

เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ Vapor-Compression Air-Conditioning Driven by Biogas Engine

ประเทือง ฟั่นแก้ว¹ และ เดช ดำรงศักดิ์²

¹แผนกวิชาช่างยนต์ คณะวิชาเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตตาก
17 ต.บ้านงาม อ.เมือง จ. ตาก 63000 ประเทศไทย
โทร. 055-511832 E-mail: k_Pratuang@yahoo.com

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200 ประเทศไทย
โทร. 053-944146 ต่อ 964 โทรสาร. 053-944145 E-mail: det@dome.eng.cmu.ac.th

Prateang Funkaew¹ and Det Damrongsak²

¹Section of Automotive, Department of Mechanics, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Campus
17 moo4 Mai-Ngam, Maung, Tak 63000 Thailand
Tel: 055-511832, E-mail: k_Pratuang@yahoo.com

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Rd, Muang, Chiang-Mai 50200 Thailand
Tel: 053-944146 Ext. 964, Fax: 053-944145, E-mail: det@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนระบบปรับอากาศแบบอัดไอ เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมทั้งระบบ และประเมินทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน ในงานวิจัยจะนำเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ ยี่ห้อ Honda รุ่น Sonic ทำงาน 4 จังหวะ 1 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 125 CC. อัตราส่วนการอัด 11:1 ดัดแปลงใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง มาเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศชนิดที่ขนาดความเย็น 1 ตันความเย็น แล้วติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 3500 rpm และคอมเพรสเซอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 1000 rpm (อัตราทดของความเร็ว 3.5:1) ที่ลิ้นเร่งเปิด 62% ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.72 m³/hr จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนทั้งระบบ 77.74% เมื่อเปรียบเทียบผลทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศในงานวิจัยกับเครื่องปรับอากาศทั่วไปตามท้องตลาด ขนาด 1 ตันความเย็น จะได้ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 5 เดือน และอัตราผลตอบแทนการคืนทุน 18.86 %

คำหลัก: เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ; เครื่องปรับอากาศ; พลังงานทดแทน

Abstract

The research is to study the use of biogas engine to drive the automotive vapor-compression air-conditioning system. There are two parts in this research. First part is to determine the

overall thermal efficiency of the prototype engine. Second part is to conduct the economics evaluation of the automotive air conditioning driven by biogas engine. The tested engine is the motorcycle engine of Honda Sonic model with 1-cylinder, 4-stroke, cylinder capacity of 125 CC, and compression ratio of 11:1. The biogas engine is used to drive the compressor of the automotive air condition of 1 ton refrigerant. At the engine speed of 3,500 rpm with the compressor speed of 1,000 rpm (speed ratio of 3.5:1), accelerated valve opening 62%, and fuel consumption of 0.72 m³/hr, the overall thermal efficiency is 77.74%. With the comparison between the 1 ton-of-refrigerant air conditioning of the research and that of the commercial product, the payback period is estimated 3 years 5 months. The internal rate of return, IRR, is 18.86%.

Keywords: Biogas engine; Air conditioning; Renewable energy

1. บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกตระหนักถึงปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต เนื่องด้วยการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรของโลกอย่างรวดเร็วทำให้ความต้องการใช้พลังงานมากขึ้น โดยพลังงานส่วนใหญ่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งพลังงานดังกล่าวมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นทั่วโลกมีนโยบายส่งเสริมการประหยัดพลังงาน และพยายามค้นคว้าวิจัยหาแหล่งพลังงาน

ทดแทน พลังงานก๊าซชีวภาพ (biogas) เป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่เหมาะสมนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการเลี้ยงสัตว์ในภาคปศุสัตว์เป็นจำนวนมาก โครงการนี้เป็นการศึกษานำก๊าซชีวภาพมาเป็นพลังงานทดแทนอีกแนวทางหนึ่ง โดยนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ เพื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์ในนำก๊าซชีวภาพมาผลิตความเย็น

2. ทฤษฎี

2.1 ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบด้วย ก๊าซมีเทน(CH_4) 70-60%โดยปริมาตรและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) 40-30%โดยปริมาตร นอกนั้นเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ มีปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจน(H_2) , ก๊าซออกซิเจน(O_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ก๊าซไนโตรเจน(N_2) และไอน้ำ [1]

2.2 การคำนวณหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ

การนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายในจะต้องคำนึงถึงค่าความร้อน (H_u) ซึ่งจะขึ้นกับสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ความดันรวมและอุณหภูมิในถังหมัก (Mitzlaff, 1988)

สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

$$\% \text{CH}_4 = 100\% - \% \text{CO}_2 \quad (1)$$

ความดันของก๊าซชีวภาพ (P_{act})

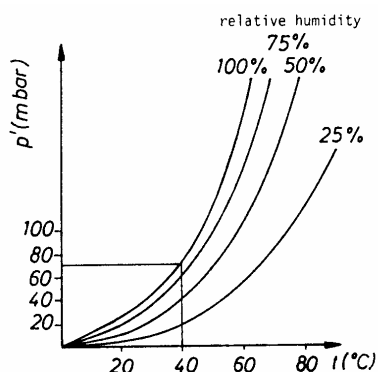
$$P_{\text{act}} = P_a + P_d - P' \quad (2)$$

โดย P_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ

P_a คือ ความดันบรรยากาศ

P_d คือ ความดันในปอหมัก

P' คือ ค่าความดันของไอน้ำหาได้จากรูป 2



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความดันของไอน้ำกับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในก๊าซชีวภาพ

ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน ($\rho_{\text{CH}_4, \text{act}}$) ในก๊าซชีวภาพ

$$\rho_{\text{CH}_4, \text{act}} = \frac{\rho_{\text{CH}_4, \text{std}} \times P_{\text{act}} \times T_{\text{std}}}{P_{\text{std}} \times T_{\text{act}}} \quad (3)$$

โดย $\rho_{\text{CH}_4, \text{act}}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน, kg/m^3

$\rho_{\text{CH}_4, \text{std}}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน
= 0.72 kg/m^3

P_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ, mbar

T_{std} คือ อุณหภูมิของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน (273 K)

P_{std} คือ ความดันของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน
= 1013 mbar

T_{act} คือ อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ, K

โดยค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ใช้งาน($H_{u, \text{act}}$)จะสัมพันธ์กับ

สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ($V_{\text{CH}_4} / V_{\text{total}}$) ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่ใช้งาน ($\rho_{\text{CH}_4, \text{act}}$) และค่าความร้อนต่ำของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน ($H_{u, \text{std}} = 50,000 \text{ kJ/kg}$)

$$H_{u, \text{act}} = \frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{total}}} \times \rho_{\text{CH}_4, \text{act}} \times H_{u, \text{std}} \quad (4)$$

2.3 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine)

การใช้ก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้น จะต้องทำการปรับปรุงลักษณะบางประการของเครื่องยนต์เพื่อให้เครื่องยนต์นั้นๆ เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง โดยอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์ให้ได้ประมาณ 10 - 12 เพิ่มอุปกรณ์ Venturi mixing gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ปรับองค์การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้แกว่งขึ้น เมื่อติดตั้งแล้วมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 20 % ในการดัดแปลงเครื่องยนต์ควรพิจารณาถึงคุณสมบัติของเครื่องยนต์ดังตารางที่ 1

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....4.0	0.9....1.3
Specific fuel consumption (+ pilot fuel)	0.55....0.75 $\text{m}^3/\text{kW.h}$	0.65....1.0 $\text{m}^3/\text{kW.h}$
Exhaust gas temperature	500....700 $^{\circ}\text{C}$	500....900 $^{\circ}\text{C}$
Ignition type	Self-ignition of pilot injected into a hot compressed mixture of and gas which is ignited by the pilot fuel subsequently	As in other Otto engines

ที่มา: Mitzlaff (1988)

2.4 ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพรวม (Overall efficiency : η_{Overall}) ตามกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ มีความสัมพันธ์ทำให้ประสิทธิภาพรวมของเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ คือ พลังงานที่ได้จากชุดทำระเหยต่อพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพให้แก่เครื่องยนต์

$$\eta_{\text{overall}} = \frac{Q_{\text{evap}}}{m_f \times H_u} \times 100 \quad (5)$$

2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

วิชาเศรษฐศาสตร์เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเพื่อจะพิจารณาว่าระบบใดให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด หรือมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ[5]

1. วิธีประเมินโดยคิดระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้คำนวณหาปีที่คุ้มทุนของโครงการที่พิจารณา

$$SPB = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{รายได้เฉลี่ยต่อปี} - \text{รายจ่ายเฉลี่ยต่อปี}} \quad (6)$$

โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุดจะเป็นโครงการที่ถูกเลือกมาใช้

2. วิธีประเมินโดยคิดอัตราผลตอบแทนการคืนทุน (Internal rate of return , IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนหมายถึงอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายการลงทุน วิธีการหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนเป็นการหาโดยวิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) ค่าอัตราส่วนลดที่หาได้คือค่า IRR นั่นคือค่า i ที่ทำให้ $NPV_{(i)} \approx 0$

$$TIC = \sum_{n=1}^N \left[\frac{NFC_n}{(1+i)^n} \right] \quad (7)$$

โดย i คือ อัตราผลตอบแทนการลงทุน

TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด , บาท

NFC_n คือ กระแสเงินสดสุทธิ ณ ปีที่ n บาท/ปี

N คือ economic life, ปี

n คือ ปีที่ 1,2,3,.....

3. อุปกรณ์

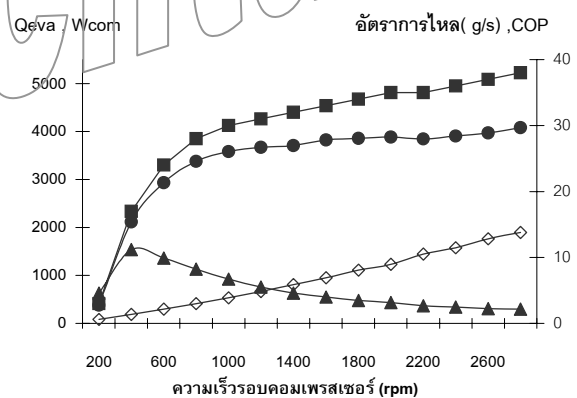
1. เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Sonic ขนาด 125 CC.
4 จังหวะ อัตราส่วนการอัด 11 :1 ระบายความร้อนด้วยน้ำ
2. เครื่องปรับอากาศรถยนต์ ขนาด 1 ตันความเย็น

3. เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ยี่ห้อ Tecquipment รุ่น TD 114

4. Gas Meter

4. การทดสอบระบบปรับอากาศ

การทดสอบสมรรถนะของระบบปรับอากาศรถยนต์ได้ผลการทดสอบตามรูปที่ 2 อัตราการไหลของสารทำความเย็น มีการเปลี่ยนแปลงมากในช่วงความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ที่ 200 – 1000 rpm หลังจากนั้นอัตราการไหลของสารทำความเย็นจะค่อยเพิ่มขึ้นที่เล็กน้อยตามความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ ส่วนอัตราการการดึงความร้อนและงานที่คอมเพรสเซอร์ พบว่าอัตราการดึงความร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่ 200-1000 rpm เป็นช่วงเดียวกับอัตราการไหลของสารทำความเย็นเพิ่มอย่างรวดเร็วเช่นกัน ส่วนงานที่คอมเพรสเซอร์จะมีการเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ มีลักษณะเชิงเส้นเพิ่มขึ้นช้าๆ สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศ ที่ความเร็วคอมเพรสเซอร์ต่ำ COP จะมีค่ามากเมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้นค่า COP ของระบบจะลดลง แต่ที่ความเร็วต่ำมาก ค่า COP ของระบบก็จะต่ำเช่นกัน เนื่องจากอัตราการไหลของสารทำความเย็นน้อยมาก โดยได้ค่า COP สูงสุด 11.2 ที่ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 400 rpm และได้ COP 6.71 ที่อัตราการการดึงความร้อน 3581Watt (1 ตันความเย็น) กำลังที่คอมเพรสเซอร์ 534 Watt หมุนความเร็วรอบ 1000 rpm [7]

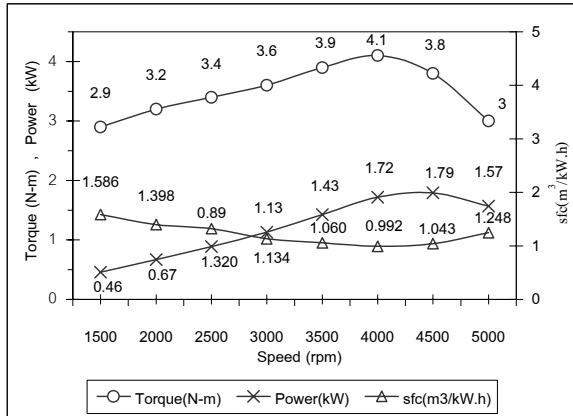


รูปที่ 2 สมรรถนะระบบปรับอากาศรถยนต์

5. การทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

ในการดัดแปลงเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์ 4 จังหวะ 1 สูบ ยี่ห้อ Honda รุ่น Sonic เปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์ มาใช้ Venturi mixing gas ทำหน้าที่ผสมก๊าซชีวภาพนั้น ต้องออกแบบ Venturi mixing gas โดยการเก็บข้อมูลก่อน ได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ ก๊าซชีวภาพมี CH_4 74% โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเท่ากับ 0.3924 mbar ความชื้นสัมพัทธ์ 85% และอุณหภูมิ $33^\circ C$ ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน (H_u) 22,287.6 kJ/m³ ความดันบรรยากาศของจังหวัดเชียงใหม่เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 1007.95 mbar (ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่) จากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังงาน, แรงบิด

และความสิ้นเปลืองจำเพาะของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ยี่ห้อ Tecquipment รุ่น TD 114

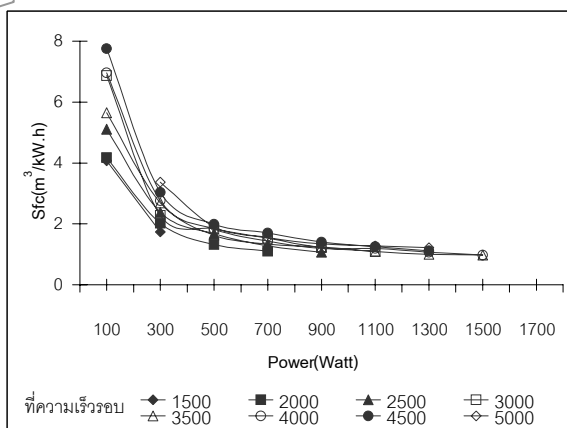


รูปที่ 3 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์การทดสอบความเร็วเปลี่ยนแปลง ที่ลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสุด

การออกแบบ Venturi mixing gas ต้องทำการเก็บข้อมูลก่อน โดยได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ ก๊าซชีวภาพมี CH_4 74% โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเท่ากับ 0.3924 mbar ความชื้นสัมพัทธ์ 85% และอุณหภูมิ 33°C ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน (H_u) $22,287.6 \text{ kJ/m}^3$ ความดันบรรยากาศของจังหวัดเชียงใหม่เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 1007.95 mbar (ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่)

1. การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความเร็วเปลี่ยนแปลง ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 3 ได้แรงบิดสูงสุด 4.1 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm กำลังสูงสุด 1.79 kW ที่ 4500 rpm. และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด $0.976 \text{ m}^3/\text{kW.h}$ ที่ 4000 rpm

2. ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ความเร็วคงที่



รูปที่ 4 แสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์การทดสอบความเร็วคงที่

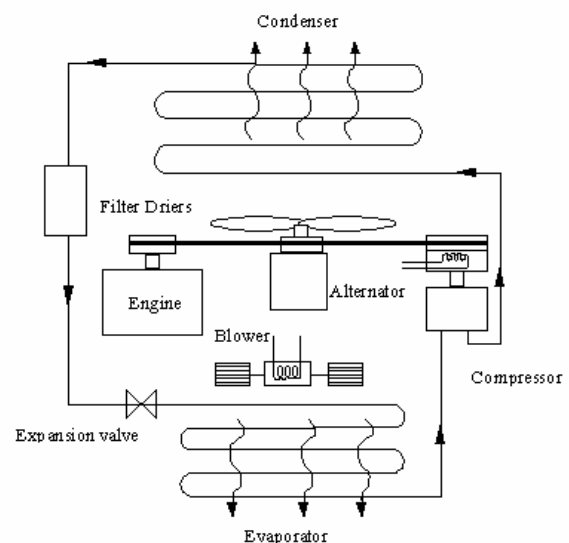
ได้ผลทดสอบดังรูปที่ 4 ที่ช่วงกำลังเครื่องยนต์มากและน้อยจะมีความเร็วรอบช่วงแคบ โดยที่ความเร็วรอบกว้างจะให้กำลังเครื่องยนต์

ปานกลาง ที่กำลังน้อยสุดที่ 0.1 kW ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 rpm ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง $4.078 \text{ m}^3/\text{h}$ ที่กำลังมากสุดที่ 1.5 kW. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4500 rpm ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง $0.976 \text{ m}^3/\text{h}$

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

เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพดังแสดงในรูปที่ 5 [7] เป็นการนำเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ ยี่ห้อ Honda รุ่น Sonic เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ทำงาน 4 จังหวะ 1 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 125 CC. อัตราส่วนการอัด 11:1 ระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้ Venturi mixer gas ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศแทนคาร์บูเรเตอร์ โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงแทน เป็นต้นกำลังให้แก่เครื่องปรับอากาศรถยนต์ โดยใช้สายพานส่งกำลังไปขับเคลื่อนเพอร์เซอร์, อัลเทเนเตอร์และพัดลมระบายความร้อนแก้มือน้ำเครื่องยนต์และชุดควบแน่น เครื่องปรับอากาศ มอเตอร์พัดลมระบายที่อัลเทเนเตอร์และชุดคลัทช์แม่เหล็กที่คอมเพรสเซอร์ ใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากอัลเทเนเตอร์ที่ต่อเข้ากับชุดสายพานพัดลมระบายความร้อน แล้วติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สามารถทำงานได้เองเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศทั่วไป

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ต้องการระบบปรับอากาศขนาด 1 ตัน ความเย็น ที่ใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพเป็นต้นกำลัง จากรูปที่ 2 ที่ 1 ตัน ความเย็น (3517 Watt) คอมเพรสเซอร์ทำงานที่ความเร็วรอบ 1000 rpm ใช้กำลังงาน 534 Watt มี COP 6.74 กำลังงานขับเคลื่อนเพอร์เซอร์ 360 Watt พัดลมระบายความร้อน 180 Watt รวม 1074 Watt ความผิดพลาดลูกปืนและประสิทธิภาพการส่งกำลังของสายพาน 20 % รวมกับกำลังงานทั้งหมด 1289 watt จากรูปที่ 4 ของเครื่องยนต์ที่ กำลัง 1300 watt ความเร็วรอบต่ำสุด 3500 rpm. คำนวนหาอัตราทดเครื่องยนต์กับคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 3.5 : 1



รูปที่ 5 เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

เมื่อนำเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพมาประกอบกับเครื่องปรับอากาศ เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 3500 rpm และคอมเพรสเซอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 1000 rpm (อัตราทดของความเร็ว 3.5:1) ที่สิ้นเร่งเปิด 62% ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.72 m³/h มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนทั้งระบบ 77.74 %

7.การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ กับเครื่องปรับอากาศทั่วไปตามท้องตลาด โดยงานศึกษาวิจัยนี้จะคำนวณเฉพาะระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) และอัตราผลตอบแทนการคืนทุน (Internal rate of return, IRR) เท่านั้น ซึ่งอยู่ภายใต้สมมุติฐานดังนี้

1. คำนึงถึงต้นทุนในส่วนของระบบปรับอากาศเท่านั้น
2. ให้ระบบทำงานวันละ 8 ชั่วโมง โดยไม่มีวันหยุด
3. ถือว่าก๊าซชีวภาพที่ได้มีอยู่แล้วไม่คิดราคาต้นทุน
4. ราคาค่าพลังงานคงที่
5. ระบบปรับอากาศมีอายุการใช้งาน 10 ปี

ราคาเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ 50,500 บาท และเครื่องปรับอากาศทั่วไปตามท้องตลาด 20,461 บาท ค่าการบำรุงรักษาแตกต่างกัน 946 บาท/ปี เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ Overhaul เครื่องยนต์ ทุก 5 ปี ราคา 4,420 บาท คำนวณเปรียบเทียบได้ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 5 เดือน และอัตราผลตอบแทนการคืนทุน (IRR) 18.86 %

ตารางที่ 2 แสดงขนาด ประสิทธิภาพ ราคา ของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ และรุ่นต่าง ๆ

ลำดับ	ขนาด (Btu/hr)	ยี่ห้อ	รุ่น	ERR (Btu/W)	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ (บาท/ปี)	ราคา (บาท)
1	12057	Sanyo	SAP	10.87	8196.54	18900
2	12166	Supreme	CS/CU	11.02	8152.96	16900
3	12397	Hitachi	RAS/NK	10.82	8465.45	24906
4	11813	Sharp	MAGIC	10.96	7961.62	29900
5	12574	Toshiba	RAS	11.24	8264.51	19900
6	12923	Fujitsu	ASA/AS	11.21	8514.95	22900
7	12648	Mitsubishi	MS	10.83	9628.72	19999
8	12930	Mitsubishi	HEAVY	10.9	8767.6	17800
9	12198	Panasonic	SU/CU	10.99	8200.24	16500
10	11884	LG	HS	10.62	8269.68	16900
เฉลี่ย	12359	-	-	10.95	8,442.23	20,461

เครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 8 ชั่วโมง 365 วัน ราคาไฟฟ้า 2.55 บาท/หน่วย

ที่มา : แผนกขายเครื่องปรับอากาศบริษัทนิยมนพานิช [6]

8. สรุป

จากการศึกษาวิจัยของเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ได้ผลดังนี้

1. เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ที่ใช้เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Sonic ขนาด 125 CC 4 จังหวะ อัตราส่วนการอัด 11:1 ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่การทดสอบความเร็วเปลี่ยนแปลง ได้แรงบิดสูงสุด 4.1 N.m ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm กำลังสูงสุด 1.79 kW ที่ 4500 rpm และ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด 0.992 m³/kW.h ที่ 4000 rpm และที่การทดสอบความเร็วคงที่ ช่วงกำลังเครื่องยนต์มากและน้อยจะมีความเร็วรอบช่วงแคบ โดยที่ความเร็วรอบกว้างจะให้กำลังเครื่องยนต์ปานกลาง ที่กำลัง

2. ระบบปรับอากาศรถยนต์ อัตราการไหลของสารทำความเย็นแปรผันโดยตรงกับอัตราการดึงความร้อนที่อีแวพอเรเตอร์ แต่งานที่ให้แก่อคอมเพรสเซอร์กับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์มีลักษณะเป็นกราฟเชิงเส้น สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ที่ความเร็วคอมเพรสเซอร์ต่ำ COP จะมีค่ามากเมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้นค่า COP ของระบบจะลดลง แต่ที่ความเร็วต่ำมาก ๆ ค่า COP ของระบบก็จะต่ำเช่นกันเนื่องจากอัตราการไหลของสารทำความเย็นน้อยมาก

3.การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ โดยทำการเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ กับเครื่องปรับอากาศทั่วไปที่หาได้ตามท้องตลาดขนาด 1 ตันความเย็นพบว่าได้ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 5 เดือน และอัตราผลตอบแทนการคืนทุน 18.86 %

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] หน่วยบริการก๊าซชีวภาพ. (2538). “ หนังสือประกอบการสัมมนา เรื่อง เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและผลิตพลังงานในฟาร์มเลี้ยงสัตว์”.สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , มช.
- [2] สวัสดิ์ บุญเถื่อน . (2539). เครื่องปรับอากาศรถยนต์ . แผนกช่างยนต์ , วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร , กทม.
- [3] หลาบ รับศิริ. (2539). เครื่องยนต์สันดาปภายใน. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] Mitzalff Klaus von .(1988). *Engine for biogas. theory, modification, economic, operation*, Federal Republic of Germany.
- [5] วารุณี เตีย. (2540).เอกสารการบรรยาย: การวิเคราะห์พลังงานทางเศรษฐศาสตร์และกรณีศึกษาการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม. คณะพลังงานและวัสดุ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [6] แผนกขาย. (2545).เอกสารการขายเครื่องปรับอากาศ: ราคาขายและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศ. บริษัทนิยมนพานิช
- [7] ประเทือง ผันแก้วและคณะ. (2546).เอกสารการขายเครื่องปรับอากาศ: สภาพการทำงานที่เหมาะสมสำหรับระบบปรับ

อากาศแบบอัดไอขับโดยเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง. การ
ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17.
15-17 ตุลาคม 2546. จ.ปราจีนบุรี

No Presentation