การประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลสำหรับเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร
Application of Biogas Mixing with Gasifier for Agriculture Small Engines

ภัคคิป ไกรโสดา[1],* บพิธ บุปผโชติ[2], เกยูร ดวงอุปมา[1], โกศล เรืองแสน[1],
ชินภัทร ธุระการ[1], กัมปนาท ไชยเพชร, และวรชาติ จันนุวงศ์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ต.ขามเรียง อ. กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150
*Corresponding Author: pakkip.kr@ksu.ac.th, pakkip@gmail.com โทรศัพท์ 089-418-9896, โทรสาร 043-812583

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล และ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์เล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงโดยมีสัดส่วนของ การประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลด้วยอัตราส่วนดังนี้ 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 และ 0 : 100 ตามรอบของเครื่องยนต์ที่ 2,000 2,500 3,000 และ 3,500 รอบ/นาที จากการทดลองประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล พบว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดของแต่ละผลการทดลองคืออัตราส่วนที่ 100:0 เพราะมีอัตราเร่งรอบเครื่องยนต์ในแต่ละรอบดีกว่าผลการทดลองอื่น ๆ คราบเขม่าที่ส่งผลต่อชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์มีน้อยกว่าผลการทดลองอื่น ๆ จากเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลที่อัตราส่วน 100:0 เหมาะแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในอนาคตต่อไป
คำหลัก: ก๊าซชีวภาพ, ก๊าซชีวมวล, เครื่องยนต์เล็ก

Abstract

This research aims were studied the possibility of application of biogas with biomass biogas and studied the effects on small engine components using biogas with biomass as fuel. By The fuel rafios of the applied biogas with biomass were 100:0 80:20 60:40 40:60 20:80 and 0:100. The speeds of engine were 2,000 2,500 3,000 and 3,500 rpm. The experiment of the applied with biogas was found that the best ratio of the experiment is 100:0 because the accelerate of engine is better than other results. The effect of soot to the internal parts of engine was less than other results. From this reason, it was can be concluded that the fuel ratio of the application biogas with biomass of 100:0. Therefore, This fuel ratio was appropriated for alternative fuel in the future.
Keywords: Biomass, Biogas, Small Engine

1. บทนำ

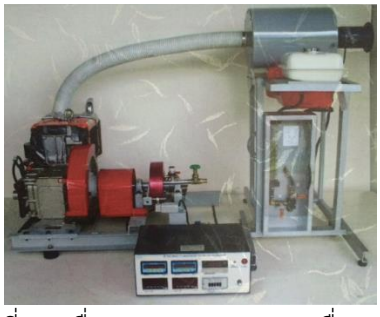
จากสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทย ได้ประสบปัญหาด้านวิกฤติของพลังงานมีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากพลังงานจากปิโตรเลียม ไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยส่วนใหญ่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และขนส่ง พบว่าราคาของน้ำมันมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้นตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจของโลกส่งผลกระทบต่อระบบการเงิน การคลัง รวมทั้งภาคการผลิตและภาคประชาชน ดังนั้นประเทศไทยจึงมีการส่งเสริมให้ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานทางเลือกเพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ [เช่น แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า แก๊สปิโตรเลียมเหลว ประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพนและบิวเทน มีคุณสมบัติ ของค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันเบนซิน ก๊าซชีวภาพ (อังกฤษ: Biogas

หรือ digester gas) หรือ ไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน(anaerobic digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซ มีเทน ที่เกิดจาก การหมัก (fermentation) ของ สารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อ และแก๊สที่ได้จากชีวมวล(Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและ สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานอาจจะทำโดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล (เช่น น้ำมัน) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเล่านี้มีแหล่งที่มาต่าง ๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร (agricultural residues) ไม้และเศษไม้ (wood and wood residues) หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน]

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล เพื่อศึกษาผลกระทบต่อชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์เล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล และเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ก๊าซชีวภาพกับก๊าซชีวมวลต่อไปในอนาคต เนื่องจากประเทศไทยส่วนหนึ่งยังคงประกอบอาชีพเกษตรกรรม และมีเครื่องยนต์สำหรับการเกษตร เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องตัดหญ้า และเครื่องพ่นยา และอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก และอีกทั้งเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายให้กับเกษตรกรต่อไป

2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง



รูปที่ 1 เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

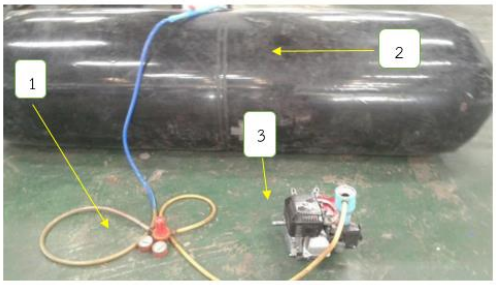
รูปที่ 2 ถุงบรรจุก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 3 เครื่องยนต์ Honda GX 200

2.2 วิธีการทดลอง

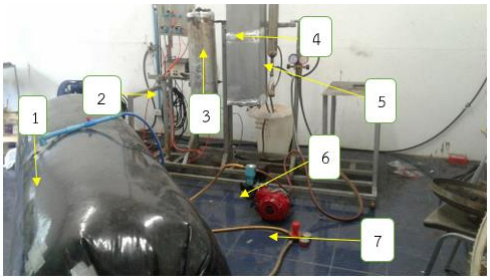
การทดสอบเครื่องยนต์เล็กกับการใช้ (ระบบก๊าซชีวภาพ และ ก๊าซชีวมวล) ขั้นตอนการทดสอบเครื่องยนต์มีดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรกับเครื่องยนต์เล็ก โดยหมายเลข 1.คือเกจวัดแรงดัน 2.คือก๊าซชีวภาพ 3.คือเครื่องยนต์เล็ก



รูปที่ 4 ติดตั้งเครื่องเครื่องยนต์เล็กกับก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร

2.2.2 ติดตั้งเครื่องยนต์เล็กสำหรับใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล โดยหมายเลข 1.คือก๊าซชีวภาพ 2.คือเตาปฏิกรณ์ 3.คือกรองไอร้อน 4.คือชุดควบแน่นระบายความร้อนด้วยน้ำ 5.คือเกจวัดแรงดันตัวที่หนึ่ง 6.คือเครื่องยนต์เล็ก 7.คือเกจวัดแรงดันตัวที่สอง



รูปที่ 5 ติดตั้งเครื่องเครื่องยนต์เล็กสำหรับใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล

วิธีการทดลอง

1. ทำการนำปั๊มสุญญากาศและถุงบรรจุก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร เพื่อนำไปบรรจุก๊าซชีวภาพในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

2. นำก๊าซชีวภาพที่บรรจุอยู่ในถุงปล่อยเข้าในเครื่องยนต์GX200ทางกรองอากาศ

3. ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ GX200 โดยใช้รอบเริ่มต้นที่ 2,000 รอบ/นาที ให้ติดแล้วทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อดูการเดินเครื่อง และ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ว่าคงที่ตลอดหรือไม่

4. ทำการถอดลูกสูบออกมาเพื่อดูลักษณะของลูกสูบแล้วบันทึกภาพ และ นำลูกสูบลูกใหม่ใส่เข้าไปเพื่อทำการทดลองในรอบเครื่องยนต์ต่อ ๆ ไป บันทึกภาพลักษณะของหัวลูกสูบแต่ละลูกที่ใช้เวลาทดลองเท่ากันคือ 30 นาที แต่แตกต่างกันที่ความเร็วรอบทั้ง 4 รอบ ที่กล่าวมาข้างต้นก่อนหน้านี้

5. ทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยมีรอบ 2,500 3,000 และ 3,500 แล้วทำการทดลองต่อไปตามข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 4 ที่กล่าวมาข้างต้น

6. ทำการทดลองก๊าซชีวมวลจากการเผาขี้เลื่อย และทำการผสมก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล ในอัตราส่วน 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 แล้วทำตามข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 5

2.3 ทฤษฎีการคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

2.3.1 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine brake power)

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \qquad (1)$$

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (W)

T = แรงบิด (N-m)

n = รอบของเครื่องยนต์ (rpm)

2.3.2 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Combustion)

$$Q_{mf} = Q_{vf}\rho_f \qquad (2)$$

เมื่อ Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/s)

Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง (m^3/s)

ρ_f = ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/m^3)

2.4.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption)

$$Bsfc = \frac{3600Q_{mf}}{P} \qquad (3)$$

เมื่อ $Bsfc$ = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/k Wh)

P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (kW)

Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

2.3.4 อัตราการไหลอากาศ

1) อัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตรผ่านเว็นจูริหาได้จาก

$$Q_{va} = C_V \frac{\pi d_1^2}{4}\sqrt{\frac{2g(\Delta H_w)\rho_w}{\left(\frac{d_1^4}{d_2^4}-1\right)\rho_a}} \qquad (4)$$

เมื่อ Q_{va} = อัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตร (m^3/s)

C_V = สัมประสิทธิ์การไหลผ่านเว็นจูริ

d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางเว็นจูริ (m)

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางคอคอด (m)

ΔH_w = เฮดความดันต่างข้ามเว็นจูริ (m)

g = แรงดึงดูดของโลก 9.81 (m/s^2)

ρ_w = ความหนาแน่นน้ำ (1000 kg/m^3)

ρ_a = ความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3)

2) อัตราการไหลเชิงปริมาตรผ่านแผ่น Orifice

$$Q_{va} = \frac{Q_{ma}}{\rho_a} = \alpha\varepsilon\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}} \qquad (5)$$

เมื่อ Q_{va} = อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)

Q_{ma} = อัตราการไหลอากาศโดยมวล (kg/s)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง orifice (m)

Δp = ความดันต่างข้ามแผ่น orifice (N/m^2)

α = สัมประสิทธิ์การไหล

ε = ตัวประกอบการขยายตัว

2.3.5 ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง (Heating value of fuel)

$$Q_f = Q_{mf} LHV \quad (6)$$

เมื่อ Q_f = ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง (kW)

Q_{mf} = ค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

LHV = ค่าความร้อนต่ำของน้ำมันเชื้อเพลิง (kJ/kg)

2.3.6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake thermal efficiency)

$$\eta_{bt} = \frac{P}{Q_f} \quad (7)$$

เมื่อ η_{bt} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

P = กำลังเบรก (kW)

Q_f = ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง (kW)

2.3.7 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

$$\eta_V = \frac{Q_{va}}{Q_{th}} \quad (8)$$

เมื่อ η_V = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

Q_{va} = อัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตร (m^3/s)

Q_{th} = ปริมาตรกระบอกสูบตามทฤษฎี (m^3/s)

สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

$$Q_{th} = \text{ความจุกระบอกสูบ} \times \frac{n}{2\times 60} \quad (9)$$

เมื่อ

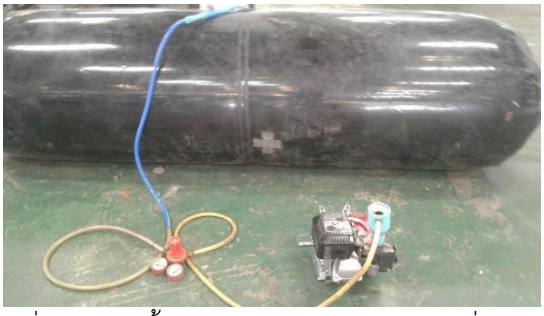
n = ความเร็วรอบต่อนาที (rpm)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการทดลองจากการใช้ก๊าซชีวภาพ,ก๊าซชีวมวลและน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

3.1.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจะเห็นว่าบนหัวลูกสูบนั้นจะมีคาบเขม่าติดเล็กน้อยจากการทดลองใช้

รูปที่ 6 ลูกสูบที่ผ่านการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 7 การติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซชีวภาพเข้ากับเครื่องยนต์เพื่อทดลองใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

3.1.2 จากการทดลองใช้เครื่องยนต์กับก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงจะเห็นว่าบนหัวลูกสูบนั้นจะมีคาบเขม่าติดเยอะมากและมีคาบยางเหนียวๆติดบนหัวลูกสูบผลจากการทดลองใช้

รูปที่ 8 ลูกสูบที่ผ่านการใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ 9 การติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซชีวมวลเข้ากับเครื่องยนต์เพื่อทดลองใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

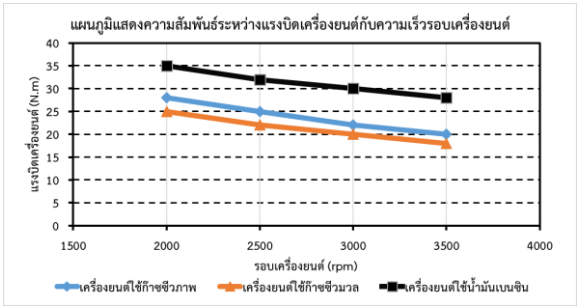
3.1.3 จากการทดลองใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลกับเครื่องยนต์เล็กเป็นเชื้อเพลิงจะเห็นว่าบนหัวลูกสูบนั้นจะมีคาบเขม่าติดเยอะมากและมีคาบยางเหนียวๆติดบนหัวลูกสูบเล็กน้อยผลจากการทดลองใช้

รูปที่ 10 ลูกสูบที่ผ่านการใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ 11 การติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซชีวภาพและก๊าซชีวมวลเข้ากับเครื่องยนต์เพื่อทดลองใช้ก๊าซทั้ง2ชนิดเป็นเชื้อเพลิง

3.2 จากการทดลองวัดค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพ,ก๊าซชีวมวลและน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะเห็นได้จากกราฟผลจากการทดลองใช้ดังนี้

จากกราฟผลการทดลองจะพบว่าถ้าเครื่องยนต์เล็กใช้ก๊าซชีวภาพ100%นั้นจะมีค่าแรงบิดที่ใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินและยังไม่ส่งผลกระทบกับชิ้นส่วนเครื่องยนต์มากเหมือนกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 12 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเครื่องยนต์กับความเร็วรอบเครื่องยนต์

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการการทดลอง

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลจะเห็นได้ดังนี้

4.1.1 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร จะทำให้เครื่องยนต์เล็กสามารถติดเครื่องได้ และ ยังเดินเครื่องตามรอบต่าง ๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพไปนาน ๆ จะมีคราบติดบนชิ้นส่วนเครื่องยนต์เล็กน้อย

4.1.2 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล ที่อัตราส่วน 80:20 นั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์สามารถติดเครื่องได้แต่เดินเบาไม่เรียบ และ อัตราการเร่งไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งชิ้นส่วนเครื่องยนต์ยังมีคราบเขม่าเยอะจึงไม่เหมาะแก่การนำมาใช้งาน

4.1.3 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลที่อัตราส่วน 60:40 นั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์ติด ๆ ดับ ๆ ไม่สามารถเร่งตามความเร็วรอบต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังมีคราบเขม่าเยอะ และ ทำให้ไม่เหมาะต่อการนำมาใช้กับเครื่องยนต์

4.1.4 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลที่อัตราส่วน 40:60 นั้นพบว่าเครื่องยนต์ติดเครื่องได้ยาก และ เร่งไม่ได้จึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์

4.1.5 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลที่อัตราส่วน 20:80 นั้นพบว่าเครื่องยนต์ติดเครื่องได้ยาก และ ยังเร่งไม่ได้จึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์

4.1.6 การทดลองใช้ก๊าซชีวมวลจากการเผาขี้เลื่อย จะทำให้เครื่องยนต์ติด ๆ ดับ ๆ และ ทำให้ชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์มีคราบเขม่าติดอยู่เป็นจำนวนมาก ดั้งนั้นการใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงจึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ เนื่องจากมีคราบเขม่าเยอะทำให้เครื่องยนต์มีปัญหาได้เร็ว

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ควรมีกรองดักฝุ่นก่อนนำไปใช้งาน

4.2.2 ควรพัฒนาเครื่องยนต์ใช้กับก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรให้ดีเพิ่มขึ้น

5. สรุป

จากศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล และ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์เล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงโดยมีสัดส่วนของ การประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลด้วยอัตราส่วนดังนี้ 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 และ 0 : 100 ตามรอบของเครื่องยนต์ที่ 2,000 2,500 3,000 และ 3,500 รอบ/นาที จากการทดลองประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวล พบว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดของแต่ละผลการทดลองคืออัตราส่วนที่ 100:0 เพราะมีอัตราเร่งรอบเครื่องยนต์ในแต่ละรอบดีกว่าผลการทดลองอื่น ๆ ครบเขม่าที่ส่งผลต่อชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์มีน้อยกว่าผลการทดลองอื่น ๆ จากเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับก๊าซชีวมวลที่อัตราส่วน 100:0 เหมาะแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในอนาคตต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ได้ให้ความรู้ให้คำแนะนำให้กำลังใจตลอดการวิจัยที่ผ่านมา จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามเป้าหมาย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐวุฒิ พลศรี และ รัชพล สันติวรากร (2554) [ออนไลน์] [สืบค้น มิถุนายน2017] ได้จาก https://tcithaijo.org/index.php/gskku/article/view/22631 ได้กล่าวถึง “การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถณะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน”

[2] สุนทร โอษฐงาม (2557)“ทำการดัดแปลงและ ออกแบบระบบควบคุมเครื่องยนต์เบนซิน” [สืบค้น มิถุนายน2017] ได้จากhttps://www.google.co.th

[3] วีระชัย และ คณะ (2550) “ต้นแบบไฟฟ้าชีวมวลขนาด 100 กิโลวัตต์ [สืบค้น มิถุนายน 2017] [ออนไลน์] http://www.oae.go.th/download/journal/AnnualOAE2555.pdf

[4] ศุภวิทย์ ลวณะสกล และ คณะ (2554) “ทดสอบระบบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันไบโอดีเซล” [ออนไลน์] ได้จาก http://www.rtir.rmutt.ac.th/handle/123456789/391 [สืบค้น กรกฎาคม 2017]

[5] บงกช ประสิทธิ์ (2550) “การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวมวลเพื่อนำไปสู่ชุมชน” [ออนไลน์] http://www.sert.nu.ac.th/research_thai_complete_Drying_Community.htm [สืบค้น กรกฎาคม 2017] ได้กล่าวถึง การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวมวล

[6] พุทธินันทร์ จารุวัฒน์ และ คณะ (2548) “การนำเหง้ามันสัมปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล” [ออนไลน์] ได้จาก cache:PQFwoLBiq5AJ:www.doa.go.th/aeri/index.php ได้กล่าวถึง การนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล [สืบค้น กรกฎาคม 2017]

[7] ณัฐวุฒิ และ คณะ (2554) [ออนไลน์] ได้จาก cache:dSQ_Mf-3wQcJ:https://www.tci-thaijo.org/index.php/ltech/article/download [สืบค้น กรกฎาคม 2017]

[8] Hoi W.K และ คณะ(1992) “ศึกษาระบบผลิต Producer Gas จากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง” [ออนไลน์] ได้จาก file:///C:/Users/Windows/Downloads/Documents/10014041.pdf [สืบค้น สิงหาคม 2017]

[9] Arthayukti, W และ คณะ (1984) “การผลิต Producer Gas จากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงแบบท่อตรง” [ออนไลน์] ได้จา file:///C:/Users/Windows/Downloads/Documents/07chapter-3.pdf [สืบค้น สิงหาคม 2017]

[10] Parikh, P.P., et al และ คณะ (1998) “ผลิตโปรดิวเซอร์จากถ่านไม้โดยเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง” ได้จาก cache:eqTgJC003BsJ:https://tci-thaijo.org/index.php/ltech/article/view [สืบค้น สิงหาคม 2017]

[11] ทินกร วุฒิ ภูนิฑัต สายแก้ว ศุภกร รอดเมือง. (2556). การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตไบดอแก๊สจากวัสดุเหลือทิ้งของกลุ่มแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร. (อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต).มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. น่าน.

[12] ศราวุธ จันไตรรัตน์ “เครื่องยนต์ 4 จังหวะ” [online] Available 29 พฤศจิกายน 2557 [สืบค้น 14

พฤศจิกายน 2015, 13:37] ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

[13] รุ่งชัย จันทสิงห์ “แก๊สปิโตรเลียมเหลว” ไทยแลนด์เว็บออนไลน์ดอทคอม 1 พฤศจิกายน.2552 [สืบค้น 14 พฤศจิกายน 2015, 09:07] ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของแก๊สปิโตรเลียมเหลว

[14] เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร “เครื่องสูบน้ำควายทอง” 25 ตุลาคม 2555 [สืบค้น 12 พฤศจิกายน 2015, 15:34] ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร และราคาที่เกษตรกรรับได้

[15] การติดตั้งแก๊สเครื่องยนต์เอนกประสงค์เพื่อการเกษตร “เครื่องสูบน้ำที่ใช้ระบบแก๊สแอลพีจี” 25 ตุลาคม 2555 [สืบค้น 02 ตุลาคม 2015, 16:44] เป็นนวัตกรรมเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทันสมัยและได้ทำการทดลองใช้งาน

[16] วิโรจน์ พุทธวิถี 2556 “จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์” [online] Available 29 พฤศจิกายน 2557 [สืบค้น 22 ตุลาคม 2015, 10:40]ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องยนต์

[17] ฟิสิกส์ราชมงคล 5 (Gasoline) 2552 [สืบค้น 14 มกราคม 2015, 19:40] ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของน้ำมันเบนซินและค่าต่างๆของน้ำมันเบนซิน