สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

Optimal Operating Condition of Vapor - Compression Air – Conditioning System Driven by Biogas-Fueled Internal Combustion Engine

ประเทือง ฝั้นแก้ว[1] เดช ดำรงศักดิ์[2] ตะวัน สุจริตกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200 ประเทศไทย
โทร. 053-944146 ต่อ 964 โทรสาร. 053-944145 E-mail: Prataeng@maildozy.com[1] , det@dome.eng.cmu.ac.th[2]

Prateang Funkaew[1] Det Damrongsak[2] Thawan Sucharitakul
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Rd, Maung, Chiang Mai 50200 Thailand
Tel: 053-944146 Ext. 964 , Fax: 053-944145 , E-mail: Prateang@maildozy.com[1] , det@dome.eng.cmu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ โดยนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์แก๊สโซลีนยี่ห้อ Honda รุ่น Sonic เพื่อเป็นต้นกำลังขับเครื่องปรับอากาศรถยนต์ โดยใช้ Venturi mixer gas ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศแทนคาร์บูเรเตอร์ การศึกษาวิจัยถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรก ทดสอบหากราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ผลการทดสอบที่ลิ้นเร่งเปิด 100 %ได้กำลังสูงสุด 1.34 kW ที่ 4000 rpm แรงบิดสูงสุด 3.8 N.m ที่ 3000 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 1.15 m^3/kW.h ที่ 3000 rpm ในส่วนที่สองทดสอบหากราฟสมรรถนะของระบบปรับอากาศรถยนต์ ได้ผลการทดสอบ คือ ได้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) สูงสุด 11.2 ที่คอมเพรสเซอร์หมุนที่ความเร็วรอบ 400 rpm และ ได้ COP เท่ากับ 7.25 ที่คอมเพรสเซอร์หมุนที่ความเร็วรอบ 923 rpm เมื่อมีอัตราดึงความร้อนของอีแวปอเรเตอร์ 3517 Watt (1 ตันความเย็น)

เมื่อนำเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพมาขับคอมเพรสเซอร์ของระบบแบบอัดไอที่ขนาด 1 ตันความเย็น ระบบปรับอากาศจะทำงานในสภาวะที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เท่ากับ 3500 rpm และความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 923 rpm (อัตราทดของความเร็ว 3.79:1) ที่ลิ้นเร่งเปิด 80% โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนทั้งระบบ 93.3 %

Abstract

The research is to study the optimal operating condition of vapor-compression air–conditioning system. Biogas is used as fuel in the gasoline engine, Honda Sonic model, to run the automotive air conditioning system. The carburetor was replaced with the venturi mixer gas for mixing biogas and air together. This research is divided into two parts. First part is to obtain the characteristic performance graphs of the biogas engine. The result shows that the engine with throttle valve 100% open produces the maximum power of 1.34 kW at 4000 rpm, maximum torque of 3.8 N.m at 3000 rpm, and minimum specific fuel consumption of 1.15 m^3/kW.h at 3000 rpm. The second part is to obtain the characteristic performance graphs of the automotive air conditioning system. It has been observed that the system have the maximum coefficient of performance (COP) of 11.2 at the compressor speed of 400 rpm and have the COP of 7.25 at the compressor speed of 923 rpm when the heat pulled out rate from the evaporator is 3517 Watt (1 ton refrigerantion).

Lastly, the biogas engine is connected to vapor-compression air-conditioning system of one-ton refrigerantion. As a result of throttle valve 80 % open, The air-conditioning system will operate at optimal condition at the engine speed of 3500 rpm, and compressor speed of 923 rpm (speed ratio of 3.79:1). The overall thermal efficiency of the system is 93.3 %.

1. บทนำ

จากงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพื่อเป็นต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หากต้องการผลิตความเย็น เช่น ห้องเย็นหรือเครื่องปรับอากาศก็ต้อง

นำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพมาเป็นพลังงานกลอีกครั้ง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานจากการเปลี่ยนรูปพลังงาน อีกประการหนึ่งในการนำเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพผลิตไฟฟ้า ส่วนมากเป็นลักษณะต่อเพลาตรงระหว่างเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำมีข้อจำกัดเรื่องความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยความเร็วรอบของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพต้องเท่ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 Pole และที่ 3000 rpm กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 Pole ซึ่งความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมของแต่ละเครื่องนั้น ไม่ได้อยู่ที่ความเร็วรอบดังกล่าว ทำให้เป็นการนำพลังงานกลที่ได้จากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพมาใช้ได้ไม่สูงสุด โดยงานวิจัยนี้จะนำเครื่องยนต์ก๊าซชีว-ภาพมาเป็นต้นกำลังเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ โดยจะทำการทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพก่อนเพื่อหาความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน แล้วคำนวณหาอัตราทดที่ดีที่สุดในการนำกำลังดังกล่าวไปขับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศของหม้อน้ำเครื่องยนต์และคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

2. ทฤษฎี

2.1 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน(CH_4) ประมาณ 70-60% โดยปริมาตรและก๊าซคาร์บอนไดออก-ไซด์ (CO_2) ประมาณ 40-30%โดยปริมาตร นอกนั้นเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ มีปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจน(H_2) , ก๊าซออกซิเจน(O_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) , ก๊าซไนโตรเจน(N_2) และไอน้ำ [1]

2.2 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine)

การนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้น ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ก่อนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมีอยู่ 3 แบบ [5]

2.2.1 เครื่องยนต์ก๊าซดีเซล (Gas Diesel Engine) คือนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เปลี่ยนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงคู่ คือ น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพ โดยให้ก๊าซชีวภาพผสมกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ส่วนการจุดระเบิดยังใช้น้ำมันดีเซลฉีดเข้าไปยังก๊าซชีวภาพกับอากาศที่อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบ เครื่องยนต์ต้องการน้ำมันดีเซลเพื่อไปจุดระเบิดประมาณ 10–20 % ของการใช้เครื่องยนต์ดีเซลปกติ ทำให้สามารถประหยัดน้ำมันประมาณ 80-90 %

2.2.2 เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Modification of a Diesel Engine into a Gas Otto Engine) โดยนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปมาดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลที่อัดอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วฉีดน้ำมันดีเซลเข้าไปเกิดการเผาไหม้ เปลี่ยนมาเป็นอัดอากาศผสมก๊าซชีวภาพให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วจุดระเบิดด้วยหัวเทียน ซึ่งในการดัดแปลงเครื่องยนต์จะต้องกระทำดังนี้

1. เปลี่ยนอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์ให้ได้ประมาณ 10 - 12
2. เปลี่ยนการจุดระเบิดโดยการฉีดน้ำมันดีเซลมาเป็นจุดระเบิดด้วยหัวเทียน
3. เพิ่มอุปกรณ์ Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเข้าห้องผาไหม้ของเครื่องยนต์

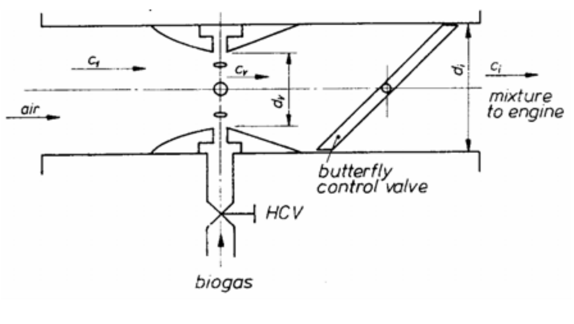
2.2.3 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Gas Otto Engine) โดยการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไปที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นก๊าซชีวภาพแทน โดยเปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์ ที่มีหน้าที่ผสมน้ำมันกับอากาศเป็นไอดีมาเป็น Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีว-ภาพกับอากาศแทน เมื่อดัดแปลงแล้วมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 20 %

ตารางที่ 1 Features of Biogas Engines

Design data	Gas diesel	Gas Otto
Compression ratio(ε)	15….18	10….12
Excess air ratio (λ)	1.3….40	0.9….1.3
Specific fuel consumption	0.55….0.75 m^3/kW.h (+ pilot fuel)	0.65….1.0 m^3/kW.h
Exhaust gas temperature	500….700^{0}C	500….900^{0}C
Ignition type	Self-ignition of pilot fuel injected into a hot compressed mixture of air and gas which is ignited by the pilot fuel subsequently	As in other Otto engines

ที่มา: Mitzlaff(1988)

2.3 การหาขนาดของ Venturi mixer gas



รูปที่ 1 Venturi mixer gas

1. ปริมาตรของอากาศเข้ากระบอกสูบเครื่องยนต์

$$\dot{V}_1 = \frac{V_h \times N}{2000 \times 60}.\eta_V \quad (1)$$

2. ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของคอคอด (d_V)

$$d_V = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{\dot{V}_1}{C_V}} \qquad (2)$$

โดย C_V คือความเร็วของอากาศที่ผ่านคอคอด ควรมีค่าระหว่าง 100 - 150 m/s

3. ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของ Venturi mixer gas (d_I)

$$d_I = 1.5 - 1.7 \text{ เท่าของ } d_V \qquad (3)$$

4. การหาขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่อเชื้อเพลิง(A_f),[3]

$$\frac{A}{F} = \frac{A_a C_{d,a}\sqrt{(2g).(\rho_a).(\Delta P_a)}}{A_f C_{d,f}\sqrt{(2g).(\rho_f).(\Delta P_f)}} \qquad (4)$$

โดย A/F คือ อัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงทางทฤษฎี หาได้จากสมการการเผาไหม้ [6]

$$C_aH_b + \left(a+\frac{b}{4}\right)(O_2 + 3.773N_2) = aCO_2 + \frac{b}{2}H_2O + 3.773\left(a+\frac{b}{4}\right)N_2 \qquad (5)$$

a = จำนวนโมลของ Carbon ในเชื้อเพลิง

b = จำนวนโมลของ Hydrogen ในเชื้อเพลิง

อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงโดยน้ำหนัก

$$\frac{A}{F} = \frac{34.56(4+y)}{12.011 + 1.008y} \qquad (6)$$

โดย $y = \frac{b}{a}$ คือ อัตราส่วนจำนวนโมลของ Hydrogen กับจำนวนโมลของ Carbon ในเชื้อเพลิง

3. อุปกรณ์

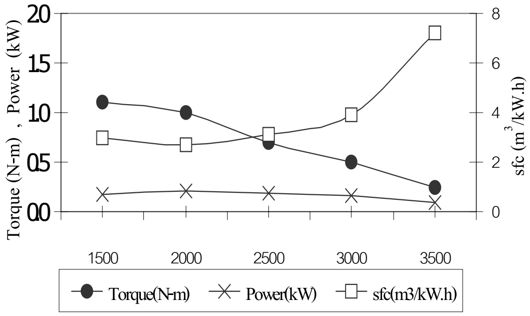
1. เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Sonic ขนาด 125 CC. 4 จังหวะ อัตราส่วนการอัด 11 :1 ระบายความร้อนด้วยน้ำ
2. เครื่องปรับอากาศรถยนต์ ขนาด 1 ตันความเย็น
3. เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์
4. เครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ (Gas Meter)
5. เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย
6. เครื่องวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็น
7. ถังทดสอบระบบปรับอากาศ
8. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
9. เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4. การทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์ 4 จังหวะ 1 สูบ ยี่ห้อ Honda รุ่น Sonic เปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์ มาใช้ Venturi mixer gas ทำหน้าที่ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเป็นไอดีแทน จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหากำลังงาน, แรงบิด และความสิ้นเปลืองจำเพาะของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความ เร็วรอบต่างๆ โดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ยี่ห้อ Tecquipment รุ่น TD 114

การออกแบบ Venturi mixer gas ต้องทำการเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ ของก๊าซชีวภาพก่อน โดยได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ ก๊าซชีวภาพมี CH_4 74% โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเท่ากับ 0.3924 mbar ความชื้นสัมพัทธ์ 85% และอุณหภูมิ 33 ^{O}C ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน (H_U) 22,287.6 kJ/m^3 ความดันบรรยากาศของจังหวัดเชียงใหม่เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 1007.95 mbar (ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่) ได้อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงเป็น (A/F) 8.76 โดยน้ำหนัก ได้ขนาดของ Venturi mixer gas ดังรูปที่ 1 เป็น d_v = 10 mm , d_i = 17 mm d_f = 2 mm จำนวน 4 รู ตั้งองศาจุดระเบิดที่ 25 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 rpm ทำการทดสอบที่ลิ้นเร่งเปิดในตำแหน่งต่างๆ กันได้ผลการทดสอบดังนี้

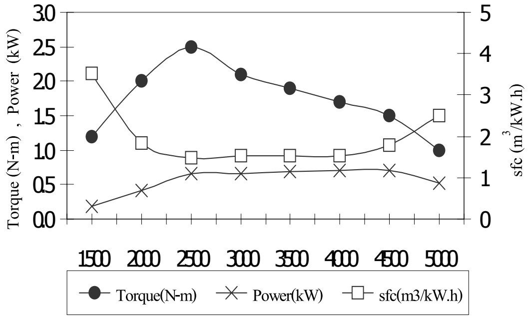
1. ลิ้นเร่งเปิด 20%



รูปที่ 2 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ลิ้นเร่งเปิด 20%

ได้แรงบิดสูงสุด 1.1 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 rpm กำลังสูงสุด 0.21 kW ที่ 2000 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 2.71 m^3/kW.h ที่ 2000 rpm

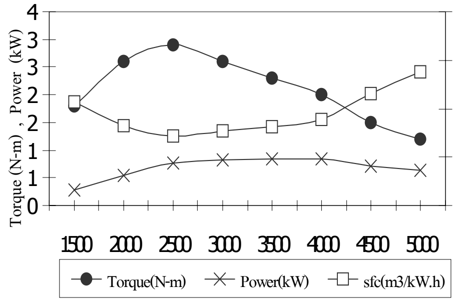
2. ลิ้นเร่งเปิด 40%



รูปที่ 3 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ลิ้นเร่งเปิด 20%

ได้แรงบิดสูงสุด 2.5 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 rpm กำลังสูงสุด 0.71 kW ที่ 4000 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 1.48 m^3/kW.h ที่ 2500 rpm

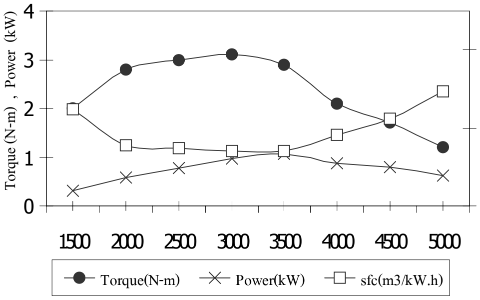
3. ลิ้นเร่งเปิด 60%



รูปที่ 4 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ลิ้นเร่งเปิด 60%

ได้แรงบิดสูงสุด 2.9 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 rpm กำลังสูงสุด 0.84 kW ที่ 3500 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 1.44 m^3/kW.h ที่ 2500 rpm

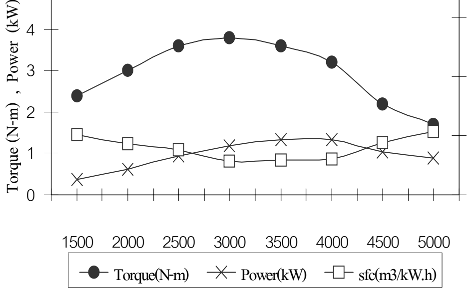
4. ลิ้นเร่งเปิด 80%



รูปที่ 5 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ลิ้นเร่งเปิด 80%

ได้แรงบิดสูงสุด 3.1 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3000 rpm กำลังสูงสุด 1.06 kW ที่ 3500 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 1.41 m^3/kW.h ที่ 3500 rpm

5. ลิ้นเร่งเปิด 100%

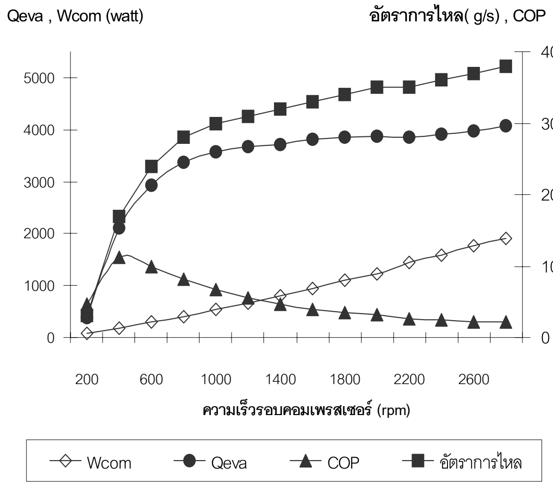


รูปที่ 6 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ลิ้นเร่งเปิด 100%

ได้แรงบิดสูงสุด 3.8 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3000 rpm กำลังสูงสุด 1.34 kW ที่ 4000 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 1.15 m^3/kW.h ที่ 3000 rpm

5. การทดสอบระบบปรับอากาศ

ผลการทดสอบระบบปรับอากาศรถยนต์ จากรูปที่ 7 พบว่าอัตราการไหลของสารความเย็นมีการเปลี่ยนแปลงมากในช่วงความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ที่ 200 – 1000 rpm หลังจากนั้นอัตราการไหลของสารทำความเย็นจะค่อยเพิ่มขึ้นที่ละน้อยตามความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ มีผลทำให้อัตราการการดึงความร้อนที่อีแวปอเรเตอร์เป็นไปตามอัตราการไหลของสารทำความเย็นเช่นกัน โดยอัตราการดึงความร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่ 200-1000 rpmแล้วจะค่อยเพิ่มขึ้นที่ละน้อยตามความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ ส่วนงานที่คอมเพรสเซอร์จะมีการเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ มีลักษณะเป็นกราฟเชิงเส้นเพิ่มขึ้นช้าๆ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) โดยที่ความเร็วคอมเพรสเซอร์ต่ำ COP จะมีค่ามาก เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้นค่า COP ของระบบจะลดลง แต่ที่ความเร็วต่ำมากๆ ค่า COP ของระบบก็จะต่ำเช่นกัน เนื่องจากอัตราการไหลของสารทำความเย็นน้อยมาก โดยได้ค่า COP สูงสุด 11.2 ที่ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 400 rpm และ ได้ COP 7.25 ที่อัตราการดึงความร้อน 3517 Watt (1 ตันความเย็น) กำลังที่คอมเพรสเซอร์ 485.51 Watt หมุนความเร็วรอบ 923 rpm



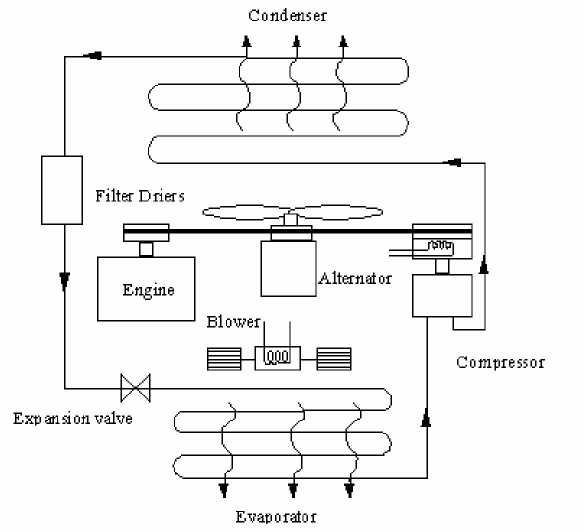
รูปที่ 7 สมรรถนะระบบปรับอากาศรถยนต์

6. เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Vapor-Compression Air-Conditioning Driven by Biogas Engine)

เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 8 เป็นการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก (เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์) การทำงานแบบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ เปลี่ยนคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมาเป็น Venturi

mixer gas ดังรูปที่ 1 ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงแทน เป็นต้นกำลังให้แก่เครื่องปรับอากาศรถยนต์ โดยใช้สายพานส่งกำลังไปขับคอมเพรสเซอร์,อัลเตอเนเตอร์และพัดลมระบายความร้อนแก่หม้อน้ำเครื่องยนต์และชุดควบแน่นเครื่องปรับอากาศ ส่วนมอเตอร์พัดลมที่อีแวปอเร-เตอร์และคลัทช์แม่เหล็กที่คอมเพรสเซอร์ ใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจาก อัลเตอเนเตอร์ที่ต่อเข้ากับชุดสายพานพัดลมระบายความร้อนแล้วติดตั้งระบบควบคุมการทำงาน จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพทำงานได้เองโดยไม่ต้องใช้พลังงานจากแหล่งอื่นมาช่วย ทำให้สามารถใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมด

โดยงานวิจัยนี้ต้องการระบบปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็น ที่ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเป็นต้นกำลัง จากรูปที่ 2 ที่ 1 ตันความเย็น (3517 Watt)คอมเพรสเซอร์ทำงานที่ความเร็วรอบ 923 rpm มี COP 7.25 รวมกับกำลังงานที่ใช้กับส่วนอื่นอีกเป็นกำลังงานทั้งหมด 1 kW. ซึ่งกำลังงานดังกล่าวเท่ากับกำลังของเครื่องยนต์ทำงานที่ลิ้นเร่งเปิด 80% ให้กำลังงาน 1.06 kW ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 12.87% คำนวณหาอัตราทดเครื่องยนต์กับคอมเพรสเซอร์ได้เท่ากับ 3.79 ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของทั้งระบบเป็น 93.3 %



รูปที่ 8 เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

7. สรุป

จากการศึกษาวิจัยพบว่าสามารถนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทนให้กับเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ โดยได้ผลดังนี้

1. ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ(H_U) ขึ้นอยู่กับ ปริมาณก๊าซ CH_4 , อุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์ ของก๊าซชีวภาพ

2.ระบบปรับอากาศรถยนต์ ถ้าอัตราการไหลของสารทำความเย็นเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้อัตราการดึงความร้อนที่อีแวปอเรเตอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่งานที่ให้แก่คอมเพรสเซอร์แปรผันตรงกับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เป็นลักษณะกราฟเชิงเส้น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP)ที่ความเร็วคอมเพรสเซอร์ต่ำ จะมีค่ามากและเมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้น ค่า COP ของระบบจะลดลง แต่ที่ความเร็วต่ำมากๆ ค่า COP ของระบบก็จะต่ำเช่นกัน เนื่องจากมีอัตราการไหลของสารทำความเย็นน้อยมาก

3. เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ที่ใช้เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Sonic ขนาด 125 CC. 4 จังหวะ อัตราส่วนการอัด 11 :1 ระบายความร้อนด้วยน้ำ ให้กำลังสูงสุด 1.34 kW ที่ 4000 rpm แรงบิดสูงสุด 3.8 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3000 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 1.15 m^3/kW.h ที่ 3000 rpm ที่ตำแหน่งลิ้นเร่งเปิด 100 %

4. ระบบปรับอากาศขับโดยเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ขนาด 1 ตันความเย็น อัตราทดเพลาขับเครื่องยนต์กับคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 3.79 เครื่องยนต์ทำงานที่ลิ้นปีกเร่งเปิด 80% ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm คอมเพรสเซอร์ทำงานที่ความเร็วรอบ 923 rpm ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของทั้งระบบ 93.3 %

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] หน่วยบริการก๊าซชีวภาพ, (2538), " *หนังสือประกอบการสัมมนาเรื่อง เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและผลิตพลังงานในฟาร์มเลี้ยงสัตว์*",สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] สวัสดิ์ บุญเถื่อน ,(2539), *เครื่องปรับอากาศรถยนต์* , แผนกช่างยนต์ , วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร , กทม.

[3] อุดส่าห์ จิรากร และ เชื้อ ชูขำ,(2537) ,*เครื่องยนต์สันดาปภายใน*, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[4] หลาบ รับสิริ, (2539), *เครื่องยนต์สันดาปภายใน*, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[5] Mitzalf, K. ,(1988), *Engine for Biogas,* theory, modification, economic operation, Federal Republic of Germany.

[6] Heywood, B.J. ,(1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, Singapore.

[7] Cengel, Y. A., and Boles, M.A. , (1994),*Thermodynamics : An Engineering Approach*, Second Edition, McGraw-Hill, New York.