การศึกษาสมรรถนะและการปล่อยก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

Engine Performance and Gas Emission of Modified Diesel Engine By Using Biogas as a fuel

ณัฐวุฒิ พลศรี* และ รัชพล สันติวรากร
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002
โทร 0-43244296 ต่อ 121 โทรสาร 0-43245878 E-mail: natawut21@yahoo.com* ratchaphon@kku.ac.th

Natawut Ponsri* and Ratchaphon Suntivarakorn
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University Khon Kaen 40002 Thailand
Tel: 0-43244296 Ext. 121 Fax: 0-43245878 E-mail: natawut21@yahoo.com* ratchaphon@kku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ดัดแปลงให้เป็นระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟเมื่อใช้น้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง โดยได้ดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น ET 95 ขนาด 9 แรงม้า จากอัตราส่วนกำลังอัด 21.3 : 1 เป็น 11:1 ติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงของทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพ และติดตั้งระบบจุดระเบิด โดยมีองศาจุดระเบิดอยู่ที่ 5-10 องศาก่อนจุดศูนย์ตายบน เพื่อให้สามารถใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพได้ จากการศึกษาพบว่าแรงบิดและกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่าการใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 78.01 % ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพมีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและค่าความร้อนของน้ำมันเบนซิน และเมื่อพิจารณาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะพบว่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของการใช้ก๊าซชีวภาพมีค่ามากกว่าน้ำมันเบนซินเฉลี่ย 80.87 % และจะมีค่าลดลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินมีปริมาณมากกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

คำสำคัญ **:** ระบบจุดระเบิดด้วยการอัด ระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ สมรรถนะเครื่องยนต์ ก๊าซหุงต้ม ก๊าซชีวภาพ

Abstract

This paper presents a comparative study of engine performance on modified diesel engine using Gasoline and Biogas as fuel. The engine in this study was Diesel engine Kubota ET 95 with 9 hp. It was modified by reduction the compression ratio from 21.3:1 to 11.1. The spark ignition (5-10° BTDC) system and carburetor were installed in the engine for using Gasoline and Biogas. From the experiment, it was indicated that the power output and torque obtained from modified engine using Gasoline were average 78.01 % more than that of Biogas. This is due to the lower volumetric efficiency and lower heating value (LHV) of biogas. The result also showed that the specific energy consumption of Biogas was average 80.87 % more than that of Gasoline. The consumption was decreased according to the increasing of engine speed. Furthermore The amount of Hydrocarbon (HC) and Carbon monoxide (CO) that was emissed from the engine when using Gasoline was higher than the engine using Biogas.

Keyword : Compression Ignition System, Spark Ignition System, Biogas, Engine Performance, LPG, Biogas

1. บทนำ

ในปัจจุบันโลกได้มีการพัฒนาไปจากเดิมในหลายๆด้าน ทั้งเทคโนโลยีการคมนาคม อุตสาหกรรม อุปกรณ์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความสะดวกสบายของมนุษย์ ซึ่งก็ต้องมีการใช้พลังงานในการใช้และพัฒนาดังกล่าว แต่ในปัจจุบันพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและมีปริมาณการใช้อย่างมากในปัจจุบันซึ่งพลังงานเหล่านี้ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถสร้างทดแทนใหม่ได้

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากมูลสัตว์เป็นพลังงานทดแทนอย่างหนึ่งที่มีความเหมาะสม เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเลี้ยงสัตว์ในภาคปศุสัตว์เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีมูลสัตว์ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพจำนวนมากและสามารถนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ ดังนั้นการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อเป็นพลังงานทดแทนนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งลักษณะการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ 1) การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายครัวเรือนที่มีบ่อก๊าซชีวภาพ 2) การใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานกลหรือไฟฟ้า โดยสามารถนำพลังงานก๊าซชีวภาพมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 3) การอัดก๊าซชีวภาพลงถังเพื่อนำไปใช้ในด้านการขนส่งและคมนาคม

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมรรถนะและการปล่อยก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ได้ทำการดัดแปลงจากเครื่องยนต์ดีเซลจักรกลเกษตรที่มีใช้ปริมาณมากในประเทศเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพได้ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในสภาพปัจจุบันเกษตรกรไทยมีเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับใช้เป็นรถไถในการทำการเกษตรเป็นจำนวนมาก ประกอบกับเกษตรกรบาง ส่วนมีฟาร์มปศุสัตว์ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ ดังนั้นเพื่อให้มีแนวทางการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่หลากหลายมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลที่มีในปัจจุบันให้สามารถเปลี่ยนมาใช้ก๊าซชีวภาพได้ เพื่อการประหยัดพลังงานในอนาคตและในขณะเดียวกันก็จะศึกษาทดลองเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นคือน้ำมันเบนซินในเครื่องยนต์ดัดแปลงชนิดเดียวกันนี้ด้วย

2. ทฤษฎี

2.1 ก๊าซชีวภาพ [1]

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะไร้อากาศ องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน(CH_4) ประมาณ 60-70 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ประมาณ 28-38 % ก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไนโตรเจน (N_2) เป็นต้น ประมาณ 2 % เนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงโดยสามารถให้พลังงานความร้อนได้สูงถึงประมาณ 9,000 kcal/m^3 จึงสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในรูปของพลังงานได้ เช่น เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์หรือเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น โดยก๊าซชีวภาพที่ได้ใช้ในการทดสอบมีค่าความร้อน 14.65 MJ/m^3 หรือ 12.21 MJ/kg ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจากข้อมูลคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ได้ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทดลอง โดยในก๊าซชีวภาพที่ใช้มีก๊าซมีเทนประมาณ 47 % วิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2.2 ลักษณะการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ [2]

ในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

2.2.1 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายครัวเรือนที่มีบ่อก๊าซชีวภาพและมักจะมีปริมาณมากเกินพอจนเหลือที่จะนำไปใช้ในรูปแบบอื่น

2.2.2 การใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า จากปริมาณก๊าซชีวภาพที่เหลือมากเกินพอจากข้อ 1 ก็สามารถนำพลังงานก๊าซชีวภาพมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและในกรณีไฟฟ้าดับก็จะมีพลังงานไฟฟ้าสำรองที่ได้จากก๊าซชีวภาพมาใช้งานโดยการเผาไหม้ในเครื่องยนต์เพื่อปั่นกระแสไฟฟ้าซึ่งต้องมีการดัดแปลงดังรูปที่ 1

2.2.3 การใช้ก๊าซชีวภาพในด้านการขนส่งและคมนาคม โดยทำการอัดก๊าซชีวภาพลงถังและนำไปติดตั้งในเครื่องยนต์ชนิดต่างๆเพื่อใช้ในการขนส่งและคมนาคม

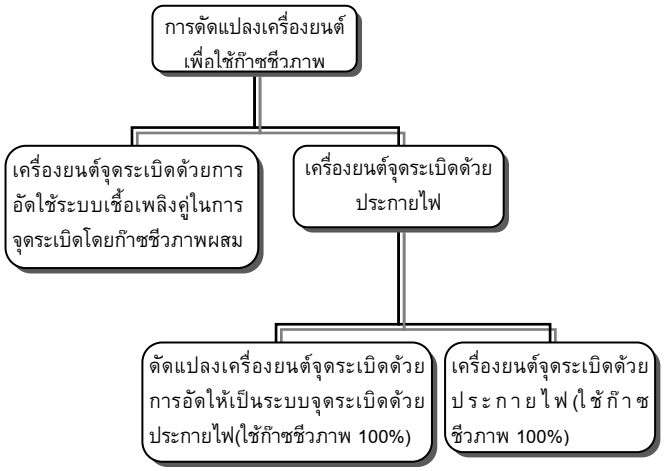
2.3 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ [2]

2.3.1 เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงให้ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล สามารถทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 60 - 70 % วิธีนี้จะง่ายต่อการดัดแปลงและเสียค่าดัดแปลงน้อย เพียงแต่ต่อเชื่อมก๊าซชีวภาพเข้ากับระบบท่อไอดีของเครื่องยนต์ และมีวาล์วสำหรับปรับแต่งปริมาณการป้อนก๊าซชีวภาพให้เหมาะสม แต่ต้องมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ส่วนหนึ่ง

2.3.2 เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% จะเป็นการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล ให้มีการทำงานเหมือนเครื่องยนต์เบนซินซึ่งจะสามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมดซึ่งจะต้องมีการดัดแปลงดังนี้ ลดกำลังอัดเครื่องยนต์ดังตารางที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ ติดตั้งระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟและปรับองศาจุดระเบิด

2.3.3 เครื่องยนต์เบนซินดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% เป็นการดัดแปลงระบบผสมอากาศกับเชื้อเพลิงให้สามารถใช้งานกับก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมด การดัดแปลงจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยเหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 10-25 kW

2.3.4 เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโดยเฉพาะ จะเป็นเครื่องยนต์ที่สร้างมาสำหรับการใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะจะมีประสิทธิภาพสูงแต่ราคาจะสูงมาก ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ขนาดใหญ่และนำเข้าจากต่างประเทศกำลังผลิตไฟฟ้ามากกว่า 200 kW ขึ้นไป



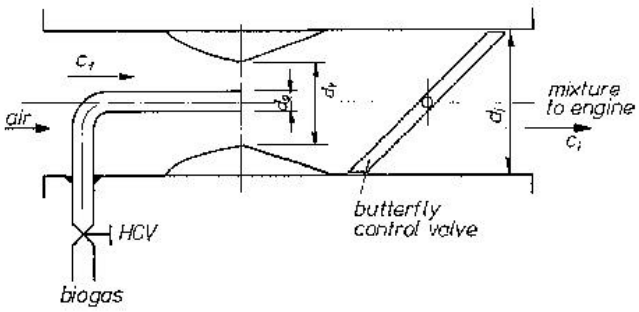
รูปที่ 1 แนวทางการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้ก๊าซชีวภาพ[3]

สำหรับการเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ[4]

Design data	Diesel	Otto
Compression ratio (ε)	15-18	10-12
Excess air ratio (λ)	1.3-4.0	0.9-1.3
Specific fuel consumption(m^3/kW·h)	0.55-0.75	0.65-1.0
Exhaust gas temperature (°C)	500-700	500-900
Ignition type	จุดระเบิดได้เองโดยการฉีดน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ผสมกับอากาศที่ถูกอัดจนร้อนจนเกิดการจุดระเบิดขึ้น	จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

2.4 การหาขนาดของ Venturi Mixer Gas [4]



รูปที่ 2 Venturi Mixer Gas ที่มีท่อฉีดก๊าซท่อเดียว

จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) พบว่าในก๊าซชีวภาพประกอบด้วย มีเทน (CH_4) 47% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 33% และไนโตรเจน (N_2) 20% จากนั้นจึงนำค่าองค์ประกอบก๊าซดังกล่าวมาคำนวณหาค่าความร้อนเพื่อนำไปใช้ในการหาขนาด Venturi Mixer Gas ดังรูปที่ 2 โดยขั้นตอนการหาขนาด Venturi Mixer Gas มีดังนี้

1.หาปริมาณอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการขณะนั้น(V_i)

$$V_i = \frac{V_h}{2000} \cdot \frac{N}{60} \cdot \eta_{tot} \qquad (1)$$

โดยที่ V_i คือ ปริมาณอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการ, m^3/s

V_h คือ ปริมาณความจุทั้งหมดของเครื่องยนต์, lite

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm

η_{tot} คือ $\frac{\text{ปริมาณอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์}}{\text{ปริมาตรช่วงชักของเครื่องยนต์}}$

2. หาค่าความเร็วอากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้เฉลี่ย(c_i)

$$c_i = \frac{V_i}{A_i} \qquad (2)$$

โดยที่ c_i คือ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศขาเข้าเครื่องยนต์, m/s

A_i คือ พื้นที่หน้าตัดภายในของฐานคอคอดก่อนเข้าเครื่องยนต์, m^2

3. ทำการหาค่าพื้นที่หน้าตัดของพื้นที่ส่วนคอคอดหรือที่เรียกว่าคอขวด (A_v)

$$A_v = A_i \cdot \frac{c_i}{c_v} \geq A_i \cdot \frac{c_i}{150 m/s} \qquad (3)$$

โดยที่ A_i คือ พื้นที่หน้าตัดภายในของฐานคอคอดก่อนเข้าเครื่องยนต์, m^2

A_v คือ พื้นที่หน้าตัด (Cross-section area) ของส่วนคอคอด, m^2 และเมื่อคำนวณและคิดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางและจะได้เท่ากับ 10.63 mm.

c_v คือ ความเร็วอากาศที่คอคอด โดยที่ C_V มีค่าไม่เกิน 150 m/s

4. ทำการหาค่าพื้นที่หน้าตัดของท่อก๊าซ (A_g)

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot d_g^2 \cdot \pi \qquad (4)$$

โดยที่ A_g คือ พื้นที่หน้าตัด (Cross-section area) ของ หัวฉีดก๊าซ, m^2

d_g คือ เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดก๊าซชีวภาพ, mm. และคำนวณได้เท่ากับ 4.61 mm.

2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ [5]

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงกำลัง แรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์สามารถหาได้จากสมการดังนี้

ในการคำนวณหากำลังไฟฟ้า (P) เพื่อนำไปคำนวณหาทอร์กต่อไปคำนวณได้จาก [5]

$$P = IV \qquad (5)$$

โดยที่ P คือ กำลัง, Watt

I คือ กระแส, Ampere

V คือ ความต่างศักดิ์, Volt

$$P = \frac{2\pi TN}{1000 \times 60} \qquad (6)$$

โดยที่ T คือ ทอร์ก, N.m

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (fuel conversion efficiency, η_f) สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_f = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{HV}} \quad (7)$$

โดยที่ η_f คือ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง
$\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, l/h, kg/h
Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, MJ/kg

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อจำเพาะเบรก (SEC)

$$SEC = \frac{\dot{m}_f \times Q_{HV}}{P} \quad (8)$$

โดยที่ SEC คือ อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Energy Consumption), MJ/kg-h

3. วัสดุอุปกรณ์และการดัดแปลง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

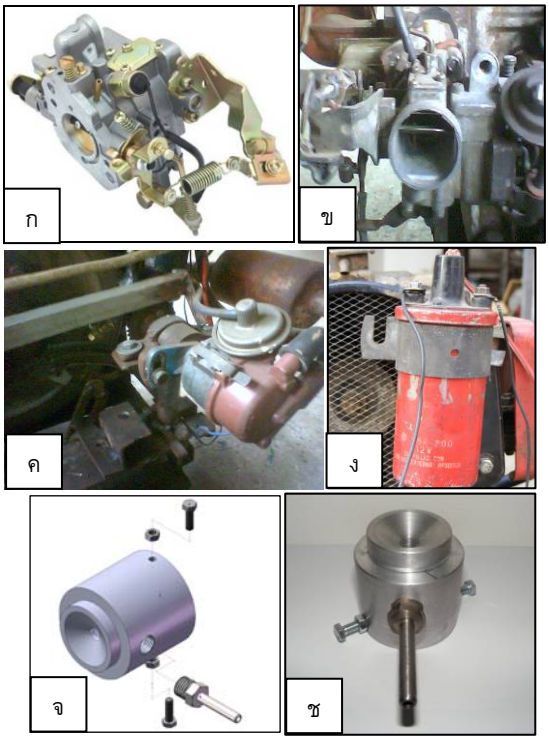
เครื่องยนต์ดีเซลก่อนการดัดแปลงคือ เครื่องยนต์การเกษตร คูโบต้า รุ่น ET 95 จำนวน 1 สูบ จุดระเบิดด้วยการอัด ดังรูปที่ 3 และมีรายละเอียดของเครื่องยนต์ดังตารางที่ 2

รูปที่ 3 เครื่องยนต์คูโบต้า ET 95 ที่นำมาดัดแปลง

ตารางที่ 2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง[6]

รายละเอียด	เครื่องยนต์คูโบต้า ET 95
แบบ-จำนวนสูบ	เครื่องยนต์ดีเซลสูบนอนสูบเดียว 4 จังหวะ
ขนาดกระบอกสูบ*ช่วงชัก	86*90 mm.
ปริมาตรกระบอกสูบ	522 cc.
แรงม้าสูงสุด	9.5/2400 hp/rpm
แรงบิดสูงสุด	30/1800 N-m/rpm
ความเร็วรอบต่ำ (ไม่มี Load)	500 rpm
ความเร็วรอบสูงสุด (ไม่มี Load)	2400 rpm
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	2.05 l/h
อัตราส่วนกำลังอัด	21.3 : 1
จังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	20 ° BTDC
ระบบติดเครื่องยนต์	แบบมือหมุน
น้ำหนักสุทธิ	105 kg

อุปกรณ์หลักที่เพิ่มเติมในการดัดแปลงได้แก่ คาร์บูเรเตอร์ คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย หัวเทียน Venturi Mixer Gas ในรูปที่ 4 และแบตเตอรี่ 12 โวลต์ รวมงบประมาณที่ใช้ในการดัดแปลงเครื่องยนต์คือ 10,000 บาท



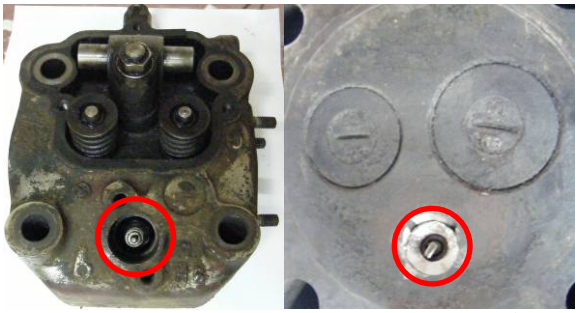
รูปที่ 4 ก) และ ข) คาร์บูเรเตอร์ ค) จานจ่ายไฟ ง) คอยล์จุดระเบิด จ) และ ช) อุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้น

3.2 วิธีการดัดแปลง

การดัดแปลงเครื่องยนต์จากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดให้เป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟทำการดัดแปลงโดยลดอัตราส่วนการอัดลงจาก 21.3:1 เป็น 11.9:1 [5] โดยทำการคว้านลูกสูบและเสริมปะเก็นฝาสูบและทำการติดตั้งระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟดังรูปที่ 5 และ 6 โดยเลือกใช้จานจ่ายไฟโดยมีแบตเตอรี่ 12 โวลต์เป็นแหล่งจ่ายไฟเพราะจากการทดลองติดตั้งเทียบกับระบบจุดระเบิดแบบ CDI พบว่าระบบจุดระเบิดแบบใช้จานจ่ายไฟมีความเหมาะสมกว่าเพราะสามารถให้ประกายไฟที่สม่ำเสมอ จากนั้นติดตั้งคาร์บูเรเตอร์เพื่อ

ทำการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนเข้าท่อไอดี โดยได้ทดลองทำการเลือกใช้คาร์บูเรเตอร์ขนาดต่างๆพบว่าคาร์บูเรเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือคาร์บูเรเตอร์รถยนต์ยี่ห้อไดฮัทสุ 2 สูบ 500 cc. เพราะให้ประสิทธิภาพและกำลังดีที่สุด ในส่วนของการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคืออุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศหรือ Venturi Mixer Gas เพื่อทำหน้าที่ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเหมือนกับคาร์บูเรเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ท่อส่งก๊าซชีวภาพและวาล์วต่างๆ

รูปที่ 5 ลูกสูบก่อนกลึงและหลังกลึงเพื่อลดอัตราส่วนการอัด



รูปที่ 6 ฝาสูบด้านหน้าและหลังที่ทำการตาปเกลียวเพื่อติดตั้งหัวเทียน

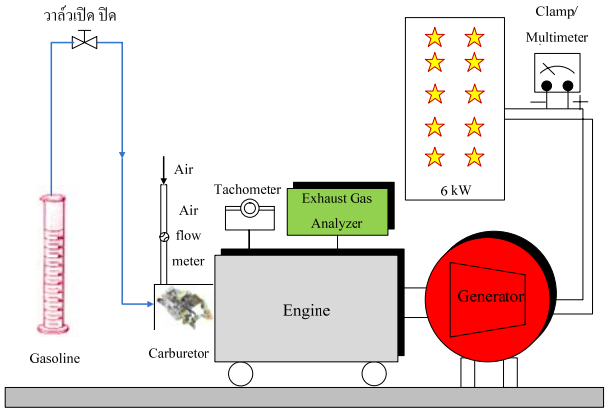
4. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และการปล่อยก๊าซไอเสีย

ในการทดสอบสรรถนะจะทำการวัดค่ากำลัง แรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพทางความร้อน [5] และการปล่อยก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์จะทดสอบโดยใช้ เชื้อเพลิง 2 ชนิดคือ น้ำมันเบนซิน(ค่าออกเทน 91) และก๊าซชีวภาพ โดยจะทำการทดลองที่ 6 ความเร็วรอบคือ 900 1,000 1,200 1,400 1600 และ 1,700 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยปรับองศาจุดระเบิดให้อยู่ระหว่าง 5-10 องศาก่อนจุดศูนย์ตายบน เพราะเป็นช่วงที่ไม่เกิดการน็อกของเครื่องยนต์

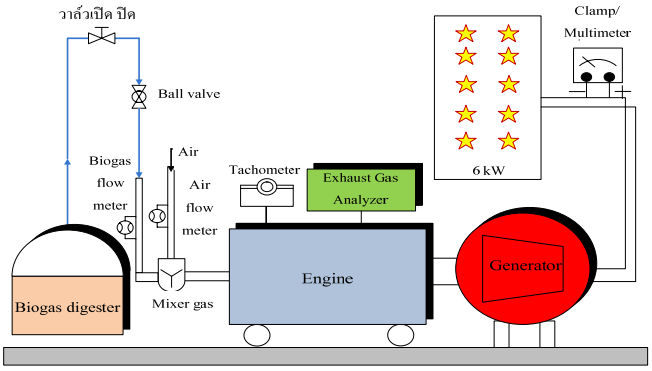
ในการทดสอบโดยเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินดังรูปที่ 7 โดยน้ำมันเบนซินจะอยู่ในกระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตรที่ใช้ไปทุกๆ 50 cc. ว่าใช้เวลาเท่าใดในแต่ละความเร็วรอบ เครื่องยนต์จะต่อกับเจนเนอเรเตอร์เพื่อผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีภาระโหลดคือหลอดไฟสปอร์ตไลท์รวม 6 กิโลวัตต์ เริ่มการทดสอบโดยทำการติดเครื่องยนต์และทำการอุ่นเครื่องยนต์จนอุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำถึง 50 °C จึงเริ่มทำการทดสอบที่ความเร็วรอบดังกล่าวข้างต้นจากน้อยไปมาก โดยทำการวัดความเร็วรอบโดยใช้ Tachometer ทำการวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์โดยใช้มัลติมิเตอร์และแคมป์มิเตอร์ตามลำดับ วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยจับเวลาที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินในหลอดแก้วตวงปริมาตรทุกๆ 50 cc. และวัดอัตราการสิ้นเปลืองอากาศโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot Wire โดยจะทำการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิดอย่างละ 3 ครั้ง ที่สภาวะแวดล้อมและเวลาเดียวกัน เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ในการทดสอบโดยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพก็คล้ายกับ การทดสอบของน้ำมันเบนซินแต่จะแตกต่างกับการทดสอบโดยน้ำมันเบนซินในส่วนของการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 8 และ 9 โดยก๊าซชีวภาพจะถูกส่งมาตามท่อผ่านอุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องวัดความเร็วก๊าซชีวภาพแบบ Hot wire จากนั้นจึงนำค่าที่ได้และเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมาคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อไป

ในส่วนของก๊าซไอเสียที่ปล่อยออกมาทำการวัดโดยเครื่องวิเคราะห์ไอเสียยี่ห้อ Eurogas 13AE8020GB โดยสามารถวัดปริมาณก๊าซ CO CO_2 ซึ่งจะได้หน่วยเป็น % By Volume และก๊าซ HC ซึ่งจะได้หน่วยเป็น ppm



รูปที่ 7 ผังอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบน้ำมันเบนซิน

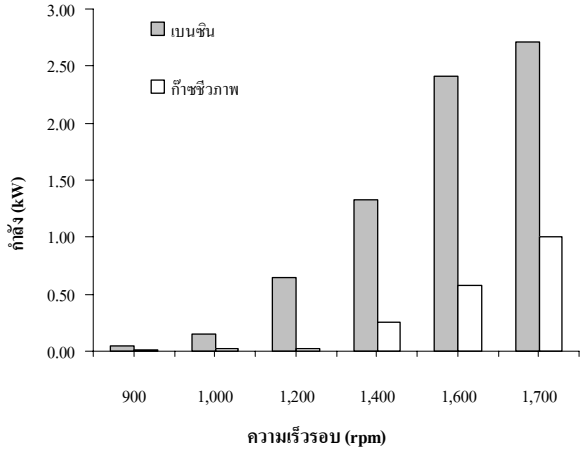


รูปที่ 8 ผังอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

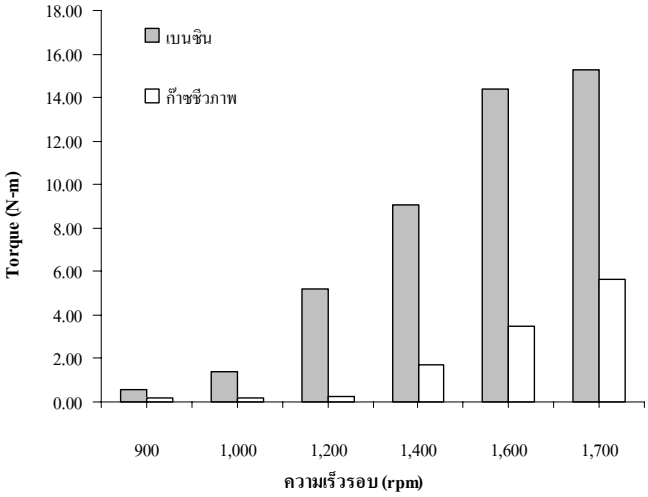
รูปที่ 9 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงโดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

5. ผลการทดสอบ

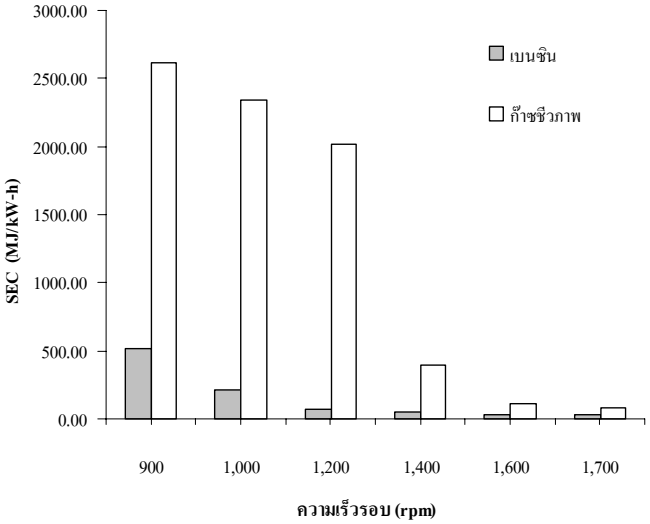
จากผลการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงตามลำดับพบว่ากำลัง (Brake Power) และแรงบิด (Torque) ที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 78.01 % ทั้งนี้เป็นผลมาจากเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือเมื่อเปรียบเทียบปริมาตรไอดีที่เข้าไปในห้องเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ปริมาตรไอดีของน้ำมันเบนซินจะมีความหนาแน่นมากกว่าปริมาตรไอดีของก๊าซชีวภาพ ดังนั้นไอดีของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินจึงถูกส่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพและในก๊าซชีวภาพจะมีองค์ประกอบของก๊าซที่เผาไหม้ได้น้อยส่งผลให้ค่าความร้อนมีค่าต่ำกว่า จึงทำให้ให้กำลังและแรงบิดที่ได้มีค่าต่ำไปด้วย ซึ่งทั้งกำลังและแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบดังรูปที่ 9 และ 10 สอดคล้องกับการทดสอบของ Ali M. Pourkhesalian [7] โดย ณ ความเร็วรอบ 1,700 รอบต่อนาที จะให้ค่ากำลังและแรงบิดสูงสุด โดยกำลังมีค่า 2.71 kW และ 1.01 kW สำหรับน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพตามลำดับ



รูปที่ 10 เปรียบเทียบกำลังที่ได้ของน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 11 เปรียบเทียบแรงบิดที่ได้ของน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพ

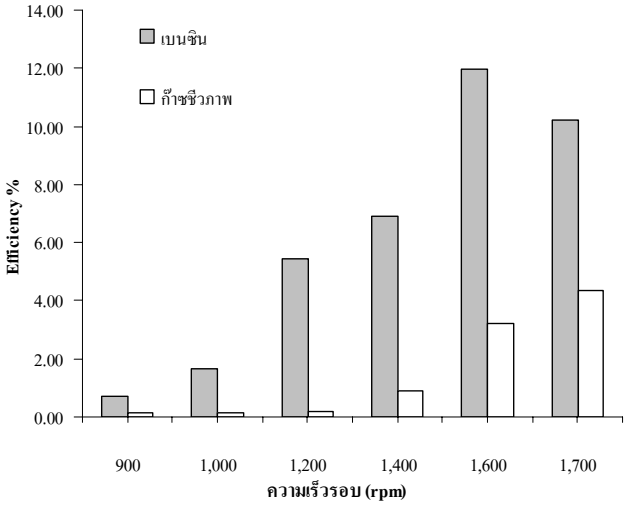


รูปที่ 12 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะที่ได้ของน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพ

จากผลการทดสอบอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะซึ่งคำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานต่อชั่วโมงหารด้วยกำลังที่ได้เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 เชื้อเพลิงได้

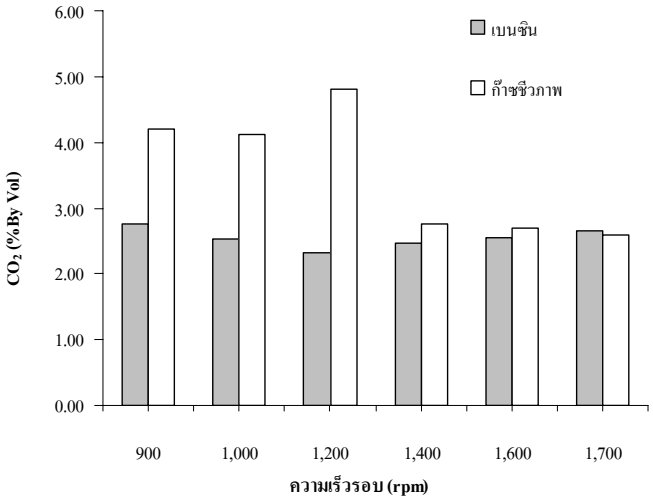
จากการทดสอบแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดังรูปที่ 12 พบว่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันเบนซินมีค่าน้อยกว่าก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 80.87 % ทั้งนี้เป็นผลมาจากก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและค่าความร้อน(น้ำมันเบนซินมีค่าความร้อน 44 MJ/kg ในขณะที่ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน 12.21 MJ/kg)น้อยกว่าน้ำมันเบนซิน ทำให้ก๊าซชีวภาพต้องเข้าไปในห้องเผาไหม้มากกว่าเพื่อให้ได้กำลังที่เท่ากัน ส่งผลทำให้อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของก๊าซชีวภาพมากกว่าน้ำมันเบนซิน โดยค่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเพราะเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นกำลังที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์จะสูงขึ้นและการใช้เชื้อเพลิงก็จะสูงขึ้นที่ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่การเพิ่มขึ้นของการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของกำลังเครื่องยนต์ ส่งผลให้ภาพรวมค่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะซึ่งคำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานต่อชั่วโมงหารด้วยกำลังมีแนวโน้มลดลง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนดังรูปที่ 12 พบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนของน้ำมันเบนซิน มากกว่าก๊าซชีวภาพเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 80.87 % ทั้งนี้เป็นผลมาจากเชื้อเพลิงก๊าซชีว-ภาพมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรน้อยกว่าเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะได้กำลังที่น้อยกว่าและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่ามากเมื่อใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน

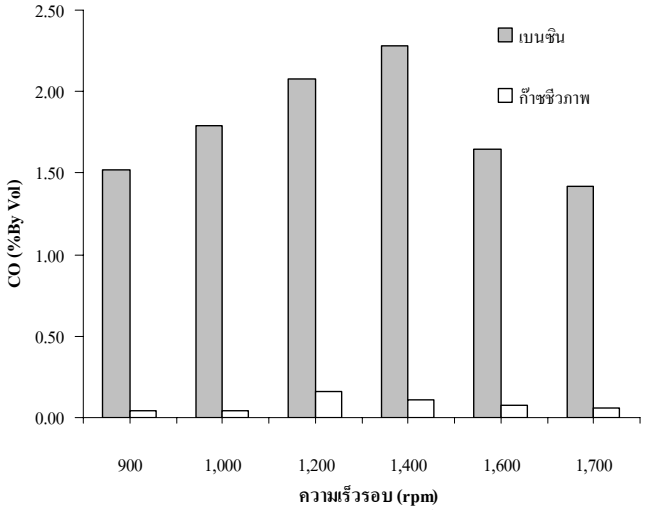


รูปที่ 13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนที่ได้ของน้ำมันเบนซิน และก๊าซชีวภาพ

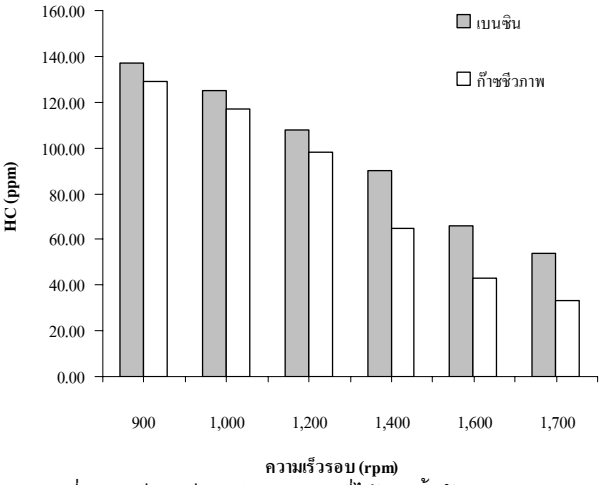
จากผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ที่แต่ละความเร็วรอบดังรูปที่ 14 พบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพ และมีแนวโน้มอยู่ในระดับเท่าเดิมคงที่เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น (1,400 – 1,700 รอบต่อนาที) แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าสูงที่ความเร็วรอบต่ำ (900 – 1,200 รอบต่อนาที) เนื่องจากการควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำนั้นทำได้ยากเพราะก๊าซชีวภาพมีความดันต่ำมากทำให้ต้องทำการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของปริมาตรก๊าซชีวภาพให้มากขึ้นเพื่อให้เครื่องยนต์ไม่ดับ จึงทำให้ก๊าซชีวภาพเข้าไปในห้องเผาไหม้เป็นปริมาณมากหรือเรียกว่า ส่วนผสมหนา ประกอบกับก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์อยู่แล้วทำให้ก๊าซไอเสียมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง



รูปที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณ CO_2 ที่ได้ของน้ำมันเบนซิน และก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณ CO ที่ได้ของน้ำมันเบนซิน และก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณ HC ที่ได้ของน้ำมันเบนซิน และก๊าซชีวภาพ

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์เช่นเดียวกันกับที่ผ่านมาเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของของน้ำมันเบนซินมากกว่าของการใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 95.56 % และมีปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนของการใช้น้ำมันเบนซินมากกว่าของการใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 20.50 % ดังรูปที่ 15 และ 16 ทั้งนี้เป็นผลมาจากจำนวนโมเลกุลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพน้อยกว่าน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพมีสถานะเป็นก๊าซจึงสามารถจับตัวกับออกซิเจนในปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า สอดคล้องกับการทดสอบของ Ali M. Pourkhesalian [7]

6. สรุป

เครื่องยนต์ดีเซลสามารถดัดแปลงไปใช้น้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพได้โดยการปรับอัตราส่วนการอัดให้ลดลง เพิ่มเติมระบบจุดระเบิดและระบบการผสมน้ำมันกับอากาศสำหรับน้ำมันเบนซินและ Venturi Mixer Gas สำหรับก๊าซชีวภาพ จากผลการทดสอบสมรรถนะ

เครื่องยนต์ดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพ พบว่ากำลังและแรงบิดที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 78.01 % เมื่อพิจารณาอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะ พบว่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันเบนซินมีค่าน้อยกว่าของก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 80.87 % พิจารณาประสิทธิภาพทางความร้อนที่ออกมาจากเครื่องยนต์พบว่าพบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนของน้ำมันเบนซินมากกว่าก๊าซชีวภาพ เฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 80.87 % และเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์และไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์และไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันเบนซินมากกว่าของก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 95.56 % และ 20.50 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซชีวภาพพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันที่ความเร็วรอบสูง

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. โครงการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมและประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านก๊าซชีวภาพ. “หลักสูตรการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเบื้องต้น” แหล่งที่มา http://www.e3agro.com/biogas/css/style.css, 2005.
2. วารสารเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, “แนวทางการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์” แหล่งที่มา http://teenet.chiangmai.ac.th/btc/journal/2004/10/03.pdf, 2004
3. Bhavin Kanaiyalal Kapadia. Development of a Single Cylinder SI Engine for 100% Biogas Operation. 2006.
4. K. von Mitzlaff, “Engines for biogas, Operation Theory, Modification, Econum, Operation”, Friedr. Vieweg & Sohn, Verlagsgesellschaft mbH, 1988.
5. วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร, “เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในและทฤษฎีการคำนวณ”. บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด, 1999.
6. “คู่มือช่างซ่อมเครื่องยนต์คูโบต้า”. บริษัทสยามคูโบต้า จำกัด, 1998.
7. Ali M. Pourkhesalian. “Alternative fuel and gasoline in an SI engine: A comparative study of performance and emissions characteristics”. FUEL, : 8, 2009.