

การปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มผสม Energy Releases from Combustion of Diesel/Palm Oil Blends

ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท¹ และ สมชาย จันทร์ชานนา
ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์และการเผาไหม้
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถนนสุขสวัสดิ์-48 บางมด กรุงเทพฯ 10140
โทร 02-47080130 E-mail: padipan@hotmail.com¹, somchai.cha@kmutt.ac.th

Padipan Tinprabath¹ and Somchai Chanchaona
Combustion and Engines Research Laboratory (CERL)
Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Suksawad-48 Rd, Bangmod, Bangkok 10140
Tel: 02-47080130 E-mail: padipan@hotmail.com¹, somchai.cha@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอธิบายผลการทดสอบ ด้านสมรรถนะและสารมลพิษ ได้ดำเนินการทดสอบน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดี่ยวแบบฉีดตรง การทดสอบกระทำที่สภาวะความเร็วรอบและภาระงานคงที่ ในการศึกษาต้องการข้อมูลสามประการ กล่าวคือความดันในกระบอกสูบ ความดันน้ำมันในท่อเชื้อเพลิง และความเร็วของการเปิด-ปิดของเข็มน้ำมันในหัวฉีด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาไดอะแกรม Heat Release ระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงผสมพบว่า การเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสมมีผลกระทบให้ตำแหน่งการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเร็วขึ้นเล็กน้อย ช่วง Ignition Delay มีค่าลดลง การปลดปล่อยพลังงานในช่วง Premixed Combustion ของน้ำมันผสมมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่การปลดปล่อยพลังงานในช่วง Mixing-Controlled Combustion ของน้ำมันผสมกลับมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีค่าเพิ่ม และปริมาณควันดำที่มีค่าลดลง

Abstract

Energy releases from combustion process of diesel/palm oil were studied to gain further understanding and use to explain experimental results: engine performance and emissions. Fuels in the study include commercial diesel and various fractions of diesel/palm oil blends. Test engine was DI diesel, single cylinder engine and test conditions were set at constant speed and load.

For each test run, three data i.e. cylinder pressure, fuel line pressure and needle-lift position, were recorded and used for further energy release analysis.

Results from heat release diagrams show that increasing palm oil fraction in the blend slightly accelerates the start of fuel injection, reduces ignition delay period, increases energy releases in premixed combustion phase and reduces energy releases in mixing controlled combustion phase. It is also agreed that increasing palm oil fraction in the blend gives rise to increasing oxides of nitrogen but reducing black smoke in the exhaust.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ได้มีความพยายามส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้เชื้อเพลิงทดแทน โดยเฉพาะมาจากผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ เป็นเชื้อเพลิงเสริมสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ เพื่อลดการสูญเสียเงินตราและสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับประเทศ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ไม่ใช่เป็นเรื่องใหม่แต่มีการค้นคว้าและทดลองมาตั้งแต่ พ.ศ. 2443 โดย Rudolph Diesel ชาวเยอรมัน ได้แสดงการนำน้ำมันถั่วลิสงมาใช้แทนน้ำมันดีเซล แต่เนื่องจากขณะนั้นการนำน้ำมันพืชมาใช้ยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีราคาถูกและต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า แต่เมื่อเกิดวิกฤติน้ำมันของโลก ก็มีการตื่นตัวและพยายามหาเชื้อเพลิงมาแทนน้ำมันดีเซลอีกครั้ง จนกระทั่งวิกฤตผ่านพ้นไป ความสนใจในการวิจัยค้นหา และศึกษาความเหมาะสมในการใช้พลังงานทดแทนลดน้อยลง จนกระทั่งปัจจุบัน ต้นปี พ.ศ. 2544 เกิดวิกฤตน้ำมันขึ้นอีกครั้ง ราคาน้ำมันถีบตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีข้อมูลด้านวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำมันพืชไม่เพียงพอ ที่จะใช้ในการตัดสินใจด้านนโยบาย

¹ แผนกวิชาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ
1381 ถ.พิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทร 02-9132424

พลังงาน รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องยนต์ดีเซลก็มีการเปลี่ยนแปลงไปมากด้วย สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อสมรรถนะ สารมลพิษ และการสึกหรอของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในระยะยาว รวมไปถึงข้อมูลด้าน คุณลักษณะของการเผาไหม้ของน้ำมันพืชที่ใช้แทนน้ำมันดีเซล การปรับปรุงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงทดแทน

คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืช ถ้าพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีจะเห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วมีน้ำหนักโมเลกุลมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันพืชส่วนใหญ่มีค่าความร้อน (Heating Value) ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย (10-15%) สำหรับค่าเลขซีเทน (Cetane no.) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่ง เพราะเป็นตัวบ่งชี้ว่าความสามารถในการจุดระเบิด เอกสารวิจัยส่วนใหญ่ระบุว่าน้ำมันพืชมีค่าเลขซีเทนอยู่ในช่วง 40 - 60 ค่าความหนืดน้ำมันพืชโดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าดีเซลประมาณ 10-20 เท่า ทำให้การฉีดน้ำมันจากหัวฉีดเข้าห้องเผาไหม้ไม่เป็นฝอยละอองดีพอ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับความหนืด มี 3 วิธี คือ ก) ผสมกับน้ำมันดีเซล ข) อุ่นน้ำมันให้ร้อน ค) การทำให้เป็นเอสเทอร์โดยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Transesterification จากทั้ง 3 วิธีการแก้ปัญหาความหนืดของน้ำมันทำให้ความหนืดลดลง 2 – 3 เท่า

2.งานวิจัยที่ผ่านมา

Masjuki และ Supuon [1] ได้ศึกษาการใช้ น้ำมันปาล์มที่ทำเป็นเมธิลเอสเทอร์ หรือเรียกว่า Palm Oil Diesel (POD) ผสมกับน้ำมันพืชในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 ทำการทดลองกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว 4 จังหวะ ขนาดเล็ก โดยใช้เวลาการทดสอบ 30 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบคงที่ พบว่า อัตราส่วนผสมร้อยละ 50 ให้กำลังสูงสุด และผลการวิเคราะห์ห่าน้ำมันหล่อลื่น พบว่า POD สามารถทำหน้าที่เหมือนสารหล่อลื่นได้ ทำให้การสึกหรอเกิดขึ้นน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล

El-Awad และคณะ [2] ได้ศึกษาการใช้ น้ำมันปาล์มดิบ (CPO) เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะ และมลพิษในไอเสีย โดยได้ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 4 สูบ แบบฉีดตรง ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000-3000 rpm น้ำมันที่ใช้มีส่วนผสมของ CPO ร้อยละ 25 / 50 และ 75 ผลการทดสอบเมื่อให้ลิ้นปีกผีเสื้อคงที่แล้วเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 2000 rpm กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไนโตรเจนออกไซด์มีค่าลดลง เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ที่ความเร็วรอบสูงกว่า 2000 rpm กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมมีค่าลดลงเล็กน้อย ในทุกอัตราส่วนผสม ส่วนค่ามลพิษ CO และ NO มีค่าลดลง เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล

Nwafor [3] ได้ศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิของเชื้อเพลิงในด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ น้ำมันพืช ที่ความเร็วรอบคงที่ โดยใช้เครื่องยนต์ 1 สูบ แบบฉีดตรง ทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ ในการทดสอบมีการบันทึกข้อมูลความดันในกระบอกสูบ ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ เมื่อไม่อุ่นเชื้อเพลิงพบว่า น้ำมันพืชให้ความดันสูงสุดในกระบอกสูบมากกว่าน้ำมันดีเซลและช่วงความล่าช้าของการจุดระเบิดลดลงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของน้ำมันดีเซลและน้ำมันพืช มีค่าใกล้เคียงกันที่ภาระงานต่ำ และการ

ใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงมีค่า BSFC สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเมื่อภาระงานสูง เมื่ออุ่นเชื้อเพลิงพบว่า ความดันสูงสุดในกระบอกสูบมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันพืชมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลที่ภาระงานต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกันที่ภาระงานสูง

Bari และคณะ [4] ได้ศึกษาผลกระทบของการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) ต่อสมรรถนะ คุณลักษณะการเผาไหม้ และมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 1 สูบ แบบฉีดตรง ทดสอบที่ภาระร้อยละ 55 ของภาระสูงสุด ในการทดสอบมีการบันทึกค่าของความดันในกระบอกสูบ ผลการทดสอบด้านคุณลักษณะการเผาไหม้พบว่า การอุ่นน้ำมันปาล์มดิบ สามารถสร้างความดันสูงสุดได้มากขึ้นร้อยละ 6 และช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดลดลง 2.6 องศา และช่วงการเผาไหม้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ค่าการปลดปล่อยความร้อนรวมต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ การใช้ น้ำมันดีเซล ส่วนผลการทดสอบด้านมลพิษ ทุกภาระงาน การเผาไหม้น้ำมันปาล์มดิบทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.3

จากงานวิจัยที่นำมาส่วนใหญ่มักเน้น การทดสอบหาค่าสมรรถนะ และมลพิษในไอเสีย ยังมีผลงานจำนวนน้อยมากที่วิจัยถึงคุณลักษณะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์อย่างละเอียด ที่สามารถตอบคำถามว่าเหตุใด เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นหรือลดลง ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และควันท่อควมมีค่าลดลงหรือเพิ่มขึ้น และด้วยสาเหตุใด ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์และการเผาไหม้ มจร ได้ตระหนักถึงปัญหานี้ จึงได้นำน้ำมันปาล์มมาผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อศึกษาการปลดปล่อยความร้อน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล ที่ช่วยตอบคำถามและอธิบายถึงผลการใช้น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลได้

3.การวิเคราะห์การปลดปล่อยพลังงาน

การวิเคราะห์การปลดปล่อยความร้อน (Heat Release, HR) หรือการปลดปล่อยพลังงาน (Energy Release) ก็คืออัตราที่พลังงานเคมีปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการเผาไหม้ สามารถคำนวณได้โดยใช้กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ในกรณีนี้ไม่คิดการสูญเสียจาก Crevice volumes ในร่องแหวนและช่องเล็กๆ วิเคราะห์การเผาไหม้เป็นแบบหนึ่งโซน มีสมการการคำนวณดังนี้ [8]

$$\frac{dQ_n}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{PdV}{dt} + \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{Vdp}{dt} - \frac{dQ_{ht}}{dt} \quad (1)$$

เมื่อ

Q_n = ความร้อนที่ปลดปล่อย (J)

γ = อัตราส่วนของความร้อนจำเพาะ

P = ความดันในกระบอกสูบ (Pa)

V = ปริมาตรกระบอกสูบ (m^3)

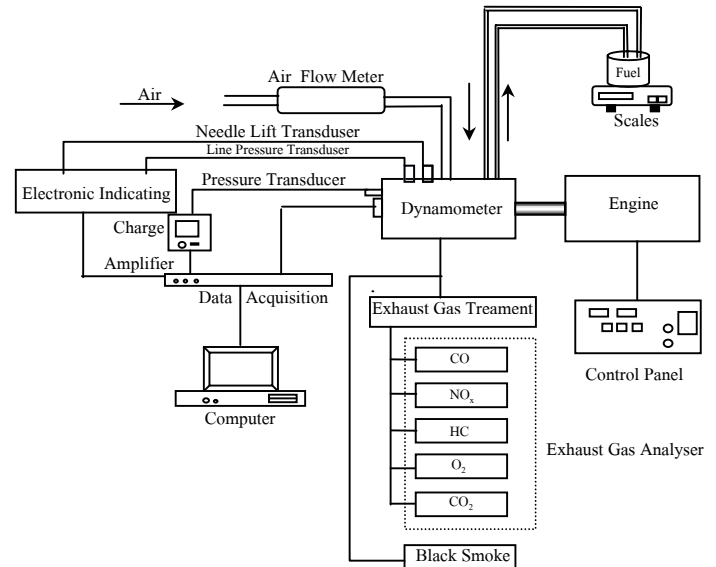
Q_{ht} = ความร้อนที่สูญเสียไปยังผนังกระบอกสูบ (J)

การคำนวณการปลดปล่อยพลังงานโดยใช้สมการข้างต้น สามารถกระทำได้โดยจะต้องทราบข้อมูลความดันในกระบอกสูบ ซึ่งความดันที่สูญเสียไปยังผนังกระบอกสูบสามารถหาได้โดยใช้วิธีของ Woschini [5]

4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ศึกษา

การทดสอบใช้เครื่องยนต์ดีเซลสี่สูบขนาด 2500 ซีซี ซึ่งได้ดัดแปลงให้ทำงานเพียงหนึ่งสูบสำหรับการทดสอบนี้ โดยรายละเอียดของเครื่องยนต์ดังแสดงในตารางที่ 1 และเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบมี 5 ชนิดคือ น้ำมันดีเซล 100 % น้ำมันดีเซล 95 % ผสมน้ำมันปาล์มดิบ 5 % น้ำมันดีเซล 90 % ผสมน้ำมันปาล์มดิบ 10 % น้ำมันดีเซล 85 % ผสมน้ำมันปาล์มดิบ 15 % และน้ำมันปาล์มโอเลอิน 100 % โดยใช้รหัสว่า D100 B5 B10 B15 และ PO100 ตามลำดับ

การทดสอบกระทำโดยการติดตั้งเครื่องยนต์กับไดนาโมมิเตอร์ แบบ Eddy Current การวิเคราะห์การปลดปล่อยพลังงานได้จากข้อมูลความดันในกระบอกสูบ ความดันในห้องน้ำมันเชื้อเพลิง และระยะยกของเข็มน้ำมันในหัวฉีด ซึ่งการบันทึกข้อมูลกระทำที่ทุกๆ 0.1 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง เป็นจำนวน 120 ไซเคิล เครื่องมือวัดค่าต่างๆ ประกอบด้วย Piezo-electric Pressure Transducer, Strain Gauge Pressure Transducer, Needle Lift Transducer, Charge Amplifier, Shaft Encoder, High Speed Data Acquisition และอุปกรณ์วิเคราะห์ห้องค์ประกอบไอเสีย ประกอบด้วย เครื่องวิเคราะห์ออกไซด์ของไนโตรเจน



รูปที่ 1 ไดอะแกรมการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ

(Signal Model 4000A, Chemiluminescent) ไฮโดรคาร์บอน (Signal Model 3000, Flame Ionization Detector) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Servomex Model 1490, NDIR) และอุปกรณ์วิเคราะห์ควันดำ (Bosch Smoke Meter) ไดอะแกรมการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 1

5. วิธีการทดสอบ

การทดสอบกระทำที่สภาวะความเร็วรอบคงที่ 2000 rpm อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น 78 °C โดยการทดสอบเพื่อศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ ทดสอบที่ภาระงานร้อยละ 35 และ 85 ของภาระงานสูงสุด ส่วนการทดสอบเพื่อศึกษา สมรรถนะและสารมลพิษไอเสีย การทดสอบได้กระทำที่ Equivalence Ratio ในช่วง 0.40 - 0.90

6. ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์อัตราการผลิตปล่อยพลังงาน

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างข้อมูลความดันในกระบอกสูบ ความดันในห้องน้ำมัน และระยะยกของเข็มน้ำมันในหัวฉีดที่มุมเพลลาข้อเหวี่ยงต่างๆเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสาม ถือว่าเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยพลังงานรูปที่ 3 และ 4 แสดงค่าความดันเชื้อเพลิงและระยะยกเข็มหัวฉีด ที่มุมเพลลาข้อเหวี่ยงต่างๆ โดยที่สภาวะการทดสอบอยู่ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm ภาระงานร้อยละ 85 พบว่าความดันในห้องน้ำมันประมาณ 120 bar เป็นจังหวะการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง นอกจากนั้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์ม มีผลให้จังหวะการฉีดเชื้อเพลิงเกิดได้เร็วขึ้น เชื่อว่ามีผลกระทบมาจากค่าความหนาแน่นของน้ำมันผสมที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการอัดตัวยากกว่า จังหวะการฉีดน้ำมันผสม จึงเกิดขึ้นก่อนน้ำมันดีเซลเล็กน้อย (ประมาณ 0.4 - 1.7 องศา)

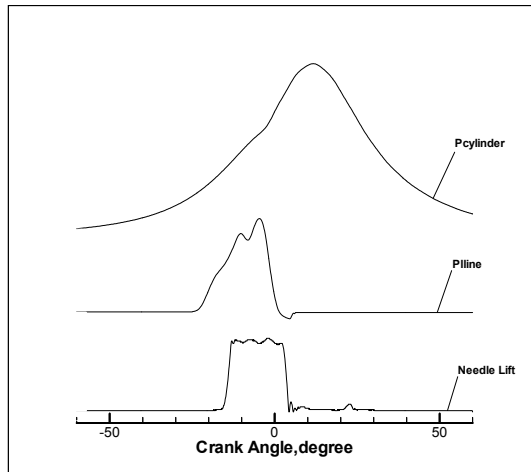
เมื่อพิจารณารูปที่ 5 พบว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม ในปริมาณต่างๆ และน้ำมันปาล์มโอเลอิน พบว่าเมื่อทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 rpm ภาระงานร้อยละ 85 ค่าความดันสูงสุดในกระบอกสูบมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 68.4 bar เป็น 70.4 / 71.5 / 72.3 และ 74.1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

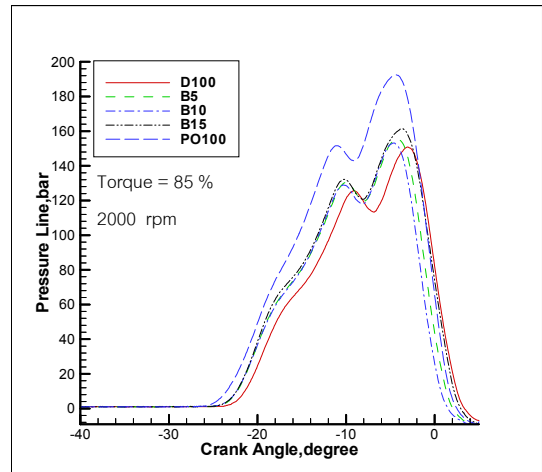
เครื่องยนต์	ISUZU model 4JA1
ปริมาตรกระบอกสูบ	4 จังหวะ แบบ Direct Injection
จำนวนกระบอกสูบ	625 ซีซี
กระบอกสูบ x ระยะชัก	1 สูบ
อัตราส่วนการอัด	92 มม. X 92 มม.
กำลังสูงสุด	18.4 : 1
แรงบิดสูงสุด	16.2 kW
จังหวะการฉีดเชื้อเพลิง	43 N-m
	12 องศา BTDC

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

คุณสมบัติ	D100	B5	B10	B15	PO100
Specific gravity @ 40 C	0.812	0.824	0.828	0.832	0.896
Kinematic viscosity, @ 40 C cSt	3.437	3.679	3.916	4.245	33.595
HHV, MJ/kg	45.65	45.48	45.16	44.99	39.52
C, %	86.30	86.04	85.74	85.20	76.20
H, %	12.99	12.88	12.81	12.49	11.75
O, %	0.00	0.29	1.03	1.90	10.80
Remainder, %	0.71	0.79	0.42	0.41	1.25
Cetane Number	54.9	53.7	53.5	53.1	62.0



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของความดันในกระบอกสูบ ความดันในท่อน้ำมัน และระยะยกของเข็มน้ำมันในหัวฉีด



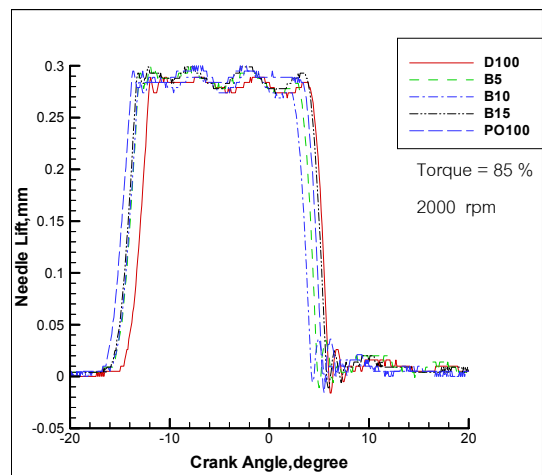
รูปที่ 3 ความดันในท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

bar (เพิ่มขึ้น 2.6 – 5.6 %) และค่าความดันสูงสุดเกิดขึ้นที่มุมเพลลาข้อเหวี่ยง 12.4 / 10.9 / 10.5 / 10.3 และ 10.0 องศาหลังศูนย์กลางตายบนตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มให้มากขึ้น ค่าความดันสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น และตำแหน่งที่เกิดความดันสูงสุดขยับเข้าใกล้จุดศูนย์กลางตายบนมากขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าความดันยังผลเฉลี่ยแบบอินดิเคเตอร์ (IMEP) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 769 kPa เป็น 774 / 782 / 795 และ 782 kPa ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้น 0.6 – 3.4 % ทั้งนี้เชื่อว่าเป็นผลกระทบจากการ เพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์ม เข้าไปในน้ำมันผสม ทำให้องค์ประกอบเชื้อเพลิงมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น [4] ช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นความหนาแน่นของเชื้อเพลิงผสม มีค่ามากขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์ม อาจมีผลให้การฉีดแต่ละครั้งมีมวลเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย

7. ผลการศึกษาการปลดปล่อยพลังงาน

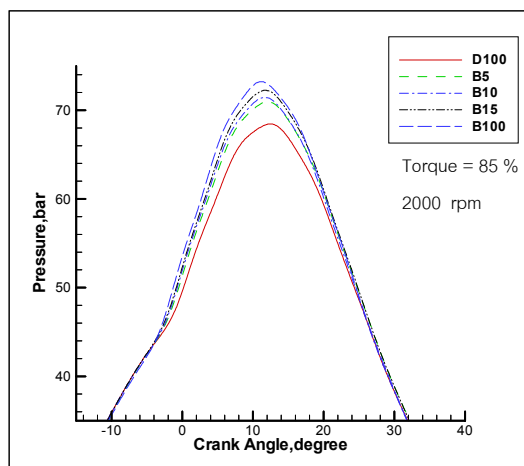
การปลดปล่อยพลังงาน เป็นสิ่งสำคัญในการศึกษากระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด สามารถอธิบายรายละเอียดของการเผาไหม้ได้ ในกรณีนี้ใช้สมการที่ 1 ในการวิเคราะห์โดยทำการเก็บข้อมูลความดันในกระบอกสูบ ทุกๆ 0.1 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยพลังงาน

รูปที่ 6 และรูปที่ 7 แสดงอัตราการปลดปล่อยพลังงาน ของเชื้อเพลิงทั้งห้าชนิด โดยทดสอบที่ภาระงานร้อยละ 85 พบว่าตำแหน่งของการเริ่มปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงผสม เกิดขึ้นก่อนเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสม พบว่าตำแหน่งการเริ่มปลดปล่อยความร้อนเกิดขึ้นก่อน ตามลำดับการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนน้ำมันปาล์มและเกิดเร็วที่สุดในกรณีที่ใช้ น้ำมันปาล์มโอเลอิน เชื่อว่า ความรวดเร็วของการเริ่มปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงผสม สาเหตุสำคัญมาจากเชื้อเพลิงผสม มีค่าความหนืดและความหนาแน่น ที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้เข็มหัวฉีดถูกยกตัวได้ก่อน จึงเกิดการฉีดเชื้อเพลิงก่อน และเกิดการเผาไหม้ได้ก่อนนั่นเอง อย่างไรก็ตามจะต้องทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของช่วง Ignition delay ประกอบด้วย

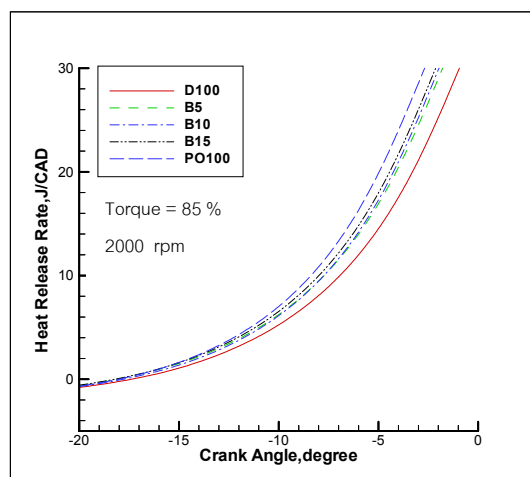


รูปที่ 4 ระยะยกของเข็มน้ำมันในหัวฉีด

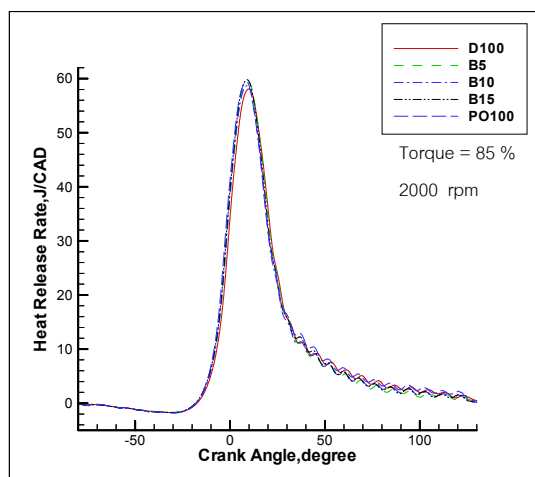
การวิเคราะห์ช่วง Ignition Delay ของการเผาไหม้จากข้อมูลในรูปที่ 3, 4, 6 และ 7 พบว่าช่วง Ignition Delay (หน่วยเป็นองศาเพลลาข้อเหวี่ยง) มีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มที่ใส่เพิ่มในเชื้อเพลิงผสม โดยช่วง Ignition Delay เปลี่ยนแปลงไปจาก 12.5 องศา สำหรับน้ำมันดีเซลเป็น 12.1 / 12.0 / 11.3 และ 11.0 องศา ตามลำดับนอกจากนั้นข้อมูลในรูปที่ 6 ยังชี้ให้เห็นปริมาณการปลดปล่อยพลังงานในช่วง Premixed Combustion มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันปาล์มที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเป็น 1375 J สำหรับน้ำมันดีเซล และเพิ่มเป็น 1409 J 1451 J 1461 J และ 1592 J ตามลำดับ ส่วนปริมาณการปลดปล่อยพลังงานในช่วง Mixing Controlled Combustion มีค่าลดลงโดยมีค่าเป็น 12,875 J สำหรับน้ำมันดีเซล และเพิ่มเป็น 12,767 J 12,599 J 12,527 J และ 12,342 J ตามลำดับ การเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณการปลดปล่อยพลังงานในช่วง Premixed Combustion เพิ่มขึ้น (ถึงแม้ช่วง Ignition delay มีค่าน้อยลงก็ตาม) เชื่อว่ามีสาเหตุมาจากค่าความหนาแน่น (มวลของเชื้อเพลิง) และปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นในเชื้อเพลิงผสมนั่นเอง ในช่วง Mixing Controlled Combustion การปลด



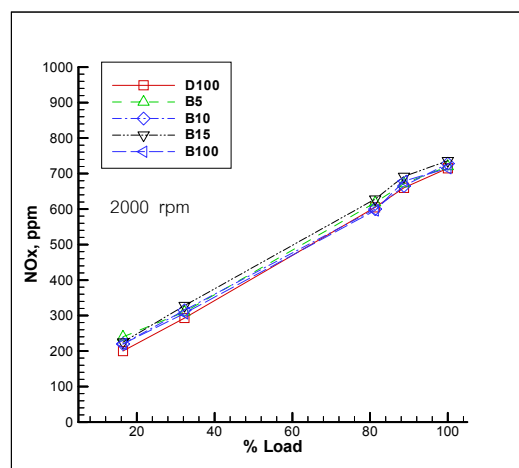
รูปที่ 5 ความดันในกระบอกสูบของไซเคิลเฉลี่ยกับมุมเพลาช้อเหวี่ยง ที่รอบ 2000 rpm แรงบิด เท่ากับ 85 % ช่วง -12 ถึง 40 มุมเพลาช้อเหวี่ยง



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการปลดปล่อยความร้อน กับมุมเพลาช้อเหวี่ยง ที่แรงบิด เท่ากับ 85 % ช่วง -20 ถึง 0 มุมเพลาช้อเหวี่ยง



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการปลดปล่อยความร้อน กับมุมเพลาช้อเหวี่ยง ที่แรงบิด เท่ากับ 85 %



รูปที่ 8 ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ

ปล่อยพลังงานมีค่าลดลง ตามลำดับ เชื่อว่าเนื่องจากมวลเชื้อเพลิงผสม ที่เหลืออยู่มีปริมาณลดลงนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษจากแหล่งอื่น ๆ [2, 3, 4]

8. ผลการศึกษาด้านสมรรถนะ และสารมลพิษ

กำลังของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และเชื้อเพลิงผสม และน้ำมันปาล์มโอเลอิน พบว่าการเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสมช่วยให้กำลังเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้น 2 - 6 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [11, 13] อย่างไรก็ตามการเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันปาล์มทำให้ค่า BSFC ของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 5 - 9 % ตามลำดับ เนื่องจากค่า Heating Value ที่มีค่าลดน้อยลงนั่นเอง

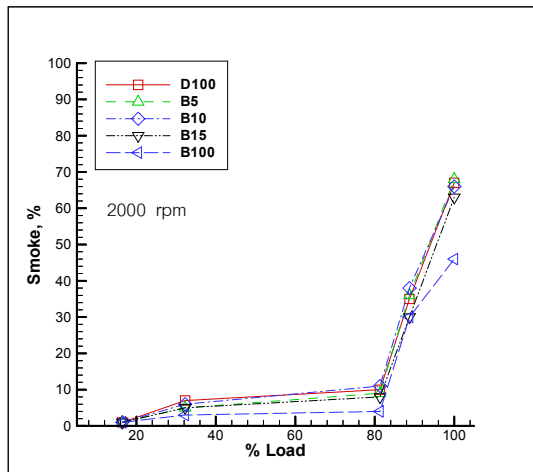
เมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสม ทำให้ความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจนในไอเสียมีค่าเพิ่มขึ้นตามภาระงาน ดังแสดง

ในรูปที่ 8 ที่ภาระงานสูงสุดพบว่า ออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนผสม กล่าวคือ 715 / 720 / 728 และ 736 ppm ส่วนในกรณีของน้ำมันปาล์มโอเลอินมีค่าเป็น 715 ppm โดยค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 5 - 8 %

สำหรับปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์พบว่าที่ภาระงานน้อยกว่า 60 % คาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดขึ้นน้อย ไม่เกิน 0.1 % ที่ภาระงาน 85 และ 100 % คาร์บอนมอนนอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.63 และ 0.70 % ตามลำดับ

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด พบว่าปริมาณของไฮโดรคาร์บอนเกิดขึ้นน้อยมาก ไม่ว่าเป็นเชื้อเพลิงใด ในการศึกษา HC มีค่าต่ำกว่า 45 ppm

รูปที่ 9 แสดงปริมาณควันดำของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่างๆ พบว่าที่ภาระงานต่ำกว่า 60 % มีปริมาณควันดำไม่เกิน 10 % และที่



รูปที่ 9 ปริมาณควันดำที่ตำแหน่งภาระงานต่างๆ

ภาระงานสูงสุดน้ำมันดีเซลก่อให้เกิดควันดำมากที่สุด (ประมาณ 65 %) เมื่อเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสม ปริมาณควันดำลดลงเป็น 64 / 63 / 61 % ตามลำดับ ส่วนน้ำมันโอเลอิน ทำให้เกิดควันดำน้อยที่สุด (ประมาณ 44 %)

การวิเคราะห์การปลดปล่อยพลังงาน สามารถชี้ให้เห็นได้ว่า ช่วง Premixed Combustion มีการปลดปล่อยพลังงานเพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์ม ดังนั้นปริมาณ NO_x ย่อมมีค่าเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันช่วง Mixing Controlled Combustion มีการปลดปล่อยพลังงานลดลง เนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในช่วงนี้มีค่าน้อยลง ดังนั้นปริมาณควันดำที่เกิดขึ้นย่อมมีค่าลดลงไปด้วย

9.สรุป

การศึกษาการปลดปล่อยพลังงาน และมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ส่วนผสมน้ำมันปาล์ม โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบคือ น้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบ 5 / 10 / 15 % และน้ำมันปาล์มโอเลอินสามารถสรุป ได้ดังนี้

1. การเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสม ทำให้ความดันสูงสุดในกระบอกสูบมีค่าเพิ่มขึ้น 2.6 — 5.6 % ค่า IMEP มีค่าเพิ่มขึ้น 0.6 — 3.4 %
2. การเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสม ทำให้ตำแหน่งการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเปลี่ยนไป โดยเชื้อเพลิงเริ่มฉีดเร็วขึ้นประมาณ 0.4 — 1.7 องศาเฟลาซอเหวี่ยง
3. การเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสม ทำให้ช่วง Ignition delay มีค่าลดลงจาก 0.1 — 1.2 องศาเฟลาซอเหวี่ยง ปริมาณการปลดปล่อยพลังงานในช่วง Premixed Combustion มีค่าเพิ่มขึ้น 3.6 — 7.4 % และปริมาณการปลดปล่อยพลังงานช่วง Mixing Controlled Combustion มีค่าลดลง 1.0 — 4.9 %
4. การเพิ่มสัดส่วนน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงผสมทำให้ปริมาณ ออกไซด์ของไนโตรเจน มีค่าเพิ่มขึ้น 5 — 8 % และปริมาณควันดำมีค่าลดลง 1 - 21 %

10.กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ที่ได้สนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยนี้ นอกจากนั้นขอขอบคุณนักวิจัยของห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์และการเผาไหม้ ทุกท่าน ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Masjuki, H.H. and Supuon, M.S., 1995, “Performance and Wear Analysis of Small Diesel Engine Filled by Oil Blend”, **Energy Conference Training Program**, July, Malaysia.
- [2] El-Awad, M.M., et al, 1999, “Crude Palm Oil As Fuel Extender”, **Proceedings of the World Renewable Energy Congress**, October, Malaysia, 7 p.
- [3] Nwafor, O.M.I., 2002, “The Effect of Elevated Fuel Inlet Temperature on Performance of Diesel Engine Running on Neat Vegetable Oil at Constant Speed Conditions”, **Renewable Energy**, Vol. 431, No. 2003-1846, pp. 171-181.
- [4] Bari,S., Lim, T.H. and Yu, C.W.,2002, “Effects of Preheating of Crude Palm Oil (CPO) on Injection System Performance and Emission of a Diesel Engines, **Renewable Energy**, Vol. 27, pp. 339-351.
- [5] Woschni, G., 1967, “Heat Transfer Coefficient in the Internal Combustion Engine”, **SAE Paper**, No. 670931.
- [6] Egnell, R., 1999, “A Simple Approach to Studying the Relation between Fuel Rate Heat Release Rate and NO Formation in Diesel Engines”, **SAE Paper**, No.1999-01- 3548.
- [7] Chitsomboon, T., 2001, ”Opportunity and Problem in Using Vegetable Oil as Diesel Fuel Substitute in Thailand”, **15th National Mechanical Engineering Network Conference**, October, Sinakarinviroj University, Bangkok.
- [8] Heywood, J.B., 1988, **Internal Combustion Engine Fundamentals**, New York, McGraw Hill, pp. 383 — 385.