รายงานการวิจัยเรื่อง	ศึกษาการใช้เอทานอล-ปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด
หัวหน้าโครงการวิจัย	ผศ.ดร.ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์
ผู้ร่วมโครงการวิจัย	รศ.ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง
	นายไพบูลย์ เสถียรรัมย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีงบประมาณ	2560
งบประมาณที่ได้รับ	300,000. - บาท
คำสำคัญ	สมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์, เอทานอล, ระบบเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์CI

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลกระทบของปริมาณการฉีดเอทานอลในส่วนผสมล่วงหน้าต่อสมรรถนะและมลพิษในไอเสีย เมื่อใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วม เอทานอลบริสุทธิ์ร้อยละ99.8 เป็นเชื้อเพลิงฉีดล่วงหน้าและปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงฉีดนำการจุดระเบิด ทำการทดลองกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง ติดตั้งหัวฉีดเอทานอลที่ท่อไอดีตำแหน่งก่อนถึงวาล์วไอดี 10 cm เริ่มต้นฉีดเอทานอลที่ตำแหน่ง 30-210 °CA หลังศูนย์ตายบน (ATDC) ปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3 ระดับ คือ 1,200 1,500 และ 1,800 rpm ปรับความดันยังผลเฉลี่ยเบรก (BMEP) 6 ระดับ คือ 0, 143.2, 286.5, 429.7, 572.9 และ 716.2 kPa อัตราส่วนทางความร้อนของเอทานอลต่อเชื้อเพลิงรวม (rp) คือ 0-0.85 อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงรวม (Ø) คือ 0.15-0.5

ตัวแปรในการทดลองด้านสมรรถนะคือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก (BSEC) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_{th}) ตัวแปรในการทดลองด้านมลพิษไอเสีย คือ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

พิจารณาผลการทดลองที่ rp ในช่วง 0.491-0.717 เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1,200-1,800 rpm และ BMEP 716.2 kPa พบว่า BSEC ลดลงร้อยละ 47.86-49.75 η_{th} เพิ่มขึ้นร้อยละ 91.33 ถึง 101.18 ผลกระทบต่อมลพิษไอเสียพบว่า HC เพิ่มขึ้นจาก 0 ppm เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เป็น 90-373 ppm เมื่อเป็นระบบเชื้อเพลิงร่วม และ CO เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.56-475 แต่ CO_2 ลดลงร้อยละ3.5-44.04 ขณะที่ NO_x ลดลง เหลือ 0 ppm

Study of ethanol-palm biodiesel as dual fueled in a compression ignition engine
Head of Project Asst.Prof.Dr. Prachasanti Thaiyasuit
Co-researchers Assoc.Prof.Dr. Kulachate Pianthong
Mr. Mr.Paiboon Satianrum
Faculty of Engineering Ubon Ratchathani University
In Finance Year 2017 for 300,000.- Baht
Keyword Engine Performance and Emission, Ethanol, Dual fuel in CI engine

Abstract

This research investigated the effect of ethanol injection in the pre-mixed ratio to performances and exhaust emissions. The advance injection fuel was 99.8% pure ethanol and palm biodiesel was used as ignition fuel in the dual fuel operation. The experimental research operated on a direct injection single cylinder diesel engine. The ethanol injector was equipped at 10 cm before the intake valve. The ethanol was injected at 30 to 210 crank angle degree after top dead center (ATDC). The engine speed was adjusted at 3 levels (1200, 1500, and 1800 rpm) and the break mean effective pressure (BMEP) was regulated at 6 levels (0, 143.2, 286.5, 429.7, 572.9, and 716.2 kPa). The heating value ratio of the ethanol to the overall total fuels (rp) was 0-0.85. The equivalence ratio of total fuels (ø) was 0.15-0.5.

In the performance test, the experimental parameters investigated were brake specific energy consumption (BSEC) and brake thermal efficiency (η_{th}). The exhaust emissions, the parameters were hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), and nitrogen oxide (NO_x).

The results of of ethanol-palm biodiesel as dual fueled at rp in the range of 0.491 to 0.717 was compared between diesel oil at 1200 to 1800 rpm of engine speed and 716.2 kPa of BMEP. The comparison showed that the BSEC decreased 47.86-49.75%, η_{th} increased 91.33-101.18%. The effects of combustion on the exhaust emissions were that HC increased from 0 ppm in diesel mode to 90-373 ppm in dual mode, CO increased 5.56-475%, CO_2 decreased 3.5-44.04%, and NO_x was 0 ppm.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ รวมทั้งการจัดทำรูปเล่มรายงานการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณนักศึกษาผู้ช่วยงานวิจัย ที่ช่วยทำการทดลอง อย่างขะมักเขม้นตลอดระยะในการทำวิจัยที่ผ่านมา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และการวิจัยในครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุน จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อทำการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะผู้วิจัย
กันยายน 2560

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญภาพ ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 น้ำมันดีเซล 4
2.2 ปาล์มไบโอดีเซล 5
2.3 เอทานอล 8
2.4 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 10
2.5 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเชื้อเพลิงร่วม 13
2.6 การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเชื้อเพลิงร่วม 15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีวิจัย 24
3.1 อุปกรณ์การทดลอง 24
3.2 ระบบฉีดเอทานอล 29
3.3 เชื้อเพลิงสำหรับการทดลอง 36
3.4 ตัวแปรในการคำนวณและการวัดค่าในกรทดลอง 36
3.5 วิธีการทดลอง 39
3.6 ข้อจำกัดในการศึกษา 41
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 42
4.1 การใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 42
4.2 การใช้ปาล์มไบโอดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 45
4.3 การใช้เอทานอลและปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย 64
5.1 ผลต่อสมรรถนะและมลพิษเมื่อใช้น้ำมันดีเซล 64
5.2 ผลต่อสมรรถนะและมลพิษเมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซล 65
5.3 ผลต่อสมรรถนะและมลพิษในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอล และปาล์มไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วม 66
เอกสารอ้างอิง 67

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบต่อสมรรถนะ และคุณลักษณะในการเผาไหม้ 22
ตารางที่ 2.2 สรุปผลกระทบต่อมลภาวะไอเสีย 23
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ 25
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลจำเพาะเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย รุ่น HM 5000 26
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำเพาะแก๊สไอเสียที่วัดได้จากเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย รุ่น HM 5000 26
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดจำเพาะของชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ 29
ตารางที่ 3.5 ระยะเวลาฉีดเอทานอล ที่ 1,200 rpm BMEP 0-716.2 kPa แปรผัน rp 30
ตารางที่ 3.6 ระยะเวลาฉีดเอทานอล ที่ 1,500 rpm BMEP 0-716.2 kPa แปรผัน rp 31
ตารางที่ 3.7 ระยะเวลาฉีดเอทานอล ที่ 1,800 rpm BMEP 0-716.2 kPa แปรผัน rp 32
ตารางที่ 3.8 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันดีเซล เอทานอลและปาล์มไบโอดีเซล 36
ตารางที่ 3.9 อัตราส่วนความดันตกคร่อมออริฟิซ และสัมประสิทธิ์ของของไหลที่อัดตัวได้ 38
ตารางที่ 4.1 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เมื่อใช้น้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 42
ตารางที่ 4.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 46
ตารางที่ 4.3 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เปรียบเทียบปาล์มไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 48
ตารางที่ 4.4 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เชื้อเพลิงร่วมเอทานอลปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 52
ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกและการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เชื้อเพลิงร่วมเอทานอลปาล์มไบโอดีเซล เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 58

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 รูปแบบและปริมาณการนำเอทานอลมาใช้ร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิง 1
ภาพที่ 2.1 ต้นปาล์มน้ำมันและผลปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล 5
ภาพที่ 2.2 การผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาเอสเตอร์ริฟิเคชัน 5
ภาพที่ 2.3 การผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานเอสเตอร์ริฟิเคชั่น 6
ภาพที่ 2.4 แผนภาพกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทกากน้ำตาล เซลลูโลส แป้ง 9
ภาพที่ 2.5 การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยการอัด 11
ภาพที่ 2.6 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง 12
ภาพที่ 2.7 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ก) ห้องเผาไหม้ก่อนไหลวน (ข) ห้องเผาไหม้ก่อนปั่นป่วน 13
ภาพที่ 2.8 กราฟระหว่างความดันและปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะนำไอดีเข้าโดยธรรมชาติ 15
ภาพที่ 2.9 หลักการทำงานของไดนาโมมิเตอร์ 16
ภาพที่ 3.1 แผนผังชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 24
ภาพที่ 3.2 เครื่องยนต์ทดลอง 25
ภาพที่ 3.3 เครื่องวัดและวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น HM 5000 25
ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 27
ภาพที่ 3.5 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเอทานอล 27
ภาพที่ 3.6 ถังพักอากาศ 95 ลิตร และ Round nozzle OD 80 ID 18 mm ค่าสัมประสิทธิ์การไหล 0.822 มาโนมิเตอร์รุ่น WO-80 ช่วงการวัด 100 mmH_2O วัดละเอียด 0.1 mmH_2O 28
ภาพที่ 3.7 ไดนาโมมิเตอร์ 28
ภาพที่ 3.8 ตัวแปรที่ตั้งค่าไว้ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ในการทดลอง 29
ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งวาล์วไอดี ไอเสีย หัวฉีดและหัววัดความดัน 30
ภาพที่ 3.10 เซ็นเซอร์และวงจรภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งวาล์วไอดีวาล์วไอเสีย 33
ภาพที่ 3.11 แผงวงจรติดตั้ง Chip No. A 1302 KUA เพื่อประมวลสัญญาณจากสวิทช์แม่เหล็ก 33
ภาพที่ 3.12 กล่องควบคุม ภายในประกอบด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรประมวลสัญญาณ 34
ภาพที่ 3.13 คำสั่งตั้งเวลาในการฉีดกำหนดด้วยโปรแกรม MPLAB X IDE V 2.10 34
ภาพที่ 3.14 ปั๊มส่งและถังพักเอทานอล 35
ภาพที่ 3.15 สายส่งเอทานอล 35
ภาพที่ 3.16 หัวฉีดเอทานอล และลักษณะการฉีดละอองฝอย 36
ภาพที่ 3.17 แผนผังติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลและปาล์มไบโอดีเซล 39
ภาพที่ 4.1 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผันค่า BMEP 43
ภาพที่ 4.2 คาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 44

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.3 คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 44
ภาพที่ 4.4 ไนโตรเจนออกไซด์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 45
ภาพที่ 4.5 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 46
ภาพที่ 4.6 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เปรียบเทียบปาล์มไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 47
ภาพที่ 4.7 คาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 49
ภาพที่ 4.8 คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 49
ภาพที่ 4.9 ไนโตรเจนออกไซด์ เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน BMEP 50
ภาพที่ 4.10 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก เชื้อเพลิงร่วมเอทานอลปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 54
ภาพที่ 4.11 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก เชื้อเพลิงร่วมเอทานอลปาล์มไบโอดีเซล BMEP คงที่ ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน rp 55
ภาพที่ 4.12 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เชื้อเพลิงร่วมเอทานอลปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 56
ภาพที่ 4.13 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เชื้อเพลิงร่วมเอทานอลปาล์มไบโอดีเซล BMEP คงที่ ความเร็วรอบคงที่ แปรผัน rp 57
ภาพที่ 4.14 ปริมาณไฮโดรคาร์บอน เชื้อเพลิงร่วมเอทานอล ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 60
ภาพที่ 4.15 คาร์บอนมอนอกไซด์ เชื้อเพลิงร่วมเอทานอล ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 61
ภาพที่ 4.16 คาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงร่วมเอทานอล ปาล์มไบโอดีเซล ความเร็วรอบคงที่ BMEP คงที่ แปรผัน rp 62