



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

ปริญญา

วิศวกรรมเครื่องกล

วิศวกรรมเครื่องกล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษจากการใช้ไบโอดีเซล
ในเครื่องยนต์เรือ

A Performance, Efficiency and Emissions Testing for Biodiesel in Ship Engines

نامผู้วิจัย นายกมลภัทร ลิ้มรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สมพงษ์ พิเชฐภิญโญ, M.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ชนศ อรุณศรีโสภณ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษจากการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์เรือ

A Performance, Efficiency and Emissions Testing for Biodiesel in Ship Engines

โดย

นายกมลภัทร ลิ้มรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กมลภัทร ลิ้มรัตน์ 2553: การทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษจาก
การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์เรือ ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมเครื่องกล) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมพงษ์ พิเชฐภิญโญ, M.Eng. 93 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มนำมาใช้กับเครื่องยนต์เรือ
ยี่ห้อ MAN รุ่น D2842 LE และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยี่ห้อ MAN รุ่น D2866 TE ในรูปของไบโอดีเซล
บี100 และไบโอดีเซล บี5 โดยพิจารณาความเหมาะสมทั้งในด้านของสมรรถนะ การปล่อย
มลพิษ และผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ของไบโอดีเซล บี100 เปรียบเทียบกับไบโอดีเซล บี5

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเครื่องยนต์เรือที่โหลดเครื่องยนต์ 60% และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่โหลด
เครื่องยนต์ 40% ในสภาวะการทำงานจริง ซึ่งค่าต่างๆที่นำมาทำการวิเคราะห์จากงานวิจัยที่
เกี่ยวข้อง โดยหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงด้วยการอ่านจากระดับน้ำมันในท่อพลาสติกซึ่งติดตั้ง
เอาไว้กับถังเชื้อเพลิง แล้วนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค
(BSFC) กับประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรค (η_b) ส่วนในด้านการปล่อยมลพิษ ได้ใช้เครื่อง
วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซไอเสียแบบพกพามาใช้ตรวจวัดหาอุณหภูมิและปริมาณของ O_2 CO
และ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ออกมา นอกจากนี้ยังได้ทำการถอดปั๊มเชื้อเพลิงและหัวฉีดของ
เครื่องยนต์มาตรวจพินิจด้วยแว่นขยายเพื่อประเมินสภาพของชิ้นส่วน

จากผลการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยของ BSFC สำหรับไบโอดีเซล บี100 เมื่อนำไปใช้กับ
เครื่องยนต์เรือมีค่าสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ในช่วง 16.14 ถึง 26.00% ส่วนค่าเฉลี่ยของ η_b
สำหรับไบโอดีเซล บี100 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือมีค่าต่ำกว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ในช่วง 0.55
ถึง 7.68% และค่าเฉลี่ยของ CO สำหรับไบโอดีเซล บี100 เมื่อนำไปใช้เครื่องยนต์เรือมีค่าน้อย
กว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ 27.25% ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm นอกจากนี้การเกิดสนิมกับการเกิดเขม่า
และตะกอนในชิ้นส่วนเครื่องยนต์จากการใช้ไบโอดีเซล บี100 ควรเปรียบเทียบกับผลกระทบใน
ระดับเดียวกับไบโอดีเซล บี5 ได้ ถ้าปริมาณน้ำที่ปนอยู่ในเชื้อเพลิงมีค่าไม่เกินกว่า 0.05% โดย
น้ำหนัก

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kamolpatara Limratana 2010: A Performance, Efficiency and Emissions Testing for Biodiesel in Ship Engines. Master of Engineering (Mechanical Engineering), Major Field: Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Sompong Pichetpinyo, M.Eng. 93 pages.

In this study, a fuel for ship engines produced from palm oil and its usability investigated as B100 Biodiesel and B5 Biodiesel in the main engines (MAN D2842 LE) and diesel generators (MAN D2866 TE). The objective of this study was to investigate on the performances, emissions and effects on engine parts of B100 Biodiesel compare with B5 Biodiesel.

This study investigated about main engines and diesel generators at 60 and 40% engine load, respectively, in working condition. All the investigated values would be analyzed from related research studies. The fuel consumption rate measured from both engines by observation from the level at plastic hose which installed with fuel tanks and bring the collected values to determine Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) and brake thermal efficiency (η_{tb}). For the emissions, the flue gas analyser can be used in analyze temperature, O_2 , CO and CO_2 content of the exhaust gas. In addition, disassemble of fuel injection pump and injection nozzle of both engines were investigated by visual inspection with magnifying glass.

From the experimental results, the average values of BSFC for B100 Biodiesel when using with main engine were higher than B5 Biodiesel in the range of 16.14 to 26.00%. The average values of η_{tb} for B100 Biodiesel when using with main engine were lower than B5 Biodiesel in the range of 0.55 to 7.68%. The average value of CO for B100 Biodiesel when using with main engine was lower than B5 Biodiesel 27.25% at speed 1400 rpm. In addition, corrosion with soot and deposit in engine parts from using B100 Biodiesel could be compared to B5 Biodiesel if water content is not above 0.05% by weight.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.สมพงษ์ พิเชษฐภิญโญ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ อ.ดร.ชนศ อรุณศรีโสภณ กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชาเอก ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน
การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบ
ขอบพระคุณ อ.ดร.พีระพงษ์ ตรีญเจริญ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไข
วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ น.อ.สมัย ใจอินทร์ ผู้อำนวยการกองควบคุมคุณภาพ ที่ได้ให้โอกาส
คำแนะนำในการเข้าร่วมวิจัยและให้คำปรึกษาเพิ่มเติมในการค้นคว้าวิจัยและขอขอบพระคุณ
น.อ.ทินกร ตันฑาทาศ รองเจ้ากรมพัฒนาการช่าง น.อ.วิชัย คำบุญมาก หัวหน้าวิจัย น.ท.สวน สะสม
และน.ต.บพิท ทศเทพพิทักษ์ เจ้าหน้าที่ประจำแผนกวิจัย รวมทั้งบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) บริษัท
ไทยโคลอน จำกัด และบริษัท เอ็นเท็ค แอสโซซิเอท จำกัด ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสนับสนุนข้อมูลที่เป็น
ประโยชน์ในการค้นคว้าวิจัย

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้
อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

กมลภัทร ลิ้มรัตน์

มิถุนายน 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	20
ผล	20
วิจารณ์	28
สรุปและข้อเสนอแนะ	33
สรุป	33
ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	34
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก สมบัติทางเคมีกายภาพของเชื้อเพลิง	40
ภาคผนวก ข ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทำวิจัย	42
ภาคผนวก ค ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพ	44
ภาคผนวก ง การปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือ	84
ภาคผนวก จ ราคาเปรียบเทียบน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลือง	
ระหว่างปี 2548 ถึง 2552 ของภาคกลาง	91
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อปื้มเชื้อเพลิง	27
2 ผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อหัวฉีด	28
ตารางผนวกที่	
ก1 การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพระหว่างไบโอดีเซล บี100 ไบโอดีเซล บี5 และดีเซลทั่วไป	41
ข1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	43
ค1 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 1 (ในสภาวะการทำงานจริง)	45
ค2 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 2 (ในสภาวะการทำงานจริง)	46
ค3 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 3 (ในสภาวะการทำงานจริง)	48
ค4 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 4 (ในสภาวะการทำงานจริง)	50
ค5 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 5 (ในสภาวะการทำงานจริง)	51
ค6 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 6 (ในสภาวะการทำงานจริง)	52
ค7 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 7 (ในสภาวะการทำงานจริง)	54
ค8 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 8 (ในสภาวะการทำงานจริง)	55
ค9 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 9 (ในสภาวะการทำงานจริง)	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ค10 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 10 (ในสภาวะการทำงานจริง)	57
ค11 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 11 (ในสภาวะการทำงานจริง)	58
ค12 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 12 (ในสภาวะการทำงานจริง)	59
ค13 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 13 (ในสภาวะการทำงานจริง)	60
ค14 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 14 (ในสภาวะการทำงานจริง)	61
ค15 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 15 (ในสภาวะการทำงานจริง)	62
ค16 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 16 (ในสภาวะการทำงานจริง)	64
ค17 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 17 (ในสภาวะการทำงานจริง)	65
ค18 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 18 (ในสภาวะการทำงานจริง)	66
ค19 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 19 (ในสภาวะการทำงานจริง)	67
ค20 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 20 (ในสภาวะการทำงานจริง)	68
ค21 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 21 (ในสภาวะการทำงานจริง)	70
ค22 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 22 (ในสภาวะการทำงานจริง)	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก23 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 23 (ในสภาวะการทำงานจริง)	73
ก24 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 24 (ในสภาวะการทำงานจริง)	74
ก25 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 25 (ในสภาวะการทำงานจริง)	76
ก26 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 26 (ในสภาวะการทำงานจริง)	77
ก27 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 27 (ในสภาวะการทำงานจริง)	78
ก28 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 28 (ในสภาวะการทำงานจริง)	79
ก29 สรุป BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ เครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1100 rpm	80
ก30 สรุป BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ เครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 1200 ถึง 1500 rpm	81
ก31 สรุป η_b ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ เครื่องยนต์เรือ	82
ก32 สรุป BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	83
ก33 สรุป η_b ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	83
ง1 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 1 (ในสภาวะการทำงานจริง)	85
ง2 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 2 (ในสภาวะการทำงานจริง)	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง3 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 3 (ในสภาวะการทำงานจริง)	86
ง4 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 4 (ในสภาวะการทำงานจริง)	86
ง5 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 5 (ในสภาวะการทำงานจริง)	87
ง6 สรุปอุณหภูมิก๊าซไอเสียระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5	88
ง7 สรุปปริมาณ O_2 ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5	88
ง8 สรุปปริมาณ CO ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5	89
ง9 สรุปปริมาณ CO_2 ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5	89
จ1 ราคาเปรียบเทียบน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างปี 2548 ถึง 2552	92

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ระบบผลิตไบโอดีเซลชุมชนขนาด 6,000 ลิตรต่อวัน ของกรมอุทการเรือ	16
2 สภาพปั๊มเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถอดออกมา	17
3 สภาพหัวฉีดที่ถอดออกมาพิจารณา	17
4 การเปรียบเทียบค่า BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อ นำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm	20
5 การเปรียบเทียบค่า BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อ นำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 1500 rpm	21
6 การเปรียบเทียบค่า η_b ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อ นำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm	22
7 การเปรียบเทียบค่า η_b ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อ นำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 1500 rpm	22
8 อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และ ไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm	23
9 ปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm	24
10 การปล่อยมลพิษของ CO ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm	25
11 ปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm	26

ภาพผนวกที่

ง1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนโมลของ CO , CO_2 และ O_2 กับ Exhaust equivalence ratio	90
--	----

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

A	=	Piston face area
b_{mep}	=	brake mean effective pressure
BSFC	=	ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก หรือ Brake Specific Fuel Consumption
$^{\circ}C$	=	องศาเซลเซียส
C	=	ปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง
CO	=	คาร์บอนมอนอกไซด์
CO ₂	=	คาร์บอนไดออกไซด์
H	=	ปริมาณไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง
L	=	Piston stroke
$\dot{m}_f$	=	mass flow rate of fuel
N	=	ปริมาณไนโตรเจนในเชื้อเพลิง
N_p	=	Number of power strokes per minute
η_{tb}	=	ประสิทธิภาพทางด้านการร้อนเบรก หรือ Brake Thermal Efficiency
O	=	ปริมาณออกซิเจนในเชื้อเพลิง
P_b	=	Brake Power
ppm	=	part per million
Q_{gr}	=	ค่าความร้อนรวม หรือ Gross Heating Value
Q_{net}	=	ค่าความร้อนสุทธิ หรือ Net Heating Value
rpm	=	revolutions per minute

การทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษจากการใช้ไบโอดีเซล ในเครื่องยนต์เรือ

A Performance, Efficiency and Emissions Testing for Biodiesel in Ship Engines

คำนำ

ในปัจจุบันทั่วโลกต่างประสบกับปัญหาทางด้านพลังงาน ทำให้ประเทศต่างๆ เริ่มมองหาแหล่งพลังงานใหม่นำมาใช้ทดแทนแหล่งพลังงานเดิมซึ่งนับวันมีแต่จะร่อยหรอลงไป โดยผู้คนเรียกแหล่งพลังงานใหม่นี้ว่า พลังงานทางเลือก (Alternative Energy) หรือ พลังงานทดแทน ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ ไบโอดีเซล (Biodiesel) โดย Lu *et al.* (2008) ได้อธิบายไว้ว่า ไบโอดีเซลคือเชื้อเพลิงทางเลือกที่สามารถผลิตจาก feedstock ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น น้ำมันพืช น้ำมันทอดอาหารเหลือทิ้ง และไขมันสัตว์ ไบโอดีเซลสามารถผสมในอัตราส่วนใดก็ตามกับดีเซลทั่วไปเพื่อที่จะสร้างไบโอดีเซลแบบผสม หรือไม่ต้องผสมใช้เป็นไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ (B100) ก็ได้ นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ทำให้สลายตัวได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ และสามารถลดการปล่อยมลพิษของก๊าซหลายชนิดได้ ตัวอย่างเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สารประกอบอินทรีย์ที่กลายเป็นไอ (Volatile Organic Compounds หรือ VOCs) ไฮโดรคาร์บอนไม่ติดไฟ (Unburned Hydrocarbon หรือ UHC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนเตรตโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons) และสารฝุ่นละออง (Particulate Matter หรือ PM) จากข้อดีทั้งหมดของไบโอดีเซลที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ ถือได้ว่าไบโอดีเซลเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในด้านพลังงาน

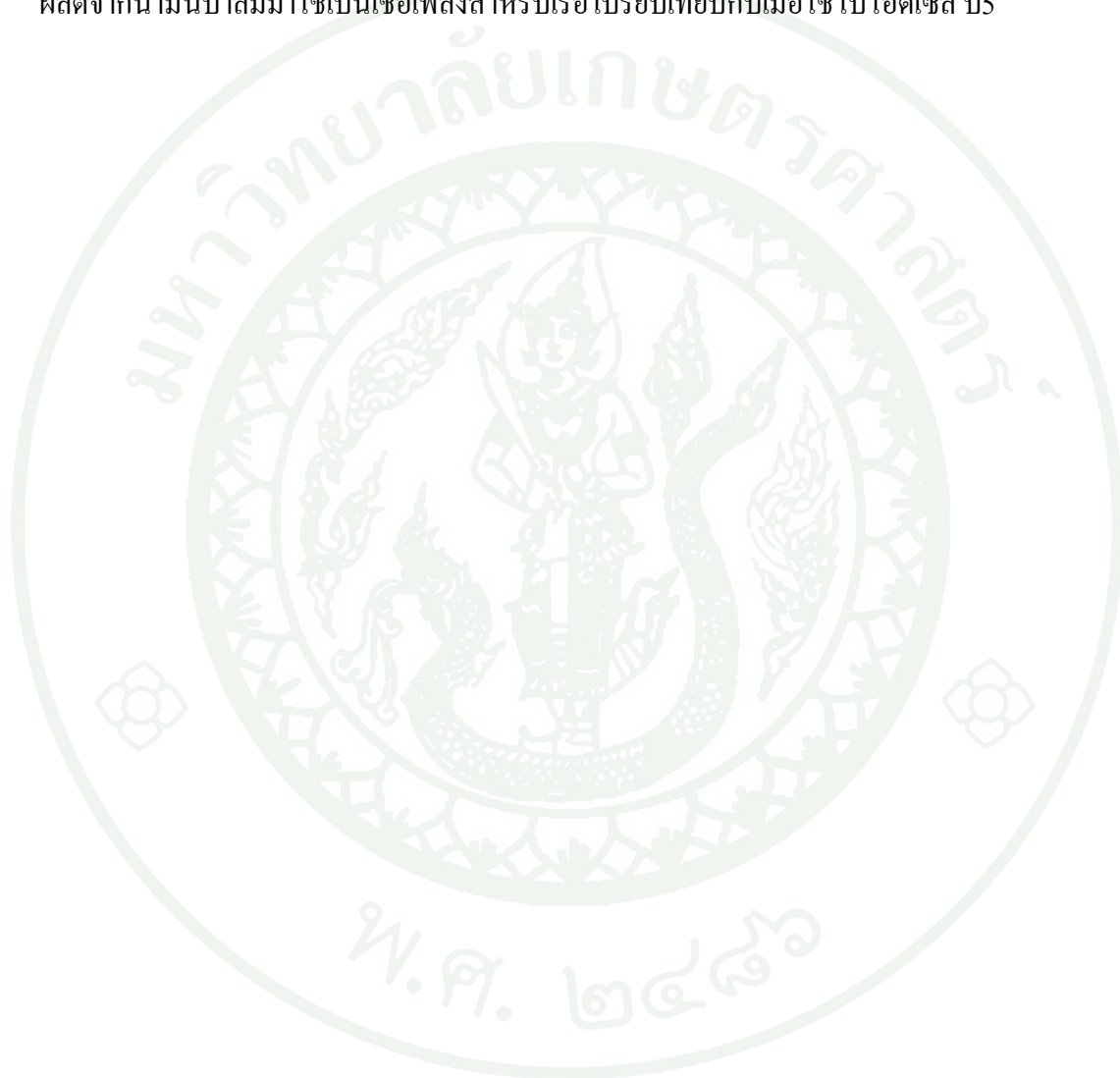
ตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมามีประเทศไทยมีการนำเข้าเชื้อเพลิงในปริมาณมหาศาลและมีราคาสูง เช่น น้ำมันปิโตรเลียมปีละ 800,000 ล้านบาท เป็นต้น รวมทั้งเครื่องจักรในภาคการผลิตและรถยนต์ในภาคการขนส่ง ทำให้เสียดุลการค้ากับต่างประเทศอยู่ตลอด เนื่องจากสินค้าการเกษตรของไทยส่งออกไปเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าที่นำเข้ามาในปริมาณเท่ากันมีราคาต่ำกว่าค่อนข้างมาก ดังนั้นรัฐบาลไทยจึงได้มีการส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกซึ่งรวมถึงไบโอดีเซลอย่างจริงจังเพื่อทดแทนการนำเข้า ด้วยสาเหตุนี้ทำให้หน่วยงานต่างๆ ของไทยทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้หันมาให้ความสำคัญกับการวิจัยและพัฒนาพลังงานทางเลือก

กองทัพเรือโดยกรมอุทการเรือซึ่งเป็นหนึ่งในหน่วยงานของภาครัฐได้เริ่มต้นงานวิจัยพัฒนาด้านพลังงานทางเลือกเป็นครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 สำหรับไบโอดีเซลถือเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งที่กองทัพเรือให้ความสำคัญ เพราะเป็นปัจจัยที่ทำให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเทคโนโลยีและวัตถุดิบซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตได้จากพืชน้ำมันต่างๆ ยิ่งไปกว่านั้นการพึ่งพาตนเองด้วยไบโอดีเซลยังเป็นการตอบสนองพระราชกระแสรับสั่งของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่ทรงริเริ่มพลังงานทางเลือกเพื่อการพึ่งพาตนเอง ในปัจจุบันนี้จากการวิจัยเกี่ยวกับไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่องโดยตลอดของกรมอุทการเรือทำให้เกิดโครงการต่อเนื่องขึ้นมาหลายโครงการ ตัวอย่างเช่น การนำไบโอดีเซลไปใช้ทดสอบในรถกระบะจำนวน 4 คัน โดยแต่ละคันจะใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลแตกต่างกัน และจะวิ่งเป็นระยะทางโดยเฉลี่ยประมาณ 50,000 กิโลเมตร เพื่อทำการวัดสมรรถนะทั้งกำลังม้าเบรกและแรงบิด หรือ การนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซธรรมชาติในพาหนะขนาดใหญ่ ได้แก่ รถยนต์โดยสารและรถบรรทุกเพื่อการขนส่งของกองทัพเรือ เป็นต้น

สำหรับการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ของเรือขนาดบรรทุกทุกคนโดยสาร 300 คน ของทางกองทัพเรือ นั้น เป็นความร่วมมือกันระหว่างกรมอุทการเรือกับบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) เนื่องจากในปัจจุบันถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำไบโอดีเซลมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่ออกมาเป็นจำนวนมาก แต่งานวิจัยโดยส่วนใหญ่ นั้น ไบโอดีเซลที่ใช้ในการทำวิจัยจะผลิตมาจากน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดเรพ น้ำมันทอดอาหารเหลือทิ้ง หรือพืชพื้นเมืองของประเทศอินเดีย ส่วนเครื่องยนต์มักจะเป็นเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งหรือรถโดยสารและทำการศึกษาที่สภาวะทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์เรือ โดยใช้ไบโอดีเซล บี100 ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มและทำการศึกษาในสภาวะการทำงานจริงมาทำการเปรียบเทียบกับเมื่อใช้ไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง โดยศึกษามุ่งเน้นทั้งในด้านของสมรรถนะ การปล่อยมลพิษ และผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ซึ่งการศึกษาในเรื่องนี้ยังมีข้อมูลไม่มากนักจากสาเหตุที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้ดำเนินการงานวิจัยในครั้งนี้

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการใช้ไบโอดีเซล บี100 ในเครื่องยนต์เรือ ยี่ห้อ MAN รุ่น D2842 LE และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยี่ห้อ MAN รุ่น D2866 TE ของเรือ ทั้งในด้านของสมรรถนะ การปล่อยมลพิษ และผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยเป็นการดูถึงความเหมาะสมในการนำไบโอดีเซล บี100 ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเรือ เปรียบเทียบกับเมื่อใช้ไบโอดีเซล บี5



การตรวจเอกสาร

ไบโอดีเซล (biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน เช่น น้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ โดยมีคุณสมบัติการเผาไหม้ เหมือนกับดีเซลจากปิโตรเลียมมาก คุณสมบัติสำคัญของไบโอดีเซลคือ สามารถย่อยสลายได้เอง ตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติ (biodegradable) และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าน้ำมันดีเซล (สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553)

การนำมาใช้กับเครื่องยนต์

ทุกวันนี้เนื่องจากไบโอดีเซลเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงทางเลือกที่ผู้คนให้ความสนใจกันเป็นอย่างมาก ทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำไบโอดีเซลมาใช้กับเครื่องยนต์ถูกตีพิมพ์ออกมานับเป็นหลายร้อยงานวิจัย เช่นตัวอย่างดังต่อไปนี้

Laforgia and Ardito (1995) ทำการหาค่าสมรรถนะทั้งหมด การปล่อยมลพิษ และแนวโน้มการเผาไหม้ ของไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์และไบโอดีเซลที่เพิ่มเมทานอล 10% เข้าไป (ชนิด B) ในเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบแบบอินไดเร็กอินเจกชันให้กำลังปานกลาง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า หากตั้งเวลาการฉีดล่วงหน้า 30% จะทำให้ระดับของมลพิษลดลงได้มากที่สุด ไม่ว่าเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์หรือชนิด B นอกจากนี้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้ออกมาจะใกล้เคียงกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นไบโอดีเซลจึงสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อแทนที่น้ำมันดีเซลได้

Monyem and Gerpen (2001) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของไบโอดีเซลที่ถูกออกซิไดซ์ และไม่ถูกออกซิไดซ์ ทั้งในแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี20) ที่มีต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็กอินเจกชันอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 4 สูบ รุ่น John Deere 4276T ทั้งในสภาพโหลด 20 และ 100% ที่สภาวะสมำเสมอ ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที (rpm) เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้น้ำมันดีเซล หมายเลข 2 เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งได้บทสรุปออกมาดังนี้ ไบโอดีเซลทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองให้สมรรถนะใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 แต่มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงกว่า มีการปล่อยมลพิษของก๊าซไอเสียชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น CO UHC PM และควัน ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไบโอดีเซลที่ถูกออกซิไดซ์ แบบบริสุทธิ์ จะลดได้มากที่สุด ยกเว้น NO_x ที่การปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Kral *et al.* (2002) นำไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดเรพโดยกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (10 20 30 40 50 60 70 80 และ 90% โดยปริมาตร) รวมทั้งน้ำมันดีเซล ไปใช้กับเครื่องยนต์ทดสอบ 4 จังหวะ 1 สูบ แบบไคเรคอินเจ็คชั่นทำให้เย็นโดยใช้อากาศ 4 จังหวะ และรถแทรกเตอร์อีก 2 คัน เพื่อศึกษาการปล่อยมลพิษของไอเสียที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ โดยจากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ ไม่พบอัตราส่วนของไบโอดีเซลแบบผสมที่เหมาะสมในการลดการปล่อยมลพิษให้เหลือน้อยที่สุด และในทางตรงกันข้ามก็ไม่พบอัตราส่วนของไบโอดีเซลแบบผสมที่ส่งผลในทางลบต่อการปล่อยมลพิษมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าไบโอดีเซลมีศักยภาพจากสารพิษที่ทำให้เกิดการฝ่าเหล่าซึ่งอยู่ใน PM ที่ปล่อยออกมาลดลงเป็นอย่างมาก ในขณะที่การปล่อยมลพิษของเบนซิน (สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน) NO_x และไอโซนระดับภาคพื้นดินเพิ่มขึ้น

Ryu and Oh (2003) ได้ทำการหาผลกระทบของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันรำข้าว ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี20 และบี50) ที่มีต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลแบบอินไคเรคอินเจ็คชั่นทำให้เย็นโดยใช้น้ำ 4 จังหวะ 4 สูบ เปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยได้ผลสรุปออกมาดังนี้ ไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ให้แรงบิดและกำลังใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล มีการปล่อยมลพิษของควันลดลงเป็นอย่างมากที่สภาวะโหลดสูง ในขณะที่มีการปล่อยมลพิษของ NO_x เพิ่มขึ้นที่สภาวะโหลดต่ำและปานกลาง แต่ที่สภาวะโหลดสูงมีปริมาณการปลดปล่อยมลพิษใกล้เคียงกับของน้ำมันดีเซล ส่วนไบโอดีเซลแบบผสมมีการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคและการปล่อยมลพิษของควันลดลงตามเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของไบโอดีเซล เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าไบโอดีเซลสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลแบบอินไคเรคอินเจ็คชั่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Usta *et al.* (2005) ได้สำรวจผลกระทบของไบโอดีเซลที่ผลิตจาก ของผสมระหว่างผลิตผลพลอยได้จากเฮเซลินัท (ผลของต้นเฮเซลซึ่งเป็นต้นไม้ขนาดเล็กจำพวกคอร์รัส) กับน้ำมันทานตะวัน เหลือทิ้ง ที่มีต่อสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลแบบอินไคเรคอินเจ็คชั่น อัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 4 จังหวะ 4 สูบ ที่สภาวะโหลดเต็มที่และบางส่วน ซึ่งนำไบโอดีเซลมาทดลองทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสมกับน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 (5 10 15 17.5 และ 25% โดยปริมาตร) และจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ ไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์โดยเฉพาะที่อุณหภูมิมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก ทำให้ไม่ควรนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล ส่วนไบโอดีเซลแบบผสม ในด้านสมรรถนะให้แรงบิดและกำลังที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลทั้งที่สภาวะโหลดเต็มที่และบางส่วน โดยเฉพาะไบโอดีเซลแบบผสม 17.5% โดยปริมาตร จะให้กำลังและ

ประสิทธิภาพทางด้านความร้อนได้ดีที่สุด และในด้านการแพร่ ที่สภาวะโหลดเต็มที่ การปล่อยมลพิษของ CO แปรผกผันกับความเร็วรอบ (สูงกว่าหรือต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล) ขณะที่การปล่อยมลพิษของ CO₂ สูงขึ้นในช่วงความเร็วรอบที่ทดลอง แต่ที่สภาวะโหลดบางส่วน การแพร่ของ CO และ CO₂ เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สำหรับ NO_x การปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้นทั้ง 2 สภาวะ นอกจากนี้ยังไม่สังเกตพบการสึกหรอหรือผลกระทบที่ชัดเจนต่อส่วนประกอบของเครื่องยนต์ เพราะฉะนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า ไบโอดีเซลแบบผสมสามารถนำมาใช้แทนที่น้ำมันดีเซลได้ในสภาวะทำงานส่วนใหญ่ โดยไม่จำเป็นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์

Lin and Lin (2006) ทำการเปรียบเทียบสมบัติเชื้อเพลิง สมรรถนะที่ให้แก่เครื่องยนต์ และลักษณะการปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงดีเซล 4 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย ไบโอดีเซลที่มีการเพิ่มกระบวนการทำให้กลายเป็นออกไซด์ที่มีออกซิเจน 2 อะตอม (กระบวนการเปอร์ออกซิเดชัน) เข้าไป ไบโอดีเซลที่ไม่ได้เพิ่มกระบวนการเปอร์ออกซิเดชัน ไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ และน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 ตามมาตรฐาน ASTM โดยมีบทสรุปดังนี้ เชื้อเพลิงดีเซลทั้ง 4 ประเภท มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรก อัตราส่วนที่เท่ากัน และอุณหภูมิก๊าซไอเสีย แปรผันตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ ในขณะที่การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก การปล่อยมลพิษของ CO₂ CO และ NO_x แปรผกผันกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ และเมื่อนำไบโอดีเซลทั้ง 3 ประเภท มาเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลพบว่า ไบโอดีเซลทั้ง 3 ประเภท มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรกสูงกว่า ส่วนการปล่อยมลพิษของ CO₂ และ CO รวมทั้งอุณหภูมิก๊าซไอเสียต่ำกว่า โดยไบโอดีเซลที่มีการเพิ่มกระบวนการเปอร์ออกซิเดชันเข้าไปจะเป็นเชื้อเพลิงทดสอบที่มีอัตราส่วนที่เท่ากัน การปล่อยมลพิษของ CO₂ CO และ NO_x ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่า กระบวนการเปอร์ออกซิเดชันสามารถใช้ปรับปรุงสมบัติเชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษของไบโอดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Labeckas and Slavinskas (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของไบโอดีเซลที่ได้จากเมล็ดเรพ โดยกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (ปี 5 ปี 10 ปี 20 และปี 35) ที่มีต่อ สมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษ ของเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็คอินเจกชัน 4 จังหวะ 4 สูบ ที่ยังไม่ได้ทำการดัดแปลง ซึ่งผลสรุปในส่วนของไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลได้ออกมาดังนี้

- การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่แรงบิดสูงสุด (273.5 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง) สูงกว่าอยู่ 18.7% และที่ค่าดังสูงสุด (281 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง) สูงกว่าอยู่ 23.2%

- ประสิทธิภาพทางด้านการร่อนเบรกสูงสุดอยู่ในช่วง 0.356 ถึง 0.398 (น้ำมันดีเซลอยู่ในช่วง 0.373 ถึง 0.383)
- ปริมาณการปล่อยมลพิษของ NO_x ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm อยู่ที่ 2107 ส่วนต่อล้าน (ppm)
- การปล่อยมลพิษของ CO ที่อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.6 ต่ำกว่าอยู่ 51.6% ปริมาณควันที่มองเห็นที่อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงค่าเดียวกัน ต่ำกว่าอยู่ประมาณ 60.3% และการปล่อยมลพิษของ UHC อยู่ในช่วง 5-21 ppm

Jeong *et al.* (2006) ได้ศึกษาถึงลักษณะเฉพาะเกี่ยวกับสมบัติเชื้อเพลิง สมรรถนะที่ให้แก่เครื่องยนต์ และการปล่อยมลพิษของไอเสีย ของไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดเรพโดยกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี20) ในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็คอินเจกชัน ทำให้เย็นโดยใช้น้ำ 4 จังหวะ 1 สูบ เปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยได้บทสรุปออกมาดังนี้ ไบโอดีเซลมีสมบัติทางเคมีกายภาพและสมรรถนะที่ให้แก่เครื่องยนต์เทียบเคียงได้กับน้ำมันดีเซล แต่ทั้งไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์และแบบผสมมีการสิ้นเปลืองที่สถานะโหลดสูงมากกว่าน้ำมันดีเซล ขณะที่ในด้านของการปล่อยมลพิษทั้งไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์และแบบผสมมีการปล่อยมลพิษของควันน้อยกว่า ส่วนการแพร่ของ CO CO_2 และ NO_x เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพราะฉะนั้นจากค่าในด้านต่างๆที่แสดงออกมาทำให้ระบุได้ว่า ไบโอดีเซลสามารถแทนที่น้ำมันดีเซลภายใต้สภาวะทำงานส่วนใหญ่ได้เพียงแค่บางส่วน (ควรใช้เป็นแบบผสม) โดยไม่จำเป็นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์

Canakci (2007) ได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะการเผาไหม้และการปล่อยมลพิษของไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลือง กับน้ำมันดีเซล หมายเลข 1 และน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 ที่สภาวะสม่ำเสมอในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็คอินเจกชันอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 4 สูบ โหลดเต็มที่ ความเร็วรอบ 1400 rpm โดยได้ผลสรุปออกมาดังนี้

- ไบโอดีเซลมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าน้ำมันดีเซลทั้ง 2 ชนิด
- เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 ไบโอดีเซลลดการปล่อยมลพิษของ CO UHC และควันลงเป็นอย่างมาก แต่จะเพิ่มการปล่อยมลพิษของ NO_x ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล หมายเลข 1 ผลที่ได้จะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน
- ไบโอดีเซลมีอุณหภูมิก๊าซไอเสียต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทั้ง 2 ชนิด

- จากการที่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงเร็วกว่าและระยะเวลาล่าช้าในการฉีดไฟลงของไบโอดีเซล ทำให้อิอดีเซลฉีดไฟเร็วกว่าน้ำมันดีเซล หมายเลข 2

Kaul *et al.* (2007) ทำการประเมินพฤติกรรมการกักกรองของไบโอดีเซลที่ถูกสังเคราะห์จากน้ำมันที่กินไม่ได้ ตัวอย่างเช่น สนุ่นดำ คาร์นจา มาฮัว และซัลวาโดรา ที่มีต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ตัวอย่างเช่น โลหะลูกสูบและปลอกลูกสูบ ซึ่งได้บทสรุปออกมาดังนี้ ไบโอดีเซลจากมาฮัวและคาร์นจาไม่แสดงการกักกรองต่อโลหะลูกสูบและปลอกลูกสูบ แต่ทว่าไบโอดีเซลจากซัลวาโดรา มีผลกระทบในการกักกรองต่อชิ้นส่วนทั้ง 2 อย่างชัดเจน เนื่องจากมีสารประกอบซัลเฟอร์อยู่สูง (ประมาณ 1600 ppm) จึงเหมาะนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงความสามารถหล่อลื่นให้กับน้ำมันดีเซลมากกว่า ส่วนไบโอดีเซลจากสนุ่นดำมีผลกระทบในการกักกรองต่อปลอกลูกสูบเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (linoleic acid) อยู่มากกว่ากรดไขมันทั่วไปคิดเป็นสัดส่วนถึง 18 ต่อ 2

Tsolakis *et al.* (2007) ศึกษาผลกระทบของไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมล็ดเรพโดยกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชันแล้วนำการหมุนเวียนซ้ำของก๊าซไอเสีย (Exhaust Gas Recirculation หรือ EGR) มาร่วมด้วย ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสมกับน้ำมันดีเซลที่มีซัลเฟอร์ในระดับต่ำมาก (Ultra-Low Sulphur Diesel หรือ ULSD) (บี20 และบี50) ที่มีต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเรคอินเจคชั่นอัดสูญญากาศในกระบอกสูบ จำนวน 1 ลูก ที่ติดตั้งระบบการฉีดซึ่งปั๊มเชื้อเพลิงผ่านท่อทางเดินไปยังหัวฉีด (pump-line-nozzle injection system) พร้อมทั้งไม่ได้ทำการดัดแปลง โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ ULSD เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งทำการสรุปได้ดังต่อไปนี้ ไบโอดีเซลทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสมทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลกลายเป็นการเผาไหม้แบบแอ็คควานซ์ รวมทั้งส่งผลต่อเนื่องให้ความดันและอุณหภูมิกระบอกสูบเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเชื้อเพลิงเกิดการติดไฟก่อน นอกจากนี้สำหรับไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ การเผาไหม้แบบแอ็คควานซ์ยังทำให้การปล่อยมลพิษของควัน HC และ CO ลดลง ขณะที่การปล่อยมลพิษของ NO_x กับการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำ EGR มาร่วมด้วยทำให้ไบโอดีเซลมีระดับการปล่อยมลพิษของ NO_x ลดลงมากใกล้เคียงกับ ULSD และการปล่อยมลพิษของควันยังลดลง

Tat *et al.* (2007) ทำการหาผลกระทบของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองโดยกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน พร้อมทั้งทำการดัดแปลงลักษณะทางพันธุกรรมจนกลายเป็นไบโอดีเซลจากน้ำมันถั่วเหลืองที่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูง (มากกว่า 85%) ที่มีผลต่อการปล่อย

มลพิษของไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็คอินเจ็คชั่นอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 4 จังหวะ 4 สูบ ซึ่งกระบอกสูบมีปริมาตร 4.5 ลิตร รุ่น John Deere 4045T เปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองตามปกติและกรณีที่ใช้ไบโอดีเซล หมายเลข 2 เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งได้บทสรุปจากผลการทดลองว่า น้ำมันถั่วเหลืองที่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูงมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตไบโอดีเซลมากกว่าน้ำมันถั่วเหลืองตามปกติ เนื่องจากไบโอดีเซลจากน้ำมันถั่วเหลืองที่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูงมีสมบัติการไหลในสภาพอากาศหนาวเย็นดีกว่า ส่วนการปล่อยมลพิษของ NO_x น้อยกว่า ในขณะที่ทั้งการปล่อยมลพิษของ UHC น้อยกว่าและควันมากกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Zheng *et al.* (2008) ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของไอเสียระหว่างไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ที่ผลิตจากถั่วเหลือง คาโนลา และไขมันสัตว์เหลือทิ้งจากภัตตาคารกับ ULSD ที่สภาวะทำงานต่างๆ ในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็คอินเจ็คชั่น 4 จังหวะ 1 สูบ โดยสามารถนำผลทดสอบมาสรุปได้ดังต่อไปนี้ ในสภาวะทำงานที่โหลดสูง การปล่อยมลพิษของ NO_x ขึ้นอยู่กับตัวเลขซีเทนของเชื้อเพลิง ไบโอดีเซลที่มีตัวเลขซีเทนคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลมีการปล่อยมลพิษของ NO_x สูงกว่าน้ำมันดีเซล ส่วนไบโอดีเซลที่มีตัวเลขซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซลมีการปล่อยมลพิษของ NO_x ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ถัดมาที่สภาวะสม่ำเสมอ ทั้งโหลดปานกลางและโหลดต่ำ เมื่อนำปริมาณเขม่าดำไปเขียนกราฟกับความล่าช้าในการติดไฟเนื่องจาก EGR ทำให้ได้กราฟมา 2 เส้น โดยกราฟเส้นแรกเขม่าดำเพิ่มตาม EGR ซึ่งสอดคล้องกับแบบการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง แต่กราฟเส้นที่ 2 เขม่าดำลดเมื่อ EGR เพิ่มซึ่งสอดคล้องกับแบบการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำ การปล่อยมลพิษของ NO_x และเขม่าดำมีปริมาณต่ำในบริเวณของกราฟที่ปริมาณ EGR อยู่ในช่วง 55 ถึง 65% ในขณะที่ความล่าช้าในการติดไฟถูกยืดออกไปจากเดิม 80 ถึง 100% ซึ่งในบริเวณนี้ภายใต้สภาวะโหลดต่ำ น้ำมันดีเซลสูญเสียประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ถึง 20% ส่วนไบโอดีเซลสูญเสียประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่ถึง 10% แต่ถ้าพ้นบริเวณนี้ไปจะส่งผลเสียหลายด้าน ทำให้การปล่อยมลพิษของ CO และ ไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (Total Hydrocarbon หรือ THC) เพิ่มขึ้น รวมทั้งประสิทธิภาพทางด้านความร้อนลดลง

Utlu and Koçak (2008) ได้ดำเนินการทดสอบปัจจัยที่ได้มาจากการทดลองของเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเร็คอินเจ็คชั่นอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 4 สูบ โดยใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันทอดอาหารเหลือทิ้งมาเป็นเชื้อเพลิง และทำการพิจารณาที่สภาวะการทำงานสม่ำเสมอเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 ซึ่งได้บทสรุปออกมาดังต่อไปนี้ ไบโอดีเซลมีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซล มีค่าการให้ความร้อนต่ำกว่าแต่มีความหนาแน่นและ

ความหนืดสูงกว่าจึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่ 14.34% ส่วนการปล่อยมลพิษของ CO ต่ำกว่าอยู่ 17.14% และของ NO_x ต่ำกว่าอยู่ 1.45% แต่ความหนาแน่นของควันเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 22.46% ในขณะที่อุณหภูมิไอเสียลดลงโดยเฉลี่ย 6.5% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล เพราะฉะนั้นไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันทอดอาหารเหลือทิ้งสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่จำเป็นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์หรือระบบการฉีดก่อน จึงสามารถที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อแทนที่น้ำมันดีเซลได้

Kapilan and Reddy (2008) ทำการเตรียมไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันมาฮัวโดยกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชันซึ่งใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี20) แล้วนำน้ำมันมาฮัว ไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ และ ไบโอดีเซล บี20 ไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล โดยเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบไดเรคอินเจกชันความเร็วรอบคงที่ 4 จังหวะ 1 สูบ และสามารถนำผลการทดลองมาสรุปได้ดังต่อไปนี้ น้ำมันมาฮัวมีประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรกดัตว์และการปล่อยมลพิษของควันสูงกว่าไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ ไบโอดีเซล บี20 และน้ำมันดีเซล ส่วนไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์มีค่าความหนืด ความหนาแน่น และจุดวาบไฟต่ำกว่าน้ำมันมาฮัว ขณะที่ค่าการให้ความร้อนสูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลจะมีประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรกดัตว์ที่สภาวะโหลดสูงกว่าเพียงเล็กน้อย ทำให้เมื่อเครื่องยนต์ทดสอบนำไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ รวมทั้งไบโอดีเซล บี20 มาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะวิ่งได้เรียบเหมือนกับเวลาที่ใช้ น้ำมันดีเซล

Karabektas (2009) ทำการสำรวจปัจจัยทางสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไดเรคอินเจกชัน 4 จังหวะ 4 สูบ โดยทำการทดสอบกับน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดเรพโดยกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน ที่สภาวะโหลดเต็มที่ ในช่วงความเร็วรอบระหว่าง 1200 ถึง 2400 rpm และจะเว้นเป็นช่วงๆละ 200 rpm ทั้งที่สภาวะอัดสูญญากาศในกระบอกสูบและอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งสามารถสรุปออกมาได้ดังต่อไปนี้

- น้ำมันดีเซลทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเบรคและแรงบิดสูงกว่าเมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ทั้งในสภาวะอัดสูญญากาศในกระบอกสูบและอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยที่สภาวะอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทั้ง 2 ค่าของไบโอดีเซลมีความใกล้เคียงกับของน้ำมันดีเซล

- การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคของไบโอดีเซลสูงกว่าน้ำมันดีเซลทั้งที่สภาวะอัดสูญญากาศในกระบอกสูบและอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
- ที่สภาวะอัดสูญญากาศในกระบอกสูบการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทำให้ได้ประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรคสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ในขณะที่สภาวะอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางยิ่งทำให้ประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรคที่ได้จากไบโอดีเซลสูงยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล
- ไบโอดีเซลมีการปล่อยมลพิษของ NO_x สูงกว่า ส่วนการปล่อยมลพิษของ CO ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ทั้งในสภาวะอัดสูญญากาศในกระบอกสูบและอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

เมื่อพิจารณาจากผลสรุปที่ออกมาทำให้สามารถกล่าวได้ว่าการใช้ไบโอดีเซลจะปรับปรุงสมรรถนะและการแพร่ของเครื่องยนต์ที่อัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางได้ดีกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล

Pehan *et al.* (2009) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ที่ผลิตจากเมล็ดเรพที่มีต่อลักษณะการตอบสนองระหว่างพื้นผิวที่เสียดสีกันขณะเคลื่อนไหวย (tribology characteristics) บางอย่างของเครื่องยนต์ดีเซลในรถโดยสารประจำทาง ร่วมกับระบบการฉีดเชื้อเพลิงที่ถูกควบคุมทางกลศาสตร์ โดยจากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า ไบโอดีเซลทำให้พื้นผิวของปั๊มมีความขรุขระมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลถึงชายปั๊มจนทำให้สภาพการเคลื่อนไถลแย่ลง ไม่ว่าใช้ไบโอดีเซลหรือน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 สภาพตะกอนคาร์บอนในห้องเผาไหม้ต่างก็คล้ายกัน มีจุดที่แตกต่างกันแค่ถ้าเปลี่ยนจากน้ำมันดีเซล หมายเลข 2 มาเป็นไบโอดีเซลจะทำให้ตะกอนแพร่กระจายอีกครั้ง ตัวทำลายในไบโอดีเซลเป็นสาเหตุทำให้ตะกอนที่มีอยู่เดิมภายในหัวฉีดเกิดการขยายตัวจนส่งผลทำให้สัมประสิทธิ์การปล่อยออกมีค่าลดลง และความคลาดเคลื่อนของสัมประสิทธิ์การปล่อยออกจำเป็นต้องนำมาคำนวณด้วยเฉพาะในกรณีที่ต้องการให้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขมีความแม่นยำสูงเท่านั้น

Öner and Altun (2009) ทำการสำรวจความเหมาะสมในการนำไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันสัตว์ซึ่งกินไม่ได้ ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี5 บี20 และบี50) มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไคเรคอินเจกชั่น 4 จังหวะ 1 สูบ โดยจากผลการทดลองสามารถนำมาสรุปได้ดังนี้ ไบโอดีเซลมีความหนืดและความหนาแน่นสอดคล้องกับมาตรฐาน ASTM D 6751 และ EN 14214 ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับค่าของน้ำมันดีเซลมาก มีสมรรถนะเครื่องยนต์เทียบเคียงได้กับเมื่อใช้

น้ำมันดีเซล และมีการปล่อยมลพิษของ CO NO_x ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) รวมทั้งความถี่ของควั่นลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยเฉพาะไบโอดีเซล บี20 แต่ไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ไม่สามารถนำมาใช้ได้ ในสภาพอากาศหนาวเย็น เนื่องจากมีจุดไหลเทต่ำ เมื่อพิจารณาจากข้อสรุปโดยรวมแล้วไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันสัตว์ซึ่งกินไม่ได้ ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสมสามารถนำมาใช้แทนที่น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์แบบไดเร็กอินเจกชันได้ โดยไม่จำเป็นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ก่อน

Fontaras *et al.* (2009) ทำการศึกษาผลกระทบของไบโอดีเซลที่ผลิตจากถั่วเหลือง ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี50) ที่มีต่อการปล่อยของมลพิษที่ถูกควบคุมและไม่ถูกควบคุม ซึ่งประกอบด้วย CO₂ CO NO_x PM จำนวนและขนาดของอนุภาคที่แพร่กระจาย รวมถึงสารก่อมะเร็ง หรือสารประกอบคาร์บอนิว (อัลดีไฮด์และคีโตน) พร้อมทั้งสมรรถนะเครื่องยนต์ทั้งหมด การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และการสึกหรอ ในรถโดยสารเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานยูโร 2 ที่ได้ทำการติดตั้งแซชซิสไดนาโมมิเตอร์เอาไว้ โดยพิจารณาทั้งสภาวะขับขี่ตามที่กฎหมายบัญญัติและสภาวะขับขี่จริง ซึ่งสามารถสรุปออกมาได้ดังต่อไปนี้ ในสภาพอากาศหนาวเย็นไบโอดีเซลแสดงให้เห็นถึงผลกระทบในทางลบที่มีต่อการปล่อยมลพิษที่ถูกควบคุมและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ขณะที่ในสภาพอากาศร้อนไบโอดีเซลแสดงให้เห็นถึงผลกระทบในทางบวกของการปล่อยมลพิษ โดยเฉพาะการปล่อยมลพิษของ PM แต่การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงยังคงเพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนอนุภาคทั้งหมด สารประกอบคาร์บอนิว และชิ้นส่วนโลหะที่พบในน้ำมันหล่อลื่นก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นหากกล่าวโดยสรุปสำหรับการนำไบโอดีเซลมาใช้ในเครื่องยนต์ทั่วไป ผู้ใช้ควรที่จะทำการศึกษเกี่ยวกับยานพาหนะและสภาวะการทำงานให้ดีเสียก่อน

Sahoo *et al.* (2009) ได้ศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำไบโอดีเซลที่ผลิตจากสบู่ดำ คาร์นจา และโพรงกา โดยผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ทั้งแบบบริสุทธิ์และแบบผสม (บี20 และบี50) รวมทั้งน้ำมันดีเซล มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แทรกเตอร์แบบทำให้เย็นโดยใช้น้ำ 3 สูบ โดยพิจารณาที่ตำแหน่งเปิดคันบังคับลิ้นควบคุมน้ำมันเต็มที่และบางส่วนของความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งได้บทสรุปออกมามีดังนี้ ที่ตำแหน่งเปิดคันบังคับลิ้นควบคุมน้ำมันเต็มที่ การใช้ไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์จากพืชทั้ง 3 ชนิด รวมทั้งไบโอดีเซล บี20 จากคาร์นจาและโพรงกา ทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลงที่ทุกความเร็วรอบ แต่สำหรับไบโอดีเซล บี50 จากสบู่ดำที่ความเร็วรอบ 2000 และ 2100 rpm ทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเพิ่มขึ้นได้มากที่สุด ในขณะที่ไบโอดีเซลแบบผสมทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองจะส่งผลให้เครื่องยนต์มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มตามเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของไบโอดีเซลและการปล่อยมลพิษของควั่นลดลงตามเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของไบโอดีเซล

ดีเซล ส่วนที่ตำแหน่งเปิดคันบังคับลื่นควมมน้ำมันบางส่วน ไบโอดีเซล บี20 จากสบูดำจะปรับปรุงการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคได้มากที่สุด ทำให้มีแนวโน้มว่าไบโอดีเซลแบบผสมที่อัตราส่วนมากกว่า 20% โดยปริมาตร จะทำให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคลดลง รวมทั้งยังลดควันที่ออกมาได้เป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ทั้งไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์และแบบผสมทำให้การปล่อยมลพิษของ HC และ PM ลดลงได้ค่อนข้างมาก แต่สำหรับการปล่อยมลพิษของ CO NO_x และ HC ที่รวมกับ NO_x เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

การนำมาใช้ในเรือ

แนวความคิดเกี่ยวกับการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เรือมีมาเป็นระยะเวลานานใกล้เคียงกับประวัติศาสตร์ของเครื่องยนต์ดีเซล โดย Kahn (2008) ได้อธิบายไว้ว่า การใช้ไบโอดีเซลเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยสนับสนุนความเป็นอยู่ของชุมชนท้องถิ่น และทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตาม สำหรับคนเล่นเรือเหตุผลขั้นต้นในการใช้ไบโอดีเซลคือเพื่อกำจัดการปล่อยกลิ่น และความเป็นพิษที่มาจากน้ำมันดีเซล เพราะในน้ำมันดีเซลมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่า 40 ชนิด ในขณะที่ไบโอดีเซลลดการปล่อยของสารพิษหลายชนิดได้ในปริมาณที่มาก ตัวอย่างเช่น SO₂ CO และ PM

คนเล่นเรือมักบ่นเกี่ยวกับควันที่ออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซล เช่นเดียวกับเขม่าดำที่สะสมในกระบอกท้ายเรือและคาดฟ้าเรือ ซึ่งไบโอดีเซลสามารถลดปัญหาเหล่านี้ลงไปได้มาก ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลดีมากที่สุดคนเล่นเรือควรที่จะเลือกใช้ไบโอดีเซลแบบบริสุทธิ์ แต่ที่จริงแล้วแค่เลือกใช้ไบโอดีเซลระดับ บี20 (ไบโอดีเซล 20% กับ ดีเซล 80%) ก็สามารถลดควัน เขม่าดำ และสารพิษ ที่มาจากไอเสียของเครื่องยนต์ได้ในระดับหนึ่งแล้ว นอกจากนี้จากรายงานของเหล่าคนเล่นเรือยังกล่าวว่าไอเสียของไบโอดีเซลไม่ทำให้ระคายเคืองตาด้วย

การศึกษาของสถาบันแห่งชาติเพื่อความปลอดภัยในการอยู่อาศัยและสุขภาพแสดงให้เห็นว่า “ไบโอดีเซลจะไม่ทำอันตรายต่อปลา” มหาวิทยาลัยในแคลิฟอร์เนียได้ตีพิมพ์เอกสารเกี่ยวกับผลกระทบของไบโอดีเซลต่อพืชพรรณต่างๆ ที่อาศัยอยู่บริเวณที่ดินต่ำและชื้น รวมทั้งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ทางน้ำซึ่งพบว่า “ไบโอดีเซลมีความเป็นพิษน้อยกว่าน้ำมันดีเซลมาก” ไบโอดีเซลจะสลายตัวในอัตราเดียวกับน้ำตาล และเร็วกว่าน้ำมันดีเซล 4 เท่า จากการทดสอบโดยมหาวิทยาลัยไอดาโฮพบว่า “เมื่อนำน้ำมันดีเซลไปผสมกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนหนึ่ง ทำให้มีอัตราในการสลายตัวเร็วเป็น 3 เท่า ของน้ำมันดีเซลปกติ” นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังช่วยลดมลภาวะในน้ำ

เพราะไบโอดีเซลสามารถเผาไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องทำให้เครื่องยนต์มีการสะสมของเขม่าดำและการแพร่ของควันน้อยกว่าใช้น้ำมันดีเซล รวมทั้งการใช้เวลาในการอุ่นเครื่องเร็วกว่าใช้น้ำมันดีเซลยังช่วยลดปริมาณของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดซึ่งจะปล่อยลงไปในน้ำ

สำหรับผลของไบโอดีเซลต่อเครื่องยนต์เรือ เนื่องจากไบโอดีเซลมีความหล่อลื่นและเลขซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งการที่เชื้อเพลิงมีความสามารถในการหล่อลื่นได้เพียงพอแสดงว่าจะช่วยลดการสึกกร่อนแตกร้าวก่อนเวลาของอุปกรณ์ รวมถึงเพิ่มสมรรถนะ ยืดอายุการใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานของเครื่องยนต์ ส่วนการที่มีเลขซีเทนสูงกว่าหมายความว่า จะทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เครื่องยนต์ติดได้ง่ายขึ้น มีสมรรถนะและความคงทนที่สูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพและกำลังที่ออกมาของเครื่องยนต์ ทำให้ควันขาวที่ปล่อยออกมาน้อยลง

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นเห็นได้ว่าการนำไบโอดีเซลมาใช้ในเรือส่งผลดีเป็นอย่างมากทั้งสิ่งแวดล้อมทางน้ำและต่อเครื่องยนต์เรือเอง โดยการใช้งานไบโอดีเซลในน้ำไม่ต้องการการปรับแต่งนอกเหนือไปจากการทำความสะอาดถังเชื้อเพลิงและเปลี่ยนท่อส่งเชื้อเพลิงบ้างในบางครั้ง ทำให้ผู้ผลิตเครื่องยนต์ดีเซลเรือในสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น ต่างยอมรับบทบาทที่มีมากขึ้นเรื่อยๆ ของไบโอดีเซลในการนำมาผสมใช้กับน้ำมันดีเซล หรือในกรณีส่วนใหญ่ที่นำแบบบริสุทธิ์ (บี100) (Wedell, 1999) ส่วนประเทศไทยนั้นยังมีการนำมาใช้ในภาคการขนส่งทางน้ำไม่มากนัก และส่วนใหญ่ที่ใช้ก็เป็นไบโอดีเซลแบบผสม เนื่องจากคนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับพลังงานทางเลือกชนิดนี้ ดังนั้นการทดสอบสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษจากการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์เรือจึงมีความจำเป็น ซึ่งเป็นการศึกษาความเหมาะสมของไบโอดีเซลชนิด บี100 เมื่อนำมาใช้ในเรือ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. น้ำมันไบโอดีเซล บี100 ที่กรมอุทการเรือผลิตขึ้น
2. น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ได้รับสนับสนุนจาก การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
3. เครื่องยนต์เรือ ยี่ห้อ MAN รุ่น D2842 LE ของกรมอุทการเรือ
4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยี่ห้อ MAN รุ่น D2866 TE ของกรมอุทการเรือ
5. เครื่องวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบของก๊าซไอเสียแบบพกพา ยี่ห้อ TESTO รุ่น 300M ของ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
6. แวนขาย
7. เครื่องมือวัดความดันหัวฉีดแบบใช้มือปั๊ม ยี่ห้อ BOSCH รุ่น EFEP 60H ของกรมอุ
ทการเรือ
8. กล้องดิจิทัล สำหรับถ่ายภาพในระหว่างทำการทดลอง
9. คอมพิวเตอร์ สำหรับบันทึกข้อมูลการทดลอง

วิธีการ

1. การศึกษาข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร

ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการนำไบโอดีเซลไปใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซล โดย
ทำการศึกษารวบรวมทฤษฎี ข้อมูลต่างๆ และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์
สมรรถนะ การปล่อยมลพิษ และผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์เรือ ที่ใช้ไบโ
อดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง

2. การผลิตและจัดหาไบโอดีเซลสนับสนุนตลอดช่วงการทดลอง

นำน้ำมันปาล์มที่ทางกรมอุทการเรือได้รับมอบจากกรมศุลกากรไปใช้ผลิตไบโอดีเซล บี
100 ใช้กับเครื่องยนต์เรือหัวและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหัว ส่วนไบโอดีเซล บี5 ให้ทำการสั่งซื้อจาก
ทางปตท.เพื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือท้ายและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าท้าย



ภาพที่ 1 ระบบผลิตไบโอดีเซลชุมชนขนาด 6,000 ลิตรต่อวัน ของกรมอุทกหารเรือ

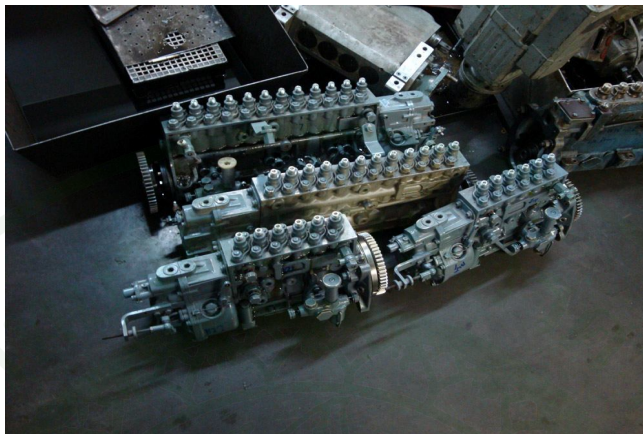
3. นำเชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภทไปใช้ทดลองกับเครื่องยนต์

3.1 อ่านระดับน้ำมันจากท่อพลาสติกซึ่งติดตั้งเอาไว้กับถังเชื้อเพลิงเพื่อหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ในหน่วย ลิตรต่อชั่วโมง (l/h) สำหรับเครื่องยนต์เรือหาค่าที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm มีโหลดเครื่องยนต์ 60% ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาค่าที่ความเร็วรอบ 1500 rpm มีโหลดเครื่องยนต์ 40% ซึ่งสาเหตุที่ทำการพิจารณาแค่ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพราะเป็นความเร็วรอบที่สอดคล้องกับความถี่ที่ 50 เฮิร์ตซ์ (ความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับในประเทศไทย) โดยทั้งเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในสภาวะการทำงานจริง

3.2 นำเครื่องวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของก๊าซไอเสียแบบพกพามาเสียบวัดท่อไอเสียของเครื่องยนต์เรือ ในขณะที่เรือแล่นและมีโหลดเครื่องยนต์ 60% วัดที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm เพื่อหาอุณหภูมิและปริมาณของ O_2 CO และ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ออกมา

3.3 โดยการใช้ Terry (2005) เป็นแนวทางในการพิจารณา ทำการถอดปั๊มเชื้อเพลิงและหัวฉีดออกจากเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยสำหรับปั๊มเชื้อเพลิงนำชิ้นส่วนต่างๆมาพิจารณาด้วยแวนชวยและประเมินการสึกหรอ การเกิดสนิม การเกิดเขม่าและตะกอน และการอุดตัน ส่วนหัวฉีดนำไปทดสอบความดันและการฉีดพ่นเชื้อเพลิงด้วยเครื่องมือวัดความดันหัวฉีดแบบใช้มือปั๊ม แล้วนำชิ้นส่วนต่างๆมาพิจารณาด้วยแวนชวยและประเมินเช่นเดียวกับปั๊มเชื้อเพลิง

หลังจากนั้นนำไปทำความสะอาด และปรับตั้งความดันรวมทั้งทดสอบการฉีดพ่นเชื้อเพลิงด้วยเครื่องมือวัดความดันแบบใช้มือปั๊มอีกครั้ง



ภาพที่ 2 สภาพปั๊มเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถอดออกมา



ภาพที่ 3 สภาพหัวฉีดที่ถอดออกมาพิจารณา

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภท มาพิจารณาและวิเคราะห์

4.1 หาค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption หรือ BSFC) โดยเริ่มจากการคำนวณหาค่ากำลังเบรก (Brake Power) จากสมการ

$$\text{Brake Power (ft} \cdot \text{lb}_f/\text{min)} = \text{bmep} \times L \times A \times N_p \quad (1)$$

หลังจากนั้นจึงนำ Brake Power มาทำการคำนวณร่วมกับอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่บันทึกไว้ เพื่อหาค่า BSFC ที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm สำหรับเครื่องยนต์เรือ และที่ความเร็วรอบ 1500 rpm สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{BSFC (g/kWh)} = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \quad (2)$$

4.2 ทำการหาค่าประสิทธิภาพทางด้านความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency หรือ η_{tb}) โดยเริ่มจากการนำไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ไปทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าความร้อนในการเผาไหม้ (Bomb Calorimeter) เพื่อหาค่าความร้อนรวม (Gross Heating Value หรือ Q_{gr}) ต่อมานำ Q_{gr} มาทำการคำนวณหาค่าความร้อนสุทธิ (Net Heating Value หรือ Q_{net}) จากสมการ

$$Q_{net} \text{ (MJ/kg)} = Q_{gr} - 0.2122H \quad (3)$$

หลังจากนั้นจึงนำ Q_{net} มาทำการคำนวณกับ Brake Power และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่หามา ก่อนหน้านี้ เพื่อหาค่า η_{tb} ที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm สำหรับเครื่องยนต์เรือ และที่ความเร็วรอบ 1500 rpm สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยคำนวณจากสมการ

$$\eta_{tb} (\%) = \frac{P_b}{\dot{m}_f \times Q_{net}} \times 100 \quad (4)$$

4.3 นำอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่วัดได้จากทั้งไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 มาทำการเปรียบเทียบพร้อมทั้งวิเคราะห์

4.4 นำ O_2 CO และ CO_2 ที่วัดได้จากทั้งไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 มาทำการเปรียบเทียบพร้อมทั้งวิเคราะห์

4.5 ทำการตรวจสอบค่าการสึกหรอ การเกิดสนิม การเกิดเขม่าและตะกอน และการอุดตันของปั๊มเชื้อเพลิงและหัวฉีดที่นำผลไปเทียบเคียงซึ่งได้มาจากการถอดชิ้นส่วนแล้วพิจารณาด้วยแว่นขยาย

5. สรุปผลและเขียนรายงาน

นำผลการพิจารณาและวิเคราะห์มาทำเป็นเอกสารการวิจัย สถานที่ในการทดสอบอยู่ที่กรมอุทกหารเรือ ซึ่งตั้งอยู่ที่ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพฯ ส่วนผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ที่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วง 1 ปี กับ 5 เดือน

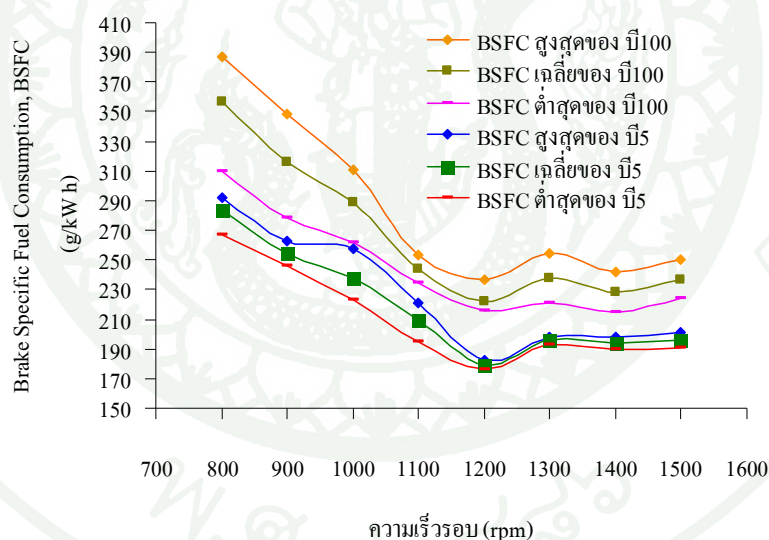


ผลและวิจารณ์

ผล

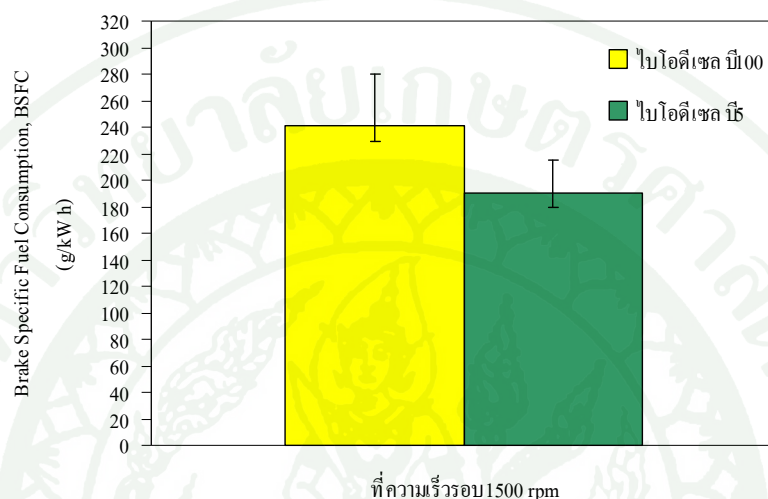
1. การหา BSFC ของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากภาพที่ 4 ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่า BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือ โดยค่า BSFC ของไบโอดีเซล บี100 มีค่าสูงกว่าของไบโอดีเซล บี5 หรือกล่าวได้ว่าไบโอดีเซล บี100 มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท พบว่า BSFC ของไบโอดีเซล บี100 มีค่าสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ในช่วง 16.14 ถึง 26.00%



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่า BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm

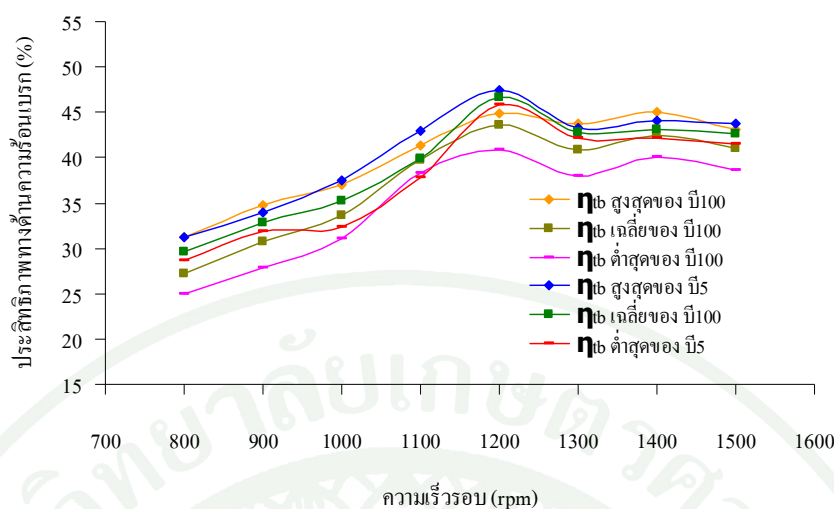
สำหรับความแตกต่างของค่า BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้แสดงเอาไว้ในภาพที่ 5 โดยจากภาพนี้ค่า BSFC ของไบโอดีเซล บี100 สูงกว่าไบโอดีเซล บี5 เช่นเดียวกับเมื่อนำไปใช้ในเครื่องยนต์เรือ ซึ่งหากพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท พบว่า BSFC ของไบโอดีเซล บี100 มีค่าสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ 26.55%



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบค่า BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 1500 rpm

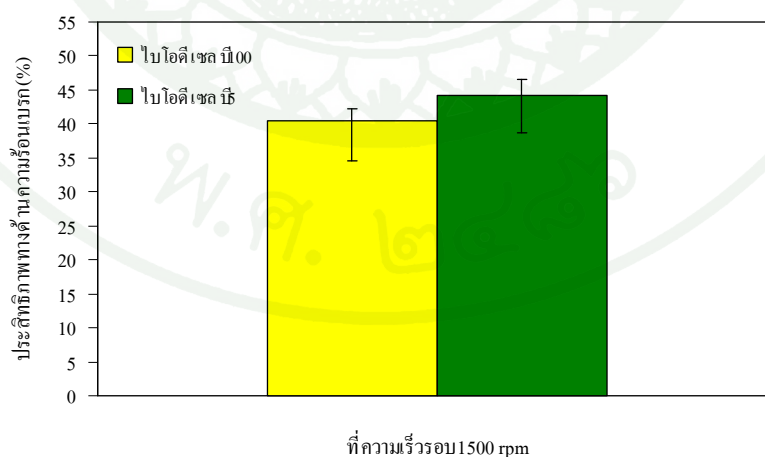
2. การหา η_b ของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากภาพที่ 6 ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่า η_b ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือ โดยค่า η_b ของไบโอดีเซล บี100 ต่ำกว่าของไบโอดีเซล บี5 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท พบว่า η_b ของไบโอดีเซล บี100 มีค่าต่ำกว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ในช่วง 0.55 ถึง 7.68%



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบค่า η_b ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1500 rpm

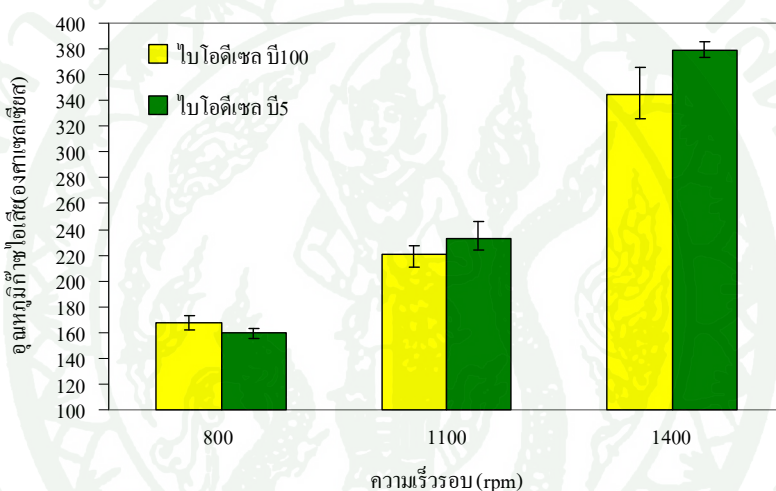
สำหรับความแตกต่างของค่า η_b ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้แสดงเอาไว้ในภาพที่ 7 โดยจากภาพนี้ค่า η_b ของไบโอดีเซล ปี100 มีค่าต่ำกว่าไบโอดีเซล ปี5 เช่นเดียวกับเมื่อนำไปใช้ในเครื่องยนต์เรือ หากพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภทพบว่า η_b ของไบโอดีเซล ปี100 มีค่าต่ำกว่าไบโอดีเซล ปี5 อยู่ 8.58%



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบค่า η_b ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 1500 rpm

3. อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

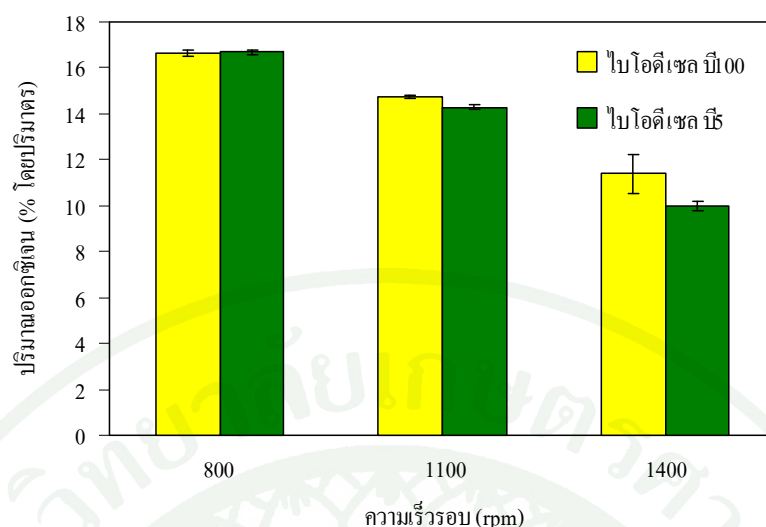
จากภาพที่ 8 ได้แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือเมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm เปรียบเทียบกันระหว่างใช้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง โดยที่ความเร็วรอบ 800 rpm เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีค่าสูงกว่าที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี5 อยู่ 4.71% ในขณะที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm หากพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีอุณหภูมิต่ำกว่าของไบโอดีเซล บี5 อยู่ 5.23 และ 9.02%



ภาพที่ 8 อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm

4. ปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

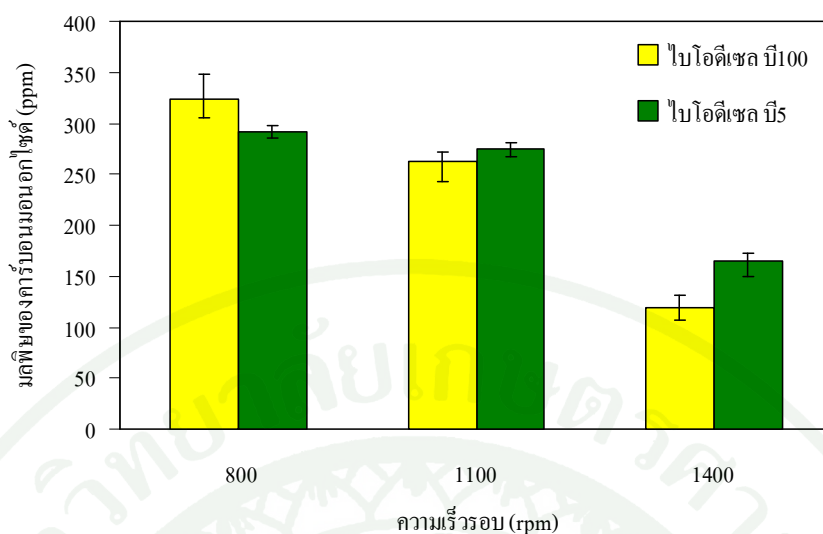
จากภาพที่ 9 ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือเมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm เปรียบเทียบกันระหว่างใช้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง โดยที่ความเร็วรอบ 800 rpm เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ย ปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีน้อยกว่าที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี5 อยู่ 0.18% ในขณะที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm หากพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีปริมาณ O_2 มากกว่า ของไบโอดีเซล บี5 อยู่ 3.50 และ 13.80%



ภาพที่ 9 ปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm

5. การปล่อยมลพิษของ CO ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

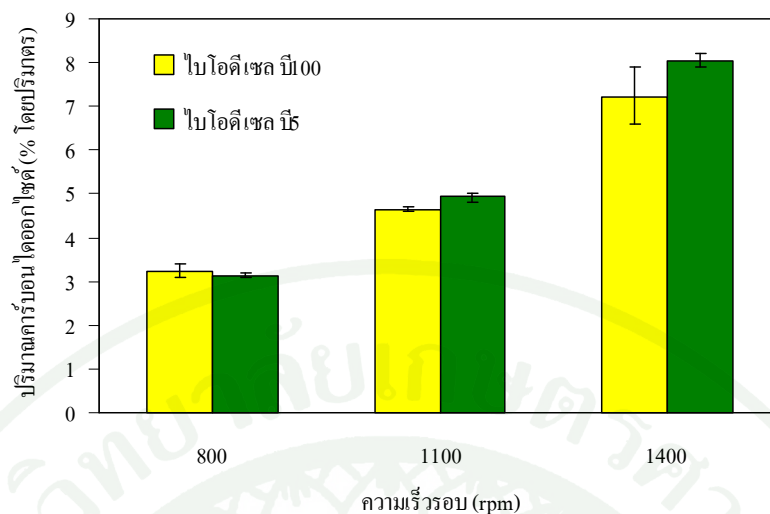
จากภาพที่ 10 ได้แสดงให้เห็นถึงการปล่อยมลพิษของ CO ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือเมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm เปรียบเทียบกันระหว่างใช้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง โดยที่ความเร็วรอบ 800 rpm เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ย CO ที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีมากกว่าที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี5 อยู่ 11.09% ในขณะที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm หากพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีการปล่อยมลพิษของ CO น้อยกว่าของไบโอดีเซล บี5 อยู่ 4.84 และ 27.25%



ภาพที่ 10 การปล่อยมลพิษของ CO ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm

6. ปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5

จากภาพที่ 11 ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือเมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm เปรียบเทียบกันระหว่างใช้ไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5 เป็นเชื้อเพลิง โดยที่ความเร็วรอบ 800 rpm เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ย ปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล ปี100 มีมากกว่าที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล ปี5 อยู่ 3.20% ในขณะที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm หากพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล ปี100 มีปริมาณ CO_2 น้อยกว่าของไบโอดีเซล ปี5 อยู่ 6.08 และ 10.09%



ภาพที่ 11 ปริมาณ CO₂ ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อเดินเครื่องที่ความเร็วรอบ 800 1100 และ 1400 rpm

7. ผลกระทบต่อปั๊มเชื้อเพลิงทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากตารางที่ 1 ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อปั๊มเชื้อเพลิงทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับแกนปั๊มเชื้อเพลิงได้ประเมินการเกิดสนิม ซึ่งพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี100 เป็นเชื้อเพลิงมีสนิมปรากฏถึง 5 ใน 6 ของจำนวนแกนทั้งหมด

ตารางที่ 1 ผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อปั๊มเชื้อเพลิง

ชิ้นส่วน	ผลกระทบ							
	การสึกหรอ		การเกิดสนิม		การเกิดเขม่าและตะกอน		การอุดตัน	
	บี100	บี5	บี100	บี5	บี100	บี5	บี100	บี5
แกนปั๊มเชื้อเพลิง	-	-	5/6	X	-	-	-	-
กรองหยาบในปั๊ม	-	-	-	-	-	-	50%	50%
ปลอกลูกปั๊ม	-	-	5/6	X	6/6	-	-	-
ลูกปั๊ม	-	-	3/6	X	-	-	-	-
เบ้าประคองแกนปั๊ม	-	-	4/6	X	-	-	-	-

หมายเหตุ สัญลักษณ์ “ - ” หมายถึง ไม่ได้ทำการประเมินหรือไม่สามารถประเมินได้

สัญลักษณ์ “ X ” หมายถึง ไม่พบความผิดปกติในหัวข้อดังกล่าว

สัญลักษณ์ “ _/ ” หมายถึง สัดส่วนที่เกิดปัญหาต่อจำนวนทั้งหมด

ชิ้นส่วนถัดมาคือกรองหยาบในปั๊มพบว่าทั้งไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่างส่งผลทำให้เกิดการอุดตันเท่ากันทั้งคู่ที่ประมาณ 50% ของพื้นที่ ที่ปลอกลูกปั๊มไบโอดีเซล บี100 ส่งผลทำให้เกิดทั้งสนิมกับเขม่าและตะกอน โดยเฉพาะเขม่าและตะกอน ซึ่งพบที่ปลอกลูกปั๊มทุกปลอก ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 ไม่พบสนิม และสำหรับลูกปั๊มกับเบ้าประคองแกนปั๊ม ผลกระทบจากการใช้ไบโอดีเซล บี100 เป็นเชื้อเพลิงนั้นก็ส่งผลทำให้เกิดสนิมต่อชิ้นส่วนทั้งสองเช่นเดียวกับชิ้นส่วนอื่นๆ

8. ผลกระทบต่อหัวฉีดทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากตารางที่ 2 ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อหัวฉีดทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เริ่มจากหัวฉีดจากการประเมินพบว่าทั้งไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่างส่งผลทำให้เกิดการอุดตันเท่ากันทั้งคู่ที่ประมาณ 20% ของพื้นที่ สำหรับเข็มหัวฉีดไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี100 หรือไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง ต่างก็ไม่พบความผิดปกติในหัวฉีดที่ทำการประเมินแต่ละหัวข้อ

ตารางที่ 2 ผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อหัวฉีด

ชิ้นส่วน	ผลกระทบ							
	การสึกหรอ		การเกิดสนิม		การเกิดเขม่าและตะกอน		การอุดตัน	
	บี100	บี5	บี100	บี5	บี100	บี5	บี100	บี5
รูหัวฉีด	-	-	-	-	-	-	20%	20%
เข็มหัวฉีด	X	X	X	X	X	X	X	X
เรือนหัวฉีด	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ สัญลักษณ์ “-” หมายถึง ไม่ได้ทำการประเมินหรือไม่สามารถประเมินได้
 สัญลักษณ์ “X” หมายถึง ไม่พบความผิดปกติในหัวข้อดังกล่าว

วิจารณ์

1. การหา BSFC ของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สำหรับสาเหตุที่ไบโอดีเซล บี100 มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 เป็นเพราะว่าไบโอดีเซล บี100 มีค่าความร้อนต่ำกว่าแต่ความหนาแน่นสูงกว่า (Utlu and Kocak, 2008) โดยจากผลการทดลองที่แสดงออกมาถือว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า เมื่อพิจารณาจากสมบัติที่แตกต่างกันของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท ในตารางผนวกที่ ก1 นอกจากนี้การที่หาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงออกมาในรูปของ BSFC ยังมีประโยชน์มากกว่าแค่รู้ว่าไบโอดีเซล บี100 มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 เนื่องจากค่า BSFC ที่ได้มานั้นสามารถที่จะนำไปใช้พิจารณาเปรียบเทียบเมื่อนำไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ไปใช้กับเครื่องยนต์อื่นซึ่งไม่ต้องเป็นเครื่องยนต์เรือก็ได้

2. การหา η_b ของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สาเหตุที่ไบโอดีเซล บี100 มีค่า η_b ต่ำกว่าไบโอดีเซล บี5 เป็นเพราะว่าไบโอดีเซล บี100 มีค่าความหนืดและความหนาแน่นสูงกว่า ประกอบกับมีค่าความร้อนต่ำกว่าไบโอดีเซล บี5 (Öner and Altun, 2009) การมีค่าความหนืดสูงกว่าทำให้ลดการกลายเป็นละออง การระเหยกลายเป็นไอ และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (Srivastava and Verma, 2007; Banapurmatha *et al.*, 2008) และสาเหตุที่ค่า η_b ทั้งของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 มีค่าค่อนข้างสูง เพราะ Brake Power ที่ใช้ในการคำนวณทั้งของเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้มาจากผู้ผลิต เนื่องจากไม่สามารถถอดเครื่องยนต์ไปติดตั้งกับ engine dynamometer เพื่อทำการวัดโดยตรงได้ ดังนั้นจากสาเหตุที่ได้กล่าวมาจึงส่งผลให้ η_b ทั้งของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 มีค่าค่อนข้างสูง โดยจากผลการทดลองที่แสดงออกมาถือว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า เมื่อพิจารณาจากสมบัติที่แตกต่างกันของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท ในตารางผนวกที่ ก1 และ Brake Power ที่ไม่สามารถทำการวัดค่าโดยตรงได้

3. อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

สำหรับสาเหตุที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm ก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีอุณหภูมิต่ำกว่าของไบโอดีเซล บี5 จากผลการทดลองนี้สามารถกล่าวได้ว่าเกือบทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์เรือก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีอุณหภูมิต่ำกว่าของไบโอดีเซล บี5 ควรเป็นเพราะไบโอดีเซล บี100 มีค่าความร้อนต่ำกว่าไบโอดีเซล บี5 (Lin and Lin, 2006) โดยจากผลการทดลองที่แสดงออกมาถือว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า เมื่อพิจารณาจากตารางผนวกที่ ก1

4. ปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

สำหรับสาเหตุที่ปริมาณ O_2 ในก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งสองประเภท ต่างมีปริมาณใกล้เคียงกัน หรือหากต่างกันก็ไม่ถือว่ามากนัก ทั้งที่หากพิจารณาจากปริมาณออกซิเจนในเชื้อเพลิง (O) ในหน่วย % โดยน้ำหนัก ของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ก1 ไบโอดีเซล บี100 มีค่าสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 มาก เป็นเพราะค่า λ ซึ่งเป็นส่วนกลับของ equivalence ratio ที่ได้ทำการวัดและใส่ไว้ในตารางของภาคผนวก ง มีค่าสูงสำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท หรือกล่าวได้ว่าปริมาณเชื้อเพลิงที่หัวฉีดได้ฉีดออกมามีน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณอากาศใน

การเผาไหม้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาภาพผนวกที่ ง1 ประกอบจึงไม่น่าแปลกใจที่ปริมาณ O_2 ของเชื้อเพลิงทั้งสองประเภทใกล้เคียงกัน ในแง่ของประโยชน์ที่ได้จากผลการทดลองนี้คือได้ทราบลักษณะการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เรือ

5. การปล่อยมลพิษของ CO ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

ที่ความเร็วรอบ 800 rpm ก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีการปล่อยมลพิษของ CO มากกว่าของไบโอดีเซล บี5 แต่ในทางตรงกันข้ามที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm ก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีการปล่อยมลพิษของ CO น้อยกว่าของไบโอดีเซล บี5 มีสาเหตุมาจาก 2 ปัจจัยคือไบโอดีเซล บี100 มีจุดวาบไฟสูงกว่าไบโอดีเซล บี5 ดังนั้นที่ความเร็วรอบ 800 rpm ซึ่งมีอุณหภูมิก๊าซไอเสียไม่สูง ไบโอดีเซล บี5 จึงถูกเผาไหม้ได้มากกว่าไบโอดีเซล บี100 หรือสามารถกล่าวได้ว่า CO ที่มาจากไบโอดีเซล บี5 ถูกเผาไหม้ไปในปริมาณที่มากกว่าของไบโอดีเซล บี100 ในขณะที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm ซึ่งก๊าซไอเสียมีอุณหภูมิสูงทำให้ปัจจัยในด้านความแตกต่างของจุดวาบไฟไม่ส่งผลกระทบต่อความเร็วรอบนี้ และจากปัจจัยที่สองซึ่งควรมาจากที่ไบโอดีเซล บี100 มี O เป็นองค์ประกอบอยู่ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าของไบโอดีเซล บี5 (Öner and Altun, 2009) ทำให้ไบโอดีเซล บี100 สามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าไบโอดีเซล บี5 ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากตารางของภาคผนวก ก ผลการทดลองที่แสดงออกมาจึงถือว่าเป็นไปตามที่ได้คาดการณ์เอาไว้ ในส่วนของประโยชน์ที่ได้จากผลการทดลองนี้คือทำให้ทราบว่าหากต้องการให้ก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีการปลดปล่อยมลพิษของ CO ออกมาในปริมาณที่น้อยกว่าของไบโอดีเซล บี5 ควรเดินเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1100 rpm

6. ปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

สาเหตุที่ปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 มีมากกว่าของไบโอดีเซล บี5 ที่ความเร็วรอบ 800 rpm ในขณะที่ความเร็วรอบ 1100 และ 1400 rpm มีน้อยกว่าของไบโอดีเซล บี5 เนื่องจากไบโอดีเซล บี100 มี O เป็นองค์ประกอบอยู่ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงทำให้ปริมาณ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ออกมาของไบโอดีเซล บี100 มีความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเทียบกับไบโอดีเซล บี5 หากเพิ่มความเร็วรอบในการเดินเครื่องยนต์เรือขึ้นไปเรื่อยๆ นอกจากนี้นี้ยังเป็นเพราะมีปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (C) เป็นองค์ประกอบน้อยกว่าเมื่อเทียบกับไบโอดีเซล บี5

(Lin and Lin, 2006) ซึ่งผลการทดลองที่แสดงออกมาถือว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้เมื่อพิจารณาจากตารางผนวกที่ ก1 สำหรับประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลองนี้คือทำให้ทราบว่าหากใช้ไบโอดีเซล บี100 เป็นเชื้อเพลิงจะทำให้ช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้ดีกว่าใช้ไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง เพราะก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 จะมีปริมาณ CO_2 ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก น้อยกว่าก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี5

7. ผลกระทบต่อปั๊มเชื้อเพลิงทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สาเหตุที่สามารถแสดงผลการประเมินของทั้งเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ตารางที่ 1 เพียงตารางเดียวได้ เนื่องจากผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อเครื่องยนต์ทั้งสองประเภท ต่างก็แสดงออกมาไม่แตกต่างกัน ส่วนสาเหตุของการเกิดสนิมและการเกิดเขม่าและตะกอน เป็นเพราะไบโอดีเซล บี100 มีปริมาณน้ำมากกว่า 0.05% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าจำกัดที่ระบุเอาไว้ (ราชกิจจานุเบกษา, 2552) ดังนั้นจึงทำให้กรองดักน้ำไม่สามารถทำการกรองน้ำออกไปได้หมด และทำให้น้ำบางส่วนเล็ดรอดเข้ามาทำปฏิกิริยา (เกิดออกซิเดชัน) กับชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ (Kaul *et al.*, 2007) ซึ่งจากผลการทดลองที่แสดงออกมาถือว่าเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า เมื่อพิจารณาจากสมบัติของไบโอดีเซล บี100 โดยปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต และในส่วนของการเก็บรักษาต้องป้องกันไม่ให้ไบโอดีเซล บี100 สัมผัสกับความชื้นและ O_2 จากภายนอก ในขณะที่การดูดดันของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี100 มีสาเหตุมาจากการเกิดสารประกอบที่ไม่ละลายจากองค์ประกอบย่อยต่างๆซึ่งเหลืออยู่ในรูปตะกอนของไบโอดีเซล บี100 ที่อุณหภูมิห้อง (Tang *et al.*, 2008) และสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี 5 ก็น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกัน นอกจากนั้นประกอบกับการที่กรองน้ำมันเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพจำกัด ทำให้เป็นไปได้ว่ามีสารประกอบที่ไม่ละลายบางส่วนเข้าไปสะสมที่กรองหยาบในปั๊ม โดยปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการซ่อมบำรุงและเปลี่ยนไส้กรองให้เป็นไปตามระยะเวลาที่คู่มือของเครื่องยนต์ระบุไว้ สำหรับประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลองนี้คือทำให้ต้องเอาใจใส่ในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาไบโอดีเซล บี100 มากกว่าเดิม เพื่อให้เชื้อเพลิงมีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นไป

8. ผลกระทบต่อหัวฉีดทั้งในเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สาเหตุที่สามารถแสดงผลการประเมินของทั้งเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ตารางที่ 2 เพียงตารางเดียวได้นั้นเป็นสาเหตุเดียวกันกับของปั๊มเชื้อเพลิงคือ ผลกระทบของไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 ต่อเครื่องยนต์ทั้งสองประเภท ต่างก็แสดงออกมาไม่แตกต่างกัน และจากตารางนี้แสดงให้เห็นว่าผลกระทบที่หัวฉีดได้รับการที่ใส่ไบโอดีเซล บี100 เป็นเชื้อเพลิง ไม่แตกต่างจากเมื่อใส่ไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิง สำหรับการอุดตันของเครื่องยนต์ที่ใส่ไบโอดีเซล บี100 มีสาเหตุมาจากการเกิดสารประกอบที่ไม่ละลายจากองค์ประกอบย่อยต่างๆ ซึ่งเหลืออยู่ในรูปตะกอนของไบโอดีเซล บี100 ที่อุณหภูมิห้อง (Tang *et al.*, 2008) และสำหรับเครื่องยนต์ที่ใส่ไบโอดีเซล บี5 ก็น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกัน นอกจากนั้นประกอบกับการที่รอน้ำมันเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพจำกัด ทำให้เป็นไปได้ว่ามีสารประกอบที่ไม่ละลายบางส่วนเข้าไปสะสมที่เรือนหัวฉีด เมื่อฉีดเชื้อเพลิงจึงทำให้สารประกอบที่ไม่ละลายไปติดแน่นอยู่ที่หัวฉีดและเกิดการอุดตันขึ้น โดยปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการซ่อมบำรุงและเปลี่ยนไส้กรองให้เป็นไปตามระยะเวลาที่คู่มือของเครื่องยนต์ระบุไว้ ส่วนในแง่ของประโยชน์ที่ได้รับจากผลการทดลองนี้คือเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากต้องเอาใจใส่ในการซ่อมบำรุงมากขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพทางด้านการร้อน การปล่อยมลพิษ และผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เมื่อใช้ไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เป็นเชื้อเพลิงที่โหลดเครื่องยนต์ 60% สำหรับเครื่องยนต์เรือ และโหลดเครื่องยนต์ 40% สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในสภาวะการทำงานจริง เครื่องยนต์เรือที่ใช้ไบโอดีเซล บี100 มีค่า BSFC สูงกว่าอยู่ในช่วง 16.14 ถึง 26.00% และ η_b ต่ำกว่าอยู่ในช่วง 0.55 ถึง 7.68% เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เรือที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 แต่ในกรณีของการปล่อยมลพิษ ไบโอดีเซล บี100 มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น CO ซึ่งสามารถลดลงไป 4.84% ที่ความเร็วรอบ 1100 rpm และ 27.25% ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm รวมทั้ง CO₂ ลดลงไป 6.08% ที่ความเร็วรอบ 1100 rpm และ 10.09% ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เรือที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 และจากแนวโน้มของผลการทดลอง ที่ความเร็วรอบ 1600 ถึง 1800 rpm ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ การปล่อยมลพิษที่ได้จากการเผาไหม้ไบโอดีเซล บี100 ควรน้อยกว่าไบโอดีเซล บี5 เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของไบโอดีเซล บี100 ในหัวข้อของการเกิดสนิมกับการเกิดเขม่าและตะกอน ควรเปรียบเทียบกับของไบโอดีเซล บี5 ได้ หากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเพื่อป้องกันไม่ให้ไบโอดีเซล บี100 สัมผัสกับความชื้นและ O₂ จากภายนอก ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดน้ำภายในเชื้อเพลิง ดังนั้นสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าไบโอดีเซล บี100 เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีมลพิษต่ำซึ่งสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบไดเร็กอินเจกชันได้

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยต่อไปในอนาคตควรจะนำไบโอดีเซลที่ผลิตจากวัตถุดิบอย่างอื่น ตัวอย่างเช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดเรพ น้ำมันทานตะวัน น้ำมันสบู่ดำ หรือไขมันสัตว์ เป็นต้น มาทดสอบใช้ด้วย เพื่อพิจารณาว่าไบโอดีเซล บี100 นอกจากที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มสามารถใช้กับเครื่องยนต์เรือได้หรือไม่ นอกจากนี้ควรวิเคราะห์ถึงผลกระทบของสภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อให้ทราบว่าสิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลมากเพียงใดต่อความสิ้นเปลืองและการปล่อยมลพิษที่มาจากก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เรือ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และเชื้อเพลิงทางเลือก สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

2552ก. ผลทดสอบเชื้อเพลิง หมายเลข 571.

2552ข. ผลทดสอบเชื้อเพลิง หมายเลข 1501.

2552ค. ผลทดสอบเชื้อเพลิง หมายเลข 1502.

ราชกิจจานุเบกษา. 2552. เล่ม 126 ตอนที่ 98 ง.

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2550. ไบโอดีเซลคืออะไร ข้อดี-ข้อด้อย.

แหล่งที่มา: <http://www.biodiesel.eng.psu.ac.th/>, 12 มีนาคม 2553.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2548. รายงานราคาสินค้าขายปลีก (เฉลี่ยตามลักษณะจำเพาะ) ของภาคกลาง ปี 2548.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2549. รายงานราคาสินค้าขายปลีก (เฉลี่ยตามลักษณะจำเพาะ) ของภาคกลาง ปี 2549.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2550. รายงานราคาสินค้าขายปลีก (เฉลี่ยตามลักษณะจำเพาะ) ของภาคกลาง ปี 2550.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2551. รายงานราคาสินค้าขายปลีก (เฉลี่ยตามลักษณะจำเพาะ) ของภาคกลาง ปี 2551.

สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2552. รายงานราคาสินค้าขายปลีก (เฉลี่ยตามลักษณะจำเพาะ) ของภาคกลาง ปี 2552.

- Banapurmatha, N.R., P.G. Tewaria and R.S. Hosmath. 2008. Performance and emissions Characteristica of a DI compression ignition engine operated on honge, jatropha and sesame oil methyl esters. **Renew. Energy** 33: 1982-1988.
- Canakci, M. 2007. Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel. **Bioresour. Techno.** 98: 1167-1175.
- Fontaras, D., G. Karavalakis, M. Kousoulidou, T. Tzamkiozis, L. Ntziachristos, E. Bakeas, S. Stournas and Z. Samaras. 2009. Effects of biodiesel on passenger car fuel consumption, regulated and non-regulated pollutant emissions over legislated and real-world driving cycles. **Fuel** 88: 1608-1617.
- Heywood, J.B. 1988. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. McGraw-Hill Book Company., Singapore.
- Jeong, G., Y. Oh and D. Park. 2006. Emission profile of Rapeseed Methyl Ester and its blend in a diesel engine. **Appl. Biochem. Biotechnol.** 129-132: 165-178.
- Kahn, A. 2008. **Marine Use of Biodiesel**. Northwest Biodiesel Network. Available Source: <http://www.nwbiodiesel.org/templated/marine.htm>, December 7, 2008
- Kapilan, N. and R.P. Reddy. 2008. Evaluation of Methyl Esters of Mahua oil (Mahua Indica) as diesel fuel. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 85: 185-188.
- Karabektas, M. 2009. The effects of turbocharger on the performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with biodiesel. **Renew. Energy** 34: 989-993.
- Kaul, S., R.C. Saxena, A. Kumar, M.S. Negi, A.K. Bhatnagar, H.B. Goyal and A.K. Gupta. 2007. Corrosion behavior of biodiesel from seed oils of Indian origin on diesel engine parts. **Fuel Process. Technol.** 88: 303–307.

- Krahl, J., J. Bunger, O. Schroder, A. Munack and G. Knothe. 2002. Exhaust emissions and health effects of particulate matter from agricultural tractors on rapeseed oil Methyl Ester. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 79: 717-724.
- Labeckas, G. and S. Slavinskas. 2006. The effect of rapeseed oil Methyl Ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. **Energy Convers. Manage.** 47: 1954–1967.
- Laforgia, D. and V. Ardito. 1995. Biodiesel fueled IDI engines: performances, emissions and heat release investigation. **Bioresour. Technol.** 51: 53-59.
- Lin, C. and H. Lin. 2006. Diesel engine performance and emission characteristics of biodiesel produced by the peroxidation process. **Fuel** 85: 298-305.
- Lu, X., J. Ma, L. Ji and Z. Huang. 2008. Simultaneous reduction of NOx emission and smoke opacity of biodiesel-fueled engines by port injection of ethanol. **Fuel** 87: 1289-1296.
- MAN. 2002a. **Operator's Manual Diesel Engine D 2848 LE D 2840 LE D 2842 LE.** MAN Nutzfahrzeuge Aktiengesellschaft, Nurnberg.
- MAN. 2002a. **Operator's Manual Diesel Engine D 2866 E D 2866 TE D 2866 LE D 2866 LXE.** Nutzfahrzeuge Aktiengesellschaft, Nurnberg.
- Monyem, A. and J.H.V. Gerpen. 2001. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. **Biomass Bioenergy** 20: 317-325.
- Öner, C. and Ş. Altun. 2009. Biodiesel production from inedible animal tallow and an experimental investigation of its use as alternative fuel in a direct injection diesel engine. **Appl. Energy** 86: 2114-2120.

- Pehan, S., M.S. Jerman, M. Kegl and B. Kegl. 2009. Biodiesel influence on tribology characteristics of a diesel engine. **Fuel** 88: 970-979.
- Ryu, K. and Y. Oh. 2003. A study on the usability of biodiesel fuel derived from rice bran oil as an alternative fuel for IDI diesel engine. **Journal of Mechanical Science and Technology** 17: 310-317.
- Sahoo, P.K., L.M. Das, M.K.G. Babu, P. Arora, V.P. Singh, N.R. Kumar and T.S. Varyni. 2009. Comparative evaluation of performance and emission characteristic of Jatropha, Karanja and Polanga based biodiesel as fuel in a tractor engine. **Fuel** 88: 1698-1707
- Srivastava, P.K. and M. Verma. 2007. Methyl ester of karanja oil as an alternative source energy. **Fuel** 87: 1673-1677.
- Tang, H., S.O. Salley and K.Y.S. Ng. 2008. Fuel properties and precipitate formation at low temperature in soy-, cottonseed-, and poultry fat-based biodiesel blends. **Fuel** 87: 3006-3017.
- Tat, M.E., P.S. Wang and J.H.V. Gerpen. 2007. Exhaust emissions from an engine fueled with biodiesel from high-oleic soybeans. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 84: 865-869.
- Terry, B. 2005. Impact of Biodiesel on Fuel System Component Durability, pp. 1-149. In **Technical Report CRC Project No. AVFL-2a**. The Associated Octel Company Limited, Fuel Technology Centre, Milton Keynes.
- Tsolakis, A., A. Megaritis, M.L. Wyszynski and K. Theinnoi. 2007. Engine performance and emissions of a diesel engine operating on diesel-RME (Rapeseed Methyl Ester) blends with EGR (Exhaust Gas Recirculation). **Energy** 32: 2072-2080.

Usta, N., E. Ozturk, O. Can, E.S. Conkur, S. Nas, A.H. Con, A.C. Can and M. Topcu. 2005. Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a Diesel engine. **Energy Convers. Manage.** 46: 741-755.

Utlü, Z. and M.S. Koçak. 2008. The effect of biodiesel fuel obtained from waste frying oil injection diesel engine performance and exhaust emissions. **Renew. Energy** 33: 1936-1941.

Wedell, R.V. 1999. **Marine biodiesel in recreational boats.** 2nd ed. Cytoculture International, Inc., California.

Zheng, M., M.C. Mulenga, G.T. Reader, M. Wang, D. S-K. Ting and J. Tjong. 2008. Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion. **Fuel** 87: 714-722.





ตารางผนวกที่ ก1 การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพระหว่างไบโอดีเซล บี100 ไบโอดีเซล บี5 และดีเซลทั่วไป

สมบัติ	วิธีการทดสอบ	ไบโอดีเซล บี100	ไบโอดีเซล บี5	ดีเซลทั่วไป
C (% โดยน้ำหนัก)	ASTM D 5291	76.38	85.52	86.09
H (% โดยน้ำหนัก)	ASTM D 5291	12.62	13.93	13.91
N (% โดยน้ำหนัก)	ASTM D 5291	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ
O (% โดยน้ำหนัก)	ASTM D 5291	10.87	0.54	ไม่ปรากฏ
การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (no.)	ASTM D 130	1a	1a	1a
ความหนาแน่นที่ 15.6 °C (kg/m ³)	ASTM D 4052	877.9	827.9	827.8
จุดวาบไฟ (°C)	ASTM D 93	154.5	67.0	64.0
Q _{net} (MJ/kg)	ASTM D 240	37.21	43.06	43.42
ความหนืดที่ 40 °C (cSt)	ASTM D 445	4.863	3.371	3.124
ปริมาณน้ำ (% โดยน้ำหนัก)	ASTM D 6304	0.1349	0.0110	ไม่ปรากฏ
น้ำและตะกอน (% โดยปริมาตร)	ASTM D 2709	<0.025	<0.025	<0.025

ที่มา: ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และเชื้อเพลิงทางเลือก สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี
ปตท. (2552ก, 2552ข, 2552ค)



ภาคผนวก ข
ข้อมูลจำเพาะของเครื่องดนตรีที่ใช้ในการทำวิจัย

ตารางผนวกที่ ข1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์เรือและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รุ่น	MAN D2842 LE	MAN D2866 TE
การออกแบบ	V-form, 90°	in-line vertical
Cycle	4-stroke Diesel with turbocharger and intercooler	4-stroke Diesel with turbocharger
ระบบการเผาไหม้	ไดเร็กอินเจ็คชั่น	ไดเร็กอินเจ็คชั่น
Turbocharging	Turbocharger with intercooler	Turbocharger
จำนวนกระบอกสูบ	12	6
Bore × Stroke (มิลลิเมตร)	128 × 142	128 × 155
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซม. ³)	21,930	11,967
อัตราส่วนการอัด	15.5:1	15.5:1
กำลังเครื่อง (kW/rpm)	441/1800	177/1500

ที่มา: MAN (2002a, 2002b)



ตารางผนวกที่ ๑1 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่1 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
13.00		1500	700	700	875	775		
14.00		1500			870	760	-	15
15.00		1500			870	745	0	15
16.00		1500			870	730	0	15
17.00		1500	900	900	868	710	-	20
18.00		1500	1000	900	850	685	18	25
19.00		1500	1000	1000	825	655	25	30
20.00		1500			804	615	21	40
21.00					795	604	-	11

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วงเวลา เดินเครื่องยนต์เรือช่วงเวลา 13.00-13.15, 16.50-20.00 และ 20.40-20.55
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วงเวลา 13.00-21.00 เดินเครื่องยนต์เรือช่วงเวลา 13.00-13.15, 16.50-20.00 และ 20.40-20.55

ตารางผนวกที่ ค2 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 2 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
13.25		1500	700	700	500	500		
13.45		1500			495	492	-	-
14.00		1500			495	488	-	-
15.00		1500			495	468	0	20
16.00		1500			495	455	0	13
16.40		1500	700	700	495	448	-	-
17.00		1500	700	700	492	445	-	10
18.00		1500	1000	1000	478	423	14	22
19.00		1500	700	700	456	375	22	48
20.00		1500	700	700	450	350	6	25

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขวา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซ้าย	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
20.20		1500			440	338	-	-
21.00					440	322	-	28

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 13.25-13.45 และ 16.40-20.20
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 13.25-21.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 13.25-13.45 และ 16.40-20.20

ตารางผนวกที่ ค3 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่3 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
6.00		1500	700	700	495	1100		
7.00		1500			495	1080	-	20
8.00		1500			495	1070	0	10
9.00		1500			495	1055	0	15
9.25		1500	700	700	495	1055	-	-
10.00		1500	1200	1200	480	1033	-	22
11.00		1500	700	700	450	975	30	58
11.45		1500			430	950	-	-
12.00		1500			430	947	-	28
13.00	1500		1300	1300	425	932	-	-
14.00	1500		1300	1300	370	895	55	37

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
14.20	1500				345	882	-	-
15.00					325	882	45	-

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 12.50-15.00 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 5.50-6.10, 9.25-11.45 และ 13.00-14.20
 เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 5.50-12.50 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 5.50-6.10, 9.25-11.45 และ 13.00-14.20

ตารางผนวกที่ ค5 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 5 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
14.00	1500				890	585		
15.00	1500				870	585	20	0
16.00	1500				852	585	18	0
17.00	1500				830	585	22	0
17.25		1500	1000	1000	820	585	-	-
18.00		1500	1200	1200	812	565	18	-
19.00		1500	1100	1100	789	520	23	45
20.00		1500	700	700	770	490	19	30
20.30		1500			762	472	-	-
21.00					762	462	-	28

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 14.00-17.25 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 17.25-20.30

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 17.25-21.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 17.25-20.30

ตารางผนวกที่ ค6 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 6 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
13.00		1500	700	700	710	435		
14.00					708	432	-	-
15.00					708	432	0	0
16.00		1500			708	432	0	0
17.00		1500			708	417	0	15
18.00		1500			708	400	0	17
19.00		1500	800	800	708	387	-	13
20.00		1500	700	700	695	357	13	30
21.00		1500	800	800	680	335	15	22
22.00		1500	900	900	665	315	15	20

ตารางผนวกที่ ๑๖ (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
23.00	1500				652	280	-	35
24.00					628	280	24	0

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 23.00-24.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 12.55-13.10 และ 18.55-22.55

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 12.55-13.15 และ 16.00-23.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 12.55-13.10 และ 18.55-22.55

ตารางผนวกที่ ๗ การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ ๗ (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
13.00	1500		800	800	542	1050		
14.00	1500				520	1047	22	-
15.00	1500				502	1047	18	0
16.00	1500				480	1047	22	0
17.00		1500			460	1047	20	0
17.10		1500	1100	1100	460	1045	-	-
18.00		1500	1300	1300	450	1012	-	35
19.00		1500	900	900	410	975	40	37
20.00		1500	700	700	390	942	20	33
21.00					370	920	20	22

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 13.00-17.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 13.00-13.15 และ 17.10-21.05

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 17.00-22.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 13.00-13.15 และ 17.10-21.05

ตารางผนวกที่ ๑๘ การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ ๘ (ในสถานะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
15.00		1500	1300	1300	700	820		
16.00		1500	800	800	655	760	45	60
17.00		1500			650	745	-	15
18.00		1500			650	730	0	15
18.30		1500	1000	1000	650	722	-	-
19.00		1500	1200	1200	640	700	-	30
20.00		1500	900	900	615	658	25	42
21.00		1500			600	628	15	30
21.30		1500	1300	1300	600	623	-	-
22.20					550	555	-	-

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขาวเวลา เดินเครื่องยนต์เรือขาวเวลา 15.00-16.20, 18.30-21.00 และ 21.30-22.20

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วงเวลา 15.00-22.40 เดินเครื่องขนถ่ายช่วงเวลา 15.00-16.20, 18.30-21.00 และ 21.30-22.20

ตารางผนวกที่ ๑๑ การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ ๑ (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
15.00		1500			445	1090		
16.00		1500			445	1077	0	13
17.00		1500			445	1065	0	12
17.40	1500		1100	1100	440	1060	-	-
18.40	1500		1100	1200	405	1038	35	22
19.40	1500		800	800	360	1011	45	27
20.40					333	994	27	17

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 17.20-21.45 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 17.40-20.45

เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 14.55-17.20 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 17.40-20.45

ตารางผนวกที่ ค10 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 10 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
16.00		1500			515	820		
17.00		1500			515	802	0	18
18.00		1500			515	788	0	14
19.00	1500		1100	1100	492	780	-	-
20.00	1500		900	900	450	760	42	20
21.00	1500		1100	1100	413	745	37	15
22.00					371	720	42	25

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 18.10-23.00 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 18.25-22.00

เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 15.00-18.10 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 18.25-22.00

ตารางผนวกที่ ค11 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 11 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
16.00		1500			331	683		
17.00		1500			331	668	0	15
18.00		1500	1000	1000	331	655	0	13
19.00		1500	1300	1300	308	615	23	40
20.00		1500	900	900	268	558	40	57
21.00					252	530	-	28

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 18.00-20.55
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 15.05-22.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 18.00-20.55

ตารางผนวกที่ ค12 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 12 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
17.00		1500			252	498		
18.00		1500			252	481	0	17
19.00					252	468	0	13

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 19.20-22.20
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 16.30-23.10 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 19.20-22.20

ตารางผนวกที่ ค13 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 13 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
15.00	1500				990	308		
16.00	1500				972	308	18	0
17.00		1500	900	900	953	1100	19	-
18.00		1500	800	800	945	1065	8	35
19.00		1500	800	800	933	1045	12	20
20.00					920	1015	13	30

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 14.30-17.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 17.00-20.10

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 17.00-21.20 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 17.00-20.10

ตารางผนวกที่ ค14 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 14 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
15.00	1500				1019	943		
16.00	1500				994	943	25	0
17.00	1500				975	943	19	0
18.00		1500	1100	1100	956	943	19	0
19.00		1500	1300	1300	931	905	25	38
20.00		1500	800	800	888	855	43	50
21.00					873	823	15	32

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 13.00-17.55 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 17.55-21.00

เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 17.55-22.40 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 17.55-21.00

ตารางผนวกที่ ค15 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่15 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
7.00	1500				729	631		
8.00	1500				713	631	16	0
9.00	1500				700	631	13	0
9.30	1500		1200	1200	694	629	-	-
10.30	1500		1200	1200	650	608	44	21
11.00	1500				632	598	-	-
12.00	1500		1000	1000	603	595	29	-
13.00		1500			558	583	45	12
14.00		1500	1200	1200	558	568	0	15
15.00		1500			528	523	30	45

ตารางผนวกที่ ค15 (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
16.00		1500	1300	1300	526	505	-	18
17.00					480	453	46	52

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 6.00-13.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 9.20-11.00, 11.40-13.00, 14.00-15.00 และ 15.55-17.00

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 13.00-18.30 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 9.20-11.00, 11.40-13.00, 14.00-15.00 และ 15.55-17.00

ตารางผนวกที่ ค16 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 16 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
9.00		1500			486	385		
10.00		1500			486	370	0	15
11.00	1500				486	353	0	17
12.00	1500				470	353	16	0
12.30	1500		1000	1000	464	351	-	-
13.30	1500		800	800	430	338	34	13
14.00	1500				411	332	-	-
14.50	1500		1400	1400	402	332	-	-
15.50					331	285	71	47

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 11.00-17.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 12.25-13.55 และ 14.50-15.50
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 8.00-11.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 12.25-13.55 และ 14.50-15.50

ตารางผนวกที่ ค17 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 17 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
15.00	1500		1000	1000	719	1100		
16.00	1500		1500	1500	684	1075	35	25
17.00	1500				608	1020	76	55
18.00		1500			588	1020	20	0
18.15		1500	1000	1000	588	1018	-	-
19.15		1500	1400	1400	569	978	19	40
20.15		1500	1200	1200	521	918	48	60
21.15		1500	1200	1200	488	865	33	53
22.15		1500	1100	1100	462	815	26	50
22.30					455	805	-	-

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 15.00-18.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 15.00-17.00, 18.15-22.30 และ 23.30-24.45

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 18.00-1.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 15.00-17.00, 18.15-22.30 และ 23.30-24.45

ตารางผนวกที่ 18 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 18 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
14.30		1500			405	655		
15.30		1500			405	642	0	13
16.30		1500			405	627	0	15
17.30		1500	800	800	402	615	-	12
18.00		1500	1200	1200	398	605	-	-
19.00		1500	1100	1100	366	560	32	45
20.00		1500	900	900	339	518	27	42
21.00					322	490	17	28

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขาวเวลา เดินเครื่องยนต์เรือขาวเวลา 17.20-21.30
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชัยเวลา 14.25-22.00 เดินเครื่องยนต์เรือชัยเวลา 17.20-21.30

ตารางผนวกที่ ค19 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 19 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
8.00		1500			415	748		
9.00		1500			415	731	0	17
10.00		1500	1200	1200	415	713	0	18
11.00		1500	1400	1400	384	670	31	43
12.00		1500			330	595	54	75
13.00		1500			330	580	0	15
13.40		1500	1100	1100	321	559	-	-
14.40		1500			295	528	26	31
15.00		1500	1100	1100	295	523	-	-
16.00					283	490	12	33

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 16.00-17.30 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 10.00-12.00, 13.35-14.40 และ 15.00-16.00

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 6.45-16.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 10.00-12.00, 13.35-14.40 และ 15.00-16.00

ตารางผนวกที่ ค20 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 20 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
9.00		1500			645	1090		
10.00		1500			645	1075	0	15
11.00		1500			645	1060	0	15
11.30		1500	1300	1300	642	1050	-	-
12.30		1500	1200	1200	611	993	31	57
13.30		1500	900	900	575	953	36	40
14.05		1500			565	931	-	-
15.00		1500	900	900	565	915	-	-
16.00	1500				545	915	20	-
17.00	1500				527	915	18	0
18.00	1500				515	915	12	0
18.40	1500		1000	1000	503	915	-	-

ตารางผนวกที่ ค20 (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
19.40	1500		1100	1100	465	895	38	20
20.40	1500		1000	1000	422	872	43	23
21.40					383	852	39	20

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 15.05-22.40 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 11.15-14.05, 15.00-15.05 และ 18.35-21.40
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 8.40-15.05 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 11.15-14.05, 15.00-15.05 และ 18.35-21.40

ตารางผนวกที่ ๑๒ การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ ๒๑ (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
15.00		1500	900	900	345	735		
16.00		1500			343	723	-	12
17.00		1500			343	708	0	15
18.00		1500			343	693	0	15
18.50		1500	1200	1200	343	675	-	-
19.50		1500	1200	1200	313	643	30	32
20.50		1500	900	900	293	595	20	48
21.50					273	570	20	25

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วงเวลา เดินเครื่องยนต์เรือช่วงเวลา 14.55-15.10 และ 18.50-21.50
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วงเวลา 14.55-23.00 เดินเครื่องยนต์เรือช่วงเวลา 14.55-15.10 และ 18.50-21.50

ตารางผนวกที่ ค22 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 22 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
11.00	1500				746	530		
12.00	1500				728	530	18	0
13.00	1500		1000	1000	710	527	18	-
14.00	1500				668	511	42	16
14.15	1500		1400	1400	665	510	-	-
15.15	1500		1500	1500	600	465	65	45
16.15	1500		800	800	520	407	80	58
16.45	1500				502	400	-	-
17.15		1500	1000	1000	495	390	-	-
18.15		1500	900	900	470	350	25	40
19.15		1500	700	700	452	318	18	32

ตารางผนวกที่ ค22 (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
20.15		1500	700	700	443	290	9	28
20.45					435	280	-	-

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 11.00-16.55 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 12.40-14.00, 14.10-16.45, 17.10-20.35 และ 20.40-21.30

เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 16.55-22.00 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 12.40-14.00, 14.10-16.45, 17.10-20.35 และ 20.40-21.30

ตารางผนวกที่ 23 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 23 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วรอบ (rpm)	ถังขวา (ลิตร)	ถังซ้าย (ลิตร)	อัตราฯ ขวา (l/h)	อัตราฯ ซ้าย (l/h)
14.00		1500	800	800	393	1090		
15.00		1500			390	1075	-	15
16.00		1500			390	1060	0	15
17.00		1500	900	900	390	1045	0	15
18.00		1500	1000	1000	377	1018	13	27
19.00		1500	1000	1000	361	986	16	32
20.00		1500	800	800	344	955	17	31
21.00					330	928	14	27

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขาวเวลา เดินเครื่องยนต์เรือขาวเวลา 13.55-14.10 และ 17.00-21.10
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชัยเวลา 13.55-22.20 เดินเครื่องยนต์เรือชัยเวลา 13.55-14.10 และ 17.00-21.10

ตารางผนวกที่ ค24 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 24 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
9.00	1500				1155	881		
10.00	1500				1137	881	18	0
10.30	1500		1200	1200	1129	881	-	-
11.30	1500		1300	1300	1087	855	42	26
12.30	1500		1200	1200	1031	817	56	38
13.00	1500				1000	795	-	-
14.00	1500				982	795	18	0
14.30	1500		900	800	973	794	-	-
15.30	1500		1100	1100	935	782	38	12
16.00		1500	700	700	910	775	-	-
17.00		1500	800	800	905	753	5	22
18.00		1500	1300	1300	890	725	15	28
19.00		1500			846	673	44	52

ตารางผนวกที่ ค24 (ต่อ)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
20.00		1500	1500	1600	840	633	-	40
21.00		1500	1500	1600	779	550	61	83
22.00					715	463	64	87

หมายเหตุ เคนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 8.35-16.00 เคนเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 8.35-8.50, 10.30-13.00, 14.25-19.00 และ 19.45-22.45
เคนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 16.00-23.00 เคนเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 8.35-8.50, 10.30-13.00, 14.25-19.00 และ 19.45-22.45

ตารางผนวกที่ ค25 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 25 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
15.30		1500			676	395		
16.30		1500			676	380	0	15
17.30		1500			676	365	0	15
18.30	1500		800	800	667	353	-	12
19.30	1500		1100	1000	642	342	25	11
20.30	1500		1100	1100	612	320	30	22
21.30					562	295	50	25

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 18.20-22.20 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 14.45-15.05 และ 18.15-21.30

เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 14.45-18.20 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 14.45-15.05 และ 18.15-21.30

ตารางผนวกที่ ค26 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 26 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
14.00	1500				871	880		
15.00	1500				853	880	18	0
16.00	1500				835	880	18	0
17.00		1500	900	900	817	880	18	0
18.00		1500	900	1000	801	860	16	20
19.00		1500	1400	1400	788	818	13	42
20.00					737	760	51	58

หมายเหตุ เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 13.00-17.00 เเดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 17.00-20.00

เเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 17.00-21.30 เเดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 17.00-20.00

ตารางผนวกที่ ค27 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 27 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
16.30		1500			738	680		
17.30		1500			738	665	0	15
18.30	1500		800	800	738	652	0	13
19.30	1500		900	700	706	640	32	12
20.30	1500		1100	900	672	633	34	7
21.30					629	617	43	-

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 18.30-22.10 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 18.30-21.20

เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 16.20-18.30 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 18.30-21.20

ตารางผนวกที่ ค28 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ครั้งที่ 28 (ในสภาวะการทำงานจริง)

เวลา	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องยนต์เรือขวา	เครื่องยนต์เรือซ้าย	ถังเชื้อเพลิง			
	ขวา	ซ้าย						
	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ความเร็วรอบ	ถังขวา	ถังซ้าย	อัตราฯ ขวา	อัตราฯ ซ้าย
	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(ลิตร)	(ลิตร)	(l/h)	(l/h)
15.00		1500			823	639		
16.00		1500			823	623	0	16
17.00		1500			823	608	0	15
18.00	1500		900	900	823	597	0	11
19.00	1500		1000	1000	787	581	36	16
20.00					737	562	50	19

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 18.00-22.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 14.45-15.00 และ 18.00-21.00
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 14.45-18.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 14.45-15.00 และ 18.00-21.00

ตารางผนวกที่ ค29 สรุป BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 800 ถึง 1100 rpm

หัวข้อ	ความเร็วรอบ (rpm)							
	เครื่องยนต์เรือขวา (ไบโอดีเซล บี100)				เครื่องยนต์เรือซ้าย (ไบโอดีเซล บี5)			
	800	900	1000	1100	800	900	1000	1100
BSFC เฉลี่ย (g/kWh)	357.26	316.39	288.63	243.75	283.53	254.46	237.48	209.88
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (g/kWh)	31.32	27.90	22.26	9.38	14.03	11.61	14.76	13.26
สัมประสิทธิ์ ความแปรผัน (%)	8.77	8.82	7.71	3.85	4.95	4.56	6.22	6.32

ตารางผนวกที่ ค30 สรุป BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือที่ความเร็วรอบ 1200 ถึง 1500 rpm

หัวข้อ	ความเร็วรอบ (rpm)							
	เครื่องยนต์เรือขวา (ไบโอดีเซล บี100)				เครื่องยนต์เรือซ้าย (ไบโอดีเซล บี5)			
	1200	1300	1400	1500	1200	1300	1400	1500
BSFC เฉลี่ย (g/kWh)	222.49	237.84	228.41	236.71	179.28	195.52	194.20	195.97
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (g/kWh)	9.08	15.65	13.44	12.92	4.78	3.68	5.98	7.36
สัมประสิทธิ์ ความแปรผัน (%)	4.08	6.58	5.88	5.46	2.67	1.88	3.08	3.76

ตารางผนวกที่ ค31 สรุป η_{sp} ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์เรือ

หัวข้อ	ความเร็วรอบ (rpm)															
	เครื่องยนต์เรือขาว (ไบโอดีเซล บี100)								เครื่องยนต์เรือซ้าย (ไบโอดีเซล บี5)							
	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
η_{sp} เฉลี่ย (%)	27.27	30.78	33.68	39.73	43.55	40.82	42.46	40.96	29.54	32.89	35.31	39.95	46.65	42.77	43.08	42.70
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)	2.47	2.73	2.61	1.53	1.74	2.72	2.50	2.22	1.50	1.50	2.12	2.56	1.25	0.81	1.32	1.61
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน(%)	9.06	8.87	7.75	3.85	4.00	6.66	5.89	5.42	5.08	4.56	6.00	6.41	2.68	1.89	3.06	3.77

ตารางผนวกที่ ค32 สรุป BSFC ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หัวข้อ	ความเร็วรอบ (rpm)	
	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขาว	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้าย
	(ไบโอดีเซล บี100)	(ไบโอดีเซล บี5)
	1500	1500
BSFC เฉลี่ย (g/kWh)	240.67	190.18
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (g/kWh)	17.67	13.97
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน (%)	7.34	7.35

ตารางผนวกที่ ค33 สรุป η_{ib} ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5 เมื่อนำไปใช้กับ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หัวข้อ	ความเร็วรอบ (rpm)	
	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขาว	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้าย
	(ไบโอดีเซล บี100)	(ไบโอดีเซล บี5)
	1500	1500
η_{ib} เฉลี่ย (%)	40.39	44.18
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)	2.74	3.10
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน (%)	6.78	7.02



ตารางผนวกที่ 3 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 3
(ในสภาวะการทำงานจริง)

หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขวา			เครื่องยนต์เรือซ้าย		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
อุณหภูมิไอเสีย (°C)	166.9	211.0	325.4	154.9	223.8	373.2
O ₂ (% โดยปริมาตร)	16.7	14.8	12.2	16.8	14.4	10.2
CO (ppm)	306	271	131	292	281	171
CO ₂ (% โดยปริมาตร)	3.2	4.6	6.6	3.1	4.8	7.9
λ	4.884	3.387	2.386	5.000	3.182	1.944

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 15.30-18.30 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 18.30-21.30
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 18.00-22.30 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 18.30-21.30

ตารางผนวกที่ 4 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 4
(ในสภาวะการทำงานจริง)

หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขวา			เครื่องยนต์เรือซ้าย		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
อุณหภูมิไอเสีย (°C)			356.8			
O ₂ (% โดยปริมาตร)			10.7			
CO (ppm)			117			
CO ₂ (% โดยปริมาตร)			7.7			
λ			2.039			

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 14.30-17.00 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 17.20-21.30
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 17.00-22.30 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 17.20-21.30

ตารางผนวกที่ 5 การวัดการปล่อยมลพิษในก๊าซไอเสีย ครั้งที่ 5
(ในสภาวะการทำงานจริง)

หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขวา			เครื่องยนต์เรือซ้าย		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
อุณหภูมิไอเสีย (°C)			365.6			
O ₂ (% โดยปริมาตร)			10.5			
CO (ppm)			116			
CO ₂ (% โดยปริมาตร)			7.9			
λ			2.000			

หมายเหตุ เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขวาเวลา 18.00-22.20 เดินเครื่องยนต์เรือขวาเวลา 18.00-21.00
เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซ้ายเวลา 15.00-18.00 เดินเครื่องยนต์เรือซ้ายเวลา 18.00-21.00

ตารางผนวกที่ ๖ สรุปอุณหภูมิก๊าซไอเสียระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5

หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขวา (ไบโอดีเซล ปี100)			เครื่องยนต์เรือซ้าย (ไบโอดีเซล ปี5)		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
อุณหภูมิก๊าซไอเสีย เฉลี่ย (°C)	167.43	220.53	344.84	159.90	232.70	379.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (°C)	5.82	8.47	16.52	4.34	11.51	5.95
สัมประสิทธิ์ความ แปรผัน (%)	3.48	3.84	4.79	2.71	4.95	1.57

ตารางผนวกที่ ๗ สรุปปริมาณ O₂ ระหว่างไบโอดีเซล ปี100 และไบโอดีเซล ปี5

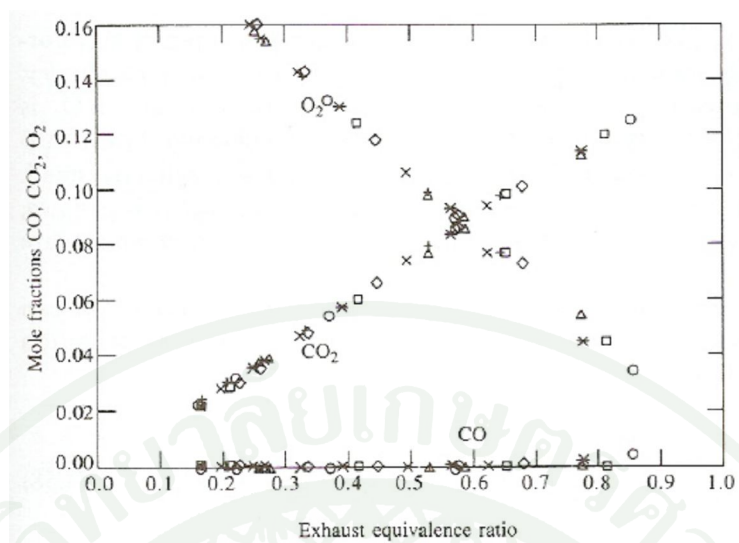
หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขวา (ไบโอดีเซล ปี100)			เครื่องยนต์เรือซ้าย (ไบโอดีเซล ปี5)		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
ปริมาณ O ₂ เฉลี่ย (% โดยปริมาตร)	16.67	14.77	11.38	16.70	14.27	10.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (% โดยปริมาตร)	0.15	0.06	0.74	0.10	0.12	0.20
สัมประสิทธิ์ความ แปรผัน (%)	0.90	0.41	6.50	0.60	0.84	2.00

ตารางผนวกที่ ๙8 สรุปปริมาณ CO ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขว (ไบโอดีเซล บี100)			เครื่องยนต์เรือซ่าย (ไบโอดีเซล บี5)		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
ปริมาณ CO เฉลี่ย (ppm)	324.00	262.00	119.80	291.67	275.33	164.67
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ppm)	21.63	16.46	9.73	5.51	7.37	12.74
สัมประสิทธิ์ความ แปรผัน (%)	6.68	6.28	8.12	1.89	2.68	7.74

ตารางผนวกที่ ๙9 สรุปปริมาณ CO₂ ระหว่างไบโอดีเซล บี100 และไบโอดีเซล บี5

หัวข้อ	เครื่องยนต์เรือขว (ไบโอดีเซล บี100)			เครื่องยนต์เรือซ่าย (ไบโอดีเซล บี5)		
	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm	800 rpm	1100 rpm	1400 rpm
ปริมาณ CO ₂ เฉลี่ย (% โดยปริมาตร)	3.23	4.63	7.22	3.13	4.93	8.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (% โดยปริมาตร)	0.15	0.06	0.55	0.06	0.12	0.15
สัมประสิทธิ์ความ แปรผัน (%)	4.64	1.30	7.62	1.92	2.43	1.87



ภาพผนวกที่ ๑1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนโมลของ CO, CO₂ และ O₂ กับ Exhaust equivalence ratio

ที่มา: Heywood (1988)



ภาคผนวก จ
ราคาเปรียบเทียบน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างปี 2548 ถึง 2552 ของภาคกลาง

ตารางผนวกที่ จ1 ราคาเปรียบเทียบน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างปี 2548 ถึง 2552
ของภาคกลาง (บาท)

รายการ	ปี 48	ปี 49	ปี 50	ปี 51	ปี 52
น้ำมันปาล์ม บริสุทธิ์ \บรรจุขวดพลาสติก 1 ลิตร \ตรามรกต	31.64	30.13	34.65	45.72	37.65
น้ำมันปาล์ม บริสุทธิ์ \บรรจุขวดพลาสติก 1 ลิตร \ตราหยก	31.61	30.47	34.14	46.05	37.37
น้ำมันปาล์ม บริสุทธิ์ \บรรจุขวดพลาสติก 1 ลิตร \ตราโอสิน	29.52	27.35	34.00	44.63	37.29
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ \บรรจุขวดพลาสติก 1 ลิตร \ตราอรุณ	35.50	34.48	36.96	49.50	43.99
น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ \บรรจุขวดพลาสติก 1 ลิตร \ตราสุก	35.22	34.42	37.13	48.89	44.63

ที่มา: สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ (2548, 2549, 2550, 2551, 2552)

จากข้อมูลการเปรียบเทียบในด้านของราคาระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้กล่าวมาในตารางผนวกที่ จ1 นี้ โดยถึงแม้จะไม่ใช้การแสดงราคาเปรียบเทียบของทั้งประเทศ แต่เนื่องจากภาคกลางนั้นเป็นภาคที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังนั้นจากข้อมูลที่ระบุอยู่ในตารางจึงควรที่จะกล่าวได้ว่าสำหรับประเทศไทยนั้นในช่วง 5 ปีหลังสุดที่ผ่านมา น้ำมันปาล์มมีราคาถูกกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ผลิตน้ำมันในไทยเลือกน้ำมันปาล์มมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลแทนที่จะนำน้ำมันถั่วเหลืองมาใช้ผลิต

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายกมลภัทร ลิ้มรัตน์
 เกิดวันที่ 30 มิถุนายน 2529
 สถานที่เกิด เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
 ประวัติการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 ตำแหน่งปัจจุบัน -
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน -

