

คุณลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมน้ำมันดีเซล-ก๊าซชีวมวล Combustion Characteristics of Engine using Dual Fuel Diesel-Producer Gas

พิศาล สมบัติวงศ์* ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 045 353 309, โทรสาร: 045 353 308

E-mail: pisanme@hotmail.com

บทคัดย่อ

ก๊าซชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่มีการใช้งานในเครื่องยนต์มานานแล้ว แต่ยังมี การวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์น้อยมาก งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ และผลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซชีวมวลร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง การศึกษานี้ได้ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดี่ยว แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง ติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดแรงดันในกระบอกสูบเพื่อวัดแรงดันในกระบอกสูบขณะเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ โดยใช้ก๊าซชีวมวล (ก๊าซถ่านไม้) ที่ได้จากเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบ 50 kW_{th} ใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,500 rpm ความดันในกระบอกสูบ 0 – 715.8 kPa โดยปรับอัตราส่วนผสมน้ำมันดีเซลให้ได้สูงสุดในแต่ละรอบการทดสอบ ผลของอัตราส่วนผสมน้ำมันดีเซลต่อคุณลักษณะการเผาไหม้ที่เกิดขึ้น การศึกษาพบว่าก๊าซชีวมวลสามารถทดแทนน้ำมันดีเซลได้สูงสุด 71.15 % ที่ความดันในกระบอกสูบ 501 kPa ปริมาณก๊าซไอเสียโดยเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวพบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงเดี่ยวทุกช่วงภาระ ในขณะที่ออกไซด์ของไนโตรเจนลดลง 30 – 350 ppm ขึ้นอยู่กับภาระเครื่องยนต์ การวิเคราะห์คุณลักษณะการเผาไหม้ในกระบอกสูบพบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้น ทำให้ช่วงล่าช้าการเผาไหม้มากขึ้น และที่อัตราการเผาไหม้ 12.9 bar มีช่วงล่าช้าการเผาไหม้เพิ่มขึ้นประมาณ 7 degCA

คำสำคัญ: คุณลักษณะการเผาไหม้, อัตราการปลดปล่อยความร้อน, เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม, ก๊าซชีวมวล

Abstract

Producer gas is one of the potential alternative energy which has long been used as a fuel in the engine, however, very few researches about the combustion characteristics have been done. In this study, the combustion characteristic and exhaust emission of producer gas – diesel dual fuel engine are investigated and evaluated. The single cylinder, direct injection, diesel engine couple with in-cylinder pressure measuring equipment is used for the combustion characteristic analysis. Producer gas, from

charcoal, is generated from 50 kW_{th} double throat downdraft gasifier. The combustion and emission characteristics of dual fuel engine were investigated at constant speed 1500 rpm at various bmep loads 0 – 715.8 kPa and diesel savings. It is shown that the maximum diesel fuel saving is 71.15% at bmep load of 501 kPa. The CO emission is higher in the case of dual fuel mode comparing to that of the diesel mode. NO_x is decreased by 30 - 350 ppm depending on the bmep. The exhaust gas temperature of the dual fuel mode is 15 – 60 °C higher than that of the diesel mode. The heat release rate pattern of the dual fuel mode and diesel mode are significantly different at different engine loads and diesel saving ratio. In the dual mode, the ignition delay becomes longer when the diesel saving ratio is increased. At the maximum diesel saving, the ignition delay is increased 7 degCA, while the cylinder peak pressure is decreased by 12.90 bar.

Keywords: Combustion characteristics, Heat release rate, Dual fuel engine, Producer gas

1. บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและปริมาณน้ำมันสำรองที่หมดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ประเทศต่างๆ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาต้องเร่งพัฒนาพลังงานทดแทนรูปแบบต่างๆ ขึ้น ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีปริมาณการใช้ในแต่ละวันสูงมาก ชีวมวลแข็งนั้นสามารถแปลงเป็นก๊าซเชื้อเพลิงได้โดยผ่านกระบวนการ “แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification Process)” ก๊าซที่ผลิตได้เรียกว่า ก๊าซโปรดิวเซอร์ (Producer gas) หรือก๊าซชีวมวล

ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด การทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยก๊าซชีวมวลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดโดยทดแทนน้ำมันดีเซลบางส่วนในรูปของเชื้อเพลิงร่วม (Dual fuel mode) และในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยก๊าซชีวมวลเพียงอย่างเดียว (Producer gas alone mode) การใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว จะใช้หัวเทียนในการเริ่มต้นการจุดระเบิด แต่การใช้ในรูปเชื้อเพลิงร่วมนั้นต้องการน้ำมันดีเซลบางส่วนช่วยในการเริ่มต้นการจุดระเบิด เนื่องจากก๊าซโปรดิวเซอร์มีส่วนประกอบของ

คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ แล้วถือว่ามีความเร็วเปลวไฟช้ามาก ต้องการเวลามากกว่าเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ [1]

การวิจัยเกี่ยวกับการใช้งานก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลพบว่า ก๊าซชีวมวลสามารถทดแทนการใช้้ำมันได้สูงสุดประมาณ 60 - 70% [1-6] และช่วยลดสารมลพิษพวกออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในไอเสียได้ ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และอนุภาคน้ำมันเพิ่มขึ้น [1-3] การวิจัยเกี่ยวกับการใช้งานก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เช่น Honge oil, Neem oil, น้ำมันรำข้าวและน้ำมันจากเมล็ดยางพารา [2-5,7] พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดังกล่าว เทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วม การใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวมวลทำให้สมรรถนะดีขึ้นแต่ยังน้อยกว่าการใช้ร่วมกับน้ำมัน [3-4] การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวมวลกับน้ำมันดีเซลโดยการติดตั้ง ซูเปอร์ชาร์จเจอร์ [1] ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น CO เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และทำให้อัตรา 9 %

จากการทบทวนเอกสารพบว่าที่ผ่านมางานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงร่วระหว่างก๊าซชีวมวลกับเชื้อเพลิง

เหลวในเครื่องยนต์จะเปิดด้วยการอัดแน่นการศึกษาสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นหลัก แต่งานวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวมวลกับดีเซลมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้เครื่องยนต์ดปล่อยมลพิษเครื่องยนต์ที่ใช้ร่วมกับก๊าซชีวมวล เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์การเผาไหม้ อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและหาแนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมให้ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซชีวมวล

แก๊สซิฟิเคชัน(Gasification Process) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในรูปก๊าซ CH_4 และ H_2 เคมีความร้อน (Thermo Chemical Reaction) ออกซิเดชันบางส่วน (Partial Oxidation) ด้วยอากาศ ในช่วงอุณหภูมิ 800 – 1,800 °C แล้วความร้อนที่ได้จากกระบวนการนี้จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาประเภทต่างๆ (Reduction) (Pyrolysis) และการอบแห้ง (Drying) ส่วนผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้คือ CO_2 และ น้ำ จะถูกนำไปใช้ (Reduction) ก๊าซ (Producer gas) มีค่าความร้อน 3 - 10 MJ/Nm³ ขึ้นอยู่กับตัวทำปฏิกิริยาและเชื้อเพลิงที่ใช้ ก๊าซนี้มีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และ ก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ได้ ในกรณีที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ก๊าซที่ได้จะเรียกว่าก๊าซชีวมวล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การนำไปใช้เพื่อเป็นความร้อนในการอบแห้ง การใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ เครื่องจักรกังหันก๊าซ หรือการใช้เป็นสารตั้งต้นในการเพิ่มคุณภาพให้เป็นสารเคมีหรือน้ำมันเชื้อเพลิงสังเคราะห์สำหรับการขนส่ง

2.2 เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม

เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ 2 ชนิดร่วมกัน ชนิดหนึ่งเป็นก๊าซ อีกชนิดหนึ่งเป็นน้ำมัน (การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ร่วมใช้หลักการของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดร่วมกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟคือ อากาศและก๊าซเชื้อเพลิงได้รับการผสมกันก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และถูกอัดให้มีความดันสูง หลังจากนั้นน้ำมันดีเซลบางส่วนถูกฉีดเข้าไปก่อนสิ้นสุดกระบวนการอัด เพื่อเริ่มต้นการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมคือ ใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้ และเมื่อก๊าซเชื้อเพลิงหมดเครื่องยนต์ยังสามารถทำงานได้โดยใช้วัฏจักรดีเซลได้

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความดันในกระบอกสูบ[8]

รูปแบบของกระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ดีเซลสามารถอธิบายได้จากการวิเคราะห์ความดันในกระบอกสูบในช่วงการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปแล้วจะใช้อัตราการปล่อยความร้อน (Heat Release Rate) เป็นตัวกำหนดรูปแบบของการเผาไหม้ ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อน สัมพันธ์กับอัตราที่พลังงานเคมีของเชื้อเพลิงถูกปล่อยออกมาโดยกระบวนการเผาไหม้

ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมจะแตกต่างกันไปตลอดช่วงจังหวะอัดและจังหวะขยายตัวสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ในการหาอัตราการปล่อยความร้อนหรืออัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยใช้กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับระบบเปิด อัตราการปล่อยความร้อน สามารถพิจารณาได้จาก

$$\frac{dQ_n}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{dt} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{dt} \quad (1)$$

Q_n = การปล่อยความร้อนสุทธิ (J)

γ = อัตราส่วนของความร้อนจำเพาะ (c_p/c_v)
และในการวิเคราะห์อัตราการผลิตความร้อนของ
เครื่องยนต์ดีเซล ช่วงของค่า γ ที่เหมาะสมจะเป็น
1.3-1.35

$$P = \text{.....} \text{ (Pa)}$$

$$V = \text{.....} \text{ (m}^3\text{)}$$

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเตาผลิต
ก๊าซชีววมวลแบบก๊าซไหลลง เครื่องยนต์ดีเซล 4
.....
ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ อุปกรณ์วัดแรงดันใน
.....

เตาผลิตก๊าซชีววมวลเป็นแบบก๊าซไหลลงชนิดสอ
..... 50 kW_{th} ซึ่งออกแบบและสร้างโดย
ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัย
..... Imbert [9] โดยใช้ถ่าน
ไม้ขนาด 10 - 30 mm. เป็นเชื้อเพลิง
ของเตาผลิตก๊าซชีววมวลและคุณสมบัติของก๊าซชีววมวล
..... 2

..... รายละเอียดเตาผลิตก๊าซชีววมวล

Type of gasifier	Double throat downdraft
Capacity	50 kW_{th}
Fuel consumption	6 kg/h (Charcoal)
Biomass size	10 mm – 30 mm
Efficiency	70 – 75%

..... คุณสมบัติก๊าซชีววมวล.....

Density	1.287 kg/m^3 [4]
Calorific value	5 MJ/m^3 [4]
Stoichiometric air/fuel	1.12:1 [5]
Energy density	2.6 MJ/m^3 [5]
Larminar burning velocity	0.5 $\pm$ 0.05 m/s [5]

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์
..... 4 จังหวะ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น D-800
.....

.....B รายละเอียดเครื่องยนต์ทดสอบ

Model	Mitsubishi D-800
Bore x Stroke	82 x 78
No. of cylinder	1
Piston displacement	411 cc.
Maximum output	5.884 kW / 2400 rpm
Maximum torque	25.5 N-m / 1900 rpm
Compression ratio	18

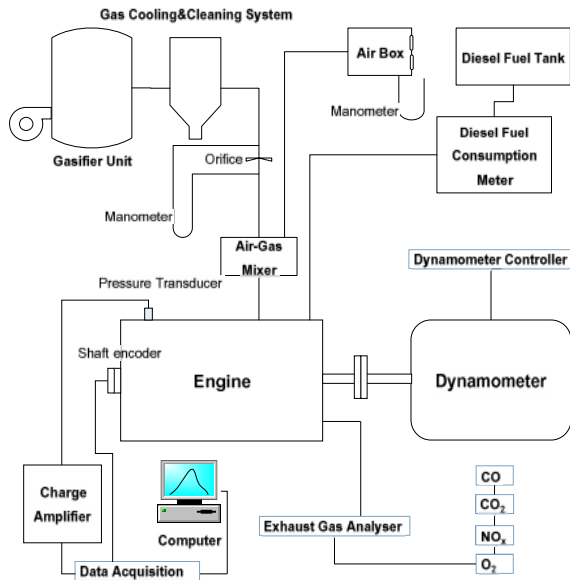
ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ประกอบด้วย
ไดนาโมมิเตอร์ชนิดกระแสหมุนวน (Eddy Current
Dynamometer) รุ่น EA-10 Tokyo Meter
CO.,Ltdและก๊าซชีววมวล
ด้วย Air box, Orifice Manometer
ไอเสียด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
.....ด้วยเทอร์โมคัปเปิล..... J
อุณหภูมิไอดี น้ำหล่อเย็นก่อนและหลังเข้าเครื่องยนต์
ด้วยเทอร์โมคัปเปิล..... PT 100
เครื่องยนต์ด้วย Proximity Inductive รุ่น GXL-
12F Sunx Inc.
เชื้อเพลิงด้วย อุปกรณ์วัดการไหล..... 3 burettes
skewer รุ่น BE-512 Tokyo Meter Co.,Ltd.

วัดก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์
ก๊าซไอเสียรุ่น HM 5000 Infrared Industries
ซึ่งสามารถวัดก๊าซต่าง ๆ ได้.....
.....วัดไอเสียจากเครื่องยนต์

Gas	Range	Resolution&Accuracy
HC	0 - 10,000 ppm	10 ppm $\pm$ 2%
CO	0 – 10 %	0.01% $\pm$ 2%
CO ₂	0 – 20 %	0.01% $\pm$ 2%
O ₂	0 – 25 %	0.01% $\pm$ 2%
NO _x	0 – 5000 ppm	1 ppm $\pm$ 2%

ชุดวิเคราะห์การเผาไหม้ในกระบอกสูบ
ประกอบด้วย Pressure Transducer
Piezoelectric ยี่ห้อ KISTLER รุ่น 6052C
อุปกรณ์วัดองศาเพลลาข้อเหวี่ยง (Shaft Encoder)
ยี่ห้อ Wachendorff Drehgeber รุ่น DWG 68D
..... 0.2 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง

ใช้โปรแกรม Dewesoft 6.6 ในการบันทึกข้อมูล อุปกรณ์การทดลองทั้งหมดได้รับการติดตั้งด้วยซอฟต์แวร์ที่จำเป็น



รูปที่ 1 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้ได้ออกแบบมาเพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ การปลดปล่อยมลพิษและวัดความดันในห้องเผาไหม้ที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ที่ช่วงความดัน 0 - 715.8 kPa การทดสอบโดยอุณหภูมิเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ จะถูกบันทึกและบันทึกข้อมูลที่ แล้วปรับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงให้เครื่องยนต์ทำงานที่ 1,500 rpm รอให้เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะคงตัว 10 นาทีแล้วบันทึกค่าตัวแปรต่างๆ หลักๆ เช่น ความดันในห้องเผาไหม้ 71.58 kPa (ใส่ภาระ 9.81 N) และบันทึกค่าต่างๆ เมื่อเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะคงตัว ในกรณีทดสอบเชื้อเพลิงร่วมดีเซล-แก๊สชีวภาพ จะเริ่มทดสอบหลังจากผลิตแก๊สชีวภาพได้ 30 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าเตาผลิตแก๊สชีวภาพทำงานในสภาวะคงตัว แก๊สชีวภาพและอากาศได้รับการผสมกันอย่างดีในอุปกรณ์ผสม (Mixer) ก่อนเข้าเครื่องยนต์ แล้ว ปรับปริมาณสัดส่วนการฉีดน้ำมันดีเซลและส่วนผสมอากาศกับแก๊สชีวภาพ ให้ได้อัตราการเผาไหม้ที่ 1,500 rpm รอให้เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะคงตัว แล้วบันทึกข้อมูล

นอกจากนี้ยังได้ทดสอบที่อัตราการทดแทนแก๊สชีวภาพต่างๆ โดยการค่อยๆ เพิ่มปริมาณแก๊สชีวภาพเข้าเครื่องยนต์ โดยทดสอบในช่วงภาระที่มีอัตราการเผาไหม้ที่ต่ำ การปรับสัดส่วนแก๊สชีวภาพที่ต่ำสุดคือ 0% และทดสอบทุกกรณีได้ปรับอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นให้อุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องยนต์ประมาณ 80 °C เพื่อลดความแปรผันของค่าต่างๆ การวัดอุณหภูมิบรรยากาศด้วยเทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก และวัดความดันบรรยากาศด้วยบารอมิเตอร์ เพื่อใช้คำนวณปรับแก้ค่าที่ได้จากการทดลอง

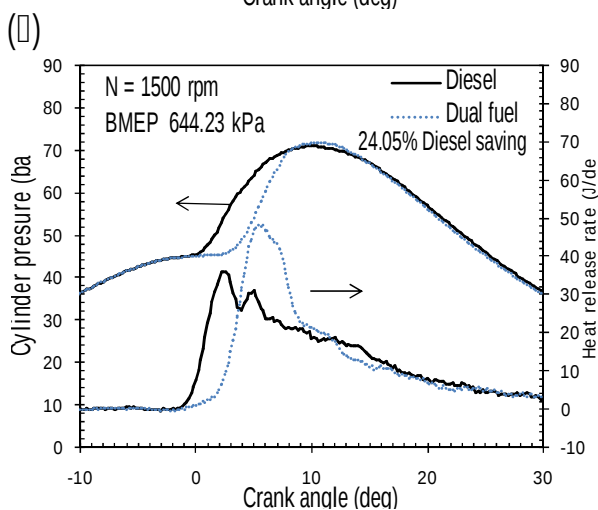
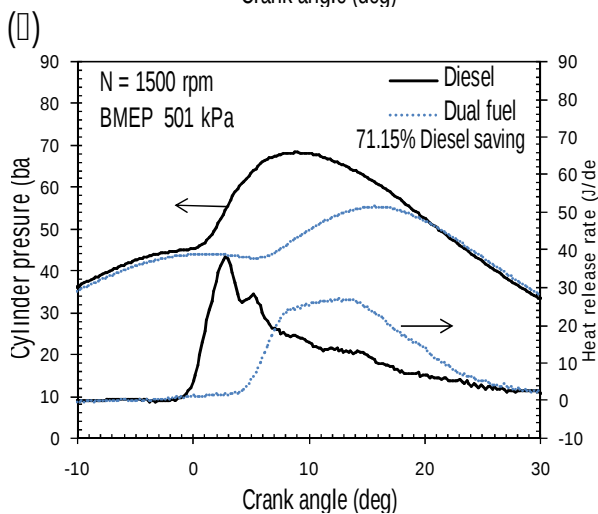
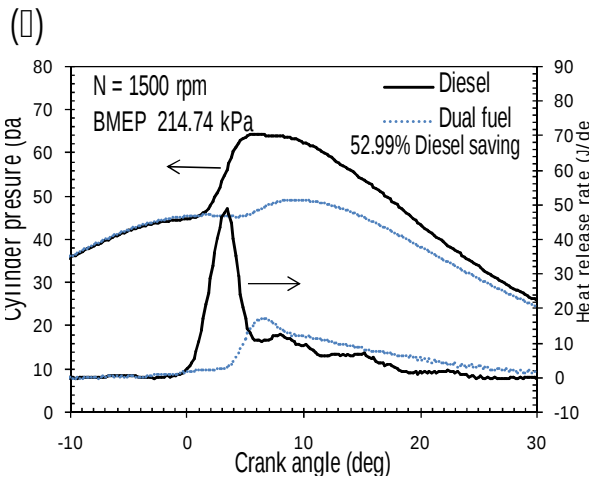
4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบและวิเคราะห์การเผาไหม้

การทดลองนี้ได้นำข้อมูลความดันภายในกระบอกสูบที่บันทึกได้ ไปคำนวณหาอัตราการปล่อยความร้อน โดยใช้ค่าเฉลี่ยจาก 50 ครั้งแบ่งเป็น 2 ช่วงการทดลองให้สูงสุด สัดส่วนแก๊สชีวภาพกับน้ำมันดีเซลที่เข้าเครื่องยนต์

4.1.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่รอบที่ภาระต่าง ๆ

พบว่าที่ภาระ 214.74 kPa ถึง 501 kPa อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล 31.5 J/degCA ถึง 17.33 J/degCA ที่ 644.23 kPa อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล 12.3 J/degCA



อัตราการใช้เชื้อเพลิงรวมที่สภาวะคงตัว (ก) (ข) (ค)

อัตราการปล่อยความร้อนระหว่างการใช้เชื้อเพลิง
เดียวกับการใช้เชื้อเพลิงรวมที่สภาวะคงตัว (ก) (ข)
BMEP 217.74 kPa (ข) BMEP
501 kPa (ค) BMEP 644.23 kPa

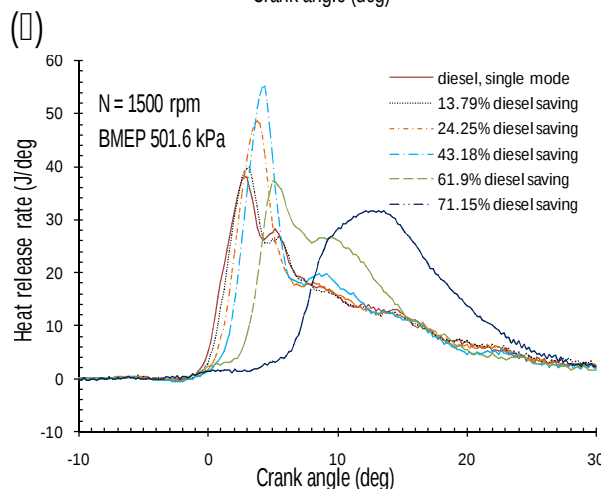
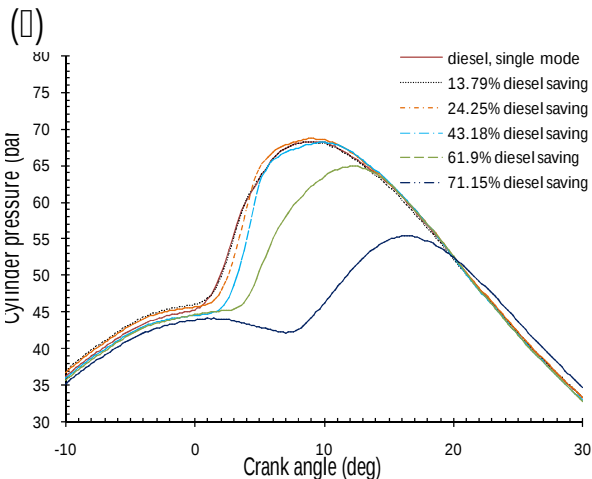
เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการเผาไหม้จากลักษณะการ
ปล่อยความร้อน จากรูปที่ 3 พบว่าการใช้เชื้อเพลิง
เดียวเมื่อเพิ่มภาระ จะทำให้ช่วงการเผาไหม้ของสาร
ผสมที่ผสมไว้ก่อนแล้ว (Premixed Combustion) ลด
ลงและช่วงการเผาไหม้ที่ถูกรควบคุมโดยการผสม
(Mixing-control Combustion) กว้างขึ้น ในขณะที่ช่วง
ล่าช้าการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน ซึ่งต่างจากการใช้
เชื้อเพลิงร่วมที่มีอัตราการปล่อยความร้อนต่ำในช่วง
เผาไหม้เป็นแบบ Premixed combustion ส่วนผสมของ
อากาศและเชื้อเพลิงได้รับการผสมกัน
เป็นอย่างดีก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนใน
มีช่วงอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดค่อนข้างกว้าง
ซึ่งอาจเกิดจากการปล่อยความร้อนของส่วนผสมก๊าซ
ชีวมวลกับอากาศเป็นหลัก ส่วนการล่าช้าในการเผา
ไหม้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มส่วนผสมก๊าซชีวมวลที่เข้าทดแทน

4.1.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะการเผาไหม้ เชื้อเพลิงร่วมที่อัตราการทดแทนต่าง ๆ

การวิเคราะห์คุณลักษณะการเผาไหม้ของ
เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมที่อัตรา 501 kPa
ต่าง ๆ ทดสอบโดยการค่อย ๆ เพิ่มปริมาณก๊าซ
ชีวมวลเข้าสู่เครื่องยนต์ ซึ่งการทดลองนี้เปรียบเทียบกับที่
501 kPa ซึ่งเป็นช่วงที่
วิเคราะห์อัตราส่วนการทดแทนน้ำมันดีเซล 13.79%, 24.25%,
43.18%, 61.9% 71.15% การเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล

อัตราการใช้เชื้อเพลิงรวมที่สภาวะคงตัว (ก) (ข) (ค)
อัตราการปล่อยความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมที่
ต่าง ๆ พบว่าเมื่ออัตรา 13.79%, 24.25% 43.18% ทำให้อัตราการปล่อย
ความร้อนสูงสุดเพิ่มขึ้น 1.59 J/degCA, 10.37
J/degCA 16.81 J/degCA 61.9% 71.15%
การปล่อยความร้อนลดลง 1.1 J/degCA 6.62

J/degCA ตามลำดับ ในขณะที่ช่วงล่าช้าของการเผาไหม้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวมวล โดยที่อัตรา 71.15 % มีช่วงล่าช้าการเผาไหม้เพิ่มขึ้นมากที่สุดประมาณ 7 degCA พบว่ารูปแบบการเผาไหม้มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีช่วง Premixed combustion กว้างขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวมวลเข้าไปในกระบอกสูบ



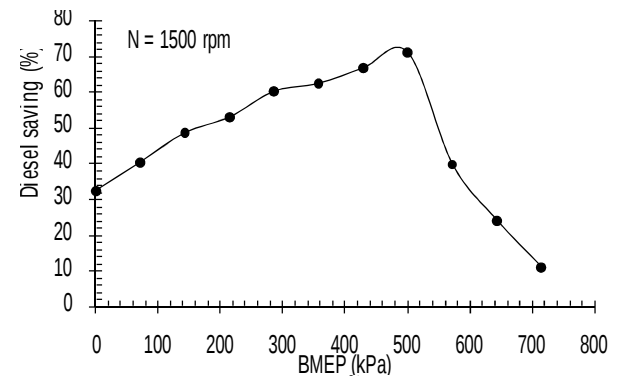
อัตราการปล่อยความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมที่อัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลต่างๆ

4.2 อัตราการปล่อยความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมที่อัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลต่างๆ

4.2.1 อัตราการปล่อยความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมที่อัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลต่างๆ

พบว่าการใช้งานเชื้อเพลิงร่วมสามารถลดปริมาณการฉีดน้ำมันดีเซลได้ทุกช่วงภาระเครื่องยนต์ โดยสามารถทดแทนน้ำมันดีเซลได้สูงสุด

71.15 % 501 kPa และที่ภาระเครื่องยนต์สูงขึ้นอัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลลดลงเนื่องจากถูกจำกัดด้วยอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เหมาะสม การฉีดน้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มกำลังให้กับเครื่องยนต์ ทำให้ปริมาณอากาศในกระบอกสูบที่เหลือลดลงส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวมวลทดแทนได้น้อยลงตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวมวลมากขึ้นกว่าจุดที่เหมาะสมจะทำให้บางวัฏจักรไม่เกิดการเผาไหม้ ทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบและมีควันขาวเกิดขึ้นเนื่องจากอากาศไม่เพียงพอต่อการเผาไหม้

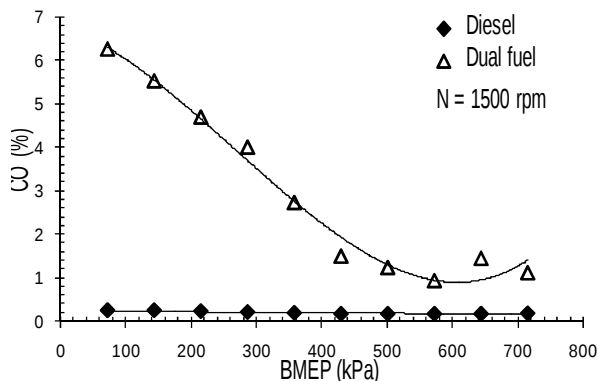


อัตราส่วนการทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยก๊าซชีว-
BMEP ต่างๆ

4.2.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในไอเสีย

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 6 สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในไอเสียที่ภาระต่างๆ พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในไอเสียจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงเดี่ยวทุกภาระเครื่องยนต์ เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมทำให้เกิดเป็น CO เกิดเป็น CO ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงร่วมจะลดลงเมื่อภาระเครื่องยนต์ 6.25% 71.75 kPa เป็น 0.94% 572.75 kPa 13.79% เป็น 71.15% พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอน-

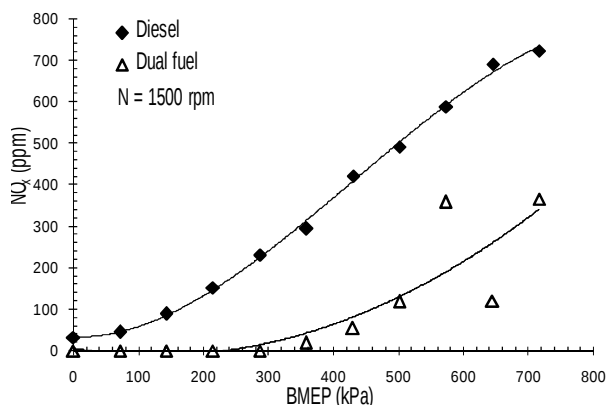
นอกไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.76% เป็น 1.71% ให้เห็นว่าอัตราการผลิตแทนน้ำมันเซลล์ส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



6 สัดส่วนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียที่ BMEP ต่างๆ

4.2.3 ออกไฮโดรเจน

พบว่าปริมาณการปล่อยออกไฮโดรเจนของ (NO_x) ออกไฮโดรเจนในไฮโดรเจนและภาระของเครื่องยนต์ ปริมาณออกไฮโดรเจนในไฮโดรเจนที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมกันน้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงเดี่ยว 30 – 350 ppm เนื่องจากการใช้งานในรูปแบบเชื้อเพลิงร่วมมีส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศมากกว่าการใช้งานรูปแบบเชื้อเพลิงเดี่ยว ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ก่อให้เกิดออกไฮโดรเจนของไฮโดรเจน

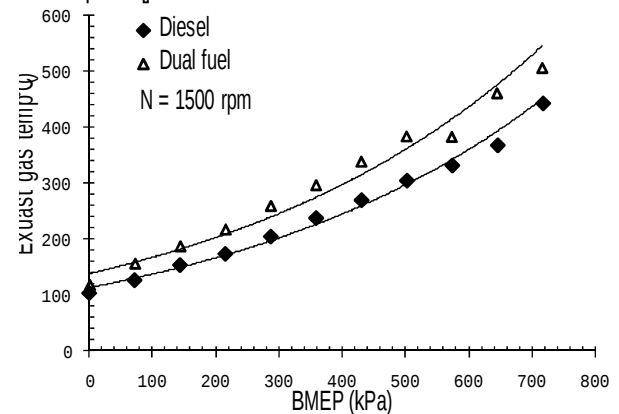


7 สัดส่วนก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสียที่ BMEP ต่างๆ

4.2.4 อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย

พบว่าอุณหภูมิของก๊าซไอเสียจะเพิ่มขึ้นตามภาระเครื่องยนต์ ใช้เชื้อเพลิงร่วมสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงเดี่ยว 15 – 60 °C เนื่องจากพลังงานที่ใส่เข้าไปใน

เครื่องยนต์มากกว่า และจากรูปที่ 3 การเผาไหม้ช่วง Mixing control combustion ซึ่งอาจเกิดจากความล่าช้าในการเผาไหม้ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิก๊าซไอเสียเพิ่มขึ้นได้



8 อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ภาระ BMEP ต่างๆ

5. คุณสมบัติการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดสามารถสรุปผลได้ดังนี้

คุณสมบัติการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงร่วมในรูปแบบการปล่อยความร้อนแตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวโดยมีช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดในช่วง Premixed combustion กว้างกว่าการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว 501 kPa ซึ่งใกล้เคียงกับ [1-6]

การใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงร่วมสามารถทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้สูงสุด 71.15 % ที่ 501 kPa ซึ่งใกล้เคียงกับ [1-6]

วัดมลพิษจากไอเสียพบว่าการใช้ก๊าซชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงร่วมทำให้ปริมาณ CO เพิ่มขึ้นที่ช่วงเครื่องยนต์ต่ำและลดลงเมื่อภาระเพิ่มขึ้นแต่ยังสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว NO_x ช่วงภาระเครื่องยนต์

อุณหภูมิในไอเสียจากการใช้เชื้อเพลิงร่วมสูงกว่า
การใช้เชื้อเพลิงเดี่ยวเนื่องจากความล่าช้าในการเผา
ไหม้ และช่วงการเผาไหม้แบบ Mixing control
combustion

มลพิษที่เกิดขึ้นพบว่าจุดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน
เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมน้ำมันดีเซลกับก๊าซชีวมวล
อยู่ที่ภาระ BMEP 500 kPa

6. เอกสารอ้างอิง

เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์
พลังงานและสิ่งแวดล้อม
ของประเทศไทย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hassan, S., Mohd Nor, F., Zainal, Z.A. and Miskam, M.A. (2011). Performance and Emission Characteristics of Supercharged Biomass Producer Gas-diesel Dual Fuel Engine, Journal of Applied Sciences, 2011, pp. 1 – 5
- [2] Singh, R.N., Singh, S.P. and Pathak, B.S. (2007). Investigation on operation of CI engine using producer gas and rice bran oil in mixed fuel mode, Renewable Energy 32, pp.1565-1580.
- [3] Banapurmath, N.R., Tewari, P.G., Yaliwal V.S., Kambalimath, Satish and Basavarajappa (2009). Combustion characteristics of a 4-stroke CI engine operated on Honge oil, Neem and Rice Bran oils when directly injected and dual fuelled with producer gas induction, Renewable Energy 34, pp.1877-1884.
- [4] Banapurmath, N.R., Tewari, P.G. and Hosmath, R.S. (2008). Experimental investigation of a four-stroke single cylinder direct injection diesel engine operated on dual fuel mode with producer gas and Honge oil and its methyl ester (HOME) as injected fuels, Renewable Energy 33, pp.2007 - 2018

- [5] Banapurmath, N.R. and Tewari, P.G. (2009). Comparative performance studies of a 4-stroke CI engine operated on dual fuel mode with producer gas and Honge oil and its methyl ester (HOME) with and without carburetor, Renewable Energy 34, pp.1009-1015.

- [6] ชญานนท์ แสงมณี, กุลเชษฐ์ เพียรทอง, ฐิติ เตชะรุ่งไพศาล และอนิรุตต์ มัทธจักร (2552). การทดลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวมวลและน้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง, วิศวกรรม 11 ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 - พฤษภาคม 2554, หน้า 1 – 9.

- [7] Ramadas, A.S., Jayaraj, S. and Muraleedharan, C. (2008). Dual fuel mode operation in diesel engines using renewable fuels: Rubber seed oil and coir-pith producer gas, Renewable Energy 33, pp.2077-2083.

- [8] Heywood, J.B., (1988), Internal combustion engine Fundamentals, McGraw Hill, New York.

- [9] Reed, T.B. and Das, A. (1988) Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems. Biomass Energy Foundation Press, Golden, Colorado