



KKU Res.j. 2014; 19(2) : 305-319

<http://resjournal.kku.ac.th>

การศึกษาสมรรถนะและการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น จากการใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

A Study of Performance and Deterioration of Lubricating Oil of Diesel Generator by Biodiesel Blends

กิตติ สถาพรประสาธน์^{1*} และ ธวัชชัยชัย เจริญคุณ²Kitti Sathapornprasath^{1*} and Tawatchai Charoenkul²¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ²สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

*Correspondent author: kittipom@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสมรรถนะและวิเคราะห์ผลพิษของไอเสียจากการใช้ไบโอดีเซล (Methyl Ester) ผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ยี่ห้อ MERCEDES BENZ แบบ OM 421 กำลัง 159 กิโลวัตต์ ไบโอดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 โดยปริมาตร) ได้ถูกนำมาใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนของไบโอดีเซล ส่งผลให้ความหนาแน่นและความหนืดของเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ส่วนผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ แสดงให้เห็นว่า ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ในกรณีของการวิเคราะห์ไอเสีย พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซล เพิ่มขึ้น CO, HC และควันดำมีปริมาณลดลง แต่ NO_x มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นมีปริมาณลดลง และอัตราการเกิดปฏิกิริยาในเตรชั่น และปฏิกิริยาออกซิเดชั่น มีค่าลดลง

Abstract

The purposes of this research were to study performance of diesel generator and to analysis of exhaust emission when a combination of biodiesel (Methyl Ester) and diesel fuel was used as tested fuel. A diesel generator used in this study was MERCEDES BENZ OM 421 rated at 159 kW. The various ratios of biodiesel (B0, B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 and B100 by volume) were applied during experiment in order to evaluate the engine performance. The results showed that an increase in biodiesel ratio led to an increase in density and viscosity of the fuel. The injection efficiency of nozzle was thus decreased leading to an incomplete combustion. In addition, fuel consumption and specific fuel consumption increased when the ratio of biodiesel increased. In terms of exhaust emission analysis, it was found that when the ratio of biodiesel increased, the amount of CO, HC and black smoke were decreased. The amount of NO_x increased, however. It was also found that when biodiesel B20 was used, the amount of wear metals in lubricating oil decreased. The nitrate reaction and the oxidation reaction were reduced as well.

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, น้ำมันหล่อลื่น, มลพิษไอเสีย

Keywords: Biodiesel, Lubricating oil, Exhaust emission

1. บทนำ

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลมีการนำมาใช้มาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 แต่เนื่องจากน้ำมันปิโตรเลียมยังมีราคาถูกและหาได้ง่าย ทำให้น้ำมันพืชไม่ได้รับความสนใจในการใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล หลังจากวิกฤตน้ำมันครั้งแรกของโลกในปี พ.ศ. 2514 หรือ ค.ศ. 1971 (1) จึงมีความตื่นตัวและพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพลังงานหมุนเวียนที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น และน้ำมันพืชก็เป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่ได้รับการสนใจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลอีกครั้ง

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีเกิดเป็นสารที่เรียกว่า เมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester) หรือ เอทิลเอสเทอร์ (Ethyl Ester) ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลสำเร็จรูปสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ 2 แนวทาง ได้แก่ การใช้ไบโอดีเซล B100 โดยตรง และการใช้ไบโอดีเซล B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ (2) แต่เนื่องจากการใช้ไบโอดีเซล B100 โดยตรงอาจทำให้ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (Rubber) และพลาสติกบางชนิดเปื่อยยุ่ยกลายเป็นตะกอนสะสมในถังน้ำมัน หรือทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำมันหล่อลื่น และอีกสาเหตุหนึ่งมาจากเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลบางส่วนร่วผ่านแหวนลูกสูบจึงมีผลทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้หล่อลื่นชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์มีคุณภาพลดลง น้ำมันหล่อลื่นถือว่ามีความสำคัญต่อเครื่องยนต์ เพราะน้ำมันหล่อลื่นจะช่วยหล่อลื่น ลดการเสียดสีและการสึกหรอของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ ช่วยระบายความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ช่วยระบายความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีและเมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานไปก็จะทำให้คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่นลดลงไปอย่างต่อเนื่อง ในที่สุดก็ไม่เหมาะสมกับการใช้งานอีกต่อไป เพราะจะส่งผลให้ชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ จึงจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นใหม่ซึ่ง

น้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติและอายุการใช้งานแตกต่างกัน (3)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ไบโอดีเซล B100 ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไบโอดีเซลให้สามารถใช้งานได้จริง รวมทั้งเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง

2. วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิง สมรรถนะ และมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมกับไบโอดีเซล B100 ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับการใช้ไบโอดีเซล B20 เป็นเชื้อเพลิง โดยการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

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

2. ทดสอบสมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงตามข้อ 1.

3. ทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าจากสภาพการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 200 ชั่วโมง ด้วยน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซล B20 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

4. นำผลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผล

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเร็ว ระบบควบคุมและแสดงผลของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า เครื่องวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้า เครื่องทดสอบหัวฉีด เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย เครื่องวัดความเร็วรอบ

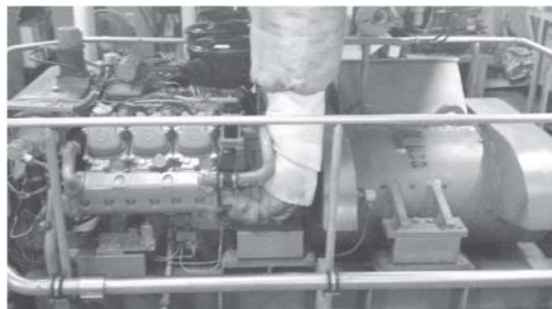
เครื่องวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เชื้อเพลิง นาฬิกาจับเวลา อุปกรณ์ในการตรวจวัดน้ำมัน เชื้อเพลิง และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซล

ข้อมูลทางเทคนิค	รายละเอียด
ผู้ผลิต	Daimler Benze
รุ่น	Mercedes-Benz OM 421
จำนวนสูบ	6 สูบ
ระบบการทำงาน	ดีเซล 4-จังหวะ, แบบไคเร็กอินเจกชั่น
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 รอบ ต่อนาที
ปริมาณน้ำมันหล่อลื่น	17.5 ลิตร
กำลังดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำสุด	2.5 บาร์

ตารางที่ 2 รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

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



รูปที่ 1 เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

2.2 วิธีการทดลอง

1. การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง

1.1 เตรียมเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการทดลอง โดยการผสมน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซล B100 ตามอัตราส่วนต่างๆ (4) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 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



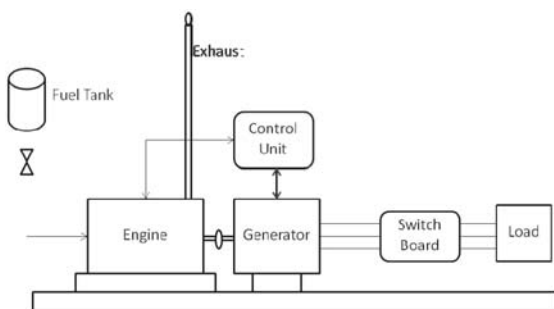
รูปที่ 2 ตัวอย่างเชื้อเพลิงอัตราส่วนผสมต่างๆ

1.2 นำเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมไปวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความร้อนเชื้อเพลิง ความหนาแน่น ความหนืด ความถ่วงจำเพาะ การสเปรย์ของฝอยละอองเชื้อเพลิงแต่ละชนิดกับหัวฉีด (Spray Pattern)

น้ำมันดีเซลที่ใช้สำหรับการทดลองสังเคราะห์จากบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) ส่วนไบโอดีเซล B100 ได้รับการสนับสนุนสำหรับการวิจัยจาก บริษัท ไทยโอเลโอเคมี จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ได้รับการรับรองจากกรมธุรกิจพลังงานให้เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายไบโอดีเซล B100 ที่ได้มาตรฐาน

2. การทดสอบสมรรถนะ และมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลก้านิคไฟฟ้า

2.1 ทำการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลก้านิคไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมตามอัตราส่วนต่างๆ โดยสภาวะการเดินเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง กำหนดให้ภาระทางไฟฟ้าที่มีค่าคงที่เท่ากับ 30% ของโหลดสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะคงที่ของรอบการทำงานของเครื่องยนต์ (ภาระสูงสุดเท่ากับ 120 kW ภาระคงที่เท่ากับ 36 kW) และทำการบันทึกค่าต่างๆ



รูปที่ 3 แผนภาพการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลก้านิคไฟฟ้า

2.2 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และวิเคราะห์มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำสำหรับการวิเคราะห์ไอเสียจะใช้เครื่องของ rbr-ecom® JN และ การวิเคราะห์ควันดำโดย Bosch รุ่น ETD 020.50 เพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์ ดังต่อไปนี้

2.2.1 กำลังเพลابرคของเครื่องยนต์ (Brake Power)

สามารถนำของค่ากระแสไฟฟ้า (I) และค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ที่จ่ายออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มาประมาณหากำลังเพลابرคของ เครื่องยนต์ได้ ดังสมการ

$$BP = \frac{\sqrt{3}VICos\theta}{1000}$$

เมื่อ BP คือ กำลังเพลابرคของเครื่องยนต์ (kW)
V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Volt)
I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า (Amp)
Cos θ คือ แฟกเตอร์กำลัง (Power Factor)

2.2.2 อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) คือ การวัดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานภายใต้โหลดและความเร็วต่างๆ ต่อเวลา ดังสมการ

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

เมื่อ m_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/h)
 V_f คือ ปริมาตรของน้ำมัน (mm³)
SG คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง
t คือ เวลา (Sec)

2.2.3 อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) คือ การหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนพลังงานจากเชื้อเพลิงให้เป็นงาน

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

เมื่อ SFC คือ อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kWh)
 m_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/h)
BP คือ กำลังเพลابرคของเครื่องยนต์ (kW)

2.2.4 กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power) คือ การหาพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงจากอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

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

เมื่อ FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)
 m_f คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/h)
 Q_{HV} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Higher Heating Value) (kJ/kg)

2.2.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Break Thermal Efficiency) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเครื่องยนต์ส่งออกกับกำลังงานที่เกิดจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิง

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

เมื่อ η_{bth} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (%)
 BP คือ กำลังเพลเบรกของเครื่องยนต์ (kW)
 FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

3. การทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า จากสภาพการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 200 ชั่วโมง ด้วยเชื้อเพลิง B0 และ B20 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

ตารางที่ 4 รูปแบบการทดลอง

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

ตารางที่ 5 คุณสมบัติจำเพาะของน้ำมันหล่อลื่น

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

ในการทดลองจะเลือกใช้เชื้อเพลิง B0 และเชื้อเพลิง B20 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเรือทำการทดลอง 4 การทดลอง โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวกันตลอดการทดลอง

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวกับการทดสอบและวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

2. กำหนดตัวแปรต่างๆ ที่จะทำการทดสอบ โดยตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่

- ค่าความหนืด (Viscosity) ASTM D 445
- ดัชนีความหนืด (Viscosity Index) ASTM D 2270
- ความเป็นด่างในน้ำมัน (Total Base Number) ASTM D 4739
- ปริมาณน้ำในน้ำมัน (Water Content) FTIR Spectroscopy
- โลหะสึกหรอปนเปื้อน (Wear Metal) FTIR Spectroscopy
- ปริมาณเขม่า (Soot) FTIR Spectroscopy
- ปฏิกิริยาไนเตรชัน (Nitration) FTIR Spectroscopy
- ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) FTIR Spectroscopy

3. เตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นที่จะใช้ในการทดลอง

4. เตรียมเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำการทดลอง ดังนี้

- ดำเนินการล้างระบบน้ำมันหล่อลื่น (Flushing) โดยการถ่าน้ำมันหล่อลื่นเดิมออกให้หมด แล้วทำการเติม Flushing Oil แทน และเดินเครื่องยนต์ประมาณ 10 นาที จากนั้นทำการถ่าน Flushing Oil ออกให้หมด

- ทำการเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันหล่อลื่นใหม่
 - ทำการเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่
 - ทำการเติมน้ำมันหล่อลื่นที่เตรียมไว้ ให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

- เดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะทำการทดลอง

5. บันทึกข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์ ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00 - 24.00 น. ของทุกวันจนครบระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะทำการทดสอบจาก

ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ 50, 100, 150, 200 ชั่วโมง เนื่องจากคู่มือบำรุงรักษาและการใช้งาน กำหนดให้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่ระยะเวลา 200 ชั่วโมง

6. เก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ ทดสอบปริมาณ 100 มิลลิลิตร ตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้สำหรับนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยมีรายละเอียดสำคัญที่ต้องปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านใช้งานหลังจากเดินเครื่องจักรตามปกติแล้วดังนี้

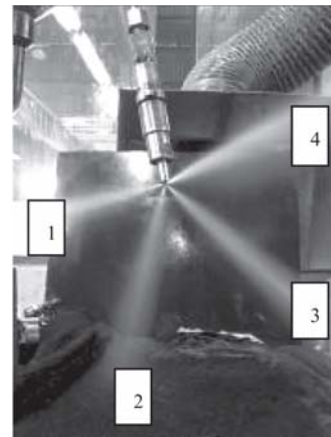
- เก็บขณะเครื่องร้อน และ ผ่านการตีความ
- เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง หรือจากกาวล้นเปลี่ยนถ่าย
- ปิดฝาขวดเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นให้แน่น
- นำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ทันที



รูปที่ 4 ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานที่ระยะเวลาต่างๆ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง การศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความร้อนของเชื้อเพลิง ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ความหนืดของเชื้อเพลิง ลักษณะการสเปรย์ของฟอยละอองเชื้อเพลิงแต่ละชนิดกับหัวฉีด (Spray Pattern) จะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง เพื่อเป็นข้อมูลในการนำเชื้อเพลิงไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ และมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งของมุมสเปรย์ที่ออกจากหัวฉีดของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ซึ่งทดสอบที่แรงดัน 175 บาร์

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิง

ชนิดเชื้อเพลิง	ความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)	ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (kg/m ³)	ความหนืดของเชื้อเพลิง (cSt)	
			@ 40 °C	@ 60 °C
B0	45,742.05	0.831	3.0	1.0
B5	45,537.35	0.834	3.1	1.1
B10	45,028.99	0.835	3.1	1.2
B15	44,725.32	0.837	3.4	2.1
B20	44,521.59	0.839	3.6	2.2
B25	43,813.35	0.843	3.7	3.1
B50	42,903.31	0.854	4.7	3.2
B75	42,499.70	0.858	5.1	3.3
B100	42,094.17	0.868	5.5	3.5

ตารางที่ 7 ค่ามุมสเปรย์ของเชื้อเพลิง

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

จากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ความร้อนของเชื้อเพลิงจะลดลง ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง และค่าความหนืดของเชื้อเพลิง จะเพิ่มขึ้น

จากการทดลองหาค่ามุมสเปรย์และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 5 และ ตารางที่ 7 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น มุมสเปรย์ (Spray cone angle) มีขนาดลดลง และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ระยะฉีดไกลสุด (Spray tip penetration) ไกลขึ้น และจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงช้าลง ซึ่งเกิดจากความหนาแน่นและความหนืดของเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ละอองเชื้อเพลิงเกิดการคลุกเคล้ากับอากาศไม่เต็มประสิทธิภาพ เป็นผลให้การสันดาปเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ทำได้ไม่ดี และเกิดการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

2. ผลการทดสอบสมรรถนะ และมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลก้านัดไฟฟ้า

2.1 อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

ผลการทดลองอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะลดลงตามอัตรา

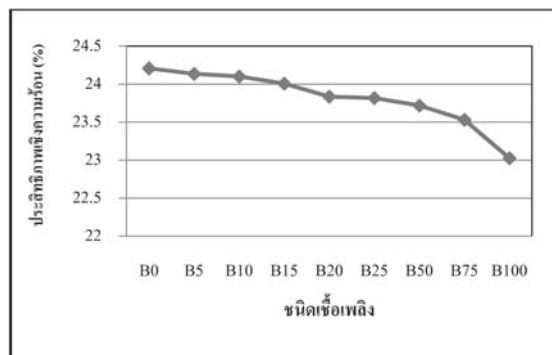
ส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไบโอดีเซลมีค่าความร้อนน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์เท่าเดิม โดยอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 มีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิง B0 เท่ากับ 0.50%, 1.82%, 2.72%, 3.32%, 5.00%, 7.29%, 8.68% และ 9.98% ตามลำดับ ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเชื้อเพลิง 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 (5-7)

2.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

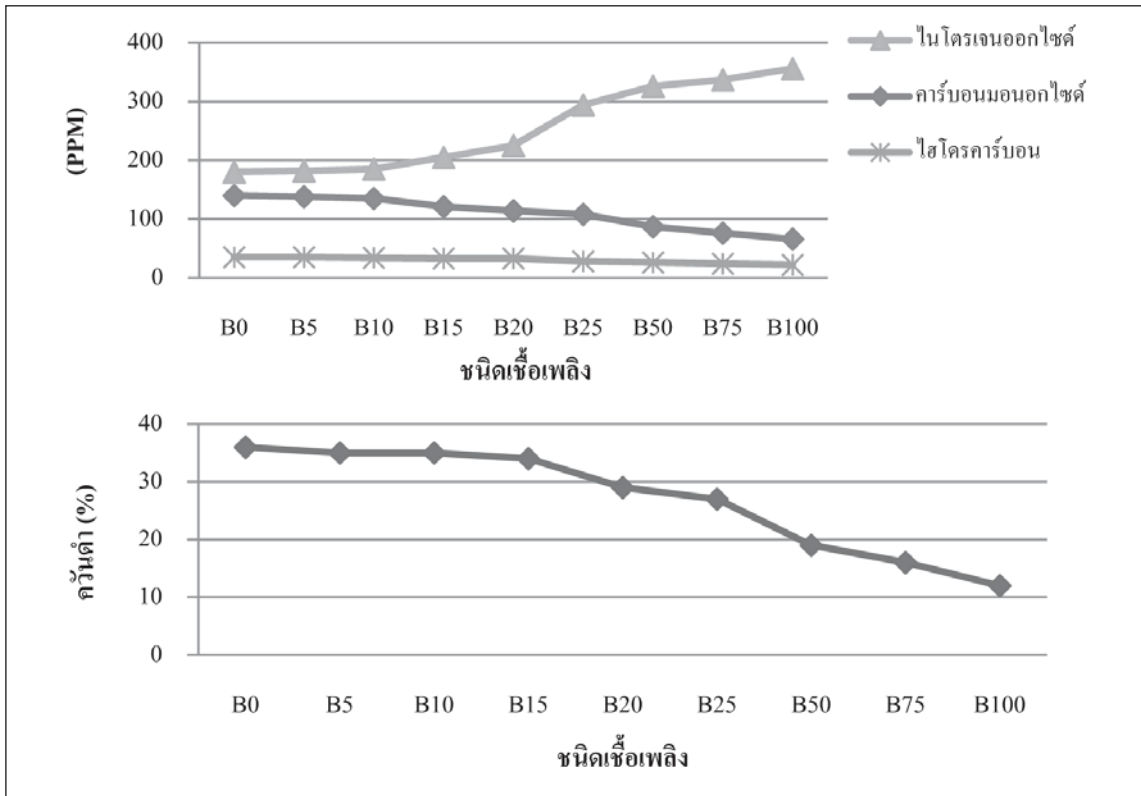
จากการทดสอบและคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ พบว่าเมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซล

ตารางที่ 8 อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

ชนิดเชื้อเพลิง	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kWh)
B0	12.040	0.325
B5	12.100	0.328
B10	12.263	0.332
B15	12.376	0.335
B20	12.453	0.339
B25	12.673	0.345
B50	12.986	0.354
B75	13.184	0.360
B100	13.375	0.371



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์



รูปที่ 7 มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์

เพิ่มขึ้น 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%, และ 5.14% ตามลำดับ

2.3 ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์

การทดสอบมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ ได้ทำการทดสอบเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะคงที่ของการทำงานของเครื่องยนต์ กำหนดภาระทางไฟฟ้าคงที่ 30% ของโหลดสูงสุด มลพิษที่เกิดจากการทดสอบเครื่องยนต์คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำ โดยการทดสอบนั้นจะเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิง B5, B10, B15, B20, B25, B50, B75 และ B100 เชื้อเพลิงละประมาณ 30 นาที โดยทุกครั้งก่อนเริ่มเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงชนิดใดๆ ที่ต้องการทดสอบจะทำการเปลี่ยนกรองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อน แล้วดำเนินการบันทึกค่าก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้น

ผลการทดสอบมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่ออัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น พบว่า

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีปริมาณลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนออกซิเจนในโครงสร้างของไบโอดีเซลเข้าไปช่วยในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ขึ้น ทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณลดลง โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดเท่ากับ 140 ppm และเชื้อเพลิง B100 มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำสุดเท่ากับ 66 ppm (8)

2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) มีปริมาณลดลง ซึ่งก๊าซไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนประกอบของน้ำมันดีเซล เมื่อเกิดการเผาไหม้ไม่หมดจึงเหลือเชื้อเพลิง (ไฮโดรคาร์บอน) ปนออกมากับไอเสีย ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นจึงมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงน้อย เมื่อเกิดการเผาไหม้จึงปนออกมากับไอเสียด้วย โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 35 ppm และเชื้อเพลิง B100 มีปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนต่ำสุด เท่ากับ 22 ppm

3. ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะเกิดจากการ

สันดาปในห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากความหนาแน่นและความหนืดของไบโอดีเซลที่มากกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ปล่อยละอองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกจากหัวฉีดคลุกเคล้ากับอากาศได้ไม่ดี เกิดความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition delay) มากขึ้น และยังเกิดการสะสมของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ต่ำสุดเท่ากับ 180 ppm และเชื้อเพลิง B100 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 356 ppm (9)

4. คำนวณปริมาณลดลง จากการใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงลดลง จึงทำให้เมื่อเกิดการเผาไหม้ จึงเกิดเขม่า น้อยกว่าน้ำมันดีเซล โดยเชื้อเพลิง B0 มีปริมาณเขม่าสูงสุดเท่ากับ 36 % และเชื้อเพลิง B100 มีปริมาณเขม่าต่ำสุดเท่ากับ 12 %

3. ผลการทดสอบการเดินเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า จากสภาพการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลา 200 ชั่วโมง ด้วยเชื้อเพลิง B0 และ B20 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ไบโอดีเซล B5 อยู่แล้ว และไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ซึ่งจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงไบโอดีเซลอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มปริมาณการใช้ไบโอดีเซลให้มากขึ้น งานวิจัยนี้เลือกใช้เชื้อเพลิง B20 ในการทดลองเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าระยะยาว เพื่อศึกษาผลกระทบต่อเครื่องยนต์

3.1 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ น้ำมันหล่อลื่น

การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น โดยการนำน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานในเครื่องยนต์มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณโลหะหนักหรือปนเปื้อนตามมาตรฐานอ้างอิงสามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุการชำรุดเพื่อนำมาใช้ในการกำหนดแนวทางป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหาย

1. ความหนืด (Viscosity)

การวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิ 40°C และ 100°C ซึ่งผ่านการใช้งานที่ระยะเวลาต่างๆ ตั้งแต่ 0, 50, 100, 150 และ 200 ชั่วโมง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานมีค่าไม่เกิน 25% ของน้ำมันหล่อลื่นใหม่ (4)

ผลการวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 40°C และ 100 °C พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และความหนืดจะลดลงตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

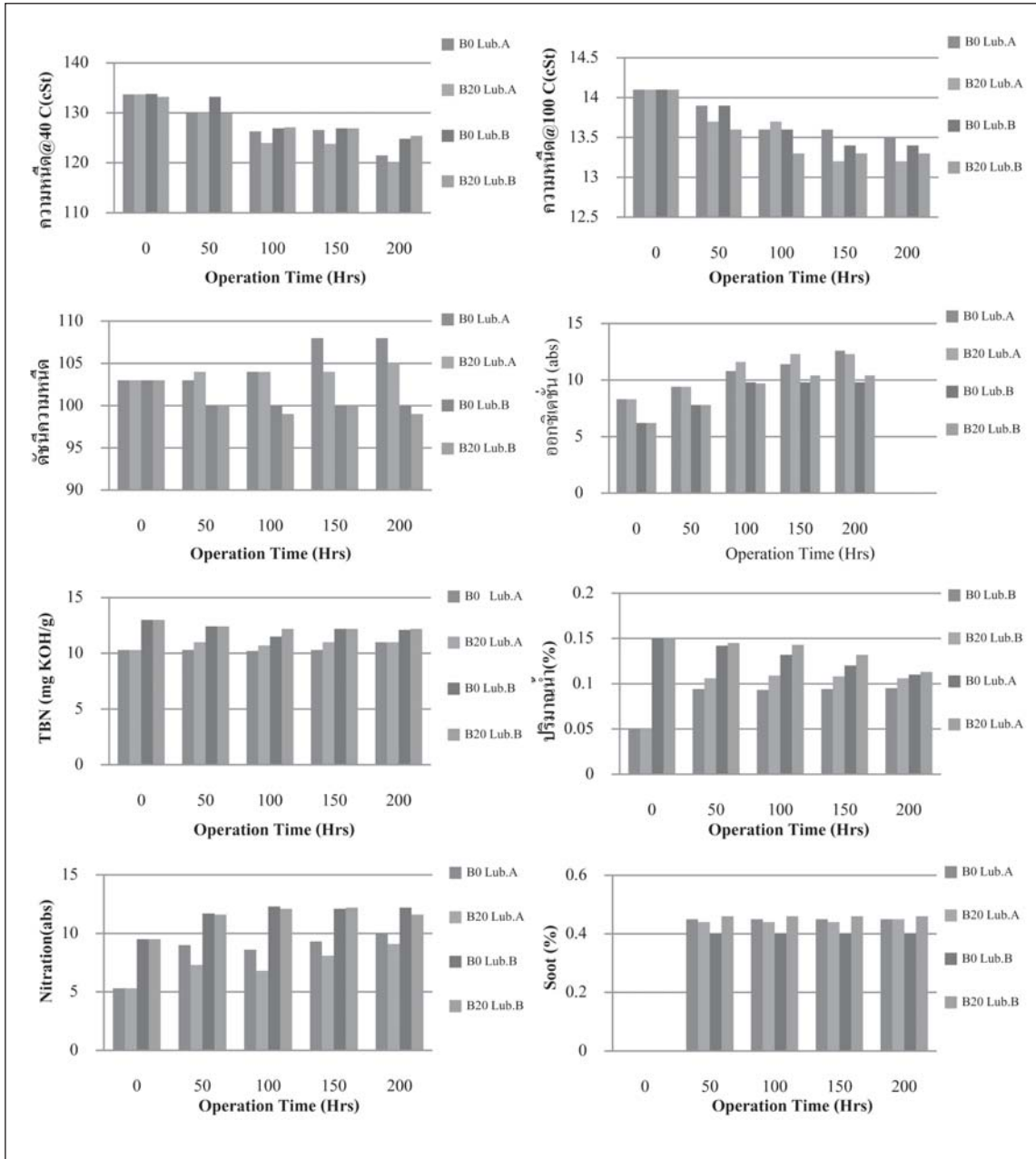
2. ดัชนีค่าความหนืด (Viscosity Index)

คือ ค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ผลการวิเคราะห์ดัชนีค่าความหนืด พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ค่าดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และดัชนีค่าความหนืดในน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ส่วนดัชนีค่าความหนืดในน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

รายการที่ทดสอบ	ชนิดเชื้อเพลิง		เปอร์เซ็นต์แตกต่าง
	B0	B20	
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/h)	12.04	12.45	3.32%
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kWh)	0.325	0.339	4.20%
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	24.21	23.84	-1.57%



รูปที่ 8 การวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

3. ค่าความเป็นด่าง (Total Base Number-TBN)

เป็นการวัดปริมาณของด่างที่เหลืออยู่ในน้ำมันหล่อลื่น หรือ TBN เป็นความสามารถลดความเป็นกรด ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ภายใน ห้องปฏิบัติการจะประเมินผลการวิเคราะห์ค่า TBN ของน้ำมันหล่อลื่นใช้การเปรียบเทียบกับค่า TBN ของน้ำมันใหม่ โดยน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานมาพอสมควรควรมีค่า TBN ไม่น้อยกว่า 50% ของค่า TBN ของน้ำมันหล่อลื่นใหม่

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณของด่างในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และค่า TBN มีแนวโน้มคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาใช้งาน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการทดสอบไม่มากพอ ทำให้ค่า TBN มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

4. ปริมาณน้ำ (Water Content)

ระดับปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นที่สูงผิดปกติจะทำให้ให้น้ำมันเสื่อมสภาพและความสามารถในการหล่อลื่นลดลง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการกำหนดให้ระดับปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่น มีค่าไม่เกินร้อยละ 0.3 โดยมวล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาใช้งานที่เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณน้ำในน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาใช้งานที่เพิ่มขึ้น

5. ปริมาณเขม่า (soot)

ปริมาณเขม่าที่สูงจะเป็นดัชนีที่แสดงว่าเครื่องยนต์เริ่มมีปัญหาหรือระยะเวลาเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นนานเกินไปค่ากำหนดในห้องปฏิบัติการกำหนดให้ปริมาณเขม่าในน้ำมันหล่อลื่น มีค่าไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยมวล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเขม่า พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 และเชื้อเพลิง B0 ปริมาณเขม่าในน้ำมันหล่อลื่น มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาใช้งาน

6. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)

เป็นการตรวจสอบการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเนื่องจากอายุการใช้งาน ภาระการใช้งาน หรือสภาพ

อุณหภูมิการใช้งาน โดยใช้เครื่องวัด FTIR (Fourier Transform InfraRed Spectrometer) หน่วยที่วัดได้ absorbance (abs)

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และ อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

7. ไนเตรชัน (Nitration)

โดยทั่วไปแล้วไนเตรชันเกิดขึ้นจากการสันดาปภายในระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศผลผลิตของกระบวนการไนเตรชันจะรั่วไหลผ่านแหวนลูกสูบ ซึ่งผลผลิตของไนเตรชันจะมีความเป็นกรดสูง ทำให้เกิดตะกอน และเร่งการเกิดออกซิเดชัน ใช้เครื่องวัด FTIR (Fourier Transform InfraRed Spectrometer) หน่วยที่วัดได้ absorbance (abs)

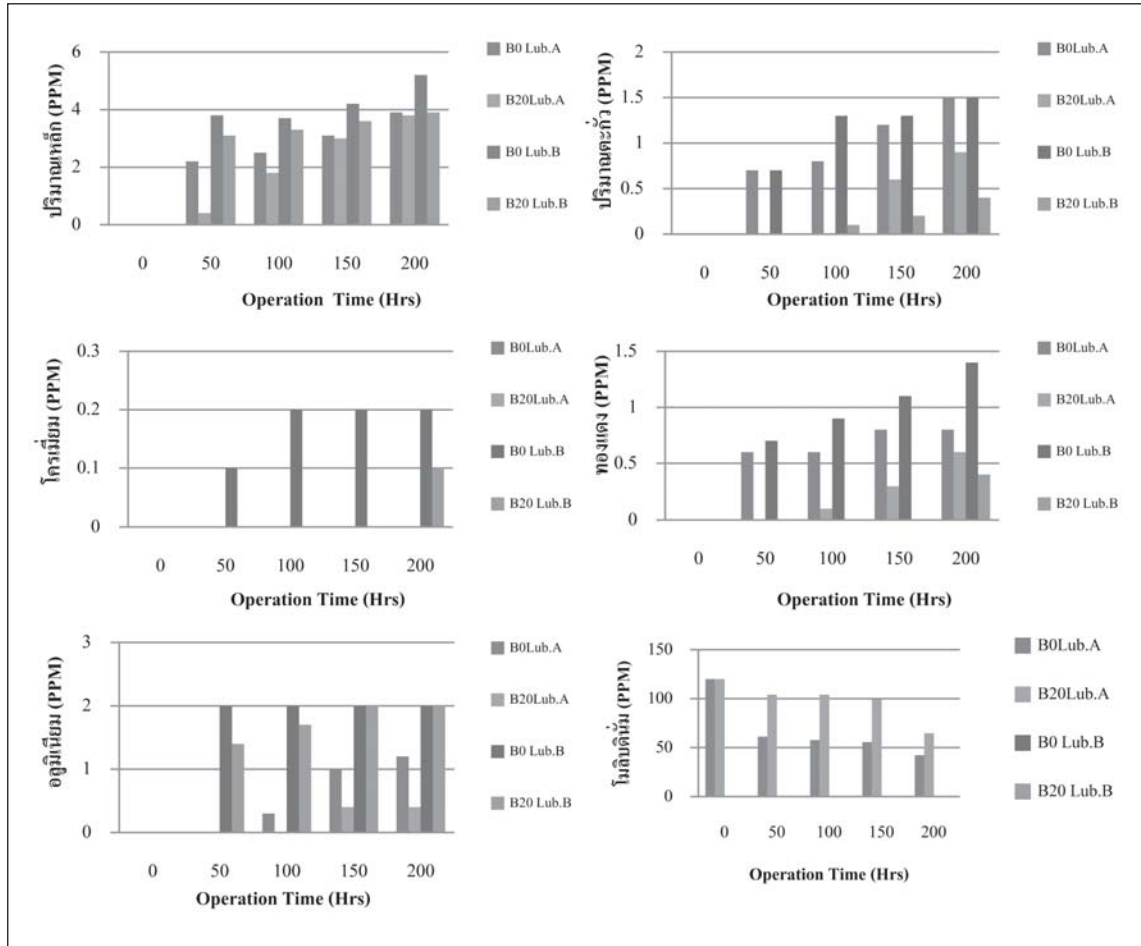
ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไนเตรชัน พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนเตรชันในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไนเตรชันเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาใช้งานที่เพิ่มขึ้น

8. ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อน (Wear Metal)

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นที่ช่วงเวลาต่างๆ สำหรับอนุภาคโลหะที่สึกหรอนั้น โดยปกติจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อนุภาคโลหะที่เกิดจากการสึกหรอแบบปกติ (Normal wear) ซึ่งจะเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ขณะที่ใช้งานปกติขนาดของอนุภาคโลหะที่สึกหรอส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน และอนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอที่ผิดปกติ (Abnormal wear) ซึ่งเกิดกับเครื่องยนต์ที่มีการะสูง มักจะมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 5 ไมครอน

วิธีการที่จะทำให้ทราบถึงสภาวะที่เครื่องยนต์เริ่มชำรุดหรือมีแนวโน้มว่าจะชำรุด คือ การตรวจหาโลหะที่สึกหรออยู่ในน้ำมันหล่อลื่น โดยชนิดของโลหะที่ตรวจพบจะเป็นตัวชี้ว่าส่วนใด สึกหรอ ปริมาณโลหะจะเป็นตัวบอกถึงระดับการสึกหรอ และขนาดจะเป็นตัวบอกระดับของการสึกหรอ

อนุภาคของของเศษโลหะที่ตรวจพบในน้ำมันหล่อลื่น สามารถแยกได้ตามแหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่



ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

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 ^o (cSt)	3.0	3.0	3.0	3.4	3.6	3.7	4.7	5.1	5.5
1.4 ความหนืดของเชื้อเพลิง @100C ^o (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 คว้นดำ (%)	36	35	35	34	29	27	19	16	12

1. Wear Metal Element คือ ธาตุโลหะของอนุภาคเศษโลหะที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่น โดยเกิดจากการเสียดทานและการสึกหรอของชิ้นส่วนที่เกิดจากการเสียดสีกันไปมา

2. Contamination Element คือ ธาตุโลหะของอนุภาคของสิ่งสกปรกปนเปื้อนระบบหล่อลื่น

3. Additive Element คือ ธาตุโลหะของสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะสึกหรอ ได้แก่ เหล็ก โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว อลูมิเนียม โมลิบดีนัม ซึ่งเป็นโลหะที่อยู่ในชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ ที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานที่ช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่ 0, 50, 100, 150 และ 200 ชั่วโมง พบว่าโลหะเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงการใช้งาน โดยแยกออกตามชนิดของโลหะดังนี้

- เหล็ก เป็นโลหะที่พบในชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ได้แก่ กระบอกสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และเพลาลูกเบี้ยว สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 150 ppm ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก พบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณของเหล็กในน้ำมันหล่อลื่น จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และปริมาณของเหล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

- ตะกั่ว เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ได้แก่ โลหะที่เคลือบผิวของเบร้งของก้านสูบ สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 60 ppm ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณของตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่น จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และ ปริมาณของตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

- ทองแดง เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ได้แก่ ลูกสูบ สลักลูกสูบ และเบร้ง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 60 ppm ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณของทองแดงในน้ำมันหล่อลื่น จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และ ปริมาณของทองแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

- ปริมาณโครเมียม เป็นโลหะที่ประกอบอยู่ตามชิ้นส่วนต่างๆ เช่น สลักลูกสูบ แหวนลูกสูบ และเพลาข้อเหวี่ยง สำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้

มีค่าไม่เกิน 30 ppm

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมพบว่าพบว่ามีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และไม่พบโครเมียมในน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

- อลูมิเนียม เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ได้แก่ ลูกสูบ เบร้งก้านสูบ วาล์วและบุชซึ่งบางอย่างสำหรับเกณฑ์กำหนดที่ห้องปฏิบัติการ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 ppm ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอลูมิเนียมพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณของอลูมิเนียมในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0

- โมลิบดีนัม แสดงการสึกหรอของแหวนลูกสูบ และเป็นสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่น ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดีนัมพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณของโมลิบดีนัมในน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 และพบเฉพาะในน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A ซึ่งน่าจะเป็นสารเคมีปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A

ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ A และน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อ B เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพบว่าน้ำมันหล่อลื่นทั้งสองยี่ห้อ ไม่แตกต่างกัน ดังนี้

1. สภาพการสึกหรอ และผลทดสอบการสึกหรอ ทั้งหมด พบว่าอยู่ในช่วงปกติ
2. คุณสมบัติของน้ำมัน และผลทดสอบน้ำมัน ทั้งหมด พบว่าอยู่ในช่วงปกติ
3. สภาพการปนเปื้อน และระดับการปนเปื้อน สิ่งสกปรก พบว่าอยู่ในช่วงปกติ

4. สรุป

การศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิง สมรรถนะและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมกับไบโอดีเซล B100 ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นเชื้อเพลิง และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อใช้ไบโอดีเซล B20 เปรียบเทียบกับใช้เชื้อเพลิง B0 เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ตามตารางที่ 10 และแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

4.1 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ความหนาแน่น และความหนืดของเชื้อเพลิง จะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น และมีผลต่อมุมสเปรย์ และขนาดของฝอยละอองเชื้อเพลิง ซึ่งเมื่อเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นและความหนืดเพิ่มขึ้น มุมสเปรย์ (Spray cone angle) มีขนาดลดลง และลักษณะฝอยละอองของเชื้อเพลิงจะมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ระยะฉีดไกลสุด (Spray tip penetration) ไกลขึ้น และจังหวะการฉีดเชื้อเพลิงช้าลง ทำให้ละอองเชื้อเพลิงเกิดการคลุกเคล้ากับอากาศไม่เต็มประสิทธิภาพ เป็นผลให้การสันดาปเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไม่มีและเกิดการตกค้างของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

4.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า

อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไบโอดีเซลมีความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์เท่าเดิมจากการทดสอบเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิง B20 พบว่าสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าได้ โดยสามารถเดินเครื่องยนต์ได้เป็นปกติและเมื่อเปรียบเทียบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ เมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 0.339 kg/kWh มากกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 4.20 % ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 23.84 % น้อยกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B0 1.57 % การทดสอบมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ พบว่าเมื่อปริมาณอัตราส่วนของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) และควันทามิมีปริมาณลดลง ส่วนแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) มีปริมาณเพิ่มขึ้น

4.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

เมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 เปรียบเทียบกับการใช้ B0 เป็นเชื้อเพลิง ผลจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น ตั้งแต่ 0, 50, 100, 150 และ 200 ชั่วโมง พบว่า เมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 ปริมาณโลหะสึกหรอปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น ได้แก่ เหล็ก โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว อลูมิเนียม มีปริมาณน้อยกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง

B0 ซึ่งเป็นผลเนื่องจากไบโอดีเซลมีคุณสมบัติในการช่วยหล่อลื่นที่ดีจึงช่วยในการลดการเสียดสีระหว่างผิวของโลหะ ทำให้เกิดการสึกหรอน้อยลง รวมทั้งความหนืดและดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะมีค่าต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิง B0 อาจจะเป็นผลจากการเจือปนของเชื้อเพลิง หรือน้ำ ในน้ำมันหล่อลื่น ส่วนความเป็นด่างในน้ำมันหล่อลื่น (TBN) มีค่ามากกว่าการใช้เชื้อเพลิง B0 เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิง B20 น้ำมันหล่อลื่นจะมีสภาพความเป็นกรดที่ต่ำกว่า ซึ่งส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และในเตรชั่นลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ไทโอดีโอเคมี จำกัด ที่สนับสนุนน้ำมันไบโอดีเซล B100 สำหรับงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ บริษัท โฟกัสแอส จำกัด ที่ได้สนับสนุนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อุทหากรเรือพระจุลจอมเกล้า และเจ้าหน้าที่แผนกช่างกลเรือหลวงหนองสาหร่าย ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยจนการวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Yodkhum S. Performance and Wear of Diesel Power Generator Using Diesel Fuel and Crude Degummed Palm Oil Blends (M.Eng thesis) Chiangmai: Chiangmai University; 2009. Thai.
- (2) Doungjai K. Performance Comparison Between Diesel Blending Refined Palm Oil and Diesel Blending Fuel Oil Additive for Diesel Generator (M.Sc thesis) Chiangmai: Chiangmai University; 2008. Thai.
- (3) Sooksam P. Evaluation of Lubricating Oil Degradation from Gasohol Contamination in Engine (M.Eng thesis) Chiangmai: Chiangmai University; 2009. Thai.

- (4) Kumtip T, Chaitep S, Bundhurat D, Changrua W, Nimasang T. The Experiment Study of Scleropyrum wallichianum Oil Blended Diesel and Biodiesel as Fuel for Diesel Engine. The 13 th TSAE Nation Conference. 4-5 April 2012 P.353-360. Thai.
- (5) Duangmookpanao T, Suwannakit k, Topaiboon S, Cholkoo N. Effect of Biodiesel on Single Cylinder Diesel Engine : Case Study of 2,000 Working Hours and the Engine Evaluation. The 23 th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand. 4-7 November 2009 Thai.
- (6) Kundhawiorn N. Long –Term Test of a Small Engine Fuels with Bio- Ethanol Blends (M.Eng thesis) Chiangmai: Chiangmai University; 2005. Thai.
- (7) Yamtraipat N. The experiment study of using bio-diesel from waste vegetable-oils in diesel engine. 9 th Conference on Energy Network of Thailand. 23-25 May 2007. Thai.
- (8) Poonnakhun W, Suntivarakorn P, Theragulpisut S, Sookkumnerd C. The Effect of Biodiesel on Diesel Engine Performance. KKU Engineering Journal Vol. 33 No. 3 (193 -208) May-June 2006. Thai.
- (9) Worapun I, Pianthong K, Pongstabodee S, Soodphakdee D. Performance and Emission Characteristics in Diesel Engine Using Biodiesel from Waste Cooking Oil – Ethanol blend as a Fuel. KKU Engineering Journal Vol. 33 No. 6 (691-705). November – December 2006. Thai.