่อใช้ในการลดความชื้น
3. ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิตามจุดที่กำหนดในรูปที่ 2 และตำแหน่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและให้ทำการบันทึกค่าขณะที่ระบบอยู่ในสถานะคงที่
4. ติดตั้งเครื่องมือวัดความดันตามจุดต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบความดันให้ได้ตามมาตรฐานทั่วไปในรูปที่ 2
5. ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิอากาศในห้องทดสอบด้วยดิจิตอลเซนเซอร์ ซึ่งมีความละเอียด  $\pm 0.1$  ๐ซ
6. ติดตั้งวัตต์มิเตอร์เพื่อใช้บันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้าตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในการทดสอบ ณ ที่สถานะเดียวกัน
7. เดินเครื่องปรับอากาศ และเปิดระบบทั้งหมดที่ได้ติดตั้งไว้ และเมื่อระบบอยู่ในสถานะคงที่ โดยพิจารณาจากอุณหภูมิก่อนเข้าแฟนคอยล์ให้ได้ตามสถานะที่ได้กำหนดไว้ หรือให้เป็นไปตามสถานะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ (มอก.1155-2536) และบันทึกข้อมูลทุก 1 นาที ภายในระยะเวลา 4 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศทั่วไป โดยการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนแรก

## 4. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 4.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแฟนคอยล์



**รูปที่ 3** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ทดสอบกับอุณหภูมิก่อนเข้าแฟนคอยล์ โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับระบบตามบ้านทั่วไป

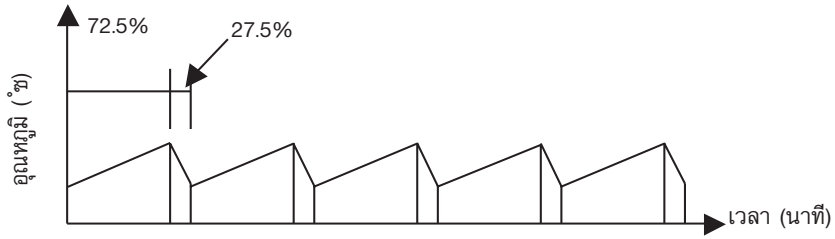
จากความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ทดสอบกับอุณหภูมิก่อนเข้าแฟนคอยล์โดยเปรียบเทียบกับระบบที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับระบบตามบ้านทั่วไปสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เส้นอุณหภูมิของระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบที่มีช่วงระยะการขึ้นลงในช่วง  $\pm 0.25$  ๕ หมายถึงปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบน้อยกว่าความสามารถทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ทำการป้อนปริมาณความร้อนสัมผัส 1,000 วัตต์ และความร้อนแฝง 220 วัตต์ หรือโดยรวมที่ 1,220 วัตต์ แต่จากการทดลองที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมงนั้น สามารถวัดการใช้พลังงานจากวัตต์มิเตอร์ได้ 1,750 วัตต์ (มีปริมาณความร้อนสัมผัสที่รั่วไหลเข้าระบบ 530 วัตต์) และเมื่อคิดจากขีดความสามารถทำความเย็นสุทธิของเครื่องปรับอากาศที่ 12,000 BTU/h แล้วจะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศใช้ภาระโหลดไปทั้งสิ้นร้อยละ 49.77 ซึ่งทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานมากเกินไป จึงส่งผลให้ช่วงระยะเวลาการทำงานของระบบมากขึ้น

2. ส่วนเส้นอุณหภูมิของระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบที่มีช่วงระยะการขึ้นลงในช่วง  $\pm 1.5$  ๕ นั้นหมายถึงระบบ On-Off โดยทั่วไปแล้วจะมีช่วงการทำงานของระบบในลักษณะสลับปั่นปลาค้างและลงหรือสามารถแยกการอธิบายได้ดังต่อไปนี้

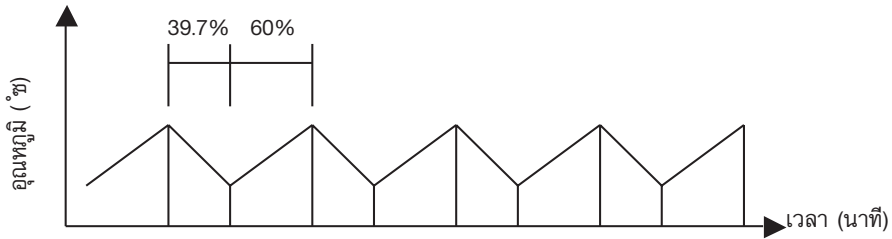
2.1 ระบบโดยทั่วไปควรจะใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 1.1 กิโลวัตต์ ดังนั้นถ้าทำการทดสอบที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งสามารถคิดการใช้ไฟฟ้าต่อ 1 ชั่วโมง จะได้ 0.275 กิโลวัตต์/ชม. ดังนั้นเมื่อขยายเส้นกราฟแล้วควรจะเป็นดังรูป 4





รูปที่ 4 กราฟแสดงสภาวะการทำงานของระบบที่เป็นจริง

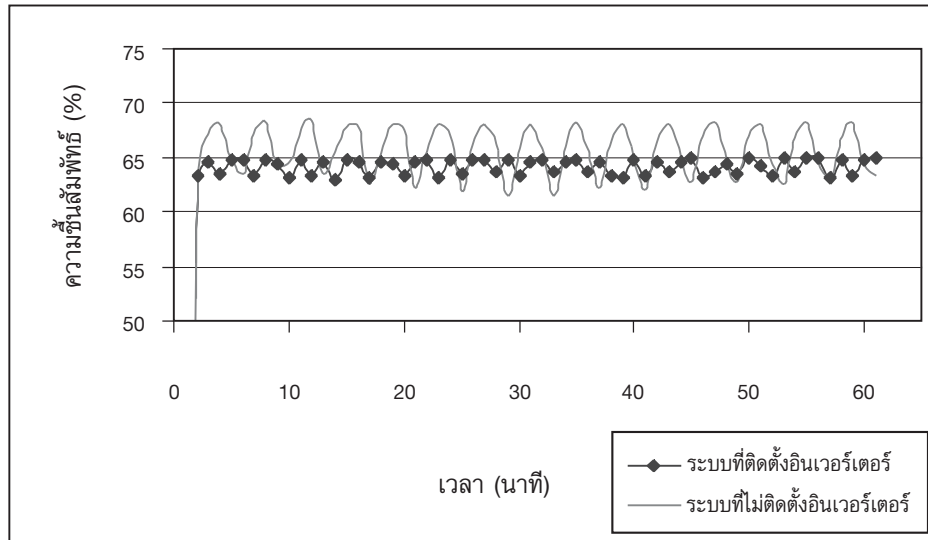
2.2 ระบบที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งสิ้น 1.75 กิโลวัตต์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทดสอบที่ 4 ชั่วโมง และสามารถคิดการใช้ไฟฟ้าต่อ 1 ชั่วโมง จะได้ 0.437 กิโลวัตต์/ชม. ดังนั้นเมื่อขยายเส้นกราฟแล้วจะได้ดังรูป 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงสภาวะการทำงานของระบบที่ได้จากการทดสอบ

ดังนั้นจากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าระบบมีภาระโหลดการทำความเย็นมากเกินไปกว่าค่าที่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การทำงานของระบบช่วงอุณหภูมิขึ้นและลงมีค่าใกล้เคียงกัน และส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากความร้อนสัมผัสที่รั่วไหลเข้าสู่ระบบ 530 วัตต์ ซึ่งเมื่อรวมกับปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบแล้วมีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยทั่วไปแล้วเครื่องปรับอากาศไม่ได้ออกแบบมาให้ทำงานที่ภาระร้อยละ 50 หรือที่ภาระการทำงานเต็มที่ จากขีดความสามารถการทำความเย็นสุทธิสูงสุด

## 4.2 ผลการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์



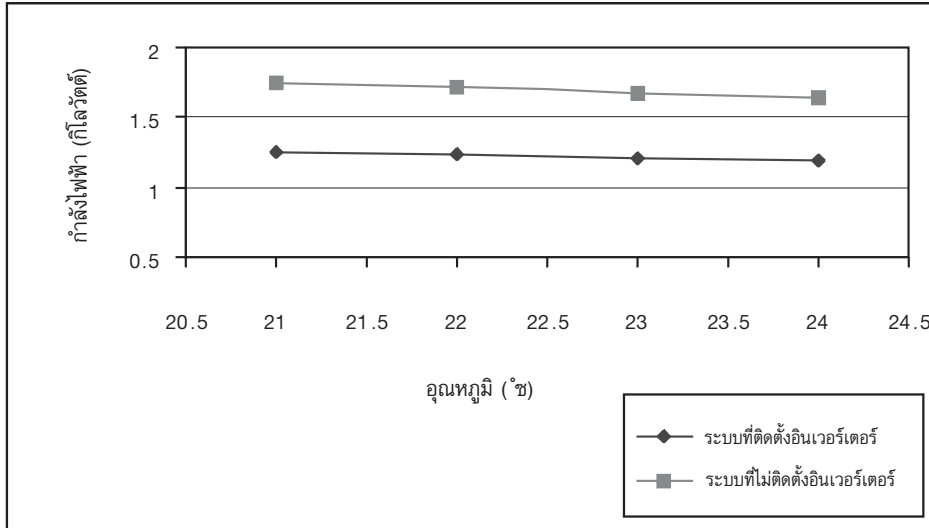
**รูปที่ 6** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ทดสอบกับความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดให้คงที่ตามสภาวะการปรับอากาศ โดยเปรียบเทียบกับระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับระบบตามบ้านเรือนทั่วไป

จากความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ทดสอบกับความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์จะสามารถควบคุมสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ได้ดีกว่าระบบตามบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เส้นความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบนั้นจะต้องสอดคล้องกับอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์ โดยที่ช่วงระยะห่างการขึ้นและลงของอุณหภูมิจะเป็นไปตามปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ หรือสามารถอธิบายสภาวะการควบคุมให้คงที่ได้ดังนี้ เมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานในช่วงระยะเวลานั้นๆ แต่ไม่ใช่ที่ภาระการทำงานเต็มที่ สารทำความเย็นภายในระบบยังคงมีการไหลเวียนอยู่ตลอดระยะเวลาการทำงานและไหลออกจาก Expansion valve ที่ความดันต่ำและอุณหภูมิสารทำความเย็นลดลงอย่างมาก เนื่องจากผลของการ throttling (Throttling) ซึ่งสารทำความเย็นเกิดการระเหยโดยได้รับเอนทัลปีจากอากาศและในทางเดียวกันอากาศที่ไหลออกจากคอยล์จะเย็นลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเดิม ไอน้ำในอากาศจะกลั่นตัวกลายเป็นน้ำเหลวตลอดเวลาการทำงาน of ระบบ ซึ่งน้ำเหลวเป็นส่วนหนึ่งของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในการปรับอากาศจึงสามารถควบคุมสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ได้ดีกว่าระบบเดิมที่มีใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป

2. เส้นความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบนั้นจะต้องสอดคล้องกับอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์ โดยที่ช่วงระยะห่างการขึ้นและลงของอุณหภูมิจะเป็นไปตามภาระโหลดที่ป้อนให้กับระบบ

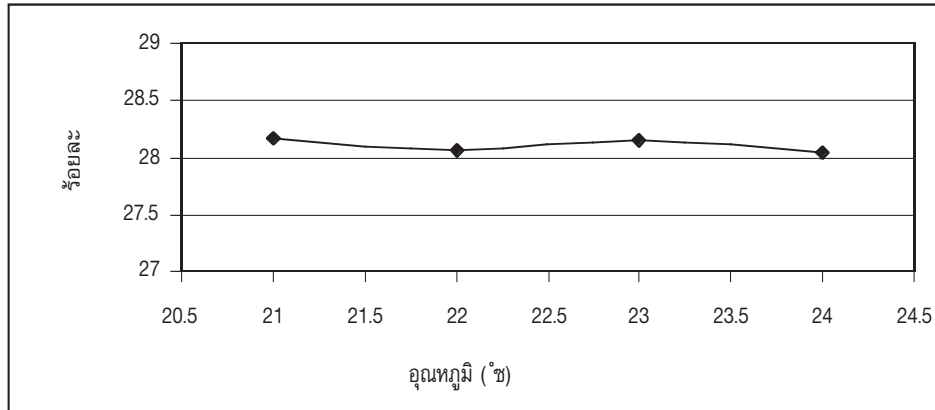
### 4.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์กับกำลังไฟฟ้า



**รูปที่ 7** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์กับพลังงานที่ใช้ไป โดยเปรียบเทียบกับระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับระบบตามบ้านทั่วไป

จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์กับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป จะเห็นได้ว่าระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์จะใช้พลังงานน้อยกว่าระบบตามบ้านเรือนทั่วไปหรือสามารถประหยัดได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 28 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ในการประหยัดพลังงานนี้จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งถ้าป้อนปริมาณความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงมากเกินไปเกินกว่าร้อยละ 25 จากขีดความสามารถทำความเย็นสุทธิสูงสุดที่ 12,000 BTU/h แล้วจะส่งผลให้การประหยัดพลังงานต่ำลงเพราะระบบต้องใช้การระเหิดในการทำความเย็นสูงขึ้น จึงส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีมากขึ้น

#### 4.4 การประหยัดพลังงานที่อุณหภูมิลมเข้าแฟนคอยล์ที่ค่าต่างๆ



**รูปที่ 8** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์กับร้อยละในการประหยัดพลังงาน

จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมกลับก่อนเข้าแฟนคอยล์กับร้อยละในการประหยัดพลังงานตามเงื่อนไขการทดสอบที่อุณหภูมิ 21-24 °C นั้นจะเห็นได้ว่าร้อยละของการประหยัดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันคือร้อยละ 28 สำหรับความแตกต่างที่เกิดขึ้นและร้อยละที่มากหรือน้อยนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนปริมาณความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงเข้าสู่ระบบ เพื่อใช้ในการทดสอบ เพราะถ้าป้อนปริมาณความร้อนสัมผัสมากจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานนานขึ้น ทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น
2. ความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ระบบจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อดึงความร้อนส่วนนี้ออกเพื่อรักษาอุณหภูมิห้องตามที่ต้องการ
3. การควบคุมระดับอุณหภูมิในช่องว่างโดยรอบของห้องทดสอบเป็นไปตามเงื่อนไขการทดสอบหรือไม่
4. การควบคุมระดับอุณหภูมิภายในห้อง Outdoor Chamber Room อยู่ในสภาวะเดียวกันตลอดการทดสอบทั้ง 4 สภาวะหรือไม่ ในทางปฏิบัติควรควบคุมให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน
5. อัตราการประจุสารทำความเย็นอยู่ในสภาวะเดียวกันหรือไม่ เพราะถ้าหากสภาวะต่างกันจะไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้

#### 4.5 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรายปีของเครื่องปรับอากาศแบบที่มีใช้ทั่วไป ซึ่งมีขีดความสามารถในการทำควมเย็นสูงสุดที่ 12,000 BTU/h เปรียบเทียบกับกรณีติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพิ่มเข้าไปในระบบเครื่องปรับอากาศ เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อขับคอมเพรสเซอร์ โดยมีสมมติฐานที่ใช้ในการประเมินดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ตารางเปรียบเทียบเพื่อใช้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรายปีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน กรณีที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์กับเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไป

รายละเอียด	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป	
	กรณีไม่มีอินเวอร์เตอร์	กรณีมีอินเวอร์เตอร์
1. ต้นทุนในการสร้างอินเวอร์เตอร์ (บาท)	-----	6,000
2. ต้นทุนของเครื่องปรับอากาศแบบเฟสเดียว (บาท)	11,000	11,000
3. มูลค่าซากคิดเป็นร้อยละ 10 ของต้นทุนเครื่องในข้อที่ 1, 2 (บาท)	1,100	1,100
4. ค่าบำรุงรักษารายปีคิดเป็นร้อยละ 5 ของต้นทุนในข้อ 1, 2 (บาท)	550	850
5. อัตราดอกเบี้ยรายปี (ร้อยละ)	8	8
6. อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ (ปี)	10	10
7. ราคากำลังไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท)	3	3
8. ระยะเวลาในการทำงาน (วัน/ปี)	292	292
9. เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (ชั่วโมง)	4	4
10. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลวัตต์)	2.61	1.88
11. อุณหภูมิภายในห้องอีวาโปเรเตอร์ (°ซ.)	21	21
12. อุณหภูมิภายในห้องคอนเดนเซอร์ (°ซ.)	30	30
13. ความร้อนสัมผัสที่ป้อน (วัตต์)	1,000	1,000
14. ความร้อนแฝง (วัตต์)	220	220

ในที่นี้ตั้งสมมติฐานว่ามีการใช้เครื่องปรับอากาศภายใน 1 วัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตามตารางที่ 3

### ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

รายละเอียด	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป	
	กรณีไม่มีอินเวอร์เตอร์	กรณีมีอินเวอร์เตอร์
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	10.44	7.5
2. คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อวัน (บาท)	31.32	22.50
3. คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)	939.60	675.00
4. คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท/เดือน)		264.60

มีจุดคุ้มทุนที่ 1.13 ปี

## 5. สรุป

5.1 จากการศึกษา พบว่า ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ช่วยให้ อุณหภูมิของอากาศภายในห้องคงที่และสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ได้ดีกว่าระบบที่มีใช้อยู่ทั่วไป

5.2 ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าดีกว่าระบบที่มีใช้อยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป

## 6. เอกสารอ้างอิง

1. Maseekuk, M., Arungsisangchai, I., and Shirakawa, I., 1998, "Novel Three Phase Motor-driven Reciprocating Compressor with SPWM Inverter for Small Air Sonditioner," *Circuits and Systems, IEEE APCCAS* , pp. 24-27.
2. Yang, K. H. and 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, pp. 357-365.
3. Chaturved, S. K., Chen, D. T., and Kheireddine, A., 1996, "Thermal Performance of a Variable Capacity Direct Expansion Solar-Assisted Heat Pump," *Energy Conversion and Management an International Journal*, Vol. 39, No. 3/4, pp. 181-191.
4. Zubair, S., Bahel, V., and Arshad, M., 1988, "Capacity Control of Air-Conditioning Systems by Power Inverters," *Energy Conversion and Management*, Vol. 14, No. 3, pp. 141-151.
5. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1155-2536, เครื่องปรับอากาศสำหรับห้องแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ