การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

A Comparative Study of Engine Performance on Modified Diesel Engine with Gasoline, LPG and Biogas Fuel

ณัฐวุฒิ พลศรี (Natawut Ponsri)* ดร.รัชพล สันติวรากร (Dr.Ratchaphon Suntivarakorn)**

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ดัดแปลงให้เป็นระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง โดยได้ดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น ET 95 ขนาด 9 แรงม้า จากอัตราส่วนกำลังอัด 21.3 : 1 เป็น 11:1 ติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงและติดตั้งระบบจุดระเบิด โดยมีองศาจุดระเบิดอยู่ที่ 5-10 องศาก่อนจุดศูนย์ตายบน เพื่อให้สามารถใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพได้ จากการศึกษาพบว่าแรงบิดและกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดของการใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 59.61 % และ 78.01 % ตามลำดับทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของก๊าซทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซินและเมื่อพิจารณาอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะพบว่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของการใช้น้ำมันเบนซินมีค่าน้อยกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ย 31.92 % และ 80.87 % ตามลำดับและอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าลดลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินมีปริมาณมากกว่าเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ

ABSTRACT

This paper presents a comparative study of engine performance on modified diesel engine using Gasoline, Liquified Petroleum Gas (LPG) and Biogas as fuels. The engine tested 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, LPG and Biogas. From the experiment, it was indicated that the power output and torque obtained from modified engine using Gasoline were average 59.61 % and 78.01 % more than that of LPG and Biogas, respectively. This is due to the higher volumetric efficiency of Gasoline. The result also showed that the specific energy consumption of Gasoline was average 31.92 % and 80.87 % more than that of LPG and Biogas, respectively. The consumption was decreased according to the increasing of engine speed. Furthermore, The amount of Hydrocarbon (HC) and Carbon monoxide (CO) that was emitted from the engine when using Gasoline was higher than the engine using LPG and Biogas.

คำสำคัญ : ระบบจุดระเบิดด้วยการอัด ระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ก๊าซชีวภาพ

Key Words : Compression ignition system, Spark ignition system, Biogas

* *นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

** *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

ในปัจจุบันโลกได้มีการพัฒนาไปจากเดิมในหลาย ๆ ด้าน ทั้งเทคโนโลยีการคมนาคม อุตสาหกรรม อุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความสะดวกสบายของมนุษย์ ซึ่งก็ต้องมีการใช้พลังงานในการใช้และพัฒนาดังกล่าว แต่ในปัจจุบันพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและมีปริมาณการใช้อย่างมากในปัจจุบันซึ่งพลังงานเหล่านี้ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถสร้างทดแทนใหม่ได้ แต่ในขณะที่ความต้องการก็มีมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลทำให้ราคาน้ำมันแพงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นทั่วโลกจึงมีการส่ง เสริมให้มีการประหยัดพลังงานและวิจัยค้นคว้าหาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทนมากขึ้นโดยพลังงานที่เหมาะสมในการนำมาใช้ คือ พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำและพลังงานจากก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

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

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมรรถนะและการปล่อยก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ได้ทำการดัดแปลงจากเครื่องยนต์ดีเซลจักรกลเกษตรที่มีใช้ปริมาณมากในประเทศเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้ม (Liquified Petroleum Gas : LPG) และก๊าซชีวภาพได้ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในสภาพปัจจุบันเกษตรกรไทยมีเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับใช้เป็นรถไถในการทำการเกษตรเป็นจำนวนมาก ประกอบกับเกษตรกรบาง ส่วนมีฟาร์มปศุสัตว์ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ ดังนั้นเพื่อให้มีแนวทางการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่หลากหลายมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลที่มีในปัจจุบันให้สามารถเปลี่ยนมาใช้ก๊าซชีวภาพได้ เพื่อการประหยัดพลังงานในอนาคตและในขณะเดียวกันก็จะศึกษาทดลองเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น น้ำมันเบนซินและก๊าซหุงต้มในเครื่องยนต์ดัดแปลงชนิดเดียวกันนี้ด้วย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงกำลัง แรงบิด อัตราการสิ้น เปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์โดยสามารถหาได้จากสมการดังนี้

กำลังของเครื่องยนต์ (P) หาได้จากกำลังไฟฟ้าที่คำนวณจากกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าดังสมการ (1) เนื่องจากในการทดสอบจะพิจารณาให้เครื่องยนต์ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้า (วีระศักดิ์, 2542)

$$P = IV \qquad (1)$$

โดยที่ P คือ กำลัง (Watt) I คือ กระแสไฟฟ้า (Ampere) และ V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)

โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้สามารถนำไปหาค่าแรงบิด (T) ได้จากสมการ (2) คือ

$$T = \frac{60{,}000\mathrm{P}}{2\pi n} \qquad (2)$$

โดยที่ T คือ ทอร์ก (N-m) และ n คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{th} = \frac{P}{\dot{m}_f Q_{HV}} \qquad (3)$$

โดยที่ η_{th} คือ ประสิทธิภาพทางความร้อน $\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง(l/h หรือ kg/h) และ Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ/kg) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption) สามารถหาได้จาก

$$SEC = \frac{\dot{m}_f \times Q_{HV}}{P} \qquad (4)$$

โดยที่ *SEC* คือ อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะมีหน่วยเป็น (MJ/kw-h)

การหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ

จากการเก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพและนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) ณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าในก๊าซชีวภาพประกอบด้วย มีเทน (CH_4) 47% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 33% และไนโตรเจน (N_2) 20% ซึ่งนำไปใช้ในการหาค่าความร้อนได้จากสมการ (5) และค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 12.21 MJ/kg

$$H_{u,act} = \left(\frac{V_{CH_4}}{V_{tot}}\right) \times \rho_{CH_4,act} \times H_{u,std} \quad (5)$$

โดยที่ $H_{u,act}$ คือ ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ (kJ/kg)

$\rho_{CH_4,act}$ คือ ค่าความหนาแน่นของมีเทนในก๊าซชีวภาพ (kg/m^3)

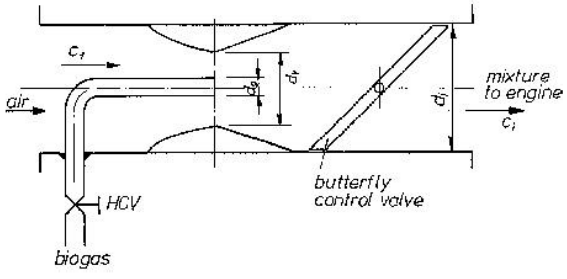
$H_{u,std}$ คือ ค่าความร้อนของก๊าซมีเทนมาตรฐานเท่ากับ 50,000 kJ/kg และ

$\left(\frac{V_{CH_4}}{V_{tot}}\right)$ คือ % ก๊าซมีเทน (CH_4) ในก๊าซชีวภาพ

จากการทดสอบมีปริมาณก๊าซมีเทน อยู่ 47% โดยปริมาตร

การหาขนาดของ Venturi Mixer Gas

ในการหาขนาด Venturi Gas Mixer สามารถคำนวณได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)



รูปที่ 1 Venturi Mixer Gas ที่มีท่อฉีดก๊าซท่อเดียว (Von Mitzlaff, 1988)

1. หาปริมาณอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการขณะนั้น (V_i) ซึ่งหาได้จาก

$$V_i = \frac{V_h}{2000} \cdot \frac{N}{60} \cdot \eta_{tot} \quad (6)$$

โดยที่ V_i คือ ปริมาณอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการ (m^3/s) V_h คือ ปริมาณความจุทั้งหมดของเครื่องยนต์ (litre) *n* คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm) และ η_{tot} คือ สัดส่วนของปริมาณอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ต่อปริมาตรช่วงชักของเครื่องยนต์

2. หาค่าความเร็วอากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้เฉลี่ย (c_i) จากสมการ

$$c_i = \frac{V_i}{A_i} \quad (7)$$

โดยที่ c_i คือ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศขาเข้าเครื่องยนต์ (m/s) และ A_i คือ พื้นที่หน้าตัดภายในของฐานคอคอดก่อนเข้าเครื่องยนต์ (m^2)

3. ทำการหาค่าพื้นที่หน้าตัดของพื้นที่ส่วนคอคอดหรือที่เรียกว่า คอขวด (A_v) เพื่อจะได้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางคอคอด (d_v)

$$A_v = A_i \cdot \frac{c_i}{c_v} \geq A_i \cdot \frac{c_i}{150 m/s} \quad (8)$$

โดยที่ A_i คือ พื้นที่หน้าตัดภายในของฐานคอคอดก่อนเข้าเครื่องยนต์ (m^2) A_v คือ พื้นที่หน้าตัด (Cross-section area) ของส่วนคอคอด (m^2) และ c_v คือ ความเร็วอากาศที่คอคอด โดยที่ c_v มีค่าไม่เกิน 150 m/s

4. ทำการหาค่าพื้นที่หน้าตัดของท่อก๊าซ (A_g) จากสมการ

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot d_g^2 \cdot \pi \quad (9)$$

โดยที่ A_g คือ พื้นที่หน้าตัด (Cross-section area) ของหัวฉีดก๊าซ (m^2) และ d_g คือ เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดก๊าซชีวภาพ (mm.)

ซึ่งจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์ กลางหัวฉีดก๊าซชีวภาพและคอคอดเท่ากับ 4.61 mm และ 10.63 mm. ตามลำดับ

วัสดุอุปกรณ์

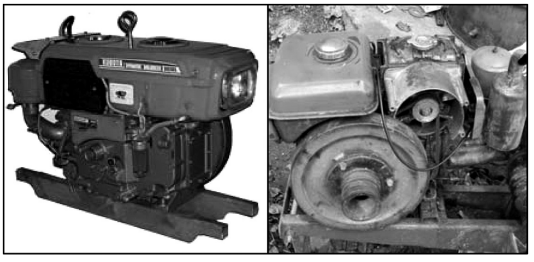
เครื่องยนต์ดีเซลก่อนการดัดแปลงคือ เครื่องยนต์การเกษตร คูโบต้า รุ่น ET 95 จำนวน 1 สูบ จุดระเบิดด้วยการอัด ดังรูปที่ 2 และมีรายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลดังตารางที่ 1

อุปกรณ์หลักที่เพิ่มเติมในการดัดแปลงได้แก่ คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย หัวเทียน แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ รวมงบ ประมาณที่ใช้ในการดัดแปลงเครื่องยนต์คือ 10,000 บาท ดังรูปที่ 3 และในกรณีใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีอุปกรณ์หลักดังนี้

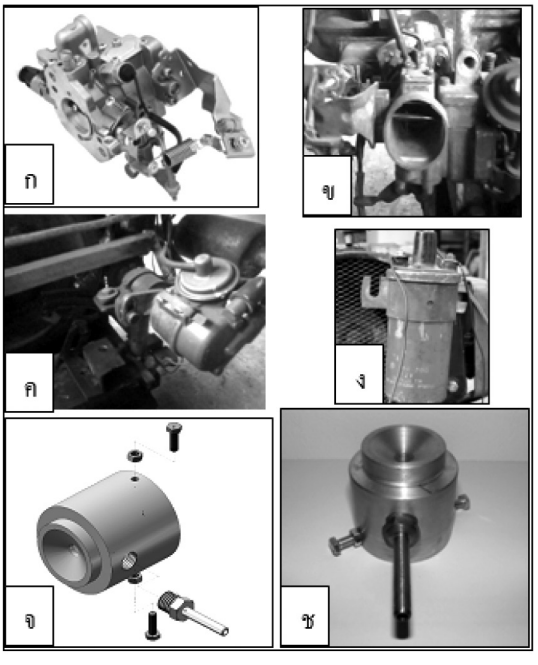
1. กรณีใช้น้ำมันเบนซิน – คาร์บูเรเตอร์
2. กรณีใช้ก๊าซหุงต้ม – Venturi Mixer Gas, อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือหม้อต้มก๊าซและถังก๊าซหุงต้ม
3. กรณีใช้ก๊าซชีวภาพ – Venturi Mixer Gas สำหรับก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง (สยามคูโบต้า, 2540)

รายละเอียด	เครื่องยนต์คูโบต้า ET 95
รูปแบบ-จำนวนสูบ	เครื่องยนต์ดีเซลสูบนอน สูบเดียว 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



รูปที่ 2 เครื่องยนต์คูโบต้า ET 95 ที่นำมาดัดแปลง



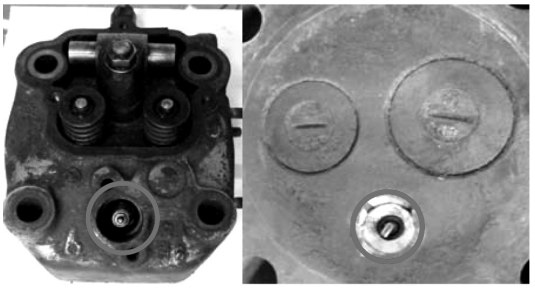
รูปที่ 3 ก) และ ข) คาร์บูเรเตอร์ ค) จานจ่ายไฟ ง) คอยล์จุดระเบิด จ) และ ช) อุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้น

วิธีการดัดแปลงเครื่องยนต์

การดัดแปลงเครื่องยนต์จากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดให้เป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟทำการดัดแปลงโดยลดอัตราส่วนการอัดลงจาก 21.3:1 เป็น 11.9:1 (Von Mitzlaff, 1988; สยามคูโบต้า, 2540) โดยทำการคว้านลูกสูบและเสริมปะเก็นฝาสูบและทำการติดตั้งระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟดังรูปที่ 4 และ 5 โดยเลือกใช้จานจ่ายไฟโดย

มีแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์เป็นแหล่งจ่ายไฟเพราะจากการทดลองติดตั้งเปรียบเทียบกับระบบจุดระเบิดแบบ CDI พบว่าระบบจุดระเบิดแบบใช้จานจ่ายไฟมีความเหมาะสมกว่าเพราะสามารถให้ประกายไฟที่สม่ำเสมอ

รูปที่ 4 ลูกสูบก่อนกลึงและหลังกลึงเพื่อลดอัตราส่วนการอัด



รูปที่ 5 ฝาสูบด้านหน้าและหลังที่ทำการตาปเกลียวเพื่อติดตั้งหัวเทียน

จากนั้นได้ทำการติดตั้งคาร์บูเรเตอร์เพื่อทำการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนเข้าท่อไอดี โดยได้ทดลองทำการเลือกใช้คาร์บูเรเตอร์ขนาดต่าง ๆพบว่าคาร์บูเรเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือคาร์บูเรเตอร์รถยนต์ยี่ห้อไดฮัทสุ 2 สูบ 500 cc. เพราะให้ประสิทธิภาพและกำลังดีที่สุด เมื่อได้ทำการติดตั้งคาร์บูเรเตอร์แล้วเครื่องยนต์ก็จะสามารถใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงได้ ในส่วนของการใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงต้องทำการติดตั้ง Venturi Mixer Gas สำหรับก๊าซหุงต้มและอุปกรณ์ควบคุมความดันโดยต่อกับถังก๊าซหุงต้มที่มีวาล์วควบคุม และในการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคืออุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศหรือ Venturi Mixer Gas ก๊าซชีวภาพมาติดตั้งที่คาร์บูเรเตอร์เพื่อทำหน้าที่ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเหมือนกับคาร์บูเรเตอร์โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 และอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ท่อส่งก๊าซชีวภาพและวาล์วต่าง ๆ ที่ต่อมาจากบ่อก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2 ขนาดของอุปกรณ์ผสมอากาศกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์ผสมอากาศกับเชื้อเพลิง	ขนาดคอคอด (mm.)	ขนาดท่อฉีดเชื้อเพลิง (mm.)
คาร์บูเรเตอร์รถยนต์เบนซิน	23.00	1.30
Venturi Gas Mixer (LPG)	22.50	10.20
Venturi Gas Mixer (Biogas)	10.63	4.68

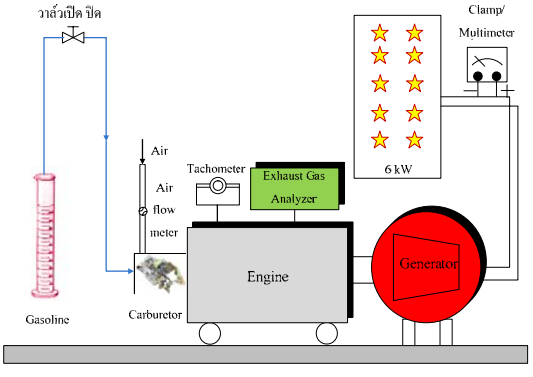
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และการปล่อยก๊าซไอเสีย

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะไร้อากาศ โดยองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงจึงสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในรูปของพลังงานได้ เช่น เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์หรือเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแส ไฟฟ้า เป็นต้น โดยจากการเก็บข้อมูลของก๊าซชีวภาพที่ได้ใช้ในการทดสอบแล้วนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบก๊าซที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาค่าความร้อนพบว่าก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน 14.65 MJ/m^3 หรือ 12.21 MJ/kg

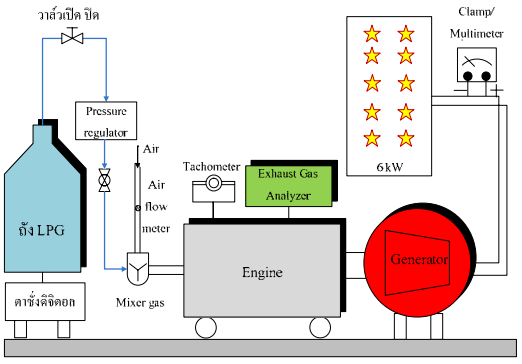
ในการทดสอบสรรถนะจะทำการวัดค่ากำลังแรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพทางความร้อน และการปล่อยก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ จะทดสอบโดยใช้ เชื้อเพลิง 3 ชนิดคือ น้ำมันเบนซิน (ค่าออกเทน 91) ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยจะทำการทดลองที่ 5 ความเร็วรอบคือ 900 1,000 1,200 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยปรับองศาจุดระเบิดให้อยู่ระหว่าง 5–10 องศา

ก่อนจุดศูนย์ตายบน เพราะเป็นช่วงที่ไม่เกิดการน็อกของเครื่องยนต์และทำการควบคุมค่า λ (Lambda : อัตราส่วนอากาศจริงต่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงในทางทฤษฎี) ให้มีค่าอยู่ในช่วง 1 – 1.1 ทั้ง 3 เชื้อเพลิง

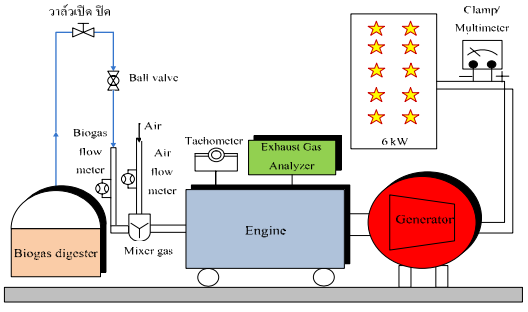
ในการทดสอบโดยเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ดังรูปที่ 6 โดยน้ำมันเบนซินจะอยู่ในกระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตรที่ใช้ไปทุก ๆ 50 cc. ว่าใช้เวลาเท่าใดในแต่ละความเร็วรอบ เครื่อง ยนต์จะต่อกับเจนเนอเรเตอร์เพื่อผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีภาระโหลดคือหลอดไฟสปอร์ตไลท์รวม 6 กิโลวัตต์ เริ่มการทดสอบโดยทำการติดเครื่องยนต์และทำการอุ่นเครื่องยนต์จนอุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำถึง 50 °C จึงเริ่มทำการทดสอบที่ความเร็วรอบดังกล่าวข้างต้นจากน้อยไปมาก โดยทำการวัดความเร็วรอบโดยใช้ Tachometer ทำการวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์โดยใช้มัลติมิเตอร์และแคมป์มิเตอร์ตามลำดับ วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยจับเวลาที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินในหลอดแก้วตวงปริมาตรทุก ๆ 50 cc. และวัดอัตราการสิ้นเปลืองอากาศโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot Wire โดยจะทำการทดสอบเชื้อเพลิงแต่ละชนิดอย่างละ 3 ครั้ง ที่สภาวะแวดล้อมและเวลาเดียวกัน เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป



รูปที่ 6 ผังอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบน้ำมันเบนซิน



รูปที่ 7 ผังอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบก๊าซหุงต้ม



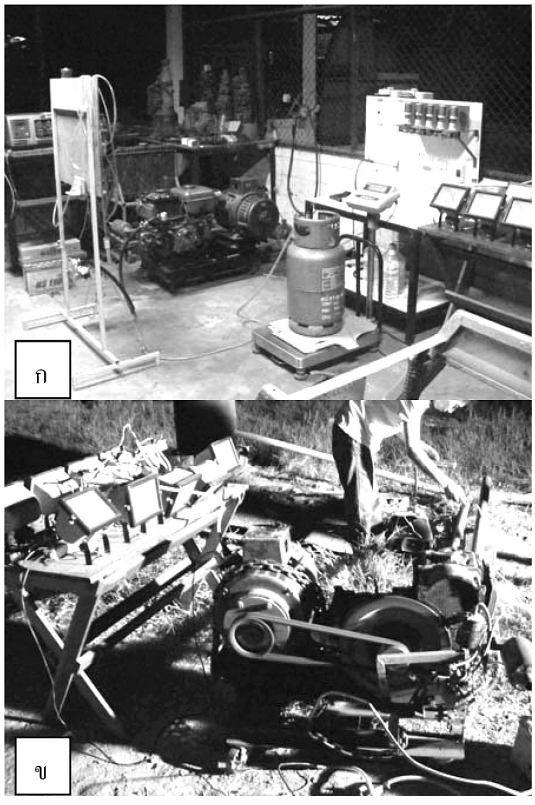
รูปที่ 8 ผังอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบก๊าซชีวภาพ

ในการทดสอบโดยเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม ดังรูปที่ 7 จะคล้ายกับการทดสอบโดยเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินแต่จะแตกต่างกันในส่วนของการวัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยการทดสอบโดยเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มจะวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยชั่งน้ำหนักถังก๊าซหุงต้มด้วยตาชั่งดิจิตอล และจับเวลาการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทุก ๆ 100 กรัม และในการทดสอบโดยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพก็คล้ายกับ การทดสอบของน้ำมันเบนซินและก๊าซหุงต้ม แต่จะแตกต่างกับการทดสอบโดยน้ำมันเบนซินและก๊าซหุงต้มในส่วนของการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 8 และ 9 โดยก๊าซชีวภาพจะถูกส่งมาตามท่อผ่านอุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องวัดความเร็วก๊าซชีวภาพแบบ Hot wire จากนั้นจึงนำค่าที่ได้และเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมาคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อไป

ในส่วนของก๊าซไอเสียที่ปล่อยออกมาทำการวัดโดยเครื่องวิเคราะห์ไอเสียยี่ห้อ Eurogas 13AE8020GB โดยสามารถวัดปริมาณก๊าซ CO และ CO_2 ซึ่งจะได้หน่วยเป็น % โดยปริมาตร และก๊าซ HC ซึ่งจะได้หน่วยเป็น ppm

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (Von Mitzlaff, 1988)

Available from :	น้ำมันเบนซิน	ก๊าซหุงต้ม	ก๊าซชีวภาพ
1. สถานะ	ของเหลว	ก๊าซ (หนักกว่าอากาศ)	ก๊าซ (เบากว่าอากาศ)
2. สูตรเคมี	$C_nH_{1.87n}$	$C_{3.4}H_{8.8}$	CH_4 และ CO_2
3. น้ำหนักโมเลกุล	~110	~49.6	31.4
4. ความถ่วงจำเพาะที่ 15 °C	0.72-0.78	1.5-2	0.55 (CH_4)
5. จุดวาบไฟ , °C	-40	-73	-188 (CH_4)
6. อุณหภูมิของเปลวไฟ , °C	2030	1,967	1954 (CH4)
7. อุณหภูมิติด , °C	280-430	460-580/ 410-550 (โพรเพน/ บิวเทน)	537 (CH_4)
8. ความเร็วของเปลวไฟ , m/s	0.34	0.46/0.87 (โพรเพน/ บิวเทน)	0.25 (จะเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนที่ก๊าซมีเทนผสมอยู่)
9. จุดเดือด , °C	38 - 204	-42	> 300 @ HHV = 33.39 MJ/m^3
10. อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี	14.60	15.67	4.2 (ณ CH_4 47% และ 50 mg/L H_2O)
11. ค่าความร้อน			
- HHV, MJ/kg	47.30	50.40	-
- LHV, MJ/kg	44.00	46.40	12.21*
*เป็นค่าที่คำนวณจากข้อมูลคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพและวิเคราะห์หาองค์ประกอบก๊าซที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น			



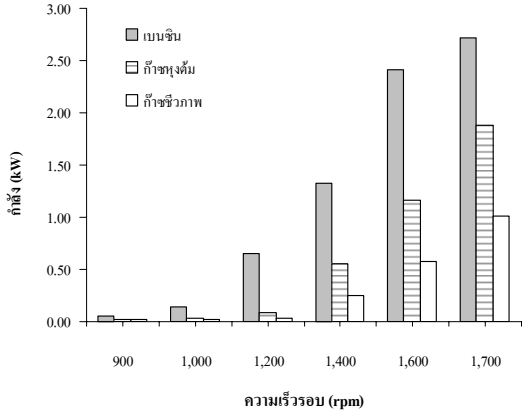
รูปที่ 9 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงโดย ใช้ ก) ก๊าซหุงต้ม ข) ก๊าซชีวภาพ เป็นเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบ

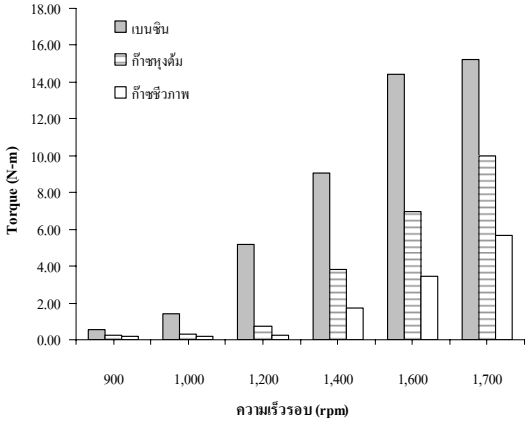
กำลังและแรงบิด

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงตามลำดับ พบว่ากำลัง (Brake Power) และแรงบิด (Torque) ที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 59.61 % และ 78.01 % ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือเมื่อเปรียบเทียบปริมาตรไอดีที่เข้าไปในห้องเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ปริมาตรไอดีของน้ำมันเบนซินจะมีความหนาแน่นมากกว่าปริมาตรไอดีของก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ ดังนั้นไอดีของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน

จึงถูกส่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 10 เปรียบเทียบกำลังที่ได้ของน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ



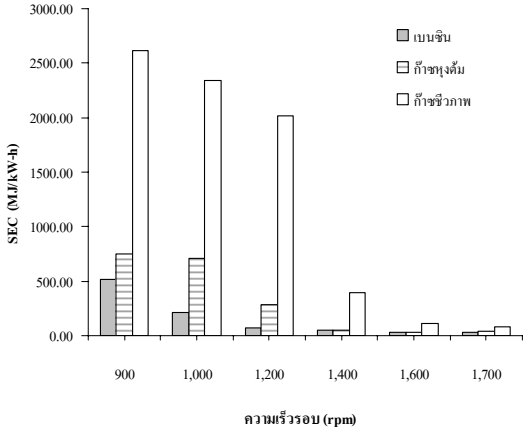
รูปที่ 11 เปรียบเทียบแรงบิดที่ได้ของน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกำลังและแรงบิดที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพพบว่ากำลังและแรงบิด ที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพประมาณ 47.47 % ทั้งนี้เป็นผลมาจากก๊าซชีวภาพจะมีองค์ประกอบของก๊าซที่เผาไหม้ได้น้อยส่งผลให้ค่าความร้อนมีค่าต่ำกว่า จึงทำให้กำลังและแรงบิดที่ได้มีค่าต่ำไปด้วย ซึ่งทั้งกำลังและแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบดังรูปที่ 10 และ 11 สอดคล้องกับการทดสอบ Pourkhesalian (2009) โดยกำลังและแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด พบว่าให้กำลังและแรงบิดสูงสุดที่รอบเครื่องยนต์ 1,700 รอบต่อนาที เช่นเดียวกัน ซึ่งกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ คือ 2.71 kW, 1.88 kW และ 1.01 kW ตามลำดับ และแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ คือ 15.25 N·m, 9.97 N·m และ 5.65 N·m ตามลำดับ

อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะ

จากผลการทดสอบอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) ซึ่งคำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานต่อชั่วโมงหารด้วยกำลังที่ได้เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 เชื้อเพลิงได้ จากการทดสอบแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดังรูปที่ 12 พบว่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันเบนซินมีค่าน้อยกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 31.92 % และ 80.87 % ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันเบนซินกับก๊าซหุงต้มมีความสอดคล้องกับการทดลองของ S. Murillo and Miguez (2005) ทั้งนี้การที่น้ำมันเบนซินมีอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะมากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นนั้นเป็นเพราะน้ำมันเบนซินมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรมากกว่าเชื้อเพลิงอีกทั้ง 2 ชนิด และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพพบว่าก๊าซหุงต้มมีอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะน้อยกว่าก๊าซหุงต้ม 73.35 % โดยเฉลี่ย ทั้งนี้เป็นผลมาจากก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อนน้อยกว่าก๊าซหุงต้มดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ก๊าซชีวภาพต้องเข้าไปในห้องเผาไหม้มากกว่าเพื่อให้ได้กำลังที่เท่ากัน ส่งผลทำให้อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของก๊าซชีวภาพมีค่ามากกว่า

น้ำมันเบนซินและก๊าซหุงต้ม โดยค่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเพราะเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นกำลังที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์จะสูงขึ้นและการใช้เชื้อเพลิงก็จะสูงขึ้นที่ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่การเพิ่มขึ้นของการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของกำลังเครื่องยนต์ ส่งผลให้ภาพรวมค่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะซึ่งคำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานต่อชั่วโมงหารด้วยกำลังมีแนวโน้มลดลง

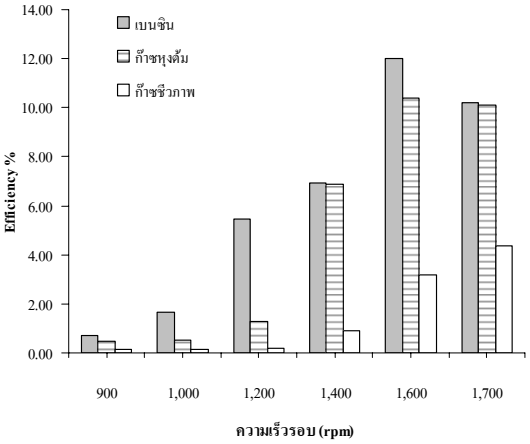


รูปที่ 12 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะที่ได้ของน้ำมันเบนซินก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพทางความร้อน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนดังรูปที่ 13 พบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนของน้ำมันเบนซิน มากกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 31.92 % และ 80.87 % ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรน้อยกว่าเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงทำให้น้ำมันเบนซินมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดและเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพพบว่าก๊าซหุงต้มมีประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ มากกว่าก๊าซชีวภาพ 73.36 %

ทั้งนี้เป็นผลมาจากก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อนน้อยกว่าก๊าซหุงต้มดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่งผลให้เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะได้กำลังที่น้อยกว่าก๊าซหุงต้มและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า เป็นผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซินและก๊าซหุงต้ม

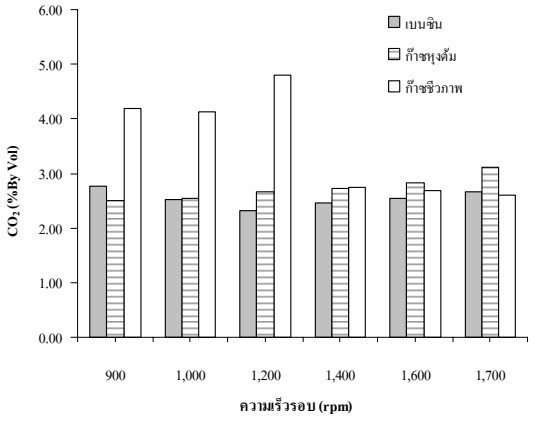


รูปที่ 13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนที่ได้ของน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ

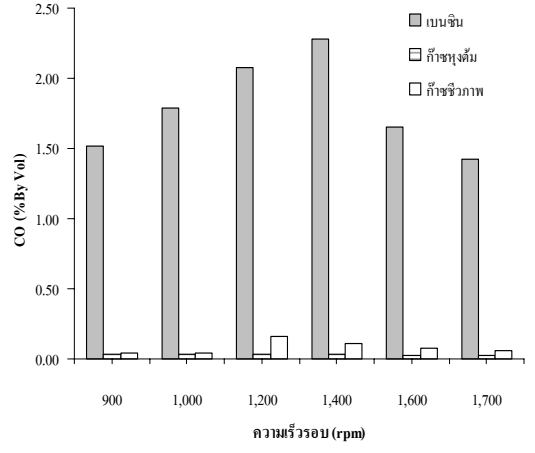
การปล่อยก๊าซไอเสีย

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ที่แต่ละความเร็วรอบดังรูปที่ 14 พบว่าปริมาณคาร์บอนได ออกไซด์ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่าใกล้เคียงกับก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ และมีแนวโน้มอยู่ในระดับเท่าเดิมคงที่เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น (1,400 – 1,700 รอบต่อนาที) แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าสูงที่ความเร็วรอบต่ำ (900 – 1,200 รอบต่อนาที) เนื่องจากการควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำนั้นทำได้ยากเพราะก๊าซชีวภาพมีความดันต่ำมากทำให้ต้องทำการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของปริมาตร

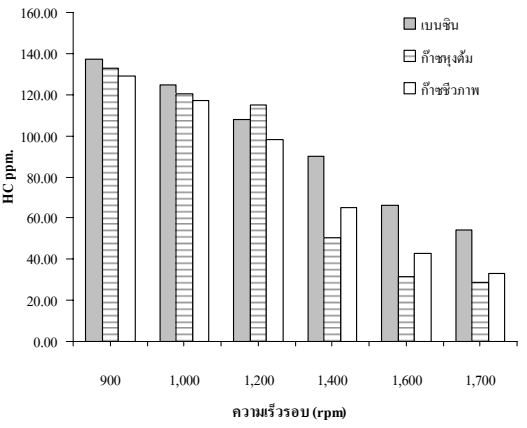
ก๊าซชีวภาพให้มากขึ้นเพื่อให้เครื่องยนต์ไม่ดับ จึงทำให้ก๊าซชีวภาพเข้าไปในห้องเผาไหม้เป็นปริมาณมาก หรือเรียกว่า ส่วนผสมหนา ประกอบกับก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์อยู่แล้วทำให้ก๊าซไอเสียมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง



รูปที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณ CO_2 ที่ได้ของน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณ CO ที่ได้จากการใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณ HC ที่ได้จากการใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ดังรูปที่ 15 พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของน้ำมันเบนซินมากกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยประมาณ 98.39 % และ 95.56 % ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากจำนวนโมเลกุลของคาร์บอนในก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมีจำนวนน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน อีกทั้งก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมีสถานะเป็นก๊าซจึงสามารถจับตัวกับออกซิเจนในปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าและเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของก๊าซหุงต้มน้อยกว่าของก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 55.84 % ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ความเร็วเปลวไฟของก๊าซชีวภาพต่ำกว่าความเร็วเปลวไฟของก๊าซหุงต้ม ดังตารางที่ 3 ข้อ 8 ทำให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเกิดขึ้นหลังจุด Top Dead Center (TDC) ทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ไม่หมดเหลือตกค้างในห้องเผาไหม้จึงเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น และจากประกาศกรมขนส่งทางบก ค่ามาตรฐานมลพิษจากรถยนต์เบนซิน กำหนดให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่เกิน 0.5 % ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าเมื่อใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงจะ

มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกิน 0.5 % แต่เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอก ไซด์ต่ำกว่า 0.5 % ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐานมลพิษกำหนด

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ดังรูปที่ 16 พบว่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันเบนซินมากกว่า ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยประมาณ 23.75 % และ 20.50 % ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากจากจำนวนโมเลกุลของคาร์บอนในก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมีจำนวนน้อยกว่าน้ำมันเบนซิน อีกทั้งก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพมีสถานะเป็นก๊าซจึงสามารถจับตัวกับออกซิเจนในปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ปล่อยออกมาเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง พบว่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนของก๊าซหุงต้มมีค่ามากกว่าก๊าซชีวภาพในช่วงความเร็วรอบต่ำระหว่าง 900–1,200 รอบต่อนาที แต่ที่รอบสูงตั้งแต่ 1,400–1,600 รอบต่อนาที พบว่าปริมาณก๊าซไฮโดร คาร์บอนของก๊าซหุงต้มมีค่าน้อยกว่าก๊าซชีวภาพ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ความเร็วเปลวไฟของก๊าซชีวภาพต่ำกว่าความเร็วเปลวไฟของก๊าซหุงต้ม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Kaise (1991) ทำให้การเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพในเครื่อง ยนต์เกิดขึ้นหลังจุด TDC ดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จึงทำให้เกิดปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น และจากประกาศกรมขนส่งทางบก ค่ามาตรฐานมลพิษจากรถยนต์เบนซิน (กรมขนส่งทางบกและกรมควบคุมมลพิษ, 2006) กำหนดให้ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ไม่เกิน 100 ppm. ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดในช่วงความเร็วรอบต่ำระหว่าง 900–1,200 รอบต่อนาที จะมีปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนเกิน 100 ppm. เกินมาตรฐานมลพิษกำหนด แต่ที่ความเร็วรอบสูงระหว่าง 1,400–1,700 รอบต่อนาที เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดจะมีปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่า 100 ppm. ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐานมลพิษกำหนด

สรุป

เครื่องยนต์ดีเซลสามารถดัดแปลงไปใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพได้โดยการปรับอัตราส่วนการอัดให้ลดลง เพิ่มระบบจุดระเบิดและระบบการผสมน้ำมันกับอากาศสำหรับน้ำมันเบนซิน ทำการเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมความดัน อุปกรณ์ผสมก๊าซหุงต้มกับอากาศหรือ Mixer สำหรับใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง และเพิ่มอุปกรณ์ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศหรือ Venturi Mixer Gas สำหรับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ พบว่ากำลัง (Brake Power) และแรงบิด (Torque) ที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 59.61 % และ 78.01 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะ (SEC) พบว่าการใช้อัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันเบนซินมีค่าน้อยกว่ากว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 31.92 % และ 80.87 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบ เทียบประสิทธิภาพทางความร้อน พบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนของน้ำมันเบนซินมากกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ เฉลี่ยทุกความเร็วรอบ 31.92 % และ 80.87 % ตาม ลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ที่แต่ละความเร็วรอบ พบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่าใกล้เคียงกับก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ และมีแนวโน้มอยู่ในระดับเท่าเดิมคงที่เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะมีค่าสูงเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่ำ เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของน้ำมันเบนซินมากกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยประมาณ 98.39 % และ 95.56 % ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซไฮโดร คาร์บอน (HC)

พบว่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันเบนซินมากกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพประมาณ 23.75 % และ 20.50 % ตาม ลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงานมหาวิทยาลัยขอนแก่น และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมขนส่งทางบกและกรมควบคุมมลพิษ. 2006. ประกาศกรมขนส่งทางบก. กรุงเทพฯ: กรมขนส่งทางบก.

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. 1999. เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในและทฤษฎีการคำนวณ. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

สยามคูโบต้า. 1999. คู่มือช่างซ่อมเครื่องยนต์คูโบต้า. กรุงเทพฯ: สยามคูโบต้า.

Kaise, Edward W. 1991. Effect of Fuel Structure on Emissions from a Spark-Ignited Engine. ESET Research, 2005-2012.

Murillo, S., and Miguez, JL. 2005. LPG: Pollutant emission and performance enhancement for spark-ignition four strokes outboard engines. Applied Thermal Engineering, 25(13), 1882-1893.

Pourkhesalian, Ali M. 2009. Alternative fuel and gasoline in an SI engine: A comparative study of performance and emissions characteristics. Fuel, 89(5), 1056-1063.

Von Mitzlaff, K. 1988. Engines for biogas: theory, modification, economic operation. Federal Republic of Germany.