การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22
15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

# การประยุกต์ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กเชื้อเพลิง LPG ขับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

# The Application of LPG Engine to Run Air Conditioner Compressor

นุภาพ แย้มไตรพัฒน์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ 10530
โทร 02-9883655 ต่อ 241 อีเมล์ nuparby@yahoo.com

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการทดลองการนำเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กใช้เชื้อเพลิง LPG (Liquefied Petroliam Gas) ขับคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็น ภายในห้องทดสอบขนาดพื้นที่ 2 x 3 $m^2$ เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ ยี่ห้อ Honda 1 สูบ ทำงาน 4 จังหวะ ขนาดความจุกระบอกสูบ 100 cc ดัดแปลงใช้เชื้อเพลิง LPG ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบขับคอมเพรสเซอร์คือ 900, 1,100, 1,300 และ 1,500 rpm ตามลำดับ ผลการทดลองสรุปได้ว่า หากต้องการทำความเย็นขนาด 1 ตันต้องใช้ความเร็วรอบ 900 rpm ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) เท่ากับ 2.04 งานที่ให้แก่คอมเพรสเซอร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น แต่เวลาที่ใช้ในการดึงความร้อนออกจากห้องเพื่อลดอุณหภูมิจะน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อชั่วโมงกับเครื่องปรับอากาศขนาดเดียวกันที่ใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า สูงกว่าประมาณ 1.5 เท่า ประโยชน์ของงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในสถานที่ไม่มีไฟฟ้าใช้หรือมีปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ

**Abstract**

This paper presents the experimental results of using small LPG (Liquefied Petroleum Gas) engine to run one ton air conditioner compressor. The experiment was carried out in a 2x3 $m^2$ confined unit. The compressor was powered by a 100cc honda, four-strokes, one-cylinder engine, which was modified to use LPG.. Air-conditioner compressor was tested with the LPG engine runing at 900, 1100, 1300 and 1500 rpm. The results show that the LPG engine running at 900 rpm can produce one ton of refrigeration with a COP of 2.04. The work input for compressor increases with the engine rev. Nevertheless, at higher rev, less time is required to extract heat from the experimental unit. In term of power consumption (energy cost per hour), the compressor powered by LPG engine has 1.5 times more consumption rate than those driven by electricity. Therefore, running air conditioner compressor with LPG engine may only be suitable for the remote area where electricity is not available.

## 1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์พลังงานที่เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน เนื่องจากเมืองไทยเป็นเมืองร้อนชื้น จึงมีความจำเป็นต้องมีการปรับอากาศให้เกิดสภาวะสบายเชิงความร้อนคือ ควบคุม อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วอากาศ ให้เหมาะสม [1] ดังนั้นไม่ว่าจะอยู่บ้านหรือสถานที่ทำงานจึงต้องใช้เครื่องปรับอากาศ หรือแม้แต่ห้างสรรพสินค้าทั้งขนาดเล็กและใหญ่ก็ต้องใช้ระบบปรับอากาศและทำความเย็นในการเก็บรักษาสินค้า ดังนั้นตัวเลขสัดส่วนการใช้ พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศในอาคารจึงสูงมากกว่า 60-70% เลยทีเดียว

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและทำความเย็นนอกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดเท่าที่จำเป็นแล้ว ยังมาจากวิธีการติดตั้งที่ถูกต้องและการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังมาจากการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนเช่นการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์กับระบบทำความเย็นแบบดูดซึม [2] เป็นต้น

การใช้พลังงานไฟฟ้ากับระบบปรับอากาศนั้นอาจมองข้อดีในแง่ความสะดวก แต่ที่จริงแล้วในภาพรวมเป็นการใช้พลังงานที่ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานต้นกำลังจากนั้นต้องเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกลในเทอร์ไบน์เพื่อขับเจเนอเรเตอร์แล้วจึงเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งไปใช้งาน แต่ละขั้นตอนการเปลี่ยนรูปพลังงานดังกล่าวย่อมมีการสูญเสียเกิดขึ้น ดังนั้นการใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงผ่านเครื่องยนต์เพื่อสร้างงานกลขับคอมเพรสเซอร์เครื่องทำความเย็นโดยไม่ต้องสร้างพลังงานไฟฟ้า จึงเป็นแนวทางที่ลดการสูญเสียพลังงานได้ ในปัจจุบันจึงมีแนวคิดการนำเอาเครื่องยนต์มาใช้ขับเครื่องอัดไอโดยตรง โดยงานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สูบเดียวเป็นต้นกำลังในการขับคอมเพรสเซอร์

เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ [3] โดยที่ระบบดังกล่าวสามารถทำความเย็นได้เท่ากับระบบแบบเดิมแต่ต้นทุนในการสร้างและปรับปรุงระบบสูงและกว่าจะถึงจุดคุ้มทุนต้องใช้เวลาประมาณ 3 ปี ปัญหาของการใช้ก๊าซชีวภาพ คือเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำและต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตยาวนาน ส่วนข้อดีคือสามารถผลิตได้เองด้วยวิธีธรรมชาติและต้นทุนพลังงานต่ำมาก

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการนำเครื่องยนต์เล็กสูบเดียวมาขับคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศโดยใช้ก๊าซหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas หรือ LPG) เป็นเชื้อเพลิงต้นกำลัง เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและมีความสะดวกในเรื่องการจัดเก็บหรือเคลื่อนย้าย และเพื่อเป็นการสร้างทางเลือกใหม่แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถนำไปใช้งานในสถานที่ๆขาดแคลนไฟฟ้าหรือมีปัญหาในระบบจ่ายไฟฟ้า โดยทำการทดสอบระบบปรับอากาศที่มีขนาดการทำความเย็นเท่ากับ 1 ตันความเย็นภายในห้องทดสอบ เพื่อหาอัตราการทำความเย็นและสมรรถนะการทำความเย็นที่ความเร็วรอบเครื่องต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้า

## 2. ทฤษฎี

### 2.1 คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว, LPG

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือก๊าซหุงต้มได้จากการกลั่นน้ำมันดิบหรือจากการแยกก๊าซธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งจะประกอบด้วย โพรเพน โพรพิลีน บิวเทน และบิวทิลีน มีอัตราส่วน โพรเพน ($C_3H_8$) ต่อ บิวเทน ($C_4H_{16}$) = 40 : 60 จนถึง 70 : 30 เนื่องจาก LPG ในสภาพก๊าซไม่มีสีไม่มีกลิ่นโดยทั่วไปจึงเติมกลิ่นด้วย Ethylmercaptane เพื่อเตือนให้ทราบเมื่อเกิดการรั่วของก๊าซ คุณสมบัติต่างๆมีดังนี้

-ความถ่วงจำเพาะ

LPG หนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซเข้าในบรรยากาศ ก๊าซจะกระจายลงสู่ที่ต่ำไปตามพื้นเสมอ มีความถ่วงจำเพาะแยกเป็น

- น้ำหนักโพรเพน : อากาศ = 1.5: 1
- น้ำหนักบิวเทน: อากาศ = 2: 1

ความถ่วงAPI ที่ 15.5 C° เมื่อเทียบกับน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

- น้ำหนักโพรเพน : น้ำ = 0.51: 1
- น้ำหนักบิวเทน: น้ำ = 0.58: 1

แต่เมื่อเป็นของเหลวความถ่วงจำเพาะของLPG จะมากกว่าน้ำ

-จุดเดือด

โพรเพนมีจุดเดือด -42 C° ที่ความดัน 4 atm บิวเทนมีจุดเดือด -0.5 C° ที่ความดัน 1 atm ดังนั้นที่อุณหภูมิแวดล้อมและความดันบรรยากาศ LPG จะมีสถานะเป็นก๊าซ ความดันที่จะทำให้โพรเพนเป็นของเหลวที่ 15.5 C° คือ 7 atm และเมื่อ LPG เหลวกลายเป็นก๊าซปริมาตรจะเพิ่มขึ้น 230 – 270 เท่า

- อุณหภูมิจุดติดไฟ

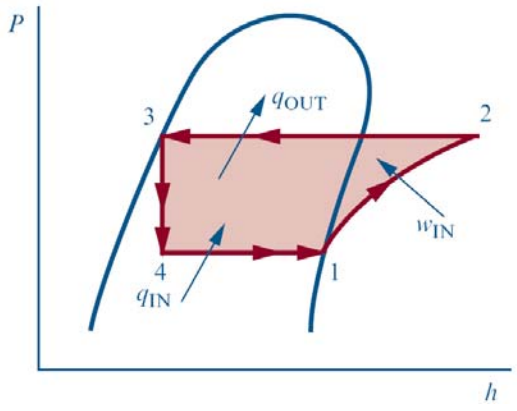
อุณหภูมิจุดติดไฟอยู่ในช่วง 400 – 450 C° ซึ่งค่อนข้างสูงจึงไม่ใช่เชื้อเพลิงติดไฟง่ายมีอุณหภูมิเปลวไฟสูงจึงสามารถใช้ในอุตสาหกรรมหลอมเหล็ก เซรามิค และนำมาเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ทั่วไป สำหรับการนำมาใช้ในเครื่องยนต์จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เสริมเช่นหม้ออุ่นก๊าซให้ก๊าซมีอุณหภูมิที่เหมาะสมและจุดติดง่ายขึ้น

- ค่าความร้อนเชื้อเพลิง

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงสุทธิ 26.62 MJ/L [4]

### 2.2 ระบบการทำความเย็นและปรับอากาศ

วัฏจักรทำความเย็น (Refrigeration cycle) ที่เป็นหลักการของระบบปรับอากาศถือเป็นวัฏจักรปั๊มความร้อนที่ดึงความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิสูงไปทิ้งที่แหล่งอุณหภูมิต่ำซึ่งวัฏจักรนี้จะเป็นการกระทำที่ย้อนวัฏจักรความร้อน ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ววัฏจักรแบบนี้จำเป็นต้องใช้สารทำงานที่มีจุดเดือดต่ำจึงมักเรียกกันว่า “วัฏจักรกดดันไอ” ซึ่งไอของสารทำงานจะถูกอัดที่คอมเพรสเซอร์ (compressor) จนกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่งจากนั้นจะถูกส่งไปในคอนเดนเซอร์ (condenser) เพื่อเปลี่ยนจากไอร้อนยิ่งยวดเป็นของเหลวที่อุณหภูมิเดียวกัน แล้วจึงถูกส่งเข้าไปในวาวล์ขยายตัว (expansion valve) เพื่อลดความดันและอุณหภูมิลงเป็นอุณหภูมิต่ำ จากนั้นของเหลวความดันต่ำจะถูกส่งไปในอีวาพอเรเตอร์ (evaporator) เพื่อดึงความร้อนในระบบออกจนสารทำงานกลายเป็นไอทั้งหมดแล้วจึงถูกส่งไปอัดอีกครั้งในคอมเพรสเซอร์ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (vapor-compression) พื้นฐานนี้ประกอบไปด้วย 4 กระบวนการ บนแผนภาพ P-h ไดอะแกรม (รูปที่ 1) ดังนี้




รูปที่ 1 แผนภาพความดัน-เอนทัลปี ของวัฏจักรทำความเย็น

**กระบวนการ 1-2** เป็นขบวนการอัดตัวสารทำความเย็นแบบไอเซนโทรปิค โดยเครื่องอัด (compressor) จากไออิ่มตัวจนมีความดันเท่ากับความดันกลั่นตัว (condensing pressure) ที่ทางออกเครื่องอัด สารทำความเย็นจะอยู่สถานะ superheated

**กระบวนการ 2-3** เป็นขบวนการคายความร้อนที่ความดันคงที่แบบผันกลับได้ ซึ่งจะเป็นการลดอุณหภูมิ และเกิดการกลั่นตัวของสารทำความ

เย็น ซึ่งเป็นการคายความร้อนทิ้งที่แหล่งอุณหภูมิสูงที่อุปกรณ์เรียกว่า คอนเดนเซอร์ (condenser)

**กระบวนการ 3-4** เป็นขบวนการขยายตัวของสารทำความเย็นที่เอนทัลปีคงที่ ในอุปกรณ์ ทรอตทริ่ง (throttling device) จากสภาพของเหลวอิ่มตัวจนมีความดันเท่ากับความดันระเหย (evaporation pressure) ของสารทำความเย็น สถานะสารทำความเย็นตอนนี้เป็นของผสม

**กระบวนการ 4-1** เป็นขบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่แบบผันกลับได้กลับได้ ซึ่งจะเป็นการทำให้สารทำความเย็นเดือดจนเป็นไออิ่มตัว และเป็นการดึงความร้อนที่แหล่งอุณหภูมิต่ำไป ที่อุปกรณ์เรียกว่า เครื่องระเหย (evaporator)

การคำนวณหาค่างานและความร้อนแต่ละกระบวนการมีดังนี้ [5,6]

- งานในการอัดตัว ($w_{comp}$) มีหน่วยเป็น kJ/kg. เท่ากับการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีในกระบวนการ 1-2 เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$w_{comp} = h_2 - h_1 \quad (1)$$

- ความร้อนที่ถูกระบายทิ้ง ($q_{cond}$) มีหน่วยเป็น kJ/kg. คือความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกจากสารทำความเย็นในกระบวนการ 2-3 ที่คอนเดนเซอร์ เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$q_{cond} = h_2 - h_3 \quad (2)$$

- ความร้อนที่ระบบดูดกลืนเข้ามา ($q_{evap}$) หรือเรียกว่า ผลของการทำความเย็น (Refrigerating Effect, R.E.)ค่าของ Refrigerating Effect ในหน่วย kJ/kg. ก็คือ ความร้อนที่ถ่ายเทในกระบวนการ 4-1 เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$q_{evap} = RE = h_1 - h_4 \quad (3)$$

ค่า *R.E.* เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากกระบวนการนี้เป็นกระบวนการในการเกิดการทำความเย็นของระบบ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สูงสุดของทั้งระบบ เมื่อนำอัตราการไหลของสารทำความเย็นในระบบ (หน่วย kg/s) มาคูณกับค่า Refrigerating Effect. (RE) จะเรียกว่า ขนาดของการทำความเย็น (Refrigerating Capacity, RC) หน่วยเป็น kW สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$RC = \dot{m} RE = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (4)$$

- สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

ค่า *COP* ของวัฏจักรทำความเย็นหมายถึงอัตราส่วนของสิ่งที่ต้องการได้รับจากระบบกับสิ่งที่เราต้องจ่ายให้กับระบบ ซึ่งเท่ากับปริมาณความร้อนที่ระบบดูดกลืนเข้าหรือความร้อนที่ต้องการดึงออกมามาหารด้วยงานที่ให้แก่คอมเพรสเซอร์ สมการคือ

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

ความสามารถในการดึงความร้อนออกจากห้องที่เย็นของเครื่องปรับอากาศหรือทำความเย็นจะบอกเป็น ขนาดการทำความเย็นในเทอมของตันความเย็น คือ เครื่องทำความเย็นขนาด 1 ตัน หมายถึงเครื่องทำความเย็นที่สามารถทำให้น้ำ 1 ตัน แข็งตัวเป็นน้ำแข็งได้ในเวลา 24 ชั่วโมง หรือเทียบเป็นหน่วยอังกฤษคือ ต้องใช้การดึงความร้อนแฝงออกจากน้ำ 288,000 Btu/day (1 ton = 12000 BTU/h = 3.518 kW)

**3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง**

การทดลองใช้ห้องทดสอบขนาดพื้นที่ 2 x 3 $m^2$ (รูปที่ 2) ติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน(รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1) สารทำความเย็นที่ใช้เป็น R-22 โดยนำมาดัดแปลงในส่วนของคอมเพรสเซอร์ชนิดที่ใช้ในรถยนต์ ในส่วนของพัดลมที่คอยล์เย็นและคอยล์ร้อนใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ เครื่องยนต์ที่ใช้ขับนำมาจากเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์สูบเดียว 4 จังหวะ ยี่ห้อ Honda รุ่น Dream ขนาดเครื่องยนต์ 100 cc ต่อผ่านชุดส่งกำลังด้วยสายพานอัตราทดระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์: ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ เท่ากับ 2:1 การติดตั้งแสดงในรูปที่ 3 สำหรับเครื่องยนต์ได้มีการดัดแปลงให้สามารถใช้กับก๊าซ LPG ได้โดยเพิ่มอุปกรณ์หม้อต้มและวาวล์ควบคุม สำหรับเครื่องมือวัดอื่นๆ ได้แก่ เกจวัดความดัน, เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และความชื้นอากาศ, เครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ และเครื่องชั่งน้ำหนักก๊าซ

รูปที่ 2 ห้องที่ใช้ทำการทดลอง

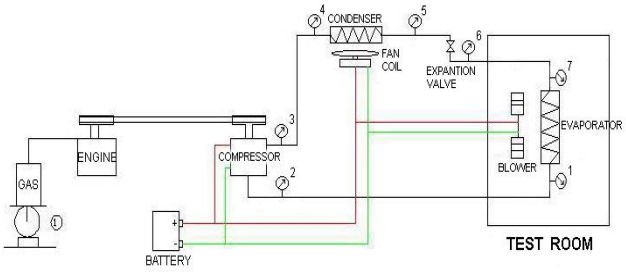
ตารางที่ 1 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดลอง

| เครื่องปรับอากาศ | รายละเอียด |
|---|---|
| ยี่ห้อ | Mitsubishi |
| รุ่น | MU-S131W |
| ขนาด(BTU/h) | 12648 |
| COP | 3.35 |

รูปที่ 3 การติดตั้งเครื่องยนต์ขับคอมเพรสเซอร์

การติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดแสดงในรูปที่ 4 โดยที่ หมายเลข 1 ถึง 7 คือ จุดที่วัดความดันของสารทำความเย็น R-22 ในระบบปรับอากาศ

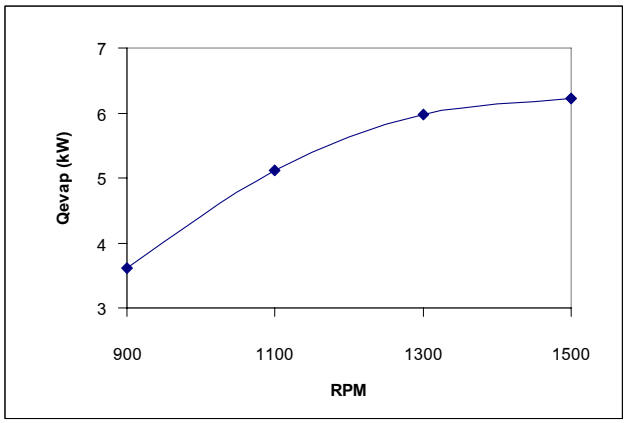
วิธีการทดลอง จะทำการทดลองเดินเครื่องยนต์ที่ ความเร็วรอบต่างๆกันคือ 900, 1100, 1300 และ 1500 รอบต่อนาทีตามลำดับ ที่แต่ละความเร็วรอบจะทำการตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของระบบเช่นความดัน และอุณหภูมิ เพื่อนำไปหาค่า ความร้อนที่ถูกดึงที่คอยล์เย็น, ค่ากำลังที่คอมเพรสเซอร์, สัมประสิทธิ์สมรรถนะ และอัตราการใช้เชื้อเพลิง



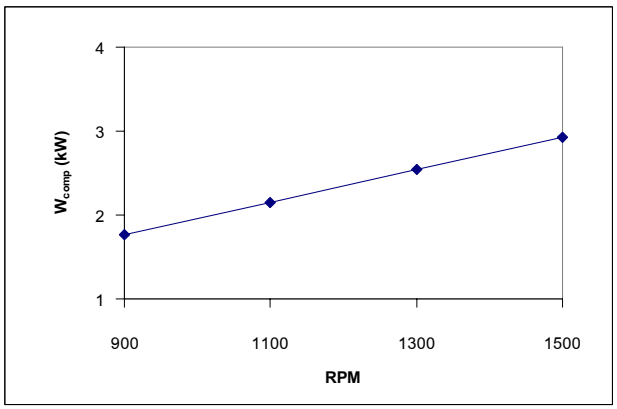

รูปที่ 4 แผนภาพของระบบทั้งหมดสำหรับการทดลอง

**4. ผลการทดลอง**

ผลของค่าการดึงความร้อนออกจากห้อง ($Q_{evap}$) ที่ความเร็วรอบต่างๆ นั้น (รูปที่ 5) พบว่า อัตราการดึงความร้อนเพิ่มจะขึ้นตามความเร็วรอบที่เปลี่ยนไป ในช่วงความเร็วรอบ 900 ถึง 1300 RPM นั้นมีอัตราการเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก เนื่องจากอัตรการไหลของสารทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น มีผลโดยตรงกับอัตราการทำความเย็น ส่วนความดันของสารทำความเย็นทั้งด้านสูงและต่ำที่ตรวจวัดได้พบว่า มีค่าไม่ต่างกันมากนักในแต่ละความเร็วรอบ (ความดันด้านสูงเฉลี่ยประมาณ 230 psi ด้านต่ำประมาณ 75 psi) จากนั้นอัตราการทำความเย็นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยถึงรอบที่ 1500 RPM การที่อัตราการเพิ่มของการทำความเย็นเริ่มน้อยลงอาจเป็นเพราะขีดจำกัดของขนาดคอยล์เย็น จากการทดลองนี้สรุปว่าที่ความเร็วรอบ 900 RPM ให้อัตราการทำความเย็น 3.61 kW ใกล้เคียงกับที่ต้องการคือ 1 ตันความเย็น ส่วนในด้านของการป้อนงานที่คอมเพรสเซอร์ที่ความเร็วรอบ 900 RPM ใช้งานน้อยที่สุด (รูปที่ 6) จากนั้นความต้องการงานจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นจนถึงที่ 1500 RPM การเพิ่มงานที่คอมเพรสเซอร์จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น ในรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ต่างๆ ที่ช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ 900 ถึง 1100 RPM อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นเริ่มสูงที่ความเร็วรอบสูงกว่า 1100 RPM ขึ้นไป ซึ่งสังเกตุจากลักษณะความชันของเส้นกราฟ




รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดึงความร้อนออกจากห้องกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

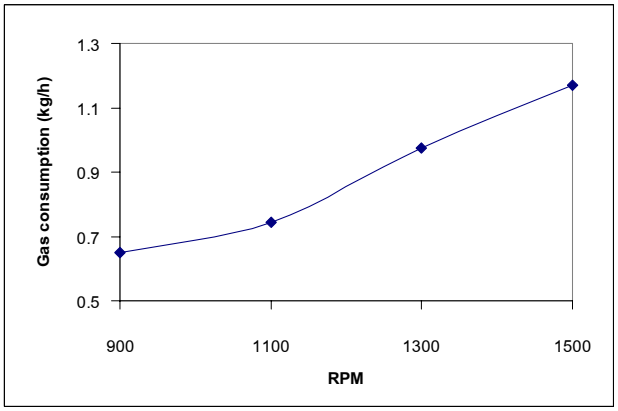



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่างานที่คอมเพรสเซอร์กับความเร็วรอบเครื่องยนต์

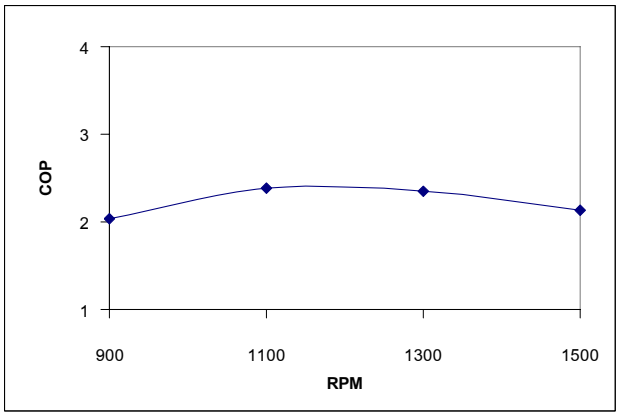
ผลการทดลองของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ในรูปที่ 8 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมีค่าใกล้เคียงกันทุกความเร็วรอบ โดยค่าสูงสุดที่1100 RPM ประมาณ 2.38 แนวโน้มเริ่มลดลงทีละน้อยหลังจากความเร็วรอบนี้ขึ้นไป เนื่องจากอัตราไหลสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นแต่อัตราการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์คงที่ การที่ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะใกล้เคียงกันเนื่องจาก ผลของการเพิ่มความเร็วรอบนั้นได้เพิ่มค่าอัราการทำความเย็นและในขณะเดียวกัน งานที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ป้อนให้คอมเพรสเซอร์นั้นจะเพิ่มตามความเร็วรอบที่สูงขึ้น

เช่นกัน [7] ตัวแปรทั้งสองนี้มีผลต่อการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะโดยตรง

รูปที่ 9 แสดงผลการทดลองเวลาที่ต้องการใช้ลดอุณหภูมิอากาศในห้อง จาก 28°C จนเป็น 25 °C และ 23 °C เปรียบเทียบกันแต่ละความเร็วรอบเครื่องโดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงจะใช้เวลาสั้นลงในการลดอุณหภูมิตามต้องการ เนื่องจากอัตราการทำความเย็นมีค่ามากนั่นเอง แต่อัตราการเพิ่มงานในคอมเพรสเซอร์จะสูงขึ้นและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง LPG จะสูงตามไปด้วยเช่นกัน ที่ความเร็วรอบ 900 RPM ใช้เวลามากที่สุดในการลดอุณหภูมิให้ได้ 25 °C คือประมาณ 10 นาที

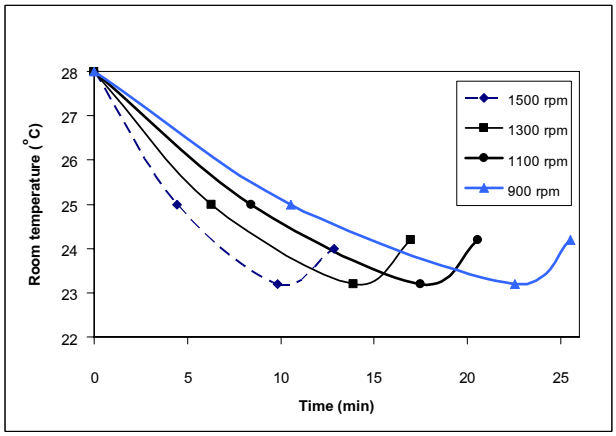



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซกับความเร็วรอบเครื่องยนต์




รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า COP กับความเร็วรอบเครื่องยนต์

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานระหว่างใช้ก๊าซกับใช้ไฟฟ้ากับเครื่องปรับอากาศปกติในรุ่นและขนาดเดียวกัน ในตารางที่ 2 เมื่อคิดค่าไฟฟ้าที่ 2.55 บาท/หน่วย เปิดเครื่องปรับอากาศวันละ 8 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 3.75 บาท/ชั่วโมง (ข้อมูลจากผู้ผลิต) ในกรณีใช้ก๊าซเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบ 900 RPM ค่าใช้จ่ายประมาณ 5.67 บาท/ชั่วโมง (ราคาก๊าซ 9.89 บาท/kg เมื่อ14/10/2550) ซึ่งแพงกว่าการใช้ไฟฟ้าประมาณ 1.5 เท่า




รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องที่ลดลงกับ เวลาที่ใช้ในการปรับอากาศ

ตารางที่ 2 ตารางการเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายพลังงาน

| รูปแบบของเครื่องปรับอากาศ | ราคาของพลังงาน (บาท/ชม.) |
|---|---|
| แบบใช้พลังงานไฟฟ้า | 3.75 |
| แบบใช้เครื่องยนต์ก๊าซ LPG | |
| ที่ 900 RPM | 5.67 |
| ที่ 1100 RPM | 6.10 |
| ที่ 1300 RPM | 7.46 |
| ที่ 1500 RPM | 8.16 |

## 5. สรุปผลการทดลอง

การทดลองใช้เครื่องยนต์เล็กใช้ก๊าซ LPG ขับคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศในการทดลองนี้ พบว่าหากเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 900 RPM มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ขนาดการทำความเย็น 3.61 kW ซึ่งใกล้เคียง 1 ตันความเย็นตามที่ต้องการ ค่า COP เท่ากับ 2.04 และเป็นจุดที่ให้งานกับคอมเพรสเซอร์ในอัตราต่ำที่สุด มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซ 0.65 kg/h คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 5.67 บาท/ชม. ซึ่งแพงกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศขนาดเดียวกันอยู่ประมาณ 1.5 เท่า แนวทางการปรับปรุงเพื่อให้ค่าใช้จ่ายถูกลงก็คือต้องออกแบบระบบให้เครื่องยนต์สามารถหยุดทำงานได้ชั่วขณะเมื่ออุณหภูมิห้องได้ค่าตามที่เซ็ตไว้ จะช่วยให้ประหยัดก๊าซได้มาก ดังนั้นการนำไปใช้อาจพิจารณาถึงความจำเป็นและความเหมาะสมกับสภาพของงาน ตัวอย่างเช่นสถานที่ไม่มีไฟฟ้าหรือมีปัญหาในระบบการจ่ายไฟที่ไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะงานในภาคสนาม

## เอกสารอ้างอิง


1. Yamtraipat, N., Khedari, J. and Hiranlahb, J., 2005, Thermal Comfort Standards for Air-Conditioned Buildings in Hot and Humid Thailand Considering Additional Factors of

Acclimatization and Education Level", Solar Energy, Vol.78, pp. 504-517.

2. Anyanwu, E.E., and Ezekwe, C.I., 2003, Design, construction and test run of a solid adsorption solar refrigerator using activated carbon/methanol,as adsorbent/adsorbate pair, Energy Conversion and Management, Vol.44, pp. 2879–2892
3. ประเทือง ฝั้นแก้ว และ เดช ดำรงศักดิ์, 2548, เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์ชีวภาพ, เอกสารการสัมนาเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19, จ.ภูเก็ต,19-21 ตุลาคม 2548, หน้า 21-26
4. รายงานการใช้พลังงานของประเทศไทย พ.ศ. 2547, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
5. Cengel, Y.A., and Boles, M.A., 2003, Thermodynamics, 4 th edition, McGraw-Hill, Boston.
6. Stoecker, W.F.and Jones, J.W., 1998, Refrigeration and Air Conditioning, 2nd edition, McGraw-Hill,
7. กชกร ศรีชมพันธ์, 2549, การศึกษาเครื่องยนต์เล็กสูบเดียวใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

.