

อิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลของโปรดีวเซอร์แก๊สต่อสมรรถนะของ

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

Effect of equivalence ratio of producer gas on
the spark ignition engine performanceวิรุทธ ฐาปนาพงษ์¹ * และ สุรชัย สนิทใจ¹¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

* ติดต่อ Email: 53400113@st.kmutt.ac.th และ surachai.san@kmutt.ac.th

โทร: (662)470-9658 , โทรสาร: (662)470-9109

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลของโปรดีวเซอร์แก๊สต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โปรดีวเซอร์แก๊สเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ใช้ถ่านหินบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3.0 kW ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะสูบเดียวเป็นต้นกำลังถูกใช้เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที และภาระทางไฟฟ้า 0.5 , 0.7, 1.0 และ 1.2 kW อัตราส่วนสมมูลอยู่ในช่วง 0.9-1.3 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่า เมื่ออัตราส่วนสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้นที่ภาระของเครื่องยนต์คงที่ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีเพิ่มขึ้นแต่ค่าประสิทธิภาพโดยรวมจะมีลดลง ในขณะที่ภาระของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าลดลงแต่ค่าประสิทธิภาพโดยรวมจะมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนสมมูล ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดเท่ากับ 7,401 g/kWh และค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 10.07 % ที่ภาระทางไฟฟ้า 1.2 kW และอัตราส่วนสมมูล 1.2

คำหลัก: โปรดีวเซอร์แก๊ส / อัตราส่วนสมมูล / เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

Abstract

This research is a study of the effect of producer gas equivalence ratio on the spark ignition engine performance. Producer gas is produced by a gasifier in which bituminous coal is used as fuel. A commercial 3.0 kW generator with a single cylinder, 4 strokes, gasoline engine is modified and used for engine performance tests. Experimental investigations are conducted at the engine speed of 3,000 rpm and the electrical loads of 0.5, 0.7, 1.0 and 1.2 kW. The equivalence ratio is in the range of 0.9-1.3. The experimental results showed that, at constant engine load, when the equivalence ratio increases, the specific fuel consumption increases while the overall engine efficiency decreases. As the engine load increases, the specific fuel consumption decreases while the overall engine efficiency increases for all equivalence ratios. The lowest specific fuel consumption is 7,401 g/kWh and the highest overall engine efficiency is 10.07% at the electrical load of 1.2 kW and equivalence ratio of 1.2.

AEC-2011

Keywords: Producer gas / Equivalence ratio / Spark ignition engine

1. บทนำ

จากปัญหาความต้องการพลังงานของประเทศไทยที่เพิ่มสูงขึ้น การคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะโพรดิวเซอร์แก๊สจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ทั้งนี้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน [1] เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานของเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส โดยให้ความร้อนผ่านตัวกลางของกระบวนการ เช่น อากาศ, ออกซิเจนและไอน้ำ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันมีความแตกต่างจากกระบวนการเผาไหม้อย่างสิ้นเชิง โดยการเผาไหม้เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ในหนึ่งกระบวนการ แต่สำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานเคมีภายในเชื้อเพลิงแข็งไปเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ (Combustible Gas) โดยอาศัยปฏิกิริยา 4 กระบวนการ คือ กระบวนการอบแห้ง กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการเผาไหม้ และกระบวนการรีดักชัน โดยแก๊สที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ต้นกำลังต่างๆ ทั้งเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟและเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบใช้เชื้อเพลิงร่วม

ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันนิยมใช้ถ่านหินบิทูมินัสในการผลิตโพรดิวเซอร์แก๊ส เนื่องจากมีความได้เปรียบในเรื่องของราคาซึ่งต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียม นอกจากนี้โพรดิวเซอร์แก๊สที่ผลิตจากถ่านหินบิทูมินัสยังมีปริมาณน้ำมันดินที่ต่ำกว่าซีวมวล [1] ซึ่งเป็นผลดีต่อเครื่องยนต์ ทำให้การสึกหรอต่ำและอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

ปัจจุบันมีความต้องการนำเครื่องยนต์ที่ใช้โพรดิวเซอร์แก๊สไปใช้เป็นต้นกำลังโดยส่วนใหญ่ คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม จึงได้มีการศึกษาและปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้โพรดิว

เซอร์แก๊สเช่น

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้โพรดิวเซอร์แก๊สที่อัตราการไหลต่างๆ เพื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซินพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่กำลังสูงสุดทั้งในกรณีที่ใช้โพรดิวเซอร์แก๊สและน้ำมันเบนซินมีค่าเท่ากัน [2] ต่อมาได้มีการศึกษาเวลาการจุดระเบิดที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้โพรดิวเซอร์แก๊ส โดยอัตราส่วนสมมูลมีค่าคงที่ ซึ่งพบว่า เมื่อเพิ่มเวลาการจุดระเบิดให้ล่วงหน้ามากขึ้นจาก 6° BTC เป็น 38° BTC ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์มีแนวโน้มลดลง [3] ซึ่งเป็นผลมาจากความเร็วการเผาไหม้ของโพรดิวเซอร์แก๊สที่มีค่าสูงกว่าน้ำมันเบนซินมาก [4], [5] โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเร็วการเผาไหม้ได้แก่ องค์ประกอบของโพรดิวเซอร์แก๊ส, อัตราส่วนสมมูลและความดันภายในกระบอกสูบขณะเกิดการเผาไหม้ ดังเห็นได้จากงานวิจัยต่อมาได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้โพรดิวเซอร์แก๊สจำนวน 2 เครื่อง ที่มีอัตราส่วนการอัดต่างกันคือ 18.5:1 และ 9.5:1 โดยทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (F/A_{act}) และเวลาการจุดระเบิดที่ต่างกัน พบว่าเมื่ออัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (F/A_{act}) เพิ่มขึ้น ทั้งกำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องทั้ง 2 เครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอัดสูงกว่าจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงกว่าเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอัดต่ำกว่า นอกจากนี้กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอัดสูงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการจุดระเบิดล่วงหน้ามากขึ้น ขณะที่เวลาการจุดระเบิดจะไม่มีผลต่อกำลังและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอัดต่ำ [6]

จากงานวิจัยข้างต้นยังมีการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลต่อสมรรถนะ

AEC-2011

ของเครื่องยนต์อยู่อย่างจำกัด ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลของโปรติวเซอร์แก๊สที่ใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยมีอัตราส่วนสมมูลของโปรติวเซอร์แก๊สในช่วง 0.9-1.3 และไม่มี การดัดแปลงเครื่องยนต์ เพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องยนต์

2. อุปกรณ์การทดลอง

2.1 ระบบผลิตโปรติวเซอร์แก๊ส

โปรติวเซอร์แก๊สเป็นแก๊สที่ผลิตได้จากเตาแก๊สซีไฟเออร์แบบไหลลงขนาด 100 kW ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งผ่านชุดบำบัดแก๊สซึ่งประกอบด้วย (1) ไซโคลนเพื่อขจัดฝุ่นผง, (2) สกรับเบอร์แบบเปียกขจัดน้ำมันดินและฝุ่นละอองขนาดเล็ก, (3) อุปกรณ์ลดอุณหภูมิเพื่อลดอุณหภูมิโปรติวเซอร์แก๊สให้ต่ำลงและเพิ่มความหนาแน่นของโปรติวเซอร์แก๊สรวมทั้งยังทำให้น้ำมันดินบางส่วนลดลงจากการควบแน่น และ (4) อุปกรณ์บำบัดน้ำมันดินเป็นแบบ Sandbed filter ซึ่งประกอบด้วย ถาดของชั้นกรอง 3 ชั้น คือ หิน, กรวด และซีลื้อยจากการวัดปริมาณน้ำมันดินที่ปะปนในโปรติวเซอร์แก๊สหลังการบำบัดมีค่าเพียง 13 mg/Nm³ โดยมีค่าน้อยกว่า 45 mg/Nm³ ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำดินที่ปะปนในโปรติวเซอร์แก๊สที่ยอมรับได้ในการใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน [7] เมื่อนำตัวอย่างโปรติวเซอร์แก๊สที่ผลิตได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของแก๊สต่างๆ ด้วยเครื่อง Gas Chromatography พบว่า โปรติวเซอร์แก๊สมีองค์ประกอบและค่าความร้อนสูงจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 เตาแก๊สซีไฟเออร์แบบไหลลง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบเฉลี่ยของโปรติวเซอร์แก๊ส

ชนิดแก๊ส	องค์ประกอบแก๊ส(%)โดยปริมาตร
ไฮโดรเจน (H ₂)	21.790
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1.271
มีเทน (CH ₄)	5.253
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	8.564
ไนโตรเจน (N ₂)	63.112
ค่าความร้อนสูง(HHV)	4.87 MJ/kg

2.2. การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 3.0 kW โดยใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะสูบเดี่ยวเป็นต้นกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 2 ข้อมูลของเครื่องยนต์แสดงในตารางที่ 2 สำหรับการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทดสอบจะติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์จำลองโหลดคือชุดโหลดไฟฮาโลเจน ซึ่งสามารถเพิ่มหรือลดภาระทางไฟฟ้าได้โดยทำการทดสอบที่ภาระ 0.5, 0.7, 1.0 และ 1.2 kW โปรติวเซอร์แก๊สที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงจะมีอัตราส่วนสมมูลอยู่ในช่วง 0.9-1.3 ซึ่งปริมาณโปรติวเซอร์แก๊สและอากาศจะถูกวัดโดยชุดวัดอัตราการไหลซึ่งประกอบด้วยแผ่นออริฟิซและมานอมิเตอร์ ที่ต่ออยู่กับระบบท่อส่งลมจากพัดลมแบบหอยโข่งก่อนเข้าสู่ท่อไอดี ในส่วน

AEC-2011

ของเครื่องมือวัดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วย เครื่องวัดความเร็วรอบ, เทอร์โมคัปเปิลชนิดเคเพื่อ วัดอุณหภูมิไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์, อุณหภูมิ ไรต์ซึ่งประกอบด้วยโพรวินเซอร์แก๊สกับอากาศ และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อวัดพลังงานไฟฟ้า จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ลักษณะการจัดวาง เครื่องยนต์และอุปกรณ์ในการทดสอบแสดงในรูปที่

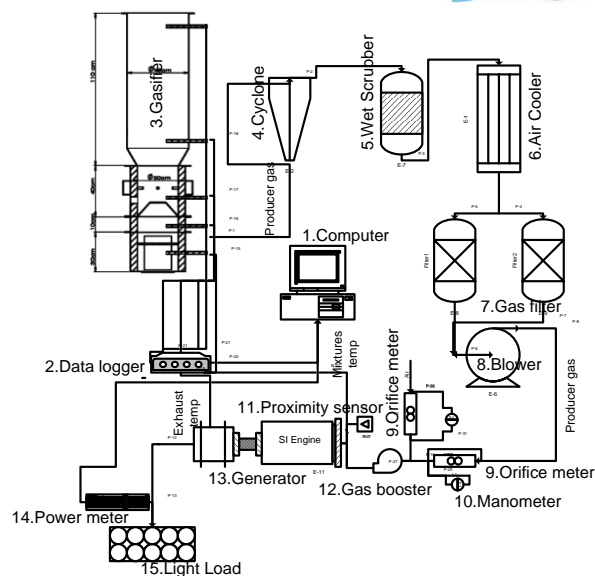
3



รูปที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตารางที่ 2 ข้อมูลของเครื่องยนต์

Engine	Engine Model	170F
	Engine Type	เครื่องยนต์สูบเดี่ยว, 4 จังหวะ
	Displacement (cc)	210
	Max. Output (kW)	5.1
	Compression Ratio	8.5:1
	Ignition System	Transistor magneto
	Starting System	Recoil/Electric
	Continuous operation time(h)	10
	Lube. Oil Capacity (L)	0.6
Generator	A.C. Frequency (Hz)	50/60
	A.C. Output Voltage (V)	220/110
	Rated A.C. Output (kW)	2.8
	Max. A.C. Output (kW)	3



รูปที่ 3 ลักษณะการจัดวางเครื่องยนต์และอุปกรณ์ ในการทดสอบ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

สมรรถนะของเครื่องยนต์ [8] นั้นจะ พิจารณาจากค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (sfc) ของเครื่องยนต์ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1) และ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์ (η) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P_E} \times 3600 \quad (1)$$

$$\eta = \frac{P_E}{P_f} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

sfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (g/kWh)

η คือ ประสิทธิภาพโดยรวม (%)

P_E คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิด ไฟ (kW)

P_f คือ อัตราการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง (kW) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$P_f = \dot{m}_f \times HHV \quad (3)$$

\dot{m}_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (kg/s)

AEC-2011

HHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

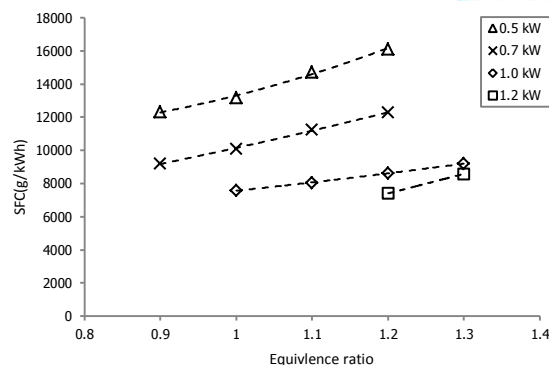
4. ผลทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมของโปรติว

เซอร์แก๊สต่อค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

จำเพาะ

ผลการทดสอบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของโปรติวเซอร์แก๊ส ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที และ ภาระทางไฟฟ้า 0.5, 0.7, 1.0 และ 1.2 kW แสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้พบว่า ขณะที่ภาระทางไฟฟ้ามีค่าคงที่ เมื่ออัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของโปรติวเซอร์แก๊สมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อภาระทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง 0.7-1.2 kW ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของโปรติวเซอร์แก๊สมีค่าลดลงในทุกอัตราส่วนผสม โดยค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุดคือ 7,401 g/kWh ที่ภาระทางไฟฟ้า 1.2 kW อัตราส่วนผสม 1.2 ขณะที่ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันเบนซินที่ภาระทางไฟฟ้า 1.2 kW มีค่าเพียง 688 g/kWh อันเป็นผลมาจากค่าความร้อนสูงของโปรติวเซอร์แก๊สที่มีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซินถึง 9.7 เท่า นอกจากนี้อัตราส่วนผสมเริ่มต้นของโปรติวเซอร์แก๊สที่สามารถรองรับภาระทางไฟฟ้าที่ 1.0 และ 1.2 kW จะมีอัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโปรติวเซอร์แก๊สเป็นเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับอากาศ เมื่อภาระของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องยนต์มีความต้องการปริมาณโปรติวเซอร์แก๊สเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับภาระที่เพิ่มขึ้น ขณะที่กระบอกสูบมีปริมาตรคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนผสมของไอดีจึงมีปริมาณของอากาศลดลง ส่งผลให้อัตราส่วนผสมเริ่มต้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อภาระของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของโปรติวเซอร์แก๊ส (sfc) ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

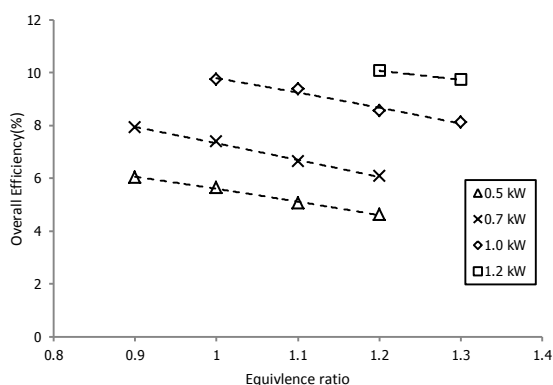
4.2 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมของโปรติวเซอร์แก๊สต่อประสิทธิภาพโดยรวม

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์ที่ใช้โปรติวเซอร์แก๊ส ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ที่ภาระทางไฟฟ้า 0.5, 0.7, 1.0 และ 1.2 kW แสดงในรูปที่ 5 โดยพบว่าเมื่ออัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์ที่ใช้โปรติวเซอร์แก๊สจะมีค่าลดลง และเมื่อภาระทางไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 0.7-1.2 kW ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นทุกอัตราส่วนผสม โดยเครื่องยนต์ที่ใช้โปรติวเซอร์แก๊สจะมีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดคือ 10.07% ที่ภาระทางไฟฟ้า 1.2 kW ที่อัตราส่วนผสม 1.2

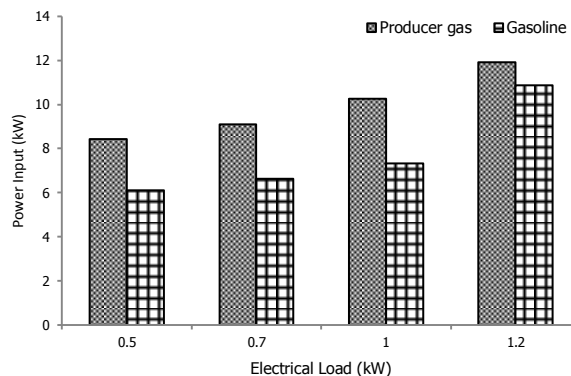
ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานระหว่างโปรติวเซอร์แก๊สกับน้ำมันเบนซินของเครื่องยนต์ทดสอบนี้แสดงในรูปที่ 6 โดยพบว่าอัตราการใช้พลังงานจากโปรติวเซอร์แก๊สสูงกว่าอัตราการใช้พลังงานจากน้ำมันเบนซินโดยมีค่าต่างกัน 1 ถึง 2.9 kW ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด มีค่าแตกต่างกัน โดยความเร็วการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ของโปรติวเซอร์แก๊สจะมีค่าสูงกว่าความเร็วการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ของน้ำมันเบนซิน 3-3.5 เท่า [4], [5] เมื่อความเร็วการเผาไหม้ของโปรติวเซอร์แก๊สมีค่าสูงกว่าความเร็วการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ของน้ำมันเบนซิน ดังนั้นเวลาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ที่ถูกปรับเพื่อใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงจึงไม่

AEC-2011

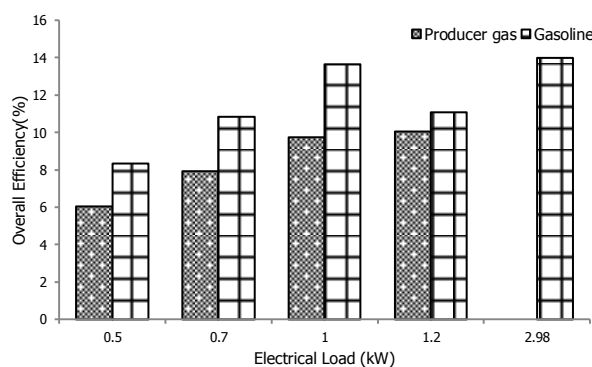
เหมาะสมต่อการใช้โพรติวเซอร์แก๊ส ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของโพรติวเซอร์แก๊สมีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน และส่งผลให้เครื่องยนต์ที่ใช้โพรติวเซอร์แก๊สมีอัตราการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันเบนซิน ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์ที่ได้จากเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด มีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยประสิทธิภาพโดยรวมของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด จะมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดที่ภาระทางไฟฟ้า 1.2 kW ซึ่งมีค่าแตกต่างกันเพียง 1 % ดังแสดงในรูปที่ 7 นอกจากนี้ยังพบว่าในส่วนของกำลังสูงสุดที่เครื่องยนต์ผลิตได้ด้วยน้ำมันเบนซินมีค่า 2.98 kW ขณะที่กำลังสูงสุดที่เครื่องยนต์ผลิตได้ด้วยโพรติวเซอร์แก๊ส มีค่า 1.2 kW ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ซึ่งกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่มีค่าลดลง มีสาเหตุมาจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความร้อนสูงของโพรติวเซอร์แก๊สและความเร็วการเผาไหม้ของโพรติวเซอร์แก๊ส



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพโดยรวม (Overall efficiency) ของเครื่องยนต์ที่ใช้โพรติวเซอร์แก๊ส ที่อัตราส่วนสมมูลต่างๆ



รูปที่ 6 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง (P_f) ระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้โพรติวเซอร์แก๊สกับน้ำมันเบนซิน

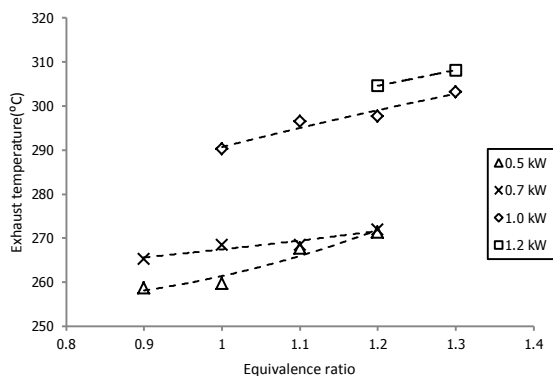


รูปที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้โพรติวเซอร์แก๊สกับน้ำมันเบนซิน

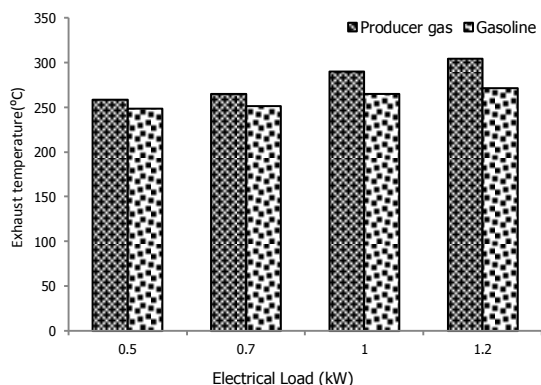
4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลของแก๊สเชื้อเพลิงต่ออุณหภูมิไอเสีย

ผลการศึกษาอุณหภูมิไอเสียดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามภาระทางไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนสมมูลเพิ่มขึ้น และเมื่อนำอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้โพรติวเซอร์แก๊สมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินที่ภาระทางไฟฟ้า 0.5, 0.7, 1.0 และ 1.2 kW จะพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้โพรติวเซอร์แก๊สจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันเบนซิน ในทุกภาระทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 9

AEC-2011



รูปที่ 8 อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้โพรวิติวเซอร์แก๊ส (Exhaust temperature) ที่อัตราส่วนสมมูลต่างๆ



รูปที่ 9 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้โพรวิติวเซอร์แก๊สกับน้ำมันเบนซิน

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลของโพรวิติวเซอร์แก๊สต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟพบว่า ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนสมมูลที่เพิ่มขึ้น เมื่อภาระทางไฟฟ้าคงที่ และค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าลดลงทุกอัตราส่วนสมมูล เมื่อภาระทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง เมื่ออัตราส่วนสมมูลเพิ่มขึ้น ที่ภาระทางไฟฟ้าคงที่ และประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นทุกอัตราส่วนสมมูล เมื่อภาระทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้โพรวิติว

เซอร์แก๊สจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อภาระทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนสมมูลเพิ่มขึ้นที่ภาระทางไฟฟ้าคงที่ จากการทดลองที่ภาระทางไฟฟ้า 0.5, 0.7, 1.0 และ 1.2 kW พบว่า ที่ภาระทางไฟฟ้า 1.2 kW มีอัตราส่วนสมมูลที่เหมาะสมคือ 1.2 ซึ่งทำให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าต่ำสุดที่ 7,401 g/kWh และประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องยนต์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.07%

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Prabir, B. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*, Elsevier Inc, United States, pp. 117-127.
- [2] Ajay, S., Radhakrishnan, S., Suminto, D.F. and Eugene, P.C. (2010). Performance and emissions of a spark-ignited engine driven generator on biomass based syngas, *Bioresource Technology*, February 2010, Vol. 101, pp. 4656–4661.
- [3] Sridhar, G. and Yarasu, R.B. (2010). *Fact about producer gas engine*, Paths to Sustainable Energy, Dr Artie Ng (Ed.), ISBN: 978-953-307-401-6, InTech, URL : <http://www.intechopen.com/books/pathsto-sustainable-energy/facts-about-producer-gas-engine>, access on 14/06/2013.
- [4] Burke, M.P., Qin, X., Ju, Y. and Dryer, F.L. (2007). Measurement of hydrogen syngas flame speeds at elevated pressures, *5th US*

AEC-2011

Combustion Meeting, March 2007, Paper # A

16.

[5] Jerzembek, S., Peters, N., Petiot-Desjardins, P. and Pitsch, H. (2008) Laminar burning velocities at high pressure for primary reference fuels and gasoline, *Combustion and Flame* 156, December 2008, pp. 292-301.

[6] Ahrenfeldt, J.F., Esben, V.S., Rune, H. and Ulrik, B. (2010). *Development and Test of a new Concept for Biomass Producer Gas Engines*, ISBN: 978-87-550-3811-0, Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Denmark.

[7] Rajvanshi, A.K. (1987). Biomass Gasification, *Alternative Energy in Agriculture*, Vol. II, pp. 83–102.

[8] Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw Hill, New York, pp. 39-77.