การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17
15–17 ตุลาคม 2546 จังหวัดปราจีนบุรี

การใช้น้ำมันชีวภาพที่สกัดจากกากของเสียในเครื่องยนต์ดีเซล

USING OF WASTE EXTRACTED BIO FUEL IN A DIESEL ENGINE

กฤษณ์ เรืองพยุงศักดิ์ จารุวัตร เจริญสุข
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทร 0-2326-4197 ต่อ 104 โทรสาร 0-2326-9053 E-mail : kcjarruw@kmitl.ac.th

Krit Ruengpayungsak Jarruwat Charoensuk
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering. King Mongkut's University of Technology Lardkrabang
3 Chalongkrung Rd. Lardkrabang Bangkok 10520
Tel: 0-2326-4197 Ext. 104 Fax: 0-2326-9053 E-mail : kcjarruw@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานมีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นทุกปีและเป็นพลังงานประเภทที่ใช้แล้วหมดไปจึงจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานทดแทน น้ำมันชีวภาพสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไปได้กำลังได้รับการสนับสนุนจากกรมควบคุมมลพิษและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยร่วมกันพัฒนาเครื่องแปรรูปกากตะกอนของเสียที่ได้จากโรงบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมให้เป็นน้ำมันชีวภาพ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการทดลองใช้น้ำมันชีวภาพกับเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 7.7 กิโลวัตต์ 1 กระบอกสูบ เป็นเครื่องยนต์ที่ผลิตจากโรงงานโดยไม่ได้ปรับแต่งแก้ไข โดยทำการศึกษาการใช้น้ำมันชีวภาพโดยตรง และศึกษาส่วนผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันชีวภาพที่มีผลต่อสมรรถนะ ได้แก่ แรงบิดเครื่องยนต์ กำลังเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และค่าควันดำของไอเสีย จากการทดลอง ผลปรากฏว่า เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างปกติ แรงบิดเครื่องยนต์ และกำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนผสม และทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันชีวภาพ หากแต่พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และค่าควันดำของไอเสียสูงขึ้น เมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันชีวภาพ

Abstract

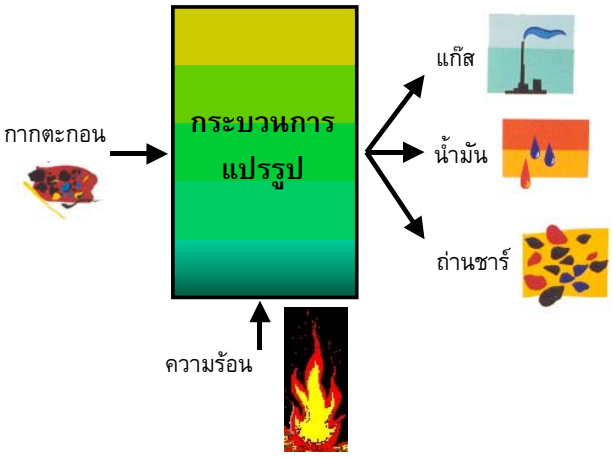
In this paper the bio fuel developed by joined corporation between the Pollution Control Department and Mahanakorn University of Technology was used as an alternative energy resource for a genuine 7.7 kilowatts- single cylinder small diesel engine. Various compositions between conventional and alternative fuels were employed ranging from 0 to 100 % of bio fuel. Engine performances such as torque, power, specific fuel consumption smoke and exhaust gas temperature were investigated at various engine speed. The results suggested a stable engine performance with bio fuel as well as higher torque and power output due to higher specific fuel consumption as the composition of bio fuel increases.

1.บทนำ

ในยุคปัจจุบันมีการงานวิจัยที่มุ่งเน้นหาพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ น้ำมันดีเซลก็เป็นเชื้อเพลิงหนึ่งที่ต้องการเชื้อเพลิงมาทดแทน อันเนื่องมาจากแหล่งน้ำมันปิโตรเลียมเหลือน้อยลงทุกวัน ประมาณการว่าหากอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้นปีละ 5%ทุกปี จะทำให้น้ำมันปิโตรเลียมหมดภายใน 67-116 ปี[1] และประเทศไทยยังต้องนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียมจากต่างประเทศในปริมาณมากส่งผลให้น้ำมันสำเร็จรูปอย่างน้ำมันดีเซลมีราคาสูงขึ้น ในราคาที่สูงขึ้นนี้มีผลกระทบต่อองค์กร และหน่วยงานต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม งานวิจัยน้ำมันชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจึงได้ริเริ่มขึ้นโดยการสนับสนุนจากกรมควบคุมมลพิษ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยร่วมกันพัฒนาเครื่องแปรรูปของเสียจากกากตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีคุณสมบัติในการแปรรูปเป็นพลังงานได้ดีให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยในส่วนของกรุงเทพมหานครพบว่ามีกากตะกอนมากกว่าวันละ 100 ตันแต่เดิมกรุงเทพมหานครจะต้องนำกากตะกอนเหล่านี้ไปฝังกลบ ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการกำจัดมาก และมักจะได้รับการต่อต้านจากประชาชนในพื้นที่ งานวิจัยนี้จึงเป็นการลดของเสียจากอุตสาหกรรม และได้น้ำมันเชื้อเพลิงด้วย ในงานวิจัยนี้ได้นำน้ำมันชีวภาพที่ได้มาทำการทดลองใช้แบบ100% และแบบผสมระหว่างน้ำมันชีวภาพกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก เพื่อทดสอบถึงผลกระทบของการใช้น้ำมันชีวภาพและสมรรถนะของเครื่องยนต์

2. กรรมวิธีการผลิตและคุณลักษณะน้ำมันชีวภาพ

นำกากตะกอนที่ผ่านกระบวนการบำบัดของโรงบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ผ่านการตากแห้งมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยเครื่องปฏิกรณ์โพโรไลซิส โดยอาศัยหลักการของการเผาไหม้ที่ไม่ใช้แก๊สออกซิเจน[2] ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบในวัตถุดิบบางชนิดซึ่งจะเกิดเป็นแก๊สที่เป็นมลพิษทางอากาศขึ้นได้ เมื่อกากตะกอนได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องจนมีอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมัน เรียกน้ำมันที่ได้จากกระบวนการนี้ว่าน้ำมันชีวภาพ ซึ่งมีคุณภาพและให้พลังงานใกล้เคียงน้ำมันเตา ทั้งคุณสมบัติทางด้านความหนืด จุดวาบไฟ และเมื่อนำน้ำมันชีวภาพที่ได้ไปผ่านกระบวนการกลั่นให้บริสุทธิ์จะทำให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ในการแปรรูปหากใช้กากตะกอน 100% เมื่อเทียบค่า 1 กิโลกรัมจะได้น้ำมัน 60% ส่วน 38% เป็นกากตะกอนเมื่อนำไปผ่านปฏิกิริยาเร่งจะผลิตเป็นถ่านกัมมันต์หรือถ่านชาร์ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมกำจัดสีและกลิ่น



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการแปรรูปของเสียเป็นน้ำมันชีวภาพ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันชีวภาพ และน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	น้ำมันชีวภาพ	น้ำมันดีเซล
ความถ่วงจำเพาะ ASTM D1298	0.90-1.20	0.820-0.880
จุดวาบไฟ (^{o}C) ASTM D93	36-38	66
ค่าความหนืด (cSt) ASTM D445	13-15 ที่ 40 ^{o}C	1.8-5.0 ที่ 40 ^{o}C
การกลั่น: (Distillation)		
- 50% ASTM D86 at	270-275	270
- 90% ASTM D86 at	-	ไม่เกิน 370
ค่าความร้อน (MJ/kg)	38-40	44.8

3. การทดลอง

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองยี่ห้อ ยันม่าร์ รุ่น TF105-LM เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว จึงได้ทำการตรวจเช็คสภาพ และทำการปรับตั้งให้ได้ตามค่ามาตราฐานตามคู่มือบริการที่ทางบริษัทกำหนดก่อนการทดลอง เช่น ระยะห่างวาล์ว องศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

การทดลองนี้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 2 ชนิด คือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันชีวภาพมาผสมกันโดยใช้น้ำมันดีเซล 80%, 60%, 40%, 20% และ0% ส่วนผสมที่เหลือเป็นน้ำมันชีวภาพ เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล100% ค่าที่ทำการศึกษาได้แก่ แรงบิดเครื่องยนต์, กำลังเครื่องยนต์, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, ค่าควันดำของไอเสีย และอุณหภูมิของไอเสีย เพื่อเป็นศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของการใช้น้ำมันชีวภาพที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์โพโรไลซิสก่อนทำการกลั่นและปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน ซึ่งขั้นตอนการกลั่นและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันชีวภาพจะทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำมันชีวภาพนั้นสูงขึ้น อีกนัยหนึ่งคือเป็นการเก็บผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันชีวภาพ

3.1 ขั้นตอนการทดลอง

วัดค่าความถ่วงจำเพาะเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนการทดลองเพื่อให้ได้ค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิที่กำลังทำการทดลอง แสดงค่าความถ่วงจำเพาะในตารางที่ 3

วัดค่าความดันบรรยากาศ ความชื้น และอุณหภูมิ ณ ขณะทำการทดลองเพื่อใช้หาตัวแก้สำหรับกำลังเครื่องยนต์

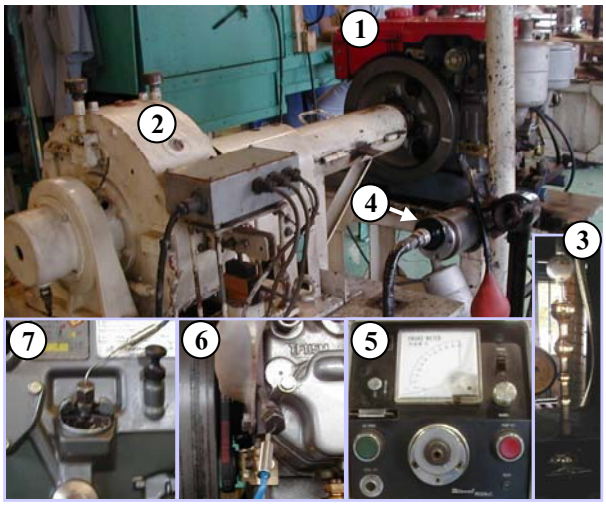
ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมที่ต้องการทดลองอุ่นเครื่องยนต์ให้อุณหภูมิน้ำมันเครื่องเท่ากับ 90 องศาเซลเซียสจึงเริ่มเก็บผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์

แบบ	TF105-LM
ชนิด	เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนลูกสูบ	1
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	88 x 96 mm
ความจุ	583 cc
กำลังม้าสูงสุด	7.7/2400 kW/rpm
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	272 g/kW.hr
อัตราส่วนการอัด	20.3
ปั๊มเชื้อเพลิง	แบบปั๊มป๊อช
ระยะเวลาการฉีดน้ำมัน	16.0^{o} ก่อนศูนย์ตายบน
แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	160 kg/cm^{2}
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำรังผึ้ง

ตารางที่ 3 ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

Fuel	Specific Gravity
Diesel 100% + Bio Fuel 0%	0.825
Diesel 80% + Bio Fuel 20%	0.835
Diesel 60% + Bio Fuel 40%	0.850
Diesel 40% + Bio Fuel 60%	0.895
Diesel 20% + Bio Fuel 80%	0.920
Diesel 0% + Bio Fuel 100%	0.950



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์การทดลองและตำแหน่งการติดตั้ง

หมายเลข 1 เครื่องยนต์

หมายเลข 2 ไดนาโมมิเตอร์

หมายเลข 3 บิวเรตต์สำหรับวัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

หมายเลข 4 อุปกรณ์วัดควันดำของไอเสีย

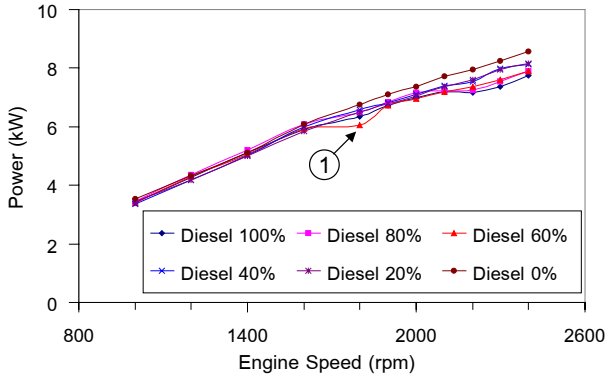
หมายเลข 5 อุปกรณ์แสดงค่าควันดำของไอเสีย

หมายเลข 6 เทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิไอเสีย

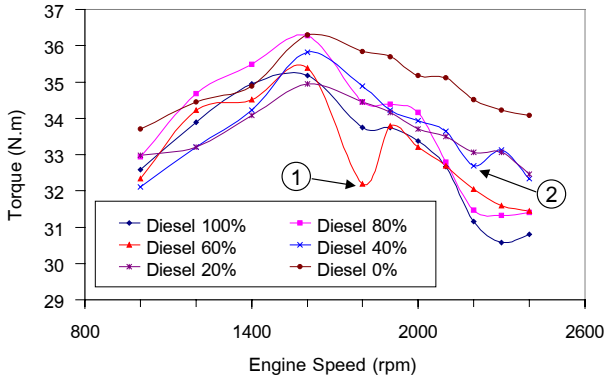
หมายเลข 7 เทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง

4. ผลการทดลอง

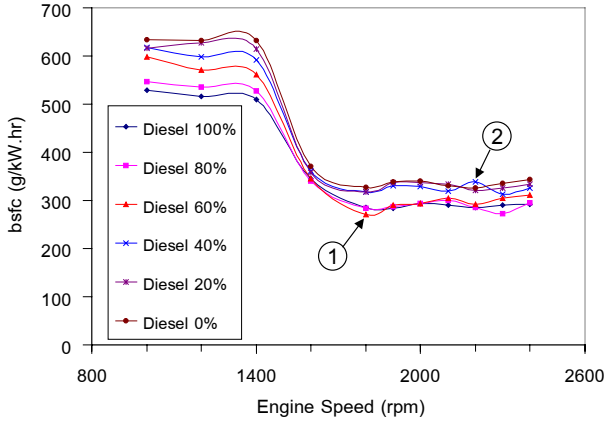
พิจารณาจากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 แสดงค่ากำลัง และแรงบิดเปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนผสมน้ำมันต่างๆ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันชีวภาพโดยตรง100% จะให้กำลังเครื่องยนต์สูงสุด และการใช้น้ำมันชีวภาพผสมกับน้ำมันดีเซลนั้นทำให้กำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ได้เพิ่มมากขึ้นทุกความเร็วรอบตามอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพที่มากขึ้น หากแต่พบว่ามีบางอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล100% ที่เห็นชัดเจน การใช้น้ำมันดีเซล60% ที่ 1800 rpm พิจารณาร่วมกับรูปที่ 5 ในตำแหน่งหมายเลข 1 นั้นมีสาเหตุมาจากการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยจึงทำให้กำลังและแรงบิดเครื่องยนต์ลดลง แสดงในตำแหน่งหมายเลข 1 ของรูปที่ 3 และรูปที่ 4



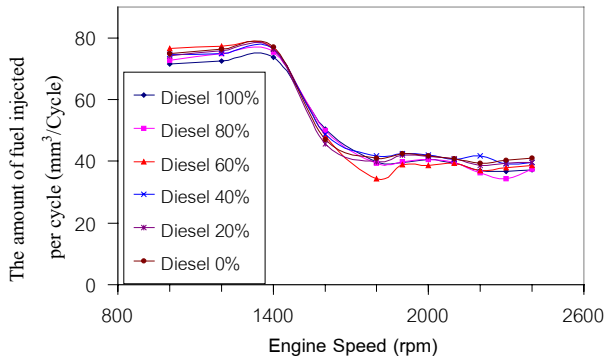
รูปที่ 3 แสดงค่ากำลังกับความเร็วรอบเครื่องยนต์



รูปที่ 4 แสดงค่าแรงบิดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

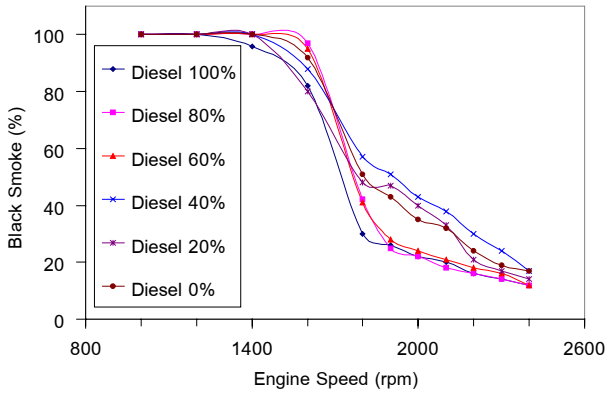


รูปที่ 5 แสดงค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับความเร็วรอบเครื่องยนต์



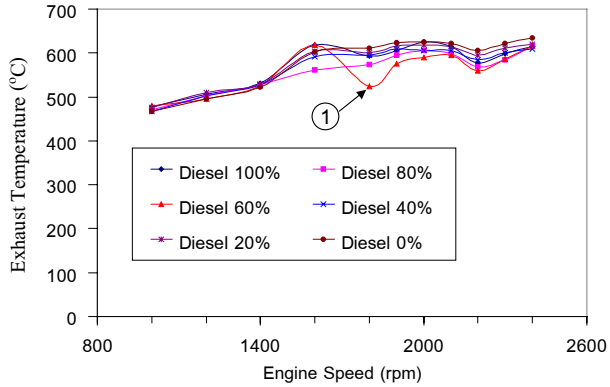
รูปที่ 6 แสดงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

พิจารณาจากรูปที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรเปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะมีโหลดจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์เมื่อสัดส่วนในการผสมน้ำมันชีวภาพมากขึ้น สาเหตุมาจากน้ำมันชีวภาพนั้นมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล รวมทั้งหลักการทำงานของปั๊มเชื้อเพลิงที่ปรับไว้แล้วหากมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงแล้ว จำนวนเนื้อของเชื้อเพลิงที่อัดผ่านหัวฉีดจะแตกต่างกันไป โดยที่หากความหนาแน่นสูงเนื้อน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดออกไปมากขึ้น [3]



รูปที่ 7 แสดงค่าควันดำของไอเสียกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

พิจารณาจากรูปที่ 7 แสดงค่าควันดำของไอเสียเปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะมีโหลด พบว่ามีควันดำเพิ่มขึ้นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำลง และที่อัตราส่วนผสมน้ำมันชีวภาพมากขึ้น เนื่องจากปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้มาก ทำให้อัตราส่วนระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงต่ออากาศนั้นหนาขึ้น ทำให้ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมด น่าจะเป็นผลให้การใช้น้ำมันดีเซล40% มีค่าควันดำสูงที่สุดในช่วงความเร็วรอบ 1800-2300 rpm เนื่องจากมีปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูง พิจารณาร่วมกับรูปที่ 6



รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิไอเสียกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

พิจารณาจากรูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิไอเสียเปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะมีโหลด จากการทดลองพบว่าแนวโน้มของอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของน้ำมันชีวภาพเพิ่มมากขึ้น หากแต่พบว่ามีบางอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง และความเร็วรอบเครื่องยนต์มีอุณหภูมิไอเสียลดลง เนื่องจาก 2 สาเหตุ คือ สาเหตุแรกในตำแหน่งหมายเลข 1 เกิดจากปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายเข้าสู่ห้องเผาไหม้น้อย จากการใช้น้ำมันดีเซล60% ที่ 1800 rpm พิจารณาร่วมกับรูปที่ 5 ในตำแหน่งหมายเลข 1 สาเหตุที่สองในตำแหน่งการใช้น้ำมันดีเซล40% ที่ 2200 rpm เกิดจากปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายเข้าสู่ห้องเผาไหม้มาก พิจารณาร่วมกับรูปที่ 5 ในตำแหน่งหมายเลข 2 ทำให้การสันดาปในห้องเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สังเกตได้ว่าช่วงที่อุณหภูมิไอเสียลดลง กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์จะลดลงด้วย

5. สรุป

น้ำมันชีวภาพสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้โดยที่ไม่ต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ สามารถใช้น้ำมันชีวภาพแบบ 100% หรือใช้แบบผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสมต่างๆได้ โดยผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กำลังเครื่องยนต์และแรงบิดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพเพิ่มขึ้น และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพเพิ่มขึ้นด้วย
2. การใช้น้ำมันชีวภาพส่งผลให้ค่าควันดำของไอเสียเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนผสมของน้ำมันชีวภาพที่มากขึ้น และปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ไม่เกินค่ามาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กระบายความร้อนด้วยน้ำที่กำหนดไว้ที่ ร้อยละ 40 ขณะให้กำลังสูงสุด
3. จากข้อมูลการทดลองเบื้องต้นอัตราส่วนผสมน้ำมันดีเซล80%กับน้ำมันชีวภาพ20% เป็นส่วนผสมที่ดีที่สุดเพราะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซล100% แต่ให้กำลังและแรงบิดเครื่องยนต์มากกว่า ค่าควันดำใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซล100%

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ยันม่าร์ เอส. พี. จำกัด ที่ให้การเอื้อเฟื้อเครื่องยนต์รวมทั้งอุปกรณ์การทดลอง และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่ ข้อมูล และเครื่องปฏิกรณ์โพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันชีวภาพ

เอกสารอ้างอิง

[1] กัญจนา บุณยเกียรติ, “เชื้อเพลิงและการเผาไหม้”, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

[2] มหา(นคร)สาร, ตุลาคม 2545

[3] ธำรง โชตะมังสะ และ สุจิตต์ สนองคุณ, “เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น”, มณีรัตน์, มปป.

[4] John B. Heywood, “Internal Combustion Engine Fundamentals”, McGraw-Hill Book Company, 1988, pp.491-493