การออกแบบและสร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน
The Design and Construction of a Biogas Pressure Regulator for an Internal Combustion Engine

ประเทือง ฝั้นแก้ว* ไตรภพ เปนุจา สุทธิชัย สันติชัยชาญ และสุรสิทธิ์ ทองแดงห่วง
สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
200 หมู่ที่ 17 ถนนพหลโยธิน ต.พิชัย อ. เมือง จ. ลำปาง 52000
Pratuang Funkeaw* Taripob Panuja , Sutichai Santichaichan , and Surasit Tongdanghung
Department of Mechanical Technology, Faculty of Engineering, University Rajamangala University of Technology Lanna Lampang
200 moo 17, Phahonyothin Road, Mueang District, Lampang, Thailand 52000.
*ผู้รับผิดชอบบทความ: K_Pratuang@yahoo.com เบอร์โทรศัพท์ 054-342547-8 โทรสาร 054-342549

บทคัดย่อ
โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ปรับแรงดันก๊าซชีวภาพ เพื่อจ่ายให้กับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพให้มีความดันก๊าซคงที่ ทำให้ส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงคงที่ด้วย โดยอุปกรณ์ปรับแรงดันก๊าซชีวภาพดัดแปลงใช้ไดอะแฟรม ของหม้อต้มก๊าซเอลพีจียี่ห้อ LO GAS รุ่น SUPER ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร ปรับความดันก๊าซจากบ่อก๊าซชีวภาพเป็นแบบโดมคงที่ที่มีความดัน 2.18 ถึง 0.5 เมตรน้ำ ปรับให้เหลือความดัน 0.25 เมตรน้ำ เครื่องยนต์ที่ใช้ทำการทดสอบคือ เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีนยี่ห้อฮอนด้า รุ่น GX120 T1 ขนาด 200 ซีซี. 3.4 แรงม้า ขับเยนเนอเรเตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ ให้ภาระงานโดยใช้หลอดไฟฟ้า ผลการทดสอบได้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงสุดที่ 12.27 เปอร์เซ็นต์ โหลดทางไฟฟ้า 400 วัตต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 7.7 ลิตรต่อนาที เครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพสามารถรักษาความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ได้ที่ช่วง 0.22 ถึง 0.25 เมตรน้ำ ความดันแตกต่าง 0.03 เมตรน้ำ คิดเป็นคลาดเคลื่อน 12 เปอร์เซ็นต์
คำสำคัญ ก๊าซชีวภาพ เครื่องยนต์ ปรับแรงดัน

Abstract
This research project was performed to design and construct a regulator pressure valve for biogas supplied to a biogas engine to keep the gas pressure constant. It kept the mixture of air and fuel constant. The regulator pressure valve for biogas modification used the diaphragm of a boiler LPG brand LO GAS, SUPER model. The diameter of the diaphragm was 125 mm. It adjusted pressure gas from the biogas is fixed dome digester. Pressure biogas at 2.18 to 0.5 mH_2O reduced at 0.25 mH_2O. The engine used for this test was a small gasoline engine, Honda model GX120 T1 with a displacement volume of 200 cm^3 and a maximum power of 3.4 hp. It was used to drive a 1 kW generator workload while illuminating a light bulb. The results of testing were the performance of engine maximum power at 12.27% and electrical load 400 Watt. The rate of biogas fuel consumption was 7.7 liter/min. The biogas pressure valve regulator was able to maintain the biogas pressure before entering to the engine of 0.22 to 0.25 mH_2O; differential pressure 0.03 mH_2O. The margin of error was 12%.
Keywords: biogas, engine, regulator.

1. บทนำ

การนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายในมีอยู่ 3 แบบ คือ เครื่องยนต์ก๊าซดีเซล (the gas diesel engine) เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (modification of a diesel engine as a gas engine) และเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (the gas engine) ในฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดเล็กจะมีบ่อก๊าซชีวภาพเป็นแบบโดมคงที่ขนาดของบ่อตั้งแต่ 50- 100 m^3 นำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลให้แก่เครื่องยนต์ดีเซลเล็กเป็นต้นกำลังให้แก่พัดลม

ระบายความร้อนกับเครื่องปรับอากาศแบบ evaporative cooling system ในฟาร์มสุกรระบบปิด ซึ่งสมรรถนะเครื่องยนต์ดังกล่าวมีค่อนข้างต่ำและเกิดก๊าซไอเสียปริมาณมาก เนื่องจากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพกับอากาศไม่คงที่ เมื่อเริ่มสตาร์ทติดเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในช่วงแรก ต้องปรับส่วนผสมของอากาศกับก๊าซชีวภาพได้พอดี แต่เมื่อความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ส่วนผสมหนาของอากาศกับก๊าซชีวภาพและเมื่อความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักลดลงทำให้ส่วนผสมของอากาศกับก๊าซชีวภาพบางลง[1]

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ในอัตราส่วนพอดีและคงที่ตลอด ต้องรักษาระดับความดันของก๊าซชีวภาพที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์คงที่เสมอ จึงต้องมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพจากบ่อก๊าซก่อนจ่ายให้กับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ก๊าซชีวภาพ (biogas, digester gas)

ก๊าซชีวภาพ (biogas, digester gas) หรือ ไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซมีเทน ที่เกิดจากการหมัก (fermentation) ของสารอินทรีย์ องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ [2]

2.2 เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (biogas engine)

การนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ก่อนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมีอยู่ 3 แบบ [3]

2.2.1 เครื่องยนต์ก๊าซดีเซล (gas diesel engine) คือนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเปลี่ยนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงคู่คือน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพโดยให้ก๊าซชีวภาพผสมกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ส่วนการจุดระเบิดยังใช้น้ำมันดีเซลฉีดเข้าไปยังก๊าซชีวภาพกับอากาศที่อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบ เครื่องยนต์ต้องการน้ำมันดีเซลเพื่อไปจุดระเบิดประมาณ 10–20 % ของการใช้เครื่องยนต์ดีเซลปกติ ทำให้สามารถประหยัดน้ำมันประมาณ 80-90 %

2.2.2 เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (modification of a diesel engine into a gas otto engine) โดยนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปมาดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลที่อัดอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วฉีดน้ำมันดีเซลเข้าไปเกิดการเผาไหม้ เปลี่ยนมาเป็นอัดอากาศผสมก๊าซชีวภาพให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วจุดระเบิดด้วยหัวเทียน ซึ่งในการดัดแปลงเครื่องยนต์จะต้องกระทำดังนี้

1) เปลี่ยนอัตราส่วนการอัด (compression ratio) ของเครื่องยนต์ให้ได้ประมาณ 10 - 12

2) เปลี่ยนการจุดระเบิดโดยการฉีดน้ำมันดีเซลมาเป็นจุดระเบิดด้วยหัวเทียน

3) เพิ่มอุปกรณ์ venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

2.2.3 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (gas otto engine) โดยการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไปที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นก๊าซชีวภาพแทนโดยเปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์ที่มีหน้าที่ผสมน้ำมันกับอากาศเป็นไอดีมาเป็น venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศแทน เมื่อดัดแปลงแล้วมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 20 %

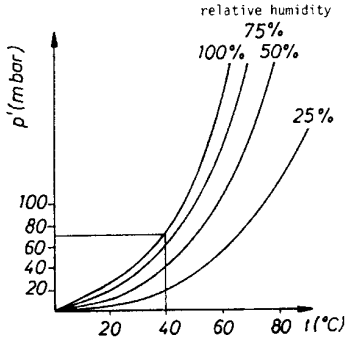
ตารางที่ 1 Features of Biogas Engines

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 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)

2.3 การคำนวณหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ

การนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายในจะต้องคำนึงถึงค่าความร้อน (H_u) ซึ่งจะขึ้นกับสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ความดันรวมและอุณหภูมิในถังหมัก [2]



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความดันของไอน้ำกับความชื้น

สัมพันธ์และอุณหภูมิในก๊าซชีวภาพ [3]

สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

$$\%CH_4 = 100\% - \%CO_2 \quad (1)$$

ความดันของก๊าซชีวภาพ (P_{act})

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

โดย p_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ, mbar
P_a คือ ความดันบรรยากาศ, mbar
P_d คือ ความดันในบ่อหมัก, mbar
P' คือ ค่าความดันของไอน้ำหาได้จากรูปที่ 1

ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน ($\rho_{CH_4,act}$) ในก๊าซชีวภาพ

$$\rho_{CH_4,act} = \frac{\rho_{CH_4,std} \times P_{act} \times T_{std}}{P_{std} \times T_{act}} \quad (3)$$

$\rho_{CH_4,act}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน, kg/m^3
$\rho_{CH_4,std}$ 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

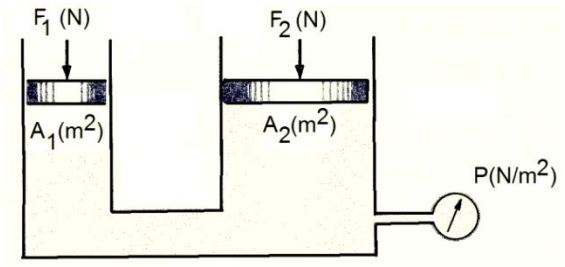
โดยค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ใช้งาน($H_{u,act}$)จะสัมพันธ์กับสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (V_{CH4}/V_{total}) ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่ใช้งาน($\rho_{CH_4,act}$) และค่าความร้อนต่ำของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน ($H_{u,act}$ = 50,000 kJ/kg)

$$H_{u,act} = \frac{V_{CH_4}}{V_{total}} \times \rho_{CH_4,act} \times H_{u,std} \quad (4)$$

2.4 หลักการเบื้องต้นของกลศาสตร์ของไหล

2.4.1 แรงสถิตของของไหล

ทฤษฎีของปาสคาล ได้กล่าวถึงการถ่ายเทความดันแบบไม่เคลื่อนที่ ซึ่งปาสคาลได้ทดลองพิสูจน์ได้เห็นจริง และสรุปเป็นทฤษฎีว่า “เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ในภาชนะปิดจะเกิดแรงกระทำต่อทุกๆ ส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก” เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [4]



รูปที่ 2 ทฤษฎีของปาสคาล [4]

$$P = \frac{F}{A} \quad (5)$$

โดย P คือ ความดัน, N/m^2
F คือ แรงที่กระทำ, N
A คือ พื้นที่ถูกกระทำ, m^2

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_1}{A_2} \quad (6)$$

เครื่องวัดความดันนั้นโดยปกติแล้วจะแสดงผลออกมาเป็นความดันที่มากหรือน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ความดันที่แตกต่างจากบรรยากาศนี้เรียกว่า “ความดันเกจ (Gauge Pressure)”

2.4.2 ความดันกับระดับความลึกของของไหล

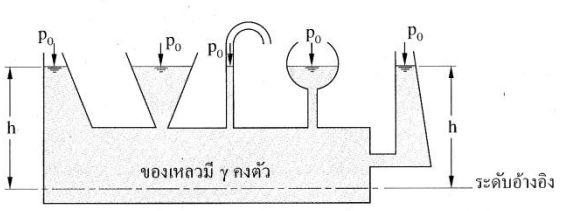
ค่าความดันในของไหล (ของเหลว) จะไม่ขึ้นอยู่กับขนาดหรือความใหญ่ของภาชนะที่บรรจุโดยค่าความแตกต่างกันของความดันของจุด 2 จุดที่มีความลึกที่แตกต่างกันในของไหลสามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$P_2 - P_1 = \rho g(h_2 - h_1) = \gamma(h_2 - h_1) \quad (7)$$

โดยในสมการนี้

P_2-P_1 คือ ค่าความแตกต่างของความดันระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2
ρ คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล,kg/m^3
G คือ ค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2
(h_2 - h_1) คือ ค่าความแตกต่างกันของความลึกในของเหลว, m

จากรูปที่ 3 ความดันของจุดทุกจุดบนเส้นระดับอ้างอิงซึ่งมีความลึกเท่ากัน คือ h จะมีค่าเท่ากัน ซึ่งค่าที่ได้มิได้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาชนะ



รูปที่ 3 ของเหลวที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่มีรูปทรงแตกต่างกัน [5]

2.4.3 เครื่องมือวัดความดันแบบหลอดแก้วรูปตัวยู (U tube manometer)

เครื่องมือวัดความดันแบบหลอดแก้วรูปตัวยู (U tube manometer) เกจวัดความดันแบบนี้อาศัยการทำงานโดยเปรียบเทียบกับความดันบรรยากาศ ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปตัวยู (U-tube) ที่บรรจุด้วยของเหลวซึ่งอาจจะเป็นปรอทหรือน้ำ ปลายข้างหนึ่งของหลอดเปิดสู่ความดันบรรยากาศ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับความดันของระบบที่ต้องการวัดความดัน ดังรูปที่ 4 และหาความดันได้จากสมการ

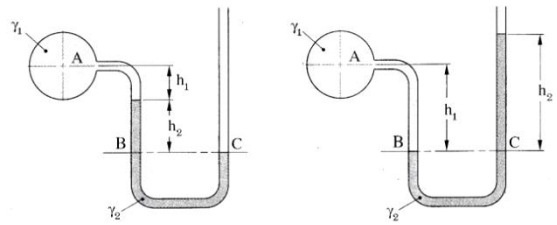
$$P = \rho g h \qquad (8)$$

กำหนดให้ P คือ ความดันเกจ, N/m^2

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล, kg/m^3

G คือ ค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2

H คือ ความสูงของของไหล, m



(ก) ความดันต่ำกว่า P_o (ข) ความดันสูงกว่า P_o

รูปที่ 4 มานอมิเตอร์แบบหลอดแก้วตัวยู[5]

2.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพความร้อน (thermal efficiency) ประสิทธิภาพทางความร้อนเครื่องยนต์ คือ ความสามารถของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นพลังงานกลที่ส่งต่อออกไปใช้งาน ส่วนมากในเครื่องยนต์นิยมบอกเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนเบรกหรือบนฐานเบรก (brake thermal efficiency; η_{bt}) [6]

$$\eta_{bt} = \frac{P_b}{\dot{m}_f \times HHV} \times 100 \qquad (9)$$

เมื่อ P_b คือ กำลังม้าเบรก, kW

$\dot{m}_f$ คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, kg/s

HHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, kJ/kg

2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ในวิจัย

1) เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อ ฮอนด้า รุ่น GX 120 T1 ขนาด 200 CC. 4 จังหวะ 3.4 HP อัตราส่วนการอัด 8.5:1 [7] เปลี่ยนคาร์บูเรเตอร์เดิมเป็นคาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพสามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้

2) เจนเนอเรเตอร์ ขนาด 1 kW ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm

3) เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพสร้างขึ้น

4) Gas Meter ยี่ห้อ AMPY Email Metering รุ่น HP 750

5) มานอมิเตอร์วัดแรงดัน

6) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 78

7) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย ยี่ห้อ Emissions Systems, INC (EMS). รุ่น 5002

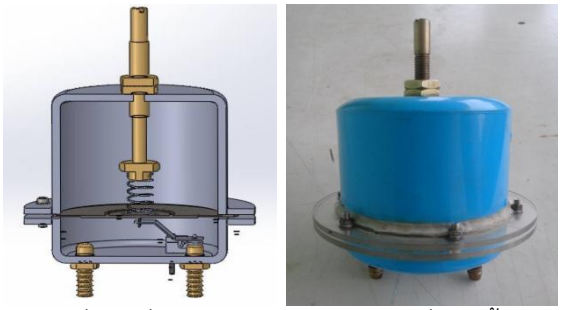
2.7 วิธีการวิจัย

2.7.1 ข้อมูลก๊าซชีวภาพ

เก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพ ก่อนการสร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีบ่อหมักแบบโดมคงที่ ที่ฟาร์มชมมุนีแก้ว 415/11 ตำบลศาลา อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130 โดยค่าต่างๆ ของก๊าซชีวภาพได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ ก๊าซชีวภาพมี CH_4 67 %โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเท่ากับ 1191.9 mbar ความชื้นสัมพัทธ์ 84 % และอุณหภูมิ 32°C ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน (H_U) 25,402.15 kJ/m^3

2.7.2 สร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

การวิจัยมีจุดประสงค์ต้องการรักษาความดันของก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์สันดาปภายในให้คงที่ โดยใช้หลักการของเครื่องปรับความดันทั่วไป ที่ใช้ความดันต่ำมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ ชนะความดันสูงมีพื้นที่หน้าตัดน้อย และกลไกรคานงัดมาช่วย ดังรูปที่ 3 ประยุกต์ใช้แผ่นไดอะแฟรมของหม้อต้มก๊าซ LPG ยี่ห้อ LO GAS รุ่น SUPER มีขนาดเส้นผ่านศูนย์ 125 mm มาเป็นพื้นที่หน้าตัดความดันต่ำ กลไกคานงัดอัตราส่วน 2.267:1 คำนวณได้พื้นที่หน้าตัดด้านความดันสูง 38 mm วัสดุใช้สร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพทำจาก สแตนเลส, ทองเหลือง, ยาง และพลาสติก ที่ทนต่อการกัดกร่อนจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3 เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น

2.7.3 ทดสอบการทำงานของเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

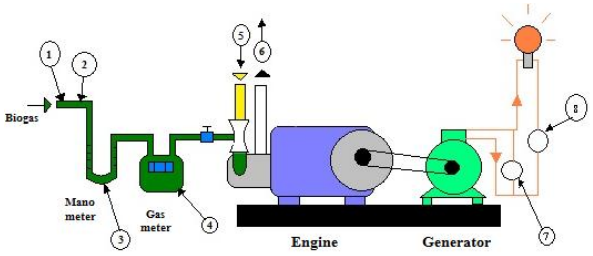
ทดสอบการทำงานของเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ทำการทดสอบเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพขั้นต้นก่อนว่าเครื่องดังกล่าวสามารถทำงานได้จริง โดยใช้ความดันอากาศจากเครื่องอัดอากาศมาควบคุมความดันเท่าความดันของบ่อก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ที่ 1 mH_2O ผ่านเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ปรับแรงดันอากาศด้านออกจากเครื่องให้ได้ประมาณ 0.25 mH_2O เพิ่มแรงดันอากาศที่เข้าเครื่องที่ละ 0.25 mH_2O จนถึง 2 mH_2O บันทึกผลความดันอากาศด้านออกจากเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 การทดสอบเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

2.7.4 ทดสอบเครื่องยนต์เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

2.7.4.1 ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่มีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

โดยติดตั้งเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพปรับความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อฮอนด้า รุ่น GX 120 T1 ขนาด 200 CC. 4จังหวะ 3.4 HP อัตราส่วนการอัด 8.5:1 ดัดแปลงคาร์บูเรเตอร์สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้ต่อตรงกับ เจน-เนอเรเตอร์ ขนาด 1 kW ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm ทดสอบที่กำลังไฟฟ้าต่างๆ กันเพิ่มภาระขึ้นครั้งละ 40 Watt โดยปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพ ตั้งองศาการจุดระเบิด ให้เครื่องยนต์ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด วัดอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและปริมาณก๊าซไอเสีย ทดสอบดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

2.7.4.2 ทดสอบการทำงานและเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์

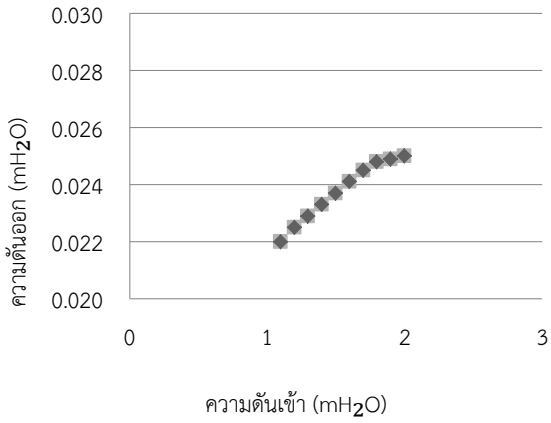
เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพช่วยปรับความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ จดบันทึกผลการเริ่มสตาร์ทเครื่องทุกเช้า และเมื่อความดันก๊าซชีวภาพจากบ่อก๊าซแบบโดมคงที่เปลี่ยนไป จาก 1 mH_2O เพิ่มที่ละ 0.25 mH_2O จนถึง 2 mH_2O ผลที่ได้เครื่องยนต์ยังสตาร์ทติดง่ายและทำงานได้เป็นปกติดีหรือไม่

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

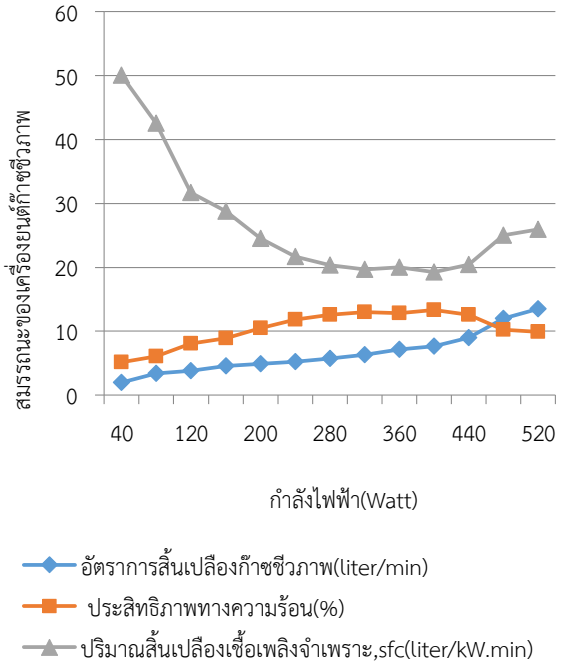
ทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm เท่ากับความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องยนต์ต่อตรงกับเจนเนอเรเตอร์

3.1 ผลการวิจัย

1) ผลทดสอบการทำงานของเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ทดสอบขั้นต้น โดยใช้ความดันอากาศจากเครื่องอัดอากาศมาควบคุมความดัน ได้ผลการทดสอบคือ เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ สามารถควบคุมความดันอากาศที่เข้าเครื่องในช่วง 1.75-2 mH_2O ความดันด้านออกค่อนข้างคงที่ที่ 0.25 mH_2O เมื่อความดันด้านเข้าต่ำกว่า 1.75 mH_2O ถึง 1 mH_2O ความดันด้านออกเริ่มมีความชัน โดยอยู่ในช่วง 0.22-0.25 mH_2O ความดันด้านออกมีความแตกต่างกัน 0.03 mH_2O คิดเป็น คลาดเคลื่อน 12%ของ 0.25 mH_2O



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ความดันเข้าออกเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

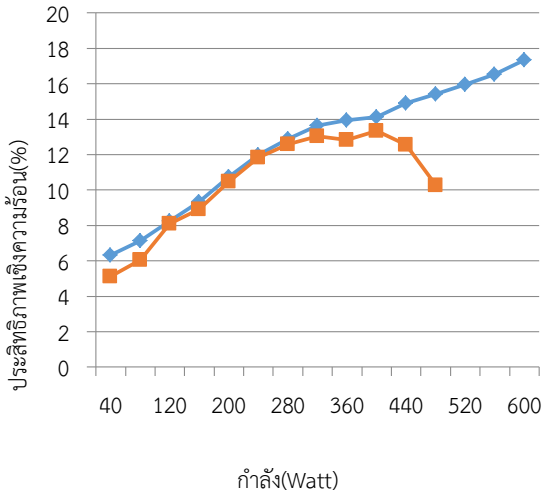


รูปที่ 7 การทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

2) ผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อฮอนด้า รุ่น GX 120 T1 เปลี่ยนคาร์บูเรเตอร์เดิมเป็นคาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพ สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้ ต่อตรงกับเจนเนอเรเตอร์ ขนาด 1 kW ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm ทดสอบที่กำลังไฟฟ้าต่างๆ กันเพิ่มภาระขึ้นครั้งละ 40 Watt ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 7 เครื่องยนต์ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 12.27% ที่กำลัง 400 Watt อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 7.7 liter/min และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 19.25 liter/kW.min

3) ผลการทดสอบการทำงานและเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ทำการทดสอบ 10 วันทำการ ตอนเช้าของทุกวันเครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย โดยไม่ต้องปรับสกรูปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพ และเครื่องยนต์ยังทำงานได้ดีเมื่อความดันของบ่อก๊าซชีวภาพ ในช่วง 2.1-1.55 mH_2O และความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์อยู่ในช่วง 0.25-0.23 mH_2O

4) ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 เป็นเชื้อเพลิง กับก๊าซชีวภาพ ดังกราฟรูปที่ 8 โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดใกล้เคียงกันที่ภาระงานเท่ากัน แต่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 เป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเล็กน้อย และยังสามารถเพิ่มภาระงานได้อีก แต่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเพิ่มภาระงานได้สูงสุดเพียง 520 Watt เท่านั้น



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 กับก๊าซชีวภาพ

3.2 อภิปรายผลการวิจัย

1) เครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพสามารถปรับแรงดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ได้ โดยอาศัยหลักแรงดันต่ำมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ ชนะความดันสูงมีพื้นที่หน้าตัดน้อย ตามหลักการทฤษฎีของปาสคาล

2) เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและกำลังงานที่ได้ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพต่ำกว่าน้ำมัน

3) เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงไม่สตาร์ทติดเช่นเดียวกับการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง โดยช่วงสตาร์ทต้องจ่ายก๊าซชีวภาพพร้อมกันกับขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ หากจ่ายก๊าซชีวภาพก่อนสตาร์ทเครื่องยนต์ ทำให้ส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงหนาเกินไป เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติด

4. สรุปผลการวิจัย

1) เครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพ สามารถควบคุมความดันก๊าซชีวภาพได้ โดยรักษาระดับความดันด้านออก 0.22-0.25 mH_2O ที่ความดันด้านเข้าในช่วง 1-2 mH_2O ได้ค่าความแตกต่างความดันด้านออก 0.03 mH_2O คิดเป็นคลาดเคลื่อน 12%

2) ผลการทดสอบเครื่องยนต์ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 12.27% ที่กำลัง 400 Watt ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3000 rpm อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซ

ชีวภาพ 7.7 liter/min และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 19.25 liter/kW.min

3) เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อโดมคงที่ เมื่อติดตั้งเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย และทำงานเป็นปกติแม้ความดันจากบ่อก๊าซชีวภาพจะเปลี่ยนไป

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการการออกแบบและสร้างเครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นโครงการที่ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย โครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประเภททุน HRM: Hands-on Researcher (Medium) 30,000 บาท/ทุน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Funkeaw P.(2005) *Optimal Operating Conditions of a Vapor– Compression Air– Conditioning System Driven by a Biogas– Fueled Internal Combustion Engine*. M thesis. Chiang Mai University,Thailand

[2] Wikipedia. *Biogas*: Available from: http://th.wikipedia.org/wiki/Biogas[Accessed 10th April 2016].Thai.

[3] Mitzlaf KV.(1988). *Engine for Biogas*. Federal Republic of Germany, Lengericher Handelsdruckerei

[4] Chinintron P and Sintipsomboon, K. (2001) *Pneumatics industry*. Bongkok: SE-Education, Thailand.

[5] Pirunkaset M. (2011). *Fluid mechanics*. Withayapat, Bangkok, Thailland.

[6] Pirunkaset M.(2001). *Internal Combustion Engines*. SE-Education, Bangkok, Thailand.

[7] Suetrong A. (2001). *Auto Data 2. 3th ed*, Peang22-jatujak, Bongkok, Thailand.