

การพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กให้สามารถใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม

The Development of a Small Diesel Engine Using LPG As Dual -Fuel

พลิชฐ์ มือสันทัด¹ วิชิต บัวแก้ว² พิชัย อัษฎมมงคล³

โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
และ กองวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

อ.องค์รักษ์ จ.นครนายก.26120

โทร. 037-322609 โทรสาร.037-322609 E-mail:zaedd14@yahoo.com¹ vichitb@swu.ac.th² pichaias@swu.ac.th³

Pasit Mueasantad¹ Vichit Buakaew² Pichai Asadamongkol³

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University.

and Department of Mechanical Engineering, Chulajomklao Royal Military Academy Jointed Graduated Program,

Nakornnayok Thailand.26120

Tel: 037-322609 Fax: 037-322609 E-mail:zaedd14@yahoo.com¹ vichitb@swu.ac.th² pichaias@swu.ac.th³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยการป้อนแก๊สแอลพีจีเข้าทางท่อร่วมไอดีโดยตรง แล้วพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณแก๊สไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว โดยการศึกษานี้จะทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที แล้วเพิ่มภาระโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจาก 0, 10, 30, 50, 70 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของภาระที่กำหนดสูงสุด 4,250 วัตต์ตามลำดับ โดยการเพิ่มภาระโหลดแต่ละค่าจะทำการปรับอัตราเร่งเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอบคงที่ที่ 1,500 รอบต่อนาที โดยการเพิ่มส่วนผสมของเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีร่วมกับน้ำมันดีเซลแล้วบันทึกค่าต่างๆ ตามลำดับ

ผลการทดสอบพบสรุปได้ดังนี้ ที่ภาระโหลดเครื่องยนต์ 50 เปอร์เซ็นต์ คือภาระโหลดสูงสุดและสัดส่วนของน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีสูงสุดเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้เป็นปกติ เมื่อใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วมมีสมรรถนะต่ำกว่า

เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วมสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว

Abstract

The purpose of this research was to study the diesel engine performance and combustion efficiency. A mixture of Diesel Fuel and LPG at various ratios were used as engine fuel. The study of engine performance and combustion efficiency was conducted when the engine speed was kept constant at 1,500 rpm while the loads of generator were increased from 0 to 90 percentage of the maximum load.

In the study the engine performance and combustion efficiency were compared with those results from the engine used only diesel oil. All test results were calculated and measured from the fixed speed engine run at 1,500 rpm and at the load of generator 0, 10, 30, 50, 70 and 90 percentage of maximum load of generator. This studying

will increase the rate of LPG mixing before engine knock. The maximum percentage of LPG used was considered when the engine still performed normally until engine started to knock. It can be conclude from the results that. A mixture of Diesel Fuel and LPG at a ratio of 1:1 gave the least engine performance at 50 percentage of the maximum load. However, engine performance was much lower when using a mixed fuel than using the diesel as a sole fuel. Also the exhaust gas contained higher CO and HC than that when using only diesel Fuel.

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ต้นกำลังมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก ดังนั้นการนำพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดีและมีประโยชน์ต่อประเทศชาติเป็นอย่างมากซึ่งในปัจจุบันพบว่า มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยทั้งในภาครัฐและภาคเอกชนกันมากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อค้นหาชนิดของเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ทดแทน หรือผสมเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลักให้มากที่สุด โดยในขณะนี้ได้มีการค้นคว้าวิจัยและ พัฒนาการนำแก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) หรือแก๊สแอลพีจี ซึ่งสามารถผลิตได้ในประเทศ มาใช้ทดแทนและผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงหลัก

สำหรับแก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือแก๊สแอลพีจี นั้น ถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถนำมาทดแทนหรือผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงหลักได้ และนอกจากนี้ยังไม่ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์มากนัก เพราะเมื่อเทียบค่าคุณสมบัติต่างๆ กันกับน้ำมันดีเซลแล้วพบว่าสามารถที่จะผสมกันได้ในส่วนที่พอเหมาะ โดยให้น้ำมันดีเซลเป็นตัวจุดระเบิดนำและพบว่าเมื่อผสมกันแล้วยังให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่สูงกว่า ค่าซีเทนสูงขึ้นและยังลดควันดำ ฝุ่นละออง แก๊สไอเสีย ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่อาจก่อมลภาวะต่างๆ ลดลงเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล 100 เปอร์เซ็นต์เพียงอย่างเดียวอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแก๊สแอลพีจีกับน้ำมันดีเซลเพื่อใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก
- 2 เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่ใช้ น้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม
- 3 เพื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันดีเซลอย่างเดียวกับน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1 ใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างแก๊สแอลพีจีกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสมต่างๆ กันโดยน้ำหนักหรือในอัตราส่วนเท่าที่

เครื่องยนต์ยังทำงานได้อย่างปกติ โดยกำหนดภาระจาก 0-50 เปอร์เซ็นต์ของภาระโหลดทั้งหมดแล้ววัดค่าเก็บข้อมูล

2 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซล สูบเดียว 4 จังหวะยี่ห้อ TIGER รุ่น TGD1100 และทำการทดสอบสมรรถนะที่ภาระโหลดเปลี่ยนไปโดยกำหนดความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm แล้ววัดค่าเก็บข้อมูลใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก กำหนดความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับให้คงที่และให้ภาระโหลดเปลี่ยนไปแล้ววัดค่าเก็บข้อมูล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1 ได้ผลการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม
- 2 ได้ผลการวิจัยเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะและไอเสียที่ปลดปล่อยออกจากเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม
- 3 เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์สำหรับพลังงานทดแทนในอนาคต
- 4 เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

2. ทฤษฎีและหลักการคำนวณ

2.1 การคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) คือปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อกำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ หาได้จากสมการ

$$B_{sfc} = \frac{\dot{m}_f \times 3600}{BP}$$

B_{sfc} คือ อัตราการเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (kg/kW.hr)

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/hr.)

สามารถหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้โดย

$$\dot{m}_f = \frac{W_f \times 3600}{t}$$

W_f คือ มวลของเชื้อเพลิง (kg)

t คือ เวลาที่เชื้อเพลิงถูกใช้ไป (sec.)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) คือ จำนวนของพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อกำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานที่ได้จาก

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นกำลังงานเบรคของเชื้อเพลิง หาได้จากสมการ

$$B_{sec} = Q_{HV} \times B_{sfc}$$

B_{sec} คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (kJ/kW.hr.)

Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power) เป็นการคิดค่ากำลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง จากอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ซึ่งหาได้จาก

$$F P = \dot{m}_f \times Q_{HV}$$

FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake Thermal Efficiency) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่เครื่องยนต์ส่งออก (Power Output) กับพลังงาน (Energy) ที่เกิดจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิง ความร้อนที่ได้จากการสันดาปเชื้อเพลิงไม่สามารถนำไปมาใช้ได้ทั้งหมด เพราะความร้อนบางส่วนต้องสูญเสียให้กับระบบหล่อเย็น (Cooling) ระบบหล่อลื่น (Lubricating) และยังสูญเสียไปกับการระบายแก๊สร้อนหรือไอเสีย ซึ่งถือว่ามามีปริมาณการสูญเสียมากที่สุดในเครื่องยนต์ การสูญเสียความร้อนดังกล่าวเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพความร้อนลดลง

$\dot{m}_a$ คือ ปริมาณอากาศเข้ากระบอกสูบ (kg/hr.)

$\dot{m}_f$ คือ อัตราส่วนสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg / hr.)

อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิง / อากาศ (Fuel / air equivalence ratio, ϕ)

$$\phi = \frac{(F / A)_{actual}}{(F / A)_s}$$

สำหรับส่วนสารผสมบาง : $\phi < 1$

สำหรับ Stoichiometric : $\phi = 1$

สำหรับส่วนสารผสมบาง : $\phi > 1$

3.วิธีการทดลองและการคำนวณ

ประสิทธิภาพความร้อนสามารถหาได้จากหลายกรณีบางครั้งอาจหาได้จากกำลังม้าอินดิเคต เรียกว่าประสิทธิภาพทางความร้อนบ่งชี้หรือฐานอินดิเคต (Indicated Thermal Efficiency: η_i) หรือ อาจหาจากกำลังม้าเบรค ซึ่งเรียกประสิทธิภาพทางความร้อนเบรคหรือบนฐานเบรค (Brake Thermal Efficiency: η_{BTH})

$$\eta_{BTH} = \frac{BP}{FP} \times 100$$

η_{BTH} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (เปอร์เซ็นต์)

BP คือ กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดสอบ (kW)

FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

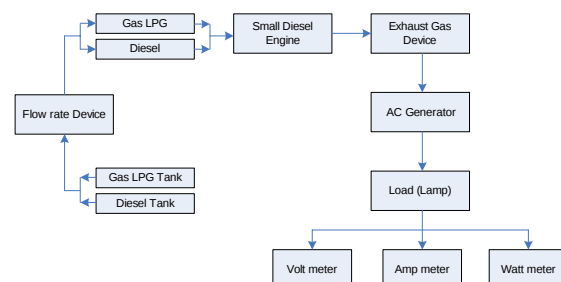
อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air – Fuel Ratio)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะสมบูรณ์เพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการเผาไหม้ การคลุกเคล้าระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ และปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งคือ ปริมาณอากาศที่ประจะเข้ากระบอกสูบมากน้อยเพียงใด

$$A/F = \dot{m}_a / \dot{m}_f$$

A/F คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

การทดสอบครั้งนี้ได้มีการออกแบบอุปกรณ์การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว และทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจี ที่ส่วนผสมและภาวะโหลดต่างกัน ในการทำวิจัยต้องการเก็บข้อมูลหลายค่าจะต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3 แผนภาพการทดสอบ

วิธีการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

ประกอบและติดตั้งเครื่องยนต์พร้อมอุปกรณ์ตามไดอะแกรม ดังภาพประกอบ 5 แล้วทำการทดสอบเครื่องยนต์โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

กรณีใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว

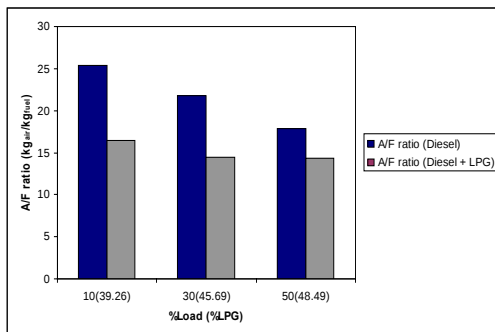
ขั้นตอนที่ 1 สตาร์ทเครื่องยนต์

ขั้นตอนที่ 2 ปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้สัมพันธ์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต้องการความเร็วรอบคงที่ที่ 1,500 rpm ควบคุมโดยการเพิ่มปริมาณน้ำมันดีเซล

ขั้นตอนที่ 3 บันทึกค่าที่ภาระโหลดต่างๆ กัน

4 สรุปผลการทดลอง

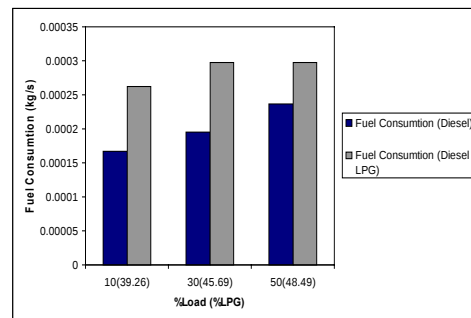
4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์



ภาพประกอบ 4 เปรียบเทียบอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 4 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง และอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้จากข้อมูลการทดสอบพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมโดยมวลของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซล ขณะที่อัตราการไหลเข้าของอากาศคงที่ จึงเป็นผลให้อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

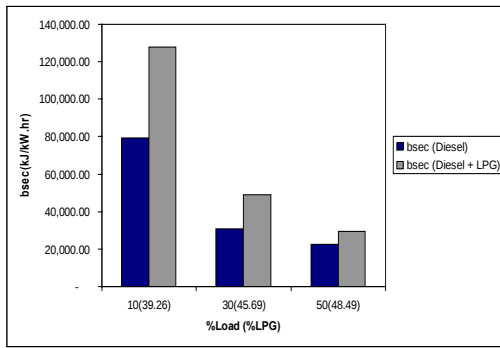
เมื่อพิจารณาจากสมการการเผาไหม้เชื้อเพลิงพบว่าเมื่อส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจีเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจีเพิ่มขึ้นการเผาไหม้ก็ยังไม่สมบูรณ์มากขึ้นและจะส่งผลให้ปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ และ ไฮโดรคาร์บอน เพิ่มขึ้นด้วย



ภาพประกอบ 5 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 5 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิง (A/F ratio) ของน้ำมันดีเซลต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวของทั้งสองเชื้อเพลิงพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลที่มีส่วนร่วมกับ แอลพีจี จะต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว และต่ำกว่าโดยเฉลี่ย 19 เปอร์เซ็นต์ ที่เปอร์เซ็นต์โหลดของเครื่องยนต์ 50 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจี ที่ 48.49 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่เปอร์เซ็นต์โหลดของเครื่องยนต์ 50 เปอร์เซ็นต์ ยังสามารถเพิ่มอัตราส่วนร่วมกับ แอลพีจี ได้อีก ซึ่งส่วนร่วมกับ แอลพีจี สูงสุดโดยน้ำหนักคือ 74.72 เปอร์เซ็นต์ ที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้ปกติ

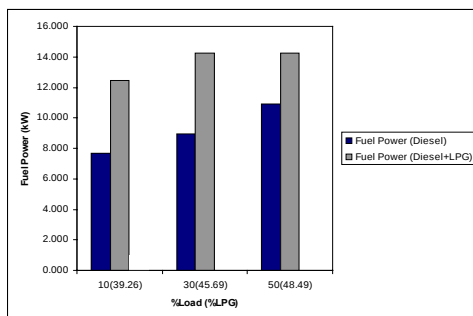
สาเหตุที่การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแอลพีจีมากกว่ากรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวอาจเนื่องมาจากการป้อนแอลพีจีนั้นได้ใช้วิธีป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดีซึ่งมีการปรับความเร็วในการป้อนที่ยังไม่สมดุลกับการฉีดเชื้อเพลิงซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณการป้อนแอลพีจีอาจจะมากเกินไป ผลที่ตามมาคือการเผาไหม้ไม่หมดและจะทำให้เกิดแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ และ ไฮโดรคาร์บอน สูง อีกประเด็นหนึ่งที่มีแนวโน้มเป็นไปได้คืออุณหภูมิการจุดระเบิดและค่าซีเทนของแก๊สแอลพีจีต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเป็นผลให้จังหวะการจุดระเบิดในห้องเผาไหม้เกิดก่อนน้ำมันดีเซล อาจเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการทดสอบครั้งต่อไป



ภาพประกอบ 6 แสดงกราฟเปรียบเทียบพลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรคที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 6 เมื่อเปรียบเทียบพลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรคของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด พบว่าพลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรคของน้ำมันทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และพลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรคของน้ำมันดีเซลต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี โดยต่ำกว่าเฉลี่ย 33 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้จากการทดสอบพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยมวลของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซลและค่าความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี ก็สูงกว่าน้ำมันดีเซลด้วย

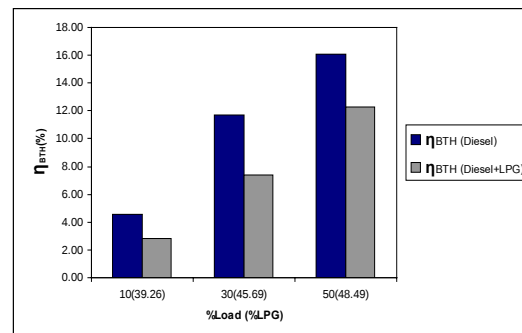
จากการวิเคราะห์พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค ของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซล แสดงว่าเมื่อพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่เท่ากันความสามารถในการให้พลังงานของน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวสูงกว่าน้ำมันดีเซลร่วมกับแอลพีจี จึงทำให้ค่าพลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรคต่ำกว่ากรณีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลร่วมกับแอลพีจี



ภาพประกอบ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบกำลังงานเชื้อเพลิงและกำลังงานที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 7 เมื่อเปรียบเทียบกำลังงานเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นแนวโน้มกำลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น และกำลังงานเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซลและสูงกว่าโดยเฉลี่ย 50.36 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลร่วมกับแอลพีจีมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวประกอบกับแก๊ส แอลพีจีมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซลจึงทำให้กำลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่ากรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว



ภาพประกอบ 8 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm

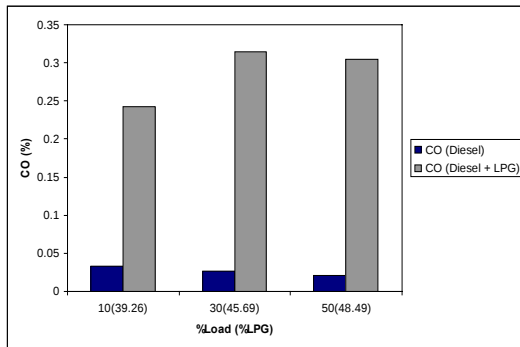
จากภาพประกอบ 8 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคระหว่างการใช้้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องมาจากกำลังงานเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซล จากการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคดังสมการที่ 5 พบว่าเมื่อกำลังงานเชื้อเพลิงสูงจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคต่ำ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลร่วมกับแอลพีจีและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลร่วมกับแอลพีจี โดยน้ำหนักจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลหลายประการเช่น แก๊สแอลพีจีมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซล, Boiling point และ Flash point ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมมากกว่าทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล คุณสมบัติในการเผาไหม้ของแก๊สแอลพีจีที่สามารถเผาไหม้ได้รวดเร็วแต่ค่าความร้อนเชื้อเพลิงสูงทำให้การสูญเสีย

ความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มากกว่า ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคต่ำกว่ากรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

4.2 ปริมาณแก๊สไอเสีย

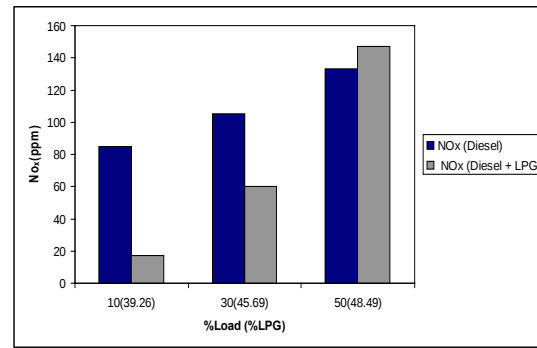
ผลการวัดแก๊สไอเสียเครื่องยนต์ที่ทดสอบโดยเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลร่วมกับแอลพีจีและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว สามารถนำมาเปรียบเทียบข้อมูลได้ดังภาพประกอบดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 9 แสดงกราฟปริมาณ คาร์บอนมอนนอกไซด์ จากแก๊สไอเสียที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 9 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ จากแก๊สไอเสียของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นหรืออัตราส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจีเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ ของน้ำมันดีเซลมีแนวโน้มต่ำลง ขณะที่ปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ ของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี มีแนวโน้มสูงขึ้นและค่อยๆต่ำลงเมื่อส่วนร่วมกับเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น แต่จากการทดสอบและทำการวัดปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ หลายครั้งพบว่าปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ จากแก๊สไอเสียของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก

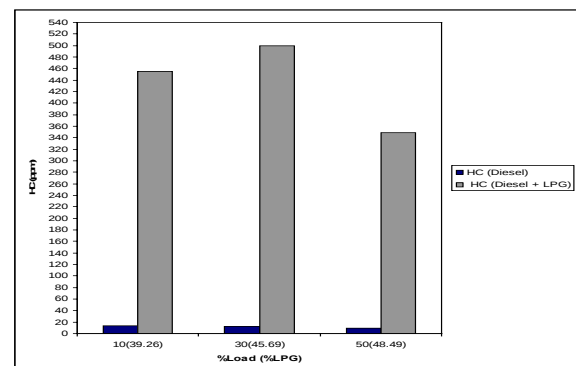
จากการวิเคราะห์พบว่า อัตราการสันเปลี่ยนเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวแต่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้ต่ำกว่ากรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวแสดงว่าแก๊สแอลพีจีที่ฉีดเพิ่มเข้าไปทางท่อร่วมไอดีเผาไหม้ไม่หมดจึงได้แก๊สออกมาในรูปของแก๊ส คาร์บอนมอนนอกไซด์ ค่อนข้างสูงมาก



ภาพประกอบ 10 แสดงกราฟปริมาณแก๊ส NOx จากแก๊สไอเสียที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 10 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส NOx จากแก๊สไอเสียของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นหรืออัตราส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจี เพิ่มขึ้นปริมาณแก๊ส NOx ของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยเฉพาะปริมาณแก๊ส NOx จากแก๊สไอเสียของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี ซึ่งเริ่มต้นเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์ต่ำและอัตราส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจีต่ำ ปริมาณแก๊ส NOx จะต่ำกว่าค่าของน้ำมันดีเซลมาก แต่เมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและอัตราส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจีเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊ส NOx เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงกว่าค่าของน้ำมันดีเซลเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์อยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และที่ส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจี 48.49 เปอร์เซ็นต์

เป็นการยากที่จะวิเคราะห์ว่าแก๊ส NO_x ที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยมาจากที่ใดในกระบอกสูบ เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงและอุณหภูมินั้นเปลี่ยนแปลงตามกันอย่างซับซ้อนมาก ระหว่างช่องของการเกิดการสันดาปในกระบอกสูบที่มีออกซิเจนมาก จะเป็นการสันดาปที่ดี การเผาไหม้จะสมบูรณ์และรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิสูงมาก และที่อุณหภูมิสูงนี้เองจะทำให้เกิดแก๊ส NO_x ในช่วงนี้มาก



ภาพประกอบ 11 แสดงกราฟปริมาณ ไฮโดรคาร์บอน จากแก๊ส
ไอเสียที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด
ไฟฟ้ากระแสสลับครั้งที่ 1,500 rpm

จากภาพประกอบ 11 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน จากแก๊สไอเสียของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและอัตราส่วนร่วมกับแอลพีจี เพิ่มขึ้นปริมาณแก๊ส ไฮโดรคาร์บอน ของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีแนวโน้มต่ำลง แต่ปริมาณแก๊ส ไฮโดรคาร์บอน จากแก๊สไอเสียของน้ำมันดีเซลร่วมกับแก๊สแอลพีจี สูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก เมื่อทำการวัดค่าทดสอบหลายครั้งพบว่า ค่าที่ได้ยังคงเหมือนเดิม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าที่ส่วนร่วมกับแก๊สแอลพีจี เพิ่มขึ้นปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน สูงกว่าน้ำมันดีเซล

จากการวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มขึ้นของแก๊สไฮโดรคาร์บอน เนื่องมาจากหลายสาเหตุเช่นส่วนร่วมกับของอากาศและเชื้อเพลิงที่หาจะสัมผัสผนังเสื้อสูบที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นเหตุให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนและไม่เกิดการเผาไหม้เลย หรืออาจเกิดจากส่วนร่วมกับเบามากเกินไปเปลวไฟจะดับ ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอนมาก หรืออาจเกิดจากน้ำมันเหลือหลังการฉีดของหัวฉีด และส่วนที่เหลือเป็นหยดนี้ไม่สามารถเผาไหม้ต่อไปได้ ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอน หรือเชื้อเพลิงหล่อลื่นในเสื้อสูบและกระบอกสูบเผาไหม้จนเกิดการไหม้ จนทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอน

จากทฤษฎีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงลดลง ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในครั้งนี้

5 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบสรุปได้คือ ที่ภาระโหลดเครื่องยนต์ 50 เปอร์เซ็นต์ ภาระโหลดสูงสุดและสัดส่วนของน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีสูงสุดเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้เป็นปกติ เมื่อใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วมมีสมรรถนะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วมสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้จะต้องดัดแปลงอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยในการฉีดแก๊สแอลพีจีเข้าไปในท่อร่วมไอดีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อช่วยให้ขบวนการเผาไหม้ในห้อง

เผาไหม้เครื่องยนต์ดีขึ้น ไม่เช่นนั้นแล้วจะเป็นการก่อปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนมีปริมาณสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ในโครงการความร่วมมือหลักสูตรปริญญาโท มศว.และ รร.จปร. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกในการจัดหาสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้มาโดยตลอด อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาในการวิจัย เพื่อนเรียนปริญญาโทร่วมรุ่นและเพื่อนร่วมงานที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] มนตรี ทวาโรจน์, "การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล" 2538. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [2] ปกรณ์กิจ ตั้งสมบุรณ์และคณะ, "เครื่องยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล" 2543. ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมศาสตร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศ.
- [3] ลิขิต ไสหนู, "ผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง" 2544. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] อำพล ชื้อตรงและคณะ, "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" 2538.
- [5] เชื้อ ชูชา และคณะ, "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" 2542.
- [6] เสมอขวัญ ดันติกุล, "ปฏิบัติเครื่องยนต์สันดาปภายใน" 2544.
- [7] มนตรี พิรุณเกษตร, "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน" 2544.
- [8] John B. Heywood. "Internal Combustion Engine Fundamental" Singapore McGraw-Hill Book Company. 1988.
- [9] Jay Webster "Small Engines-operation and service" American Technical Publishers, Inc., Chicago, Illinois, 1981.