การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธวัชชัย เจริญคุณ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
กันยายน 2556

การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธวัชชัย เจริญคุณ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
กันยายน 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

บทคัดย่อ

ของ

ธวัชชัย เจริญคุณ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
กันยายน 2556

ธวัชชัย เจริญคุณ. (2556). *การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล.* ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติ สถาพรประสาธน์.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสมรรถนะและมลพิษไอเสียเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือ ยี่ห้อ MERCEDES BENZ แบบ OM 421 กำลัง 159 กิโลวัตต์ จำนวน 6 สูบ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันไบโอดีเซล แบบเมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester) ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100) แล้วนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิงพบว่า เมื่ออัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นและความหนืดของเชื้อเพลิงจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงด้วย ส่วนผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ พบว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ลดลงด้วย และผลการทดสอบมลพิษไอเสีย พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น CO, HC และควันดำมีปริมาณลดลง แต่ NO_x มีปริมาณเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง พบว่าปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นจะมีปริมาณลดลง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาไนเตรชั่น และปฏิกิริยาออกซิเดชั่น มีค่าลดลงด้วย

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดให้การเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าที่ 321,200 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี อายุโครงการ 15 ปี ด้วยน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล B20 พบว่าโครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 โดยกำหนดให้ราคาต้นทุนไบโอดีเซล B100 คงที่ เป็นเชื้อเพลิงคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 9,502,116.46 บาท และอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.24 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง พบว่าด้านต้นทุนสามารถเพิ่มขึ้นได้ 24.00 % ด้านรายได้สามารถลดลงได้ 19.35 % โดยที่โครงการยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

DETERIORATION OF LUBRICATING OIL FROM BIODIESEL IN DIESEL ENGINE

AN ABSTRACT

BY

TAWATCHAI CHAROENKUL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Master of Engineering Degree in Engineering Management

at Srinakharinwirot University

September 2013

Tawatchai Charoenkul. (2013). *Deterioration of Lubrication Oil from Biodiesel in Diesel Engine.* Master thesis, M.Eng. (Engineering Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof. Dr.Kitti Sathapornprasath

The purposes of this research were to study performance and exhaust emission from using biodiesel (Methyl Ester) blended with diesel fuel, as fuel in a diesel generator, MERCEDES BENZ OM 421, 159 kW 6-cylinders, On the research, properties of biodiesel were studied at various ratios (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 and B100) by testing with the engine. The results showed that increase of biodiesel ratio causes density and viscosity of the fuel increase. As a result, the injection nozzle has lower efficiency becauses of incomplete combustion. In the same way, the performance test showed that fuel consumption and specific fuel consumption of the fuel increased when the ratio of biodiesel is increased, Moreover, due to lower heating value of biodiesel causes thermal efficiency of the engine is reduced. A result of exhaust emission test showed that when the ratio of biodiesel is increased, CO, HC and black smoke are decreased, but the amount of NOx is increased

The properties of lubricating oil when using biodiesel B20 as fuel in a diesel generator, Found that the amount of wear metals in lubricating oil contamination are decreased. The nitrate reaction and the oxidation reaction are reduced

The economic analysis . The analysis defined diesel generator operated 321,000 kW.h/year for 15 years project plan. By using diesel and biodiesel B20 as fuel. The result showed that using biodiesel B20 by the fixed cost biodiesel B100 are most cost effective The net present value (NPV) was 9,502,116.46 Baht and Benefit costs ratio (B/C) was 1.24 Sensitivity analysis ,The operating cost can increase less than 24.00% and the revenue can decrease less than 19.35 % is acceptable

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ของ

ธวัชชัย เจริญคุณ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน กันยายน พ.ศ. 2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษา ..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์) (อาจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธีกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุภาพ แย้มไตรพัฒน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล สามารถดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อย และประสบผลสำเร็จไปด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานและบุคลากรดังนี้ คือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ให้ความคิดเห็น และแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท ไทโอลีโอเคมี จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์สนับสนุนน้ำมันไบโอดีเซล B100 สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บริษัท โฟกัสแล็ป จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์สนับสนุนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า และเจ้าหน้าที่แผนกช่างกลเรือหลวงหนองสาหร่ายทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการจัดสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่านซึ่งมิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ในด้านต่างๆ อีกหลายด้าน และสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ช่วยให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ

ธวัชชัย เจริญคุณ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ไบโอดีเซล (Biodiesel)	4
น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil)	5
หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น	7
คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น	8
มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล	9
สาเหตุของการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น	12
วิธีวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น	13
หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล	15
การประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์	18
การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบ	29
วิธีดำเนินการทดลอง	32
4 ผลการวิจัย	
ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง	38
ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	41
ผลการทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์	42
ผลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล B20	44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ น้ำมันหล่อลื่น	45
การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	60
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
สรุปผล	65
ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	69
ประวัติย่อผู้วิจัย	138

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณสมบัติของไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล	5
2	มาตรฐาน API	9
3	มาตรฐาน ACEA	10
4	มาตรฐาน MERCEDES BENZ	11
5	มาตรฐาน VOLVO	12
6	มาตรฐาน MTU	12
7	รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซล	31
8	รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	31
9	การกำหนดรหัสเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง	32
10	รูปแบบการทดลอง	34
11	คุณสมบัติจำเพาะของน้ำมันหล่อลื่น	34
12	ค่ามุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองเชื้อเพลิง	40
13	เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	44
14	เปรียบเทียบผลการทดลอง	59
15	สรุปเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ	64
16	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B0	77
17	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B5	77
18	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B10	78
19	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B15	78
20	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B20	79
21	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B25	79
22	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B50	80
23	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B75	80
24	ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิง B100	81
25	แสดงราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริง และราคาน้ำมันดีเซลจากการพยากรณ์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010-2013	89
26	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศสหรัฐอเมริกา เทียบกับราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศไทย	90
27	พยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2013-2027	90

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
28	ราคาพยากรณ์น้ำมันดีเซลในประเทศไทย	91
29	ค่าใช้จ่ายค่าในการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	93
30	ค่าน้ำมันดีเซลในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	94
31	ค่าน้ำมันไบโอดีเซล B20 ในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า (B100 ราคาคงที่)	95
32	ค่าน้ำมันไบโอดีเซล B20 ในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า (B100 ราคาเพิ่มขึ้น 4 % ต่อปี)	96
33	ค่าใช้จ่าย รายได้ และผลตอบแทน เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันดีเซล	97
34	ค่าใช้จ่าย รายได้ และผลตอบแทน เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาคงที่)	98
35	ค่าใช้จ่าย รายได้ และผลตอบแทน เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซล ด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาเพิ่มขึ้น 4 % ต่อปี)	99
36	แสดงมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันดีเซล	100
37	แสดงมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาคงที่)	101
38	แสดงมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100ราคาเพิ่มขึ้น 4 % ต่อปี)	102
39	แสดงอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันดีเซล	103
40	แสดงอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาคงที่)	104
41	แสดงอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันไบโอดีเซลB20 (B100ราคาเพิ่มขึ้น 4 % ต่อปี)	105
42	กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของ กรดไขมัน พ.ศ. 2550	107

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)	4
2	ลำดับการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	17
3	แผนภาพการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	30
4	น้ำมันไบโอดีเซล B100 และ น้ำมันดีเซล	32
5	ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัตราส่วนผสมต่างๆ	33
6	ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานที่ระยะเวลาต่างๆ	35
7	ขั้นตอนในการทดลอง	36
8	ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น	37
9	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	38
10	ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	39
11	ค่าความหนืดของเชื้อเพลิง	39
12	ลักษณะมุมสเปรย์และฝอยละอองของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	40
13	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	41
14	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ	41
15	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์	42
16	ปริมาณก๊าซที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์	43
17	ปริมาณควันดำที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์	43
18	สภาพหัวฉีดที่ผ่านการใช้งานด้วยเชื้อเลิง B0, B20, B100	45
19	ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	46
20	ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	46
21	ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 100°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	46
22	ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 100°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	47
23	ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืดเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	47
24	ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืดเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	48
25	ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	48
26	ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	49
27	ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	49
28	ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	50
29	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่าเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	50

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
30	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่าเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	51
31	ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	51
32	ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	52
33	ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A	52
34	ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B	53
35	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A ด้วยวิธี RDE	54
36	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE	54
37	ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A ด้วยวิธี RDE	55
38	ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE	55
39	ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A ด้วยวิธี RDE	56
40	ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE	56
41	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมี่ยมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE	57
42	ผลการวิเคราะห์ปริมาณอลูมิเนียมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A ด้วยวิธี RDE	57
43	ผลการวิเคราะห์ปริมาณอลูมิเนียมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE	58
44	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดินั่มเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE	58
45	เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือ	126
46	มอเตอร์ขับคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ	126
47	มอเตอร์น้ำทะเลหล่อเย็นเครื่องปรับอากาศ	127
48	มอเตอร์ระบบชิลเลอร์	127
49	ระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	128
50	เครื่องวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า	128
51	เครื่องมือทดสอบหัวฉีด	129
52	เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย	129
53	เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย	130
54	เครื่องวัดความเร็วรอบ	130
55	เครื่องวัดอุณหภูมิ	131
56	อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	131
57	อุปกรณ์จับเวลา	132
58	อุปกรณ์ในการตวงวัด	132
59	น้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ A และ น้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ B	133

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
60 เครื่องวัดค่าความหนืด	133
61 เครื่องทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	134

บทที่ 1
บทนำ

1.ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันการเพิ่มจำนวนประชากรและอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ขยายตัวส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในขณะที่ความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงมาใช้เพื่อการคมนาคมและการขนส่งมากที่สุดของการใช้พลังงานในภาพรวมปัจจุบันแหล่งพลังงานในประเทศไทย ต้องนำเข้าพลังงานมาจากต่างประเทศจำนวนมาก เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปประกอบกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงมีความพยายามศึกษาวิจัยและค้นคว้าหาแหล่งพลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานทดแทนที่ได้จากผลิตผลทางการเกษตรที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้เองเพื่อสร้างความมั่นคงและสามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของประเทศอีกทั้งยังช่วยสร้างตลาดที่มั่นคงให้กับผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลมีการใช้มาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 แต่เนื่องจากน้ำมันปิโตรเลียมยังมีราคาถูกและหาได้ง่าย ทำให้น้ำมันพืชไม่ได้รับความสนใจในการใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล หลังจากวิกฤตน้ำมันครั้งแรกของโลกในปี พ.ศ. 2514 หรือ ค.ศ. 1971 จึงมีความตื่นตัวและพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพลังงานหมุนเวียนที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น และน้ำมันพืชก็เป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่ได้รับการสนใจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลอีกครั้ง

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีเกิดเป็นสารที่เรียกว่า เมทิลเอสเทอร์(Methyl Ester) หรือเอทิลเอสเทอร์ (Ethyl Ester) ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลสำเร็จรูปสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ใน 2 แนวทางได้แก่ การใช้น้ำมันไบโอดีเซล B100 โดยตรง และการใช้น้ำมันไบโอดีเซลB100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ แต่เนื่องจากการใช้ไบโอดีเซล B100 โดยตรงกับเครื่องยนต์อาจทำให้ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (Rubber) และพลาสติกบางชนิดกลายเป็นตะกอนสะสมในถังน้ำมันไปเรื่อยๆ และทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำมันหล่อลื่น และอีกสาเหตุเนื่องมาจากเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันไบโอดีเซลบางส่วนรั่วผ่านแหวนลูกสูบจึงมีผลทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้หล่อลื่นชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์มีคุณภาพลดลง น้ำมันหล่อลื่นถือว่ามีความสำคัญต่อเครื่องยนต์เพราะน้ำมันหล่อลื่นจะช่วยหล่อลื่น ลดการเสียดสีและการสึกหรอของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ต่างๆภายในเครื่องยนต์ ช่วยระบายความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบ และช่วยระบายความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีและเมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานไปก็จะทำให้คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่นลดลงไปเรื่อยๆ ในที่สุดก็ไม่เหมาะสมกับการใช้งานอีกต่อไปเพราะ

จะส่งผลให้ชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอจึงจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นใหม่ ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติและอายุการใช้งานแตกต่างกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันไบโอดีเซลให้สามารถใช้ได้จริงในอนาคต และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง

2.วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมน้ำมันไบโอดีเซล B100 กับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100)

2.ศึกษาสมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆเป็นเชื้อเพลิง

3.เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง

4.ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

3.ขอบเขตของการวิจัย

1.น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ คือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลB100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100)

2.น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการทดสอบ คือ ชนิดเกรดเดี่ยว (Single Grade) SAE 40 ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B

3.สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบ คือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมลพิษไอเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์

4.คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่พิจารณาประกอบด้วย ความหนืดดัชนีความหนืด ปริมาณน้ำในน้ำมัน ความเป็นด่างในน้ำมัน ปฏิกิริยาไนเตรชั่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ปริมาณเขม่า ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อน

5.เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าในเรือ ยี่ห้อ MERCEDES BENZ แบบ OM 421 กำลัง 159 กิโลวัตต์ จำนวนสูบ 6 สูบ โดยไม่ได้ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์

6.สภาวะการเดินเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นระยะเวลารวม 200 ชั่วโมงต่อการทดลอง กำหนดให้ภาระทางไฟฟ้าที่มีค่าคงที่เท่ากับ 30% ของโหลดสูงสุดที่ความเร็วรอบ 1,800

รอบต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะคงที่ของรอบการทำงานของเครื่องยนต์ส่วนการทดสอบสมรรถนะใช้งานจริงให้เป็นไปตามคู่มือการใช้งานของเครื่องยนต์ และเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ระยะเวลา 50, 100, 150 และ200 ชั่วโมง

4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

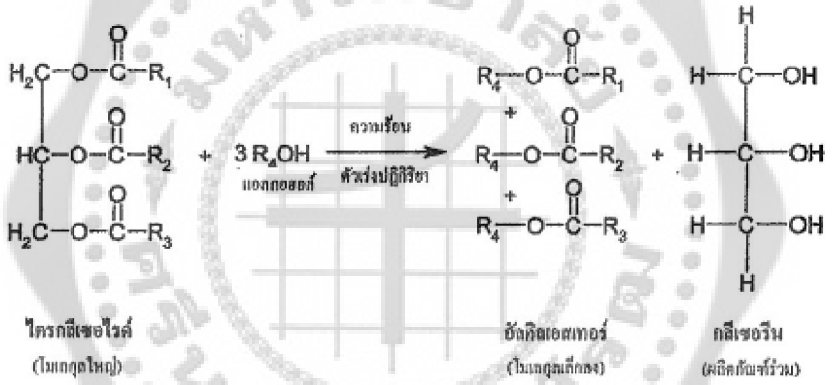
2.ทราบถึงระดับของการเปลี่ยนแปลงและการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

3.เป็นข้อมูลและแนวทางในการบำรุงรักษาน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเลือกใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง และแนวทางในการเลือกใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล (Biodiesel) หมายถึง น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้จากน้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ หรือน้ำมันปรุงอาหารที่ใช้แล้วไปผ่านกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชั่น (Tranesterification) โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเตอร์ (Mono Alkyl Ester) ได้แก่ เมทิลเอสเตอร์ (Methyl Ester) หรือเอทิลเอสเตอร์ (Ethyl Ester) และได้กลีเซอรีน (Glycerine) เนื่องจากเมทิลเอสเตอร์ที่ได้นี้มีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซลดังนั้นจึงเรียกว่า ไบโอดีเซล



ภาพประกอบ 1 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) การผลิตและการตรวจสอบมาตรฐานไบโอดีเซลเบื้องต้น. (2555 ออนไลน์)

มาตรฐานและคุณภาพของไบโอดีเซลตามมาตรฐานสากลที่นิยมใช้ในการพัฒนาไบโอดีเซล จะนิยมใช้มาตรฐาน DIN (Deutsch Institute Norms) ของประเทศเยอรมันนี และ ASTM (American Society of Testing and Materials) ของประเทศสหรัฐอเมริกา การทดสอบตามมาตรฐานเหล่านี้เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการควบคุมคุณสมบัติของไบโอดีเซล ถ้าไบโอดีเซลที่จำหน่ายไม่ได้คุณภาพอาจส่งผลกระทบถึงประชาชน สำหรับประเทศไทย กระทรวงพลังงานได้กำหนดมาตรฐาน B100 คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์โดยไม่ต้องใช้น้ำมันดีเซลปิโตรเลียมหรือน้ำมันอื่นๆมาผสม สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมได้

ซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์รวม 23 ตัว และเพิ่มอีกหนึ่งพารามิเตอร์ในกรณีที่มีการใช้สารเติมแต่งในไบโอดีเซล ดังแสดงในภาคผนวก ฉ วัตถุประสงค์หลักตามมาตรฐานที่ประกาศใช้ B100 นั้นกำหนดขึ้นเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับนำไปผสมกับน้ำมันดีเซล เช่น ไบโอดีเซลจำนวน 5 ส่วนผสมกับน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมจำนวน 95 ส่วน ที่กำลังใช้อยู่ในปัจจุบันจะเรียกว่าเป็นไบโอดีเซล B5

ตาราง 1 คุณสมบัติของไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

Fuel Property	Diesel	Biodiesel
Fuel Standard	ASTM D975	ASTM D6751
Lower Heating Value,Btu/gal	~129,050	~118,170
Kinematic Viscosity @40°C	1.3-4.1	4.0-6.0
Specific Gravity kg/l @60°F	0.85	0.88
Density lb/gal @15°C	7.079	7.328
Water and Sediment, Vol%	0.05 max	0.05 max
Carbon, Wt	87	77
Hydrogen, Wt	13	12
Oxigen by dif. Wt.	0	11
Sulfur, Wt	0.05 max	0.0-0.0024
Boiling Point, °C	180 to 340	315 to 350
Flash Point, °C	60 to 80	100 to 170
Cloud Point, °C	-15 to 5	-2 to 12
Pure Point , °C	-35 to -15	15 to 10
Ceten Number	40-55	48-65

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.). การผลิตและการตรวจสอบมาตรฐานไบโอดีเซลเบื้องต้น. (2555 ออนไลน์)

2. น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil)

น้ำมันหล่อลื่นเป็นสารที่ลดความฝืดระหว่างผิวโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะเกิดการสัมผัสกัน ลดความฝืด เป็นซีลป้องกันการรั่ว ระบายความร้อน ป้องกันการสึกหรอ ป้องกันสนิม การกัดกร่อน และขจัดคราบสกปรกไม่ให้เกาะติดกับชิ้นส่วนโลหะ ดังนั้นหากเราสามารถจัดการเครื่องจักรกลให้ได้รับสารหล่อลื่นที่ถูกต้องทั้งชนิด ตำแหน่ง ช่วงเวลา และปริมาณการหล่อลื่น นอกจากจะชะลอการเสื่อมสภาพการสึกหรอของเครื่องจักรแล้ว ยังทำให้สามารถใช้เครื่องจักรกลได้

คุ้มค่า ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมและบำรุงรักษา น้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณภาพดีมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 อย่างคือ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oil) และสารเพิ่มคุณภาพ (Additives)

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oil) มีอยู่ 3 ประเภทได้แก่ น้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์ น้ำมันแร่ และน้ำมันสังเคราะห์ แต่ส่วนใหญ่จะใช้น้ำมันแร่มาผลิตหล่อลื่นสำเร็จรูป เพราะมีคุณภาพดี หาง่าย และราคาถูก น้ำมันชนิดอื่นจะใช้ในงานที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษบางอย่างเท่านั้น

1. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากพืชหรือสัตว์ (Vegetable or Animal Base Oil) ในสมัยก่อนมีการใช้ในงานหลายอย่าง แต่เนื่องจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่ได้จากธรรมชาติมักมีความอยู่ตัวทางเคมีต่ำ เสื่อมสภาพได้ง่ายในขณะใช้งานจึงต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งจะมีราคาแพงจึงหมดความนิยมไป น้ำมันที่ได้จากพืช ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันปาล์ม น้ำมันที่ได้จากสัตว์ได้แก่น้ำมันหมู น้ำมันปลา ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันพืช หรือน้ำมันสัตว์เป็นน้ำมันพื้นฐานน้อยมาก และใช้เฉพาะในงานหล่อลื่นที่ต้องการคุณภาพพิเศษบางอย่างเท่านั้น ส่วนใหญ่แล้ว มักจะใช้เป็นตัวเติมคุณภาพให้น้ำมันหล่อลื่นที่ทำมาจากน้ำมันปิโตรเลียม

2. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียมหรือน้ำมันแร่ (Mineral Base Oil) เป็นน้ำมันพื้นฐานที่ใช้กันมากที่สุดเพราะคุณภาพดีและราคาถูก น้ำมันแร่ได้จากการเอาส่วนที่อยู่ก้นหอกลั่นบรรยากาศมาผ่านกระบวนการกลั่นภายใต้สูญญากาศ แยกเอาน้ำมันหล่อลื่นชนิดใสและชนิดข้นออกมา ที่เหลือเป็นกากนำไปผลิตยางมะตอย ชนิดและปริมาณของน้ำมันแร่ที่แยกออกมาได้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันดิบที่นำมากลั่น น้ำมันดิบบางอย่างก็ไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตน้ำมันแร่ น้ำมันแร่ที่ได้จากน้ำมันดิบ มักมีไขสูง ต้องผ่านกระบวนการขจัดเอาไขออก น้ำมันแร่ที่ได้จากการกลั่นแยกภายใต้สูญญากาศปกติจะมีคุณภาพที่ไม่ดีพอที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำมันหล่อลื่น ต้องผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อขจัดเอาสารที่ไม่ต้องการออก เพื่อให้มีความอยู่ตัวเชิงเคมีและเชิงความร้อนดี น้ำมันแร่ที่นำมาผลิตน้ำมันหล่อลื่นมีความข้นใสหลายระดับ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความหนืดตามอุณหภูมิคือ ประเภทที่มีดัชนีความหนืดสูง ปานกลาง และต่ำ โดยดัชนีความหนืดเป็นตัวเลขที่บอกถึงความสามารถของน้ำมันในการรักษาระดับความหนืดเมื่อร้อนขึ้นหรือเย็นลง น้ำมันที่มีดัชนีความหนืดสูงเมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้นก็จะหนืดลงไม่มากและหากทำให้เย็นลงจากเดิมก็จะหนืดขึ้นไม่มากเช่นกัน ส่วนน้ำมันที่มีดัชนีความหนืดต่ำต่ำนั้น เวลาทำให้ร้อนก็จะหนืดลงมาก และเมื่อทำให้เย็นลงจากเดิมก็จะหนืดขึ้นมากเช่นกัน น้ำมันแร่ที่มีดัชนีความหนืดสูงได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบประเภทพาราฟินนิก (Paraffinic) ส่วนน้ำมันแร่ที่มีดัชนีความหนืดปานกลางและต่ำ ได้มาจากน้ำมันดิบประเภทแนฟทานิก (Naphthanic)

3. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic Base Oil) เป็นน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี วัตถุดิบที่ใช้มักจะมาจากน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันมีอยู่หลายชนิด แต่ราคาค่อนข้างแพงใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเฉพาะในงานพิเศษที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษด้านดัชนีความข้นใสสูง จุดไหลเทต่ำและมีการระเหยต่ำ

3. หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น

1. ช่วยในการหล่อลื่น (Lubricate) คุณภาพการหล่อลื่นของน้ำมันหล่อลื่นขึ้นอยู่กับความหนืดของน้ำมัน เยื่อบางๆ ของน้ำมันจะเคลือบผิวของโลหะไม่ให้มีการเสียดสีกันโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดการสึกหรอ ความหนาของเยื่อน้ำมันขึ้นอยู่กับความหนืด ถ้าความหนืดของน้ำมันสูงเยื่อน้ำมันจะหนามาก น้ำมันที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการรักษาความหนาของเยื่อน้ำมันให้เกือบคงที่อยู่ทุกๆ อุณหภูมิคือไม่บางเกินไปเมื่ออุณหภูมิสูงและไม่หนาเกินไป เมื่ออุณหภูมิต่ำ น้ำมันที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ เรียกว่ามีดัชนีความหนืดสูง ปกติก่อนสตาร์ทเครื่องยนต์น้ำมันหล่อลื่นซึ่งไหลไปรวมอยู่ส่วนล่างของอ่างน้ำมันหล่อลื่นยังเย็นและข้นเมื่อเครื่องยนต์เดินจำเป็นต้องมีน้ำมันไปหล่อเลี้ยงส่วนที่เคลื่อนไหวทันที ถ้าน้ำมันข้นมากไปการปั๊มส่งน้ำมันก็จะล่าช้าอาจทำให้เกิดการสึกหรอได้

2. ช่วยในการรักษาความสะอาด (Clean) โดยทั่วไปเครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ภายในจะมีเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบางส่วนก็รั่วผ่านแหวนลูกสูบ และผนังห้องลูกสูบขึ้นไปอยู่ในฝาครอบวาล์ว ตลอดจนส่วนอื่นๆ ภายในเครื่องยนต์ น้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องสามารถชะล้างขจัดคราบสกปรกดังกล่าวออกจากผิวโลหะได้ นอกจากนี้แล้วยังต้องมีคุณสมบัติในการกระจายเขม่าและสิ่งสกปรกไม่ให้รวมตัวกันเป็นก้อน สิ่งสกปรกเหล่านี้จะต้องลอยตัวไหลเวียนอยู่ในน้ำมันโดยไม่ตกตะกอน และจะถูกถ่ายออกจากเครื่องยนต์ เมื่อมีการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นจะสังเกตเห็นว่า น้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีสีดำ ซึ่งแสดงว่าน้ำมันได้ทำหน้าที่ชะล้างสิ่งสกปรกอย่างสมบูรณ์

3. ช่วยในการระบายความร้อน (Coolant) น้ำมันหล่อลื่นจะถูกส่งไปหล่อลื่นตามจุดต่างๆ เช่น แบริ่ง แหวน ลูกสูบ เพลา ฯลฯ ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกถ่ายเทจากเครื่องยนต์โดยอาศัยน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวช่วยประมาณร้อยละ 30 ของความร้อนจะถูกระบายออกโดยอาศัยน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวถ่ายเท จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นค่อนข้างสูง ทำให้อัตราการรวมตัวน้ำมันกับออกซิเจนในอากาศเร็วขึ้น ด้วยเหตุนี้น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจึงต้องมีสารเพิ่มคุณภาพในการป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนเพื่อยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น

4. ช่วยในการป้องกันสนิมและการกัดกร่อน (Protect) เมื่อเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ใหม่ๆ ในขณะที่เครื่องยนต์ และน้ำมันหล่อลื่นเย็นอยู่ การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงยังไม่สมบูรณ์ดี จะมีแก๊ส และไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ผ่านแหวนลูกสูบลงไปยังส่วนล่างของเครื่องยนต์มากกว่าปกติ แก๊สที่รั่วผ่านเหล่านี้จะรวมตัวกับไอน้ำ กลายเป็นกรดสามารถจะกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และทำให้เกิดสนิมได้ สารเคมีจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดสนิมและต้านการกัดกร่อน ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์ยาวนานขึ้น

5. ช่วยกระจายความสกปรก (Dispersancy) น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติการกระจายสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ปนในน้ำมันหล่อลื่น เพื่อไม่ให้สิ่งสกปรกต่างๆ รวมตัวกันได้ง่าย หากสิ่งสกปรกในน้ำมันหล่อลื่นเกิดการรวมตัวกันมากขึ้นจะทำให้เกิดเป็นยางเหนียว

6. ช่วยในการป้องกันการรั่วซึมของแก๊ส (Seal) ความหนืดของน้ำมันมีความสำคัญในการป้องกันการรั่วซึมของแก๊สผ่านแหวนลูกสูบได้ โดยทำหน้าที่เป็นเยื่ออุดช่องว่างระหว่างแหวนลูกสูบกับกระบอกสูบ น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการเคลือบและจับกับผิวโลหะ เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของแก๊ส

4. คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

1. ความหนืดหรือความข้นใส น้ำมันที่มีความหนืดสูงจะไหลยากแต่จะมีเยื่อหล่อลื่นหนากว่าหรือแข็งกว่าน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ และน้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีความหนืดที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งหน่วยวัดความหนืดมีหลายระบบและอุณหภูมิที่วัดต่างๆ กัน ความหนืด หมายถึงความใส และความข้นของน้ำมัน โดยวัดที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง

2. ดัชนีความหนืดหรือดัชนีความข้นใสของน้ำมันจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณภูมิ ดังนั้นน้ำมันจะมีดัชนีความหนืดลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และจะมีดัชนีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลง จึงมีการวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้ออกมาเป็นค่าดัชนีความหนืด (Viscosity Index) หรือค่า VI ถ้าน้ำมันหล่อลื่นมีดัชนีความหนืดเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมาก แสดงว่าน้ำมันหล่อลื่นนั้น มีค่า VI สูง แต่ถ้าดัชนีความหนืดเปลี่ยนแปลงมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อยก็แสดงว่าน้ำมันนั้นมีค่า VI ต่ำ

3. มีคุณสมบัติในการชะล้าง (Detergency) ขณะที่เครื่องยนต์ทำงานมีการเผาไหม้จะทำให้เกิดคราบเขม่า ยางเหนียว เถ้า และสิ่งสกปรกต่างๆ ติดเป็นคราบอยู่ตามชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ดังนั้นน้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องช่วยชะล้างสิ่งสกปรกต่างๆ เหล่านี้ออกไป

4. มีคุณสมบัติในการกระจายเขม่า (Dispersancy) เมื่อสิ่งสกปรกต่าง ๆ ถูกชะล้างด้วยน้ำมันหล่อลื่นแล้วไหลลงมาในอ่างน้ำมันหล่อลื่นจะต้องสามารถกระจายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ไม่ให้เกาะรวมตัวกันเป็นก้อนได้ เพราะอาจทำให้ท่อทางเดินของน้ำมันอุดตัน

5. มีสารป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Anti Oxidant) สารนี้จะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันหล่อลื่นกับออกซิเจนในอากาศเกิดได้ช้าลง ถ้าไม่มีสารนี้น้ำมันหล่อลื่นจะทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ง่ายและทำให้เกิดเป็นยางเหนียว (Varnish) เป็นผลให้น้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดเพิ่มขึ้นได้

6. มีความเป็นด่างที่เหมาะสม (Total Base Number; TBN) จากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ กำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำให้เกิดกรดซัลฟูริกขึ้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมต้องทำลายกรดที่เกิดก๊าซไอดีหรือไอเสียที่ลอดผ่านร่องแหวนลูกสูบลงไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงได้และเป็นตัวปรับสภาพน้ำมันหล่อลื่นให้มีค่าความเป็นกลางซึ่งจะช่วยป้องกันการกัดกร่อนในเครื่องยนต์

7. มีสารป้องกันการสึกหรอ (Anti Wear) สารนี้จะช่วยทำให้ฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นคงทนต่อแรงเฉือนได้ดี ลดการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นมากกว่าปกติตรงบริเวณวาล์วและเพลาลูกเบี้ยว

8. มีสารป้องกันการเกิดฟอง (Anti Foam) การเกิดฟองของน้ำมันหล่อลื่นภายในห้องเพลาข้อเหวี่ยงจะเกิดขึ้นมากเนื่องจากความเร็วรอบของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบหล่อลื่นลดลง สารป้องกันการเกิดฟองจะช่วยทำให้ฟองอากาศละลายตัวได้ง่าย

9. มีสารป้องกันสนิม (Anti Rust) สารนี้จะช่วยให้น้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวเคลือบไม่ให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ทำด้วยเหล็กเป็นสนิมขณะเครื่องยนต์หยุดทำงานเป็นเวลานาน ๆ

10. มีสารลดความฝืด (Friction Modifier) สารนี้จะช่วยเพิ่มความลื่นในน้ำมันหล่อลื่นทำให้ความฝืดที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ลดลง เป็นผลทำให้ความร้อนในน้ำมันหล่อลื่นลดลงไปด้วย และช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีขึ้น

11. มีการระเหยตัวต่ำ (Low Volatility) น้ำมันหล่อลื่นที่ดีจะต้องมีจุดวาบไฟสูง ซึ่งจะทำให้เกิดการระเหยตัวต่ำและทนต่อความร้อนสูง และไม่เกิดการเผาไหม้ได้ดี

12. มีจุดไหลเทต่ำ (Low Pour Point) เพื่อที่จะนำน้ำมันหล่อลื่นไปใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำได้

5. มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล

5.1 มาตรฐานจากองค์กรมาตรฐาน (Organization Standard)

1. มาตรฐาน API (American Petroleum Institute Standard) น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล (Heavy Duty Engine Oil : HDDO) ใช้อักษรย่อ API C (Commercial Oil)

ตาราง 2 มาตรฐาน API

มาตรฐาน API	การใช้งาน
API CA	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานเบา ออกแบบให้ใช้กับเครื่องยนต์ที่ผลิตระหว่างปี ค.ศ. 1940-1950 ปัจจุบันยกเลิกใช้แล้วยกเว้น OEM แนะนำให้ใช้
API CB	สำหรับเครื่องยนต์งานเบาแนะนำให้ใช้กับเครื่องยนต์ที่ผลิตระหว่างปี ค.ศ. 1949 ที่ใช้ High Sulfur Fuel
API CC	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลปานกลางที่ผลิตขึ้น ระหว่างปี ค.ศ. 1961
API CD	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก ที่มีและไม่มี Turbocharger ที่ผลิตขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1955 ใช้ถึงปี ค.ศ. 1994
API CD-II	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ งานหนักที่ผลิตขึ้นก่อนปี ค.ศ 1985
API CE	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่มี Turbocharger และ Supercharger ที่ผลิตขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1983
API CF-4	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่ผลิตขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1990 (ใช้ได้กับ High Sulfur Diesel)

ตาราง 2 (ต่อ)

มาตรฐาน API	การใช้งาน
API CF	ใช้แทน API CD ในเครื่องยนต์กลุ่มที่ใช้ API CD และเครื่องยนต์ ระบบ IDI (Indirect Injection Engine) เริ่มประกาศใช้ปี ค.ศ. 1994
API CG-4	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่ผลิตตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 ที่ใช้เชื้อเพลิงปริมาณกำมะถันต่ำ (0.05 %)
API CH-4	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่ผลิตขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 ถึง ปัจจุบัน
API CI-4	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่ผลิตขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 ถึง ปัจจุบัน

2. มาตรฐาน ACEA (Association des Constructeurs Europeans de'l Automobile) น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก (Heavy Duty Diesel)

ตาราง 3 มาตรฐาน ACEA

มาตรฐาน ACEA	การใช้งาน
ACEA E1-96/98	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักทั่วไปประเภท Naturally Aspirated หรือ Light Turbocharger
ACEA E2-96/9	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก โดยเพิ่มคุณสมบัติด้าน Anti-Wear, Bore Polish, Deposit and Sludge Control
ACEA E3-96/98	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก(Severe Condition) เพิ่มคุณสมบัติสูงกว่า E2 และลดปัญหา Oil Consumption , Extend Drain
ACEA E4-98	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักมาก (Very Severe Condition) และ Extend Drain มากกว่า E3
ACEA E5	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักมาก และ Extend Drain ปรับปรุงประสิทธิภาพ Deposit Control

3. มาตรฐานญี่ปุ่น (Japanese Automobile Standard Organization) Japanese CD เป็นมาตรฐานหล่อลื่นเครื่องยนต์ญี่ปุ่นยุคแรกปรับปรุงจากมาตรฐาน API CD JASO DH-1: เป็นมาตรฐานหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ รอบสูง งานหนัก ของญี่ปุ่นรุ่นใหม่

4. มาตรฐาน GLOBAL DHD - 1 เป็นมาตรฐานน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ รอบสูง ใช้งานหนักที่เกิดจากความร่วมมือกันของผู้ผลิตเครื่องยนต์ 3 ภูมิภาค คือ ACEA ; Association des Constructeurs Europeen de l' Automobile (ยุโรป)

EMA ; Engine Manufacturers Association (สหรัฐอเมริกา) และJAMA; Japan Automobile Manufacturers Association Inc. (ญี่ปุ่น) เพื่อให้มาตรฐาน GLOBAL DHD-1 เหมาะสม และสามารถใช้กับเครื่องยนต์ทั้ง 3 ภูมิภาคได้ทั่วโลก มาตรฐานนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับเครื่องยนต์รุ่นใหม่ (ตั้งแต่ปี ค.ศ 1998) ที่ผ่านการควบคุมมลพิษไอเสีย มาตรฐานนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากผู้ผลิตรถ 3 ภูมิภาค ทำให้น้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านมาตรฐานนี้ได้มาตรฐานสูงสุดของทั้ง 3 ภูมิภาคด้วย คือ API CH-4, ACEA E5 และ JASO DH-1

5.2 มาตรฐานผู้ผลิตเครื่องยนต์ (Original Equipment Manufacturer Standard

ตาราง 4 มาตรฐาน Mercedes Benz

มาตรฐาน Mercedes Benz	การใช้งาน
MB 226.0	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป
MB 227	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์
MB 227.1	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์
MB 228.0	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ ซึ่งมีระยะการเปลี่ยนถ่าย 30,000 กิโลเมตร
MB 228.1	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ ซึ่งมีระยะการเปลี่ยนถ่าย 30,000 กิโลเมตร
MB 228.2	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ซึ่งมีระยะการเปลี่ยนถ่าย 45,000 กิโลเมตร
MB 228.3	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ซึ่งมีระยะการเปลี่ยนถ่าย 45,000 กิโลเมตร
MB 228.5	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนักมากที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ซึ่งมีระยะการเปลี่ยนถ่าย 45,000 กิโลเมตร สำหรับงานเบา และ 160,000 กิโลเมตร สำหรับงานหนัก

ตาราง 5 มาตรฐาน VOLVO

มาตรฐาน VOLVO	การใช้งาน
VOLVO VDS	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระยะการเปลี่ยนถ่าย 30,000 กิโลเมตร
VOLVO VDS-2	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้รับมาตรฐานไอเสีย EURO2 ที่มีระยะการเปลี่ยนถ่าย 45,000 กิโลเมตร
VOLVO VDS-3	สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้รับมาตรฐานไอเสีย EURO3 ที่มีระยะการเปลี่ยนถ่าย 60,000 กิโลเมตร

ตาราง 6 มาตรฐาน MTU

มาตรฐาน MTU	การใช้งาน
MTU Type 1	น้ำมันหล่อลื่นคุณภาพทั่วไป (เทียบเท่า ACEA E1-96 ,E2-96)
MTU Type 2	น้ำมันหล่อลื่นคุณภาพสูง สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก (เทียบเท่า ACEA E3-96)
MTU Type 3	น้ำมันหล่อลื่นคุณภาพสูงมาก (เทียบเท่าACEA E5)

6. สาเหตุของการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดได้ถูกผลิตขึ้นมา เพื่อให้มีคุณสมบัติและคุณภาพเหมาะสมสำหรับงานหล่อลื่นแต่ละประเภท โดยการนำเอาน้ำมันพื้นฐานที่มีความหนืดพอเหมาะมาปรับปรุงคุณภาพ ด้วยการเติมสารเคมีเพิ่มคุณภาพ เพื่อให้คุณสมบัติพิเศษตามความต้องการเมื่อน้ำมันหล่อลื่นหมดสภาพหลังจากถูกใช้งานมาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง น้ำมันจะมีการสูญเสียคุณสมบัติในการหล่อลื่นและหน้าที่อื่นๆไป และเมื่อยิ่งใช้ต่อไปน้ำมันก็จะยิ่งเสื่อมสภาพลงไปเรื่อยๆ สาเหตุของการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นพอสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนสภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ซึ่งเกิดจากการที่น้ำมันรวมตัวกับออกซิเจน หรือที่เรียกว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยเฉพาะน้ำมันพื้นฐานประเภทน้ำมันแร่ ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อรวมตัวกับอ็อกซิเจนแล้วจะเกิดเป็นกรดกัดกร่อนชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ เกิดยางเหนียวและโคลนซึ่งอาจทำให้ระบบหมุนเวียนน้ำมันอุดตันได้ ความหนืดของน้ำมันก็จะเพิ่มสูงขึ้น การรวมตัวกับอ็อกซิเจนจะถูกเร่งปฏิกิริยาโดยอุณหภูมิ ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วมากขึ้น นอกจากนี้ถ้ามีเศษโลหะอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น เศษโลหะเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยา ผลของการเกิดปฏิกิริยาจะทำให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสูญเสียคุณสมบัติใน

การหล่อลื่น และป้องกันการกัดกร่อน

2. สารเพิ่มคุณภาพถูกใช้หมดไป เนื่องจากสารเพิ่มคุณภาพเป็นสารเคมี เมื่อทำหน้าที่แล้ว สารเพิ่มคุณภาพก็จะเปลี่ยนสภาพและหมดไปขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเพิ่มคุณภาพที่ใส่เข้าไป อัตราการใช้งาน และการเปลี่ยนสภาพของสารเพิ่มคุณภาพจะขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงาน เมื่อสารเพิ่มคุณภาพถูกใช้หมดน้ำมันก็จะหมดคุณสมบัติในการทำงานของสารคุณภาพนั้นๆไป

3. สารปนเปื้อนจากภายในเครื่องจักรกลและระบบ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนแปลงสภาพและเสื่อมสภาพ ได้แก่ น้ำที่เกิดจากการดูดซับความชื้นจากอากาศภายในระบบ น้ำที่เกิดจากการควบแน่นของความชื้นในอากาศภายในเครื่องจักรกล สารที่เหลือจากการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด

4. การเสื่อมสภาพของน้ำมันที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น ถ้าอุณหภูมิใช้งานสูงขึ้น ผลก็คือน้ำมันจะเปลี่ยนสภาพและเกิดความเป็นกรดขึ้น ความหนืดของน้ำมันก็มักจะสูงขึ้นด้วย ถ้าปล่อยให้ความเป็นกรดสูงมากๆจะทำให้เนื้อน้ำมันเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ผลก็คือเกิดมีพวกยางเหนียว และวานิชเกาะอยู่ตามร่องรูทางผ่านของน้ำมันหล่อลื่นในที่สุดอาจจะเกิดการกัดกร่อนเนื้อโลหะเครื่องจักรกลได้ ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ได้มีการใส่สารเพิ่มคุณภาพเพื่อป้องกันปฏิกิริยานี้อยู่แล้ว ถ้าหากสารนี้ถูกใช้หมดไป หรือเสื่อมสภาพไปน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยากับอากาศได้ที่อุณหภูมิสูงๆ

5. สารปนเปื้อนจากภายนอกเข้าไปผสมกับน้ำมันหล่อลื่นสารเหล่านี้จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ เช่น น้ำจากภายนอกระบบ อาจเข้าไประหว่างเติมหรือเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น หรือระหว่างที่เก็บรักษาน้ำมันที่ไม่ดีพอ และอาจเกิดจากน้ำที่ซึมเข้าไปในระบบเครื่องที่ซีลหรือปะเก็นรั่ว ก็จะทำให้เกิดผลเสียเช่นเดียวกับน้ำที่เกิดภายในเครื่องจักรหรือระบบ ฝุ่นผงมักจะอยู่โดยรอบเครื่องจักรหรือระบบ อาจเข้าไปในเครื่องจักรกลได้ถ้าอุปกรณ์ที่ป้องกัน เช่น เครื่องกรองหรือซีลชำรุด ถ้าการตรวจสอบระดับการเติมหรือเปลี่ยนไม่ได้กระทำอย่างระมัดระวัง ฝุ่นผงก็สามารถเข้าไปได้ หรือแม้กระทั่งสภาพการทำงานที่ต้องเผชิญกับฝุ่นผงในสภาวะการทำงานก็อาจทำให้การป้องกันการสึกหรอของน้ำมันหล่อลื่นเสียไป นอกจากนี้ยังอาจทำให้ความหนืดเปลี่ยน และทำให้เกิดโคลนน้ำมัน

7. การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

1. ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity @ 60°F) ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 60°F ค่านี้วัดเพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่ (New Oil) หากค่าที่วัดได้แตกต่างจากน้ำมันใหม่มาก ห้องปฏิบัติการจะนำค่านี้ไปประกอบการประเมินผลการวิเคราะห์ร่วมกับค่าอื่น

2. ค่าความหนืด (Viscosity Kinematic @ 40°C และ Viscosity Kinematic @ 100°C) การหาค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ อุณหภูมิ 40°C และ 100 °C ค่านี้เป็นค่าที่สำคัญที่สุดของน้ำมันหล่อลื่น เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างผิวสัมผัส และมีผลต่อการเกิดความร้อนขึ้นในระหว่างผิวสัมผัสที่มีการหล่อลื่นด้วยน้ำมัน ความหนืดเป็นคุณสมบัติของของไหลซึ่งวัดในรูปของความต้านทานในการไหล ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นใช้การที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการเป็นค่าที่บอกถึงความข้นใสของน้ำมัน ค่าความหนืดที่ได้อาจสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการกำหนดให้มีค่ามากกว่า 25% ของน้ำมันหล่อลื่นใหม่

3. ค่าดัชนีความหนืด (Viscosity Index - VI) เป็นค่าที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ปกติน้ำมันหล่อลื่นจะมีความหนืดลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงได้มีการกำหนดค่าดัชนีความหนืดขึ้นมาเพื่อใช้แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืดอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ ตามปกติเมื่อเครื่องยนต์เริ่มทำงาน น้ำมันหล่อลื่นจะมีอุณหภูมิไม่สูงความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะสูงกว่าตอนเครื่องยนต์ร้อน และเมื่อเครื่องยนต์ทำงานแล้วอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นจะสูงขึ้นความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะลดลง น้ำมันหล่อลื่นต่างชนิดกันจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืด เนื่องจากอุณหภูมิแตกต่างกัน ห้องปฏิบัติการจะใช้ค่านี้เปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นใหม่ หากค่านี้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากน้ำมันใหม่มาก อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของสารเคมีเพิ่มดัชนีความหนืดในน้ำมันหล่อลื่น

4. จุดวาบไฟ (Flash Point) จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิที่น้ำมันระเหยกลายเป็นไอเพียงพอที่ผิวสามารถลุกไหม้ได้เมื่อโดนเปลวไฟ จุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นใหม่จะแปรผันกับความหนืด โดยน้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดสูงก็จะมีจุดวาบไฟสูงด้วย นอกจากนี้ชนิดของน้ำมันดิบที่นำมาใช้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานก็มีผลต่อจุดวาบไฟด้วย จุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นมีความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน ถ้าจุดวาบไฟต่ำเกินไปจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการใช้งานที่อุณหภูมิสูง และเกิดการสิ้นเปลือง เนื่องจากต้องเติมน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปจุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นจะอยู่ในช่วง 160 - 320 °C แล้วแต่ว่าเป็นชนิดใส หรือข้น หากจุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นใช้การมีค่าลดลงกว่าน้ำมันใหม่มาก แสดงว่าอาจเกิดจากการเจือปนของน้ำมันเชื้อเพลิง หรือน้ำมันส่วนที่ใสกว่ามาผสมสำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการกำหนดให้มีค่าต่ำกว่าน้ำมันหล่อลื่นใหม่ไม่เกินกว่า 45 °C

5. ปริมาณน้ำ (Water Content) ปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นใช้การ วัดออกมาในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร ค่านี้จะบอกให้เราทราบถึงปริมาณน้ำที่ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นใช้การ น้ำที่ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นใช้การมากเกินกำหนดจะมีผลทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ โดยทำลายสารป้องกันการสึกหรอ ทำให้เกิดกรดซัลฟูริก และไฮโดรเจนซัลไฟด์ เกิดเชื้อราและแบคทีเรีย ความหนืดเปลี่ยนแปลงไป และเป็นตัวช่วยให้เกิดฟองอากาศและโฟม ค่าปริมาณน้ำที่ยอมให้มีได้ในน้ำมันหล่อลื่นใช้การขึ้นกับชนิดของงานหล่อลื่น ชนิดของเครื่องจักร และตามชนิดน้ำมันหล่อลื่นตามบริษัทผู้ผลิตแนะนำ สำหรับเกณฑ์กำหนดทั่วๆไป กำหนดให้มีน้ำได้ได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยปริมาตร

6. ค่าความเป็นด่าง (Total Base Number-TBN) น้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปจะมีสภาพความเป็นกรดอยู่เล็กน้อย และสภาพความเป็นกรดของน้ำมันหล่อลื่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นเกิดปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจน (Oxidation) ซึ่งทำให้เกิดกรดอินทรีย์ขึ้น สภาพความเป็นกรดนี้อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนที่เป็นโลหะได้ ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่น โดยเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลจึงนิยมเติมสารเพิ่มคุณภาพที่มีสารที่เป็นด่างเข้าไป เพื่อทำให้สารที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งมีสภาพเป็นกรดมีสภาพเป็นกลางและเมื่อนำน้ำมันหล่อลื่นไปใช้งาน อัตราการสิ้นเปลืองสารที่เป็นด่างที่ตรวจสอบได้ก็จะเป็นตัวชี้ถึงอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น การวัดความเป็นด่างนี้จะวัดในรูปของจำนวนเบสทั้งหมด (Total Base Number) ในที่นี้จะเรียกง่ายๆว่า ค่า TBN ห้องปฏิบัติการจะประเมินผลการวิเคราะห์ค่า TBN ของน้ำมันหล่อลื่นใช้การเปรียบเทียบกับค่า TBN ของน้ำมันใหม่ โดยน้ำมันหล่อลื่นใช้การควรมีค่า TBN มากกว่า 50% ของค่า TBN ในน้ำมันใหม่

7. ปริมาณกากไม่ละลายในเพนเทน (n-Pentane Insoluble) ในการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดสารประเภทกรด และ คราบยางเหนียว ซึ่งไม่ช่วยในการหล่อลื่น ปริมาณตะกอนและยางเหนียวเหล่านี้ ถ้าเกิดขึ้นมากจะส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักร อาจเกิดการติดขัด สึกหรอ เกิดความร้อนสูง และเป็นสาเหตุทำให้เครื่องยนต์ชำรุดได้ ห้องปฏิบัติการจะตรวจสอบปริมาณการรวมตัวกับออกซิเจนของน้ำมันหล่อลื่นใช้การ ด้วยการหาค่าปริมาณตะกอนและยางเหนียวที่เกิดขึ้น โดยใช้เพนเทนเป็นตัวทำละลาย แล้วหาค่าน้ำหนักของส่วนที่ไม่ละลายในเพนเทน ได้แก่ ตะกอน และยางเหนียว ค่านี้จะช่วยในการประเมินคุณลักษณะของน้ำมันหล่อลื่น และใช้ประเมินความเสียหายของเครื่องยนต์ ในน้ำมันหล่อลื่นใช้การจะยอมให้มีค่านี้มากหรือน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องยนต์ หรือชนิดของน้ำมันหล่อลื่นตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

8. โลหะสึกหรอปนเปื้อน (Wear Metal) น้ำมันหล่อลื่นจะสะสมโลหะต่างๆ ที่เกิดจากการสึกหรอตามปกติของส่วนเคลื่อนไหวภายในเครื่องยนต์ ส่วนที่เกิดการชำรุดแตกหัก และสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก โลหะเหล่านี้จะมีขนาดเล็ก ไม่สามารถตรวจได้ด้วยสายตาหรือกล้องจุลทรรศน์ ชนิดและปริมาณของโลหะในน้ำมันหล่อลื่นสามารถบอกให้ทราบถึงลักษณะการสึกหรือหรือการชำรุดแตกหักภายในเครื่องยนต์ แม้กระทั่งจุดหรือตำแหน่งที่น่าจะเกิดการผิดปกตินั้นๆ ได้ ดังนั้นการรักษาสภาพเครื่องยนต์ที่ดีได้ น้ำมันหล่อลื่นในระบบควรมีโลหะน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม โลหะสึกหรอเหล่านี้มักมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงแม้จะมีการควบคุมอย่างดีแล้วก็ตาม

8. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่ได้รับการออกแบบ เพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีของเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานกล เชื้อเพลิงถูกจุดให้ลุกไหม้ด้วยความร้อนของอากาศซึ่งถูกอัดตัวให้มีกำลังดันสูง โดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบภายในกระบอกสูบ

เครื่องยนต์ดีเซลจำเป็นต้องมีชิ้นส่วนที่สำคัญๆ เพื่ออัดอากาศ ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้เพื่อผลิตกำลังงาน ชิ้นส่วนดังกล่าวคือ กระบอกสูบ (Cylinder) และลูกสูบ (Piston) ซึ่งเลื่อนขึ้นลงในกระบอกสูบ ลูกสูบจะต่อกับกลไกที่ควบคุมการเลื่อนขึ้นลงซึ่งเรียกว่าก้านสูบ (Connecting rod) โดยปลายอีกด้านหนึ่งของก้านสูบจะต่อกับเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft) ที่ปลายทั้งสองด้านของก้านสูบจะมีแบริ่งรองรับข้อเหวี่ยงจะทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่กลับไปมาของลูกสูบ เป็นการเคลื่อนที่ทางหมุนรอบตัวของเพลาข้อเหวี่ยง กำลังงานที่เครื่องยนต์ผลิตขึ้นจะถูกส่งผ่านเพลาข้อเหวี่ยง

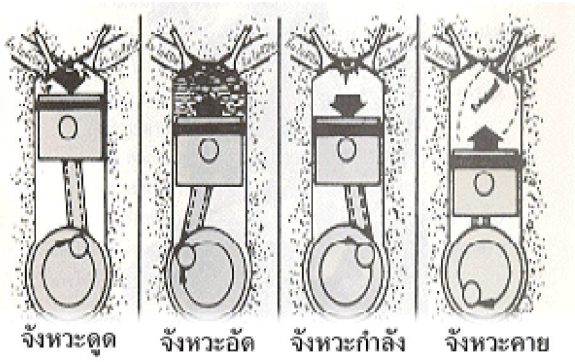
เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (The 4 – Cycle Engine) การทำงานของเครื่องยนต์ โดยเพลาข้อเหวี่ยงหมุนครบ 2 รอบ หรือเป็นมุมรวม 720 องศา และให้กำลังงาน 1 ครั้ง โดยลูกสูบเลื่อนขึ้น 2 ครั้ง เลื่อนลง 2 ครั้ง ถือเป็นการทำงานครบ 1 วัฏจักร การทำงานครบ 1 วัฏจักร ประกอบด้วยจังหวะการทำงาน ดังต่อไปนี้

จังหวะดูด (Suction stroke) เมื่อลูกสูบอยู่จุดศูนย์ตายบน (Top Dead Center, T.D.C) คือ จุดที่ลูกสูบเลื่อนขึ้นสูงสุด เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไปลูกสูบจะเลื่อนลง ลิ้นไอดีเปิด ลิ้นไอเสียปิด เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ลูกสูบเลื่อนลง อากาศภายนอกถูกดูดเข้าบรรจุในกระบอกสูบทางลิ้นไอดี จนกระทั่งลูกสูบถึงจุดศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, B.D.C) คือ จุดที่ลูกสูบเลื่อนลงต่ำสุด เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไป ลูกสูบจะเลื่อนขึ้น ลิ้นไอดีปิด

จังหวะอัด (Compression stroke) ลูกสูบเลื่อนขึ้นจากจุดศูนย์ตายล่าง อัดอากาศที่เรียกว่าไอดี จังหวะนี้ลิ้นไอดีและไอเสียปิดสนิท อากาศจะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงประมาณ 1/16 ของปริมาตรเดิม เมื่อลูกสูบอยู่ที่จุดศูนย์ตายบน และมีกำลังดันจากการอัดอุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดตัวจะสูงขึ้นมาก ซึ่งพอที่จะจุดฝอยละอองเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ได้

จังหวะกำลังหรือจังหวะระเบิด (Power stroke or expansion stroke) ณ ตำแหน่งอัดสุดที่จุดศูนย์ตายบนนี้ หัวฉีดจะฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองเข้าไปในกระบอกสูบ ความร้อนของอากาศที่ถูกอัดจะจุดฝอยละอองเชื้อเพลิงและเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ทำให้ก๊าซเกิดการขยายตัวผลักดันลูกสูบให้เลื่อนลงอย่างรุนแรงจากจุดศูนย์ตายบนสู่จุดศูนย์ตายล่าง ส่งกำลังที่ได้รับผ่านสลักลูกสูบและก้านสูบไปหมุนเพลาข้อเหวี่ยง

จังหวะคาย (Exhaust stroke) ลิ้นไอเสียเปิดก่อนลูกสูบเลื่อนลงถึงจุดศูนย์ตายล่างเล็กน้อย ก๊าซไอเสียจะดันออกจากกระบอกสูบ เพลาข้อเหวี่ยงยังคงหมุนต่อไปและดันลูกสูบเลื่อนขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบนผลักดันไอเสียออกจากกระบอกสูบ ลูกสูบยังคงเลื่อนขึ้นจนถึงจุดศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีเปิดโดยที่ลิ้นไอเสียปิดอยู่ ณ ตำแหน่งนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียเปิดพร้อมกัน (Over lap) ไอดีมีแรงดันสูงกว่าก็จะ ช่วยขับไล่ไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียปิดเมื่อลูกสูบเลื่อนลงจากจุดศูนย์ตายบนเล็กน้อยและลูกสูบยังคงเลื่อนลงเรื่อยๆ เพื่อดูดอากาศบรรจุเข้ากระบอกสูบแล้วเริ่มทำงานต่อไป ในจังหวะ ดูด อัด ระเบิด และคาย ต่อเนื่องกัน เป็นวัฏจักรจนกว่าเครื่องยนต์จะดับ



ภาพประกอบ 2 ลำดับการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

ที่มา: ปราโมทย์ อ่อนประไพ. (2538) เทคโนโลยีเครื่องยนต์ดีเซล.

เครื่องยนต์ดีเซลในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ตามรอบการทำงานของเครื่องยนต์ คือ เครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง รอบปานกลาง และรอบช้า โดยทั่วไปขนาดของเครื่องยนต์จะเป็นสัดส่วนผกผันกับรอบของเครื่องกล่าวคือ เครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้าจะมีขนาดใหญ่และเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วจะมีขนาดเล็ก เครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้า รอบเครื่องต่ำกว่า 350 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ดีเซลหมุนปานกลาง รอบเครื่องประมาณ 350-1,000 รอบต่อนาทีเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว รอบเครื่องสูงกว่า 1,000 รอบต่อนาที

เครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้า เครื่องยนต์ชนิดนี้นิยมใช้ในการขนส่งทางทะเลเช่น เรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ เนื่องจากเครื่องยนต์ประเภทนี้ใช้น้ำมันเตาซึ่งมีปริมาณกำมะถันสูงเป็นเชื้อเพลิงในระหว่างเครื่องยนต์ทำงานจะเกิดกรดกำมะถันซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงขึ้นสูงมากในห้องเผาไหม้บริเวณผนังลูกสูบและแหวนลูกสูบจะมีค่าความเป็นด่างสูงกว่าน้ำมันหล่อลื่นแบริ่งข้อเหวี่ยงมาก ซึ่งน้ำมันในส่วนของลูกสูบจะถูกเผาไหม้ไปพร้อมกับเชื้อเพลิงส่วนน้ำมันหล่อลื่นแบริ่งข้อเหวี่ยงจะเป็นระบบหมุนเวียน

เครื่องยนต์รอบปานกลาง จะพบได้ในการขนส่งทางรถไฟ เช่น เครื่องหัวรถจักรของรถไฟ เครื่องยนต์ประเภทนี้ใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันไม่สูงมากนักจึงมีระบบหล่อลื่นเป็นแบบหมุนเวียน ระบบน้ำมันหล่อลื่นลูกสูบ และแบริ่งข้อเหวี่ยงใช้ร่วมกันสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงมีกำมะถันค่อนข้างสูงควรใช้น้ำมันเครื่องที่มีค่าความเป็นด่าง (TBN) ค่อนข้างสูงหรือตามที่ผู้ผลิตแนะนำไว้

เครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว เครื่องยนต์ชนิดนี้นิยมใช้ในการขนส่งทางรถยนต์ทั่วไป เช่น รถกระบะหรือรถบรรทุก ระบบหล่อลื่นจะเป็นระบบหมุนเวียนน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้จะมีค่าความเป็นด่างไม่สูงมากนักเนื่องจากเครื่องยนต์ชนิดนี้ใช้น้ำมันที่มีกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลประเภทอื่น แต่อย่างไรก็ตามควรเลือกใช้น้ำมันเครื่องที่มีมาตรฐานตามที่ผู้ผลิตเครื่องยนต์ได้แนะนำไว้

9. การประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์

1. กำลังเพลาเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power) การหาค่ากำลังเพลาเบรก สามารถนำของค่ากระแสไฟฟ้า (I) และค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ที่จ่ายออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาประมาณหากำลังเพลาเบรกของ เครื่องยนต์ได้ ดังสมการ

$$BP = \sqrt{3}\, VI\cos\theta \qquad (2.1)$$

เมื่อ BP คือ กำลังเพลาเบรคของเครื่องยนต์ (kW)

V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Volt)

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า (Amp)

$\cos\theta$ คือ แฟคเตอร์กำลัง (Power Factor)

2. อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) คือ การวัดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานภายใต้โหลดและความเร็วต่างๆ ต่อเวลา ดังสมการ

$$m_f = 3600 \times V_f \times SG \qquad (2.2)$$

เมื่อ m_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)

V_f คือ ปริมาตรของน้ำมัน (mm^3)

SG คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง

t คือ เวลา (Sec)

3. อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) คือ การหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนพลังงานจากเชื้อเพลิงให้เป็นงานได้ ดังสมการ

$$SFC = \frac{m_f}{BP} \qquad (2.3)$$

เมื่อ SFC คือ อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kW.h)

m_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)

BP คือ กำลังเพลาเบรคของเครื่องยนต์ (kW)

4. กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power) คือ การหากำลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงจากอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ดังสมการ

$$FP = m_f \times Q_{HV} \qquad (2.4)$$

เมื่อ FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

m_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)

Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Higher Heating Value (kJ/kg))

5. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Break Thermal Efficiency) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเครื่องยนต์ส่งออกกับกำลังงานงานที่เกิดจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิง ดังสมการ

$$\eta_{bth} = \frac{BP}{FP} \times 100 \qquad (2.5)$$

เมื่อ η_{bth} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (%)

BP คือ กำลังเพลาเบรคของเครื่องยนต์ (kW)

FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

10. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุดและเพื่อจะได้สงวนทรัพยากรธรรมชาติไว้ใช้ประโยชน์อย่างเดียวกัน หรือในลักษณะอื่นที่ให้ประโยชน์มากขึ้น การวิเคราะห์ดังกล่าวจึงเป็นการวิเคราะห์หาผลประโยชน์และต้นทุน ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับโครงการ การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ จะเริ่มด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนซึ่งเมื่อทราบมูลค่าของต้นทุนและผลตอบแทนแล้ว ก็นำต้นทุนและผลตอบแทนมาเปรียบเทียบกัน เพื่อประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ

จากนั้นจึงวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อทดสอบดูว่าสถานการณ์เปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อต้นทุน ผลตอบแทน ถึงแม้ต้นทุนเหล่านี้อาจจะตีค่าเป็นเงินไม่ได้แต่ก็มีความสำคัญต่อการตัดสินใจว่าจะรับหรือปฏิเสธโครงการเช่นกัน โครงการที่มีค่า IRR ต่ำกว่าค่าเสียโอกาสของการลงทุน อาจยอมรับได้ถ้าโครงการนั้นมีผลตอบแทนที่วัดเป็นเงินไม่ได้แต่มีนัยสำคัญต่อประเทศ

การระบุต้นทุนและผลตอบแทนต้นทุนประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างและดำเนินงานโครงการได้แก่ ที่ดิน แรงงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์การผลิตและวัตถุดิบ ส่วนผลตอบแทนจะได้แก่สินค้าและบริการที่ผลิตได้จากโครงการนอกจากนั้นผลตอบแทนยังอาจปรากฏในรูปของการประหยัดต้นทุน

โครงการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดอาจกล่าวได้ว่ายังไม่ใช่โครงการที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการนั้นๆ และจะต้องคำนึงถึงเป้าหมาย และนโยบายของโครงการนั้นด้วย ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์และรายละเอียดอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ ผลตอบแทนหรือประสิทธิภาพการผลิตหรือความสามารถทำกำไรของโครงการ ที่มีต่อชุมชนหรือระบบเศรษฐกิจส่วนรวมของชุมชน โดยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด หลักการประเมินโครงการนั้นแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ

10.1 เกณฑ์การประเมินแบบไม่ต้องปรับค่าเวลา

1. การตรวจสอบอย่างง่าย (Ranking Inspection) เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่ง่ายและช่วยการตัดสินใจได้ในบางกรณี ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์โครงการเพียงทราบการลงทุนและผลตอบแทนก็สามารถบอกได้ทันทีว่าโครงการใดดีกว่า

2. ความจำเป็นเร่งด่วน (Urgency) ตามหลักการนี้ โครงการใดมีความจำเป็นเร่งด่วนมากก็จะมีความสำคัญสูงกว่าโครงการที่มีความเร่งด่วนน้อยกว่าความจำเป็นเร่งด่วน ดังกล่าวเป็นความจำเป็นเร่งด่วน เมื่อไม่ดำเนินการแล้วอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อกิจการ หรือต่อประเทศ

3. ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสม

จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับเงินลงทุน ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุนโดยวิธีนี้คือ จะทำให้ทราบว่าจะได้รับเงินคืนช้าหรือเร็วเท่าใด ถ้าคืนทุนได้เร็วเท่าใดก็จะดีมากขึ้นเท่านั้น เพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตมีน้อยลง และสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่นได้ ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Payback Period) เป็นวิธีที่คิดแบบง่ายๆและเป็นที่นิยมใช้แต่มีข้อเสียคือ ไม่ได้พิจารณาถึงผลตอบแทนที่ได้รับหลังระยะเวลาคืนทุนแล้ว และไม่พิจารณาการปรับมูลค่าเงินตามเวลาซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิต่อปี}} \qquad (2.6)$$

โดยที่ กระแสเงินสดสุทธิต่อปี = กระแสเงินสดที่ได้รับต่อปี – กระแสเงินสดที่จ่ายต่อปี

4. การให้คะแนน (Scoring) เกณฑ์การประเมินมักเน้นการตัดสินใจที่หลักเกณฑ์ใดหลักเกณฑ์หนึ่ง เช่น กำไรทางการเงิน ดังนั้นเพื่อการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาเกณฑ์การประเมินแบบให้คะแนนที่ใช้หลายๆ หลักเกณฑ์มาประเมินโครงการ กล่าวคือ ตามหลักเกณฑ์นี้จะมีการกำหนดเงื่อนไข หรือปัจจัยขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินใจว่าจะรับหรือปฏิเสธโครงการ จากนั้นก็พิจารณาให้คะแนนแต่ละเงื่อนไข หรือปัจจัยในการให้คะแนนอาจให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนักหรือไม่ถ่วงน้ำหนักตามความสำคัญ โดยการเปรียบเทียบของแต่ละปัจจัยผลรวมของคะแนนที่ได้ก็นำมาใช้ในการพิจารณาเป็นต้น

10.2 เกณฑ์การประเมินแบบปรับค่าเวลา

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ; NPV) คือ ผลรวมของผลประโยชน์สุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อาจจะมีค่าเป็น บวกเป็นลบหรือเป็นศูนย์ ก็ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของมูลค่าปัจจุบันของรายได้รวม (Present Value Benefit ; PVB) หักลบด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present Value Cost ; PVC) ของโครงการซึ่งมุ่งวัดว่าโครงการที่พิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่ โดยสามารถคำนวณหาได้ดังสมการ

.

.

$$\begin{aligned} NPV &= PVB - PVC \\ &= \sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \end{aligned} \qquad (2.7)$$

กำหนดให้ B_t = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ 1,2,3,……..n

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1,2,3,…….n

r = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด (ร้อยละ) ที่เหมาะสม

t = อายุของโครงการ ปีที่ 1,2,3,.....n

n = อายุสิ้นสุดของโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจความคุ้มค่าของโครงการ

ถ้า NPV > 0 คือ การลงทุนที่คุ้มค่าเพราะว่าผลประโยชน์ของโครงการมีค่าโครงการนี้สมควรลงทุน

ถ้า NPV = 0 คือ ผลประโยชน์ของโครงการและค่าใช้จ่ายของโครงการที่ปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันมีค่าเท่ากัน ดังนั้นการตัดสินใจลงทุนหรือไม่นั้น ย่อมได้ผลเดียวกัน

ถ้า NPV < 0 คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการมากกว่าผลประโยชน์ของโครงการที่ปรับเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้ว ดังนั้น โครงการนี้ไม่ควรลงทุน

2. อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio ; B/C Ratio) คืออัตราส่วนระหว่าง มูลค่าปัจจุบันของรายได้รวม (PVB) หักลบด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVC) ของโครงการโดยอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายนั้นคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

. B/C = PVB/PVC

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}} \qquad (2.8)$$

กำหนดให้ B_t= ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ 1,2,3,……..n

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1,2,3,…….n

r = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด

t = อายุของโครงการ ปีที่ 1,2,3,.....n

n = อายุสิ้นสุดของโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจความคุ้มค่าของโครงการ

ถ้า B/C Ratio>1 คือโครงการนี้สมควรลงทุน

ถ้า B/C Ratio=0 คือ โครงการนี้ลงทุนหรือไม่นั้น ย่อมได้ผลเดียวกัน

ถ้า B/C Ratio< 1 คือโครงการนี้ไม่สมควรลงทุน

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR) คืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราคิดลดกับขนาดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นดังนี้ ถ้าอัตราคิดลดระดับหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการคิดลดแล้วทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก อัตราคิดลดระดับใหม่ที่สูงกว่าจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าลดลงและลดลงต่อไปตราบเท่าที่อัตราคิดลดยังคงเพิ่มสูงขึ้น ในท้ายที่สุดจะมีอัตราคิดลด

ระดับหนึ่งที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์พอดี ซึ่งก็คืออัตราผลตอบแทนภายในโครงการ เมื่อกำหนด r คือ IRR แล้วสามารถหาอัตราผลตอบแทนภายในโครงการได้ โดย
วิธี Trial and Error ดังสมการ

IRR คือค่า r (อัตราคิดลด) ที่ทำให้

$$\sum_{t=1}^{n}\frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}=0 \qquad (2.9)$$

ค่า IRR ที่ได้คือ อัตราผลตอบแทนของโครงการตลอดอายุของโครงการ ซึ่งโดยปกติแล้วค่า IRR ที่มากกว่าหรือเท่ากับอัตราดอกเบี้ย จะถือว่าโครงการนั้นเป็นโครงการการที่น่าสนใจลงทุน

10.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการ เป็นการวิเคราะห์ว่าระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C Ratio) จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อสถานการณ์เดิมของโครงการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ต้นทุนของปัจจัยการผลิตผลตอบแทนเปลี่ยนแปลงไป ราคาของผลผลิต อัตราคิดลด และอายุของโครงการการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) เป็นวิธีที่ง่ายและแพร่หลายมากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ความไม่แน่นอน เพื่อดูว่าเมื่อข้อสมมติและเหตุการณ์ต่างๆ ที่กำหนดไว้เดิมเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลอย่างไรกับตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการซึ่งเป็นตัวบ่งบอกความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ในการวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงโดย

ทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test ; SVT) วิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงในรูปร้อยละของปัจจัยที่เชื่อว่ามีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของโครงการ ซึ่งทำให้โครงการอยู่ในเกณฑ์ การตัดสินใจขั้นต่ำสุดที่จะยอมรับได้ หรือที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นศูนย์ โดยทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (SVT) แยกได้ 2 วิธีคือ

1. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านต้นทุน (SVTc) หมายความว่าต้นทุนของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้ร้อยละเท่าไร ก่อนที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นศูนย์ดังสมการ

. $$SVT_C = \frac{NPV \times 100}{PVC} \qquad (2.10)$$

เมื่อ PVC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present Value Cost ; PVC)

2. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านรายได้ (SVT_B) หมายความว่ารายได้ของโครงการสามารถลดลงได้ร้อยละเท่าไร ก่อนที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นศูนย์ดังสมการ

. $$SVT_B = \frac{NPV \times 100}{PVB} \quad (2.11)$$

เมื่อ PVB คือ มูลค่าปัจจุบันของรายได้รวม (Present Value Benefit ; PVB)

11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิรันทร์ (2545) ทดสอบเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิง 4 ชนิด คือ น้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มดิบในสัดส่วน 80 : 20 (B20), 60 : 40 (B40), 40 : 60 (B60) และ 20 : 80 (B80) โดยปริมาตร และน้ำมันไบโอดีเซล โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ปั่นไฟ ปั๊มป์น้ำ และรถแทรคเตอร์เดินตาม โดยเครื่องยนต์ที่ทดสอบจะเป็นเครื่องยนต์ที่ไม่ได้ทำการดัดแปลงและ เครื่องยนต์ที่ออกแบบอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนติดตั้งในหม้อน้ำหรือในท่อไอเสียจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันปาล์มดีเซล พบว่าน้ำมันปาล์มดีเซล B20 และ B40 มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ส่วนด้านสมรรถนะพบว่าไม่มีข้อแตกต่างกันมากนัก เพียงแต่เครื่องยนต์จะติดยากเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มดีเซล ยกเว้นน้ำมันปาล์มดีเซล B20 สำหรับการทดสอบกับรถแทรคเตอร์เดินตามโดยใช้งานจริงเป็นเวลา 10 เดือน พบว่าไม่แตกต่างกันมากในด้านกำลังงานและอัตราการใช้น้ำมัน แต่มีปัญหาในการติดเครื่องยนต์ในตอนเช้าสำหรับน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มดีเซล B40 - B80 ด้านการสึกหรอ พบว่าสภาพหัวฉีดปกติหัวลูกสูบมีเขม่าจับติดมาก ลิ้นไอเสียมีเขม่าจับติดกรองน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีไขมันจับติดค่อนข้างมากและไม่สามารถล้างออกได้ ผลการออกแบบอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนโดยใช้น้ำมันหมุนวนในหม้อน้ำหรือในท่อไอเสีย พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันลดลงแต่ยังคงมีไขมันจับที่กรองอยู่บ้างการใช้งานกับเครื่องยนต์จะสตาร์ทติดง่าย

บัญชา และพงษ์ศักดิ์ (2545) ทดสอบระยะยาวในการใช้เมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันไส้อั่วกับเครื่องยนต์เกษตรกรรมขนาดเล็ก โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ Mitsubishi DI 900 ขนาด 1 สูบ เปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล ที่สภาวะเริ่มต้นและหลังจากเดินเครื่องยนต์ระยะยาวด้วยไบโอดีเซลเป็นเวลา 200 ชั่วโมงพบว่าการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่โหลดคงที่ 40% ของโหลดสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,300 –2,500 รอบต่อนาที สมรรถนะของเครื่องยนต์ของการใช้น้ำมันทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการใช้น้ำมันดีเซลมีค่าสูงสุดที่ 19.4% หลังจากการใช้งานเครื่องยนต์ระยะยาว พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงประมาณ 2%–5% ไม่พบความผิดปกติของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย มีเพียงปัญหาน้ำมันเป็นไขในสายส่งน้ำมัน ต้องทำการเปลี่ยนกรองน้ำมันทุก 50 ชั่วโมงและทำความสะอาดสายส่งน้ำมันทุก 100 ชั่วโมง ด้านการสึกหรอ พบว่าการสึกหรอของแหวนอัดตัวที่หนึ่งมีค่ามากสุดมีมวลลดลง 2.44% รองลงมาเป็นแหวนอัดตัวที่สอง แหวนอัดตัวที่สามและแหวนน้ำมันตามลำดับ ส่วนลูกสูบ วาล์วไอดีและไอเสียมีเขม่าแข็งเกาะที่บริเวณบ่าวาล์ว

ณัฐฐ์ (2546) ศึกษาผลของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล ต่อสมรรถนะ มลพิษ และการสึกหรอของเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะจำนวน

1 สูบ ความจุกระบอกสูบ144 ซีซี ยี่ห้อฮอนด้า รุ่น G150 โดยเครื่องยนต์แรกใช้น้ำมันเบ็นซินอ๊อกเทน 91 เป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ที่สองใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันเบนซินอ๊อกเทน 91 กับเอทานอล 10เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และเครื่องที่สามใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันเบนซินอ๊อกเทน 91 กับ เอทานอล 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำการทดสอบโดยสภาวะคงที่ที่ความเร็ว 2300 รอบต่อนาที แบบไม่มีภาระจนได้ระยะเวลาทดสอบรวม 200 ชั่วโมง และทำการทดสอบหาสมรรถนะ ได้แก่ แรงบิด กำลังเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์การสึกหรอที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ วิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยสายตาตามวิธีมาตรฐานและวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุโลหะที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่นทุกๆ 75 ชั่วโมง จากการทดสอบพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันเบนซินอ๊อกเทน 91 กับเอทานอล 20 เปอร์เซ็นต์จะให้ค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์สูงที่สุด อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ต่างกัน ในด้านการสึกหรอเมื่อวิเคราะห์ด้วยสายตาพบว่า ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินอ๊อกเทน 91 เป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มการสึกหรอน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องที่ใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอล แนวโน้มการสึกหรอจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเอทานอลที่ผสมในเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

นคร และคณะ (2546) ใช้น้ำมันปาล์มผสมดีเซล อัตราส่วนผสมน้ำมันปาล์มดิบ10 ส่วนกับน้ำมันดีเซลปกติ 90 ส่วน โดยปริมาตรเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่วิ่งเป็นระยะทางประมาณ 20,000 กิโลเมตร แบบไม่ต่อเนื่องเปรียบเทียบกับการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องเดียวกันเมื่อใช้น้ำมันดีเซลปกติเป็นเชื้อเพลิงที่ระยะเวลาเท่ากัน โดยวิเคราะห์การสึกหรอจากเศษโลหะที่ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นที่ถ่ายออกจากเครื่องยนต์ทุกๆ 5,000 กิโลเมตร ด้วยวิธี Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) โลหะที่วิเคราะห์ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม โครเมียม ตะกั่ว นิเกิล และดีบุก จากการวิเคราะห์การสึกหรอ พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มผสมดีเซลมีผลต่อการสึกหรอของ เหล็ก ตะกั่ว นิเกิล และโครเมียม ในเครื่องยนต์มากกว่าน้ำมันดีเซล ส่วนผลต่อการสึกหรอของอลูมิเนียม ทองแดงและดีบุกในเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกัน

เทิดศักดิ์ (2547) ศึกษาความเหมาะสมของการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบหมุนวน พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมคือ น้ำมันปาล์มดิบ 10% ซึ่งผ่านการอุ่นให้มีอุณหภูมิ 60°C ผสมกับน้ำมันดีเซล 90% โดยปริมาตร ส่วนการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ พบว่าที่ภาระสูงสุดค่าแรงบิดเบรคสูงสุดที่แต่ละรอบจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมมีค่าไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซล โดยค่าแรงบิดเบรคที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลที่ความเร็วรอบต่ำถึงรอบปานกลางมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย การใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเบรกและอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลตลอดช่วงเวลาการทำงาน ส่วนผลการทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วนพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ขณะที่อุณหภูมิไอเสียจากการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นซึ่งทำการสุ่มอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบเครื่องยนต์ พบว่าในช่วงปลายก่อนครบอายุการใช้งานของ

น้ำมันหล่อลื่นทั้งค่าความหนืดและปริมาณโลหะที่ปนเปื้อนในน้ำมัน หล่อลื่นมีค่าสูงเกินเกณฑ์ปกติที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าผลจากความหนืดส่งผลให้มีการสึกหรอเกิดขึ้นที่ค่อนข้างสูงและผลการตรวจชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์หลังการทดสอบพบว่าที่หน้าหัวฉีดมีคราบตะกอนจับหนาจนทำให้การฉีดไม่เป็นละอองฝอย ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่ามีคราบเขม่า ตะกรันและยางเหนียวติดอยู่บริเวณร่องแหวนลูกสูบที่ด้านผนังห้องเผาไหม้และบริเวณหัวลูกสูบเป็นจำนวนมาก ส่วนผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นในขั้นตอนของการขับจริงพบว่าคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นอยู่ในเกณฑ์ปกติ

เกรียงศักดิ์ (2551) ศึกษาเพื่อหาเชื้อเพลิงทดแทนที่เหมาะสมในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า โดยได้แบ่งการศึกษานี้ออกเป็นสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะทำการเปรียบเทียบด้วยตัวชี้วัดสมรรถนะระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มและน้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งการทดสอบขั้นตอนนี้จะดำเนินการในห้องปฏิบัติการ หลังจากนั้นจะเลือกเชื้อเพลิงจากขั้นตอนแรก และน้ำมันดีเซล เพื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะในสภาพการใช้งานจริงในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการตัดสินใจเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมบนพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้การทดสอบในห้องปฏิบัติการได้ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้ายี่ห้อ FORD รุ่น 2711 E ขนาด 25 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบคงที่ 1,500 รอบต่อนาทีและภาระคงที่ 60% เป็นระยะเวลารวม 200 ชั่วโมง เมื่อใช้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะพบว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม (RBD 70%) มีค่ามากกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล 16.77% และเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพที่อัตราส่วน 800 ppm พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ น้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล 7.43% นอกจากนี้แล้ว เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์ม (RBD 70%) ครบ 200 ชั่วโมง พบว่าไม่สามารถที่จะใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าได้ เนื่องจากพบว่ามีคราบเขม่าและคราบเหนียวเกาะติดบริเวณลูกสูบ หัวฉีด การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มและน้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าลิ้นไอดีลิ้นไอเสียและห้องเผาไหม้ แหวนลูกสูบหัก กรองน้ำมันอุดตันเร็วกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกน้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพที่อัตราส่วน 800 ppm ไปทดสอบในสภาพการใช้งานจริงการทดสอบในสภาพการใช้งานจริงได้ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้ายี่ห้อ CUMMINS ขนาด 335 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบคงที่ 1,500 รอบต่อนาที และภาระแปรผันเป็นระยะเวลารวม 16 ชั่วโมง เมื่อใช้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะพบว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพที่อัตราส่วน 800 ppm มีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล 15.80% ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์จากกรณีการทดสอบในสภาพการใช้งานจริง โดยกำหนดให้การเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าที่ 7,500 ชั่วโมงต่อปีอายุโครงการ 15 ปี เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 71,131,980.00 บาท และอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.10 และเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพที่อัตราส่วน 800 ppm มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 141,382,084.83 บาท และมีอัตรา

ผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.23 จึงสรุปว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพที่อัตราส่วน 800 ppm มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง หลังจากวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง ในกรณีของการใช้น้ำมันดีเซลเติมสารเพิ่มประสิทธิภาพที่อัตราส่วน 800 ppm พบว่าด้านต้นทุนสามารถเพิ่มขึ้นได้ 23.10 % และด้านรายได้สามารถลดลงได้ 18.18 % โดยที่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

พงษ์พันธ์ (2552) ศึกษาเกี่ยวกับประเมินการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการปนเปื้อนเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ โดยจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าดัชนีความหนืด ค่าความลื่น และผลจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยใช้รถจักรยานยนต์ยี่ห้อและรุ่น เดียวกัน สภาพที่มีการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน จำนวน 4 คัน เก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ระยะทางการใช้งานที่ 1,500 และ 3,000 กิโลเมตร แล้วนำไปทดสอบกับเครื่องทดสอบสารหล่อลื่นก่อน จึงทำการตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้กำหนด เปรียบเทียบกับสภาพน้ำมันหล่อลื่นเดิมที่ไม่ถูกใช้งานจากการทดสอบ พบว่า การเลือกใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นมีผลต่ออัตราการเสื่อมสภาพของความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นทั้งสองชนิด สูงกว่าการเลือกใช้น้ำมันเบนซินประมาณ 0.91% และ 1.33 % และ ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนด พบว่าแก๊สโซฮอล์ 91 ไม่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อเทียบกับการเลือกใช้น้ำมันเบนซินเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง

แสนวสันต์ (2552) ทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบ (CPO) แบบดีกัมม์ผสมดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า แบบ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ 4 สูบ ห้องเผาไหม้ตรง (DI) ยี่ห้อ FORD รุ่น 2711E โดยก่อนการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอได้ทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง พบว่าเมื่อสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบในเชื้อเพลิงปาล์มดีเซลเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความร้อน และค่าความหนืดของเชื้อเพลิงลดลง แต่ความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นผลการทดสอบลักษณะการฉีดเชื้อเพลิง พบว่าเมื่อสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบในเชื้อเพลิงปาล์มดีเซลเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มุมสเปรย์และความเป็นฝอยละอองของเชื้อเพลิงลดลง โดยน้ำมันดีเซลมีค่ามุมสเปรย์มากกว่าน้ำมันปาล์มดิบ 9.56 % ผลการทดสอบสมรรถนะและมลพิษ พบว่าเมื่อสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบในเชื้อเพลิงปาล์มดีเซลเพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมทั้งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและก๊าซ CO มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ก๊าซ NO_x , HC และปริมาณควันดำมีค่าลดลง ซึ่งปริมาณก๊าซ NO_x, HC และปริมาณควันดำที่เดินเครื่องด้วย CPO 70% มีค่าลดลง 30%, 24% และ 56% ตามลำดับ ส่วนก๊าซ CO มีค่าเพิ่มขึ้น 16.3% เมื่อเทียบกับดีเซล ผลการทดสอบการสึกหรอหลังเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิง CPO 70% เป็นเวลา 85 ชั่วโมง พบว่าชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอประมาณ 0.8 % เมื่อวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนก่อนและหลังการเดินเครื่องยนต์ แต่ว่ามีเขม่าแข็งสีดำซึ่งเกิดจากการตกค้างของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดเกาะติดบริเวณห้องสันดาป ลูกสูบ แหวนลูกสูบ ลิ้นและหัวฉีด ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2555) ได้ทดสอบสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล โดยทำการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่แตกต่างกัน คือ B2, B5, B20, B40, B50 และ B100 ผลการทดสอบ ดังนี้ ด้านสมรรถนะเครื่องยนต์ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่ารถยนต์ที่ใช้ B100 เครื่องยนต์จะมีกำลังมากที่สุดทุกความเร็วรอบ รองลงมา คือ รถยนต์ที่ใช้ B40, B20 และ B5 ตามลำดับส่วนน้ำมันดีเซลทำให้เครื่องยนต์มีกำลังน้อยที่สุด โดยเมื่อใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังสูงขึ้น ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวมีความขัดแย้งกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ ผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ ระบุว่าหากใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซล จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลง โดยน้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมากขึ้นยิ่งทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลง ด้านอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองไม่แตกต่างกัน ประมาณ 12 ลิตรต่อกิโลเมตร ขณะที่ผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าน้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้รถยนต์สามารถวิ่งได้ในระยะทางที่เพิ่มขึ้น ด้านการปล่อยมลพิษควันดำผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีค่าของควันดำน้อยกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้ค่าควันดำลดลง กล่าวคือ ควันดำของรถยนต์ที่ใช้ B100 มีค่าต่ำที่สุด สอดคล้องกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ ด้านก๊าซจากท่อไอเสีย (HC, CO และ CO_2) ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีปริมาณการปล่อยก๊าซส่วนที่เป็นก๊าซพิษ คือ CO และ HC น้อยมาก และต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซพิษ คือ CO_2 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ สูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย สอดคล้องกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ

Masjuki และ Maleque (1996) ศึกษาผลกระทบของการสึกหรอของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่เสียดสีกันระหว่างเหล็กหล่อกับ Mild steel ในอัตราส่วนร้อยละต่างๆ ของน้ำมันปาล์มดีเซลหรือน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากพืชจากการปนเปื้อนกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และได้ทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลบริสุทธิ์ โดยทำการเปลี่ยนจำนวนเปอร์เซ็นต์ของการปนเปื้อนไปเรื่อยๆ คือ 0% , 1%, 2%, 3%, 5%, 10% และ100% ภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบคือความดัน 1.0 เมกกะปาสคาล ความเร็วของการเสียดสี 0.20 เมตรต่อวินาที ระยะทางของการเสียดสี 56 กิโลเมตร อุณหภูมิภายในห้อง 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบคงที่ 2800 รอบต่อนาที พบว่าการนำน้ำมันปาล์มดีเซลหรือน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากพืชมาปนกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในปริมาณ 5% ช่วยเพิ่มสมรรถนะของการหล่อลื่นในลักษณะของการต้านทานการสึกหรอและยังช่วยลดอัตราการสึกหรอของเหล็กหล่อได้อีกด้วย เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลบริสุทธิ์ พบว่าผลการหล่อลื่นอยู่ในระดับปานกลางแต่เมื่อใช้น้ำมันปาล์มดีเซลหรือน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากพืชในปริมาณ 100% พบว่ามีอัตราการสึกหรอสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ของการปนเปื้อนอื่นๆ

Kalam และ Masjuki (2002) ทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อ Isuzu รุ่น 4 FBI เครื่องยนต์แบบ Indirect injection (IDI) โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินเครื่องยนต์ได้แก่ เชื้อเพลิงแรกคือน้ำมันปาล์ม 7.5% ผสมกับน้ำมันดีเซล 92.5% เชื้อเพลิงที่สองคือน้ำมันปาล์ม 15% ผสมกับน้ำมันดีเซล 85% และเชื้อเพลิงที่สามคือน้ำมันดีเซล 100% โดยการทดสอบเครื่องยนต์ทดสอบตามมาตรฐาน SAE Standard J1349 JUN90 ทดสอบที่ความเร็วเครื่องยนต์ 800 – 3,600 รอบต่อนาที ทำการทดสอบที่ 50% ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ จากผลการทดสอบ พบว่ากำลังเพลา (Brake Power) มีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบที่ 1,600 รอบต่อนาทีเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันปาล์ม 15% ผสมกับน้ำมันดีเซล 85% มีค่าเท่ากับ 12.40 กิโลวัตต์ ที่ 1,600 รอบต่อนาที เชื้อเพลิงจากน้ำมันปาล์ม 7.5% ผสมกับน้ำมันดีเซล 92.5% มีค่าเท่ากับ 11.44 กิโลวัตต์ส่วนน้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 10.48 กิโลวัตต์ ค่าไอเสียที่ทำการวิเคราะห์คือค่า NO_x , CO และ HC ซึ่งได้ผลว่าที่สัดส่วนของน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ค่าไอเสียที่ทำการวิเคราะห์จากการทดลองมีค่าลดลง ด้านการสึกหรอในชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในน้ำมันเครื่อง ได้แก่ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม และตะกั่ว ที่ระยะเวลาการเดินเครื่องยนต์ 100 ชั่วโมง พบว่าปริมาณโลหะมีค่าต่างกันไม่มาก

จากบทปริทัศน์วรรณกรรม สามารถใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลได้ โดยการผสมร่วมกับเชื้อเพลิงหลัก แต่ในการทดลองขั้นต้นยังขาดข้อมูลในเชิงลึกสำหรับการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้พิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด คือน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลB100 ผสมน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิงทดลองในเครื่องยนต์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันไบโอดีเซลให้สามารถใช้ได้จริงในอนาคต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันไบโอดีเซล B100 ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยรายละเอียดของการดำเนินการทดลองมีดังนี้

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

1. ทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมน้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B100 ในอัตราส่วนต่างๆ (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100)

2. ทดสอบสมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงตามข้อ 1.

3. ทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าจากสภาพการใช้งานจริงในระยะยาวด้วยน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล B20 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

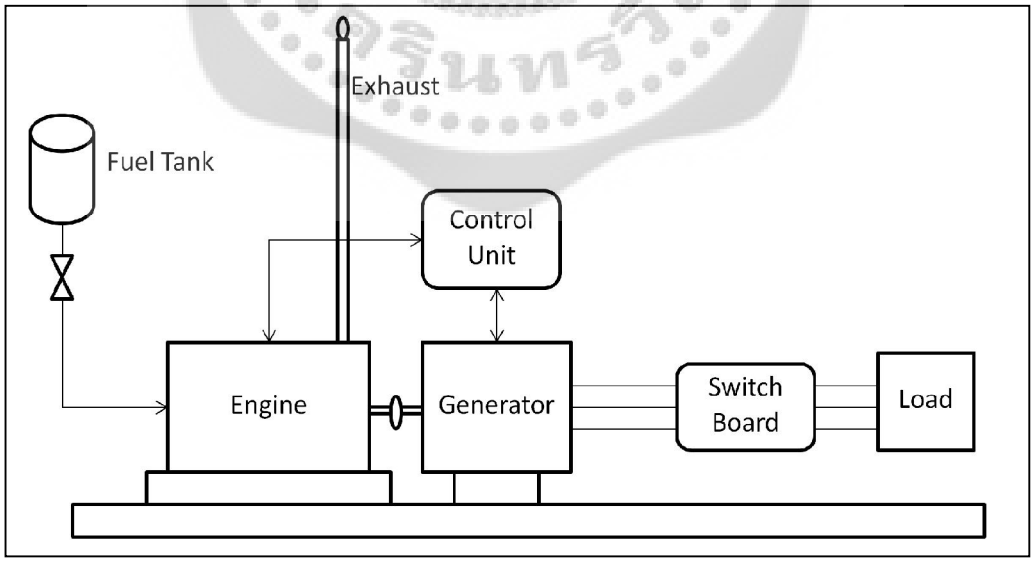
4. นำผลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผล

หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์จากสภาพการใช้งานจริง เพื่อเป็นตัวชี้วัดในการตัดสินใจเลือกใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือ โดยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะทำการหามูลค่าของโครงการโดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ; NPV) อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio ; B/C Ratio) เปรียบเทียบระหว่างเมื่อใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง เพื่อเป็นตัวชี้วัดว่าโครงการไหนเป็นโครงการที่น่าสนใจลงทุน หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) ของโครงการซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่หนึ่งสมมุติให้มีการเปลี่ยนแปลงรายได้ลดลงร้อยละเท่าไรจึงจะไม่ทำให้โครงการไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และกรณีที่สองสมมุติให้มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละเท่าไรจึงจะไม่ทำให้โครงการไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์นี้จะอ้างอิงราคาน้ำมันดีเซล จากการพยากรณ์ของสำนักงานสารสนเทศด้านพลังงานของสหรัฐอเมริกา (Energy Information Administration ; EIA) ในส่วนของรายงานการคาดการณ์ด้านพลังงานประจำปี 2013 (Annual Energy Outlook 2013)

1. อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

1. เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือ
2. ภาระทางไฟฟ้า
   2.1 มอเตอร์ขับคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
   2.2 มอเตอร์น้ำทะเลหล่อเย็นเครื่องปรับอากาศ
   2.3 มอเตอร์ระบบชิลเลอร์
3. ระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า
4. เครื่องวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้า
5. เครื่องทดสอบหัวฉีด
6. เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย
7. เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย
8. เครื่องวัดความเร็วรอบ
9. เครื่องวัดอุณหภูมิ
10. อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
11. นาฬิกาจับเวลาในการทดสอบ
12. อุปกรณ์ในการตวงวัดน้ำมันเชื้อเพลิง
13. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ทดสอบ
14. เครื่องวัดค่าความหนืดน้ำมันเชื้อเพลิง
15. เครื่องทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 3 แผนภาพการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ตาราง 7 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซล

ข้อมูลทางเทคนิค	รายละเอียด
ผู้ผลิต	Daimler Benze
รุ่น	Mercedes-Benz OM 421
จำนวนสูบ	6 สูบ
ระบบการทำงาน	ดีเซล 4-จังหวะ ,แบบไดเร็คอินเจ็คชั่น
ลำดับการจุดระเบิด	1 4 2 5 3 6
ขนาดกระบอกสูบ	128 มิลลิเมตร
ระยะช่วงชัก	142 มิลลิเมตร
อัตราส่วนการอัด	16.9:1
ความจุกระบอกสูบ	10,964 ซีซี
เชื้อเพลิง	น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล
แรงบิดสูงสุด	784 นิวตัน-เมตร ที่ 1200 รอบต่อนาที
กำลังสูงสุด	159 กิโลวัตต์ ที่ 2300 รอบต่อนาที
ปริมาตรน้ำมันหล่อลื่น	17.5 ลิตร
กำลังดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำสุด	2.5 บาร์

ตาราง 8 รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข้อมูลทางเทคนิค	รายละเอียด
ผู้ผลิต	AEG
รุ่น	DKBH 4284/04
กำลัง	150 กิโลโวลต์แอมป์
เพาเวอร์แฟคเตอร์	0.8
ความต่างศักย์	450 โวลต์
กระแส	193 แอมป์
ความถี่	60 เฮิรตซ์
ความเร็วรอบ	1800 รอบต่อนาที
จำนวนเฟส	3 เฟส

2. วิธีดำเนินการทดลอง

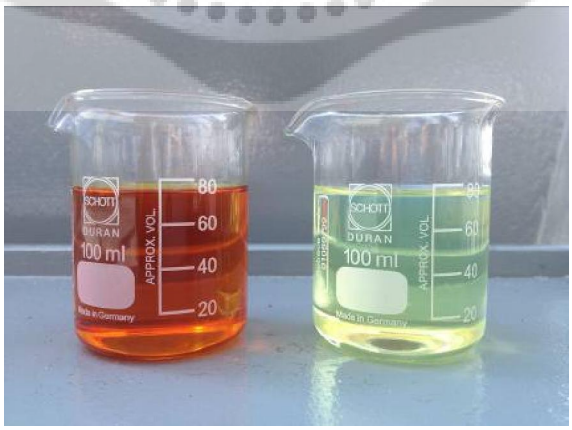
2.1 การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง

1. เตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการทดลอง โดยการผสมน้ำมันดีเซลกับน้ำมันไบโอดีเซล B100 ตามอัตราส่วนต่างๆ ดังตารางที่ 9

ตาราง 9 การกำหนดรหัสเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนของเชื้อเพลิง ร้อยละโดยปริมาตร	รหัส
น้ำมันดีเซล	B0
น้ำมันดีเซลร้อยละ 95 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 5	B5
น้ำมันดีเซลร้อยละ 90 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 10	B10
น้ำมันดีเซลร้อยละ 85 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 15	B15
น้ำมันดีเซลร้อยละ 80 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 20	B20
น้ำมันดีเซลร้อยละ 75 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 25	B25
น้ำมันดีเซลร้อยละ 50 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 50	B50
น้ำมันดีเซลร้อยละ 25 + น้ำมันไบโอดีเซลร้อยละ 75	B75
น้ำมันไบโอดีเซล B100	B100

2. นำน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทำการผสมไปวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความร้อนเชื้อเพลิง ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด ค่าความถ่วงจำเพาะ ลักษณะการสเปรย์ของฝอยละอองเชื้อเพลิงแต่ละชนิดกับหัวฉีด (Spray Pattern)



ภาพประกอบ 4 น้ำมันไบโอดีเซล B100 (ซ้าย) น้ำมันดีเซล (ขวา)

น้ำมันดีเซลที่ใช้สำหรับการทดลองสั่งซื้อจาก บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) ส่วนน้ำมันไบโอดีเซล B100 ได้รับการสนับสนุนสำหรับการวิจัยจาก บริษัท ไทยโอลีโอเคมี จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ได้รับการรับรองจากกรมธุรกิจพลังงานให้เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายน้ำมันไบโอดีเซล B100 ที่ได้มาตรฐาน ในการการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงใช้ห้องปฏิบัติการของแผนกวิเคราะห์และทดสอบ กองเชื้อเพลิง กรมพลาธิการทหารเรือ

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัตราส่วนผสมต่างๆ

2.2. การทดสอบสมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

1. ทำการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมตามอัตราส่วนต่างๆ ดังตาราง 9 โดยสภาวะการเดินเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง กำหนดให้ภาระทางไฟฟ้าที่มีค่าคงที่เท่ากับ 30% ของโหลดสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะคงที่ของรอบการทำงานของเครื่องยนต์ และทำการบันทึกค่าต่างๆ

2. นำข้อมูลที่ได้จาการทดลองไปคำนวณหาค่าต่างๆแล้วทำการวิเคราะห์ผล เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ได้แก่ อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และวิเคราะห์มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำ

2.3. การทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าจากสภาพการใช้งานจริงในระยะยาวด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล B20 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

ในการทดลองจะเลือกใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือ ทำการทดลอง 4 การทดลอง โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวกันตลอดการทดลอง ดังนี้

ตาราง 10 รูปแบบการทดลอง

การทดลองที่	น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้	น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้
1	น้ำมันดีเซล	ยี่ห้อ A
2	น้ำมันไบโอดีเซล B20	ยี่ห้อ A
3	น้ำมันดีเซล	ยี่ห้อ B
4	น้ำมันไบโอดีเซล B20	ยี่ห้อ B

ตาราง 11 คุณสมบัติจำเพาะของน้ำมันหล่อลื่น

คุณสมบัติจำเพาะ	ยี่ห้อA	ยี่ห้อB
Kinematic Viscosity		
@ 40°C (cSt)	133.7	133.2
@ 100°C (cSt)	14.1	14.1
Density @ 15°C	225+	225+
Pour Point °C	-18	-15
Flash Point (COC) °C	246	225
Color	เหลือง	เหลือง

โดยจะมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทฤษฎีและเทคโนโลยีเกี่ยวกับการทดสอบและวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

2. กำหนดตัวแปรต่างๆ ที่จะทำการทดสอบ โดยตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่

-ค่าความหนืด (Viscosity)

-ดัชนีความหนืด (Viscosity Index)

-ความเป็นด่างในน้ำมัน (Total Base Number - TBN)

-ปริมาณน้ำในน้ำมัน (Water Content)

-โลหะสึกหรอปนเปื้อน (Wear Metal)

-ปริมาณเขม่า (Soot)

-ปฏิกิริยาไนเตรชั่น (Nitration)

-ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation)

3. เตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นที่จะใช้ในการทดลอง

4. เตรียมเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำการทดลอง ดังนี้

-ทำการ Flushing ระบบน้ำมันหล่อลื่นโดยถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเดิมออกหมดแล้วให้ทำการเติม Flushing Oil แทน แล้วทำการเดินเครื่องยนต์ประมาณ 10 นาที จากนั้นทำการถ่าย Flushing Oil ออกให้หมด

-ทำการเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันหล่อลื่นใหม่

-ทำการเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่

-ทำการเติมน้ำมันหล่อลื่นที่เตรียมไว้ ให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

-เดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะทำการทดลอง

5. ทำการบันทึกข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์ ดังแสดงใน ภาคผนวก ข ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00 -24.00 น. ของทุกวันจนครบระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะทำการทดสอบที่เก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ 50, 100, 150, 200 ชั่วโมง เนื่องจากคู่มือบำรุงรักษาและการใช้งาน กำหนดให้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่ระยะเวลา 200 ชั่วโมง

6. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ทดสอบปริมาณ 100 มิลลิลิตร ตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ สำหรับนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยมีรายละเอียดสำคัญที่ต้องปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านใช้งานหลังจากเดินเครื่องจักรตามปกติแล้วดังนี้

โดยการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นได้รับการสนับสนุนการวิจัยจาก บริษัท โฟกัสแล็ป จำกัด

-เก็บขณะเครื่องร้อน และผ่านการตีกวน

-เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง หรือจากวาล์วเปลี่ยนถ่าย

-ปิดฝาขวดเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นให้แน่น

-นำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ทันที

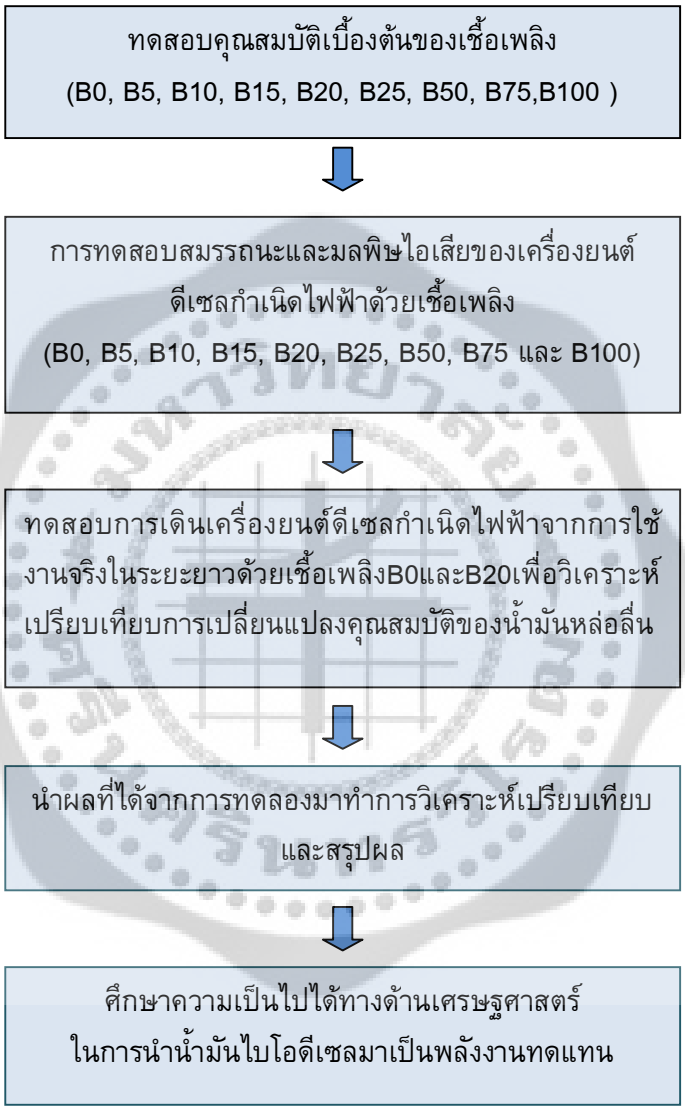
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานที่ระยะเวลาต่างๆ

เมื่อทำการทดลองที่ 1 เรียบร้อย ในการทดลองต่อๆไป การเตรียมเครื่องยนต์ให้ปฏิบัติตามข้อ 4. และ ข้อ 6. เพื่อให้ได้ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ถูกต้อง

7. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานที่ระยะเวลาต่างๆ

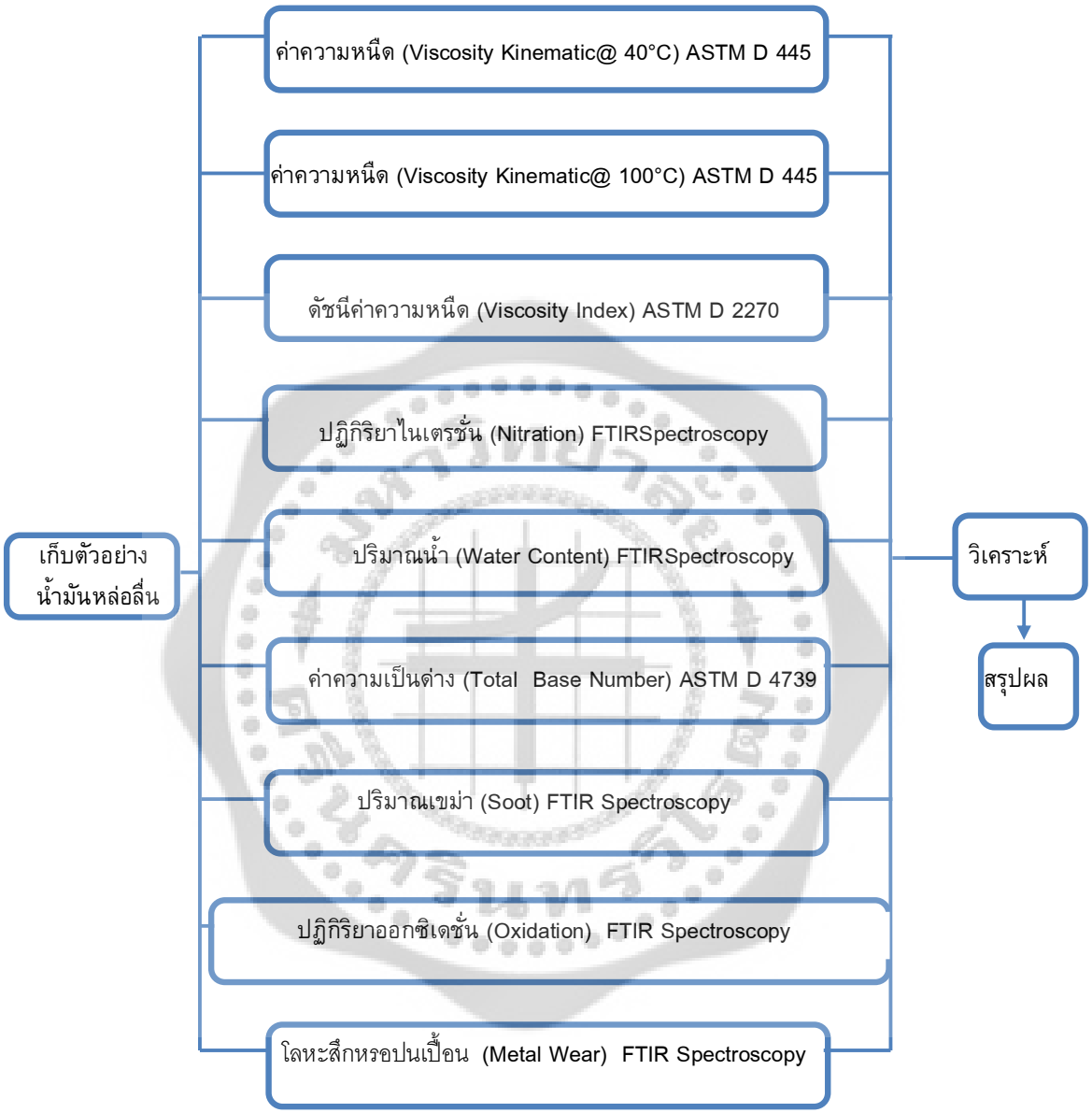
8. เก็บรวบรวมข้อมูลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผลการวิจัย

ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนในการทดลอง

ขั้นตอนในการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น



ภาพประกอบ 8 ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

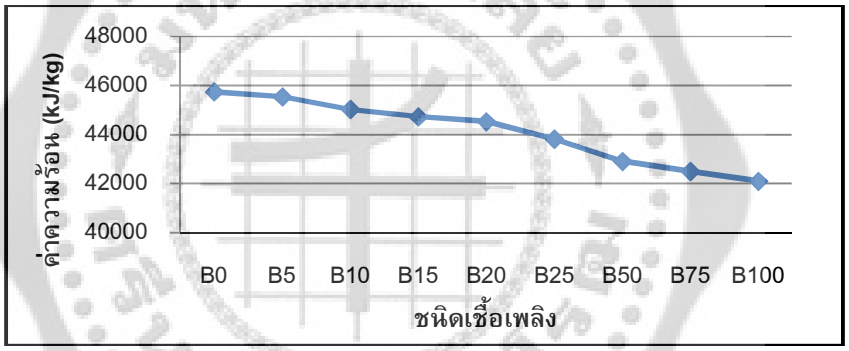
บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง

การศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น จะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและนำมาเป็นข้อมูลในการนำเชื้อเพลิงไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ และมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิง โดยการเปลี่ยนรูปจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานความร้อน ในการทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) รุ่น 1341 Plain Jacket Oxygen

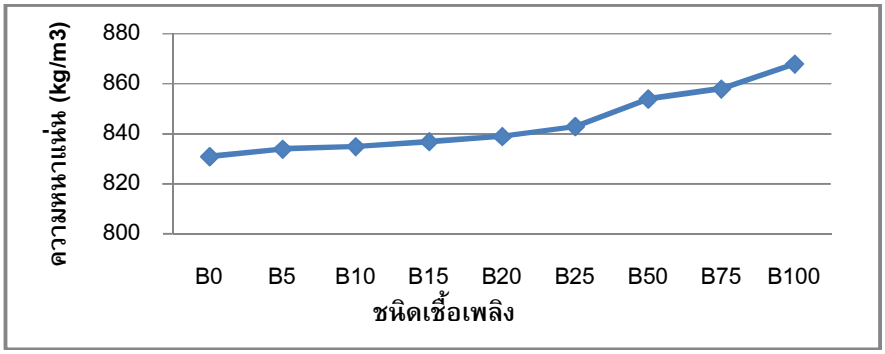


ภาพประกอบ 9 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ผลจากการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงพบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะลดลง โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิง B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 มีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิง B0 เท่ากับ 0.45%, 1.56%, 2.22%, 2.67%, 4.22%, 6.21%, 7.09% และ7.97% ตามลำดับ

1.2 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง

คือ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยทำการการทดสอบความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 15˚C โดยใช้เครื่อง ไฮโดรมิเตอร์



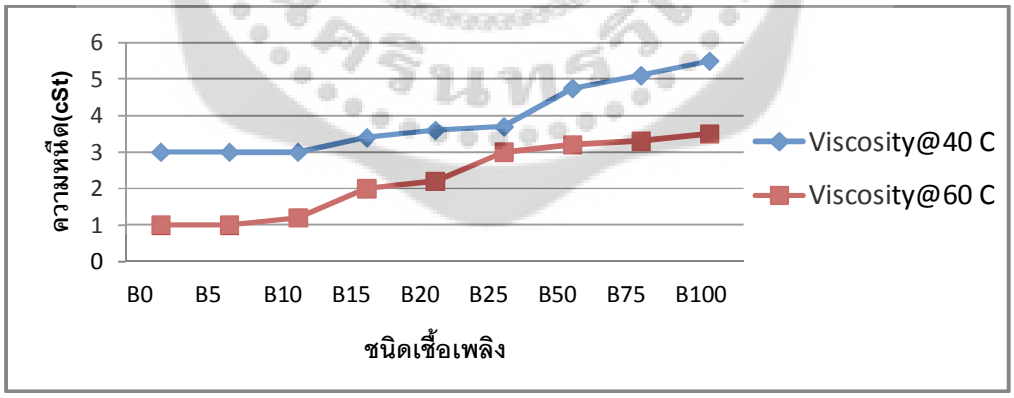
ภาพประกอบ 10 ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงจะมากขึ้น โดยเชื้อเพลิง B0 มีความหนาแน่นน้อยที่สุดเท่ากับ 831 kg/m^3 ส่วนเชื้อเพลิง B100 มีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 868 kg/m^3

1.3 ความหนืดของเชื้อเพลิง

เป็นค่าที่บอกถึงคุณสมบัติการต้านทานการไหลของเชื้อเพลิง ค่าความหนืดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการเก็บรักษาและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงมีความหนืดมากเกินไป ทำให้สูบน้ำมันได้ยาก การกระจายของฝอยละอองที่ออกจากหัวฉีดไม่ดี

การทดสอบความหนืดของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 40˚C และ 60˚C

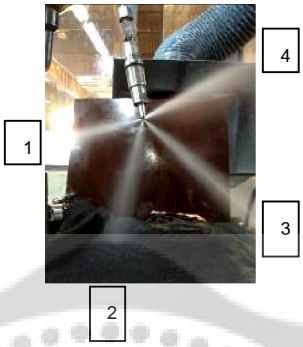


ภาพประกอบ 11 ค่าความหนืดของเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง พบว่าเมื่อที่อุณหภูมิคงที่ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้เชื้อเพลิงพบว่าค่าความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

1.4 การทดสอบมุมสเปรย์และฝอยละอองที่ออกจากหัวฉีดของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

วิธีการทดสอบจะทำการทดสอบเชื้อเพลิงไบโอดีเซลอัตราส่วนผสมต่างๆ กับหัวฉีดที่ติดตั้งกับแท่นทดสอบหัวฉีด โดยทดสอบที่แรงดันหัวฉีด 175 บาร์ เป็นค่าแรงดันมาตรฐานของหัวฉีดเครื่องยนต์ (Bosch Germany)



ภาพประกอบ 12 ลักษณะมุมสเปรย์และฝอยละอองที่ออกจากหัวฉีดของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล B20

หมายเหตุ กำหนดให้หมายเลข และตำแหน่งของรูหัวฉีด ดังนี้

หมายเลข 1 คือ ตำแหน่งที่ 1 ของรูหัวฉีด
หมายเลข 2 คือ ตำแหน่งที่ 2 ของรูหัวฉีด
หมายเลข 3 คือ ตำแหน่งที่ 3 ของรูหัวฉีด
หมายเลข 4 คือ ตำแหน่งที่ 4 ของรูหัวฉีด

ตาราง 12 ค่ามุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองเชื้อเพลิง

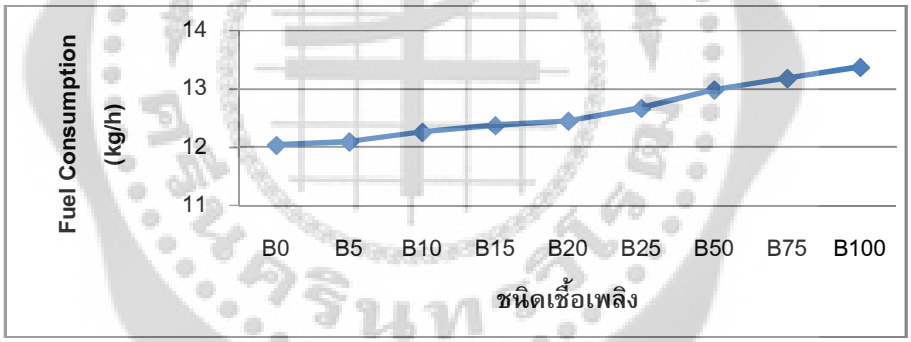
ชนิดเชื้อเพลิง	มุมสเปรย์(องศา)				
	รูที่1	รูที่2	รูที่3	รูที่4	เฉลี่ย
B0	25	24	23	24	24.00
B5	25	24	23	24	24.00
B10	24	24	23	24	23.75
B15	24	24	23	24	23.75
B20	24	24	23	24	23.75
B25	24	24	23	24	23.75
B50	23	23	22	24	23.00
B75	23	23	22	23	22.75
B100	22	22	21	22	21.75

พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ค่ามุมสเปรย์ (Spray cone angle) มีขนาดลดลง และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงจะมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ระยะฉีดไกลสุด (Spray tip penetration) ไกลขึ้นและจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงช้าลง ซึ่งเกิดจากความหนาแน่นและความหนืดของเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ละอองเชื้อเพลิงเกิดการคลุกเคล้ากับอากาศไม่เต็มประสิทธิภาพ เป็นผลให้การสันดาปเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่ดีและเกิดการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

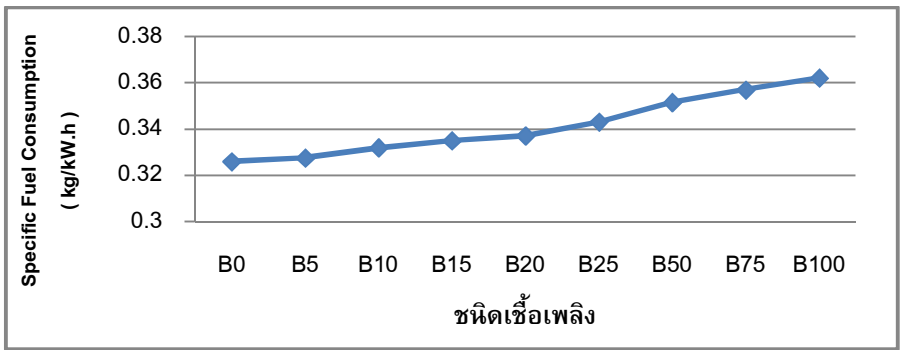
2. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

2.1 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ

ทำการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยการทดสอบได้ทำการเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นรอบการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า และภาระคงที่ 30% ของภาระสูงสุด (ภาระสูงสุดเท่ากับ 120 kW ภาระคงที่เท่ากับ 36 kW)



ภาพประกอบ 13 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

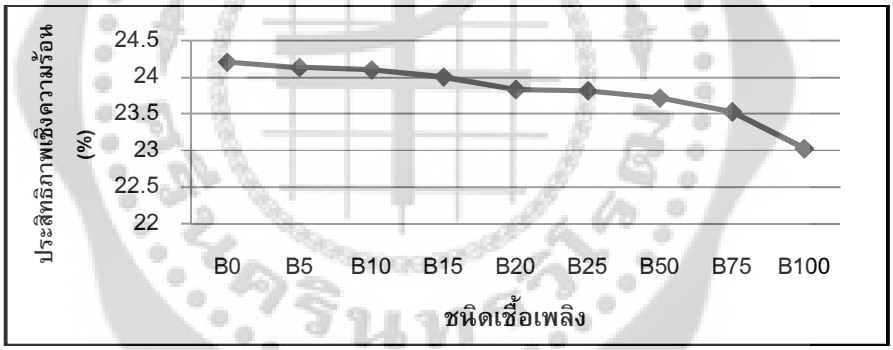


ภาพประกอบ 14 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ

พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะลดลงตามอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์เท่าเดิม โดยอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75, และ B100 มีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิง B0 เท่ากับ 0.50%, 1.82%, 2.72%, 3.32%, 5.00%, 7.29%, 8.68% และ 9.98% ตามลำดับ ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเชื้อเพลิง B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 มีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิง B0 เท่ากับ 0.78%, 2.02%, 3.07%, 4.20%, 5.79% ,8.13%, 9.72% และ 12.50% ตามลำดับ

2.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ โดยการทดสอบได้ทำการเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นรอบการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า และภาระคงที่ 30% ของภาระสูงสุด



ภาพประกอบ 15 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

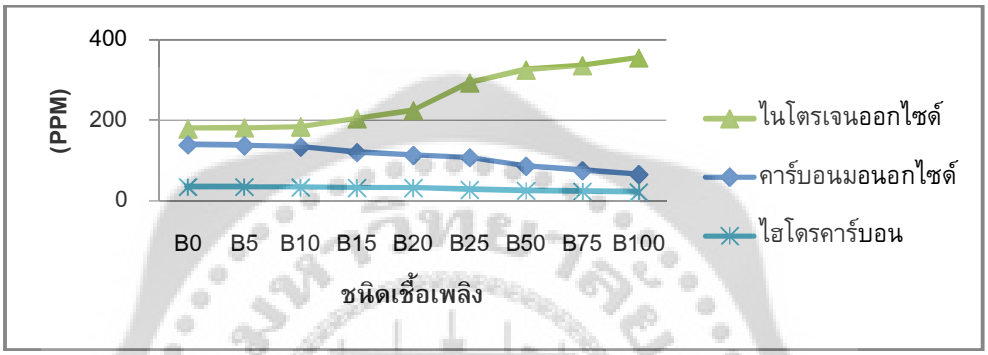
พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะลดลง โดยเชื้อเพลิง B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าเชื้อเพลิง B0 เท่ากับ 0.31%, 0.45%, 0.84%, 1.57%, 1.65%, 2.07%, 2.89%, และ5.14% ตามลำดับ

3. ผลการทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์

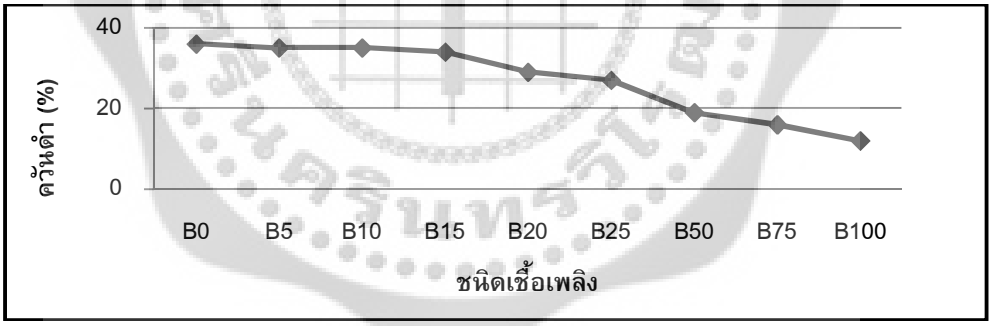
การทดสอบมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ ได้ทำการทดสอบเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะคงที่ของการทำงานของเครื่องยนต์ กำหนดภาระทาง

ไฟฟ้าคงที่ 30% ของภาระสูงสุด มลพิษที่เกิดจากการทดสอบเครื่องยนต์ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำ โดยการทดสอบนั้นจะเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิง B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 เชื้อเพลิงละประมาณ 30 นาที โดยทุกครั้งก่อนเริ่มเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงชนิดใด ๆ ที่ต้องการทดสอบจะทำการเปลี่ยนกรองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อน แล้วบันทึกค่าก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้น

3.1 ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์



ภาพประกอบ 16 ปริมาณก๊าซที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์



ภาพประกอบ 17 ปริมาณควันดำที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์

ผลการทดสอบมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่ออัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น พบว่า

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีปริมาณลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนออกซิเจนในโครงสร้างของน้ำมันไบโอดีเซลเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์มากขึ้น ทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณลดลง โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดเท่ากับ 140 ppm และ B100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำสุดเท่ากับ 66 ppm

2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) มีปริมาณลดลง ซึ่งก๊าซไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนประกอบของน้ำมันดีเซล เมื่อเกิดการเผาไหม้ไม่หมดจึงเหลือเชื้อเพลิง (ไฮโดรคาร์บอน) ปนออกมากับไอเสีย

ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นจึงมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงน้อย เมื่อเกิดการเผาไหม้จึงปนออกมากับไอเสียน้อย โดยเชื้อเพลิง B0 มีค่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 35 ppm และเชื้อเพลิง B100 มีค่าปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่ำสุด เท่ากับ 22 ppm

3. ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยปกติก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะเกิดจากการสันดาปในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากความหนาแน่นและความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลที่มากกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ฝอยละอองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกจากหัวฉีดคลุกเคล้ากับอากาศได้ไม่ดี เกิดความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition delay) มากขึ้น และยังเกิดการสะสมของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ เมื่อเกิดการลุกไหม้จึงเผาไหม้อย่างรุนแรงทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ต่ำสุดเท่ากับ 180 ppm และเชื้อเพลิง B100 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 356 ppm

4. ควันดำมีปริมาณลดลง เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้คาร์บอนบางส่วนในน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเหลือเขม่าดำออกมาทางไอเสีย ดังนั้นเมื่อเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงลดลง จึงทำให้เมื่อเกิดการเผาไหม้จึงเกิดเขม่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซล โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณเขม่าสูงสุดเท่ากับ 36 % และเชื้อเพลิง B100 มีปริมาณเขม่าต่ำสุดเท่ากับ 12 %

4. ผลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล B20

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้น้ำมันไบโอดีเซล B5 อยู่แล้ว และไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์ จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงไบโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มปริมาณการใช้น้ำมันไบโอดีเซลให้มากขึ้น งานวิจัยนี้เลือกใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงในการทดลองเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาว เพื่อศึกษาผลกระทบต่อเครื่องยนต์

ตาราง 13 การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

รายการที่ทดสอบ	เชื้อเพลิง		เปอร์เซ็นต์แตกต่าง
	ดีเซล	ไบโอดีเซล B20	
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)	12.04	12.45	3.32%
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kW.h)	0.325	0.339	4.20%
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	24.21	23.84	-1.57%

หลังจากการเดินเครื่องยนต์ทดสอบ เชื้อเพลิง B0, B20 เป็นระยะเวลา 200 ชั่วโมงและB100 เป็นระยะเวลา 50 ชั่วโมง พบว่า สภาพหลังการเดินเครื่องยนต์ หัวฉีดจะมีคราบเขม่าสีดำเกาะบริเวณรูของหัวฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งมีผลทำให้การฉีดน้ำมันเป็นละอองฝอยไม่ดี ทำให้ประสิทธิภาพในการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดลดลง การเผาไหม้ประสิทธิภาพลดลง

B0 B20 B100

ภาพประกอบ 18 สภาพหัวฉีดที่ผ่านการใช้งานด้วยเชื้อเพลิง B0, B20, B100

5. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ น้ำมันหล่อลื่น

การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น เป็นการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในเครื่องยนต์มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนตามมาตรฐานอ้างอิงสามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุการชำรุด เพื่อนำมาใช้กำหนดแนวทางป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหาย การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ

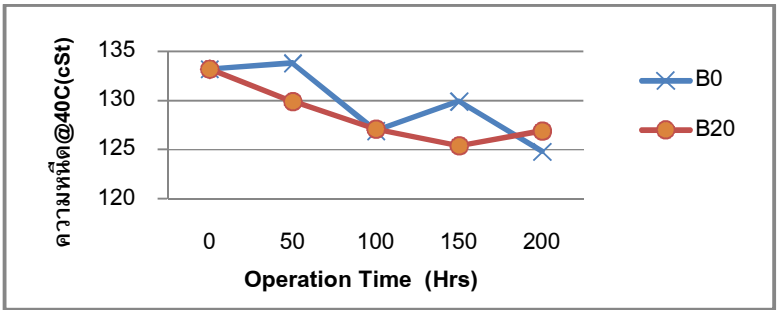
1. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น
2. การวิเคราะห์สิ่งสกปรกปนเปื้อน
3. การวิเคราะห์โลหะสึกหรอปนเปื้อน

5.1 ความหนืด (Viscosity)

การวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 40°C และ 100°C ซึ่งผ่านการใช้งานที่ระยะเวลาต่างๆ ตั้งแต่ 0, 50, 100, 150 และ 200 ชั่วโมง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการกำหนดให้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้การมีค่ามากกว่า 25% ของน้ำมันหล่อลื่นใหม่

1. ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

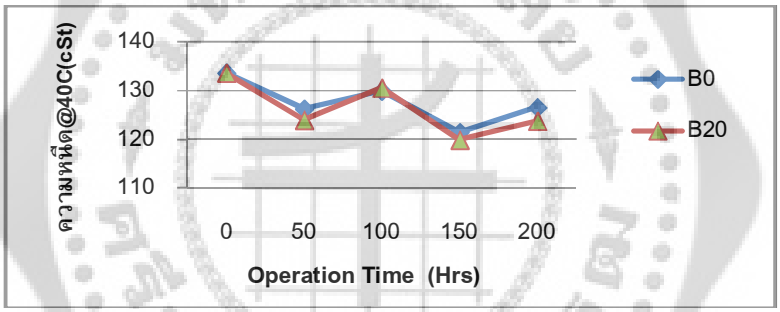
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง และมีค่าความหนืดลดลงตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 19 ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

2. ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

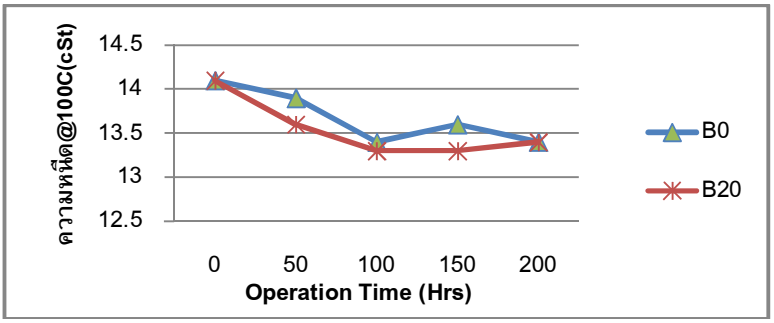
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 20 ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

3. ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 100°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

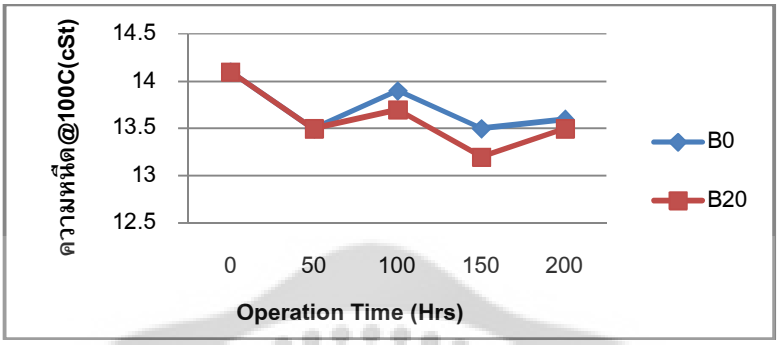
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 21 ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 100°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

4. ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 100°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



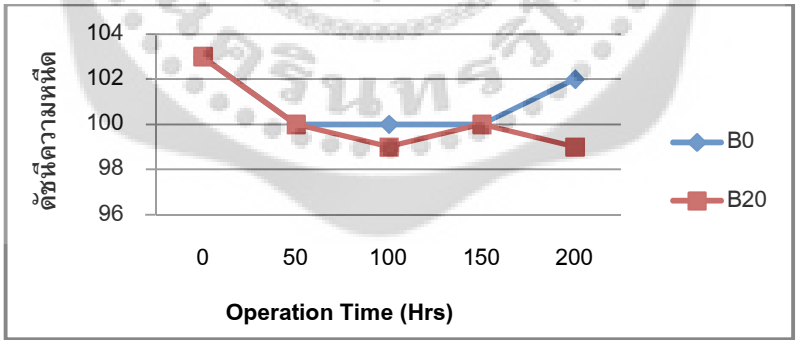
ภาพประกอบ 22 ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 100°C เมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.2 ดัชนีค่าความหนืด (Viscosity Index)

คือ ค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

1. ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืดเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

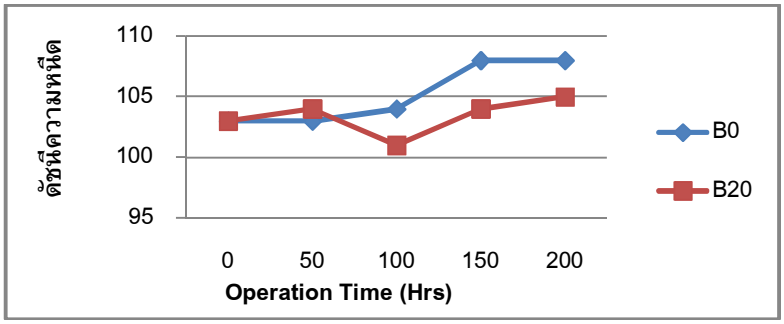
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ค่าดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 23 ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืดเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

1. ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืดเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ค่าดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



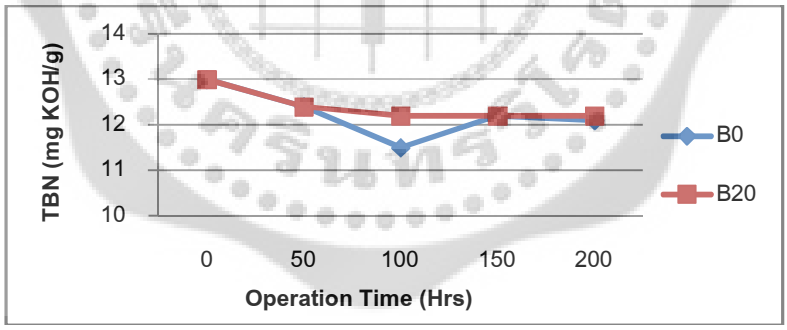
ภาพประกอบ 24 ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืดเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.3 ค่าความเป็นด่าง (Total Base Number-TBN)

เป็นการวัดปริมาณของด่างที่เหลืออยู่ในน้ำมันหล่อลื่น หรือ TBN เป็นความสามารถลดความเป็นกรด ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ภายใน ห้องปฏิบัติการจะประเมินผลการวิเคราะห์ค่า TBN ของน้ำมันหล่อลื่นใช้การเปรียบเทียบกับค่า TBN ของน้ำมันใหม่ โดยน้ำมันหล่อลื่นใช้การควรมีค่า TBN มากกว่า 50% ของค่า TBN ในน้ำมันหล่อลื่นใหม่

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น A

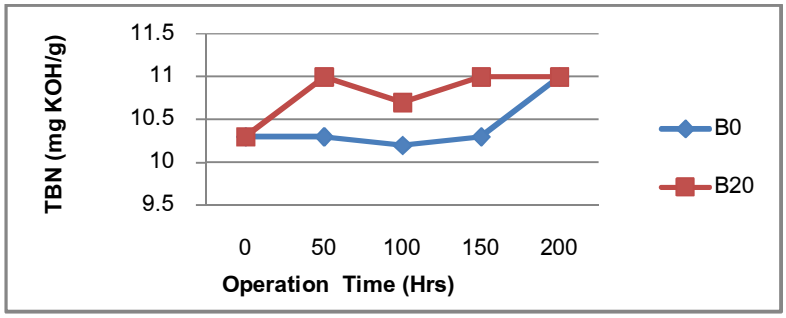
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ปริมาณของด่างในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่ากว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 25 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

2. ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ปริมาณของด่างในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่ากว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



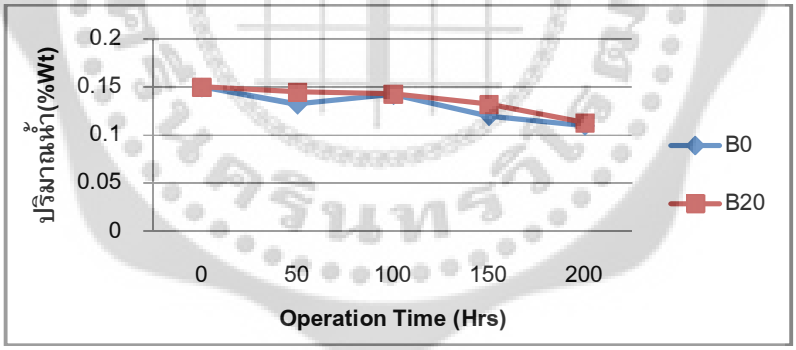
ภาพประกอบ 26 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.4 ปริมาณน้ำ (Water Content)

ระดับปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นที่สูงผิดปกติ จะทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพ และความสามารถในการหล่อลื่นลดลง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการกำหนดให้ระดับปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่น มีค่าไม่เกินร้อยละ 0.3 โดยมวล

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

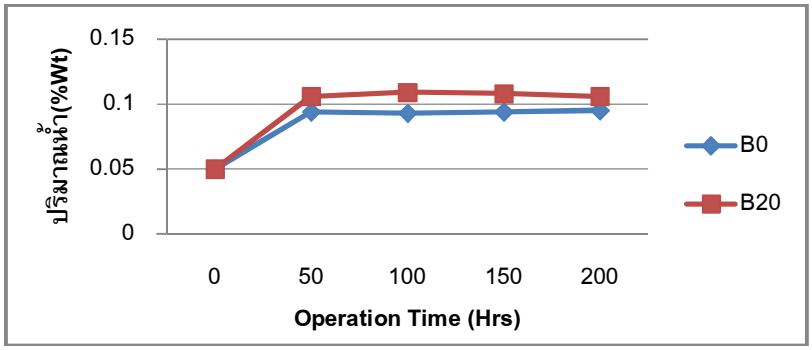
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่ากว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่ากว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เป็นเชื้อเพลิง



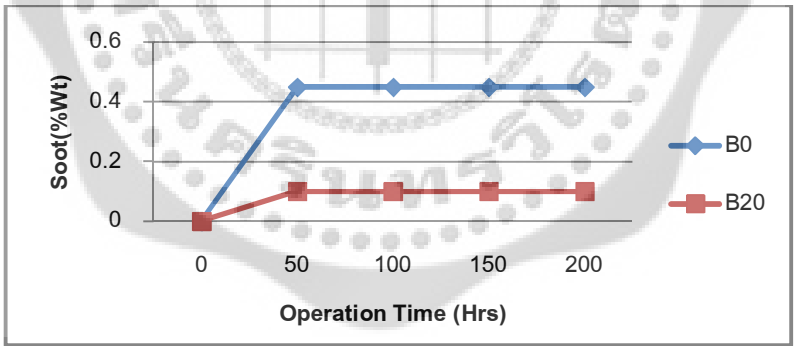
ภาพประกอบ 28 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.5 ปริมาณเขม่า (soot)

ปริมาณเขม่าที่สูงจะชี้ว่าเครื่องยนต์เริ่มมีปัญหาหรือระยะเวลาเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นนานเกินไปค่ากำหนดในห้องปฏิบัติการกำหนดให้ปริมาณเขม่าในน้ำมันหล่อลื่นใช้การมีค่าไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยมวล

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่าเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

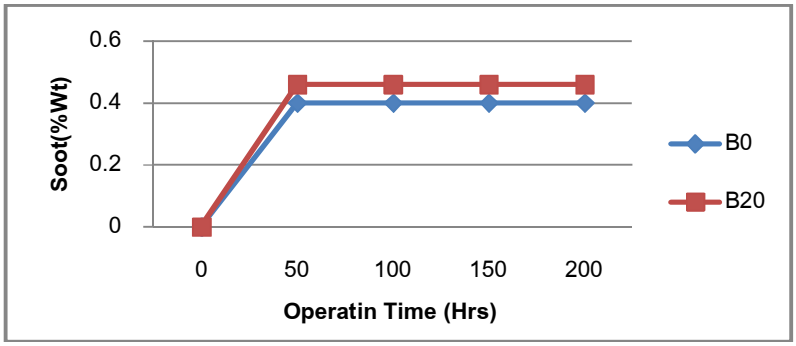
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณเขม่าในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และมีค่าคงที่



ภาพประกอบ 29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่าเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่าเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณเขม่าในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และมีค่าคงที่ โดยเริ่มหลังจาก 50 ชั่วโมงไปแล้ว



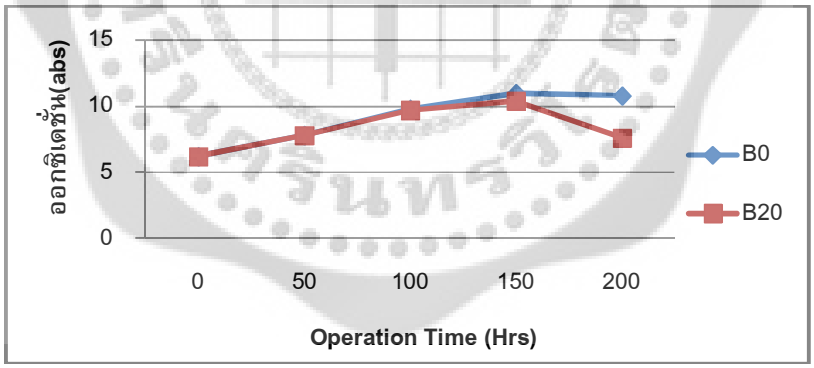
ภาพประกอบ 30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่าเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.6 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation)

เป็นตรวจสอบการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเนื่องจากอายุการใช้งาน ภาระการใช้งาน หรือสภาพอุณหภูมิการใช้งาน โดยใช้เครื่องวัด FTIR (Fourier Transform InfraRed Spectrometer) หน่วยที่วัดได้ absorbance (abs)

1. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

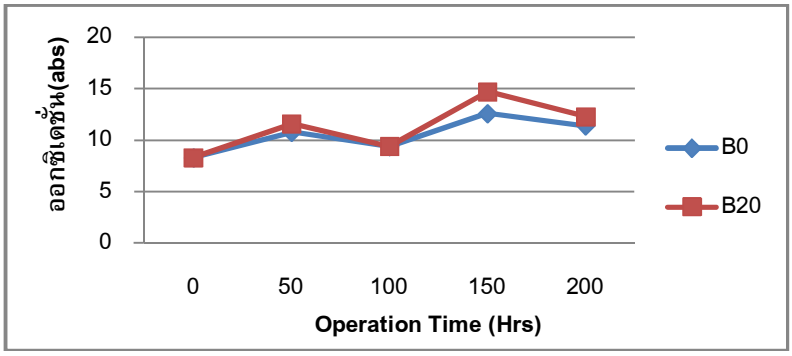
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เล็กน้อย



ภาพประกอบ 31 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

2. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 เล็กน้อย



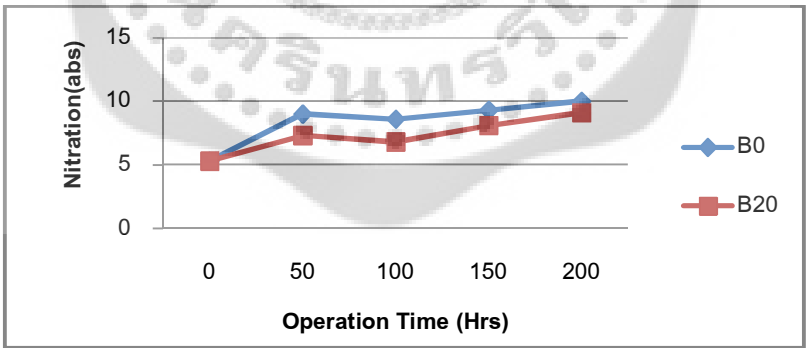
ภาพประกอบ 32 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.7 ไนเตรชั่น (Nitration)

โดยทั่วไปแล้วไนเตรชั่นเกิดขึ้นจากการสันดาปภายในระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ผลผลิตของกระบวนการไนเตรชั่นจะรั่วเล็ดลอดผ่านแหวนลูกสูบ ซึ่งผลผลิตของไนเตรชั่นจะมีความเป็นกรดสูง ทำให้เกิดตะกอน และเร่งการออกซิเดชั่น ใช้เครื่องวัด FTIR (Fourier Transform InfraRed Spectrometer) หน่วยที่วัดได้ absorbance (abs)

1. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

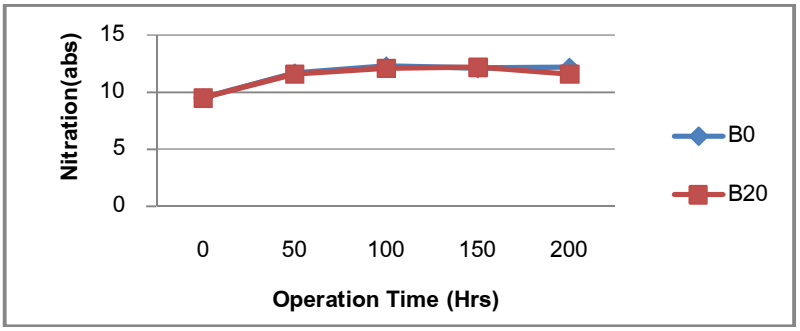
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนเตรชั่นในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไนเตรชั่นเพิ่มขึ้นตามระยะการใช้งานที่เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 33 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

2. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนเตรชั่นในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าเท่ากับเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0



ภาพประกอบ 34 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชั่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B

5.8 ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อน (Wear Metal)

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นที่ระยะเวลาต่างๆ สำหรับอนุภาคโลหะที่สึกหรอนั้นโดยปกติจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อนุภาคโลหะที่เกิดจากการสึกหรอแบบปกติ (Normal wear) ซึ่งจะเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ขณะที่ใช้งานปกติขนาดของอนุภาคโลหะที่สึกหรอส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน และอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอที่ผิดปกติ (Abnormal wear) ซึ่งเกิดกับเครื่องยนต์ที่มีภาระสูง มักจะมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 5 ไมครอน วิธีการที่จะทำให้ทราบถึงสภาวะที่เครื่องยนต์เริ่มชำรุดหรือมีแนวโน้มว่าจะชำรุด คือ การตรวจหาโลหะที่สึกหรออยู่ในน้ำมันหล่อลื่นโดยชนิดของโลหะที่ตรวจพบจะเป็นตัวชี้ว่าส่วนใด สึกหรอ ปริมาณโลหะจะเป็นตัวบอกถึงระดับการสึกหรอ และขนาดจะเป็นตัวบอกระดับของการสึกหรอ

อนุภาคของของเศษโลหะที่ตรวจพบในน้ำมันหล่อลื่น สามารถแยกได้ตามแหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. Wear Metal Element คือ ธาตุโลหะของอนุภาคเศษโลหะที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่น โดยเกิดจากการเสียดทาน และการสึกหรอของชิ้นส่วนที่เกิดจากการเสียดสีกันไปมา
2. Contaminion Element คือ ธาตุโลหะของอนุภาคของสิ่งสกปรกปนเปื้อนระบบหล่อลื่น
3. Additive Element คือ ธาตุโลหะของสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น

สามารถตรวจสอบขนาดของอนุภาคได้ 2 วิธี ได้แก่

1. วิธี RDE (Rotating Disc Electrode) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะที่มีขนาดละเอียด (Fine) ซึ่งมีขนาดโดยประมาณ เล็กกว่า 8 ไมครอน หน่วยวัด PPM
2. วิธี RFS (Rotating Filter Spectroscopy) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะที่มีขนาดหยาบ (Coarse) ซึ่งมีขนาดโดยประมาณ จาก 5 ไมครอน ถึง 150 ไมครอน

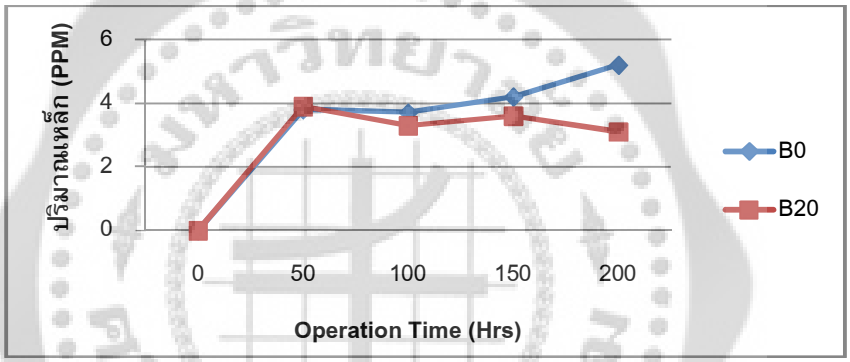
สำหรับงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธี RDE เนื่องจากเป็นการทดลองเครื่องยนต์ในสภาวะปกติมีการควบคุมภาระ และความเร็วของเครื่องยนต์ ซึ่งขนาดของอนุภาคโลหะที่สึกหรอส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะสึกหรอ ได้แก่ เหล็ก โครเมี่ยม ทองแดง ตะกั่ว ดีบุก อลูมิเนียม นิเกิล เงิน โมลิบดินั่ม ซึ่งเป็นโลหะที่อยู่ในชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ ที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานที่ระยะเวลา ต่างๆ ตั้งแต่ 0, 50, 100, 150 และ 200 ชั่วโมง พบว่าโลหะเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการใช้งาน โดยแยกออกตามชนิดของโลหะดังนี้

1. เหล็ก เป็นโลหะที่พบในชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ได้แก่ กระบอกสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และเพลาลูกเบี้ยว สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 150 ppm

1.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

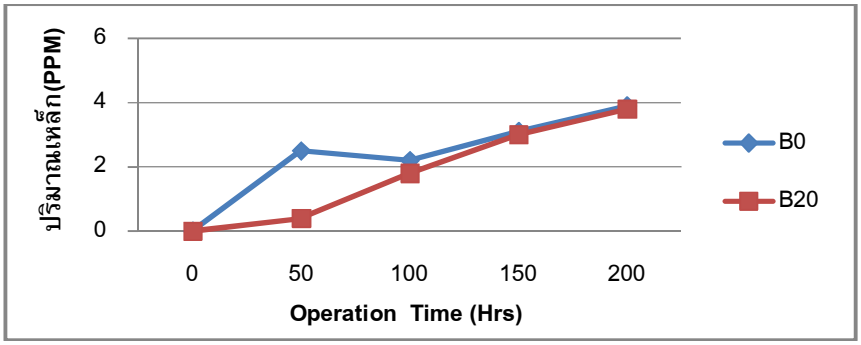
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของเหล็กในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และ ปริมาณของเหล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการใช้งานที่เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 35 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

1.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณเหล็กในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และมีอัตราการเกิดไนเตรชั่นเพิ่มขึ้น ตามระยะการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

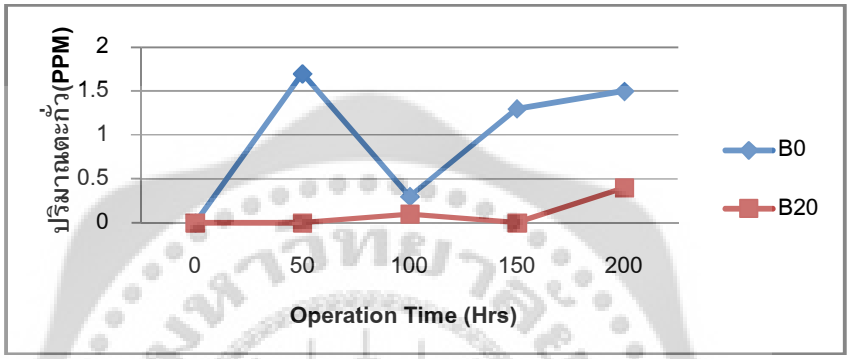


ภาพประกอบ 36 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

2. ตะกั่ว เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้แก่ โลหะที่เคลือบผิวของแบริ่งของก้านสูบ สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 60 ppm

2.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

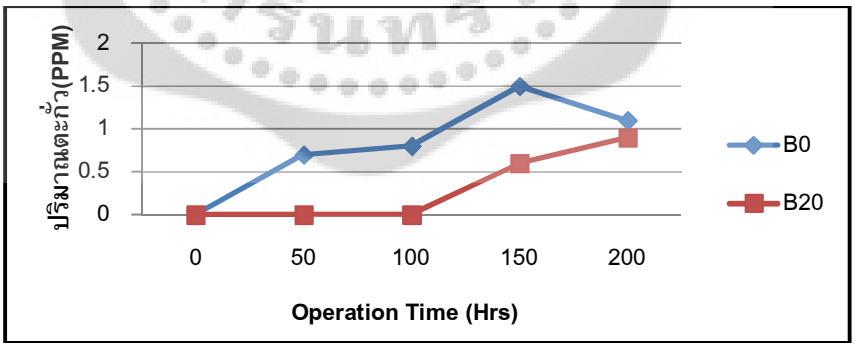
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 ข้อสังเกตุ แนวโน้มผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อน จึงทำให้ปริมาณตะกั่วในช่วงชั่วโมงที่ 100 ลดลงผิดปกติ



ภาพประกอบ 37 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

2.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และ ปริมาณของตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

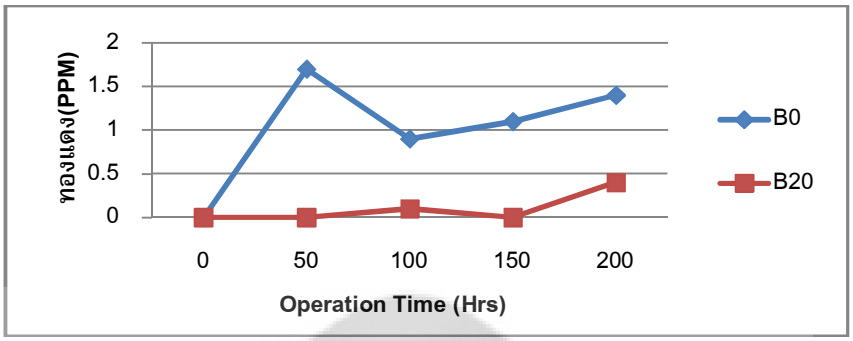


ภาพประกอบ 38 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

3. ทองแดง เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้แก่ ลูกสูบ สลักลูกสูบ และแบริ่ง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 60 ppm

3.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

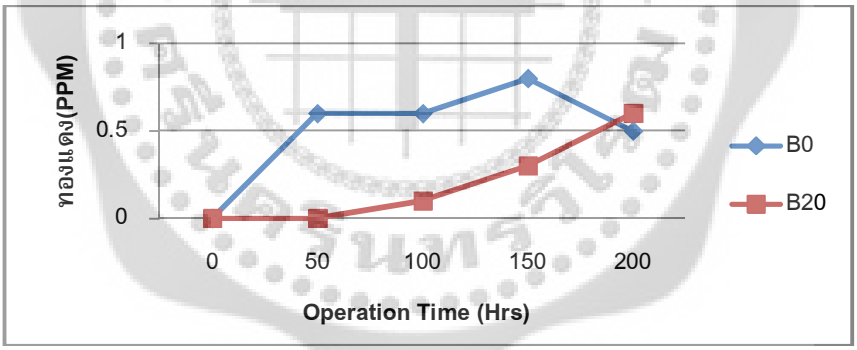
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของทองแดงในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และ ปริมาณของทองแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการใช้งานที่เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 39 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

3.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0 และปริมาณของทองแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการใช้งานที่เพิ่มขึ้น



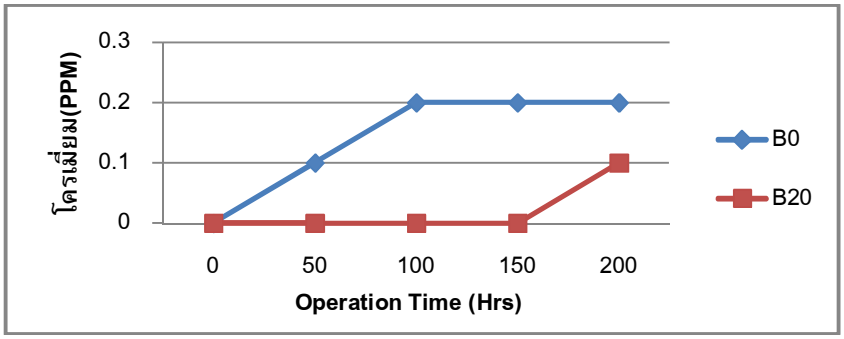
ภาพประกอบ 40 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

4. ปริมาณโครเมียม เป็นโลหะที่ประกอบอยู่ตามชิ้นส่วนต่างๆ เช่น สลักลูกสูบ แหวนลูกสูบ และเพลาข้อเหวี่ยงสำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 ppm

4.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมี่ยมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE ผลการวิเคราะห์ไม่พบโลหะชนิดนี้

4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมี่ยมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

พบว่าพบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของโครเมี่ยมในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0

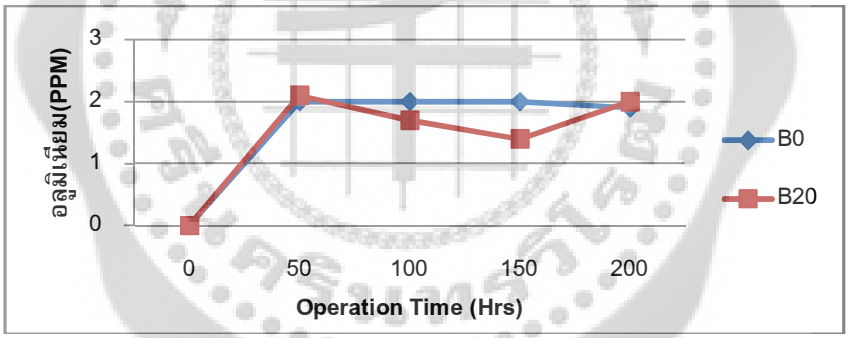


ภาพประกอบ 41 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมี่ยมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่น B ด้วยวิธี RDE

5. อลูมิเนียม เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ได้แก่ ลูกสูบ แบริ่งก้านสูบ วาล์ว และ บุชชิ่งบางอย่าง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 ppm

5.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

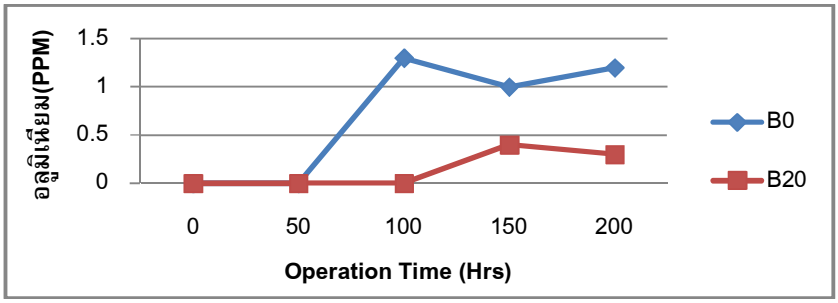
พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของอลูมิเนียมในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0



ภาพประกอบ 42 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

5.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลB20 ปริมาณของอลูมิเนียมในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล B0



ภาพประกอบ 43 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

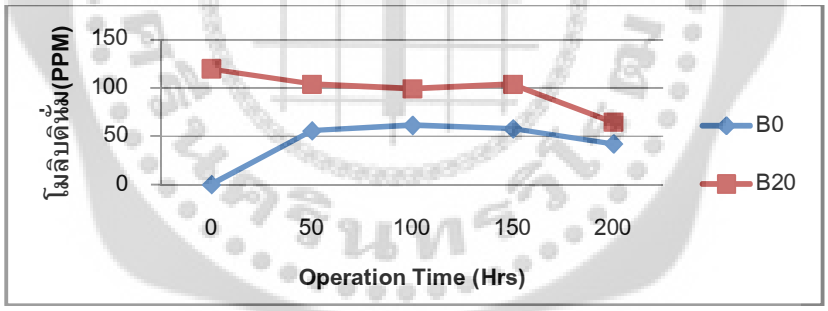
6. นิเกิล เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ได้แก่ แบริ่งบางอย่าง เพลา วาล์ว และ Valve guide สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 ppm

ผลการวิเคราะห์ไม่พบโลหะชนิดนี้

7. โมลิบดินั่ม ชี้ว่าการสึกเหรอของแหวนลูกสูบและเป็นสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น

7.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดินั่มเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 ปริมาณของโมลิบดินั่มในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล



ภาพประกอบ 44 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดินั่มเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ด้วยวิธี RDE

7.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดินั่มเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B ด้วยวิธี RDE

ผลการวิเคราะห์ไม่พบโลหะชนิดนี้

8. ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A และน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

ผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำมันหล่อลื่นทั้งสองยี่ห้อ ไม่แตกต่างกัน ดังนี้

1. สภาพการสึกหรอและผลทดสอบการสึกหรอทั้งหมด พบว่าอยู่ในช่วงปกติ
2. คุณสมบัติของน้ำมันและผลทดสอบน้ำมันทั้งหมด พบว่าอยู่ในช่วงปกติ
3. สภาพการปนเปื้อนและระดับการปนเปื้อนสิ่งสกปรก พบว่าอยู่ในช่วงปกติ

14 เปรียบเทียบผลการทดลอง

คุณสมบัติที่ทำการทดลอง	ชนิดเชื้อเพลิง								
1. คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง	B0	B5	B10	B15	B20	B25	B50	B75	B100
1.1 ความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)	45,742	45,537	45,029	44,725	44,522	43,813	42,903	42,500	42,094
1.2 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (kg/m^3)	831	834	835	837	839	843	854	858	868
1.3 ความหนืดของเชื้อเพลิง @40C° (cSt)	3.0	3.0	3.0	3.4	3.6	3.7	4.7	5.1	5.5
1.4 ความหนืดของเชื้อเพลิง @100C° (cSt)	1.0	1.0	1.2	2.0	2.2	3.0	3.2	3.3	3.5
2. สมรรถนะของเครื่องยนต์									
2.1 อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)	12.04	12.10	12.26	12.38	12.45	12.67	12.99	13.18	13.38
2.2 อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kW.h)	0.325	0.328	0.332	0.335	0.339	0.345	0.354	0.360	0.371
2.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	24.21	24.14	24.10	24.01	23.84	23.82	23.72	23.53	23.03
3. มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์									
3.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	140	138	135	121	114	108	87	76	66
3.2 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (ppm)	35	35	34	33	33	28	26	24	22
3.3 ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (ppm)	180	182	185	205	225	294	326	337	356
3.4 ควันดำ (%)	36	35	35	34	29	27	19	16	12

สรุปผลการทดลอง จากตาราง 14

1. คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมว่าของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น
ความร้อนของเชื้อเพลิง มีค่าลดลงตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
ความหนืดของของเชื้อเพลิง มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น

2. สมรรถนะของเครื่องยนต์เชื้อเพลิง
อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน มีค่าลดลงตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น

3. มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าลดลงตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
ก๊าซไฮโดรคาร์บอน มีค่าลดลงตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น
ควันดำ มีค่าลดลงตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น

6. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้ในการเลือกใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่เหมาะสมในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อช่วยในการตัดสินใจ จากการทดสอบพบว่าน้ำมันไบโอดีเซล B20 สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าได้ หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยพิจารณาเปรียบเทียบเมื่อใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดคือน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล B20

โดยการวิจัยนี้กำหนดโครงการในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 3 โครงการเพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1. โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
2. โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดใหราคาต้นทุนไบโอดีเซล B100 คงที่ตลอดระยะเวลาของโครงการ
3. โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดใหราคาต้นทุนไบโอดีเซล B100 เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ที่อัตราร้อยละ 4 ต่อปี

6.1 ค่าใช้จ่ายของโครงการ

1. ค่าลงทุนของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า หมายถึง เงินลงทุนในการดำเนินการจัดหาและติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า โดยงานวิจัยนี้จะไม่คิดเงินลงทุนในส่วนนี้เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกติดตั้งและมีอายุการใช้งานนานแล้ว

2. ค่าเชื้อเพลิง หมายถึง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยงานวิจัยนี้เลือกน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล B20 ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งกำหนดให้ราคาคงที่ตลอดในปีเริ่มต้นคือ ปี พ.ศ. 2556 และอาศัยข้อมูลพยากรณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการพยากรณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ในสภาพการใช้งานจริงในการเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

3. ค่าดูแลรักษาและดำเนินการในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า หมายถึง ค่าอะไหล่ตามการบำรุงรักษาตามระยะเวลาในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

6.2 ผลตอบแทนที่ได้รับ

1. กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นการผลิตเพื่อใช้ในเรือจึงไม่ก่อให้เกิดรายได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้เพื่อให้สามารถเปลี่ยนผลตอบแทนจากปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปเป็นจำนวนเงิน จึงกำหนดให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีมูลค่าตามสมมุติฐาน ในข้อ 4.6.4

6.3 กำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า โดยพิจารณาเปรียบเทียบเมื่อใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดคือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล B20 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งสามารถแบ่งย่อยอีกได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. ศึกษาระบุรายการต้นทุนและรายการผลตอบแทนที่ได้จากการผลิตไฟฟ้า

2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการด้วยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C Ratio)

3. วิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการ เมื่อต้นทุนหรือผลตอบแทนของโครงการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

6.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการอยู่ภายใต้ข้อสมมติฐานต่อไปนี้

1. ขนาดกำลังการผลิตของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเฉพาะขณะที่เรือจอดเทียบท่าเรือ ขนาด 880 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน หรือเท่ากับ 321,200 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

2. กำหนดค่าดูแลรักษาในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 71,610 บาทต่อปี และเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปีตามอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ งานวิจัยนี้กำหนดให้คิดที่ร้อยละ 6 ต่อปี

3. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.391 ลิตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.404 ลิตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในสภาพการใช้งานจริง

4. ต้นทุนน้ำมันไบโอดีเซล B100 เท่ากับ 26.92 บาท/ลิตร (เป็นราคาซื้อขายของบริษัทไทยโอลีโอเคมี จำกัด ณ วันที่ 15 มกราคม 2556) เมื่อใช้อัตราส่วนผสมไบโอดีเซลร้อยละ 20 โดยปริมาตร ต่อน้ำมันดีเซล 1 ลิตร ดังนั้นต้นทุนน้ำมันไบโอดีเซล B20 ราคาต่อลิตรเท่ากับ 0.2 x 26.92 = 5.38 บาท สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้ราคาต้นทุนของไบโอดีเซล B100 ดังนี้

กรณีที่ 1 กำหนดให้ราคาต้นทุนน้ำมันไบโอดีเซล B100 คงที่ตลอดระยะเวลาของโครงการ

กรณีที่ 2 กำหนดให้ราคาต้นทุนน้ำมันไบโอดีเซล B100 เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ที่อัตราร้อยละ 4 ต่อปี

5. มูลค่าของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อหน่วย กำหนดให้มีค่าเท่ากับ อัตราค่าไฟฟ้า 3 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และอัตราเงินสนับสนุนค่าไฟฟ้า 12 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และกำหนดให้เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ที่อัตราร้อยละ 3 ต่อปี

7. อายุของโครงการมีอายุ 15 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาของใช้งานของเรือที่เหลืออยู่ก่อนปลดประจำการ

8. กำหนดให้โครงการมีการลงทุนตั้งแต่ต้นปีของปี 1 ฉะนั้นการคิดมูลค่าในอนาคตมาเป็นมูลค่าปัจจุบันจึงเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1 (ณ ต้นปีปัจจุบัน) จนถึงปีที่ 15 รวมทั้งหมดคือ 15 ปี

9. กำหนดอัตราคิดลดที่ใช้วิเคราะห์โครงการเท่ากับ ร้อยละ 8

6.5 การเปรียบเทียบมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ; NPV)

โครงการที่ 1 มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 8,611,788.80 บาท

โครงการที่ 2 มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 9,502,116.46 บาท

โครงการที่ 3 มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,929,730.44 บาท

จากการคำนวณมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ; NPV) พบว่ามีค่ามากกว่าศูนย์ทุกโครงการ แสดงว่าทุกโครงการมีความคุ้มค่าน่าลงทุน (ดังแสดงในภาคผนวก จ)

6.6 การเปรียบเทียบอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost ; B/C Ratio)

โครงการที่ 1 อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C Ratio) เท่ากับ 1.21

โครงการที่ 2 อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C Ratio) เท่ากับ 1.24

โครงการที่ 3 อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C Ratio) เท่ากับ 1.19

จากการคำนวณอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost ; B/C Ratio) พบว่ามีค่ามากกว่าหนึ่ง แสดงว่าทุกโครงการมีความคุ้มค่าน่าลงทุน (ดังแสดงในภาคผนวก จ)

6.7 ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

โครงการที่ 1

ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้ (SVT_B)

เท่ากับร้อยละ17.54

ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต้นทุน (SVT_C)

เท่ากับร้อยละ 21.27

โครงการที่ 2

ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้ (SVT_B)

เท่ากับร้อยละ 19.35

ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต้นทุน (SVT_C)

เท่ากับร้อยละ 24.00

โครงการที่ 3

ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้ (SVT_B)

เท่ากับร้อยละ 16.15

ผลการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต้นทุน (SVT_C)

เท่ากับร้อยละ 19.26

จากการทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) เป็นการประเมินค่าของโครงการอีกครั้งหนึ่ง ภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป จากสถานการณ์ที่คาดหมายไว้ในตอนแรก ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจมีความมั่นใจขึ้น

พบว่าด้านรายได้ของโครงการที่ 2 สามารถลดลงได้มากที่สุด และด้านต้นทุนสามารถเพิ่มขึ้นได้มากที่สุดด้วย โดยที่ผลตอบแทนยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

15 สรุปเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การตัดสินใจ	โครงการที่ 1		โครงการที่2		โครงการที่3	
		ผลการศึกษา	ผลการตัดสินใจ	ผลการศึกษา	ผลการตัดสินใจ	ผลการศึกษา	ผลการตัดสินใจ
NPV	มีค่ามากกว่า 0	8,611,788.80	คุ้มค่าน่าลงทุน	9,502,116.46	คุ้มค่าน่าลงทุน	7,929,730.44	คุ้มค่าน่าลงทุน
B/C	มีค่ามากกว่า 1	1.21	คุ้มค่าน่าลงทุน	1.24	คุ้มค่าน่าลงทุน	1.19	คุ้มค่าน่าลงทุน
SVT_B	รายรับลดลงได้มากที่สุด	ร้อยละ 17.54	เพิ่มระดับความมั่นใจในการลงทุน	ร้อยละ 19.35	เพิ่มระดับความมั่นใจในการลงทุนมากที่สุด	ร้อยละ 16.15	เพิ่มระดับความมั่นใจในการลงทุน
SVT_C	รายจ่ายเพิ่มขึ้นได้มากที่สุด	ร้อยละ 21.27		ร้อยละ 24.00		ร้อยละ 19.26	

สรุปผลการทดลอง จากตาราง 15

1. NPV คือ ผลรวมของผลประโยชน์สุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการ
   ทุกโครงการ NPV มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายของโครงการ ทั้ง 3 โครงการ
   โดยโครงการที่ 2 ให้ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายของโครงการ
2. B/C Ratio คืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้รวม (PVB) กับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVC) ของโครงการ
   ทุกโครงการ B/C มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายของโครงการ ทั้ง 3 โครงการ
   โดยโครงการที่ 2 ให้ผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายของโครงการ
3. SVT_B คือ การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านรายได้ หมายความ ว่ารายได้ของโครงการสามารถลดลงได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำให้โครงการไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยโครงการที่ 2 สามารถลดลงได้มากที่สุด
4. SVTc คือ การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนทางด้านต้นทุน หมายความว่า ต้นทุนของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำให้โครงการไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยโครงการที่ 2 สามารถเพิ่มขึ้นได้มากที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้ดีเซลผสมน้ำมันไบโอดีเซล B100 ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. สรุปผล

1.1 สรุปคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

1. ค่าความหนาแน่นและความหนืดของเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น และมีผลต่อมุมสเปรย์และขนาดของฝอยละอองเชื้อเพลิง ซึ่งเมื่อเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นและความหนืดเพิ่มขึ้นค่ามุมสเปรย์ (Spray cone angle) มีขนาดลดลง และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงจะมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ระยะฉีดไกลสุด (Spray tip penetration) ไกลขึ้นและจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงช้าลง ทำให้ละอองเชื้อเพลิงเกิดการคลุกเคล้ากับอากาศไม่เต็มประสิทธิภาพ เป็นผลให้การสันดาปเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่ดีและเกิดการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

1.2 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

1. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์เท่าเดิม

2. จากการทดสอบเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 พบว่าสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าได้ โดยสามารถเดินเครื่องยนต์ได้เป็นปกติและเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 0.339 kg/kW.h มากกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 4.20 % ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 23.84 % น้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 1.57 %

3. การทดสอบมลพิษของเครื่องยนต์ สรุปได้ว่าเมื่อปริมาณอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) และควันดำมีปริมาณลดลง ส่วนก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) มีปริมาณเพิ่มขึ้น

1.3 สรุปผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ผลจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น ตั้งแต่ 0, 50,100, 150 และ200 ชั่วโมง สรุปได้ดังนี้

1. ในด้านการป้องกันการสึกหรอพบว่า เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง มีปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น ได้แก่ เหล็ก โครเมี่ยม ทองแดง ตะกั่ว อลูมิเนียม ในปริมาณที่น้อยกว่า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีคุณสมบัติในการช่วยหล่อลื่นที่ดีจึงช่วยในการลดการเสียดสีระหว่างผิวของโลหะ ทำให้เกิดการสึกหรอน้อยลง

2. เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง พบว่า ความหนืด ดัชนีความหนืด มีค่าต่ำกว่า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง อาจจะเป็นผลจากการเจือปนของเชื้อเพลิง หรือน้ำในน้ำมันหล่อลื่น

3. เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง พบว่าความเป็นด่างในน้ำมันหล่อลื่น (TBN) มีค่ามากกว่า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล B20 น้ำมันหล่อลื่นจะมีสภาพความเป็นกรดที่ต่ำกว่า ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและไนเตรชั่นลดลง

1.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าในสภาพการใช้งานจริง

เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาสรุปเปรียบเทียบทั้ง 3 โครงการ คือ

1. โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
2. โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดให้ราคาต้นทุนไบโอดีเซล B100 คงที่ตลอดระยะเวลาของโครงการ
3. โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดให้ราคาต้นทุนไบโอดีเซล B100 เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ที่อัตราร้อยละ 4 ต่อปี

พบว่าโครงการที่ 2 คือ โครงการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง โดยกำหนดให้ราคาต้นทุนไบโอดีเซล B100 คงที่ตลอดระยะเวลาของโครงการ มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 9,502,116.46บาท และอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.24 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง พบว่าด้านต้นทุนสามารถเพิ่มขึ้นได้ 24.00 % ด้านรายได้สามารถลดลงได้ 19.35.% โดยที่โครงการยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน รองลงมาคือโครงการที่ 1 และโครงการที่ 3 ตามลำดับ และถึงแม้ผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 โครงการจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก็ตาม แต่ก็เป็นผลเนื่องมาจากเงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้กำหนดค่าใช้จ่ายของโครงการในส่วนของราคาเชื้อเพลิงไบโอดีเซล B100 และผลตอบแทนของโครงการในส่วนของอัตราเงินสนับสนุนค่าไฟฟ้า เพื่อต้องการแสดง

ให้เห็นถึงความแตกต่างด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละโครงการที่ชัดเจน ในกรณีที่เราสามารถกำหนดต้นทุนของไบโอดีเซลได้ซึ่งในสภาพการณ์ที่เป็นจริงราคาที่แท้จริงของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล B100 และอัตราเงินสนับสนุนค่าไฟฟ้าไม่ได้เป็นไปตามที่ผู้วิจัยกำหนด แต่ไม่ได้หมายความว่าโครงการทั้งหมดจะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าหากภาครัฐให้การสนับสนุนตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นและเล็งเห็นความสำคัญของพลังงานทางเลือกอย่างจริงจัง ซึ่งพลังงานจากเชื้อเพลิงไบโอดีเซลสามารถผลิตได้ในประเทศอยู่แล้ว และยังเป็นการลดการพึ่งพาพลังงานที่นำเข้าจากต่างประเทศ และเพื่อเป็นการแก้ปัญหาขาดแคลนเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2. ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจะต้องปรับปรุงเครื่องยนต์ เช่น หัวฉีดเชื้อเพลิง ลักษณะห้องเผาไหม้ให้เหมาะสม เพื่อให้เครื่องยนต์มีการสันดาปที่สมบูรณ์
2. เนื่องจากการทดลองนี้เครื่องยนต์ทำงานในรอบที่คงดังนั้นแนวทางในการทำวิจัยต่อควรทดลองในเครื่องยนต์ที่ทำงานในรอบเครื่องยนต์ไม่คงที่ เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่าง
3. แนวทางในการทำวิจัยต่อควรทดลองเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นชนิดสังเคราะห์กับน้ำมันหล่อลื่นชนิดธรรมดา เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
4. ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้วโดยตรง
5. เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (Solvent) ดังนั้นภาชนะในการเตรียม และบรรจุเชื้อเพลิง จะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันไบโอดีเซล

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555). *ผลทดสอบการใช้ไบโอดีเซล.* สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2555. จาก http://www.dede.go.th.

เกรียงศักดิ์ ดวงใจ. (2551). *การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มและน้ำมันดีเซลผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า.* สารนิพนธ์ วท.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

จิรันธร์ ดีรนานนท์. (2545). *รายงานการวิจัยงานดัดแปลงและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง.* สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตะวันออกเฉียงเหนือ.

ณัฐจู๋ คันธวิวรณ์. (2546). *การทดสอบเครื่องยนต์ขนาดเล็กในการใช้งานระยะยาวโดยใช้น้ำมันผสมเอทานอลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

เทิดศักดิ์ ชัยสุริยะพันธ์. (2547). *ศึกษาถึงความเหมาะสมของการใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

นคร ทิพยาวงศ์; ศุภรินทร์ ไชยกลางเมือง; และ อนุศาล เพิ่มสุวรรณ. (2546). *รายงายการวิจัย เรื่องการประเมินการสึกหรอของเครื่องยนต์ ที่ใช้งานยาวนานโดยใช้น้ำมันปาล์มดีเซลเป็นเชื้อเพลิง.* ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บัญชา ธนะปิยะวณิชย์; และพงษ์ศักดิ์ แสนสะอาด.(2545). *การทดสอบระยะยาวในการใช้เมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันไส้อั่วกับเครื่องยนต์เกษตรกรรมขนาดเล็ก.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ปราโมทย์ อ่อนประไพ. (2538). *เทคโนโลยีเครื่องยนต์ดีเซล.* กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,

พงษ์พันธ์ สุขสาร. (2552). *การประเมินการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นจากการปนเปื้อนกับน้ำมันก๊าซโซฮอล์.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2555). *การผลิตและการตรวจสอบมาตรฐานไบโอดีเซลเบื้องต้น.* สืบค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2555 , จาก http://www.tistr.or.th.

แสนวสันต์ ยอดคำ. (2552). *สมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบแบบดีกัมส์ผสมดีเซลเป็นเชื้อเพลิง.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

H.H Masjuki ; & M.A. Maleque, (1996). "*The effect of plam oil diesel fuel contaminate on sliding wear of cast irons against mild steel* " , *Wear* , 198 , 293-299.

M.A. Kalam; & H.H Masjuki. (2002). *"Biodiesel from palmoil – an analysis of its properties and potential, Biomass and Bioenergy"* 23 : 471 – 479.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณสมรรถนะของเครื่องเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ข้อมูลที่ใช้จากตารางข้อมูลการทดสอบด้วยเชื้อเพลิง B20 ดังแสดงในภาคผนวก ข

เดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล B20 ปริมาตรน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 1000 มิลลิลิตร ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.839 ใช้เวลา 242.54 วินาที ได้ค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 59.67 Amp. ค่าแรงดันไฟฟ้าท่ากับ 444 Volt. Power Factor เท่ากับ 0.8

1. กำลังงานเพลาเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power)

$$BP = \frac{\sqrt{3}VI\cos\emptyset}{1000}$$

$$= \frac{\sqrt{3}\times445\times60\times0.8}{1000}$$

$$= 36.71 \text{ kW}$$

2. อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption)

$$m_f = \frac{3600\times V_f\times SG}{1000t}$$

$$= \frac{3600\times1000\times0.839}{1000\times242.54}$$

$$= 12.453 \text{ kg/hr}$$

$$= 0.00346 \text{ kg/s}$$

3. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption)

$$SFC = \frac{m_f}{BP}$$

$$= \frac{12.453 \text{ (kg/hr)}}{36.71 \text{ (kW)}}$$

$$= 0.339 \text{ kg/kW.hr}$$

4. กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power)

$$FP = m_f\times Q_{HV}$$

$$= 0.00346\text{(kg/s)}\times44{,}521.59\text{(kJ/kg)}$$

$$= 154.01 \text{ kW}$$

5. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency)

$$\eta_{BTH} = \frac{BP}{FP} \times 100$$

$$= \frac{36.71(kW)}{154.01(kW)} \times 100$$

$$= 23.84\ \%$$

7. การหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง B20 ที่อุณหภูมิ 60 C°

$Q_{HV} = (tW\text{-}e_1)/m$

Q_{HV} คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิง Cal/g

t คือ ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ C°

m คือ มวลของเชื้อเพลิง g

W คือ ค่าพลังงานเทียบเท่าของแคลอรีมิเตอร์ ซึ่งได้จากการทำ Standardization โดยการเผาเชื้อเพลิงมาตรฐานในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เพื่อคำนวณหาค่าความจุความร้อนของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์แต่ละชุด ซึ่งในชุดอุปกรณ์นี้จะมีค่าเท่ากับ 2,410 cal/ C°

C_1 คือ ความยาวของลวดจุดระเบิดที่เหลือจากการจุดระเบิด (cm)

e_1 คือ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของลวดจุดระเบิด = 2.3 x C_1 cal

Q_{HV} = (4.42(c°)×2,410 (cal/c°)-2.3×8(cal))/1g

= 10,633.80 cal/g

= 4.1868 J×10,368.70 cal/g

= 44,521.59 kJ/kg

8. การทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต้นทุน (SVT_C)

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

PVC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present Value Cost)

ตัวอย่าง การทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต้นทุน (SVT_C) ของโครงการที่ 1

NPV = 8,611,788.80 บาท

PVC = 40,488,063.07 บาท

$$SVT_C = \frac{NPV \times 100}{PVC}$$

$$= \frac{8,611,788.80 \times 100}{40,488,063.07}$$

$$= 21.27\ \%$$

9. การทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้ (SVT_B)

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

PVB คือ มูลษโค่าปัจจุบันของรายได้รวม (Present Value Benefit)

ตัวอย่าง การทดสอบความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงด้านรายได้ (SVT_B)

NPV = 8,611,788.80 บาท

PVB = 49,099,851.87 บาท

$$SVT_B = \frac{NPV \times 100}{PVB}$$

$$= \frac{8,611,788.80 \times 100}{49,099,851.87}$$

$$= 17.54\ \%$$

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ตาราง 16 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B0

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	248.09	1,800	61	443	60	0.8	37.2	248	73	31	5.3	0.7
1,000	250.15	1,800	60	443	61	0.8	36.5	248	73	31	5.3	0.7
1,000	247.16	1,800	60	443	60	0.8	38.2	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	248.47	1,800	60.33	443	60.33	0.8	37.3	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 17 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B5

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	248.1	1,800	58.9	444	60	0.8	36.2	248	73	31	5.3	0.7
1,000	247.13	1,800	59.8	445	60	0.8	38.5	248	73	31	5.3	0.7
1,000	249.17	1,800	60.5	444	60	0.8	39.7	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	248.13	1,800	59.73	444.33	60	0.8	38.13	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 18 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B10

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	245.08	1,800	59.5	444	60	0.8	36.7	248	73	31	5.3	0.7
1,000	246.14	1,800	60.5	445	60	0.8	37.1	248	73	31	5.3	0.7
1,000	244.18	1,800	60.5	445	60	0.8	38.2	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	245.13	1,800	60.16	444.67	60	0.8	37.3	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 19 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B15

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	245.09	1,800	60	444	60	0.8	37.2	248	73	31	5.3	0.7
1,000	243.15	1,800	60	445	60	0.8	36.5	248	73	31	5.3	0.7
1,000	242.14	1,800	60	443	60	0.8	38.2	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	243.46	1,800	60	444	60	0.8	37.3	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 20 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B20

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	244.02	1,800	59.5	443	60	0.8	37.5	248	73	31	5.3	0.7
1,000	240.45	1,800	60.5	445	60	0.8	37.8	248	73	31	5.3	0.7
1,000	243.17	1,800	60.2	444	59	0.8	36.8	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	242.54	1,800	60.0	444	59.67	0.8	37.36	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 21 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B25

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	241.39	1,800	60.3	444	59	0.8	37.4	248	73	31	5.3	0.7
1,000	239.54	1,800	60.6	445	60	0.8	37.7	248	73	31	5.3	0.7
1,000	237.47	1,800	60.1	444	60	0.8	36.8	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	239.46	1,800	60.33	444.33	59.67	0.8	37.3	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 22 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B50

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	238.51	1,800	59.8	444	60	0.8	37.7	248	73	31	5.3	0.7
1,000	236.23	1,800	59.7	445	59	0.8	38.6	248	73	31	5.3	0.7
1,000	235.49	1,800	60.1	443	60	0.8	39.4	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	236.74	1,800	59.86	444	59.67	0.8	38.56	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 23 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B75

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	233.31	1,800	59.8	443	60	0.8	37.5	248	73	31	5.3	0.7
1,000	235.29	1,800	60.2	443	59	0.8	37.8	248	73	31	5.3	0.7
1,000	234.23	1,800	60.3	443	60	0.8	37.6	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	234.28	1,800	60.1	443	59.67	0.8	37.63	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 24 ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิง B100

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (มิลลิลิตร)	เวลา (วินาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
								ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
1,000	235.21	1,800	59.8	443	58	0.8	37.6	248	73	31	5.3	0.7
1,000	234.49	1,800	60.3	443	59	0.8	36.5	248	73	31	5.3	0.7
1,000	231.18	1,800	602	443	59	0.8	36.4	248	73	31	5.3	0.7
เฉลี่ย	233.62	1,800	60.1	443	58.66	0.8	36.83	248	73	31	5.3	0.7

ตาราง 24 ข้อมูลในการทดสอบปริมาณก๊าซไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ชนิดเชื้อเพลิง	คาร์บอนมอนอกไซด์ (PPM)	ไฮโดรคาร์บอน (PPM)	ไนโตรเจนไดออกไซด์ (PPM)	ควันดำ (%)
B0	140	35	180	36
B5	138	35	182	35
B10	135	34	185	35
B15	121	33	205	34
B20	114	33	225	29
B25	108	28	294	27
B50	87	26	326	19
B75	76	27	337	16
B100	66	22	356	12

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาว

ข้อมูลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาวโดยใช้เชื้อเพลิง B20 รวม 10 ชั่งโมง

เวลา	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
							ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
0800	1800	60.2	445	60	0.81	37.9	248	73	31	5.3	0.7
0900	1800	60.1	444	61	0.80	38.7	248	73	31	5.3	0.7
1000	1800	60.2	444	60	0.81	38.6	248	73	31	5.3	0.7
1100	1800	60.2	445	60	0.81	38.0	248	73	31	5.3	0.7
1200	1800	60.0	445	62	0.82	38.3	248	73	31	5.3	0.7
1300	1800	59.5	445	59	0.81	37.7	248	73	31	5.3	0.7
1400	1800	60.2	444	61	0.81	38.3	248	73	31	5.3	0.7
1500	1800	60.1	446	60	0.79	38.1	248	73	31	5.3	0.7
1600	1800	59.9	445	60	0.81	38.5	248	73	31	5.3	0.7
1700	1800	60.1	445	61	0.79	37.9	248	73	31	5.3	0.7

ข้อมูลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาวโดยใช้เชื้อเพลิง B20 รวม 10 ชั่งโมง

เวลา	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
							ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
0800	1800	60.3	443	61	0.80	37.3	248	73	31	5.3	0.7
0900	1800	59.1	445	60	0.82	38.4	248	73	31	5.3	0.7
1000	1800	60.2	444	61	0.80	37.6	248	73	31	5.3	0.7
1100	1800	60.4	445	59	0.81	38.4	248	73	31	5.3	0.7
1200	1800	60.2	445	61	0.79	37.3	248	73	31	5.3	0.7
1300	1800	59.9	444	59	0.80	37.5	248	73	31	5.3	0.7
1400	1800	60.1	444	60	0.82	37.2	248	73	31	5.3	0.7
1500	1800	60.3	445	61	0.81	38.5	248	73	31	5.3	0.7
1600	1800	60.3	444	61	0.82	37.2	248	73	31	5.3	0.7
1700	1800	60.2	445	60	0.80	37.3	248	73	31	5.3	0.7

ข้อมูลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาวโดยใช้เชื้อเพลิง B0 รวม 10 ชั่งโมง

เวลา	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
							ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
0800	1800	60.1	445	61	0.81	37.1	248	73	31	5.3	0.7
0900	1800	60.2	444	61	0.80	38.2	248	73	31	5.3	0.7
1000	1800	60.3	444	59	0.81	37.9	248	73	31	5.3	0.7
1100	1800	60.1	444	60	0.81	37.3	248	73	31	5.3	0.7
1200	1800	60.0	444	62	0.82	38.6	248	73	31	5.3	0.7
1300	1800	59.9	445	60	0.81	38.7	248	73	31	5.3	0.7
1400	1800	60.2	444	61	0.81	37.3	248	73	31	5.3	0.7
1500	1800	59.5	444	61	0.79	38.6	248	73	31	5.3	0.7
1600	1800	60.4	445	60	0.81	38.7	248	73	31	5.3	0.7
1700	1800	60.3	444	61	0.79	37.2	248	73	31	5.3	0.7

ข้อมูลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาวโดยใช้เชื้อเพลิง B0 รวม 10 ชั่งโมง

เวลา	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความถี่ (Hz)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp)	Power Factor	ภาระไฟฟ้า kW	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			กำลังดัน (บาร์)	
							ไอเสีย	น้ำจืดระบายความร้อน	ห้องทดลอง	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำทะเลระบายความร้อนน้ำจืด
0800	1800	59.8	444	61	0.81	37.5	248	73	31	5.3	0.7
0900	1800	60.4	443	60	0.81	38.9	248	73	31	5.3	0.7
1000	1800	60.1	444	60	0.82	38.3	248	73	31	5.3	0.7
1100	1800	60.2	444	61	0.81	38.0	248	73	31	5.3	0.7
1200	1800	60.0	443	61	0.82	38.3	248	73	31	5.3	0.7
1300	1800	59.8	444	60	0.81	37.6	248	73	31	5.3	0.7
1400	1800	60.1	445	61	0.84	38.2	248	73	31	5.3	0.7
1500	1800	60.2	444	61	0.78	38.1	248	73	31	5.3	0.7
1600	1800	60.0	444	61	0.81	37.8	248	73	31	5.3	0.7
1700	1800	60.1	445	59	0.77	37.5	248	73	31	5.3	0.7

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซล

การพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซล

การพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลอ้างอิงจากการพยากรณ์จากสำนักงานสารสนเทศด้านพลังงานของสหรัฐอเมริกา (Eenergy Information Administration ; EIA) ในส่วนของรายงานการคาดการณ์ด้านพลังงานประจำปี 2013 (Annual Energy Outlook ; AEO 2013) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาค่าความผิดพลาดจากรายงานการคาดการณ์ด้านพลังงานประจำปีตั้งแต่ปี ค.ศ.2010-2013 (AEO 2010-2013) เทียบกับราคาน้ำมันดีเซลแท้จริงในประเทศสหรัฐอเมริกา แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ตาราง 25 แสดงราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริง และราคาน้ำมันดีเซลจากการพยากรณ์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ.2010-2013

ปี	ราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริง (Dollas/Gallon)	ราคาน้ำมันดีเซลจาการพยากรณ์ (Dollas/Gallon)	ค่าความผิดพลาดจากราคาน้ำมันที่แท้จริง(%)
2010	2.96	3.01	1.66
2011	3.64	3.58	-1.67
2012	3.67	3.87	5.16
2013	3.53	3.59	1.67
เฉลี่ย	3.45	3.51	1.71

จากตารางค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของราคาน้ำมันดีเซลจากการพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลเทียบกับราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ.2010-2013 จะสูงกว่าค่าราคาน้ำมันที่แท้จริงเท่ากับ 1.7%

2. คำนวณหาค่าความผิดพลาดจากราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศสหรัฐอเมริกาเทียบกับราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศไทย โดยกำหนดให้

2.1 อัตราแลกเปลี่ยนเงินเหรียญสหรัฐเฉลี่ยเท่ากับ 29.26 บาท = 1 U.S. Dollars โดยนำข้อมูลมาจากธนาคารแห่งประเทศไทย

2.2 ปริมาตรน้ำมัน 1 U.S.Gallons เท่ากับ ลิตร 3.785

ตาราง 26 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศสหรัฐอเมริกาเทียบกับราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศไทย

ปี ค.ศ.	ราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริง (U.S.) (Dollas /Gallon)	ราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในสหรัฐอเมริกา (บาท/ลิตร)	ราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศไทย (บาท/ลิตร)	ค่าความผิดพลาด (%)
2010	2.96	22.88	28.59	-19.96
2011	3.64	28.20	29.48	-4.55
2012	3.67	28.37	28.21	0.57
2013	3.53	27.29	29.87	-8.64
เฉลี่ย	3.45	26.68	29.04	-8.14

จากตารางพบว่าราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศสหรัฐอเมริกาจะต่ำกว่าราคาน้ำมันดีเซลที่แท้จริงในประเทศไทย เท่ากับ 8.14 %

ตาราง 27 พยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ.2013 - 2027

ปี ค.ศ.	ปี พ.ศ.	ค่าพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซล (Cent per Gallon)	ค่าพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลใสหรัฐอเมริกา (บาท/ลิตร)
2013	2556	3.59	27.75
2014	2557	3.87	29.92
2015	2558	4.07	31.46
2016	2559	4.20	32.47
2017	2560	4.33	33.47
2018	2561	4.45	34.40
2019	2562	4.55	35.17
2020	2563	4.67	36.10
2021	2564	4.79	37.03
2022	2565	4.91	37.96
2023	2566	5.04	38.96
2024	2567	5.17	39.97
2025	2568	5.35	41.36
2026	2569	5.50	42.52
2027	2570	5.59	43.21

การปรับค่าพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้
ราคาพยากรณ์น้ำมันดีเซลในประเทศไทย = (ราคาพยากรณ์น้ำมันดีเซลในสหรัฐอเมริกา) x (% ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของตัวแบบพยากรณ์) x (% ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของราคาในสหรัฐอเมริกาเทียบกับราคาในประเทศไทย)

ตาราง 28 ราคาพยากรณ์น้ำมันดีเซลในประเทศไทย

ปี ค.ศ.	ปี พ.ศ.	ราคาพยากรณ์น้ำมันดีเซลในสหรัฐอเมริกา (บาท/ลิตร)	การปรับค่าพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซล	ราคาพยากรณ์น้ำมันดีเซลในประเทศไทย (บาท/ลิตร)
2013	2556	27.75	27.75*0.983*1.081	29.48
2014	2557	29.92	29.92*0.983*1.081	31.79
2015	2558	31.46	31.46*0.983*1.081	33.43
2016	2559	32.47	32.47*0.983*1.081	34.5
2017	2560	33.47	33.47*0.983*1.081	35.56
2018	2561	34.40	34.40*0.983*1.081	36.55
2019	2562	35.17	35.17*0.983*1.081	37.37
2020	2563	36.10	36.10*0.983*1.081	38.36
2021	2564	37.03	37.03*0.983*1.081	39.34
2022	2565	37.96	37.96*0.983*1.081	40.33
2023	2566	38.96	38.96*0.983*1.081	41.40
2024	2567	39.97	39.97*0.983*1.081	42.47
2025	2568	41.36	41.36*0.983*1.081	43.95
2026	2569	42.52	42.52*0.983*1.081	45.18
2027	2570	43.21	43.21*0.983*1.081	45.91

ภาคผนวก จ

ค่าเชื้อเพลิงในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าในสภาพการใช้งานจริง

ตาราง 29 ค่าใช้จ่ายค่าในการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ปีที่	พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (บาท)
0	2555	
1	2556	71,610.00
2	2557	75,548.55
3	2558	79,703.72
4	2559	84,087.43
5	2560	88,712.23
6	2561	93,591.41
7	2562	98,738.93
8	2563	104,169.57
9	2564	109,898.90
10	2565	115,943.34
11	2566	122,320.22
12	2567	129,047.84
13	2568	136,145.47
14	2569	143,633.47
15	2570	151,533.31

หมายเหตุ

ค่าใช้จ่ายจากตารางข้างต้นเป็นค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและดำเนินการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 71,610.00บาท ในปี 2556 ซึ่งเป็นข้อมูลประมาณการใช้จ่ายในปี 2556 กำหนดให้ค่าดูแลบำรุงรักษา มีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ในทุก ๆ ปี

ตาราง 30 ค่าน้ำมันดีเซลในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ปีที่	พ.ศ.	กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า (kW-hr)	ราคาเชื้อเพลิง (บาท)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Litre/kW-hr)	ค่าเชื้อเพลิงรวม (บาท)
0	2555				
1	2556	321,200 .00	29.48	0.391	3,702,971.00
2	2557	321,200.00	31.79	0.391	3,992,536.66
3	2558	321,200.00	33.43	0.391	4,198,034.87
4	2559	321,200.00	34.50	0.391	4,332,809.67
5	2560	321,200.00	35.56	0.391	4,466,250.06
6	2561	321,200.00	36.55	0.391	4,590,349.63
7	2562	321,200.00	37.37	0.391	4,693,098.74
8	2563	321,200.00	38.36	0.391	4,817,198.31
9	2564	321,200.00	39.34	0.391	4,941,297.87
10	2565	321,200.00	40.33	0.391	5,065,397.44
11	2566	321,200.00	41.40	0.391	5,198,837.84
12	2567	321,200.00	42.47	0.391	5,333,612.64
13	2568	321,200.00	43.95	0.391	5,519,094.79
14	2569	321,200.00	45.18	0.391	5,673,885.65
15	2570	321,200.00	45.91	0.391	5,765,959.52
					72,291,334.68

หมายเหตุ

เป็นการพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลโดยอ้างอิงจากรายงานการคาดการณ์ด้านพลังงานประจำปี 2013 (Annual Energy Outlook ; AEO 2013) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ง

ตาราง 31 ค่าน้ำมันไบโอดีเซล B20 ในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า (B100ราคาคงที่)

ปีที่	พ.ศ.	กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า (kW-hr/ปี)	ต้นทุนไบโอดีเซล B100 0.2 ลิตร (บาท)	ต้นทุนน้ำมันดีเซล 0.8 ลิตร (บาท)	ราคาเชื้อเพลิง (ลิตร/บาท)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Litre/kW-hr)	ค่าเชื้อเพลิงรวม (บาท)
0							
1	2556	321,200.00	5.38	23.59	28.97	0.404	3,759,004.77
2	2557	321,200.00	5.38	25.43	30.81	0.404	3,998,359.30
3	2558	321,200.00	5.38	26.74	32.12	0.404	4,168,223.80
4	2559	321,200.00	5.38	27.6	32.98	0.404	4,279,628.45
5	2560	321,200.00	5.38	28.45	33.83	0.404	4,389,930.07
6	2561	321,200.00	5.38	29.24	34.62	0.404	4,492,510.59
7	2562	321,200.00	5.38	29.89	35.27	0.404	4,577,442.84
8	2563	321,200.00	5.38	30.69	36.07	0.404	4,680,023.35
9	2564	321,200.00	5.38	31.48	36.86	0.404	4,782,603.86
10	2565	321,200.00	5.38	32.27	37.65	0.404	4,885,184.38
11	2566	321,200.00	5.38	33.12	38.5	0.404	4,995,486.00
12	2567	321,200.00	5.38	33.97	39.35	0.404	5,106,890.65
13	2568	321,200.00	5.38	35.16	40.54	0.404	5,260,209.91
14	2569	321,200.00	5.38	36.14	41.52	0.404	5,388,159.80
15	2570	321,200.00	5.38	36.73	42.11	0.404	5,464,267.92

ตาราง 32 ค่าน้ำมันไบโอดีเซลB20 ในการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า (B100ราคาเพิ่มขึ้น 4 % ต่อปี)

ปีที่	พ.ศ.	กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า (kW-hr/ปี)	ต้นทุนไบโอดีเซล B100 0.2 ลิตร (บาท)	ต้นทุนน้ำมันดีเซล 0.8 ลิตร (บาท)	ราคาเชื้อเพลิง (ลิตร/บาท)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Litre/kW-hr)	ค่าเชื้อเพลิงรวม (บาท)
0							
1	2556	321,200.00	5.38	23.59	28.97	0.404	3,759,004.77
2	2557	321,200.00	5.6	25.43	31.03	0.404	4,026,907.55
3	2558	321,200.00	5.82	26.74	32.56	0.404	4,225,320.32
4	2559	321,200.00	6.05	27.6	33.65	0.404	4,366,570.86
5	2560	321,200.00	6.29	28.45	34.74	0.404	4,508,016.04
6	2561	321,200.00	6.55	29.24	35.79	0.404	4,644,335.40
7	2562	321,200.00	6.81	29.89	36.7	0.404	4,763,006.50
8	2563	321,200.00	7.08	30.69	37.77	0.404	4,900,623.51
9	2564	321,200.00	7.36	31.48	38.84	0.404	5,039,538.17
10	2565	321,200.00	7.66	32.27	39.93	0.404	5,181,048.12
11	2566	321,200.00	7.96	33.12	41.08	0.404	5,330,279.19
12	2567	321,200.00	8.28	33.97	42.25	0.404	5,483,208.57
13	2568	321,200.00	8.61	35.16	43.77	0.404	5,679,350.21
14	2569	321,200.00	8.96	36.14	45.10	0.404	5,852,717.78
15	2570	321,200.00	9.32	36.73	46.05	0.404	5,975,541.23
							73,735,468.22

ตาราง 33 ค่าใช้จ่าย รายได้ และผลตอบแทน เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าโดยด้วยน้ำมันดีเซล

ปีที่	พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายจากการเดินเครื่อง (บาท)			รายได้จากการเดินเครื่อง	ผลตอบแทนต่อปี (บาท)
		ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าดูแลรักษาและดำเนินการ	รวม		
0	2555					
1	2556	3,702,971.00	71,610.00	3,774,581.00	4,818,000.00	1,043,419.00
2	2557	3,992,536.66	75,548.55	4,068,085.21	4,962,540.00	894,454.79
3	2558	4,198,034.87	79,703.72	4,277,738.59	5,111,416.20	833,677.61
4	2559	4,332,809.67	84,087.43	4,416,897.10	5,264,758.69	847,861.59
5	2560	4,466,250.06	88,712.23	4,554,962.29	5,422,701.45	867,739.16
6	2561	4,590,349.63	93,591.41	4,683,941.04	5,585,382.49	901,441.45
7	2562	4,693,098.74	98,738.93	4,791,837.67	5,752,943.96	961,106.29
8	2563	4,817,198.31	104,169.57	4,921,367.88	5,925,532.28	1,004,164.40
9	2564	4,941,297.87	109,898.90	5,051,196.77	6,103,298.25	1,052,101.48
10	2565	5,065,397.44	115,943.34	5,181,340.78	6,286,397.20	1,105,056.42
11	2566	5,198,837.84	122,320.22	5,321,158.06	6,474,989.12	1,153,831.06
12	2567	5,333,612.64	129,047.84	5,462,660.48	6,669,238.79	1,206,578.31
13	2568	5,519,094.79	136,145.47	5,655,240.26	6,869,315.95	1,214,075.69
14	2569	5,673,885.65	143,633.47	5,817,519.12	7,075,395.43	1,257,876.31
15	2570	5,765,959.52	151,533.31	5,917,492.83	7,287,657.29	1,370,164.46

ตาราง 34 ค่าใช้จ่าย รายได้ และผลตอบแทน เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100ราคาคงที่)

ปีที่	พ.ศ	ค่าใช้จ่าย(บาท)			รายได้ (บาท)	ผลตอบแทนต่อปี (บาท)
		ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าดูแลรักษาและดำเนินการ	รวม		
0	2555					
1	2556	3,759,004.77	71,610.00	3,830,614.77	4,818,000.00	987,385.23
2	2557	3,998,359.30	75,548.55	4,073,907.85	4,962,540.00	888,632.15
3	2558	4,168,223.80	79,703.72	4,247,927.52	5,111,416.20	863,488.68
4	2559	4,279,628.45	84,087.43	4,363,715.88	5,264,758.69	901,042.81
5	2560	4,389,930.07	88,712.23	4,478,642.30	5,422,701.45	944,059.15
6	2561	4,492,510.59	93,591.41	4,586,102.00	5,585,382.49	999,280.49
7	2562	4,577,442.84	98,738.93	4,676,181.77	5,752,943.96	1,076,762.19
8	2563	4,680,023.35	104,169.57	4,784,192.92	5,925,532.28	1,141,339.36
9	2564	4,782,603.86	109,898.90	4,892,502.76	6,103,298.25	1,210,795.49
10	2565	4,885,184.38	115,943.34	5,001,127.72	6,286,397.20	1,285,269.48
11	2566	4,995,486.00	122,320.22	5,117,806.22	6,474,989.12	1,357,182.90
12	2567	5,106,890.65	129,047.84	5,235,938.49	6,669,238.79	1,433,300.30
13	2568	5,260,209.91	136,145.47	5,396,355.38	6,869,315.95	1,472,960.57
14	2569	5,388,159.80	143,633.47	5,531,793.27	7,075,395.43	1,543,602.16
15	2570	5,464,267.92	151,533.31	5,615,801.23	7,287,657.29	1,671,856.06

ตาราง 35 ค่าใช้จ่าย รายได้ และผลตอบแทน เมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100ราคาเพิ่มขึ้น 4 % ต่อปี)

ปีที่	พ.ศ	ค่าใช้จ่าย (บาท)			รายได้ (บาท)	ผลตอบแทนต่อปี (บาท)
		ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าดูแลรักษาและดำเนินการ	รวม		
0	2555					
1	2556	3,759,004.77	71,610.00	3,830,614.77	4,818,000.00	987,385.23
2	2557	4,026,907.55	75,548.55	4,102,456.10	4,962,540.00	860,083.90
3	2558	4,225,320.32	79,703.72	4,305,024.04	5,111,416.20	806,392.16
4	2559	4,366,570.86	84,087.43	4,450,658.29	5,264,758.69	814,100.40
5	2560	4,508,016.04	88,712.23	4,596,728.27	5,422,701.45	825,973.18
6	2561	4,644,335.40	93,591.41	4,737,926.81	5,585,382.49	847,455.68
7	2562	4,763,006.50	98,738.93	4,861,745.43	5,752,943.96	891,198.53
8	2563	4,900,623.51	104,169.57	5,004,793.08	5,925,532.28	920,739.20
9	2564	5,039,538.17	109,898.90	5,149,437.07	6,103,298.25	953,861.18
10	2565	5,181,048.12	115,943.34	5,296,991.46	6,286,397.20	989,405.74
11	2566	5,330,279.19	122,320.22	5,452,599.41	6,474,989.12	1,022,389.71
12	2567	5,483,208.57	129,047.84	5,612,256.41	6,669,238.79	1,056,982.38
13	2568	5,679,350.21	136,145.47	5,815,495.68	6,869,315.95	1,053,820.27
14	2569	5,852,717.78	143,633.47	5,996,351.25	7,075,395.43	1,079,044.18
15	2570	5,975,541.23	151,533.31	6,127,074.54	7,287,657.29	1,160,582.75

ตาราง 36 แสดงมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซล

ปีที่	พ.ศ.	อัตราคิดลด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	รายได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน Present value ; PV(บาท)
0	2555	1.00			
1	2556	0.93	3,774,581.00	4,818,000.00	970,379.67
2	2557	0.86	4,068,085.21	4,962,540.00	769,231.12
3	2558	0.79	4,277,738.59	5,111,416.20	658,605.31
4	2559	0.74	4,416,897.10	5,264,758.69	627,417.58
5	2560	0.68	4,554,962.29	5,422,701.45	590,062.63
6	2561	0.63	4,683,941.04	5,585,382.49	567,908.11
7	2562	0.58	4,791,837.67	5,752,943.96	557,441.65
8	2563	0.54	4,921,367.88	5,925,532.28	542,248.78
9	2564	0.50	5,051,196.77	6,103,298.25	526,050.74
10	2565	0.46	5,181,340.78	6,286,397.20	508,325.95
11	2566	0.43	5,321,158.06	6,474,989.12	496,147.36
12	2567	0.40	5,462,660.48	6,669,238.79	482,631.32
13	2568	0.37	5,655,240.26	6,869,315.95	449,208.01
14	2569	0.34	5,817,519.12	7,075,395.43	427,677.95
15	2570	0.32	5,917,492.83	7,287,657.29	438,452.63
					NPV= 8,611,788.80

ตาราง 37 แสดงมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาคงที่)

ปีที่	พ.ศ.	อัตราคิดลด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	รายได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน (Present value ; PV)(บาท)
0	2555	1.00			
1	2556	0.93	3,830,614.77	4,480,740.00	3,562,471.74
2	2557	0.86	4,073,907.85	4,267,784.40	3,503,560.75
3	2558	0.79	4,247,927.52	4,038,018.80	3,355,862.74
4	2559	0.74	4,363,715.88	3,895,921.43	3,229,149.75
5	2560	0.68	4,478,642.30	3,687,436.99	3,045,476.76
6	2561	0.63	4,586,102.00	3,518,790.97	2,889,244.26
7	2562	0.58	4,676,181.77	3,336,707.50	2,712,185.43
8	2563	0.54	4,784,192.92	3,199,787.43	2,583,464.18
9	2564	0.50	4,892,502.76	3,051,649.13	2,446,251.38
10	2565	0.46	5,001,127.72	2,891,742.71	2,300,518.75
11	2566	0.43	5,117,806.22	2,784,245.32	2,200,656.67
12	2567	0.40	5,235,938.49	2,667,695.52	2,094,375.40
13	2568	0.37	5,396,355.38	2,541,646.90	1,996,651.49
14	2569	0.34	5,531,793.27	2,405,634.45	1,880,809.71
15	2570	0.32	5,615,801.23	2,332,050.33	1,797,056.39
					NPV = 9,502,116.46

ตาราง 38 แสดงมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาเพิ่มขึ้น 4% ต่อปี)

ปีที่	พ.ศ.	อัตราคิดลด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	รายได้ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน (Present value ; PV)(บาท)
0	2555	1.00			
1	2556	0.93	3,830,614.77	4,818,000.00	918,268.26
2	2557	0.86	4,102,456.10	4,962,540.00	739,672.15
3	2558	0.79	4,305,024.04	5,111,416.20	637,049.81
4	2559	0.74	4,450,658.29	5,264,758.69	602,434.30
5	2560	0.68	4,596,728.27	5,422,701.45	561,661.76
6	2561	0.63	4,737,926.81	5,585,382.49	533,897.08
7	2562	0.58	4,861,745.43	5,752,943.96	516,895.15
8	2563	0.54	5,004,793.08	5,925,532.28	497,199.17
9	2564	0.50	5,149,437.07	6,103,298.25	476,930.59
10	2565	0.46	5,296,991.46	6,286,397.20	455,126.64
11	2566	0.43	5,452,599.41	6,474,989.12	439,627.58
12	2567	0.40	5,612,256.41	6,669,238.79	422,792.95
13	2568	0.37	5,815,495.68	6,869,315.95	389,913.50
14	2569	0.34	5,996,351.25	7,075,395.43	366,875.02
15	2570	0.32	6,127,074.54	7,287,657.29	371,386.48

NPV = 7,929,730.44

ตาราง 39 แสดงอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซล

ปีที่	พ.ศ.	อัตราคิดลด	รายได้(บาท)	ค่าใช้จ่าย(บาท)	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน(บาท)	
		8%	(Benefit; B)	(Cost; C)	รายได้(Benefit; B)	รายจ่าย (Cost; C)
0	2555	1.00				
1	2556	0.93	4,818,000.00	3,774,581.00	4,480,740.00	3,510,360.33
2	2557	0.86	4,962,540.00	4,068,085.21	4,267,784.40	3,498,553.28
3	2558	0.79	5,111,416.20	4,277,738.59	4,038,018.80	3,379,413.49
4	2559	0.74	5,264,758.69	4,416,897.10	3,895,921.43	3,268,503.85
5	2560	0.68	5,422,701.45	4,554,962.29	3,687,436.99	3,097,374.36
6	2561	0.63	5,585,382.49	4,683,941.04	3,518,790.97	2,950,882.86
7	2562	0.58	5,752,943.96	4,791,837.67	3,336,707.50	2,779,265.85
8	2563	0.54	5,925,532.28	4,921,367.88	3,199,787.43	2,657,538.66
9	2564	0.50	6,103,298.25	5,051,196.77	3,051,649.13	2,525,598.39
10	2565	0.46	6,286,397.20	5,181,340.78	2,891,742.71	2,383,416.76
11	2566	0.43	6,474,989.12	5,321,158.06	2,784,245.32	2,288,097.97
12	2567	0.40	6,669,238.79	5,462,660.48	2,667,695.52	2,185,064.19
13	2568	0.37	6,869,315.95	5,655,240.26	2,541,646.90	2,092,438.90
14	2569	0.34	7,075,395.43	5,817,519.12	2,405,634.45	1,977,956.50
15	2570	0.32	7,287,657.29	5,917,492.83	2,332,050.33	1,893,597.71
				B/C=1.21	49,099,851.87	40,488,063.07

ตาราง 40 แสดงอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซล B20 (B100 ราคาคงที่)

ปีที่	พ.ศ.	อัตราคิดลด	รายได้(บาท)	ค่าใช้จ่าย(บาท)	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน(บาท)	
		8%	(Benefit; B)	(Cost; C)	รายได้(Benefit; B)	รายจ่าย (Cost; C)
0	2555	1.00				
1	2556	0.93	4,818,000.00	3,830,614.77	4,480,740.00	4,108,212.83
2	2557	0.86	4,962,540.00	4,073,907.85	4,480,740.00	3,562,471.74
3	2558	0.79	5,111,416.20	4,247,927.52	4,267,784.40	3,503,560.75
4	2559	0.74	5,264,758.69	4,363,715.88	4,038,018.80	3,355,862.74
5	2560	0.68	5,422,701.45	4,478,642.30	3,895,921.43	3,229,149.75
6	2561	0.63	5,585,382.49	4,586,102.00	3,687,436.99	3,045,476.76
7	2562	0.58	5,752,943.96	4,676,181.77	3,518,790.97	2,889,244.26
8	2563	0.54	5,925,532.28	4,784,192.92	3,336,707.50	2,712,185.43
9	2564	0.50	6,103,298.25	4,892,502.76	3,199,787.43	2,583,464.18
10	2565	0.46	6,286,397.20	5,001,127.72	3,051,649.13	2,446,251.38
11	2566	0.43	6,474,989.12	5,117,806.22	2,891,742.71	2,300,518.75
12	2567	0.40	6,669,238.79	5,235,938.49	2,784,245.32	2,200,656.67
13	2568	0.37	6,869,315.95	5,396,355.38	2,667,695.52	2,094,375.40
14	2569	0.34	7,075,395.43	5,531,793.27	2,541,646.90	1,996,651.49
15	2570	0.32	7,287,657.29	5,615,801.23	2,405,634.45	1,880,809.71
				B/C=1.24	49,099,851.87	39,597,735.40

ตาราง 41 แสดงอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเมื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันไบโอดีเซลB20 (B100 ราคาเพิ่มขึ้น 4% ต่อปี)

ปีที่	พ.ศ.	อัตราคิดลด 8%	รายได้(บาท) (Benefit; B)	ค่าใช้จ่าย(บาท) (Cost; C)	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน(บาท)	
					รายได้ (Benefit; B)	รายจ่าย (Cost; C)
0	2555	1.00				
1	2556	0.93	4,818,000.00	3,830,614.77	4,480,740.00	3,562,471.74
2	2557	0.86	4,962,540.00	4,102,456.10	4,267,784.40	3,528,112.25
3	2558	0.79	5,111,416.20	4,305,024.04	4,038,018.80	3,400,968.99
4	2559	0.74	5,264,758.69	4,450,658.29	3,895,921.43	3,293,487.13
5	2560	0.68	5,422,701.45	4,596,728.27	3,687,436.99	3,125,775.22
6	2561	0.63	5,585,382.49	4,737,926.81	3,518,790.97	2,984,893.89
7	2562	0.58	5,752,943.96	4,861,745.43	3,336,707.50	2,819,812.35
8	2563	0.54	5,925,532.28	5,004,793.08	3,199,787.43	2,702,588.26
9	2564	0.50	6,103,298.25	5,149,437.07	3,051,649.13	2,574,718.54
10	2565	0.46	6,286,397.20	5,296,991.46	2,891,742.71	2,436,616.07
11	2566	0.43	6,474,989.12	5,452,599.41	2,784,245.32	2,344,617.75
12	2567	0.40	6,669,238.79	5,612,256.41	2,667,695.52	2,244,902.56
13	2568	0.37	6,869,315.95	5,815,495.68	2,541,646.90	2,151,733.40
14	2569	0.34	7,075,395.43	5,996,351.25	2,405,634.45	2,038,759.43
15	2570	0.32	7,287,657.29	6,127,074.54	2,332,050.33	1,960,663.85
				B/C= 1.19	49,099,851.87	41,170,121.43

ผนวก ฉ

กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ .ศ.2550

ตาราง 42 กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ .ศ. 2550

รายการ	คุณสมบัติ	ข้อกำหนด	วิธีทดสอบ
1	เมทิลเอสเทอร์ (Methyi ester) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่ต่ำกว่า 96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C (kg/m3)	ไม่ต่ำกว่า 860และไม่สูงกว่า 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C (เซนติสโตกส์)	ไม่ต่ำกว่า 3.5 และไม่สูงกว่า 5.0	ASTM D 455
4	จุดวาบไฟ (Flash point)	ไม่ต่ำกว่า 120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น)ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า 51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (Sulfated ash) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.020	ASTM D 874
9	น้ำ (Water) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.050	ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total contaminant) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.0024	ASTM D 5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	ไม่สูงกว่า หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C ชั่วโมง	ไม่ต่ำกว่า 6	EN 14112
13	ความความเป็นกรด (Acid number) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม	ไม่สูงกว่า 0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (Iodine value) กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัม	ไม่สูงกว่า 120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 12.0	EN 14103
16	เมทานอล (Methanol) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอร์ไรด์ (Monoglyceride) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
20	กลีเซอรีนอิสระ (Free glycerine) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.02	EN 14105
21	กลีเซอรีนทั้งหมด (Total glycerine) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่มที่ 1 (โซเดียมและโพแทสเซียม) mg/kg	ไม่สูงกว่า 5.0	EN 14108-9
	โลหะกลุ่มที่ 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) mg/kg	ไม่สูงกว่า 5.0	prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (additive) (ถ้ามี) ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน		

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น จากบริษัทโฟกัสแล็ป จำกัด

FOCUSLAB™ Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID : Fuel B0 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Result	Current Sample		Previous Sample		Baseline and Alarm Limit				
			Wear	Oil	Cont.						
			N	N	N						
Lab ID			212620				BASELINE	Alarm Limit			
Bottle ID			50					Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled			01-Dec-12					Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)			
Oil Hours (Kms)			50								
Unit Hours (Kms)			7311								
Oil Added (Liters)											
Filters Hours (Kms)											
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**			The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-6595	PPM	3.8	1.7			0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.0			0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-6595	PPM	1.7	1.3			0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-6595	PPM	1.1	0.5			0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0			0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-6595	PPM	2.0	0.0			0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0			0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0			0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0			0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0			0				
Oil Condition							TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt	133.8				133.2				
Viscosity @ 100°C	D-445	cSt	13.9				14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	7.8				6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	11.7				9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.4				13.0	<3.3	<6.5		
Contamination							TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.094				0.050			>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10							>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0								
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.40							>1.5	>2.5
								RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-6595	PPM	0				0				
Sodium	D-6595	PPM	13				12	>25	>50		
Silicon	D-6595	PPM	6.4	0.6			6	>20	>25	>20	>25
Additive Element							TNO				
Boron	D-6595	PPM	1				0				
Magnesium	D-6595	PPM	23				28				
Calcium	D-6595	PPM	4200				4113				
Barium	D-6595	PPM	0				0				
Phosphorus	D-6595	PPM	310				311				
Zinc	D-6595	PPM	478	31			453				
Additional Test							TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C						<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		100				103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
U-Warning : Upper WARNING Level — L-Warning : Lower WARNING required Level — Second Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification". — TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. — No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-6.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.
			N	N	N	N	N	N
Lab ID				212621			212620	
Bottle ID				100			50	
Date Sampled				04-Dec-12			01-Dec-12	
Oil Hours (Kms)				100			50	
Unit Hours (Kms)				7361			7311	
Oil Added (Liters)								
Filters Hours (Kms)								

Baseline and Alarm Limit

BASELINE

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition / Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.7	2.9	3.8	1.7	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.2	0.1	0.1	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.3	1.5	1.7	1.3	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.9	0.5	1.1	0.5	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.3	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.2	0.1	2.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt	126.9		133.8		133.2				
Viscosity @ 100°C	D-445	cSt	13.4		13.9		14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	11.0		7.8		6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	12.3		11.7		9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	11.5		12.4		13.0	<3.3	<6.5		

Contamination	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.093		0.094		0.050	>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0				
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.40		0.40			>1.5	>2.5
								RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0				
Sodium	D-8595	PPM	13		13		12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	3.4	0.0	6.4	0.6	6	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO
Boron	D-8595	PPM	1		1		0
Magnesium	D-8595	PPM	23		23		28
Calcium	D-8595	PPM	4128		4200		4113
Barium	D-8595	PPM	0		0		0
Phosphorus	D-8595	PPM	297		310		311
Zinc	D-8595	PPM	471	31	478	31	453

Additional Test	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C						<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		100		100		103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
U-Warning : Upper WARNING Level — L-Warning : Lower WARNING required Level — Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification". — TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. — No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: +662 3618587
FL-6.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit: BASELINE	Alarm Limit: Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)
			N	N	N	N	N	N	N	N	N		
Lab ID			212622			212621			212620				Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)
Bottle ID			150			100			50				
Date Sampled			08-Dec-12			04-Dec-12			01-Dec-12				
Oil Hours (Kms)			150			100			50				
Unit Hours (Kms)			7411			7361			7311				
Oil Added (Liters)													
Filters Hours (Kms)													

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	Current Sample RDE fine	Current Sample RFS coarse	Previous Sample RDE fine	Previous Sample RFS coarse	Previous Sample RDE fine	Previous Sample RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	4.2	2.9	3.7	2.9	3.8	1.7	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	1.3	2.8	0.3	1.5	1.7	1.3	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	1.1	0.2	0.9	0.5	1.1	0.5	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	2.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	2.0	1.4	1.2	0.1	2.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt	129.9	126.9	133.8	133.2				
Viscosity @ 100°C	D-445	cSt	13.6	13.4	13.9	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	9.8	11.0	7.8	6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	12.1	12.3	11.7	9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g								
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.2	11.5	12.4	13.0	<3.3	<6.5		

Contamination	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.094	0.093	0.094	0.050	>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	0.10	0.10		>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0	0	0			
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.40	0.40	0.40		>1.5	>2.5

	Method	Unit	Current Sample	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0		0				
Sodium	D-8595	PPM	14		13		13		12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	5.2	0.7	3.4	0.0	6.4	0.6	8	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	Current Sample	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO
Boron	D-8595	PPM	1		1		1		0
Magnesium	D-8595	PPM	24		23		23		28
Calcium	D-8595	PPM	4372		4128		4200		4113
Barium	D-8595	PPM	0		0		0		0
Phosphorus	D-8595	PPM	300		297		310		311
Zinc	D-8595	PPM	500	26	471	31	478	31	453

Additional Test	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C					<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		100	100	100	103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
First Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3818587
FL-6.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
Lab ID				212623			212622			212621	
Bottle ID				200			150			100	
Date Sampled				12-Dec-12			08-Dec-12			04-Dec-12	
Oil Hours (Kms)				200			150			100	
Unit Hours (Kms)				7461			7411			7361	
Oil Added (Liters)											
Filters Hours (Kms)											

Baseline and Alarm Limit

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	BASELINE (The New Oil (TNO))	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	5.2	4.7	4.2	2.9	3.7	2.9	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	1.5	2.2	1.3	2.8	0.3	1.5	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	1.4	1.5	1.1	0.2	0.9	0.5	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.4	0.0	2.3	0.0	0.3	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.9	0.0	2.0	1.4	1.2	0.1	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	2.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition								TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt	124.8		129.9		126.9	133.2				
Viscosity @ 100°C	D-445	cSt	13.4		13.6		13.4	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	10.8		9.8		11.0	6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	12.2		12.1		12.3	9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g										
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.1		12.2		11.5	13.0	<3.3	<6.5		

Contamination								TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.095		0.094		0.093	0.050			>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10				>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0					
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.40		0.40		0.40				>1.5	>2.5
									RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0	0				
Sodium	D-8595	PPM	15		14		13	12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	4.2	0.8	5.2	0.7	3.4	8	>20	>25	>20	>25

Additive Element								TNO
Boron	D-8595	PPM	1		1		1	0
Magnesium	D-8595	PPM	24		24		23	28
Calcium	D-8595	PPM	4175		4372		4128	4113
Barium	D-8595	PPM	0		0		0	0
Phosphorus	D-8595	PPM	299		300		297	311
Zinc	D-8595	PPM	491	43	500	26	471	31	453

Additional Test								TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C							<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		102		100		100	103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
First Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3818587
FL-6.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample			Previous Sample			Baseline and Alarm Limit				
			Wear	Oil	Cont.								
			N	N	N								
Lab ID			212628						BASELINE	Alarm Limit			
Bottle ID			50							Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled			08-Feb-13							Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)			
Oil Hours (Kms)			50										
Unit Hours (Kms)			7111										
Oil Added (Liters)													
Filters Hours (Kms)													
Wear Condition										RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse					The New Oil (TNO)	U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Iron	D-8595	PPM	2.5	10.7					0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.7	1.0					0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.6	0.8					0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	0.0	1.1					0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0					0				
Molybdenum	D-8595	PPM	55.6	30.8					120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.3					0				
Oil Condition									TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	126.3						133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.5						14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	10.8						8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	9.0						5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g											
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.3						10.3	<2.6	<5.1		
Contamination									TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.132						0.150			>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10									>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0										
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.45									>1.5	>2.5
										RDE fine		RFS coarse	
										U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0						0				
Sodium	D-8595	PPM	8						4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	3.2	5.2					10	>20	>25	>20	>25
Additive Element									TNO				
Boron	D-8595	PPM	1						0				
Magnesium	D-8595	PPM	16						16				
Calcium	D-8595	PPM	3433						3424				
Barium	D-8595	PPM	0						0				
Phosphorus	D-8595	PPM	702						1434				
Zinc	D-8595	PPM	1117	355					1516				
Additional Test									TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C								<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		103						103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm _Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit
			N	N	N	N	N	N	
Lab ID				212629			212628		BASELINE
Bottle ID				100			50		
Date Sampled				13-Feb-13			08-Feb-13		
Oil Hours (Kms)				100			50		
Unit Hours (Kms)				7161			7111		
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	2.2	9.5	2.5	10.7	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.8	1.1	0.7	1.0	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.6	0.9	0.6	0.8	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.3	0.8	0.0	1.1	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.1	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	61.2	9.7	55.6	30.8	120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.3	0				

Oil Condition							TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	130.0		126.3		133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.9		13.5		14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	9.4		10.8		8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	8.6		9.0		5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.2		10.3		10.3	<2.6	<5.1		

Contamination							TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.124		0.132		0.150			>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10					>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.45		0.45					>1.5	>2.5
								RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0				
Sodium	D-8595	PPM	7		8		4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	4.5	3.6	3.2	5.2	10	>20	>25	>20	>25

Additive Element							TNO
Boron	D-8595	PPM	1		1		0
Magnesium	D-8595	PPM	17		16		16
Calcium	D-8595	PPM	3642		3433		3424
Barium	D-8595	PPM	0		0		0
Phosphorus	D-8595	PPM	726		702		1434
Zinc	D-8595	PPM	1249	273	1117	355	1516

Additional Test							TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C						<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		104		103		103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit: BASELINE	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
			N	N	N	N	N	N	N	N	N					
Lab ID				212630			212629			212628						
Bottle ID				150			100			50						
Date Sampled				18-Feb-13			13-Feb-13			08-Feb-13						
Oil Hours (Kms)				150			100			50						
Unit Hours (Kms)				7211			7161			7111						
Oil Added (Liters)																
Filters Hours (Kms)																
Wear Condition																
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		The New Oil (TNO)	U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.1	22.6		2.2	9.5		2.5	10.7		0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	1.5	1.7		0.8	1.1		0.7	1.0		0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.8	0.9		0.6	0.9		0.6	0.8		0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.0	2.3		1.3	0.8		0.0	1.1		0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.1		0.0	0.0		0				
Molybdenum	D-8595	PPM	57.7	34.3		61.2	9.7		55.6	30.8		120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	4.6		0.0	0.0		0.0	0.3		0				
Oil Condition												TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	121.5			130.0			126.3			133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.5			13.9			13.5			14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	12.6			9.4			10.8			8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	9.3			8.6			9.0			5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g														
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.3			10.2			10.3			10.3	<2.6	<5.1		
Contamination												TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.120			0.124			0.132			0.150			>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10						>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0							
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.45			0.45			0.45						>1.5	>2.5
													RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0			0			0			0				
Sodium	D-8595	PPM	8			7			8			4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	6.8		7.5	4.5		3.6	3.2		5.2	10	>20	>25	>20	>25
Additive Element												TNO				
Boron	D-8595	PPM	1			1			1			0				
Magnesium	D-8595	PPM	16			17			16			16				
Calcium	D-8595	PPM	3524			3642			3433			3424				
Barium	D-8595	PPM	0			0			0			0				
Phosphorus	D-8595	PPM	670			726			702			1434				
Zinc	D-8595	PPM	1158		384	1249		273	1117		355	1516				
Additional Test												TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C											<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		108			104			103			103				

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23, Bangkok, 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B0 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit: BASELINE	Alarm Limit: Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)
			N	N	N	N	N	N	N	N	N		Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)
Lab ID			212631			212630			212629				
Bottle ID			200			150			100				
Date Sampled			23-Feb-13			18-Feb-13			13-Feb-13				
Oil Hours (Kms)			200			150			100				
Unit Hours (Kms)			7261			7211			7161				
Oil Added (Liters)													
Filters Hours (Kms)													

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	2.9	6.6	3.1	22.6	2.2	9.5	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	1.1	1.2	1.5	1.7	0.8	1.1	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.5	0.9	0.8	0.9	0.6	0.9	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.2	0.8	1.0	2.3	1.3	0.8	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	42.1	2.2	57.7	34.3	61.2	9.7	120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	126.6		121.5		130.0		133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.6		13.5		13.9		14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	11.4		12.6		9.4		8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	10.0		9.3		8.6		5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g											
TBN	D-4739	mg KOH/g	11.0		10.3		10.2		10.3	<2.6	<5.1		

Contamination	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.110		0.120		0.124		0.150	>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0				
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46		0.45		0.45			>1.5	>2.5

										RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0		0				
Sodium	D-8595	PPM	9		8		7		4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	5.4	2.5	6.8	7.5	4.5	3.6	10	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO
Boron	D-8595	PPM	1		1		1		0
Magnesium	D-8595	PPM	18		16		17		16
Calcium	D-8595	PPM	3507		3524		3642		3424
Barium	D-8595	PPM	0		0		0		0
Phosphorus	D-8595	PPM	486		670		726		1434
Zinc	D-8595	PPM	981	66	1158	384	1249	273	1516

Additional Test	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C								<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		103		108		104		103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB™ Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample			Previous Sample			Baseline and Alarm Limit				
			Wear	Oil	Cont.								
			N	N	N								
Lab ID			212624						BASELINE	Alarm Limit			
Bottle ID			50							Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled			15-Dec-12							Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)			
Oil Hours (Kms)			50										
Unit Hours (Kms)			6911										
Oil Added (Liters)													
Filters Hours (Kms)													
Wear Condition										RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse					The New Oil (TNO)	U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.9	1.6					0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.0	1.0					0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.7	0.9					0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.1					0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	2.1	0.2					0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0					0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	0.0					0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0					0				
Oil Condition									TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	129.9						133.2				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.6						14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	7.8						6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	11.6						9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g											
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.4						13.0	<3.3	<6.5		
Contamination									TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.106						0.050			>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10									>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0										
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46									>1.5	>2.5
										RDE fine		RFS coarse	
										U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0						0				
Sodium	D-8595	PPM	13						12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	13.9	1.3					8	>20	>25	>20	>25
Additive Element									TNO				
Boron	D-8595	PPM	1						0				
Magnesium	D-8595	PPM	21						28				
Calcium	D-8595	PPM	3988						4113				
Barium	D-8595	PPM	0						0				
Phosphorus	D-8595	PPM	325						311				
Zinc	D-8595	PPM	458	30					453				
Additional Test									TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C								<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		100						103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit
			N	N	N	N	N	N	
Lab ID				212625			212624		BASELINE
Bottle ID				100			50		
Date Sampled				18-Dec-12			15-Dec-12		
Oil Hours (Kms)				100			50		
Unit Hours (Kms)				6961			6911		
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition / Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	4.2	3.3	3.9	1.6	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.1	0.9	0.0	1.0	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	1.2	1.0	0.7	0.9	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.4	0.0	0.1	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.7	1.0	2.1	0.2	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	1.1	0.0	0.0	0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	127.1	129.9	133.2				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.3	13.6	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	9.7	7.8	6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	12.1	11.6	9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g							
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.2	12.4	13.0	<3.3	<6.5		

Contamination	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.109	0.106	0.050	>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	0.10		>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0	0			
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46	0.46		>1.5	>2.5

						RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0	0	0				
Sodium	D-8595	PPM	12	13	12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	7.7	0.7	13.9	1.3	8	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	TNO
Boron	D-8595	PPM	2	1	0
Magnesium	D-8595	PPM	23	21	28
Calcium	D-8595	PPM	4225	3988	4113
Barium	D-8595	PPM	0	0	0
Phosphorus	D-8595	PPM	346	325	311
Zinc	D-8595	PPM	511	26	458	30	453

Additional Test	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C				<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		99	100	103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23, Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
Lab ID				212626			212625			212624	
Bottle ID				150			100			50	
Date Sampled				22-Dec-12			18-Dec-12			15-Dec-12	
Oil Hours (Kms)				150			100			50	
Unit Hours (Kms)				7011			6961			6911	
Oil Added (Liters)											
Filters Hours (Kms)											

Baseline and Alarm Limit

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	BASELINE (The New Oil (TNO))	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.6	13.5	4.2	3.3	3.9	1.6	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.0	0.2	0.1	0.9	0.0	1.0	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.5	0.4	1.2	1.0	0.7	0.9	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	1.4	0.1	1.7	1.0	2.1	0.2	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	1.5	0.0	1.1	0.0	0.0	0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	125.4	127.1	129.9	133.2				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.3	13.3	13.6	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	10.4	9.7	7.8	6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	12.2	12.1	11.6	9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g								
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.2	12.2	12.4	13.0	<3.3	<6.5		

Contamination	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.108	0.109	0.106	0.050	>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	0.10	0.10		>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0	0	0			
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46	0.46	0.46		>1.5	>2.5

	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0	0	0	0				
Sodium	D-8595	PPM	13	12	13	12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	12.3	5.6	7.7	0.7	13.9	1.3	8	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO
Boron	D-8595	PPM	1	2	1	0
Magnesium	D-8595	PPM	21	23	21	28
Calcium	D-8595	PPM	3947	4225	3988	4113
Barium	D-8595	PPM	0	0	0	0
Phosphorus	D-8595	PPM	341	346	325	311
Zinc	D-8595	PPM	454	36	511	26	458	30	453

Additional Test	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C					<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		100	99	100	103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.B
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : SHELL GADINIA SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
Lab ID				212627			212626			212625	
Bottle ID				200			150			100	
Date Sampled				28-Dec-12			22-Dec-12			18-Dec-12	
Oil Hours (Kms)				200			150			100	
Unit Hours (Kms)				7061			7011			6961	
Oil Added (Liters)											
Filters Hours (Kms)											

Baseline and Alarm Limit

BASELINE

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General SH Gadinia SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.1	10.0	3.6	13.5	4.2	3.3	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.4	2.2	0.0	0.2	0.1	0.9	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	1.0	1.9	0.5	0.4	1.2	1.0	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	2.2	0.3	1.4	0.1	1.7	1.0	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	0.0	1.4	0.0	1.5	0.0	1.1	0				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0				

Oil Condition								TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	126.9		125.4		127.1	133.2				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.4		13.3		13.3	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	7.6		10.4		9.7	6.2			>12.4	>13.9
Nitration	FTIR	Abs	11.6		12.2		12.1	9.5			>19	>21.4
TAN	D-974	mg KOH/g										
TBN	D-4739	mg KOH/g	12.2		12.2		12.2	13.0	<3.3	<6.5		

Contamination								TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.106		0.108		0.109	0.050	>0.15	>0.2
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0			
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46		0.46		0.46		>1.5	>2.5

									RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0	0				
Sodium	D-8595	PPM	13		13		12	12	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	5.0	0.5	12.3	5.6	7.7	6	>20	>25	>20	>25

Additive Element								TNO
Boron	D-8595	PPM	1		1		2	0
Magnesium	D-8595	PPM	21		21		23	28
Calcium	D-8595	PPM	4054		3947		4225	4113
Barium	D-8595	PPM	0		0		0	0
Phosphorus	D-8595	PPM	326		341		346	311
Zinc	D-8595	PPM	473	29	454	36	511	26	453

Additional Test								TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C							<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		99		100		99	103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample			Baseline and Alarm Limit				
			Wear	Oil	Cont.								
			N	N	N								
Lab ID			212632						BASELINE	Alarm Limit			
Bottle ID			50							Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled			28-Feb-13							Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)			
Oil Hours (Kms)			50										
Unit Hours (Kms)			6711										
Oil Added (Liters)													
Filters Hours (Kms)													
Wear Condition										RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse					The New Oil (TNO)	U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Iron	D-8595	PPM	0.4	1.5					0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.1	0.0					0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.0	0.7					0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.0	0.3					0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.0					0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0					0				
Molybdenum	D-8595	PPM	104.0	3.6					120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0					0				
Oil Condition									TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	124.0						133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.5						14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	11.6						8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	7.3						5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g											
TBN	D-4739	mg KOH/g	11.0						10.3	<2.6	<5.1		
Contamination									TNO			U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.145						0.150			>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10									>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0										
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.44									>1.5	>2.5
										RDE fine		RFS coarse	
										U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0						0				
Sodium	D-8595	PPM	5						4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	7.8	1.5					10	>20	>25	>20	>25
Additive Element									TNO				
Boron	D-8595	PPM	1						0				
Magnesium	D-8595	PPM	17						16				
Calcium	D-8595	PPM	3614						3424				
Barium	D-8595	PPM	0						0				
Phosphorus	D-8595	PPM	1265						1434				
Zinc	D-8595	PPM	1501	64					1516				
Additional Test									TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C								<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		104						103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm _Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit
			N	N	N	N	N	N	
Lab ID				212633			212632		BASELINE
Bottle ID				100			50		
Date Sampled				04-Mar-13			28-Feb-13		
Oil Hours (Kms)				100			50		
Unit Hours (Kms)				6761			6711		
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	The New Oil (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	1.8	0.8	0.4	1.5	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.6	0.1	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.0	0.7	0.0	0.7	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.1	0.2	0.0	0.3	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.7	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.5	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.1	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	99.2	3.2	104.0	3.6	120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	Current Wear	Current Oil	Current Cont.	Previous Wear	Previous Oil	Previous Cont.	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt		130.6			124.0		133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt		13.7			13.5		14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs		9.4			11.6		8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs		6.8			7.3		5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g											
TBN	D-4739	mg KOH/g		10.7			11.0		10.3	<2.6	<5.1		

Contamination	Method	Unit	Current Wear	Current Oil	Current Cont.	Previous Wear	Previous Oil	Previous Cont.	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)		0.133			0.145		0.150	>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)		0.10			0.10			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs		0			0				
Soot	FTIR	% (Wt.)		0.44			0.44			>1.5	>2.5

									RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM		0			0		0			
Sodium	D-8595	PPM		5			5		4	>25	>50	
Silicon	D-8595	PPM		7.5	2.9		7.8	1.5	10	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	Current Wear	Current Oil	Current Cont.	Previous Wear	Previous Oil	Previous Cont.	TNO
Boron	D-8595	PPM		0			1		0
Magnesium	D-8595	PPM		17			17		16
Calcium	D-8595	PPM		3717			3614		3424
Barium	D-8595	PPM		0			0		0
Phosphorus	D-8595	PPM		1291			1265		1434
Zinc	D-8595	PPM		1466	56		1501	64	1516

Additional Test	Method	Unit	Current Wear	Current Oil	Current Cont.	Previous Wear	Previous Oil	Previous Cont.	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C								<170	<180		
Viscosity Index	D-2270			101			104		103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit
			N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Lab ID				212634			212633			212632		
Bottle ID				150			100			50		
Date Sampled				08-Mar-13			04-Mar-13			28-Feb-13		
Oil Hours (Kms)				150			100			50		
Unit Hours (Kms)				6811			6761			6711		
Oil Added (Liters)												
Filters Hours (Kms)												

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	BASELINE (The New Oil (TNO))	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.0	3.0	1.8	0.8	0.4	1.5	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.3	0.0	0.6	0.1	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.6	1.1	0.0	0.7	0.0	0.7	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.3	0.4	0.1	0.2	0.0	0.3	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	104.0	4.3	99.2	3.2	104.0	3.6	120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	119.9	130.6	124.0	133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.2	13.7	13.5	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	14.7	9.4	11.6	8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	8.1	6.8	7.3	5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g								
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.1	10.7	11.0	10.3	<2.6	<5.1		

Contamination	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.132	0.133	0.145	0.150	>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	0.10	0.10		>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0	0	0			
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.44	0.44	0.44		>1.5	>2.5

	Method	Unit	Current Sample	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0		0				
Sodium	D-8595	PPM	5		5		5		4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	7.9	2.1	7.5	2.9	7.8	1.5	10	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO
Boron	D-8595	PPM	0	0	1	0
Magnesium	D-8595	PPM	17	17	17	16
Calcium	D-8595	PPM	3584	3717	3614	3424
Barium	D-8595	PPM	0	0	0	0
Phosphorus	D-8595	PPM	1307	1291	1265	1434
Zinc	D-8595	PPM	1500	1466	1501	1516

Additional Test	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C					<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		104	101	104	103				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".
TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

FOCUSLAB Fluid & Oil Analysis Technology

ISO9001:2008 Certified

FocusLab Ltd.

CUSTOMER

Code : 28173
Name : Srinakharinwirot University
Address : 114 Sukhumvit 23 Bangkok 10110
Site :
Location :
Test code : E80400 60400 60600

EQUIPMENT

Unit ID: Fuel B20 Lub.A
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : MERCEDES BENZ
Unit Model : OM 421

OIL

Oil type / Viscosity : PTT NAVITA TYPE II SAE 40
Oil System Capacity : 30 Liters

Overall Condition Rating

Wear Condition: NORMAL
Oil Condition: NORMAL
Contamination: NORMAL

Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.

Somchai J.

Condition History	Test Method	Recall	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline (The New Oil (TNO))	Alarm Limit: Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type): Engine Diesel General PTT Navita Type II SAE 40 (Srinakharinwirot University)
			N	N	N	N	N	N	N	N	N		
Lab ID				212635			212634			212633			
Bottle ID				200			150			100			
Date Sampled				12-Mar-13			08-Mar-13			04-Mar-13			
Oil Hours (Kms)				200			150			100			
Unit Hours (Kms)				6861			6811			6761			
Oil Added (Liters)													
Filters Hours (Kms)													

Wear Condition: Wear Element	Method	Unit	Current Sample RDE fine	Current Sample RFS coarse	Previous Sample RDE fine	Previous Sample RFS coarse	Previous Sample RDE fine	Previous Sample RFS coarse	Baseline (TNO)	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Iron	D-8595	PPM	3.8	3.9	3.0	3.0	1.8	0.8	0	>100	>150	>100	>150
Chromium	D-8595	PPM	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0.6	0	>10	>20	>10	>20
Lead	D-8595	PPM	0.9	0.1	0.6	1.1	0.0	0.7	0	>30	>60	>30	>60
Copper	D-8595	PPM	0.6	0.6	0.3	0.4	0.1	0.2	0	>30	>60	>30	>60
Tin	D-8595	PPM	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0	>10	>30	>10	>30
Aluminum	D-8595	PPM	0.3	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	0	>10	>30	>10	>30
Nickel	D-8595	PPM	0.0	1.3	0.0	0.2	0.0	0.5	0	>10	>20	>10	>20
Silver	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0				
Molybdenum	D-8595	PPM	64.8	1.1	104.0	4.3	99.2	3.2	120				
Titanium	D-8595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40° C	D-445	cSt	123.8	119.9	130.6	133.7				
Viscosity @ 100° C	D-445	cSt	13.5	13.2	13.7	14.1	<10.6	<12.7	>16.3	>18.4
Oxidation	FTIR	Abs	12.3	14.7	9.4	8.3			>16.6	>18.7
Nitration	FTIR	Abs	9.1	8.1	6.8	5.3			>10.6	>11.9
TAN	D-974	mg KOH/g								
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.8	10.1	10.7	10.3	<2.6	<5.1		

Contamination	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	U-Caution	U-Warning
Water	FTIR	% (Wt.)	0.113	0.132	0.133	0.150	>0.25	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	0.10	0.10		>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0	0	0			
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.45	0.44	0.44		>1.5	>2.5

	Method	Unit	Current Sample	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Warning	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Warning
Vanadium	D-8595	PPM	0		0		0		0				
Sodium	D-8595	PPM	7		5		5		4	>25	>50		
Silicon	D-8595	PPM	7.3	4.0	7.9	2.1	7.5	2.9	10	>20	>25	>20	>25

Additive Element	Method	Unit	Current Sample	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO
Boron	D-8595	PPM	1		0		0		0
Magnesium	D-8595	PPM	19		17		17		16
Calcium	D-8595	PPM	3734		3584		3717		3424
Barium	D-8595	PPM	0		0		0		0
Phosphorus	D-8595	PPM	1011		1307		1291		1434
Zinc	D-8595	PPM	1164	61	1500	67	1466	56	1516

Additional Test	Method	Unit	Current Sample	Previous Sample	Previous Sample	TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C					<170	<180		
Viscosity Index	D-2270		105	104	101	103				

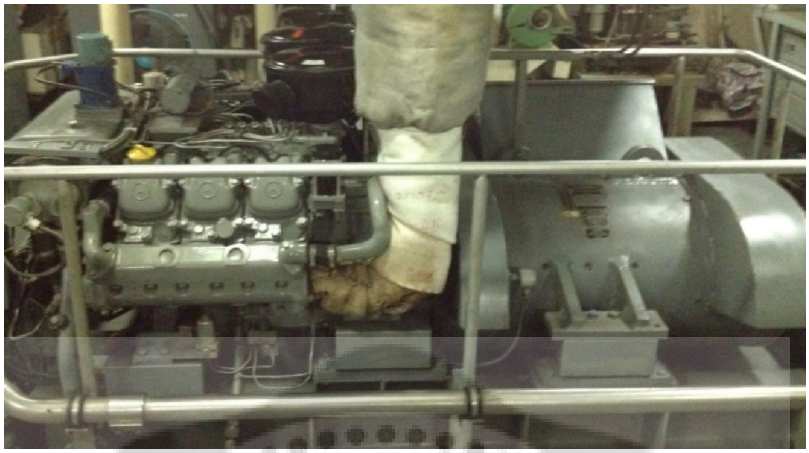
Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , W or W : Warning (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Warning : Upper WARNING Level L-Warning : Lower WARNING required Level
First Level Alarm ,Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level
Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification". TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. No warranty is expressed or implied for this report.

Focuslab Ltd. 2/39 Thosapol Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: + 662 3618587
FL-8.5

ภาคผนวก ซ

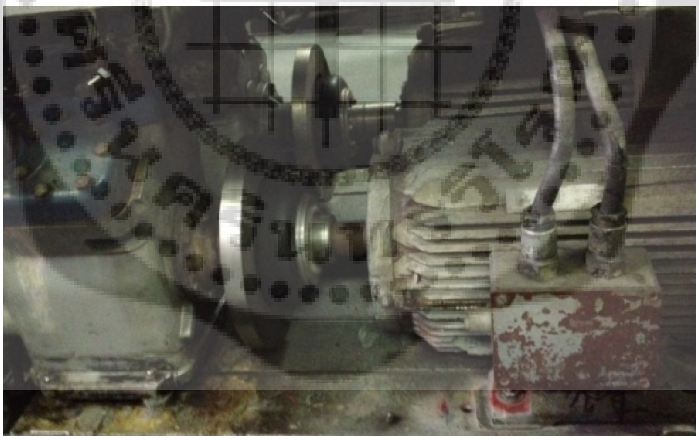
อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

1. เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเรือ



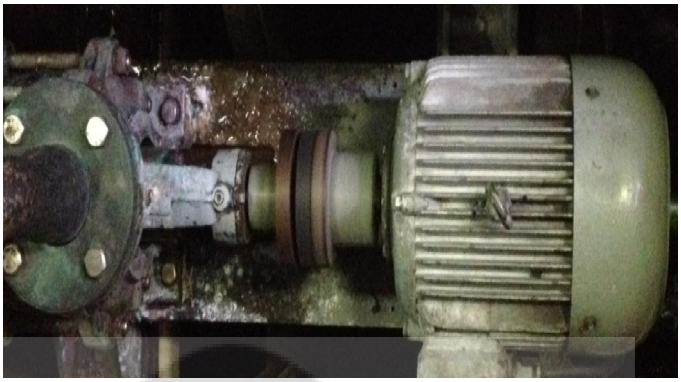
ภาพประกอบ 45 เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือ

2. มอเตอร์ขับคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ ขนาด 22 กิโลวัตต์ 440 โวลต์ 60 เฮิรตซ์ 3 เฟส



ภาพประกอบ 46 มอเตอร์ขับคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ

3. มอเตอร์น้ำทะเลหล่อเย็นเครื่องปรับอากาศ ขนาด 8 กิโลวัตต์ 440 โวลต์ 60 เฮิรตซ์ 3 เฟส



ภาพประกอบ 47 มอเตอร์น้ำทะเลหล่อเย็นเครื่องปรับอากาศ

4. มอเตอร์ระบบชิลเลอร์ ขนาด 6 กิโลวัตต์ 440 โวลต์ 60 เฮิรตซ์ 3 เฟส

ภาพประกอบ 48 มอเตอร์ระบบชิลเลอร์

5. ระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

ภาพประกอบ 49 ระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

6. เครื่องวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้า

เป็นผลิตภัณฑ์ของ KYORITSU แบบ DIGITAL CLAMP METER สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ในช่วง 0 – 600 โวลต์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 0–600 แอมป์และค่าความต้านทานในช่วง 0 – 200 โอห์ม

ภาพประกอบ 50 เครื่องวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า

7. เครื่องมือทดสอบหัวฉีด

ภาพประกอบ 51 เครื่องมือทดสอบหัวฉีด

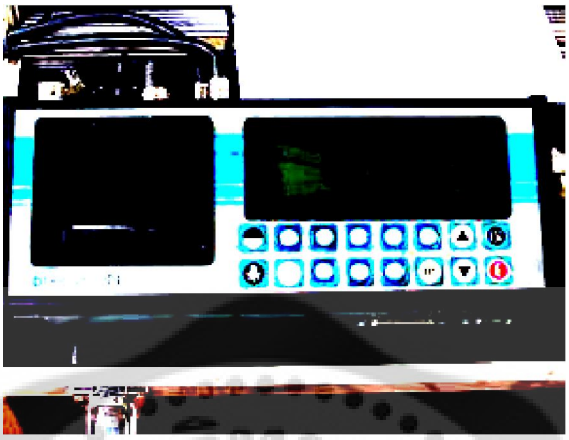
8. เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย

เป็นผลิตภัณฑ์ของ BOSCH รุ่น ETD 020.50 ชนิดวัดควันดำด้วยความเข้มของแสง โดยใช้หลอดไฟฮาโลเจน

ภาพประกอบ 52 เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย

9. เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

เป็นผลิตภัณฑ์ของ rbr - ecom ® JN สามารถวัดก๊าซ CO,NO_x,HC,O_2 อุณหภูมิไอเสีย



ภาพประกอบ 53 เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

10. เครื่องวัดความเร็วรอบ

เป็นผลิตภัณฑ์ของ DIGICON แบบ DIGITAL TACHOMETER วัดความเร็วรอบโดยใช้ลำแสง การวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ทำได้โดยนำแผ่นสะท้อนแสงติดที่พูลเล่ย์แล้วกดสวิทช์ที่เครื่องวัดความเร็วรอบ หน่วยที่อ่านได้เป็นรอบต่อนาที

ภาพประกอบ 54 เครื่องวัดความเร็วรอบ

11. เครื่องวัดอุณหภูมิ

เป็นผลิตภัณฑ์ของ Traceable แบบ Infared Thermometer Gun สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ในช่วง -60°C ถึง 600 °C

ภาพประกอบ 55 เครื่องวัดอุณหภูมิ

12. อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

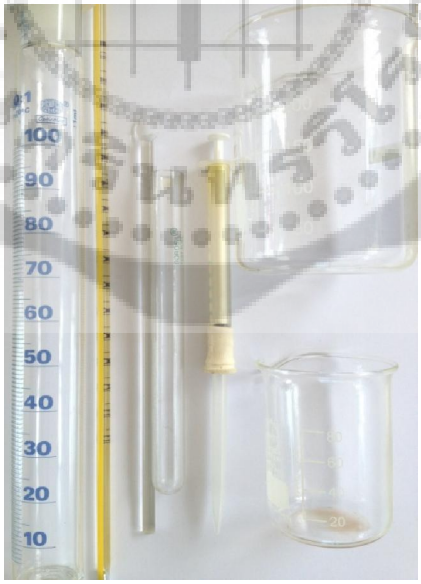
ภาพประกอบ 56 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

13. นาฬิกาจับเวลาในการทดสอบ

ภาพประกอบ 57 อุปกรณ์จับเวลา

14. อุปกรณ์ในการตวงวัด

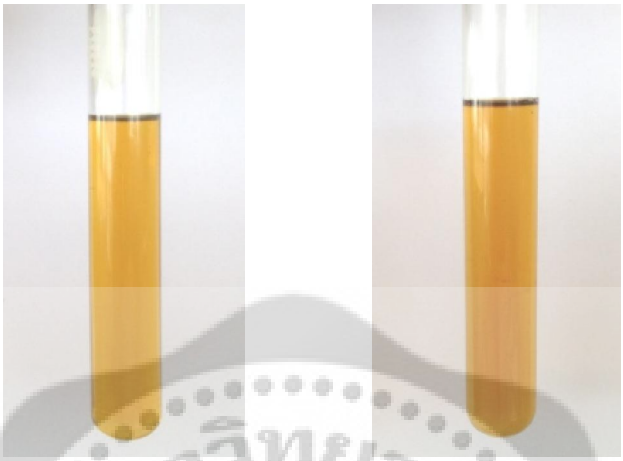
ประกอบด้วยหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร บีกเกอร์ขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร กระบอกฉีดยา ขนาด 5 มิลลิลิตร กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 58 อุปกรณ์ในการตวงวัด

15. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ทดสอบ

น้ำมันหล่อลื่นชนิดเกรดเดี่ยว (Single Grade) SAE 40 ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B



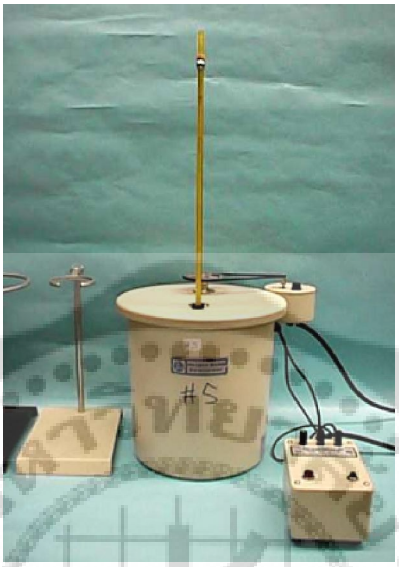
ภาพประกอบ 59 น้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ A (ซ้าย) น้ำมันหล่อลื่น ยี่ห้อ B (ขวา)

16. เครื่องวัดค่าความหนืด

ภาพประกอบ 60 เครื่องวัดค่าความหนืด

17. เครื่องทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) รุ่น 1341 Plain Jacket Oxygen



ภาพประกอบ 61 เครื่องทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	เรือเอก ธวัชชัย เจริญคุณ
วันเดือนปีเกิด	12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	59/121 หมู่ 4 ตำบลบางแม่นาง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี 11140
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ต้นกลเรือหลวงหนองสาหร่าย (หัวหน้าแผนกช่างกล)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	แผนกช่างกล เรือหลวงหนองสาหร่าย หมวดเรือที่ 2 กองเรือทุ่นระเบิด กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2543 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชุมแพศึกษา พ.ศ.2545 โรงเรียนเตรียมทหาร พ.ศ.2548 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกลเรือ) โรงเรียนนายเรือ พ.ศ.2549 ประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิทยาการทหารเรือ) โรงเรียนนายเรือ