

การพัฒนาเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ

The Development of Water-emulsion-Palm Biodiesel Fuel

คณิต วัฒนวิเชียร*, วรวุฒิ กฤษดาภิการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทร 0-2-218-6607 โทรสาร 0-2-252-2889 E-mail: wkanit@chula.ac.th*

Kanit Wattanavichien* and Worrawoot Kridsadatikarn

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Phayathai Rd., Patumwan, Bangkok 10330 Thailand

Tel: +66-2-218-6607 Fax: +66-2-252-2889 E-mail: wkanit@chula.ac.th*

บทคัดย่อ

ด้วยวิธีการฉีดน้ำเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นวิธีการที่มีถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และควบคุมมลพิษ โดยเฉพาะควันดำจากเครื่องยนต์ และในการผลิตไบโอดีเซลจะต้องมีการนำน้ำมาใช้ล้างกรีเซอร์ลินและเมทานอลซึ่งต้องผ่านการกำจัดน้ำในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต ดังนั้นการนำน้ำมาผสมกับไบโอดีเซลนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลและต้นทุนรวมของเชื้อเพลิงแล้วยังช่วยลดมลภาวะจากเครื่องยนต์อีกด้วย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเบื้องต้นสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์รวมถึงการศึกษาคูณสมบัติที่เกี่ยวข้องของเชื้อเพลิงทดแทนชนิดใหม่ของโลก ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไบโอดีเซลและน้ำในอัตราส่วน 70 : 30% โดยปริมาตร จากผลการทดสอบพบว่าคุณสมบัติของเชื้อเพลิงมีความแตกต่างอย่างมากจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป แต่เมื่อนำมาใช้ในเครื่องยนต์จะทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นโดยปราศจากควันดำ แม้ว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้จะต่ำกว่าสมรรถนะที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลโดยทั่วไปและมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเชิงปริมาตรเพิ่มสูงขึ้นก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงชนิดนี้ต่อไปในอนาคต

Abstract

The water injection into a combustion chamber of CI engine has known as a conventional method to promote engine combustion and to control engine emissions, especially black smoke reduction. In a production of biodiesel, water is used to wash out glycerol and methanol which need to be removed in a later stage. However, with the use of water blending to biodiesel, it is expected not only to obtain improvement in engine emissions but to obtain a lower engine operating cost. In this presentation, the results from the beginning phase of the research on the

application of a new water-emulsion-Palm biodiesel fuel in a CI engine are reported. The fuel in this study is the blend, with help of an emulsifier, between palm biodiesel and clean water with the ratio of 70:30% by volume. The engine employed here is a small agricultural swirl chamber CI engine. The scopes of project are divided into two parts namely; fuel properties investigation and the engine performance testing to compare the results between the developed fuel and diesel. These will bring us to know its appropriation and possibility in the actual use. Also, it is the guide line for the consecutive project in development of this type of fuel in the future. In the first part it was found that some properties of this fuel are different from the properties of diesel. Its density and viscosity are higher than that of the diesel while the heating value is lower. The differences of fuel properties may have many impacts to the engine performance. It was found from the engine testing that the maximum brake engine torque from this fuel is lower than the engine specification but the fuel volume consumption of this fuel is more than the use of diesel at the same engine load and speed. The minimum fuel consumption of this fuel was observed to be at the range of middle engine speed (1,200 -1,500 rev/min) and high load. However, the engine fuel conversion efficiency of this fuel is higher than the diesel at every same load and same speed points. The exhaust temperature is similar to the diesel fuel. The engine lube oil and cooling water temperature are also similar to diesel in the middle to high engine speed but are higher in the low engine speed. The combustion is also occurred in the more fuel-lean state than the diesel. Results shown are useful for the future research and development of this fuel that will be the one choice of alternative fuel of the world.

1. บทนำ

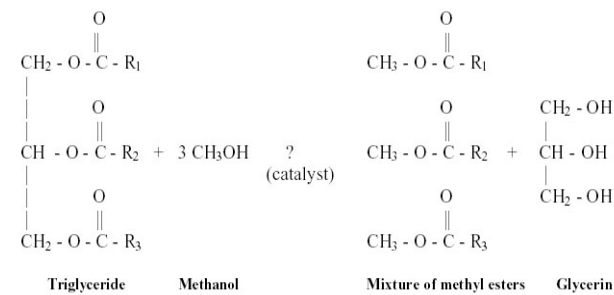
ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลน และราคาที่สูงขึ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงกำลังทวีความรุนแรงและเริ่มเป็นที่สนใจมากขึ้นในวงการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ โดยมีการวิจัยเชื้อเพลิงทดแทนชนิดต่างๆ ขึ้นมากมายเพื่อที่จะหาตัวเลือกที่ดีที่สุด สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตปาล์มไบโอดีเซล และการประยุกต์ใช้น้ำจืดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลก็เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการลดต้นทุนจากการเผาไหม้ ดังนั้นการนำข้อเด่นทั้งสองมาผนวกเข้าด้วยกันนั้น นอกจากจะช่วยลดความยุ่งยากในการแยกน้ำออกขบวนการผลิตปาล์มไบโอดีเซลแล้วยังจะได้เชื้อเพลิงใหม่สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่นอกจากจะหาได้ภายในประเทศแล้วยังเป็นเชื้อเพลิงที่ไร้ควันดำอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อนำไปสู่งานวิจัยสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใหม่ของโลก ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้เป็นส่วนผสมของปาล์มไบโอดีเซล (Palm Biodiesel) ที่ได้จากปาล์มดิบและน้ำสะอาดในอัตราส่วนผสมที่กำหนด โดยจะครอบคลุมการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง การทดสอบสมรรถนะที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงทดแทนนี้ในเครื่องยนต์ขนาดเล็ก และการนำผลมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลทั่วไป เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงและเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้ต่อไปในอนาคต

2. น้ำมันปาล์มไบโอดีเซล

2.1 ลักษณะทั่วไปของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล

ปาล์มไบโอดีเซล คือเชื้อเพลิงเหลวซึ่งผลิตได้จากปาล์ม กระบวนการเกิด ไบโอดีเซล คือการเปลี่ยน น้ำมันปาล์ม ไปเป็นปาล์มเอสเทอร์ (Palm Esters) กระบวนการนี้เรียกว่า "Transesterification" ของน้ำมันพืช ในเมทานอล (Methanol) โดยมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ Sodium hydroxide เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี เปลี่ยนไขมันให้เป็น Palm Methyl Esters และกลีเซอริน Glycerin ดังแสดงในรูปที่ 1 Esters ชนิดนี้มีลักษณะ คล้ายน้ำมันดีเซล ใช้แทนน้ำมันดีเซล หรือเติมเป็นส่วนผสม ในน้ำมันดีเซล ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้



รูปที่ 1 กระบวนการ Tranesterification ของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล

2.2 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ

น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ

Properties	ASTM D 6751		Biodiesel Properties
	Unit	Limit	
Density at 15 °C	kg/m ³	-	877
Viscosity at 40 °C	mm ² /sec	1.9-6.0	4.7
Lower Heating Value	MJ/kg-fuel	-	39.55
Flash Point	°C	130 min	150
Cetane Number	-	47 min	61
Water Content	% volume Water/sediment	0.050 max	0.05

3. น้ำ

น้ำเป็นสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจน ซึ่งอนุมูลจากปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนและไฮโดรเจนที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 อาทิ O, H, OH ฯลฯ จะช่วยเสริมศักยภาพการเผาไหม้ จึงมีการวิจัยเพื่อนำน้ำมาใช้เป็นสารออกซิเจนเนตในหลายรูปแบบ เช่น การฉีดให้เป็นละอองฝอยเข้าสู่ห้องเผาไหม้หรือการผสมเข้าเชื้อเพลิงในรูปอิมัลชัน เป็นต้น

ตารางที่ 2. ปฏิกิริยาพื้นฐานระหว่างออกซิเจนและไฮโดรเจน

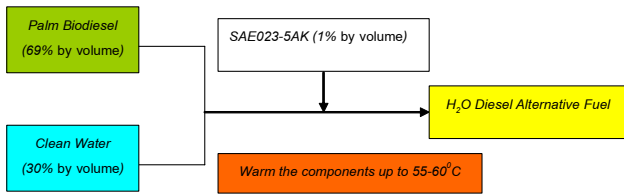
1. H + O ₂ → O + OH	11. HO ₂ + H → OH + OH
2. O + H ₂ → H + OH	12. HO ₂ + H → H ₂ O + O
3. H ₂ + OH → H ₂ O + H	13. HO ₂ + OH → H ₂ O + O ₂
4. O + H ₂ O → OH + OH	14. HO ₂ + O → O ₂ + OH
5. H + H + M → H ₂ + M	15. HO ₂ + HO ₂ → H ₂ O ₂ + O ₂
6. O + O + M → O ₂ + M	16. H ₂ O ₂ + OH → H ₂ O + HO ₂
7. O + H + M → OH + M	17. H ₂ O ₂ + H → H ₂ O + OH
8. H + OH + M → H ₂ O + M	18. H ₂ O ₂ + H → HO ₂ + H ₂
9. H + O ₂ + M → HO ₂ + M	19. H ₂ O ₂ + M → OH + OH + M
10. HO ₂ + H → H ₂ + O ₂	20. O + OH + M → HO ₂ + M

4. การผสมเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลสูบน้ำ

โดยทั่วไปปาล์มเอสเทอร์และน้ำจะไม่สามารถผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ มักแยกออกเป็นชั้นหลังการผสมและกวนให้เข้ากันดังแสดงในรูปที่ 2 สารอิมัลซิไฟเออร์จึงถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้เราสามารถแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กและแขวนลอยอยู่ระหว่างโมเลกุลของปาล์มเอสเทอร์ โดยในงานวิจัยนี้สารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดใหม่คือ SAE023-5AK ซึ่งสกัดส่วนและขั้นตอนการผสมและเชื้อเพลิงที่ผสมแล้วแสดงในรูปที่ 3 และ 4.



รูปที่ 2 แสดงการแยกชั้นหลังการผสมระหว่างปาล์มไบโอดีเซลกับน้ำ



รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงสัดส่วน ขั้นตอนการผสมปาล์มไบโอดีเซลและน้ำ

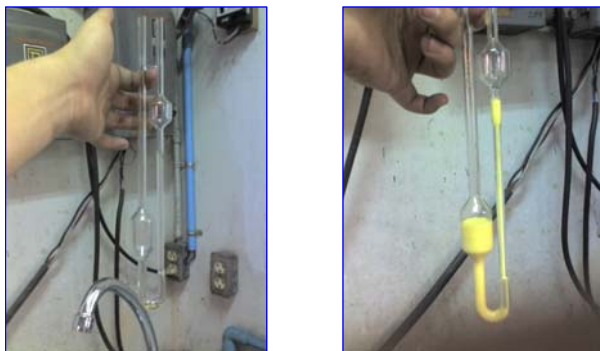


รูปที่ 4 แสดงเชื้อเพลิงผสมระหว่างปาล์มไบโอดีเซลกับน้ำ

5. วิธีการดำเนินงานวิจัยและอุปกรณ์

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือส่วนแรกเป็นการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ และส่วนที่สองเป็นการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำเป็นเชื้อเพลิง

การศึกษาคูณสมบัติเบื้องต้นประกอบด้วย การตรวจพินิจ การวัดความหนาแน่นด้วยการตวงและชั่งน้ำหนัก การวัดค่าความหนืดด้วย viscometer รุ่น "BS/U No. E5537" ดังแสดงในรูปที่ 5 การคำนวณค่า



ความร้อนและอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (fuel-air stoichiometric) และการทดสอบเสถียรภาพ (Stability) ของเชื้อเพลิงหลังการผสม

รูปที่ 5 แสดงการวัดค่าความหนืดของเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ

ส่วนการศึกษาคูณผลของการใช้เชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ ได้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก เพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยมีภาระโหลดเป็นชุดหลอดไฟที่เราสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้า แล้วนำกลับไปคำนวณเพื่อหาค่าแรงบิดเบรกที่ได้จากเครื่องยนต์ ณ สภาวะคงตัวตามมาตรฐาน ISO 3046 [1] โดยแบ่งการทดสอบสมรรถนะออกเป็นการทดสอบที่ภาระสูงสุด และการทดสอบที่ภาระบางส่วน ณ ความเร็วรอบ

ต่างๆ ที่เรากำหนด นอกจากนี้ยังมีชุดอุปกรณ์เพื่อใช้วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ในงานวิจัยนี้แสดงไว้ในรูปที่ 6 สำหรับข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์ KUBOTA RT120 [2]

เครื่องยนต์	Kubota RT-120
ชนิด	ลูกสูบเดี่ยว เคลื่อนที่ในแนวนอน
ระบบห้องเผาไหม้	แบบอากาศไหลหมุนวน, ห้องเผาไหม้ช่วย
ขนาด	94 x 90 mm; 624cc
แรงม้า/แรงบิด สูงสุด	12 hp / 2400 rpm, 4.0 kg-m / 1600 rpm

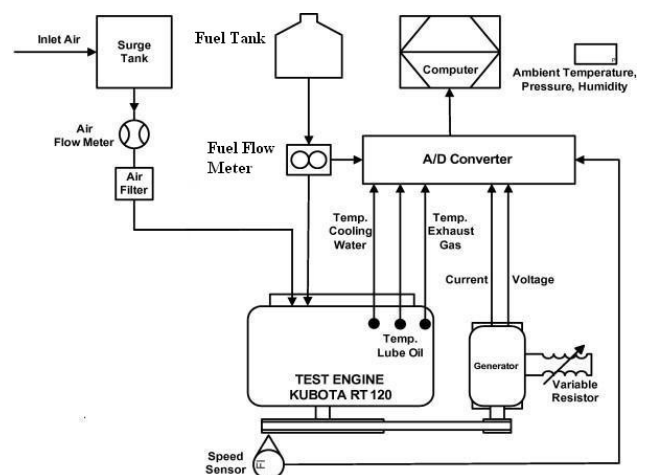
5.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นแบบกระแสสลับยี่ห้อ KODAI (A.C. Synchronous Generators) ชนิด stationary armature มีรายละเอียดทางเทคนิคดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กำลัง (kW)	10
แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Volt)	230/115
กระแสไฟฟ้า (A.) : ความถี่ (Hz)	43.5/87 : 50
ความเร็วรอบ (rev/min)	1500
COS ϕ	1.0
Excit. Volt. (V.) : Excit. Curr. (A.)	80 : 4.1
Phase	1
Standard	Q/MDL001-1998

5.2 หลอดไฟฟ้า ใช้หลอดไฟฟ้าซึ่งจัดเรียงลำดับเพื่อเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ครั้งละ 500 วัตต์

5.3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล ของอากาศ เป็นอุปกรณ์วัดแบบ orifice [3, 4]



รูปที่ 6 แสดงอุปกรณ์และการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ

5.4 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ เป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K (Chromel-Alumel, CA) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.65 มม. ซึ่งจะวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น, น้ำหล่อเย็น, อดี, ไอเสีย

5.5 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ เป็นแบบ Aluminum Detecting Proximity Sensor ยี่ห้อ Omron รุ่น E2EY

5.6 อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ Nitech Class 3 มีหน้าที่รับแปลงกระแสไฟฟ้าจาก 0-50 Aac เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 0-5 Adc

5.7 อุปกรณ์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ยี่ห้อ Primus มีหน้าที่แปลงความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับในช่วง 0-250 Vac เป็น 0-5 Vdc

5.8 การวัดอัตราการบริโภคเชื้อเพลิง เป็นแบบ Volumetric Gravitation Flow Meter ชนิดหลอดแก้วมีปริมาตร 47 ลูกบาศก์ เซนติเมตรมีเซนเซอร์ตรวจจับระดับของเหลว (Optical sensor Omron รุ่น E3X-DA11) และส่งสัญญาณต่อไปยังนาฬิกาจับเวลาภายในโปรแกรมคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

5.9 อุปกรณ์วัดสภาวะบรรยากาศ ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิบรรยากาศ และใช้บารอมิเตอร์วัดความดันบรรยากาศ หน่วยมม.น้ำ

5.10 อุปกรณ์รับและแปลงสัญญาณ หน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์วัดต่างๆ แล้วแปลงสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณดิจิทัลและส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลและเก็บข้อมูล

5.11 อุปกรณ์วัดควันท้า เป็นชนิดกระดาษกรองยี่ห้อ BOSCH รุ่น ETD 020.50

6. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้ ส่วนแรกเป็นผลที่ได้จากการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเบื้องต้น และอีกส่วนหนึ่งเป็นผลจากการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

6.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงเบื้องต้น

คุณสมบัติที่ศึกษาได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ค่าความร้อน และอัตราส่วนสมมูลระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ เป็นต้น โดยคุณสมบัติเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเทียบกับน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	น้ำมันดีเซล	ไบโอดีเซลผสมน้ำ
ความหนาแน่นที่อุณหภูมิห้อง (kg/m ³) (29-30 ^o C)	826.44	853.33
ความหนืดที่อุณหภูมิ 40 ^o C (cSt)	3.10	28.05
ค่าความร้อน (MJ/kg-fuel)	45.968	27.29
fuel-air ratio at stoichiometric (mass basis)	0.069	approximately 0.1199

จะเห็นว่าคุณสมบัติของเชื้อเพลิงมีความแตกต่างกันอย่างมาก สิ่งเหล่านี้จะมีผลให้สมรรถนะด้านกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ตกลง

6.2 ผลการทดสอบเสถียรภาพของเชื้อเพลิง

ด้วยปัญหาหลักของการนำน้ำมันผสมกับเชื้อเพลิงคือการแยกชั้น ดังนั้นการทดสอบเสถียรภาพจึงมุ่งเน้นการตรวจพินิจการตกตะกอน และการแยกชั้นของเชื้อเพลิงเพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดช่วงระยะเวลา

เก็บรักษาก่อนการใช้งาน ซึ่งผลการตรวจพินิจตลอดช่วงระยะเวลา 21 วันพบว่า การแยกชั้นนั้นเริ่มพบหลังจากที่ทิ้งไว้หนึ่ง ๆ เป็นเวลา 7 วัน และปริมาณสัดส่วนของอิมัลชันที่แยกชั้นจะพบหนาขึ้นตามลำดับ ดังแสดงไว้

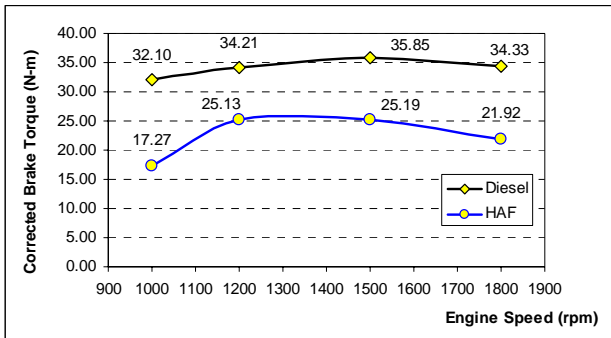
ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบเสถียรภาพในช่วงระยะเวลา 21 วัน

No	Duration	Appearance	Condition Details
1	0 ชั่วโมง		หลังการผสม ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะสีเหลืองเป็นเนื้อเดียวกัน
2	7 ชั่วโมง		ส่วนผสมมีลักษณะสีเหลืองเป็นเนื้อเดียวกันเช่นขณะผสมเสร็จใหม่ ๆ ไม่พบการตกตะกอนหรือแยกชั้น
3	1 วัน		ส่วนผสมมีลักษณะสีเหลืองเป็นเนื้อเดียวกันเช่นขณะผสมเสร็จใหม่ ๆ ไม่พบการตกตะกอนหรือแยกชั้น
4	7 วัน		เริ่มเห็นการแยกชั้นบริเวณส่วนล่าง (บริเวณที่วง) ส่วนผสมที่อยู่ด้านบนยังมีลักษณะสีเหลืองเป็นเนื้อเดียวกัน
5	15 วัน		ชั้นอิมัลชันที่แยกตัวมีปริมาณหนาขึ้น และส่วนผสมของอิมัลชันมีสีจางลง ส่วนผสมที่อยู่ด้านบนยังมีลักษณะสีเหลืองเป็นเนื้อเดียวกัน
6	21 วัน		ส่วนผสมมีการแยกชั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอีกวันละเล็กน้อย จนเริ่มมีตัวในชั้นวันที่ 21
7	ภายหลังการทดสอบ(หลังทำการเขย่า)		เมื่อเขย่าขวดพบว่าส่วนผสมกลับมาเป็นเนื้อเดียวกันดังเดิม

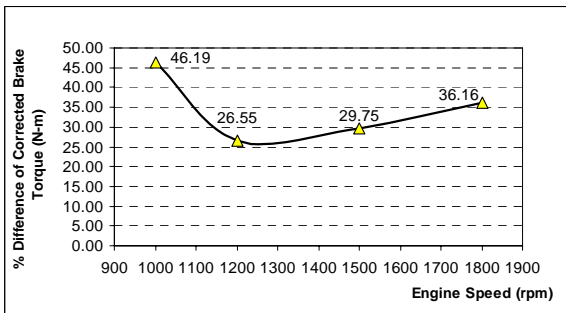
ในตารางที่ 6 อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาเขย่าเบา ๆ ส่วนผสมก็กลับกลืนเป็นเนื้อเดียวได้ดังเดิม ดังนั้นในการใช้งานจริงอย่างต่อเนื่องเครื่องยนต์หรือถังเชื้อเพลิงที่มีการสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลาจะทำให้เชื้อเพลิงมีเสถียรภาพเป็นเนื้อเดียวกันตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บในถังเชื้อเพลิง

6.3 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

6.3.1 ผลการทดสอบที่สภาวะภาระสูงสุด พบว่าค่าแรงบิดเบรกแก้ไข (Corrected Brake Torque) ที่ภาระสูงสุดที่ได้จากการทดสอบด้วยเชื้อเพลิงชนิดนี้มีค่าต่ำกว่าค่าจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลตลอดช่วงการใช้งาน ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่า โดยแรงบิดที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำจะมีค่าลดลงต่ำสุดร้อยละ 26 ที่ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที และลดลงสูงสุดถึงร้อยละ 46 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที อย่างไรก็ตามค่าแรงบิดสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้งสองจะเกิดที่ความเร็วรอบเดียวกันคือ 1500 รอบต่อนาทีโดยการใช้น้ำมันดีเซลมีค่าประมาณ 35.85 N-m และการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำมีค่าประมาณ 25.19 N-m ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 เปรียบเทียบแรงบิดเบรกแก้ไขที่ภาระสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ (HAF)

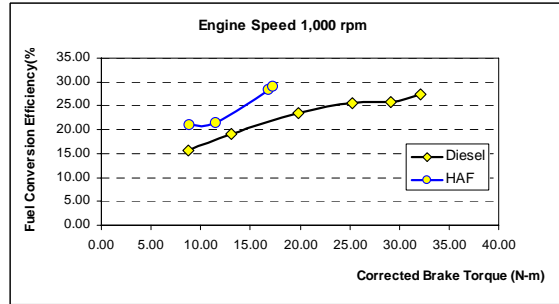


รูปที่ 8 แสดงร้อยละที่ลดลงของแรงบิดเบรกแก้ไขที่ภาระสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ (HAF) เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

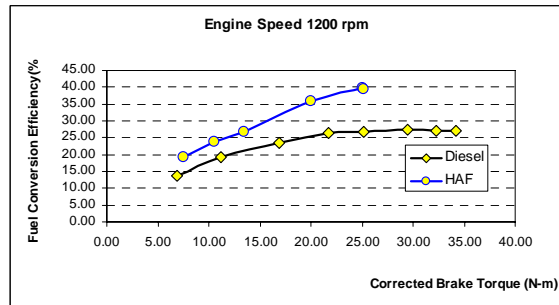
6.3.2 ผลการทดสอบที่ภาระบางส่วน พบว่าการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลและไม่มีควันท่าที่ทุกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยค่าความแตกต่างจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อภาระแรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 9 (ก) ถึง (ง)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ความเร็วรอบคงที่แสดงในรูปของแผนภูมิสมรรถนะเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำแสดงดังรูปที่ 10 และ 11 ตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล มีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 28 ที่ช่วงความเร็วรอบประมาณ 1400–1600 รอบต่อนาที ที่ช่วงแรงบิดเบรกแก้ไขประมาณ 25–31 N-m ซึ่งแตกต่างจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

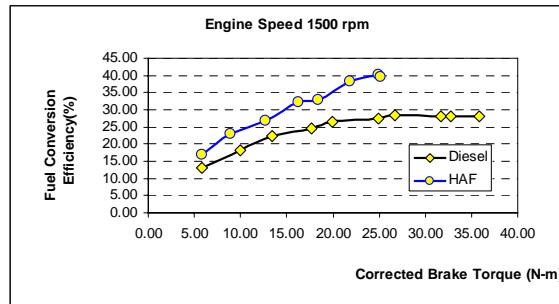
มีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 39 ที่ช่วงความเร็วรอบประมาณ 1300–1600 รอบต่อนาที ที่แรงช่วงบิดเบรกแก้ไขประมาณ 21–24 N-m เมื่อเปรียบเทียบตลอดช่วงการใช้งานพบว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล อาจมีสาเหตุมาจากอนุโมลที่เกิดจากปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนและช่วยเร่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้เกิดอย่างสมบูรณ์ขึ้นเมื่อเทียบกับดีเซล



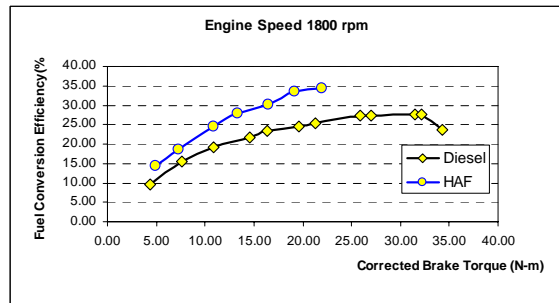
(ก) ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



(ข) ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที

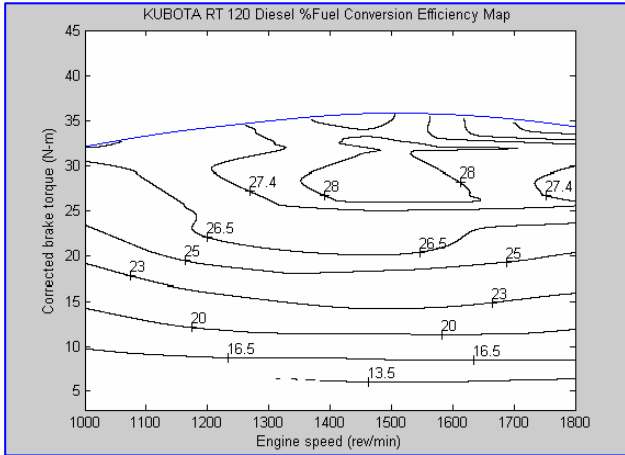


(ค) ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที

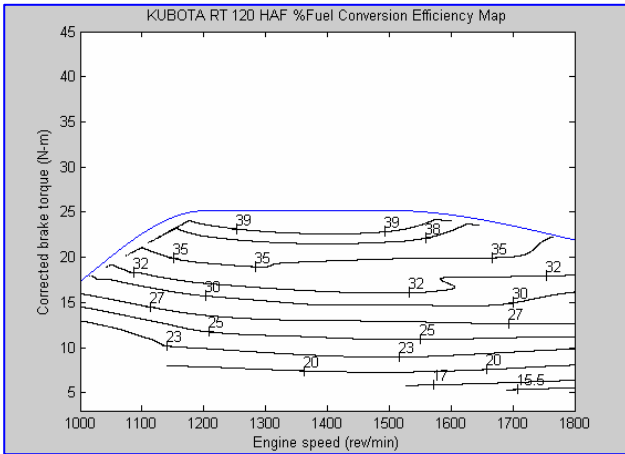


(ง) ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที

รูปที่ 9 (ก) ถึง (ง) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ (HAF) ที่ค่าความเร็วรอบคงที่ต่างๆ



รูปที่ 10 แผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล แสดง contour ค่าคงที่ ของค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ร้อยละ)



รูปที่ 11 แผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ แสดง contour ค่าคงที่ ของค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ร้อยละ)

7.สรุปผลการทดลอง

ปาล์มเอสเทอร์และน้ำสามารถผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันได้ด้วยการใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ ชนิด SAE023-5AK ในสัดส่วนเชิงปริมาตรของการผสมที่ประกอบด้วยปาล์มเอสเทอร์ร้อยละ 59 ต่อ น้ำร้อยละ 30 และต่อสาร SAE023-5AK ในสัดส่วนร้อยละ 1 ซึ่งเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำนี้จะคงเสถียรภาพไม่แยกชั้นได้นานถึง 7 วัน เมื่อทิ้งไว้โดยปราศจากการรบกวนในอุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามแม้จะพบการแยกชั้นเมื่อเก็บนานขึ้นแต่นำมาเขย่าเบาๆ ส่วนผสมก็กลับกลืนเป็นเนื้อเดียวได้ดังเดิม ดังนั้นในการใช้งานจริงอย่างต่อเนื่องภายใต้การสั่นสะเทือนของถังเชื้อเพลิงจะช่วยทำให้เชื้อเพลิงมีเสถียรภาพตลอดช่วงการเก็บในถังเชื้อเพลิงได้

เชื้อเพลิงไบโอดีเซลสูตรน้ำนี้มีคุณสมบัติที่ต่างจากน้ำมันดีเซลคือมีค่าความหนาแน่น (853.33 kg/m^3) และค่าความหนืด ($28.05 \text{ cSt @ } 40^\circ\text{C}$) ที่สูงกว่า ในขณะที่มีค่าความร้อน (27.29 kJ/kg-fuel) ต่ำกว่า และสัดส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่การเผาไหม้สมบูรณ์ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงโดยมวลที่มากกว่า

แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์จากเชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลสูตรน้ำ มีค่าต่ำกว่าแรงบิดสูงสุดที่ได้จากเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ร้อยละ 26 ถึง ร้อยละ 46 อันเนื่องมาจากคุณสมบัติค่าความร้อนที่ต่ำกว่าของเชื้อเพลิงทดแทนชนิดนี้ ขณะที่ไอเสียของเครื่องยนต์ไร้ควันต่ำและได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า

จากผลการวิจัยที่ได้นี้อาจสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซลสูตรน้ำนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดีถ้าภาระขับที่เครื่องยนต์ต้องทำมีค่าต่ำกว่าความสามารถของเครื่องยนต์ดีเซลราวร้อยละ 30 - 50 โดยในกรณีของเครื่องยนต์ที่ทำการศึกษานี้ควรนำไปใช้งานในช่วงแรงบิดราว 20 - 23 Nm ที่ความเร็วรอบ 1300 - 1600 รอบต่อนาที โดยการใช้งานในช่วงดังกล่าวนอกจากจะปราศจากควันต่ำแล้วยังจะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลราวร้อยละ 10 อย่างไรก็ตามผลการทดสอบนี้เราสามารถนำมาเป็นประโยชน์ในการวิจัยพัฒนาและปรับปรุงเชื้อเพลิงชนิดนี้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่าน อาทิเช่น Assoc. Prof. Dr. Taketoshi Takemoto แห่ง T.I.T. และคณะนิสิตปริญญาโทในห้องปฏิบัติการเครื่องยนต์สันดาปภายในทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- [1] "ISO 3046 Internal Combustion Engines – Performance Part 1 - Engines for land, rail-traction and marine use - Standard reference conditions and declamations of power, fuel consumption and lubricating oil consumption."
- [2] "คู่มือช่างเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า RT 120", หน่วยงานอบรมเทคนิค, ส่วนบริการเทคนิค, บริษัท สยามคูโบต้าอุตสาหกรรม จำกัด
- [3] The American Society of Mechanical Engineering (ASME), "Measurement of Fluid Flow Using Small Bore Precision Orifice Meters", ASME MFC-14M-2001 (Revision of ASME MFC-14M-1995)
- [4] Plint, M., and Martyr, A. "Engine Testing Theory and practice", 2nd edition. Great Britain: Butterworth-Heinemann, 1999. Cited in Kastner, L.J. "The air box method of measuring air consumption", Proc. I. Mech. E., 1947, 194.
- [5] ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน, "ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน)", พ.ศ. 2549
- [6] Heywood, J.B. "Internal combustion engine fundamentals", Singapore: McGraw-Hill, 1988.