สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กใช้กับน้ำมันพืช 100%

A Small CI Engine Using Neat Vegetable Oil

โดย

จินดารัตน์ เกษมสุขสกุล

นวลนิล เศรษฐโภคิน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....62459
วัน,เดือน,ปี.18 ส.ค. 2549

.b.....11625521.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A SMALL CI ENGINE USING NEAT VETGETABLE OIL

JINDARAT KASAMSUKSAKUL

NUANNIN SETHAPOKIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กใช้กับน้ำมันพืช 100%

A Small CI Engine Using Neat Vegetable Oil

ผู้จัดทำ

1. นางสาว จินดารัตน์ เกษมสุขสกุล รหัสประจำตัว 45010116
2. นางสาว นวลนิล เศรษฐโภคิน รหัสประจำตัว 45010386

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กใช้กับน้ำมันพืช100%

นางสาวจินดารัตน์ เกษมสุขสกุล 45010116
นางสาวนวลนิล เศรษฐโภคิน 45010386
ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ให้สามารถใช้กับน้ำมันพืช100เปอร์เซ็นต์ โดยดัดแปลงในส่วนของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ให้รองรับการใช้งานกับน้ำมันปาล์มซึ่งมีความหนืดสูงและเป็นไขที่อุณหภูมิต่ำ และได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันพืชที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำมัน ที่มีผลต่อการไหม้ในเครื่องยนต์ พบว่าเมื่อเดินเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์จะเดินเรียบ ไม่กระตุกเหมือนเดินเครื่องยนต์โดยไม่ได้อุ่นน้ำมัน แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส เครื่องจะเดินไม่เรียบ กระตุก และดับเองเป็นบางครั้ง เนื่องจากเกิดการเป็นไอในท่อทางเดินน้ำมัน คล้ายกับกรณีการเกิดเวเพอร์ล็อก

ในส่วนของการดัดแปลงเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงจะประกอบด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสีย ซึ่งสามารถอุ่นน้ำมันได้อุณหภูมิสูงถึง 110 องศาเซลเซียส โดยเมื่อใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้ากำลังของเครื่องยนต์จะตกลง 3-5 %

การใช้ระบบเชื้อเพลิงควบคู่เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เลือกใช้งานวิจัยนี้ กล่าวคือ เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงจะติดเครื่องด้วยน้ำมันดีเซล ในขณะที่น้ำมันพืชจะถูกอุ่นด้วยความร้อนจากไอเสียและฮีตเตอร์ไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิน้ำมันพืชสูงตามที่ต้องการแล้ว เครื่องยนต์จึงจะเปลี่ยนมาเดินเครื่องด้วยน้ำมันพืช และเปลี่ยนกลับไปใช้น้ำมันดีเซลก่อนจะดับเครื่องประมาณ 3-5 นาที ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการติดเครื่องยาก และขจัดคราบที่หลงเหลือจากการเผาไหม้น้ำมันพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A SMALL CI ENGINE UESING NEAT VEGETABLE OIL

Miss Jindarat Kasamsuksakul

Miss Nuannin Sethapokin

Asst.Prof.Dr.Chinda Charoenphonphanich Advisor

ABSTRACT

The purpose of this project is to modify a small diesel engine to fit with neat vegetable oil. According to the properties of palm oil which has high viscosity and becomes solid at low temperature, the fuel system was modified. The engine's performance at various temperature was investigated in oder to study the effect of fuel oil's temperature on engine's combustion. Test results reveal that heating palm oil above 60°c, the engine would run smoothly. By the way, heating palm oil above 120°c would causes the engine runs roughly and stalls from vapor lock.

The modified engine is consist of the electric heater and the exhaust gas-heat exchanger which able to heat palm oil maximum at 110°c. But using the electric heater, the enging would lose its power approximately 3-5%.

Two-tank system is another method chosen. The engine is started on the diesel oil while the vegetable oil is heated by an electric heater and an exhaust gas-beat exchanger . When the temperature riches the desired temperature, the engine is switched manually to run on the vegetable oil. Before shutting down for 3-5 minutes, the engine is switched back to diesel oil so that the vegetable oil is flushed from the fuel system. This method cleans up the fuel line and combustion chamber from vegetable and the engine is then ready to be restarted on diesel fuel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างปริญญานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ อาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำบูล ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการออกแบบชุดอุปกรณ์เสริมและทำการทดลอง

ขอขอบคุณ บริษัท สุขสมบูรณ์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนน้ำมันปาล์มเพื่อใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคน

สุดท้ายต้องขอขอบคุณผู้ร่วมโครงงานของข้าพเจ้าที่เป็นเสมือนคู่คิด และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

จินดารัตน์ เกษมสุขสกุล

นวลนิล เศรษฐโภคิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.7 สรุปแผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	
3.1 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	6
3.11 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง	7
3.12 ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	7
3.13 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	9
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิง	
3.2 น้ำมันเชื้อเพลิง	10
3.2.1 น้ำมันดีเซล	11
3.2.2 น้ำมันพืช	17
3.2.3 แนวทางการใช้น้ำมันพืชทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล	18
3.3 น้ำมันปาล์ม	20
3.3.1 ชนิดของน้ำมันปาล์ม	20
3.3.2 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ 22

4.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อพฤติกรรมของน้ำมันปาล์ม

4.1.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อความหนืดของน้ำมันปาล์ม

4.1.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 22

4.1.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ 24

4.1.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์ม 25

4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อรูปแบบการสเปรย์ของน้ำมัน 25

4.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ 28

4.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ 26

4.3.2 สภาวะการทดสอบ 30

4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ 31

4.3.4 การคำนวณโหลดและสมรรถนะของเครื่องยนต์

4.3.4.1 การคำนวณโหลด 32

4.3.4.2 การคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์ 33

บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 36

5.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อพฤติกรรมของน้ำมันปาล์ม

5.1.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อความหนืดของน้ำมันปาล์ม 35

5.1.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์ม 36

5.1.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อรูปแบบการสเปรย์ของน้ำมัน 37

5.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

5.2.1 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำในจำเพาะเบรก 39

5.2.2 อุณหภูมิไอเสีย 40

5.2.3 เปอร์เซ็นต์ควันดำในไอเสีย 41

บทที่ 6 การดัดแปลงเครื่องยนต์

6.1 ระบบเชื้อเพลิงควบคู่ 43

6.2 การออกแบบระบบการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 44

6.2.1 การอุ่นน้ำมันพืชด้วยไฟฟ้า 44

6.2.2 การอุ่นน้ำมันพืชด้วยความร้อนจากไอเสีย 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ดัดแปลง 49

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 51

7.1 สรุปผลการทดสอบการสเปรย์ของน้ำมัน 51

7.2 สรุปผลการทดสอบเครื่องยนต์ 51

7.3 สรุปผลการดัดแปลงเครื่องยนต์ 51

7.4 ข้อเสนอแนะ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำมันดีเซล (ข้อมูลจากบริษัทเอสโซ่ฯ) 15

ตารางที่ 3.2 ข้อกำหนดมาตรฐานของเชลล์ดีโซลีน 16

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ 17

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ 19

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์ม 21

บทที่ 4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 สภาวะการทดสอบความหนืดน้ำมันเชื้อเพลิง 24

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ Golden Blow 26

ตารางที่ 4.3 สภาวะที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์ 30

ตารางที่ 4.4 สภาวะน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ

รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เล็กดีเซล 6

รูปที่ 3.2 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง 7

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 7

รูปที่ 3.4 การทำงานของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 8

รูปที่ 3.5 การปรับปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 9

รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 9

รูปที่ 3.7 เครื่องมือหาจุดวาบไฟแบบCOC 14

รูปที่ 3.8 ผังวงจรจากน้ำมันพืชสู่ไบโอดีเซล 19

รูปที่ 3.9 น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม 20

บทที่ 4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

รูปที่ 4.1 Brookfield Viscometer 22

รูปที่ 4.2 Wingather V 2.1 23

รูปที่ 4.3 Temperature Control Bath 23

รูปที่ 4.4 ไฮโดรมิเตอร์สำหรับหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน 25

รูปที่ 4.5 ชุดถ่ายภาพการสเปรย์ของหัวฉีด 25

รูปที่ 4.6 Eddy Current Dynamometer 27

รูปที่ 4.7 การติดตั้งเครื่องยนต์กับแท่นทดสอบ 27

รูปที่ 4.8 ชุดคอนโทรล 28

รูปที่ 4.9 ชุดวัดควันดำ 28

รูปที่ 4.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก 28

รูปที่ 4.11 ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์150 วัตต์ 29

รูปที่ 4.12 ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและเทอร์โมคัปเปิล 29

รูปที่ 4.13 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ 29

รูปที่ 4.14 การติดตั้งชุดอุ่นน้ำมันก่อนเข้าปั๊มหัวฉีด 30

รูปที่ 4.15 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ 32

บทที่ 5 ผลการทดลอง

รูปที่ 5.1 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้อง 35

รูปที่ 5.2 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ความเร็วรอบSpindle 90 rpm 36
รูปที่ 5.4 ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันที่อุณหภูมิต่างๆ 36
รูปที่ 5.5 การสเปรย์ของน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง 37
รูปที่ 5.6 การสเปรย์ของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้อง 37
รูปที่ 5.7 เปรียบเทียบการสเปรย์ของน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ 38
รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ 39
รูปที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ 40
รูปที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ควันดำในไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ 41

บทที่ 6 การดัดแปลงเครื่องยนต์ 43
รูปที่ 6.1 แผนภาพการทำงานระบบ two- tank system 43
รูปที่ 6.2 ฮีตเตอร์ที่ออกแบบเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์ 44
รูปที่ 6.3 ฮีตเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์ 44
รูปที่ 6.4 ลักษณะการติดตั้ง ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและเทอร์โมสตัดกับเครื่องยนต์ 45
รูปที่ 6.5 หลักการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 46
รูปที่ 6.6 ไกลปรับวาล์ว เพื่อปรับปริมาณไอเสียที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 46
รูปที่ 6.7 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสียที่สร้างขึ้นเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์ 47
รูปที่ 6-8 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสียกับเครื่องยนต์ 47
รูปที่ 6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบ 49
รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบ 49
รูปที่ 6.11 การติดตั้งเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงกับแท่นทดสอบ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ช่วงเวลาที่ผ่านมาประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ซึ่งพลังงานหลักได้มาจากปิโตเลียม โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล ดังนั้นจึงได้มีความพยายามส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้เชื้อเพลิงทดแทนซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ มาเป็นเชื้อเพลิงส่งเสริมสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ เพื่อลดการสูญเสียเงินตราและสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับประเทศทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรด้วย

การนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้รับความสนใจมากขึ้นในปัจจุบัน เหตุผลที่จะนำเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้กับยานยนต์มีแรงผลักดันที่สำคัญมาจากความต้องการที่จะปรับปรุงคุณภาพอากาศ การลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ หรือการลดก๊าซที่ส่งผลต่อสภาวะเรือนกระจก และความเป็นกังวลเกี่ยวกับสารพิษจำพวกไฮโดรคาร์บอนบางชนิดจากเครื่องยนต์เบนซิน รวมทั้งเขม่าและฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล แต่ปัญหาหลักประการหนึ่งของการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลคือ ความหนืดของน้ำมันพืชมีค่าสูงที่อุณหภูมิห้อง ทำให้การแตกตัวของละอองเชื้อเพลิงขณะที่ฉีดเข้าห้องเผาไหม้น้อย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ต่ำไปด้วย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ทั้งด้านการผลิตและการตลาดอุตสาหกรรม ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องเอื้อประโยชน์ต่อกันระหว่างเกษตรกรผู้ผลิตผลปาล์มสด โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยเกษตรกรเป็นผู้ที่ปลูกปาล์มป้อนให้โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เพื่อแปรรูปผลปาล์มในขั้นต้นให้เป็นน้ำมันปาล์มดิบ แล้วจึงป้อนให้โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เพื่อผลิตเป็นน้ำมันพืชในการบริโภคและอีกส่วนหนึ่งเพื่อการอุปโภค โดยป้อนให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิต เช่น สบู่ น้ำยาล้างจาน เป็นต้น จะเห็นได้ว่าธุรกิจปาล์มน้ำมันเป็นธุรกิจที่มีขนาดใหญ่ มีศักยภาพการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันอื่นๆ ด้วยสาเหตุที่ว่าต้นทุนการผลิตต่ำ และน้ำมันปาล์มยังเป็นน้ำมันพืชที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดังนั้นจึงส่งผลให้ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

1.2.2 เพื่อดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กให้สามารถใช้กับน้ำมันปาล์ม100เปอร์เซ็นต์ แก้ปัญหาการติดเครื่องยาก เครื่องยนต์เดินไม่เรียบและดับ เมื่อใช้กับน้ำมันพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขตของโครงการ

ความหนืดของน้ำมันพืชเป็นปัญหาหลักของการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ งานวิจัยนี้เลือกการดัดแปลงระบบจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มอุณหภูมิเชื้อเพลิงก่อนจ่ายเข้าหัวฉีด โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเป็นต้นแบบในการทดสอบด้านสมรรถนะ และมลภาวะ เมื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เดียวกัน การวิจัยนี้ยังอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิต่างๆเพื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิน้ำมันที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์อีกด้วย

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือ

- น้ำมันปาล์มดิบ (CPO) สกัดจากผลปาล์มสด (Fresh Fruit Bunch) มีลักษณะเป็นน้ำมันข้น มีสีส้มขุ่น ณ อุณหภูมิปกติ เมื่ออุ่นด้วยความร้อน น้ำมันจะใสและมีสีส้มอมแดง
- น้ำมันสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง

1.4 สมมติฐานจากการศึกษา

1.4.1 รูปแบบการสเปรย์มีผลต่อการเผาไหม้ของน้ำมัน การฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละอองดีพอจะช่วยให้น้ำมันคลุกคลุกเคล้ากับอากาศภายในห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 เชื้อเพลิงที่มีความหนืดต่ำจะแตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนืดสูง

1.4.3 การอุ่นน้ำมันก่อนเข้าปั๊มหัวฉีดจะช่วยลดความหนืดของน้ำมัน และเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

1.5 สรุปแผนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความหนืดของน้ำมันพืช

1.4.2 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อรูปแบบการสเปรย์ของน้ำมัน

1.4.3 ทดสอบเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่างๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

1.4.4 ออกแบบระบบอุ่นน้ำมันพืชเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

1.4.5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กว่า 60% ของปิโตรเลียมถูกนำไปใช้ในด้านคมนาคมขนส่งโลก ปิโตรเลียมเป็นทรัพยากรพลังงานที่จำกัดใช้แล้วหมดไป การใช้ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีสวนทางกับปริมาณสำรองที่ลดลงไปเรื่อยๆ สักวันหนึ่งปิโตรเลียมก็จะหมดไปจากโลกใบนี้ เชื้อเพลิงทดแทน (Alternative Fuels) เป็นทางเลือกใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนยานยนต์ คือคำตอบที่กำลังให้ข้อพิสูจน์ถึงความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เป้าหมายหลักของการใช้เชื้อเพลิงทดแทนในปัจจุบันนอกจากทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมแล้ว ก็เพื่อลดปัญหามลภาวะซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงแบบดั้งเดิมด้วย ผลงานวิจัยดังต่อไปนี้ ประกอบด้วยงานวิจัยถึงสมรรถนะ ประสิทธิภาพและปัญหาในการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล

ผลการวิจัยของ Menceratana, K. [2] เพื่อศึกษาผลกระทบจากการจำลองการใชน้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล (น้ำมันปาล์มดิบ 10 ส่วนต่อน้ำมันดีเซล 90 ส่วน โดยปริมาตร) กับเครื่องยนต์การเกษตรขนาดเล็กชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าภายใต้วัฏจักรภาระที่กำหนดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 320 ชั่วโมงพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบผสมดีเซล มีปริมาณควันดำเพิ่มสูงขึ้นตามชั่วโมงการทำงานและสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล การสุ่มวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นพบความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีค่าเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤตในชั่วโมงการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 และ 110 พบปริมาณโลหะตกค้างในน้ำมันหล่อลื่นสูงกว่าและมีค่าสูงเพิ่มขึ้นเมื่อใกล้ จุดสิ้นสุดอายุน้ำมันหล่อลื่นคือ 100 ชั่วโมงในทุกค่าที่ทำการตรวจวัด และพบปริมาณเหล็กและตะกั่วในปริมาณที่สูงมากเมื่อใช้ งานเกินอายุน้ำมันหล่อลื่นและพบสภาพการสึกหรอในแบริ่งก้านสูบอีกด้วย จากการตรวจพินิจยังพบปริมาณเขม่าจับตัวหนาที่ปลายหัวฉีด ตลอดจนพบปริมาณตะกอนตกค้างในกระบอกไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และพบคราบตะกอนสีแดงส้มที่ผนังฝาสูบของเครื่องยนต์อีกด้วย

รายการโทรทัศน์เพื่อการศึกษาของมูลนิธิไทยคม เสนอการทดสอบเดินเครื่องยนต์ด้วยการใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ผสมกับน้ำมันดีเซล โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบคือ เครื่องยนต์ดีเซล BD 25 ของ NISSAN ที่ไม่มีการปรับแต่งใดๆกับเครื่องยนต์เลย ผลจากการทดสอบการเร่งเครื่องยนต์ก็ไม่มีอาการสะดุดแต่อย่างใด และควันดำที่เคยพบเมื่อใช้น้ำมันดีเซลลดลง และครั้งนั้นยังมีการวัดควันดำ โดยนำรถ TOYOTA Mighty Xเครื่องยนต์ 2Lเดิมๆที่ใช้น้ำมันปาล์ม 100% วิ่งใช้งานไปกลับ กรุงเทพฯ-หัวหิน ทุกอาทิตย์ด้วยความเร็ว 100 กม./ ชม.มาทดสอบวัดควันดำ เท่าที่สอบถามกับคนที่ขับพบว่าผลการตรวจวัดควันดำอยู่ที่ประมาณ 5-10%เท่านั้น

El-Awad [3] ได้ศึกษาการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะและมลพิษไอเสีย โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะ ฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที น้ำมันที่ใช้มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบร้อยละ 25 50 และ 75 ผลการทดสอบเมื่อให้ลิ้นผีเสื้อคงที่ และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 2000 รอบต่อนาที กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันปาล์มมีค่าสูงกว่าทุกอัตราส่วนผสม ส่วนค่าคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้น แต่ไนโตรเจนออกไซด์มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล สำหรับที่ความเร็วรอบสูงกว่า 2000 รอบต่อนาที กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยทุกอัตราส่วนผสม ส่วนค่าคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนไนออกไซด์มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล อุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วรอบต่ำมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่เมื่อความเร็วรอบสูงอุณหภูมิไอเสียมีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล

นายสถาพร บุญสมบัติ [4] ทดสอบน้ำมันปาล์มดิบ(CPO) และน้ำมันปาล์มกลั่น(RPO) ผสมกับน้ำมันดีเซล ผลการทดสอบเมื่อใช้ CPO ผสมกับน้ำมันดีเซล พบว่าค่า BSFC เพิ่มขึ้น และควันดำลดลงตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ RPO ผสมกับน้ำมันดีเซล ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน และจากการทดสอบน้ำมันดีเซลผสมทั้งสองส่วนผสมพบว่าการติดเครื่องยนต์ทำได้ง่ายแม้ในอุณหภูมิต่ำ การทำงานที่รอบเดินเบาเป็นไปเช่นเดียวกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลไม่ผสม

นายณพงษ์ สุทพิสิทธิ์ นายพิสุทธ เลิศสงคราม และนายณรงค์ ปรมาธิกุล [5] ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันผสมเป็นเชื้อเพลิง พบว่าน้ำมันเมทิลเอสเตอร์ให้ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สูงกว่าน้ำมันดีเซล แต่การเผาไหม้เกิดขึ้นไม่ดีเท่าที่ควรทำให้ความร้อนที่สูงนั้นถูกใช้ไม่เต็มที่ และการใช้เมทิลเอสเตอร์จะให้ความประหยัดมากกว่า อีกทั้งให้กำลังใกล้เคียงและสูงกว่าน้ำมันดีเซลในบางสภาวะ แรงบิดเมื่อติดตั้งตัวอุ่นน้ำมันจะเพิ่มขึ้นประมาณ 11%-18% โดยแรงบิดสูงสุดจะเกิดที่รอบต่ำลง การปรับองศาการฉีดและการติดตั้งตัวอุ่นน้ำมันมีผลทำให้ประหยัดน้ำมันขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่เหมาะจะใช้กับน้ำมันมะพร้าว

Nwafor [6] ศึกษาผลกระทบของการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีต่อสมรรถนะเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันพืช ผลการทดลองพบว่าเมื่อเมื่ออุ่นเชื้อเพลิงทำให้ความดันในกระบอกสูบลดลง ค่า BSFC ใกล้เคียงกันที่ภาระงานต่ำและเพิ่มขึ้นเมื่ออุ่นเชื้อเพลิงที่ภาระงานสูง และพบว่าการปลดปล่อยความร้อนมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในช่วงการเผาไหม้สารผสมและช่วงลุกลามของการเผาไหม้ ทางด้านมลพิษพบว่าปริมาณ HC ของน้ำมันดีเซลสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชทั้งที่อุ่นและไม่อุ่น

Bari [7] ทำการศึกษาผลกระทบของการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบ(CPO) ในระบบการฉีดเชื้อเพลิง ผลการทดสอบด้านการเผาไหม้พบว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์มดิบความดันสูงสุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 และช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดสั้นกว่า 2.6 องศา ช่วงการเผาไหม้มากกว่า ค่าการปลดปล่อยความร้อนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล และผลการทดสอบทางด้านมลพิษพบว่าทุกๆ ภาระงานการเผาไหม้น้ำมันปาล์มดิบทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.2 ออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.3 เนื่องจากน้ำมันพืชมีส่วนประกอบของออกซิเจนจึงเผาไหม้ได้ดีกว่า และอุณหภูมิการเผาไหม้มากกว่า

พูลพร แสงบางปลา [8] ใช้น้ำมันปาล์มที่ผ่านการกลั่นแล้วมาผสมกับน้ำมันดีเซล ทดสอบกับเครื่องยนต์คูโบต้า พบว่าค่า BSFC เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันปาล์ม แสดงว่ากำลังที่ได้ต่อหน่วยความร้อนลดลง และพบว่าที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 และร้อยละ 40 ไม่เกิดการน็อค ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 สามารถได้ยินเสียงของการน็อคจากเครื่องยนต์ที่ภาระงานต่ำ

นายปฏิภาณ ถิ่นพระบาท [9] ทำการศึกษาการปลดปล่อยความร้อนและออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มผสม พบว่าความดันสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้น และสูงที่สุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มโอเลอิน แต่ตำแหน่งที่เกิดจะเร็วขึ้น และช่วงกว้างของการเกิดความดันจะลดลงเมื่อส่วนผสมของน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดสภาวะการทดลองไว้ที่กำลังของเครื่องยนต์เท่ากัน กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นตามส่วนผสมของน้ำมันปาล์ม เนื่องจากน้ำมันปาล์มที่ผสมอยู่ช่วยให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีองค์ประกอบของออกซิเจนมากขึ้น แต่น้ำมันปาล์มโอเลอินกำลังลดลงเนื่องจากความที่เป็นไขมากทำให้การกระจายตัวในห้องเผาไหม้ไม่ดีนัก ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามส่วนผสมเช่นกัน

นายธวัชชัย นาคพิพัฒน์ รศ.อัครเดช สินธุภัค และรศ.ดร.มงคล มงคลวงโรจน์ [10] ซึ่งเป็นผู้ควบคุมโครงงานการศึกษาพฤติกรรมของไอเสียจากการเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศ และเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล สรุปว่าเครื่องยนต์ดีเซล มีการจุดระเบิด ด้วยตัวเองที่ อุณหภูมิสูง ขบวนการผสม อากาศ กับ เชื้อเพลิง การจุดระเบิด และ ขบวนการเผาไหม้ มีผลทำให้ เกิดควันดำ และ ไนโตรเจนออกไซด์ การปรับปรุงประสิทธิภาพ การเผาไหม้ ให้ดีขึ้น จะช่วย ลดมลภาวะได้ การทดลอง เปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของ อากาศ และ น้ำมัน ที่ไหลเข้าไป ในห้องเผาไหม้ มีผลกระทบ ต่อมลภาวะ ของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มอุณหภูมิน้ำมัน มีผลต่อการลดควันดำ แต่ไม่มีผลต่อ การลดไนโตรเจนออกไซด์

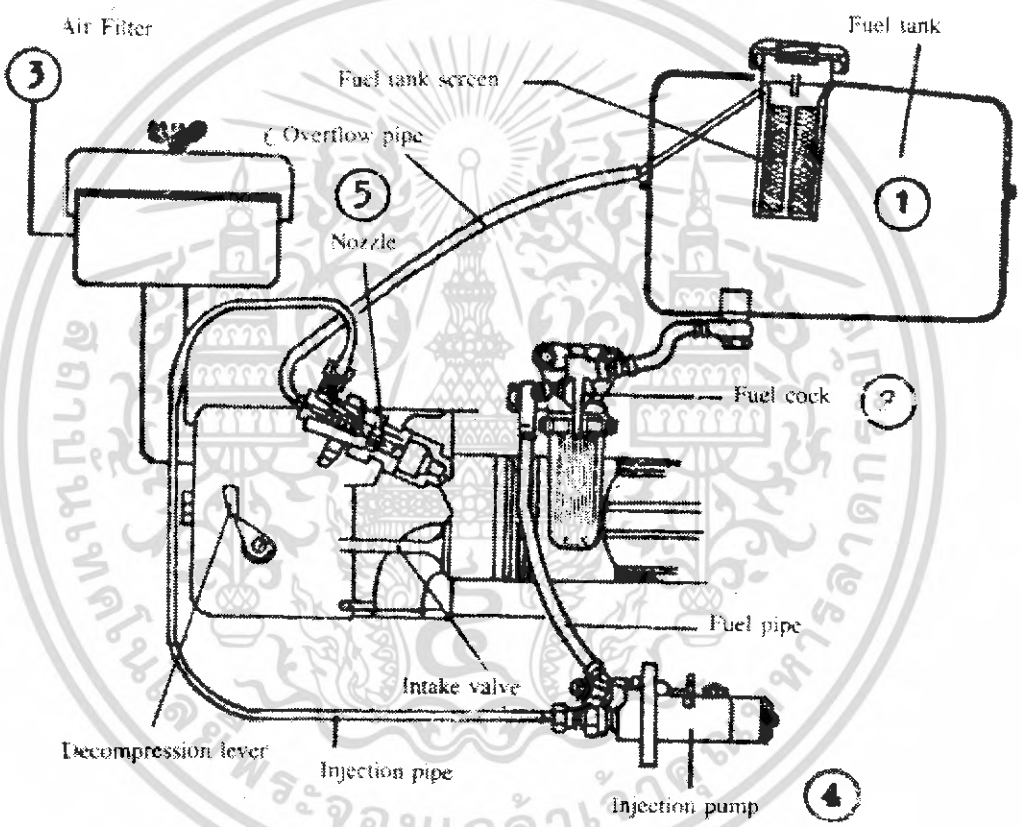
จะเห็นว่าการศึกษาวิจัยเพื่อนำเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล มีการดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องตั้งอดีตจนถึงปัจจุบัน งานวิจัยนี้ศึกษาในส่วนของอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำมันพืชที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ ซึ่งยังไม่ใคร่มีการศึกษามากนักในประเทศไทย ผู้จัดทำจึงหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีและหลักการ

3.1 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์เล็กดีเซล (Small Diesel Engine Fuel System)

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เล็กดีเซล ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ ถ่ายทอดกำลังงานและนำไปใช้งานในที่สุด ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เล็กดีเซลประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆดังนี้



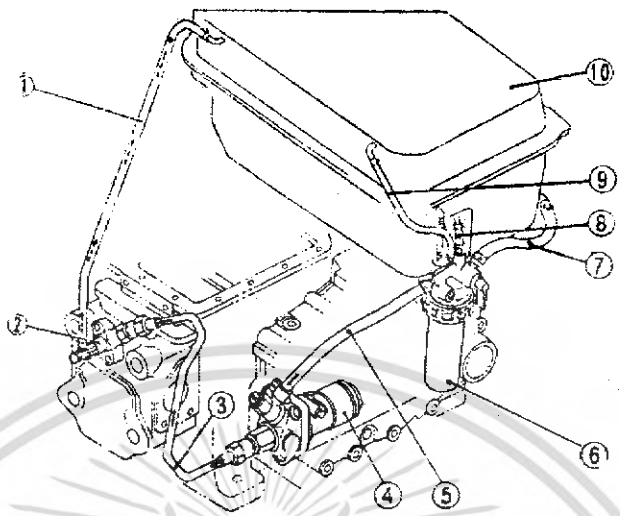
รูปที่ 3-1 ส่วนประกอบของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เล็กดีเซล

จากรูปที่ 3-1

1. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง(Fuel Tank)
2. ท่อทาง ก๊อกและไส้กรอง
3. ไส้กรองอากาศ
4. ปั๊มหัวฉีด
5. หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Flow)

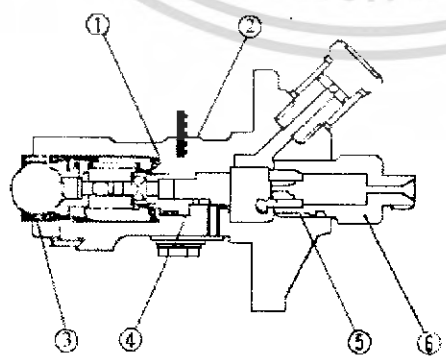


รูปที่ 3-2 ทิศทางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เล็กดีเซลเริ่มต้นจากถังน้ำมันเชื้อเพลิง(10) ไหลผ่านกรองน้ำมันเชื้อเพลิง(6) เข้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง(4) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะอัดน้ำมันแรงดันสูงแบ่งปริมาณน้ำมันมากหรือน้อยไปยังหัวฉีด(2) และน้ำมันที่เหลือจากการฉีดก็จะไหลไปตามท่อ(1) ไหลกลับถัง ก่อนที่น้ำมันเชื้อเพลิงจะเข้าไปยังปั๊มต้องผ่านกรองก่อนเพื่อเอาสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำมัน เช่น น้ำ ผง หรือฝุ่นละออง เป็นต้น

แรงดันน้ำมันจากปั๊มจะไปยกเข็มหัวฉีดและฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ ให้มีความดันประมาณ 120-125 บาร์ น้ำมันส่วนที่เหลือจากการฉีดจะมาหล่อลื่นเข็มหัวฉีด และไหลกลับถังโดยผ่านท่อน้ำมันกลับถัง

3.1.2 ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง(Fuel Injection Pump)



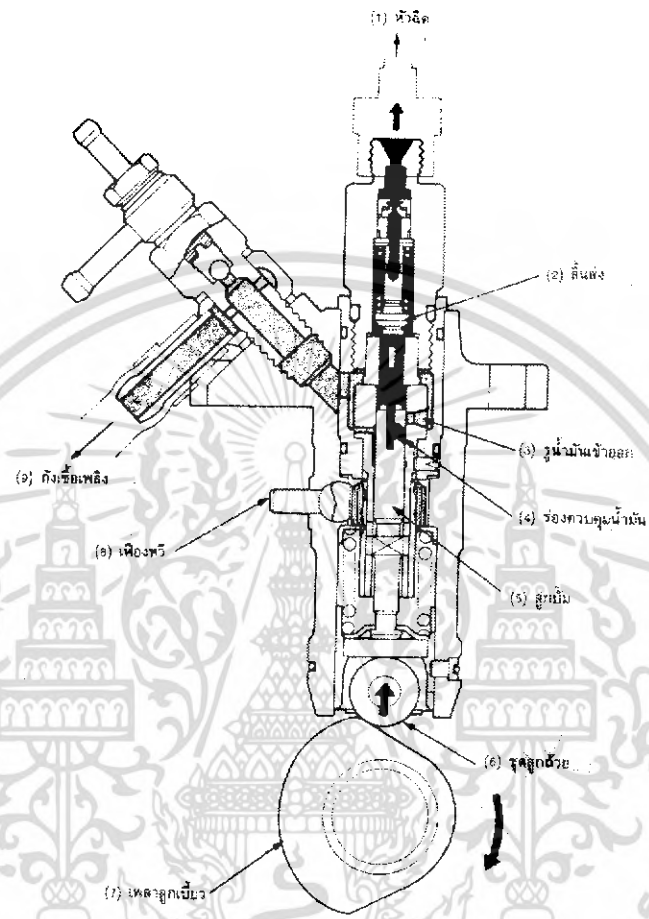
1. ปลอกบังคับลูกปั๊ม
2. เฟืองฟันหวี
3. ชุดลูกถ้วย
4. ลูกปั๊ม
5. ลิ้นส่ง
6. น็อตยึดลิ้นส่ง

รูปที่ 3-3 ส่วนประกอบของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์เล็กดีเซลใช้ปั๊มแบบปั๊มบ๊อชขนาดเล็ก เมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุน ลูกเบี้ยวก็จะไปเตะชุดลูกถ้วย ซึ่งจะไปดันให้ปั๊มเลื่อนขึ้น ลูกปั๊มก็จะไปดันให้น้ำมันไหลผ่านลิ้นส่ง ไปยังหัวฉีด

ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมีท่อต่อไปยังหัวฉีด เพื่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับภาระงาน ผ่านหัวฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้



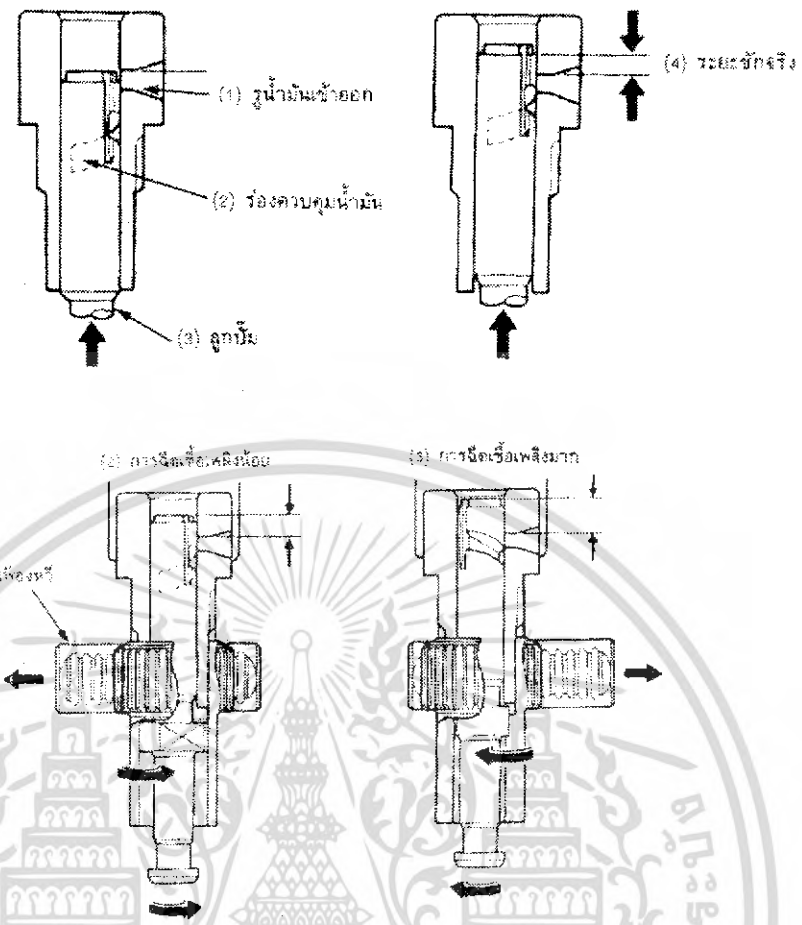
รูปที่ 3-4 การทำงานของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ลูกปั๊มมีการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะคือ

1. การเลื่อนขึ้นลง (Up and Down)
2. การบิดตัว (Rotate)

การเลื่อนขึ้นลง เป็นการประจุน้ำมันเข้าสู่กระบอกปั๊มและทำให้น้ำมันมีแรงดันสูง ระยะที่รูน้ำมันเข้าออก ถูกปิดจนกระทั่งเปิด เรียกว่า "ระยะชักจริง" หรือระยะที่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Effective Stroke)

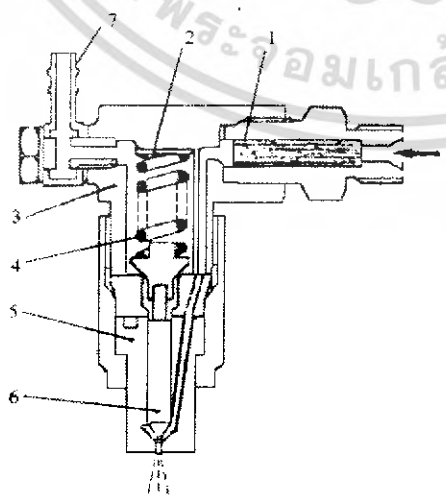
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 การปรับการปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

3.1.3 หัวฉีด (Nozzle)

หัวฉีดน้ำมันเป็นลิ้นหรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกระจาย (Atomizing or Cracking) น้ำมันเชื้อเพลิงให้แตกออกเป็นฝอยละอองเล็กๆและฉีดเข้าไปเผาไหม้ในกระบอกสูบเครื่องยนต์



1. ตัวกรองน้ำมันให้เข้าสม่ำเสมอ
2. แผ่นชิม
3. เรือนหัวฉีด
4. สปริง
5. กระบอกเข็มหัวฉีด
6. เข็มหัวฉีด
7. ท่อน้ำมันไหลกลับถัง

รูปที่ 3-6 ส่วนประกอบของหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากปั๊มเข้ามายังกระบอกเข็มหัวฉีด โดยผ่านตัวกรองน้ำมัน ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้น้ำมันไหลเข้าได้อย่างสม่ำเสมอ เมื่อน้ำมันที่อยู่ในกระบอกเข็มหัวฉีดแรงดันเกินกว่า 120 -125 บาร์ แรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะทำให้เข็มหัวฉีดถูกยกขึ้นโดยชนะแรงดันของสปริง น้ำมันก็จะฉีดออกจากปลายหัวฉีด และน้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนก็จะไปหล่อลื่นระหว่างเข็มหัวฉีดและกระบอกเข็มหัวฉีดและไหลกลับถังโดยผ่านท่อน้ำมันไหลกลับถัง

การเผาไหม้ที่ในหนึ่งวัฏจักรของเครื่องยนต์ดีเซล เป็นช่วงเวลาที่สั้นมาก เพื่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ หัวฉีดจึงมีหน้าที่ดังนี้

การเป็นฝอยละออง (Atomization) การเป็นฝอยละอองที่เล็กกว่าของน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถระเหยเป็นไอและเผาไหม้ได้ดีกว่า ขนาดของละอองน้ำมันถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆ เช่น แรงดันการฉีดน้ำมัน เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดและรูปร่าง อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ และคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

การแทรกซึมของละอองน้ำมัน (Spray Penetration) ถ้าละอองน้ำมันอยู่นิ่งเฉย จะขัดขวางการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของมันเอง เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อมีอากาศอยู่รอบๆเท่านั้น ดังนั้นละอองน้ำมันจะตองมีกำลังเพียงพอที่จะเคลื่อนเข้าไปในแรงดันของอากาศได้จนกระทั่งถูกเผาไหม้เสร็จสมบูรณ์ ความสามารถนี้เรียกว่าการแทรกซึมของละอองน้ำมันซึ่งจะถูกกำหนดโดยความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง แรงดันการฉีด เป็นต้น ละอองน้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่าสามารถที่จะไปได้ไกลกว่า อย่างไรก็ตามถ้ามีขนาดใหญ่เกินไป มันจะไปชนกับผนังห้องเผาไหม้และกลายเป็นของเหลวขัดขวางการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

การกระจายของละอองน้ำมัน (Spray Distribution) เป็นกุญแจสำคัญที่จะเพิ่มพูนประสิทธิภาพทางความร้อนให้ได้สูงสุด ด้วยการใช้อากาศภายในห้องเผาไหม้ ระบบการเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซินมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งนี้มาก เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงถูกผสมกับอากาศอย่างทั่วถึงเมื่อเข้าไปในห้องเผาไหม้

แต่ในเครื่องยนต์ดีเซลมักจะใช้อากาศแต่ในบริเวณใกล้เคียงกับหัวฉีดเท่านั้น เป็นผลทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นในบริเวณนี้ ในขณะที่อากาศที่คงอยู่ในห้องเผาไหม้ถูกขับออกเป็นไอเสียโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องทำให้ละอองน้ำมันกระจายไปในห้องเผาไหม้อย่างทั่วถึง

3.2 น้ำมันเชื้อเพลิง

ในปัจจุบันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือ 1. เชื้อเพลิงที่ได้จากผลิตภัณฑ์การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งก็คือน้ำมันดีเซลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และ 2. เชื้อเพลิงที่ได้จากพืชผลทางการเกษตร เช่น น้ำมันพืช ไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในฐานะเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียมซึ่งกำลังหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 น้ำมันดีเซล (Diesel fuel)

น้ำมันดีเซล (Diesel fuel) ได้มาจากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นน้ำมันปิโตรเลียม เครื่องยนต์ดีเซลสามารถใช้ได้กับน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด แต่ตามปกติแล้วใช้กับน้ำมันเบา ที่มีจุดเดือดสูงไม่เกินกว่า 371 องศาเซลเซียส แล้วผสมกับสารอื่นเพื่อให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม

3.2.1.1ชนิดของน้ำมันดีเซล

น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีจำหน่ายในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (High speed Diesel Oil, HSD หรือ Automotive Diesel Oil, ADO) ในตลาดเรียกกันว่า น้ำมันโซล่าในเรือเดินสมุทรมีชื่อว่า มารีนแก๊ส ออยส์ (Marine Gas Oil) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบมี ช่วงจุดเดือดประมาณ 180 - 370°C เรียกว่า Distillate Fuel ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ของยานยนต์และเครื่องจักรกลทุกชนิดที่มีรอบหมุนเร็วเกิน 1,000 รอบ ต่อนาที เช่น รถเก๋ง รถปิคอัพ รถโดยสาร รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ งานก่อสร้าง และการเกษตร รถฟอร์คลีฟ รถเครน เรือหางยาว เรือประมง และยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตไอน้ำร้อน หรือปรับอุณหภูมิน้ำมัน ในอุตสาหกรรม บอยเลอร์ ต่างขนาดกันไป

2. น้ำมันดีเซลหมุนช้า (Low Speed Diesel, LSD) ในเรือเดินสมุทรมีชื่อว่า มารีนดีเซล ออยล์ (Marin Diesel Oil, MDO) เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (Distillate Fuel) และน้ำมันเตา (Fuel Oil, HFO) ในอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซล ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่กับที่ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม และในเรือเดินสมุทร ซึ่งมีรอบการทำงานต่ำประมาณ 500 - 1,000 รอบต่อนาที ลักษณะเด่นชัดคือสีของเชื้อเพลิง ที่เป็นสีดำ และอาจมีส่วนผสมของสารอื่นๆ ตามข้อบังคับทางการค้าในแต่ละพื้นที่

3.2.1.2 คุณสมบัติของที่สำคัญของน้ำมันดีเซล

1. ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของน้ำมันมีอิทธิพลต่อรูปร่างของละอองน้ำมันที่ออกจากหัวฉีดถ้าน้ำมันมีความหนืดสูงเกินไปการฉีดเป็นฝอยละอองจะไม่ดีพอ ละอองน้ำมันจะมีขนาดใหญ่ และพุ่งไปไกล โดยจะพุ่งเป็นสายแทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็ก ๆ ทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี การเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง และถ้าเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กแล้ว น้ำมันเชื้อเพลิงอาจพุ่งไปกระทบกระบอกสูบได้ เป็นการชะล้างฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นลงสู่ก้นอ่าง ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเร็ว และน้ำมันเครื่องสกปรกเร็ว แต่ถ้าน้ำมันดีเซลมีความข้นใสต่ำเกินไปจะทำให้การฉีดฝอยน้ำมันละเอียดดี แต่ไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้ก็จะไม่ดีนัก และอาจทำให้มีการรั่วกลับในตัวปั๊มหัวฉีดมาก อาจทำให้น้ำมันที่จะผ่านหัวฉีดออกไปมีปริมาณลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงได้เช่นกัน นอกจากนี้แล้ว การสึกหรอของชิ้นส่วนในระบบเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำมันใสเกินไปทำให้การหล่อลื่นพวกปั๊มหัวฉีดไม่ดีเท่าที่ควร น้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยทั่วไปจะกำหนดค่าความข้นใส่อยู่ระหว่าง 1.8 – 5.0 เซนติสโตก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณกำมะถัน(Sulfur Content) ปริมาณกำมะถันที่สูงเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนา ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใด การกัดกร่อนของกำมะถันนั้นมี 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่หนึ่ง เกิดจากการกัดกร่อนของสารประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้ของกำมะถัน เมื่อรวมกับน้ำจะเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดทำให้สามารถกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้ และลักษณะที่สอง เกิดจากการกระทำของกำมะถัน (Active sulphur) ในน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง คือน้ำมันจะกัดกร่อนชิ้นส่วนของระบบหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น

ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันดิบที่นำมากลั่น และกระบวนเฮเตอร์โรไซคลิก เช่น ไธโอเฟน (Thiophens)

3. ค่าซีเทน (Cetane Value) การวัดความสามารถของน้ำมันดีเซลในการติดไฟได้อย่างรวดเร็ว เรียกว่า ซีเทนนัมเบอร์(Cetane Number) สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงที่ใช้อยู่ในรถยนต์ทั่วไป ใช้น้ำมันที่มีค่าซีเทนอย่างต่ำ 40 ถึง 45

การหาค่าซีเทนของน้ำมันดีเซลสามารถกระทำได้จากห้องทดสอบ เช่น โดยการใช้น้ำมันเดินเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานสูบเดียว ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ โดยนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันมาตรฐานที่มีส่วนผสมของนอร์มัลซีเทน (Normal Certane, $C_{16}H_{34}$) กับแอลฟาเมทิลแนพธาลีน (Alphamethyl naphthalene $C_{11}H_{10}$) เช่น น้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทน เท่ากับ 60 จะมีคุณสมบัติในการติดไฟหรือการป้องกันการน็อกได้ดีเท่ากับน้ำมันมาตรฐานที่มีส่วนผสมของนอร์มัลซีเทน 60 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรกับแอลฟาเมทิลแนพธาลีน 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ค่าซีเทนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว คือ ตัวเลขที่บอกถึง Ignition delay ของน้ำมันที่ได้จากการทดสอบจากเครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐาน CFR และหลังจากปี พ.ศ.2505 เป็นต้นมา ได้มีการใช้เฮปตาเมทิลโนแนน (Heptamethylnonane) เป็นมาตรฐานแทนแอลฟาเมทิลแนพธาลีน (ซึ่งลุกติดไฟยาก มีค่าซีเทนเป็น 0) และตั้งให้เฮปตาเมทิลโนแนนมีค่าซีเทนกับน้ำมันมาตรฐาน โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D613 หรือ IP41

ค่าซีเทนก็คือ ตัวเลขจำนวนเต็มที่คำนวณจากอัตราส่วนผสมเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของนอร์มัลซีเทน กับเฮปตาเมทิลโนแนนที่มีคุณสมบัติการติดไฟเทียบเท่ากับน้ำมันตัวอย่างที่ต้องการหาค่าซีเทน โดยใช้เครื่องทดสอบมาตรฐาน การคำนวณนั้นใช้สมการที่ 3.1 โดยแทนค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่ง ดังนี้

ค่าซีเทน = % ของนอร์มัลซีเทน + 0.15 (% ของเฮปตาเมทิลโนแนน)

หากค่า Ignition delay สั้น ค่าซีเทนของน้ำมันดีเซลจะยิ่งสูงขึ้น ปริมาณเชื้อเพลิงที่สะสมในห้องเผาไหม้จะลดลงก่อนการลุกติดไฟ ดังนั้นน้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูง จะทำให้การควบคุมการเผาไหม้ทำได้ดีขึ้น เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าดัชนีซีเทน (Cetane index) จะแสดงคุณภาพในการติดไฟของน้ำมันดีเซล หาได้จากค่าความถ่วง API และอุณหภูมิของการกลั่นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือจุดกลางของการเดือด (Mid boiling point) ค่าทั้งสองนี้จะหาได้จากสมการที่ 3.3

$$CCI = 97.833(\log T) + 2.2088(G)(\log T) + 0.01247(G)^2 + 423.51(\log T) - 4.7808(G) + 119.5$$

เมื่อ CCI คือ ค่าคำนวณดัชนีซีเทน

G คือ ความถ่วง API

T คือ อุณหภูมิของการกลั่นที่ 50 % ของความดันบรรยากาศ หาได้โดยวิธี ASTM D86 หรือ D158

5. จุดไหลเท(Pour Point) จุดไหลเทคือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังสามารถไหลได้ เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำๆ องค์ประกอบที่เป็นพวกพาราฟิน ของน้ำมันจะแยกตัวออกมาเป็นไข สำหรับในการใช้น้ำมันที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมาก เช่น ห้องเย็น หรือโรงน้ำแข็ง หรือในฤดูหนาว จะต้องใช้น้ำมันที่มีจุดเริ่มไหลต่ำกว่าอุณหภูมินั้น ที่อุณหภูมิต่ำ องค์ประกอบที่เป็นพวกพาราฟินของน้ำมันดีเซล ทำให้เครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ ซึ่งอุณหภูมิที่จุดนี้จะมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำมันดิบที่นำมากลั่นเป็นน้ำมันดีเซล และอุณหภูมิช่วงการกลั่นของน้ำมันนั้น

6. ปริมาณเถ้า (Small Ash Amount) เถ้า คือสารอนินทรีย์ (Inorganic matter) ที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ผลิตภัณฑ์น้ำมัน วิธีหาเถ้าของน้ำมัน ทำได้โดยเผาตัวอย่างน้ำมันในถ้วยทดลองด้วยเปลวไฟจนหมด แล้วเอาไปเผาต่อในเตาหลอม (Muffle furnace) ด้วยอุณหภูมิสูง

น้ำมันที่ได้รับการกลั่นอย่างดีแทบจะไม่มีเถ้าอยู่เลย เว้นแต่จะมีการเติมสารเพิ่มคุณภาพที่มีส่วนผสมของโลหะลงไป หรือมีสิ่งสกปรกอื่น ๆ ปนอยู่ เช่น ฝุ่น สนิม ฯลฯ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีเถ้ามากอาจทำให้เกิดการสึกหรอในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์

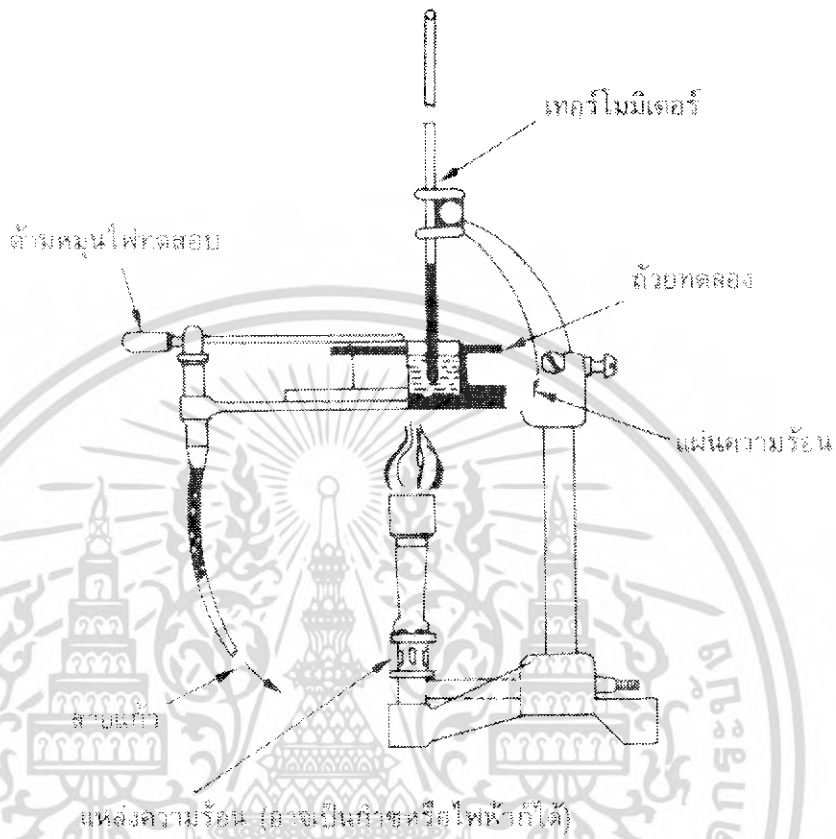
เถ้าในน้ำมันดีเซลอาจจะอยู่ในรูปของของแข็ง หรือ Metallic soap ที่ละลายได้ในน้ำมัน ในระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลมีความละเอียดมาก ดังนั้นสารที่สามารถขูดขีดโลหะได้จึงเป็นอันตรายมาก ยิ่งไปกว่านั้นสารเหล่านี้ยังทำให้เกิดการสึกหรอในเครื่องยนต์ เพราะทำให้เกิดตะกอน และสิ่งสกปรกมากขึ้น

7. จุดวาบไฟ คืออุณหภูมิที่น้ำมันได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอ และเมื่อไอนี้ถูกเปลวไฟจะลุกวาบไฟขึ้น การหาจุดวาบไฟหาได้จากเครื่องมือ COC (Cleveland Open Cup apparatus) หรือ PMCC,PM (Pensky-Martens Closed Cup apparatus)

ในทางปฏิบัติจุดวาบไฟมีความสำคัญในด้านอันตรายจากอัคคีภัยในการเก็บรักษา และใช้งานเท่านั้น ไม่มีความสำคัญโดยตรงต่อการเผาไหม้ และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือหาจุดวาบไฟของน้ำมันแบบ COC ใช้สำหรับหาค่าจุดวาบไฟของน้ำมันที่มีจุดเดือดสูง เช่น น้ำมันหล่อลื่น แสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3-7 เครื่องมือหาจุดวาบไฟแบบ COC

8. การระเหยตัว น้ำมันดีเซลมีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยเร็ว ปานกลาง และช้าอยู่ด้วยกันเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน แต่โดยรวมแล้ว น้ำมันดีเซลจัดอยู่ในประเภทสารที่ระเหยช้าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน การระเหยตัวของน้ำมันดีเซลมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบสูง และปานกลาง ถ้าน้ำมันระเหยช้าเกินไปจะทำให้น้ำมันฉีดเป็นฝอยไม่ดี แต่หากระเหยง่ายไปก็จะเกิดเวเพอร์ล็อกในระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ทางที่ดีแล้วช่วงการกลั่นของน้ำมันดีเซลควรจะต่ำ โดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางด้านจุดวาบไฟ การลุกติดไฟ ความข้นใส และค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลเสียไป หากอุณหภูมิที่น้ำมันกลั่นออกมา 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงไปจะทำให้ติดเครื่องยนต์ได้ยาก และถ้าอุณหภูมิที่การกลั่น 10 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าห่างกันมากเกินไปจะทำให้ช่วงเวลาในการอุ่นเครื่องยนต์นานขึ้น และถ้าอุณหภูมิที่การกลั่น 90 เปอร์เซ็นต์ และจุดสุดท้ายของการกลั่นมีค่าต่ำจะช่วยลดการเกิดเถ้าคาร์บอน และสิ่งสกปรกของน้ำมันเครื่องยนต์ และช่วยลดการเกิดควันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำมันดีเซล (ข้อมูลจากบริษัทเอสโซ่ฯ)

คุณสมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว			น้ำมันดีเซลหมุนช้า		
	ข้อกำหนด		ค่าจากการทดสอบ	ข้อกำหนด		ค่าจากการทดสอบ
	ต่ำสุด	สูงสุด		ต่ำสุด	สูงสุด	
1. ความถ่วง API ที่ 15.6°C	-	-	35.8	-	-	31.5
2. ความถ่วงจำเพาะ @15.6°C/15.6°C	0.82	0.90	0.8458	-	0.92	0.8681
3. สภาพน้ำมัน	-	-	ใสสะอาด	-	-	ใสสะอาด
4. ค่าซีเทน	47	-	51	45	-	47
5. ความข้นใส @40°C (cSt)	1.8	5.0	3.6	-	8.0	5.9
6. จุดไหลเท (°C)	-	10	10	-	16	14
7. ปริมาณกำมะถัน (% โดยน้ำหนัก)	-	1.0	0.5	-	1.5	1.0
8. การกัดกร่อนทองแดง	-	1	1a	-	-	-
9. กากถ่าน (% โดยน้ำหนัก)	-	0.05	0.005	-	0.2	0.09
10. เถ้า (% โดยน้ำหนัก)	-	0.01	0.0015	-	0.02	0.001
11. จุดวาบไฟ (°C)	52	-	75	66	-	78
12. สี ASTM	-	4.0	1.5	4.5	7.5	6.0
13. การกลั่น 90% (°C)	-	370	366	-	-	-
14. น้ำ และตะกอน (% โดยน้ำหนัก)	-	0.05	เล็กน้อย	-	0.2	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2 ข้อกำหนดมาตรฐานของเชลล์ดีโซลีน

คุณสมบัติ	หน่วย	ต่ำสูง / สูงสุด	ขีดจำกัด	วิธีทดสอบ
1. สภาพน้ำมัน	-		ใสสะอาดปราศจากน้ำหรือสารแขวนลอย	ดูด้วยตาเปล่า
2. ความหนาแน่นที่ 15 °C	kg / liter	ต่ำสุด	0.820	ASTM D-1298
		สูงสุด	0.880	
3. สีมาตรฐาน ASTM	-	สูงสุด	3.0	ASTM D-1500
4. ดัชนีซีเทน (หรือค่าซีเทน)	-	ต่ำสุด	47	ASTM D-976 ASTM D-613
5. ความข้นใสแบบคิเนแมติกที่อุณหภูมิ 40 °C	cSt	ต่ำสุด	1.8	ASTM D-445
		สูงสุด	5.0	
6. จุดไหลเท	°C	สูงสุด	10.0	ASTM D-97
7. ปริมาณกำมะถัน	%โดยน้ำหนัก	สูงสุด	1.0	IP 242
8. การกัดกร่อนแผ่นทองแดงที่อุณหภูมิ 50°C นาน 3 ชั่วโมง	%โดยน้ำหนัก	สูงสุด	เบอร์ 1	ASTM D-130
9. กากคาร์บอน (โดยวิธีคอนรัดสัน)	%โดยน้ำหนัก	สูงสุด	0.05	ASTM D-189
10. น้ำและตะกอนสิ่งสกปรก	%โดยปริมาตร	สูงสุด	0.02	ASTM D-2709
11. เถ้า	%โดยน้ำหนัก	สูงสุด	0.005	ASTM D-482
12. ค่าความเป็นกรดด่าง				ASTM D-974
ค่าความเป็นกรดแก่	mgKOH/g		ไม่มี	
ค่าความเป็นกรดรวม	mgKOH/g	สูงสุด	0.50	
13. จุดวาบไฟ PMCC	°C	ต่ำสุด	66	ASTM D-93
14. การกลั่น				ASTM D-86
อุณหภูมิที่กลั่นได้ 90 %	°C	สูงสุด	370	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 น้ำมันพืช

น้ำมันพืช และสัตว์ เป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น C_3H_5 เชื่อมต่อกับกรดไขมัน ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 ตัว น้ำมันพืชและสัตว์ มีกรดไขมันชนิดต่างๆกันเป็นองค์ประกอบ โดยที่มีปริมาณของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้าง ถึงร้อยละ 94-96% ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมี และกายภาพ แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของกรดไขมันนั้นๆที่เป็นองค์ประกอบอยู่ น้ำมันพืชส่วนใหญ่แล้วมี คาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมัน ระหว่าง 12 ถึง 18 ตัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว แตกต่างกัน น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง จะมีค่าไอโอดีนต่ำ และเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง หรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้น ค่าไอโอดีนจะสูงขึ้นตามลำดับ

น้ำมันพืชเป็นสารที่ไม่อยู่ตัวถูกออกซิไดซ์ และเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์ได้ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์แล้ว น้ำมันจะเกิดเป็นสารเหนียวขึ้น โดยทั่วไปค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชจะเป็นดัชนีชี้บอกถึงการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์ได้มากหรือน้อย ฉะนั้น การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำเป็นเชื้อเพลิง จะเป็นการป้องกันการเกิดสารเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์ในเครื่องยนต์ได้ในเบื้องต้น ซึ่งการแบ่งชนิดของน้ำมันพืชตามค่าไอโอดีน แบ่งเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ดังนี้

1. น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 160-230 เป็นน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์ได้มาก หรือเรียกว่าเป็นน้ำมันชักแห้ง (drying oils)
2. น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 125-150 เป็นน้ำมันกึ่งชักแห้ง (semi-drying oils)
3. น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่า 120 เป็นน้ำมันไม่ชักแห้ง (non-drying oils)

ตารางที่3-3 คุณสมบัติและองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ[13]

น้ำมันชนิดดิบ	ค่าไอโอดีน	องค์ประกอบกรดไขมันหลัก						
น้ำมันปาล์ม	14.1-21.0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
น้ำมันเมล็ดในปาล์ม	50.0-55.0	45.0-55.0	14.0-18.0	6.5-10.0	1.0-3.0	12.0-19.0	1.0-3.5	ND-0.2
น้ำมันมะพร้าว	6.3-10.6	45.0-55.0	16.8-21.0	7.5-10.2	2.0-4.0	5.0-10.0	1.0-2.5	ND
น้ำมันถั่วลิสง	86-107	ND-0.1	ND-0.1	8.0-14.0	1.0-4.5	35.0-67.0	13.0-43.0	ND-0.3
น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ	101	ND	ND	14.9	6.0	41.2	37.4	ND
น้ำมันเมล็ดเรป	94-120	ND	ND-0.2	1.5-6.0	0.5-3.1	8.0-60.0	11.0-23.0	5.0-13.0
น้ำมันถั่วเหลือง	124-139	ND-0.1	ND-0.2	8.0-13.5	2.0-5.4	17.7-28.0	49.8-59.0	5.0-11.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62459

3.2.3 แนวทางในการใช้น้ำมันพืชทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ในมุมมองของการใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันพืชมีค่าความร้อนประมาณ 83-85% ของน้ำมันดีเซล แต่มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลเป็น 10 เท่า ที่อุณหภูมิต่ำลง น้ำมันพืชยิ่งมีความหนืดสูงขึ้นเป็นลำดับ จนเกิดเป็นไข เช่น น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว สำหรับน้ำมันมะพร้าว จะเริ่มเป็นไขที่อุณหภูมิ 24-26องศาเซลเซียสและมีปริมาณไขถึง 36% ที่อุณหภูมิ 20องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการป้อนเชื้อเพลิง และใช้งานในพื้นที่และบางฤดูกาล ที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นแล้ว น้ำมันพืชมีคุณสมบัติที่ระเหยตัวได้น้อยมาก (low volatility) ทำให้เมื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จุดระเบิดได้ช้ากว่า และมีคากคาร์บอนหลงเหลือหลังการเผาไหม้สูงกว่าน้ำมันดีเซล

การที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้หัวฉีดน้ำมัน ฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยได้ยาก เกิดเป็นอุปสรรคต่อการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นแล้ว น้ำมันพืชมีคุณสมบัติที่ระเหยตัวกลายเป็นไอได้ช้า และน้อยมาก (slow/low volatility) ยิ่งทำให้เกิดการจุดระเบิดได้ยาก เครื่องยนต์ติดยาก และหลงเหลือคราบเขม่าเกาะที่หัวฉีด ผนังลูกสูบ แหวนและวาล์ว จากคุณสมบัติที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูง และ ระเหยตัวได้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลนี้ ทำให้เกิดความยุ่งยาก เมื่อใช้น้ำมันพืชล้วนๆ โดยตรงในเครื่องยนต์

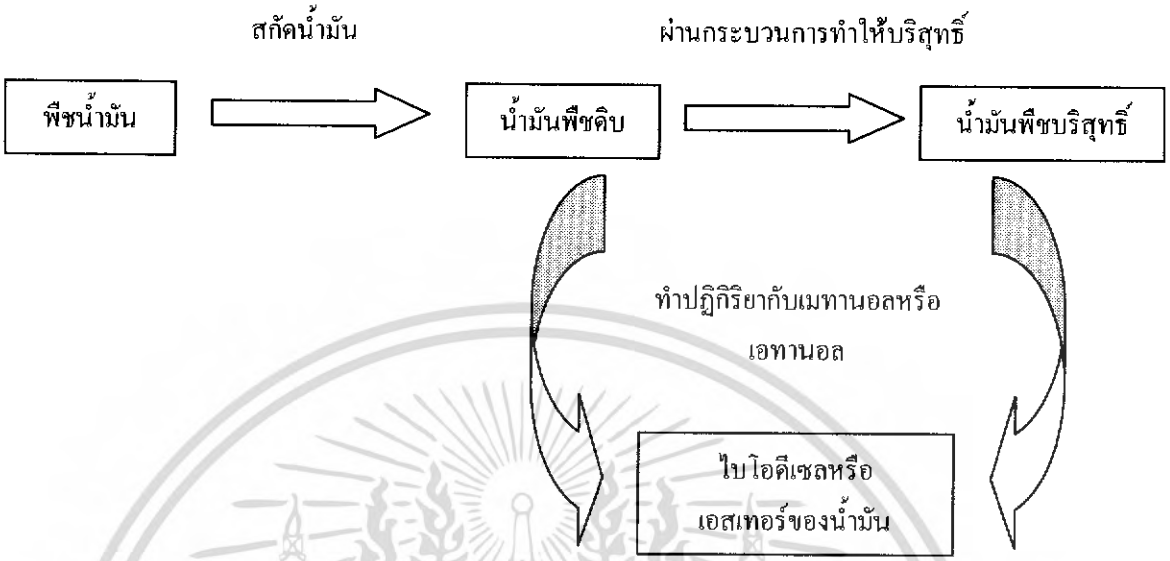
แนวทางการใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซลมี 2 แนวทางหลัก คือ

1. ดัดแปลงน้ำมันพืช เนื่องจากน้ำมันพืชมีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันดีเซลมาก ทำให้ไม่เหมาะกับการใช้ในเครื่องยนต์ธรรมดาที่ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์เลย จำเป็นต้องดัดแปลงน้ำมันพืชโดยการลดความหนืดและเพิ่มการระเหยตัวเป็นไอของน้ำมันพืชให้ใกล้เคียงกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้และเกิดการสันดาปได้อย่างสมบูรณ์และต่อเนื่อง ในแนวทางนี้ทำได้ 2 ทาง คือ

- ใช้น้ำมันดีเซล หรือ น้ำมันก๊าดเป็นตัวทำละลายผสมกับน้ำมันพืชโดยตรง เพื่อลดความหนืดของน้ำมันพืชลง โดยผสมในสัดส่วนที่เหมาะสม และไม่เกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม สัดส่วนน้ำมันพืชที่ผสมในน้ำมันดีเซล และชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้ ขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ และภูมิอากาศของแหล่งที่ใช้ด้วย เนื่องจากน้ำมันพืช มีคุณสมบัติไม่อยู่ตัว เมื่ออุณหภูมิต่ำลง ความหนืดจะสูงขึ้นตามลำดับ นอกจากนั้นแล้ว ในน้ำมันพืชบางชนิด จะเกิดเป็นไข ที่อุณหภูมิต่ำด้วย ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น การใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าด เพื่อใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ จึงต้องเลือกชนิดน้ำมันพืช ชนิดของตัวทำละลาย และสัดส่วนผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ และฤดูกาลที่ใช้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้ และไม่เกิดความยุ่งยากต่างๆตามมา เช่น การเกิดไขในท่อส่งน้ำมัน ทำให้เกิดการอุดตัน เป็นต้น
- นำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเมทธิลหรือเอทธิลเอสเตอร์ หรือที่เรียกว่า ไบโอดีเซล ไบโอดีเซลจะมีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีความคงตัว ความหนืดเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน จุดวาบไฟของไบโอดีเซล มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนส่ง นอกจากนั้นแล้ว ค่าซีเทนที่เป็นดัชนีบอกถึงคุณภาพการติดไฟของไบโอดีเซล ยังมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลด้วย ดังแสดงในตารางที่ 7.



รูปที่ 3-8 ผังวงจรจากพืชน้ำมันสู่ไบโอดีเซล

ตารางที่ 3-4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ[13]

ไบโอดีเซลจากน้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ	จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	ค่าซีเทน	ค่าความร้อน (กิโลจูลล์/กิโลกรัม)
ปาล์ม	0.887	167	62-65	39,300
เมล็ดเรพ	0.883	> 170	58	37,100
ถั่วเหลือง	na	na	51-53	na
ทานตะวัน	na	na	52	na
น้ำมันดีเซล	0.81-0.87	>52	>47	46,800

2. ดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงข้อจำกัดของน้ำมันพืชที่ใช้โดยตรงในเครื่อง ยนต์ดีเซลธรรมดา ที่มีปัญหาความยุ่งยากเมื่อใช้งาน แต่การที่น้ำมันพืชมีค่าความร้อนประมาณ 83-85% ของน้ำมันดีเซล ทำให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี ในต่างประเทศมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้กับน้ำมันพืชกันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น เครื่องของ DMS Dieselmotoren-und Geratebau GmbH (DMS) (Moussa1995) และเครื่องยนต์ ELSBETT technology (Elsbett G and Elsbett K.1995) เป็นตัวอย่างของเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาใช้กับน้ำมันพืชโดยตรง เนื่องจากต้องการลดปัญหาที่ต้องคำนึงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อจำกัดด้านคุณสมบัติของน้ำมันพืช และหากต้องดัดแปลงน้ำมันพืชให้เหมาะกับเครื่องยนต์ธรรมดา ก็ต้องผ่านกระบวนการ และต้องมีการลงทุนเพิ่ม ในการออกแบบ ได้เน้นดัดแปลงในส่วนของลูกสูบ ระบบหัวฉีด และห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ให้ใช้พลังงานความร้อนจากน้ำมันพืช เพื่อเปลี่ยนเป็นแรงบิดได้อย่างคุ้มค่า

เครื่องยนต์ ELSBETT (The Elsbett Engine) เป็นเครื่องยนต์ของประเทศเยอรมนีซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับน้ำมันพืชโดยเฉพาะ แต่เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่สร้างจากแรงงานคนโดยไม่ได้ใช้เครื่องจักร ทำให้เครื่องยนต์ ELSBETT มีราคาแพงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปมากกว่า 2 เท่า ดังนั้นในระยะหลังจึงได้มีการนำเครื่องยนต์ดีเซลธรรมดามาดัดแปลงให้สามารถใช้กับน้ำมันพืชได้

3.3 น้ำมันปาล์ม (Palm Oil)

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ทั้งด้านการผลิตและการตลาด ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลก มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว จากร้อยละ 11.7 ในช่วงปี 2519-2543 เพิ่มเป็นร้อยละ 27.5 ในช่วงปี 2544-2548 และคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 31.2 ในช่วงปี 2559-2563 โดยมีประเทศผู้ปริมาณการผลิตน้ำมันเพื่อการบริโภคและอุปโภคของโลกเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ตามจำนวนที่ปลูกเพิ่มขึ้นและคาดว่าในปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นไป การผลิตน้ำมันปาล์มและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม จะผลิตได้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ผลิตได้จากพืชอื่น และพบว่าน้ำมันปาล์มมีอัตราการขยายตัวการผลิตสูงที่สุด

3.3.1ชนิดของน้ำมันปาล์ม ผลปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ

1. น้ำมันปาล์ม(Palm Oil) สกัดจากผลปาล์มสด(Fresh Fruit Bunch) มีลักษณะเป็นน้ำมันข้นมีสีส้มขุ่น ณ อุณหภูมิปกติ เมื่ออุ่นด้วยความร้อนน้ำมันจะใสและมีสีส้มอมแดง มีเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) โปรวิตามินเอ (Pro Vitamin A) และวิตามินอี (Vitamin E) ในปริมาณสูง

2. น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Oil) สกัดจากเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel) มีลักษณะเป็นน้ำมันข้นมีสีเหลืองขุ่น ณ อุณหภูมิปกติ เมื่ออุ่นด้วยความร้อนน้ำมันจะใส และมีสีเหลืองอมส้ม

รูปที่ 3-9 น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลปาล์ม 1 ผล จะมีน้ำมันปาล์ม 9 ส่วน และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม 1 ส่วน น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล และด้วยเหตุที่มีวิตามันอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว โอเลอิค (mono-unsaturated oleic acid) 40% ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย กรดปาล์มมติก (palmitic acid) 44% และกรดสเตรียริค (Stearic acid) 5%

3.3.2 คุณสมบัติของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 3-5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์ม

คุณสมบัติ	น้ำมันดีเซล	น้ำมันปาล์มดิบ
จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	65	255
จุดติดไฟ (องศาเซลเซียส)	70	260
ค่าความร้อนสูง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	44,300[15]	40,400[15]
ความหนืด(ที่ 40 องศาเซลเซียส)(cSt)	3.1[15]	-
ความถ่วงจำเพาะ(ที่อุณหภูมิห้อง)	0.825	0.905

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

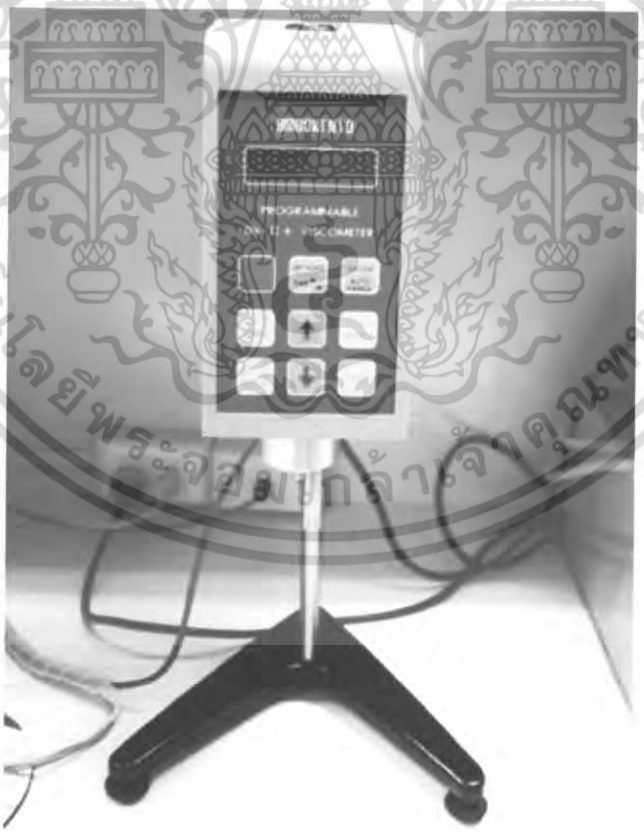
4.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อพฤติกรรมของน้ำมันปาล์ม

4.1.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความหนืดของน้ำมันปาล์ม

4.1.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

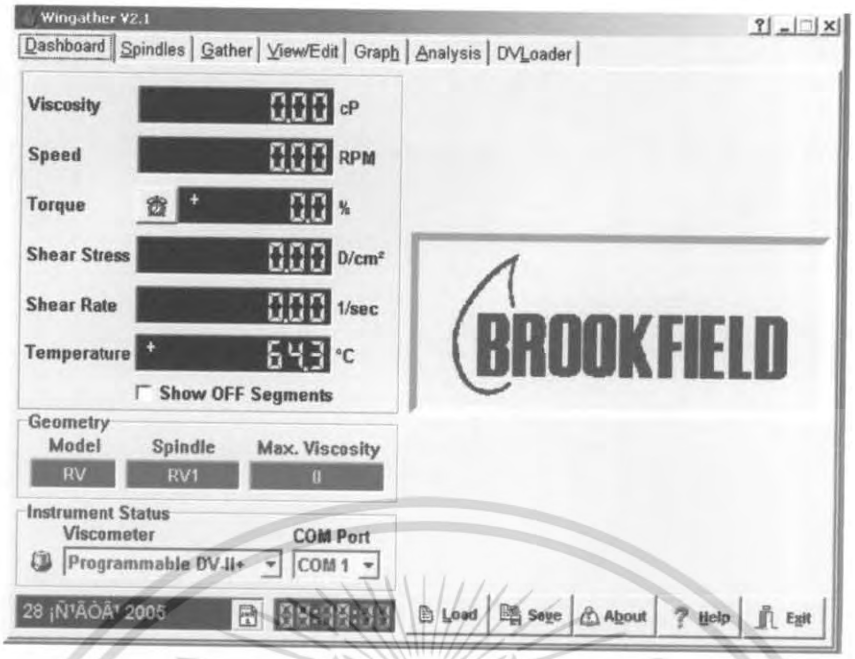
1. Viscometer (Brookfield DV II) เป็นเครื่องมือใช้วิเคราะห์หาค่าความหนืด (Viscosity) และสมบัติทางด้านการไหลตัว(Rheology behavior) ของของเหลว โดยอาศัยหลักการของการให้แรงหมุน (Torque) กับ หัวเข็ม(Spindle) ที่ผ่านการวัดมาตราฐานแล้ว โดยที่หัวเข็ม(Spindle)จะจุ่มอยู่ในสารตัวอย่างที่เป็นของเหลว ของเหลวจะออกแรงต้าน ซึ่งแรงต้านนั้นจะบอกออกมาเป็นค่าความหนืด และสามารถวัดค่าความหนืดของของเหลวในหน่วยเซนติพอยต์(cP) เชื่อมต่อโดยตรงกับคอมพิวเตอร์และแสดงผลทางมอร์นิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Wingather V 2.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาสำหรับใช้ทำการกับ Brookfield Viscometer โดยเฉพาะ

ในการทดสอบใช้ spindle ขนาดเบอร์ 1 ซึ่งใช้สำหรับของเหลวที่มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 1 – 99 เซนติพอยต์



รูปที่ 4-1 Brookfield Viscometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 โปรแกรม Wingather V 2.1

2. Temperature Control Bath ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิตัวกลางขณะทำการทดสอบ โดยใช้น้ำสะอาดเป็นตัวกลางในการนำความร้อน

รูปที่ 4-3 Temperature Control Bath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1 สภาวะการทดสอบความหนืดน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันพืชที่ใช้ทดลอง	อุณหภูมิทดลอง(องศาเซลเซียส)
Diesel	30
CPO	30, 40, 50, 60, 70, 80, 90

4.1.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เติมน้ำสะอาดใน Temperature Control Bath และเชื่อมต่อ Brookfield Viscometer กับคอมพิวเตอร์
2. เลือก spindle ที่เหมาะสมกับตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ โดยพิจารณาจาก [21]

   Viscosity: 5,000 – 100,000 cP เลือกใช้ Spindle No.6

   Viscosity: 100 – 5,000 cP เลือกใช้ Spindle No.3

   Viscosity: 1 – 99 cP เลือกใช้ Spindle No.1

   ในการทดสอบนี้เลือก Spindle No. 1 นำมาทำความสะอาดและใช้ลมเป่าจนแห้ง ประกอบเข้ากับ Viscometer (Brookfield DV II) โดยหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
3. เตรียมตัวอย่างทดสอบ 500 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ตั้งไว้ใต้ Spindle ให้ศูนย์กลางอยู่ตรงกันในแนวดิ่ง
4. เลื่อน Spindle ลงจนจมในสารตัวอย่างจนเส้นบอกระดับของ Spindle อยู่ในระดับผิวหน้าของตัวอย่างพอดี
5. เปิดเครื่อง Viscometer (Brookfield DV II)
6. เพิ่มความเร็วในการหมุน spindle จาก 0 rpm เป็น 50 rpm
7. เลือกบันทึกผลโดยการจับเวลา 30 วินาที โดยใช้โปรแกรม Wingather V 2.1
8. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 6 โดยเพิ่มความเร็วในการหมุนขึ้นอีกครั้งละ 10 rpm เมื่อความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น ค่าแรงหมุนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดสอบนี้ค่าแรงหมุนมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นทอร์ค (%Torque) ทำจนกระทั่งไม่สามารถหาค่าความหนืดได้ หรือค่าแรงหมุนมีค่ามากกว่า 100%
9. เมื่อสิ้นสุดการวัด โปรแกรมจะช่วยในการเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความหนืดของตัวอย่าง
10. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 โดยเปลี่ยนตัวอย่าง และอุณหภูมิ จนได้ข้อมูลครบทั้งน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์ม

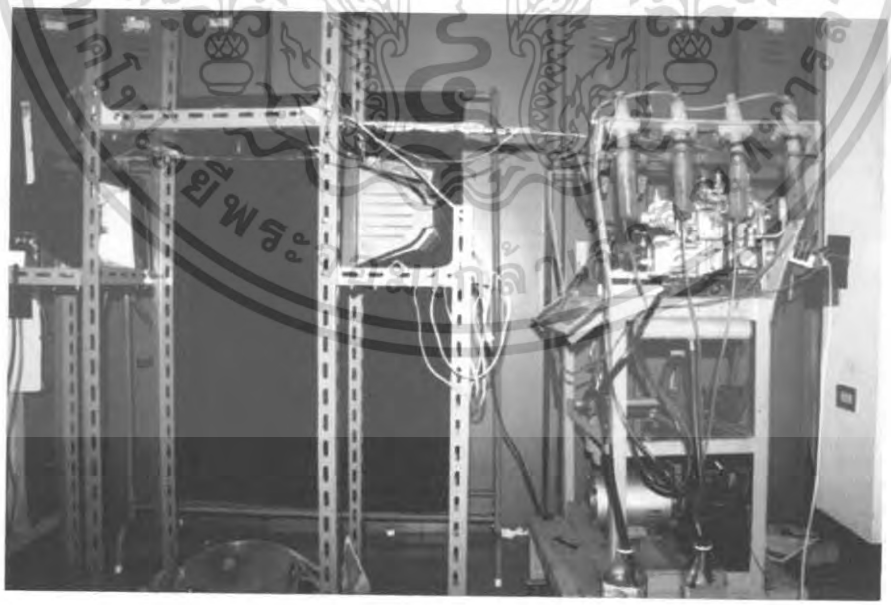
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) คืออัตราความหนาแน่นของสารต่อความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ที่มีปริมาตรเท่ากัน ค่าความถ่วงจำเพาะจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ น้ำมันชนิดเดียวกันที่มีอุณหภูมิต่างกัน ค่าความถ่วงจำเพาะก็ต่างกันด้วย การหาค่าความถ่วงจำเพาะหาจากไฮโดรมิเตอร์

รูปที่ 4-4 ไฮโดรมิเตอร์สำหรับหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน

วิธีทดสอบทำได้โดยหย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในกระบอกแก้วที่บรรจุน้ำมันตัวอย่าง พร้อมกับวัดอุณหภูมิด้วย

4.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อรูปแบบการสเปรย์ของน้ำมัน

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อรูปแบบการสเปรย์ของน้ำมันได้ทำการถ่ายรูปการสเปรย์ของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบได้รับความช่วยเหลือจากนายกิตติ เอี่ยมเปรมจิต นักศึกษาปริญญาโทที่ศึกษาเรื่องนี้อยู่ ซึ่งต้องขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้



รูปที่ 4-5 ชุดถ่ายภาพการสเปรย์ของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

4.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องยนต์ Golden Bow รุ่น G95 เป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กซึ่งมีข้อมูลจำเพาะดังนี้

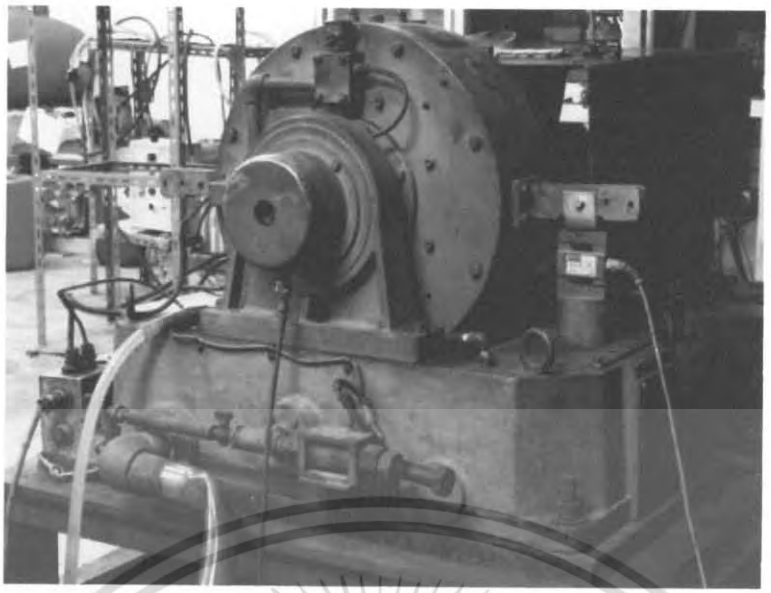
ตารางที่ 4-2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ Golden Bow

รุ่นเครื่อง	G95
ชนิด	ดีเซล 4 จังหวะ สูบนอนระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนลูกสูบ	1
ความจุกระบอกสูบ (ลิตร)	0.522
กำลังสูงสุด (แรงม้า/รอบต่อนาที)	6.99/2400
กำลังต่อเนื่อง (แรงม้า/รอบต่อนาที)	6.25/2400
อัตราส่วนการอัด	21.5:1
แรงดันที่หัวฉีด (บาร์)	120

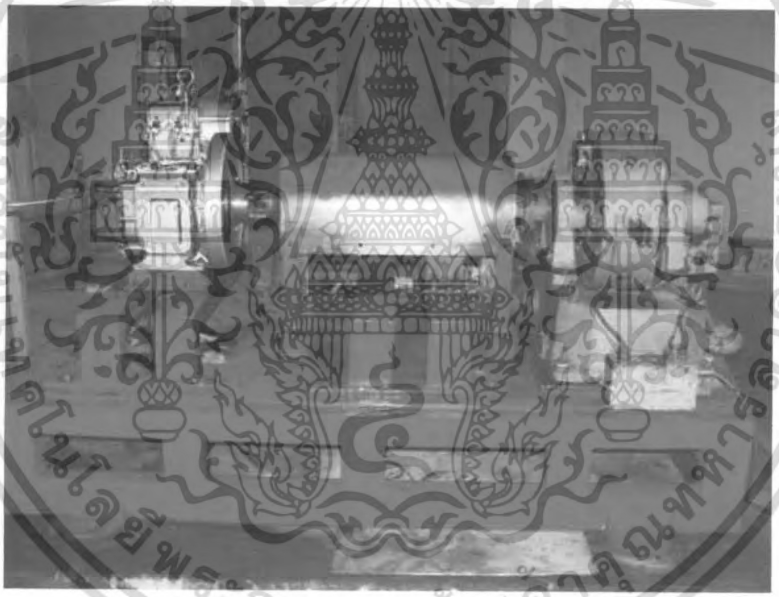
2. ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) คือ อุปกรณ์วัดแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้หลักการสร้างโหลดต้านกับพลังงานที่เครื่องยนต์ให้

สำหรับไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current Dynamometer) ซึ่งใช้พลังงานของเครื่องยนต์ที่ต้องการวัด หมุนจานกลมในสนามแม่เหล็กที่ควบคุมความเข้มข้นได้ จานที่หมุนจะทำหน้าที่ตัวนำไฟฟ้า เคลื่อนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลวนในจานโดยไม่มีการต่อกับวงจรภายนอกและถูกแปลงสภาพเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



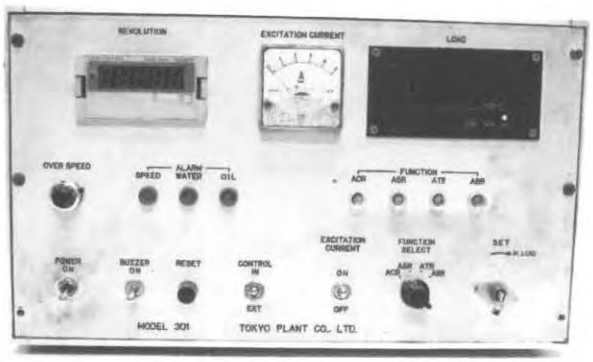
รูปที่ 4-6 Eddy Current Dynamometer



รูปที่ 4-7 การติดตั้งเครื่องยนต์กับแท่นทดสอบ

3. ชุดคอนโทรล (Control Unit) สำหรับควบคุมโหลดหรือภาระงานที่ให้กับเครื่อง โดยการปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งจะปรับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับไดนาโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

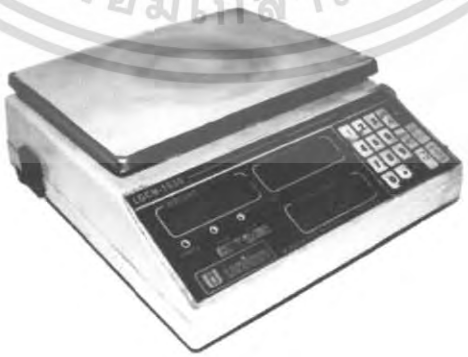


รูปที่ 4-8 ชุดคอนโทรล

4. เครื่องวัดควันดำ(Smoke Meter)

รูปที่ 4-9 เครื่องวัดควันดำ

5. เครื่องชั่งน้ำหนัก(Electronic Weight) ใช้ในการวัดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในช่วงเวลาการทดสอบ



รูปที่ 4-10 เครื่องชั่งน้ำหนักElectronic Weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ชุดให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิน้ำมัน ประกอบด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า เทอร์โมคัปเปิล และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

รูปที่ 4-11 ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 150 วัตต์

รูปที่ 4-12 ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและเทอร์โมคัปเปิล

รูปที่ 4-13 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-14 การติดตั้งชุดอุ่นน้ำมันก่อนเข้าปั๊มหัวฉีด

4.3.2 สภาวะการทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องยนต์ ได้กำหนดสภาวะต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

ตารางที่ 4-3 สภาวะที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	2400 2000 1600 1200
BMEP (กิโลนิวตัน/ตารางเมตร)	150 350 550

ตารางที่ 4-4 สภาวะน้ำมันที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์

ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
Diesel	อุณหภูมิห้อง
Crude Palm Oil (CPO)	30, 60, 90, 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องเมื่อใช้น้ำมันดีเซล

(1) สตาร์ทเครื่องยนต์และเดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

(2) ปรับรอบเครื่องยนต์ที่ 1200 รอบต่อนาที ปรับค่าโหลดที่ชุดคอนโทรลให้เท่ากับBMEP 150 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เปอร์เซ็นไอเสีย และอุณหภูมิไอเสีย

(3) ปรับค่าโหลดที่ชุดคอนโทรลให้เท่ากับ BMEP 350 และ 550 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และวัดค่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เปอร์เซ็นไอเสีย และอุณหภูมิไอเสีย

(4) ทำซ้ำขั้นตอนที่ (2) – (3) โดยปรับรอบเครื่องยนต์ไปที่ 1600, 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที

(5) บันทึกค่าและนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องเมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

(1) สตาร์ทเครื่องยนต์และเดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

(2) ตั้งอุณหภูมิน้ำมันปาล์มที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส ปรับรอบเครื่องยนต์ที่ 1200 รอบต่อนาที ปรับค่าโหลดที่ชุดคอนโทรลให้เท่ากับBMEP 150 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร รอจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำมันเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส วัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เปอร์เซ็นไอเสีย และอุณหภูมิไอเสีย

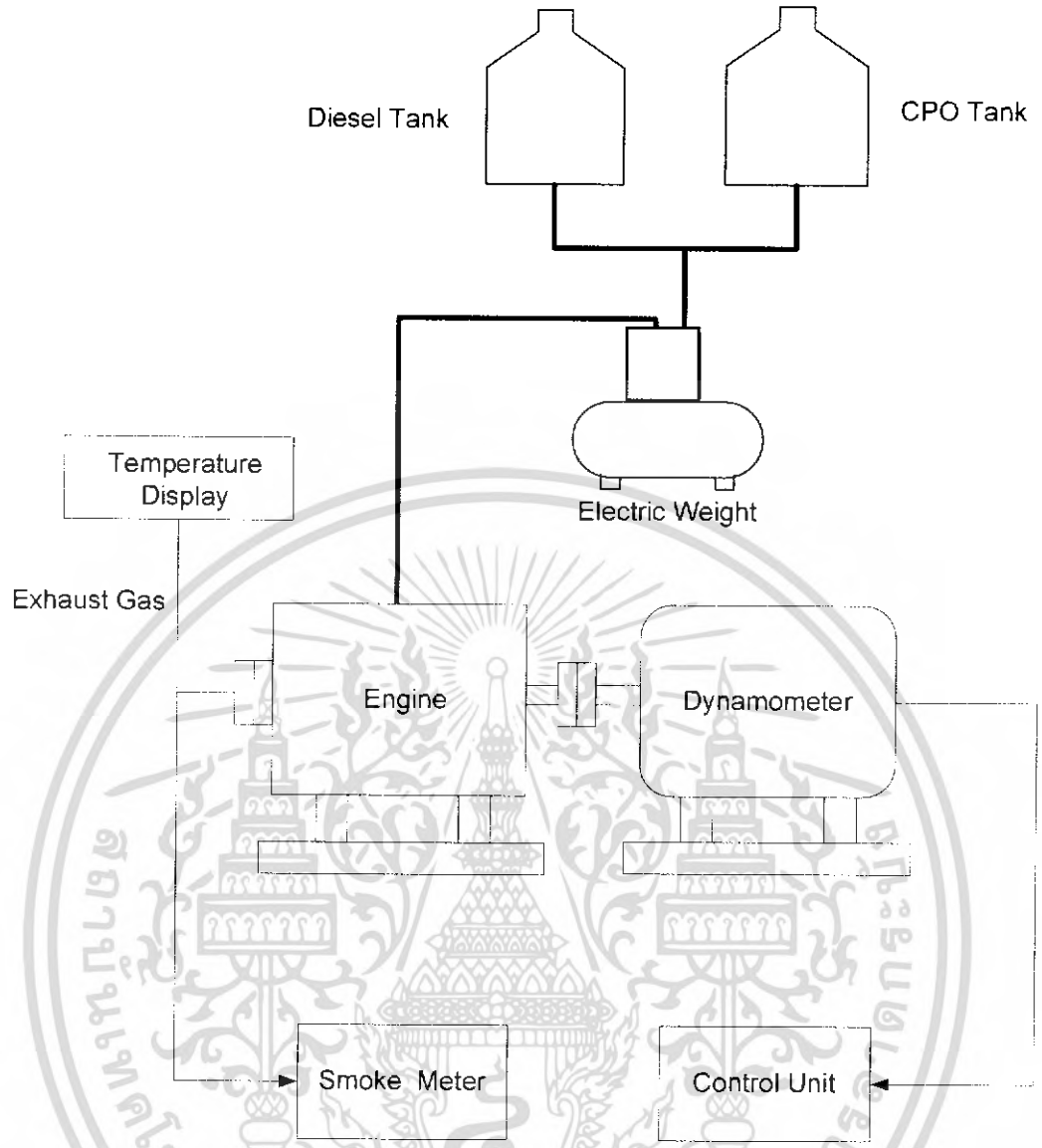
(3) ปรับอุณหภูมิน้ำมันปาล์มที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ไปที่ 60, 90 และ 120 วัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เปอร์เซ็นไอเสีย และอุณหภูมิไอเสีย

(4) ทำซ้ำขั้นตอนที่ (2) – (3) โดยปรับค่าโหลดที่ชุดคอนโทรลให้เท่ากับ BMEP 350 และ 550 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร

(5) ทำซ้ำขั้นตอนที่ (2) - (4) โดยปรับรอบเครื่องยนต์ไปที่ 1600, 2,000 และ 2,400 รอบต่อนาที

(6) บันทึกค่าและนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-15 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

4.3.4 การคำนวณโหลดและสมรรถนะของเครื่องยนต์

4.3.4.1 การคำนวณโหลด

ในการทดสอบเครื่องยนต์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ภาระงานต่างๆ จะต้องใส่โหลดให้กับไดนาโมมิเตอร์ผ่านทางชุดคอนโทรล โดยโหลดที่ใส่ให้ก็คือแรงบิดของเครื่องยนต์นั่นเอง การกำหนดค่าโหลดจะกำหนดในรูปของความดันยังผลเฉลี่ยเพลา หรือ BMEP (Break Mean Effective Pressure) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$2\pi T = W_b = \frac{(BMEP)\,V_d}{n}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย W_b = งานเพลาของการทำงาน 1 รอบ

V_d = ความจุกระบอกสูบ

n = จำนวนรอบต่อ 1 วัฏจักร

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ ซึ่งทำงานครบรอบใน 2 วัฏจักร

$$BMEP = \frac{4\pi T}{V_d}$$

สำหรับในการทดสอบเครื่อง กำหนดBMEP คือ 150, 350 และ 550 กิโลนิวตัน/ตารางเมตร ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

- BMEP = 150

$$150 = \frac{4\pi T}{0.000522}$$

จะได้

$$T = 6.23 \text{ Nm.}$$

- BMEP = 350

$$350 = \frac{4\pi T}{0.000522}$$

จะได้

$$T = 14.5388 \text{ Nm.}$$

- BMEP = 550

$$550 = \frac{4\pi T}{0.000522}$$

จะได้

$$T = 22.8467 \text{ Nm.}$$

4.3.4.2 การคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

1. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา หรือ BSFC (Break Specific Fuel Consumption)

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{\dot{W}_b}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $\dot{m}_f$ = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง

$\dot{W}_b$ = กำลังของเครื่องยนต์

2. ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง (Fuel Conversion Efficiency)

$$\eta_f = \frac{\dot{W}_b}{Q_{HV}\ \dot{m}_f} = \frac{1}{(BSFC)\,Q_{HV}}$$

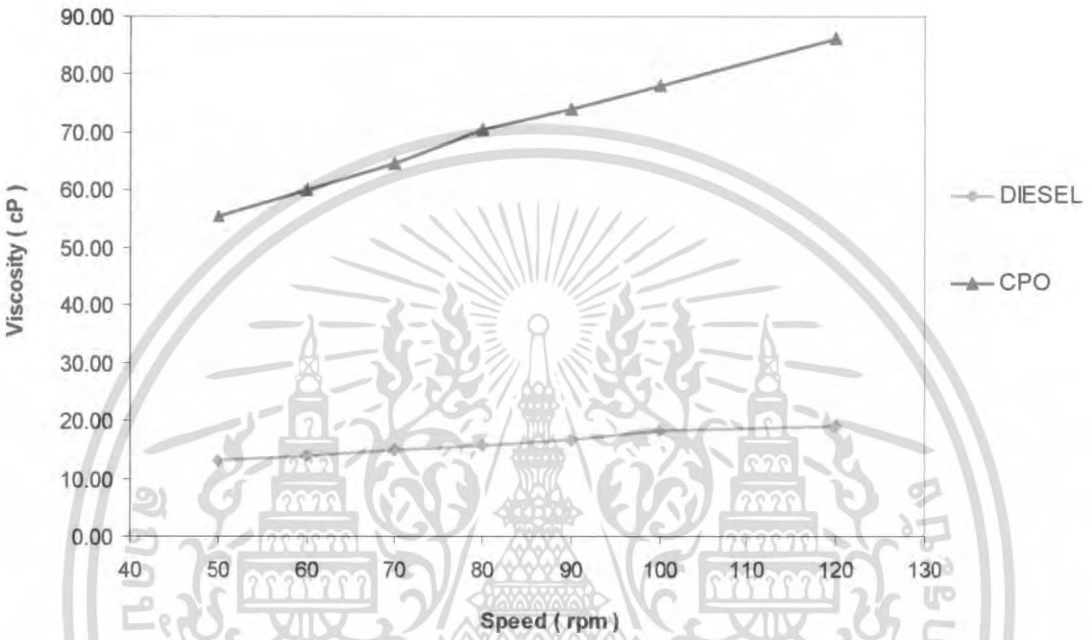
โดย Q_{HV} = ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

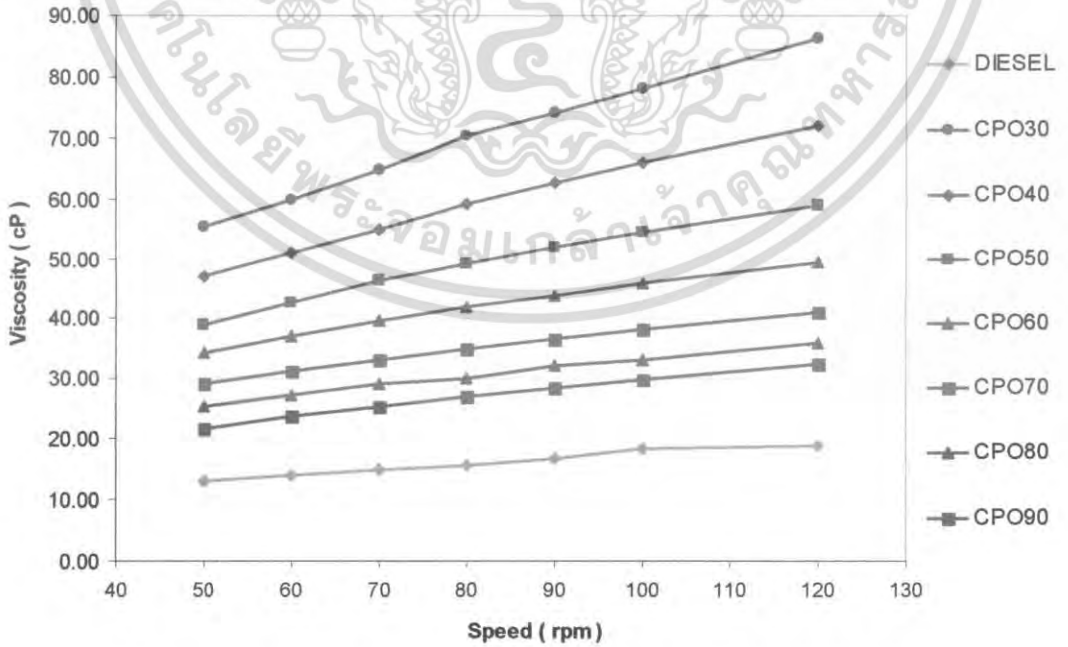
บทที่ 5
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

5.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อพฤติกรรมของน้ำมันปาล์ม

5.1.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความหนืดของน้ำมันปาล์ม

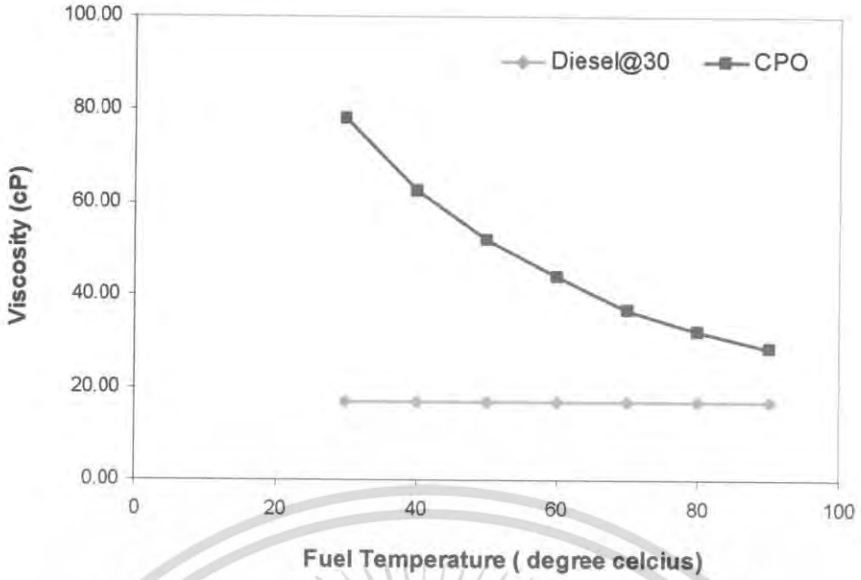


รูปที่ 5-1 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 5-2 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

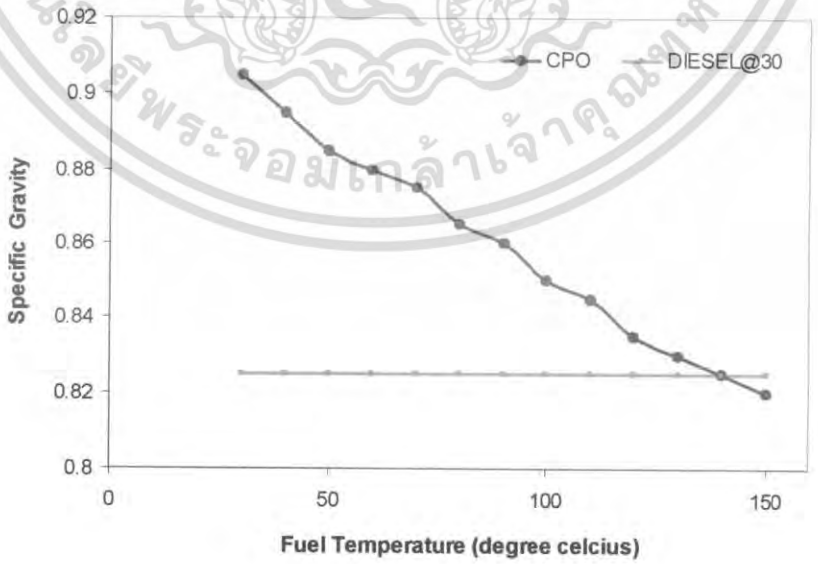
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-3 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ความเร็วรอบSpindle 90 rpm

จากกราฟจะพบว่า ที่อุณหภูมิห้องน้ำมันปาล์มมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 4.4 เท่า และเมื่อวัดค่าความหนืดของน้ำมันที่อุณหภูมิสูงขึ้น พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันพืชมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส น้ำมันปาล์มจะมีความหนืดมากกว่าน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้องลดลงเหลือประมาณ1.7 เท่า โดยในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิทดสอบนั้นค่าความหนืดที่วัดได้จะลดลงอย่างมาก แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดจะลดลงอย่างช้าๆ และเนื่องจากในการทดสอบนี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางนำความร้อน จึงไม่สามารถทดสอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า

5.1.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปาล์ม

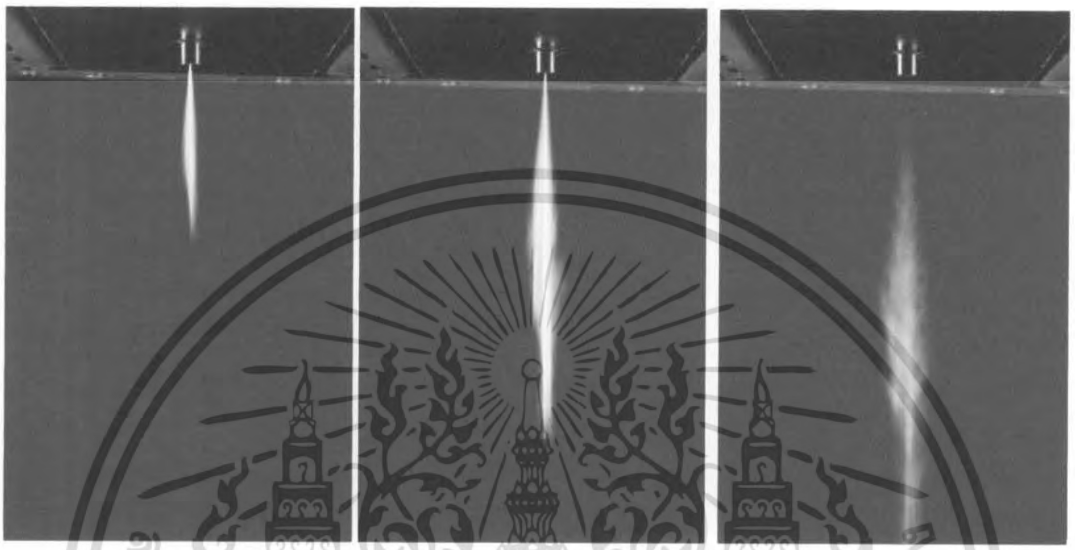


รูปที่ 5-4 ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าน้ำมันปาล์มมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำมันดีเซล เมื่ออุ่นน้ำมันความถ่วงจำเพาะของน้ำมันจะลดลงเรื่อยๆ เพราะน้ำมันมีการขยายตัวเนื่องมาจากความร้อน ทำให้ความหนาแน่นของน้ำมันลดลง ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันจะลดลง

5.1.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อรูปแบบการสเปรย์ของน้ำมัน

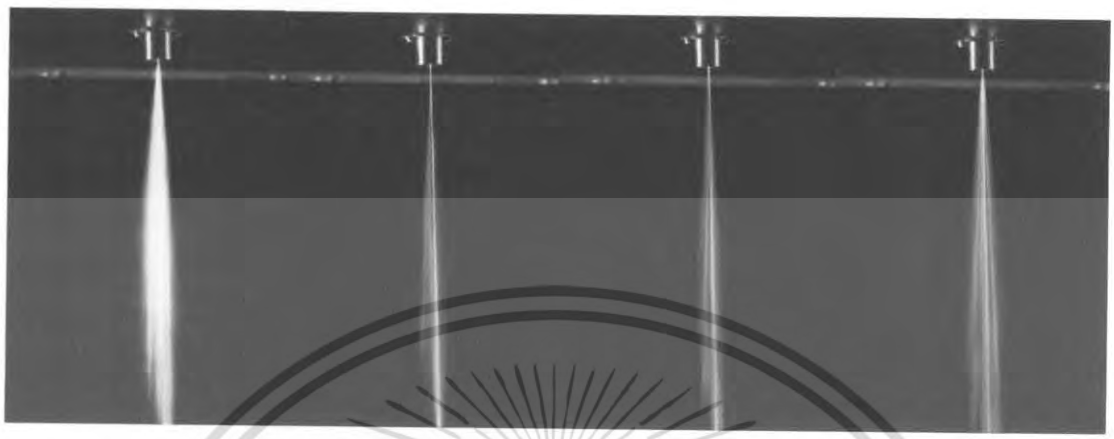


รูปที่ 5.5 การสเปรย์ของน้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 5.6 การสเปรย์ของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป การสเปรย์ของน้ำมันปาล์มเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลแล้วจะมีลักษณะเป็นเส้น ไม่แตกตัวเป็นฝอยละอองเหมือนน้ำมันดีเซล เนื่องจากที่อุณหภูมิห้องน้ำมันปาล์มมีความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก ทำให้การกระจายเมื่อพุ่งออกจากหัวฉีดไม่เป็นฝอย



น้ำมันดีเซลที่อุณหภูมิห้อง **น้ำมันปาล์มที่ 40 °C** **น้ำมันปาล์มที่ 70 °C** **น้ำมันปาล์มที่ 100 °C**

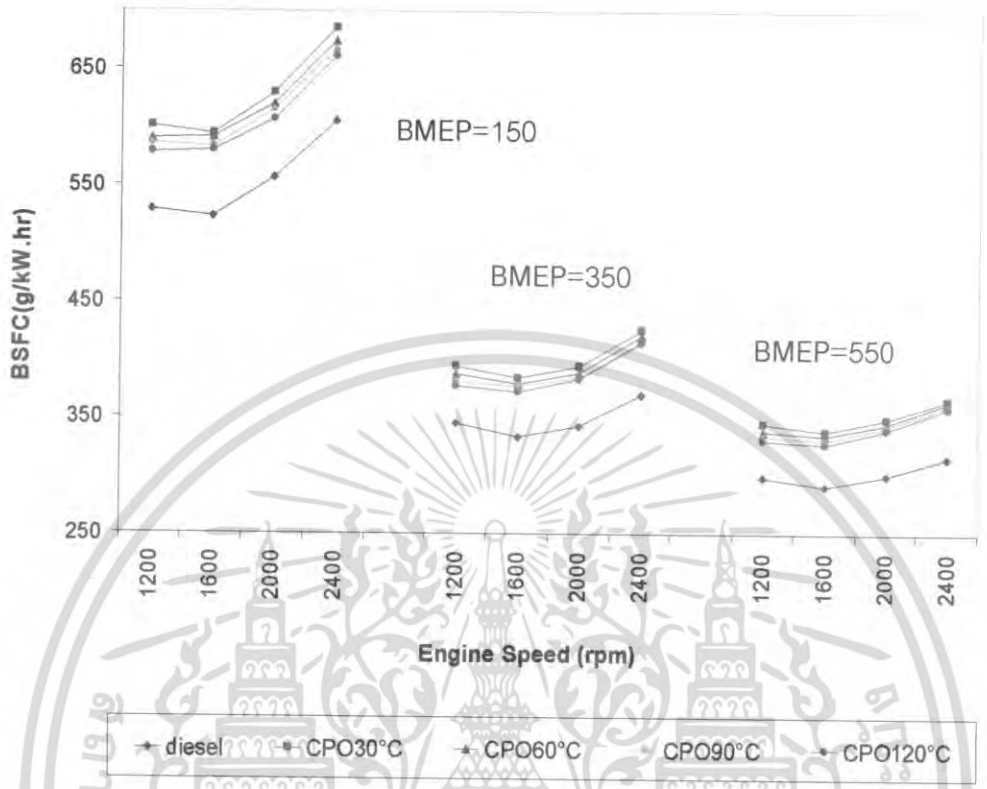
รูปที่ 5.7 เปรียบเทียบการสเปรย์ของน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมันมีผลต่อการสเปรย์ กล่าวคือ เมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดของน้ำมันจะลดลง ทำให้การกระจายตัวเกิดได้ง่ายขึ้น เมื่อถูกฉีดออกจากหัวฉีดจึงมีลักษณะที่เป็นฝอยละอองมากขึ้น ไม่พุ่งเป็นเส้นเหมือนที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

5.2.1 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะเบรก



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันที่ความดันผลเฉลี่ยเพลาเท่ากัน จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องในช่วงแรกอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะลดลง และหลังจากนั้นจะกลับสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกระยะเวลาของการสูญเสียความร้อนที่สั้นลงมีผลมากกว่าความเสียดทาน แต่เมื่อความเร็วสูงขึ้นผลจากความเสียดทานจะมากขึ้นจนมีผลมากกว่าระยะเวลาการสูญเสียความร้อนทำให้เครื่องยนต์ต้องการปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจึงกลับสูงขึ้นดังกราฟ

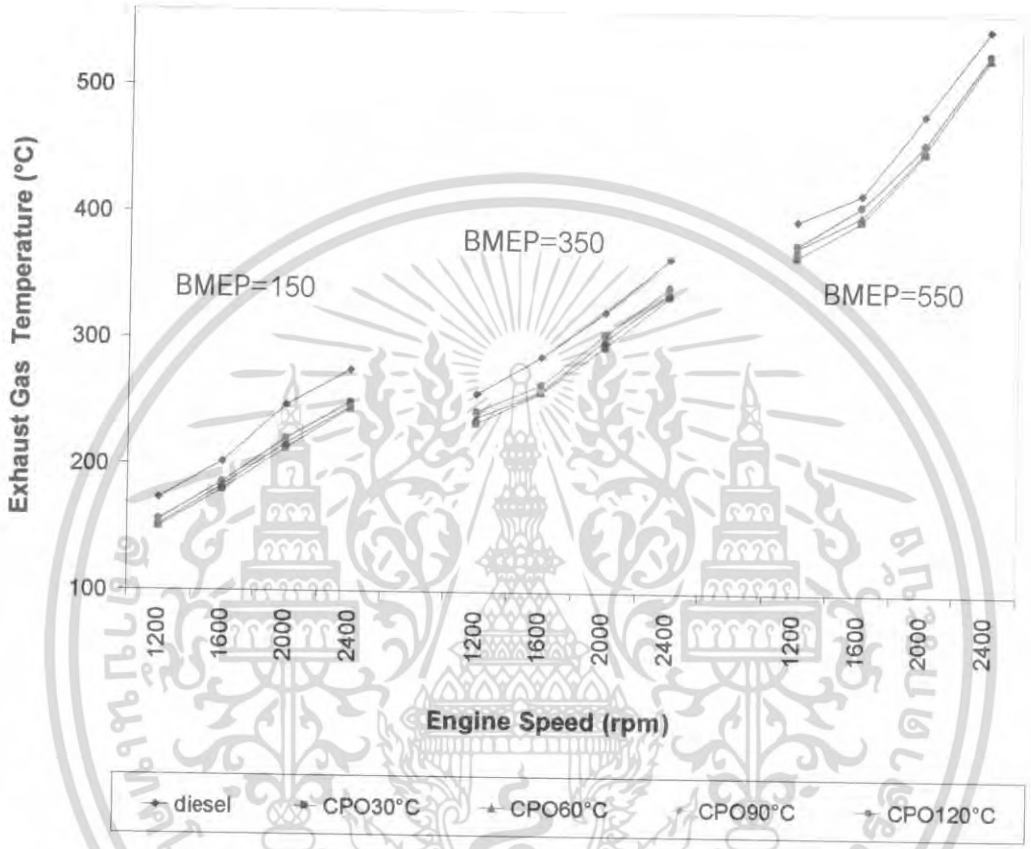
เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบเครื่องเดียวกัน และความดันผลเฉลี่ยเพลาเท่ากันระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์มแล้ว น้ำมันปาล์มจะมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลสำหรับการทดสอบทุกๆอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากว่าน้ำมันปาล์มให้ค่าความร้อนน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเมื่อทดสอบเมื่อกำหนดสภาวะให้คงความดันผลเฉลี่ยไว้เท่ากันจึงต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่มากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างกันจะพบว่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะลดลง เมื่ออุณหภูมิน้ำมันเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาสาเหตุ 2 ประการประกอบกันคือ ประการเมื่อพิจารณากราฟที่ 5-4 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของน้ำมันลดลง เมื่อฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาตรที่เท่ากัน มวลที่ใช้จึงน้อยกว่า และประการที่สองเมื่อพิจารณารูปที่ 5.7 ประกอบพบว่าเมื่ออุณหภูมิน้ำมันสูงขึ้น ความหนืดลดลง ทำให้การสเปรย์ของน้ำมันปาล์มเป็นฝอยละอองดีขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น จึงปลดปล่อยจึงปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาได้มากกว่า

5.2.2 อุณหภูมิไอเสีย



รูปที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงเดียวกัน ที่ความดันเฉลี่ยเพลาเท่ากัน เมื่อทำการเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ อุณหภูมิไอเสียที่วัดได้ก็จะสูงขึ้นด้วย เนื่องจากความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการระบายไอเสียลดลง ทำให้เกิดการอั้นของไอเสียมากกว่า ความร้อนจึงถูกระบายออกได้ยากกว่า

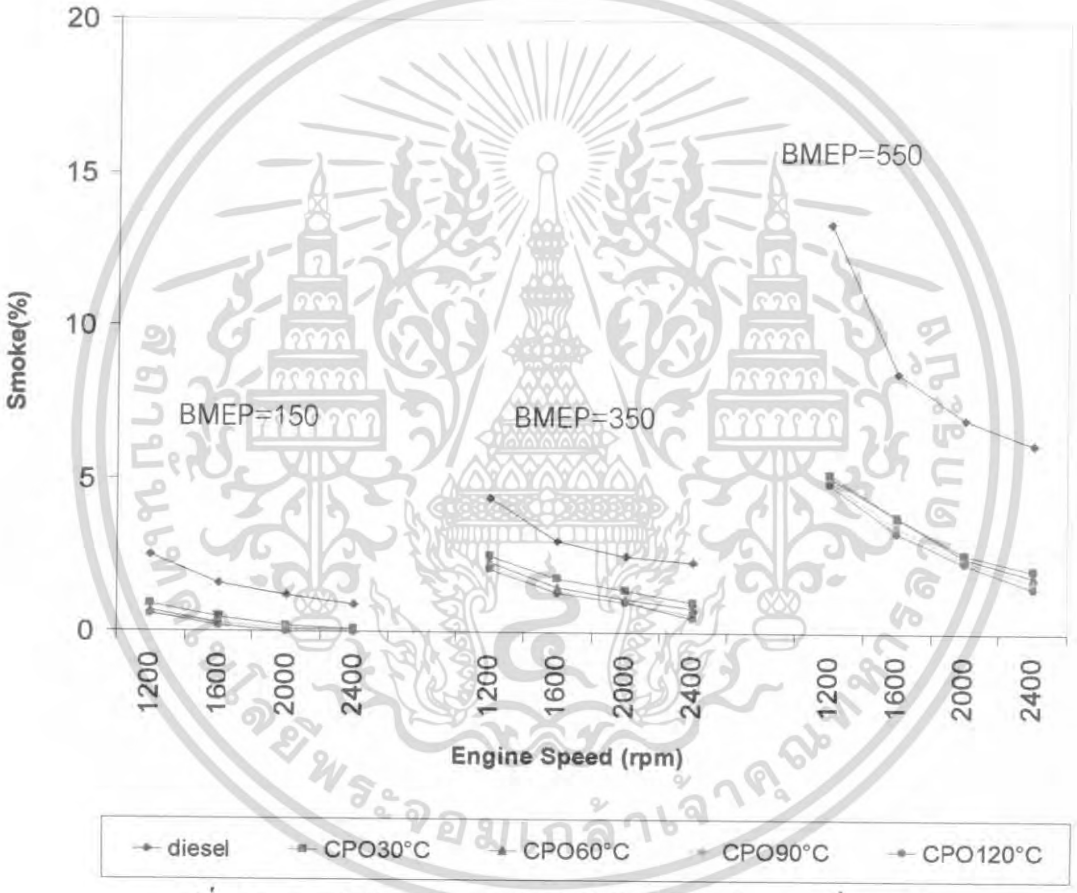
พิจารณาผลการทดสอบสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เท่ากัน เมื่อความดันผลเฉลี่ยเพลามากขึ้น อุณหภูมิไอเสียจะสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความดันในการเผาไหม้มีผลต่ออุณหภูมิไอเสีย กล่าวคือ เมื่อความดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้น อุณหภูมิไอเสียที่ออกจากห้องเผาไหม้ย่อมสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบที่ความดันผลเฉลี่ยเดียวกัน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เท่ากัน สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดพบว่า น้ำมันดีเซลให้อุณหภูมิไอเสียสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันปาล์มทุกอุณหภูมิที่ทดสอบ เนื่องมาจากน้ำมันดีเซลมีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันปาล์ม ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลจึงมากกว่าน้ำมันปาล์ม

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างกัน น้ำมันปาล์มที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะให้อุณหภูมิไอเสียที่สูงกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ดีขึ้น เพราะน้ำมันมีการสเปรย์ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิน้ำมันสูงขึ้น ทำให้ความร้อนที่เกิดากการเผาไหม้มีค่ามากกว่าน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่ำ

5.2.3 เปอร์เซ็นต์ควันดำในไอเสีย



รูปที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ควันดำในไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบผลจากความแตกต่างระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เท่ากันและความดันผลเฉลี่ยเพลาเดียวกัน จะเห็นว่าน้ำมันปาล์มทุกอุณหภูมิจะให้เปอร์เซ็นต์ควันดำต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากควันดำเกิดจากเขม่าและฝุ่นละออง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันดีเซลมากกว่าในน้ำมันปาล์มจึงทำให้เปอร์เซ็นต์ควันดำของน้ำมันดีเซลมากกว่าน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันปาล์มเปอร์เซ็นต์ควันดำจะลดลงอีกเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ดีขึ้นดังที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น ทำให้เขม่าและฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

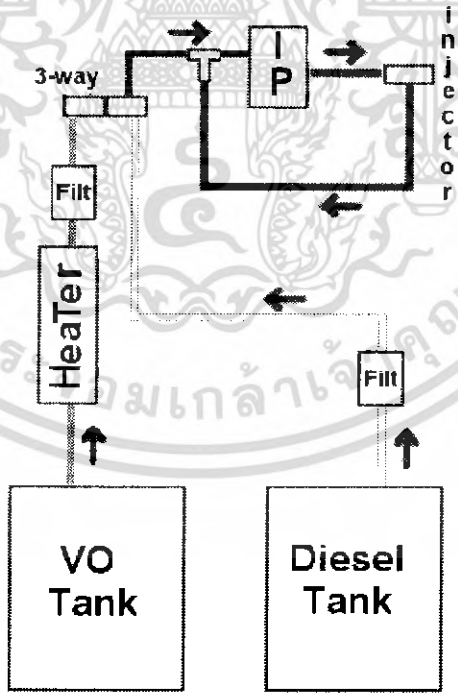
บทที่ 6
การดัดแปลงเครื่องยนต์

6.1 ระบบเชื้อเพลิงควบคู่(Two-Tank System)

ปัญหาประการสำคัญในการใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซล คือ ปัญหาการติดเครื่องยาก เนื่องจากมีจุดติดไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก การแก้ปัญหาในโครงงานนี้ก็คือ การนำระบบเชื้อเพลิงควบคู่(Two-Tank System) มาใช้กับเครื่องยนต์

การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของระบบระบบเชื้อเพลิงควบคู่(Two-Tank System) จะเป็นแบบ Dual Fuel คือจ่ายเชื้อเพลิง 2 ชนิด น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์ม หลักการทำงานของระบบเชื้อเพลิงควบคู่(Two-Tank System) มีดังนี้

- เมื่อเริ่มเดินเครื่องยนต์ ระบบจะจ่ายน้ำมันดีเซล ในขณะที่ฮีตเตอร์อุ่นน้ำมันปาล์มทำงาน
- เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันปาล์มสูงถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ระบบจะเปลี่ยนมาจ่ายน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง
- ก่อนจะดับเครื่องยนต์ ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อล้างน้ำมันปาล์มที่ค้างสายซึ่งอาจทำให้ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงอุดตันเมื่อเครื่องเย็นลงออก

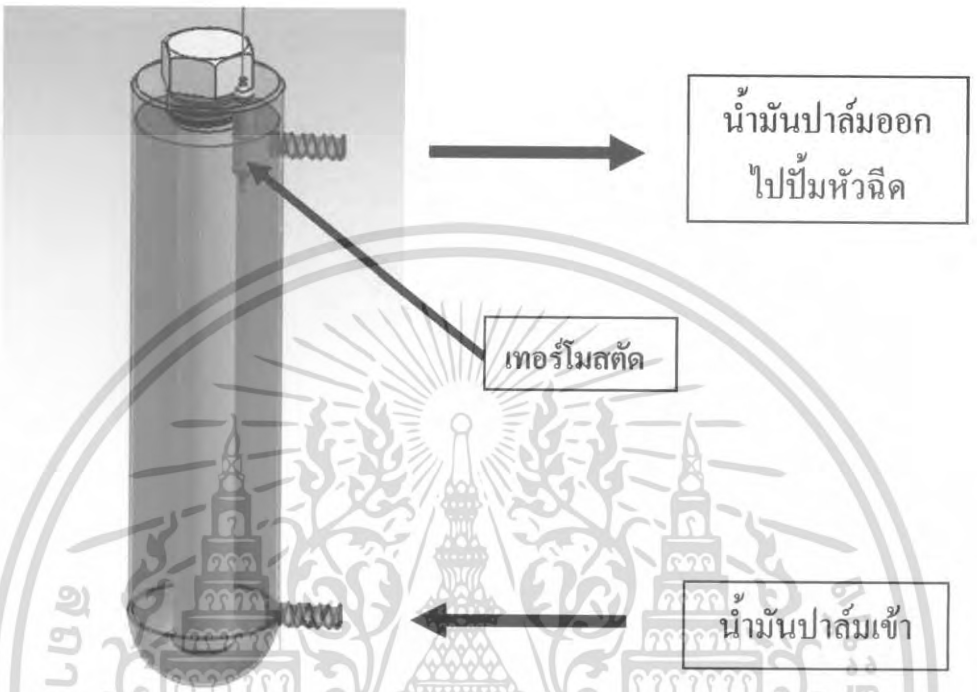


รูปที่6-1 แผนภาพการทำงานระบบ two- tank system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การออกแบบระบบการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

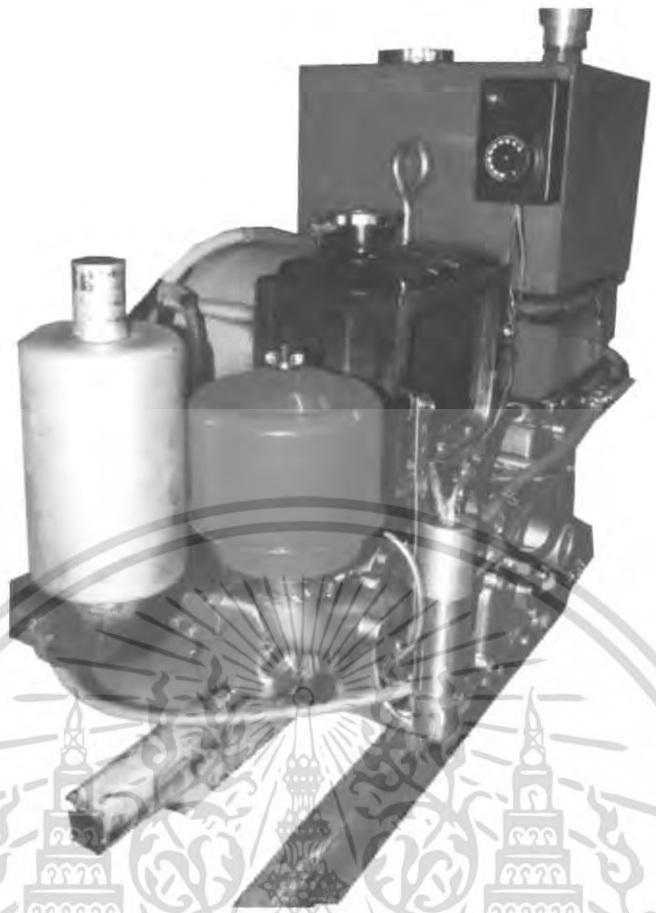
6.2.1 การอุ่นน้ำมันด้วยไฟฟ้า จะใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำมัน โดยใช้กระแสไฟฟ้าจากเจนเนอร์เรเตอร์ที่มีอยู่ในเครื่อง ซึ่งจะมีเทอร์โมสตัดเป็นตัวตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแก่ฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิน้ำมันสูงถึงอุณหภูมิต้องการ



รูปที่ 6-2 ฮีตเตอร์ที่ออกแบบเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์

รูปที่ 6-3 ฮีตเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

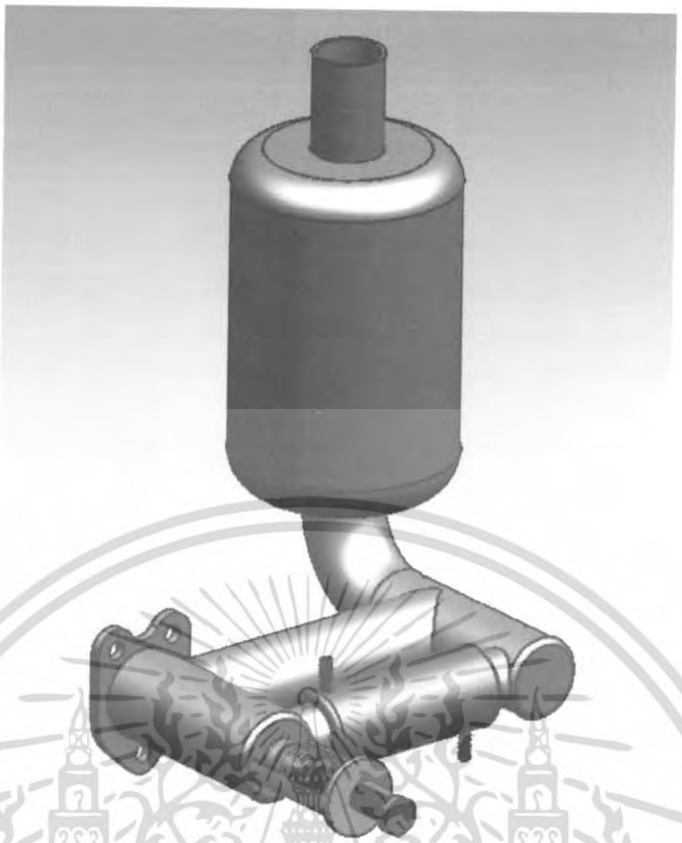


รูปที่ 6-4 ลักษณะการติดตั้ง ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและเทอร์โมสตัดกับเครื่องยนต์

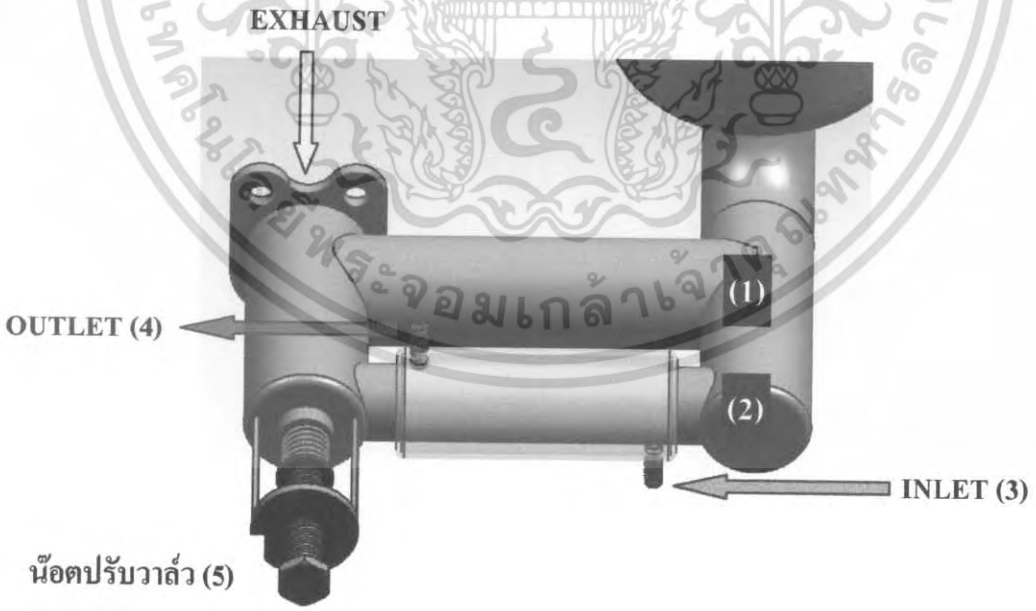
อย่างไรก็ดี การใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการให้ความร้อนแก่น้ำมันจะสูญเสียพลังงานของเครื่องยนต์ไปในการปั่นเจนเนอร์เรเตอร์ ส่งผลให้เครื่องยนต์ทำงานหนักขึ้นและสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จึงได้ออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความร้อนจากไอเสียซึ่งเป็นพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาอย่างสูญเปล่า มาใช้เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันร่วมด้วย

6.2.2 การอุ่นน้ำมันด้วยความร้อนจากไอเสีย พลังงานความร้อนจากไอเสียในเครื่องยนต์มีปริมาณมากและถูกทิ้งให้สูญเปล่า เครื่องยนต์เมื่อเดินเครื่องที่รอบเบา ไม่มีโหลดจะมีอุณหภูมิไอเสียประมาณ 150 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิมากกว่า 500 องศาเซลเซียส เมื่อเดินเครื่องที่รอบสูงๆ โหลดมากๆ จึงได้ออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสียเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมัน (Exhaust Gas-Heater Exchanger) มีลักษณะดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-5 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสียที่ออกแบบเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์

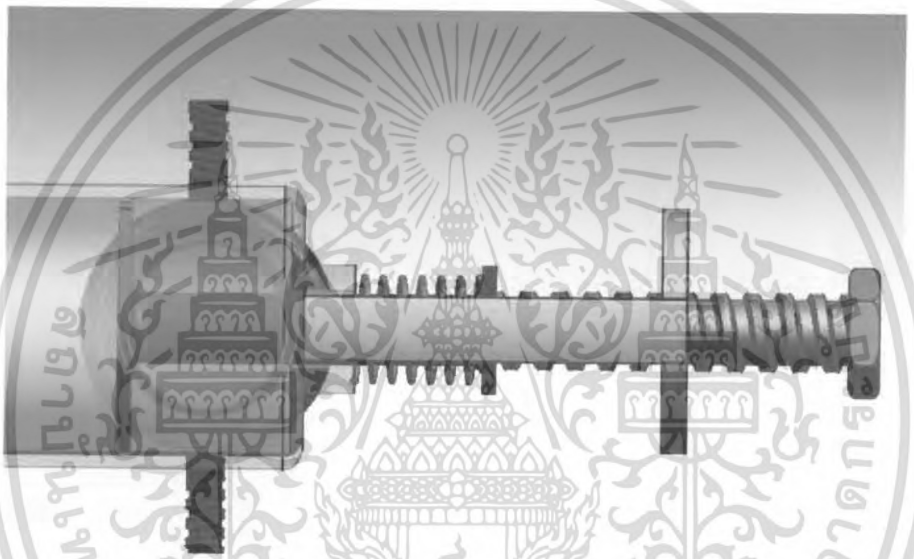


รูปที่ 6-5 หลักการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหลักการทำงานมีดังนี้ คือ ท่อไอเสียที่ดัดแปลงจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ท่อส่วนที่ต่อตรงเข้าหม้อกรองเสียงเลย(1) และท่อที่ต่อเข้าไปยังชุดแลกเปลี่ยนความร้อน(2) ที่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนน้ำมันพืชจากถังจะเข้ามาทางท่อ(3) และรับความร้อนจากไอเสีย จากนั้นจะออกทางท่อ(4) ไปยังปั๊มหัวฉีด

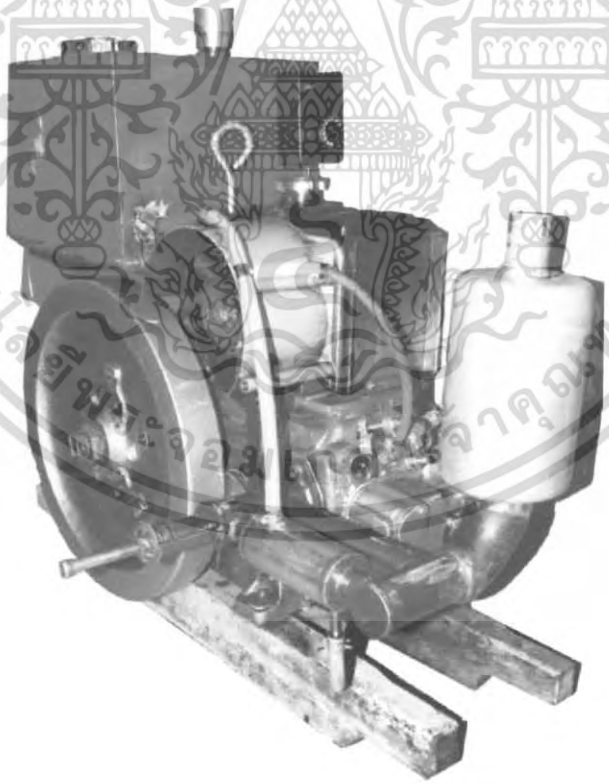
อุณหภูมิไอเสียที่รอบและภาระเครื่องยนต์ต่างกันอุณหภูมิจะไม่เท่ากัน ถ้าไอเสียที่ไหลเข้าท่อ(2) มีปริมาณมากเกินไปหรืออุณหภูมิสูงเกินไป น้ำมันพืชอาจเดือดหรือกลายเป็นไอภายในท่อทางน้ำมันได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเวเพอร์ล็อคและเครื่องยนต์ดับ และถ้าปริมาณไอเสียน้อยเกินไปหรืออุณหภูมิต่ำเกินไปน้ำมันพืชอาจจะมีอุณหภูมิไม่สูงพอ ดังนั้นจึงออกแบบวาล์วเพื่อปรับปริมาณไอเสียที่เข้าทางท่อ(2) โดยปรับที่น๊อต(5) เพื่อปรับขนาดของทางเข้าของไอเสีย



รูปที่ 6-6 กลไกลปรับวาล์ว เพื่อปรับปริมาณไอเสียที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

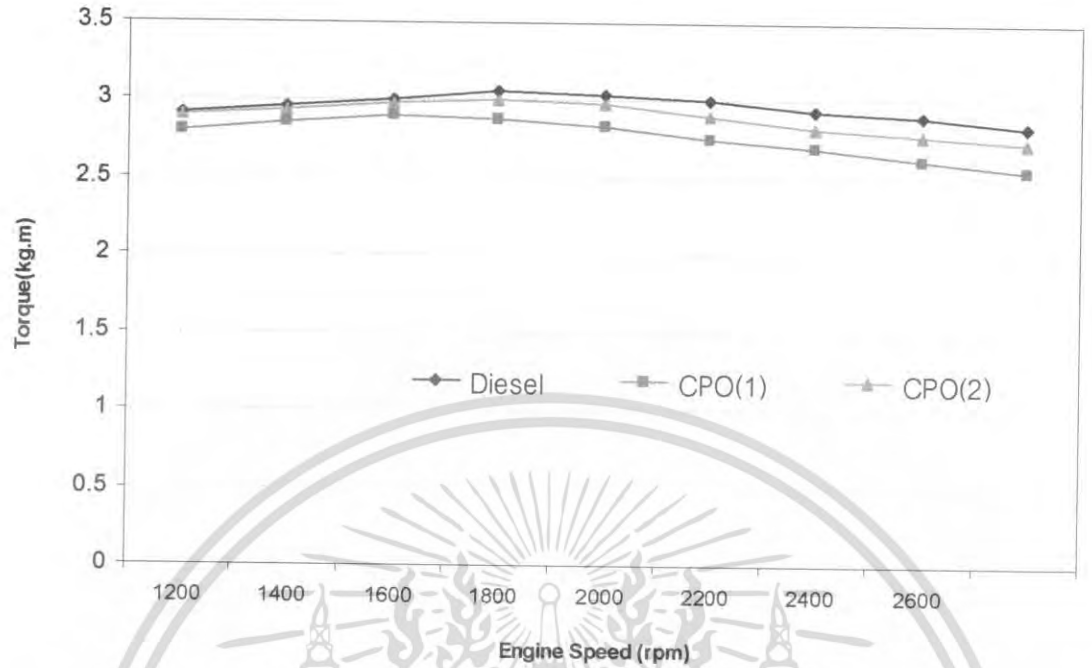
รูปที่ 6-7 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสียที่สร้างขึ้นเพื่อติดตั้งกับเครื่องยนต์



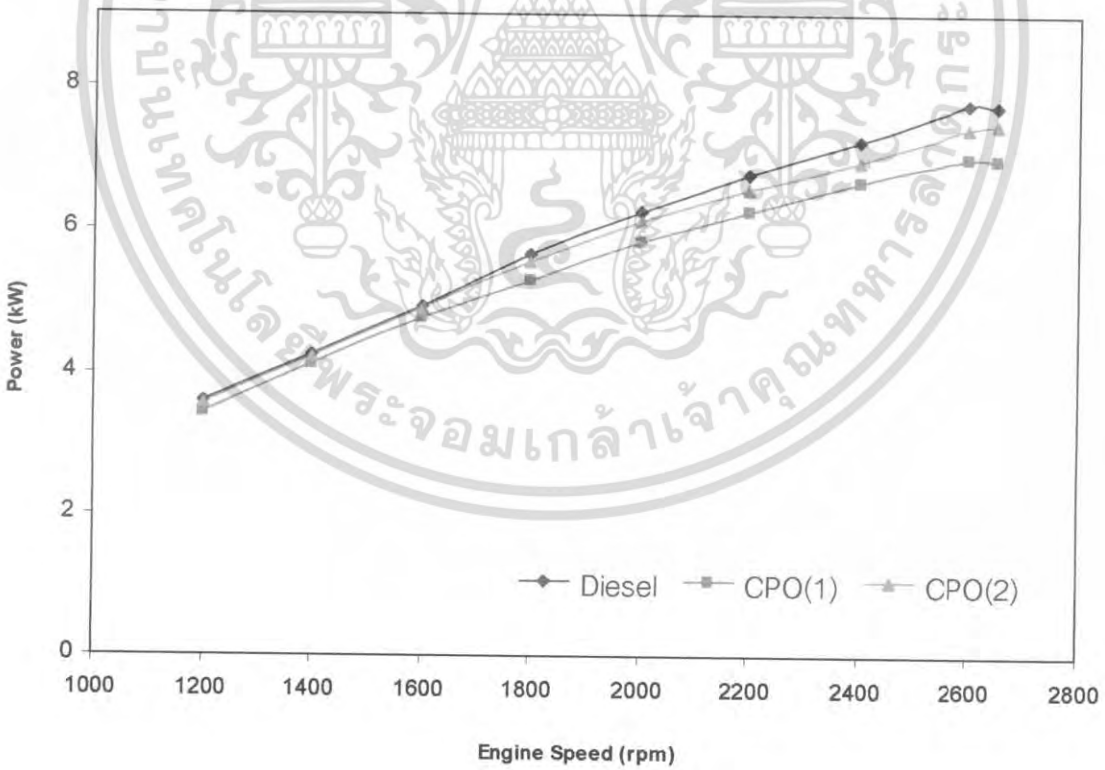
รูปที่ 6-8 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอเสียกับเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ดัดแปลง



รูปที่ 6-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบ



รูปที่ 6-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟ Diesel หมายถึง การทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซล

CPO(1) หมายถึง การทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเจนเนอร์เรเตอร์ภายในเครื่องเพื่อจ่ายไฟให้แก่ฮีตเตอร์ไฟฟ้า

CPO(2) หมายถึง การทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดิบโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเจนเนอร์เรเตอร์ภายในเครื่องเพื่อจ่ายไฟให้แก่ฮีตเตอร์ไฟฟ้า(ต่อกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก)

จากกราฟ กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มจะต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล เนื่องมาจากค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมันปาล์มมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล (น้ำมันปาล์ม = 40,400 กิโลจูลต่อกิโลกรัม, น้ำมันดีเซล= 44,300 กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง CPO(1) และ CPO(2) พบว่า CPO(1) กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์จะต่ำกว่า CPO(2) แสดงให้เห็นว่าฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งโดยใช้กระแสไฟฟ้าจากเจนเนอร์เรเตอร์ในเครื่องยนต์ทำให้เครื่องยนต์เสียกำลังไปบางส่วน

รูปที่ 6-11 การติดตั้งเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงกับแท่นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทดสอบการสเปรย์ของน้ำมัน

จากรูปถ่ายการสเปรย์ จะเห็นได้ชัดว่าน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้อุ่น เมื่อฉีดสเปรย์จะมีลักษณะเป็นเส้นมากกว่าที่จะเป็นฝอยละอองเหมือนน้ำมันดีเซล ซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถนะของเครื่องคือ ทำให้น้ำมันปาล์มเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่มีอยู่ออกมาได้อย่างเต็มที่

นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์ กล่าวคือ น้ำมันปาล์มที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเหลือเป็นคราบเหนียวเกาะติดในห้องเผาไหม้ หัวฉีด วาล์วและแหวนลูกสูบ ซึ่งเมื่อใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่งเครื่องยนต์จะเกิดการสึกหรอได้

การอุ่นน้ำมันปาล์มทำให้ความหนืดลดลง ซึ่งจะทำให้การสเปรย์ของน้ำมันปาล์มเป็นฝอยละอองดีขึ้น น่าจะช่วยลดการสึกหรอของเครื่องยนต์เมื่อใช้กับน้ำมันพืชในระยะยาวได้

7.2 สรุปผลการทดสอบเครื่องยนต์

1. การทดสอบเครื่องด้วยน้ำมันปาล์มโดยไม่ได้อุ่น พบว่าเครื่องยนต์จะเดินไม่เรียบ ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำๆ น้ำมันปาล์มจะมีความหนืดมาก เมื่อปั๊มหัวฉีดทำงาน น้ำมันจะถูกดูดเข้าปั๊มอย่างไม่สม่ำเสมอ จะเห็นได้จากน้ำหนักของเชื้อเพลิงจะลดลงแบบไม่สม่ำเสมอคือค่อยๆ ลดลงและลดลงอย่างเร็วกว่ามากเป็นช่วงๆ ทำให้การวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้ยาก
2. ในการทดสอบเครื่องที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 120 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์จะมีเดินไม่เรียบ สะดุดและบางครั้งก็ดับไปเอง โดยเฉพาะที่ภาระงานต่ำๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อของเหลวร้อนขึ้นความสามารถในการละลายแก๊สของของเหลวจะลดลง ดังนั้นเมื่อน้ำมันปาล์มร้อนขึ้นแก๊สที่ละลายอยู่ให้น้ำมันตั้งแต่ต้นจึงแยกออกมา และรวมตัวกันกลายเป็นฟองอากาศขึ้นที่ทางเดินน้ำมัน ซึ่งจะขัดขวางการไหลของน้ำมันคล้ายกับกรณีการเกิดเวเพอร์ล็อก(vapor lock)
3. เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อเดินเครื่องด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเครื่องยนต์มีสมรรถนะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิน้ำมันปาล์มก่อนเข้าปั๊มหัวฉีดเล็กน้อย โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะน้อยลงประมาณ 2-4 % และเปอร์เซ็นต์ควันดำน้อยลง 0.2-0.5% ซึ่งสรุปได้ว่าการอุ่นน้ำมันปาล์มก่อนเข้าปั๊มหัวฉีดช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ขึ้น

7.3 สรุปผลการดัดแปลงเครื่องยนต์

1. เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที เพื่ออุ่นน้ำมันให้ได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
2. เมื่อเดินเครื่องยนต์ที่ภาระงานต่ำจะสามารถอุ่นน้ำมันได้สูงสุด 80 องศาเซลเซียส และอุ่นได้ถึง 110 องศาเซลเซียส เมื่อเดินเครื่องยนต์ที่ภาระงานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มจะให้กำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซล 4-9 % โดยฮีตเตอร์ไฟฟ้าจะฉุดกำลังของเครื่องยนต์ประมาณ 3-5% (ฮีตเตอร์ที่ใช้ = 250 วัตต์)

7.4 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในงานวิจัยนี้ทำการอุ่นน้ำมันก่อนเข้าปั๊มหัวฉีด ซึ่งน้ำมันจะสูญเสียความร้อนระหว่างที่อยู่ในท่อน้ำมันไปปั๊ม ปั๊มหัวฉีด ท่อน้ำมันไปหัวฉีด และในหัวฉีด จึงไม่สามารถศึกษาถึงผลของการอุ่นน้ำมันได้ดีเท่าใดนัก ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบโดยการอุ่นน้ำมันที่ท่อน้ำมันเข้าหัวฉีดโดยตรง ซึ่งน่าจะให้ผลที่ชัดเจนกว่า
2. ในการทดสอบแม้จะพบว่าการอุ่นน้ำมันปาล์มให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียสแล้วเครื่องยนต์จะเดินเรียบแม้ที่รอบต่ำ แต่สำหรับการนำไปใช้จริงควรมีการศึกษาถึงผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาวด้วย
3. ฮีตเตอร์ไฟฟ้าจะฉุดกำลังเครื่องยนต์ ดังนั้นควรออกแบบฮีตเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ หรือใช้เฉพาะความร้อนจากไอเสียในการอุ่นน้ำมัน
4. ในการใช้งานจริงจำเป็นจะต้องเดินเครื่องยนต์ ด้วยน้ำมันดีเซลก่อนดับเครื่องยนต์ทุกครั้งอย่างน้อย 10 นาที มิฉะนั้นอาจมีน้ำมันปาล์มบางส่วนค้างอยู่ที่หัวฉีด และภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งถ้าไม่ทำความสะอาดจะขึ้นราได้ ถ้าปล่อยเครื่องยนต์ไว้โดยที่ไม่ได้เดินเครื่องยนต์ และน้ำมันปาล์มที่ค้างอยู่ที่หัวฉีดจะทำให้หัวฉีดอุดตัน และทำให้ติดเครื่องยนต์ยาก

การทดสอบโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำมันเพียงอย่างเดียว ไม่เพียงพอที่จะสรุปแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับการใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ เพราะสมรรถนะ ไอเสีย อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การเผาไหม้ และคุณสมบัติอื่นๆ อาจเปลี่ยนแปลงได้อีกจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ความดันในการฉีดเชื้อเพลิง องศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ชนิดหัวฉีด เป็นต้น ในที่นี้จะเสนอแนวทางการศึกษาต่อไว้บางแนวทาง ดังนี้

1. การวิจัยเชิงทดลองเพื่อหาผลของสมรรถนะ และมลภาวะ โดยการเปลี่ยนแปลงองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือ/และ ความดันในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคู่กับการอุ่นน้ำมัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมกับการใช้น้ำมันปาล์มในเครื่องยนต์ดีเซล
2. ดัดแปลงเครื่องยนต์ในส่วนอื่นๆ เพื่อให้เหมาะกับการใช้น้ำมันพืชโดยเฉพาะ เช่น การดัดแปลงในส่วนของห้องเผาไหม้ ให้สามารถเผาไหม้น้ำมันพืชได้ดี การดัดแปลงในส่วนของหัวฉีดให้สามารถฉีดน้ำมันพืชให้เป็นฝอยละอองดีขึ้น และมีระบบป้องกันการอุดตันเนื่องจากไขของน้ำมันพืช เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Maleque M.A.; Masjuki H.H.; Sapuan S.M., 2003, "Vegetable-based biodegradable lubricating oil additives",Industrial Lubrication and Tribology, Volume 55, Number 3, May, pp. 137-143(7)

[2] Meneeratana, K., 2004, "Simulation of ice formation by the unstructured finite volume method", Proceedings of the 1st Conference on Energy Network of Thailand (E-NETT), May, pp. 211-216.

[3] El-Awad,M.M., et al, 1999, "Crude Palm Oil As Fuel Extender", Proceeding of the word Renewable Energy Congress, October, Malaysia, 7 p.

[4] สถาพร บุญสมบัติ, 2544, "การวิจัยใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล", เอกสารประกอบการประชุมระดมความคิดเรื่อง แนวทางการทำวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, 18 มิถุนายน 2544, กรุงเทพฯ, 17 หน้า.

[5] นายณพงษ์ สุทพิสิทธิ์ นายพิสุทธ เลิศสงคราม และนายณรงค์ ปรมาธิกุล, 2544, "การใช้น้ำมันพืชมาเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล", หน้า 53-54.

[6] Nwafor, O.M.I., 2002, "The effect of Elevated Fuel Inlet Temperature on Performance of Diesel Engine Running on Neat Vegetable Oil at Constant Speed Conditions", Renewable Energy, Vol.431, No. 2003-1846, pp. 171-181.

[7] Bari, S., Lim, T.H. and Yu, C.W., 2002, "Effect of Preheating of Crude Palm Oil (CPO) on Injection System Performance and Emission of a Diesel Engines, Renewable Energy, Vol. 27, pp. 339-351.

[8] พูลพร แสงบางปลา, "การใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร", เอกสารประกอบการประชุมระดมความคิดเห็นเรื่อง แนวทางการทำวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, 18 มิถุนายน 2544, กรุงเทพฯ

[9] นายปฏิภาณ ถิ่นพระบาท, 2545, "การศึกษาการปลดปล่อยความร้อนและออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มผสม", หน้า 61-64.

[10] นายธวัชชัย นาคพิพัฒน์ รศ.อัครเดช สินธุภัค และรศ.ดร.มงคล มงคลเวโรจน์(ผู้ควบคุมโครงงาน), "การศึกษาพฤติกรรมของไอเสียจากการเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศ และเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล"

[11] นายพีรวัฒน์ สายสิริรัตน์, 2544, "การทดลองและศึกษาการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันและจุดระเบิดด้วยการอัด"

[12] Ministry of Plantation Industries and Commodities Malaysia, Development of Renewable Energy in Malaysia

[13] ไบโอดีเซล : พลังงานทางเลือก? : พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล ฝ่ายสิ่งแวดล้อมนิเวศวิทยา และพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

1. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล

BMEP(kPa)	Engine Speed(rpm)	Fuel Consumption (g/60s)	Bsfc (g/kW.hr)	Exhaust Gas Temperature(°C)	Smoke (%)
150	1200	6.9	528.7356	173	2.5
	1600	9.1	522.9885	202	1.6
	2000	12.1	556.3218	248	1.2
	2400	15.8	605.364	276	0.9
350	1200	10.5	344.8276	257	4.4
	1600	13.55	333.7438	287	3
	2000	17.4	342.8571	322	2.5
	2400	22.5	369.4581	365	2.3
550	1200	14.3	298.8506	395	13.4
	1600	18.6	291.5361	417	8.5
	2000	24	300.9404	480	7
	2400	30.2	315.5695	548	6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ 30 องศาเซลเซียส°C

BMEP(kPa)	Engine Speed(rpm)	Fuel Consumption (g/60s)	Bsfc (g/kW.hr)	Exhaust Gas Temperature(°C)	Smoke (%)
150	1200	7.85	601.5326	150	0.9
	1600	10.35	594.8276	180	0.5
	2000	13.7	629.8851	213	0.2
	2400	17.9	685.8238	245	0.1
350	1200	12	394.0887	234	2.5
	1600	15.6	384.2365	258	1.8
	2000	20	394.0887	295	1.4
	2400	25.9	425.2874	335	1
550	1200	16.5	344.8276	367	5.2
	1600	21.6	338.558	396	3.8
	2000	27.9	349.8433	450	2.6
	2400	35	365.7262	520	2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ 60 องศาเซลเซียส

BMEP(kPa)	Engine Speed(rpm)	Fuel Consumption (g/60s)	Bsfc (g/kW.hr)	Exhaust Gas Temperature(°C)	Smoke (%)
150	1200	7.7	590.0383	152	0.7
	1600	10.3	591.954	183	0.3
	2000	13.5	620.6897	217	0.1
	2400	17.6	674.3295	246	0.1
350	1200	11.8	387.5205	238	2.3
	1600	15.4	379.3103	259	1.5
	2000	19.7	388.1773	301	1.1
	2400	25.6	420.3612	338	0.8
550	1200	16.2	338.558	375	5.1
	1600	21.4	335.4232	400	3.8
	2000	27.5	344.8276	452	2.5
	2400	34.8	363.6364	526	1.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ 90 องศาเซลเซียส

BMEP(kPa)	Engine Speed(rpm)	Fuel Consumption (g/60s)	Bsfc (g/kW.hr)	Exhaust Gas Temperature(°C)	Smoke (%)
150	1200	7.65	586.2069	155	0.6
	1600	10.15	583.3333	186	0.3
	2000	13.4	616.092	220	0.1
	2400	17.4	666.6667	249	0
350	1200	11.6	380.9524	241	2.2
	1600	15.3	376.8473	260	1.3
	2000	19.5	384.2365	304	1
	2400	25.3	415.4351	341	0.6
550	1200	16	334.3783	376	5
	1600	21.1	330.721	407	3.5
	2000	27.3	342.3197	456	2.4
	2400	34.5	360.5016	528	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ 120 องศาเซลเซียส

BMEP(kPa)	Engine Speed(rpm)	Fuel Consumption (g/60s)	Bsfc (g/kW.hr)	Exhaust Gas Temperature(°C)	Smoke (%)
150	1200	7.55	578.5441	156	0.6
	1600	10.1	580.4598	186	0.2
	2000	13.2	606.8966	221	0
	2400	17.25	660.9195	250	0
350	1200	11.5	377.6683	243	2.1
	1600	15.1	371.9212	265	1.3
	2000	19.45	383.2512	305	1
	2400	25.25	414.6141	342	0.5
550	1200	15.85	331.2435	377	4.9
	1600	20.9	327.5862	408	3.3
	2000	27.15	340.4389	457	2.3
	2400	34.3	358.4117	529	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์หลังจากที่ทำการดัดแปลงแล้ว

6.1 การทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซล

Engine Speed(rpm)	Torque(kg.m)	Power(kW)
1200	2.92	3.599661995
1400	2.96	4.257134506
1600	3	4.931043829
1800	3.06	5.658372794
2000	3.04	6.24598885
2200	3	6.780185265
2400	2.94	7.248634429
2600	2.9	7.745848015
2650	2.84	7.731465804

6.2 การทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเจนเนอร์เรเตอร์ภายในเครื่องเพื่อจ่ายไฟให้แก่ฮีตเตอร์ไฟฟ้า

Engine Speed(rpm)	Torque(kg.m)	Power(kW)
1200	2.8	3.45173068
1400	2.86	4.113312394
1600	2.9	4.766675701
1800	2.88	5.288544507
2000	2.84	5.835068531
2200	2.76	6.237770444
2400	2.7	6.656909169
2600	2.62	6.997973034
2650	2.56	6.969208612

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดิบโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเจนเนอร์เรเตอร์ภายในเครื่องเพื่อจ่ายไฟให้แก่ฮีตเตอร์ไฟฟ้า(ต่อกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก)

Engine Speed(rpm)	Torque(kg.m)	Power(kW)
1200	2.9	3.575006776
1400	2.94	4.228370083
1600	2.98	4.898170204
1800	3	5.547424308
2000	2.98	6.122712754
2200	2.9	6.554179089
2400	2.82	6.952771799
2600	2.78	7.425330166
2650	2.74	7.459231092

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้