# การพัฒนาระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล

# A Development of Power Diesel Engine Measurement for Study Performance of Diesel and Biodiesel Fuels

อธิศกิตติ์ อภินันทกิตติ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

# การพัฒนาระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล

# A Development of Power Diesel Engine Measurement for Study Performance of Diesel and Biodiesel Fuels

อธิศกิตติ์ อภินันทกิตติ์

b 0026587 9
i
TB00205

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# A Development of Power Diesel Engine Measurement for Study Performance of Diesel and Biodiesel Fuels

Atiskit Aphinanthakit

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การพัฒนาระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล<br>A Development of Power Diesel Engine Measurement for Study Performance and Biodiesel Fuels |
| **ชื่อนักศึกษา** | นายอธิศกิตติ์ อภินันทกิตติ์ รหัสนักศึกษา 55051665 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) |
| **ภาควิชา** | ฟิสิกส์ |
| **ปีการศึกษา** | 2558 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข |

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2558

| คณะกรรมการการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| ดร.อาภาภรณ์ สกุลการะเวก<br>ประธานกรรมการ | |
| ผศ.ดร.ภัทรียา ดำรงศักดิ์<br>กรรมการ | |
| อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง<br>กรรมการ | |
| ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข<br>กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | |

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อโครงงานพิเศษ** การพัฒนาระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล
**ชื่อนักศึกษา** นายอธิศกิตติ์ อภินันทกิตติ์ รหัสนักศึกษา 55051665
**ปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
**ภาควิชา** ฟิสิกส์
**คณะ** วิทยาศาสตร์
**มหาวิทยาลัย** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
**ปีการศึกษา** 2558
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข

## บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันสองชนิดที่ใช้เป็นเชื่อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้แก่ น้ำมันดีเซล และ น้ำมันไบโอดีเซล โดยการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้จากกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เทอร์มินอลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งต่อเข้ากับเครื่องยนต์ดีเซล จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันสองชนิดมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ระหว่าง19.28 ถึง 37.61 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล เครื่องยนต์ดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Title** | A Development of Power Diesel Engine Measurement for Study Performance and Bio-Diesel Fuels |
| **Student** | Mr.Atiskit Aphinanthakit Student ID 55051665 |
| **Degree** | Bachelor of Science (Applied Physics) |
| **Department** | Physics |
| **Faculty** | Science |
| **University** | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) |
| **Academic** | 2015 |
| **Advisor** | Dr. Kajpanya Suwansukho |


## Abstract

This special project is studied the effectiveness comparison of two types of oil used as fuel for diesel engines, included diesel and biodiesel. By comparing the electrical power that measured from current and voltage at the terminals of DC motor, which is connected to the diesel engine using both fuel respectively. The results shown that both fuel have percentage difference of 19.28-37.61 percentage

**Keywords** : Diesel, Bio-Diesel, Diesel engine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยการได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข ที่คอยให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ แนะนำสิ่งที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงงานพิเศษ และ ดูแลอย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด ทั้งนี้โครงงานพิเศษฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาด บิดา-มารดา นายณัฏฐพัชร อภินันทกิตติ์ และ นางฐาน์ชญาณ์ อภินันทกิตติ์ ที่คอยให้กำลังใจและเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนข้าพเจ้าเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาและด้านต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดแรงผลักดันในการเรียนกระทั่งการจัดทำโครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ รุ่นพี่คณะวิศวกรรมศาสตร์รุ่น30 - รุ่น50 และ บุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และ ให้แนวคิดในการใช้ชีวิต รวมถึงการทำงานในด้านต่างๆ สิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นรอบตัวข้าพเจ้าล้วนเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้ามาอยู่ได้ถึงจุดนี้และจัดทำโครงงานพิเศษสำเร็จได้ในที่สุด ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

อธิศกิตติ์ อภินันทกิตติ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูป | ฌ |
| คำย่อและสัญลักษณ์ | ฎ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับวัดกำลังเครื่องยนต์ | 3 |
| 2.1.1 งาน | 3 |
| 2.1.2 พลังงาน | 3 |
| 2.1.3 กำลัง | 3 |
| 2.1.4 ทอร์ก | 3 |
| 2.1.5 กำลังม้า | 3 |
| 2.1.6 ความเฉื่อย | 3 |
| 2.1.7 ความฝืด | 4 |
| 2.1.8 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก | 4 |
| 2.1.9 ปริมาณกระจัด | 5 |
| 2.1.1 ความจุห้องเดี่ยว | 5 |
| 2.1.11 อัตราส่วนการอัด | 5 |
| 2.1.12 การเพิ่มอัตรส่วนการอัด | 5 |
| 2.1.13 ประสิธิภาพเชิงปริมาตร | 6 |
| 2.1.14 กำลังม้าเบรก | 6 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.1.15 ผลการทดสอบด้วยไดนาโมมิเตอร์ | 7 |
| 2.1.16 กำลังม้าอินดิเคเตด | 8 |
| 2.1.17 กำลังม้าความฝืด | 8 |
| 2.1.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง bhp, ihp และ fhp | 8 |
| 2.1.19 ทอร์กเครื่องยนต์ | 8 |
| 2.1.20 ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ | 8 |
| 2.2 เครื่องยนต์ | 9 |
| 2.2.1 เครื่องยนต์ดีเซล | 9 |
| 2.2.2 โครงสร้างเครื่องยนต์ดีเซล | 9 |
| 2.2.3 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง | 11 |
| 2.2.4 ระบบไอดีและไอเสีย | 12 |
| 2.2.5 ระบบหล่อลื่น | 13 |
| 2.2.6 ระบบหล่อเย็น | 14 |
| 2.2.7 ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ดีเซลจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ | 15 |
| 2.2.8 ระบบและอุปกรณ์อื่นๆ | 15 |
| 2.3 หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล | 16 |
| 2.3.1 วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (four stroke cycle | 16 |
| 2.3.2 วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (two stroke cycle) | 17 |
| 2.4 น้ำมัน | 18 |
| 2.4.1 น้ำมันดีเซล | 18 |
| 2.4.2 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล | 19 |
| 2.5 น้ำมันไบโอดีเซล | 20 |
| 2.5.1 วัตุดิบในการผลิต | 21 |
| 2.5.2 การผลิตน้ำมันไบโอดีเซล | 22 |
| 2.5.3 ข้อดีของน้ำมันไบโอดีเซล | 23 |
| 2.5.4 .ข้อด้อยของน้ำมันไบโอดีเซล | 23 |
| 2.6 เครื่องทดสอบแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ หรือไดนาโมมิเตอร์ | 23 |
| 2.7 หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง | 24 |
| 2.7.1 เส้นแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก | 24 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.7.2 แม่เหล็กไฟฟ้า | 25 |
| 2.7.3 มอเตอร์ไฟฟ้าเบื้องต้น | 26 |
| 2.7.4 มอเตอร์ไฟฟ้า | 27 |
| 2.7.5 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า | 27 |
| 2.7.6 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | 28 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย** | 31 |
| 3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการการวัดกำลังเครื่องยนต์ | 31 |
| 3.2 ติดตั้งระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ | 31 |
| 3.2.1 ออกแบบโครงสร้าง | 31 |
| 3.2.2 ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง | 31 |
| 3.2.3 ติดตั้งแกนรับน้ำหนักของโหลดน้ำหนัก | 32 |
| 3.3 แหล่งที่มาของน้ำมันไบโอดีเซล | 32 |
| 3.3.1ขั้นตอนการทำน้ำมันไบโอดีเซล | 32 |
| 3.4 ทำการวิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์ | 34 |
| 3.5 วิธีการทดลอง | 34 |
| 3.5.1 การใส่โหลดน้ำหนัก | 34 |
| 3.5.2 วิธีการเก็บข้อมูล | 34 |
| **บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล** | 36 |
| 4.1 ระบบจริงที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยพร้อมทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลและB100 | 36 |
| 4.2 ขั้นตอนการทำระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ | 37 |
| 4.3 ผลการทดลองการวิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์ที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า | 48 |
| 4.4 ผลการทดลองการวิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์ที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า | 48 |
| 4.4.1 ผลการทดลองที่ได้จากน้ำมันดีเซล | 49 |
| 4.4.2 ผลการทดลองที่ได้จากน้ำมันไบโอดีเซล | 51 |
| 4.4.3 ผลการเปรียบเทียบที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล | 53 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและขอเสนอแนะ** | 54 |
| 5.1 สรุปผลงานวิจัย | 54 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 54 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน | 2 |
| ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองของน้ำมันดีเซล | 49 |
| ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองของน้ำมันไบโอดีเซล | 51 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ชิ้นส่วนที่สำคัญของตัวเครื่องยนต์ | 10 |
| 2.2 | ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล | 11 |
| 2.3 | ระบบดีและไอเสีย | 13 |
| 2.4 | ระบบหล่อลื่น | 13 |
| 2.5 | ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำ | 14 |
| 2.6 | ภาพประกอบหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล | 16 |
| 2.7 | ภาพประกอบหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล | 17 |
| 2.8 | ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น | 21 |
| 2.9 | ภาพแสดงการทำงานของไดนาโมมิเตอร์ | 24 |
| 2.10 | ภาพแสดงเส้นแรงและสนามแม่เหล็ก | 24 |
| 2.11 | ภาพแสดงทิศทางการไหลของกระแส | 25 |
| 2.12 | ภาพแสดง ทิศทางการไหลของสนามแม่เหล็กและกระแส | 26 |
| 2.13 | ภาพแสดง ทิศทางการไหลของสนามแม่เหล็กและกระแส | 27 |
| 2.14 | ภาพแสดงการทำงานของมอเตอร์ | 28 |
| 2.15 | แสดงการทำงานของมอเตอร์ | 28 |
| 2.16 | ส่วนประกอบของมอเตอร์ | 29 |
| 2.17 | แสดงวงแหวนคอมมิวเตเตอร์ และ แปรงถ่าน | 30 |
| 3.1 | การออกแบบระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ | 32 |
| 3.2 | กระบวนการไฮโดรไลซิส ของไตรกลีเซอไรด์ที่ทำให้ได้กรดไขมันอิสระ | 33 |
| 3.3 | การเกิดสบู่จากกรดโอเลอิค (FFA) | 33 |
| 3.4 | การวัดระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ | 35 |
| 4.1 | ชุดมอเตอร์สตาร์ทที่ได้ทำการติดตั้ง | 37 |
| 4.2 | แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับชุดมอเตอร์สตาร์ท | 38 |
| 4.3 | ภาพการทำโครงสร้างของระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ | 39 |
| 4.4 | วัดความกว้างของโหลดน้ำหนักเพื่อการออกแบบโรงสร้าง | 39 |
| 4.5 | บานพับที่ออกแบบเพื่อให้สามารถปรับความตึง-หยอนของสายพานได้ | 40 |
| 4.6 | มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและแท่นสำหรับยึดมอเตอร์ให้อยู่กับที่ | 41 |
| 4.7 | ออกแบบแป้นด้านหน้าสำหรับยึดมอเตอร์ไฟฟ้าไม่ให้หมุนขณะทำการทดลอง | 41 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.8 | แกนเหล็กด้านบนที่ติดตั้งลูกปืนเพื่อให้เวลาทดลองแกนเหล็กจะต้องห้อยอยู่ที่เดิม ไม่หมุนไปตามการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า | 42 |
| 4.9 | ส่วนปลายของแกนเหล็กสำหรับใส่โหลดน้ำหนัก | 43 |
| 4.10 | รอยต่อระหว่างแกนเหล็ก 2 ท่อน พร้อมน็อตยึดเพื่อล็อคให้แน่นและไม่หลุดออกจากกันระหว่างการทดลอง | 43 |
| 4.11 | ล้อด้านหน้า สามรถหมุนและล็อคได้ | 44 |
| 4.12 | ล้อด้านหน้า สามรถหมุนและล็อคได้ | 45 |
| 4.13 | ตัวต้านทานที่ใช้ในการทดลอง | 45 |
| 4.14 | อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการวัดแรงดันไฟฟ้า | 46 |
| 4.15 | ภาพด้านข้างระบบจริงที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว | 47 |
| 4.16 | ภาพด้านหน้าระบบจริงที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว | 47 |
| 4.17 | น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการพลังงานทางเลือก | 48 |
| 4.18 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและแรงดันไฟฟ้า | 49 |
| 4.19 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกระแสไฟฟ้า | 50 |
| 4.20 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกำลังไฟฟ้า | 50 |
| 4.21 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและแรงดันไฟฟ้า | 51 |
| 4.22 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกระแสไฟฟ้า | 52 |
| 4.23 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกำลังไฟฟ้า | 52 |
| 4.24 | กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากการคำนวณระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและ น้ำมันไบโอดีเซล | 53 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำย่อและสัญลักษณ์

| คำย่อ/สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| AC | Alternating Current |
| DC | Direct Current |
| NaOH | Sodium Hydroxide |
| PCA | Polycyclic aromatic Hydrocarbon |
| IDO | Industrial Diesel Oil |
| ADO | Automotive Diesel Oil |
| bhp | Brake horsepower |
| Ihp | Indicated horsepower |
| fhp | Friction horsepower |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานวิจัย

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม การเพิ่มผลผลิตและนำผลผลิตทางการเกษตรกลับมาใช้เป็นพลังงานจึงเป็นสิ่งที่สำคัญและควรพัฒนา เพราะ พลังงานจากธรรมชาติไม่มีวันใช้หมดต่อไปเมื่อวิกฤตน้ำมันของโลกมีมากขึ้น ราคาน้ำมันดิบสูงและไม่มีทีท่าว่าจะลดลง เนื่องจากมีการคาดการณ์ว่าน้ำมันกำลังจะหมดลงในอนาคตอันใกล้นี้ รวมถึงปัญหาทางภาคเกษตรด้านผลผลิตล้นตลาด ราคาตกต่ำ ปัญหาทางการเงินของประเทศที่ต้องการรักษาเงินตราต่างประเทศ และที่สำคัญคือปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีเพิ่มมากขึ้น ผลกระทบให้เกิดภาวะโลกร้อน ปัญหาต่างๆเหล่านี้ทำให้พลังงานทางเลือกคือทางออกหนึ่งที่น่าสนใจ

น้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐานสากล มีคุณสมบัติเทียบเคียงได้กับน้ำมันดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปิโตรเลียม ดังนั้นผลกระทบต่อเครื่องยนต์ถือว่าไม่มีผลทางด้านลบ หรือกรณีเครื่องยนต์เก่า การผสมไบโอดีเซลในระดับร้อยละ 1-2 สามารถช่วยเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นให้กับน้ำมันดีเซล จากผลการทดลองของสถาบันวิจัยของ บริษัทปตท.จำกัด(มหาชน) พบว่าการเติมไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วและน้ำมันมะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 0.5 สามารถเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นได้ถึง 2 เท่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น เนื่องจากในไบโอดีเซลมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 10 ทำให้การผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเป็นการเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรของอากาศต่อน้ำมันได้เป็นอย่างดีจึงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น ถึงแม้ว่าค่าความร้อนของไบโอดีเซลจะต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณร้อยละ 10 แต่ข้อด้อยนี้ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน เพราะการใช้ไบโอดีเซลทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น จึงทำให้กำลังเครื่องยนต์ไม่ลดลง

ดังนั้นการทดสอบและวัดกำลังเครื่องยนต์ระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลจึงมีความสำคัญมากในการทดลองของโครงการพิเศษนี้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล โดยเครื่องยนต์ดีเซลใช้หลักการอัดอากาศให้ร้อนจัดและมีความดันสูง แล้วจึงฉีดละอองน้ำมันเข้าไป ทำให้เกิดการลุกไหม้ อากาศจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว และ ส่งแรงดันมหาศาล ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่และส่งกำลังออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการวัดกำลังเครื่องยนต์ดีเซล

1.2.3 เพื่อให้ได้อุปกรณ์ไว้ใช้ในการเรียนการสอน

## 1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1.3.1 วิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์ที่ได้จากการใช้ระหว่างน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบดีเซล

1.3.2 เปรียบเทียบกำลังเครื่องยนต์ระหว่างการใช้น้ำมันดีเซล และ น้ำมันไบโอดีเซล

1.3.3 ติดตั้งระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ให้ใช้งานได้จริง

## 1.4 ระยะเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่1.1 ระยะเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน

| แผนการดำเนินการ | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาข้อมูล | | | | | | | | |
| 3. ติดตั้งระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ | | | | | | | | |
| 4. เก็บข้อมูลตัวเลข | | | | | | | | |
| 5. ทดลอง บันทึกผลและสรุปผล | | | | | | | | |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

1.5.2 เข้าใจระบบการวัดกำลังเครื่องยนต์และปัญหาของระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาและออกแบบระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ได้ดียิ่งขึ้น

1.5.3 ได้ระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ดีเซลไว้ใช้ในการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดกำลังเครื่องยนต์

2.1.1 งาน

งาน (work) คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุต้านกับแรงตรงข้าม วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยการดัน ดึง หรือยก เช่น เมื่อยกวัตถุขึ้น วัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นต้านการดึงดูดของแรงโน้มถ่วงของโลก

2.1.2 พลังงาน

พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงาน เมื่อเราเห็นคนคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เราจะกล่าวว่าคนนั้นมีพลังงานมาก น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งให้พลังงานออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้ จึงทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่

2.1.3 กำลัง

กำลัง (power) คือ อัตราการทำงาน เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้จำนวนมากในเวลาสั้นเรียกว่า เครื่องจักรกำลังสูง

2.1.4 ทอร์ก

ทอร์ก (torque) แรงบิดหรือแรงหมุน เช่น เราให้ทอร์กกับฝาขวดเพื่อคลายฝาเกลียวออก ทอร์กไม่เหมือนกับกำลัง เพราะทอร์กเป็นแรงบิดซึ่งอาจมีผลต่อการเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้ แต่กำลังต้องมีการเคลื่อนที่ หน่วยของทอร์กคือ N.m หรือ lb-ft

2.1.5 กำลังม้า

กำลังม้า (horsepower, hp) คือ กำลังของม้า 1 ตัวหรืออัตราการทำงานของม้า 1 ตัว เช่น เครื่องยนต์ 10 hp สามารถทำงานเท่ากับม้า 10 ตัว หนึ่งกำลังม้าคือ งาน 33,000 ฟุต-ปอนด์ต่อหนึ่งนาที (ft-lb/min)

2.1.6 ความเฉื่อย

ความเฉื่อย (inertia) เป็นคุณสมบัติของวัตถุทั้งหมด วัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ยังคงหยุดนิ่งจนกว่าจะมีแรงมากระทำต่อวัตถุนั้น วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยอัตราเร็วคงที่และทิศทางเดิมจนกว่าจะมีแรงมากระทำเพื่อเปลี่ยนอัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อรถยนต์จอดนิ่งไม่เคลื่อนที่ ความเฉื่อยของรถยนต์ต้องมากกว่าแรงที่กระทำต่อรถยนต์ เพื่อที่จะให้รถยนต์เคลื่อนที่ เมื่อรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ จะต้องเพิ่มแรงกระทำกับรถยนต์มากขึ้น เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่เร็วมากขึ้น และเมื่อต้องการชะลออัตราเร็วของรถยนต์ แรงเบรกจะต้องมากกว่าความเฉื่อยของรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 ความฝืด

ความฝืด (friction) คือ ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่สัมผัสกัน ความฝืดมี 3 ชนิด คือ ความฝืดแห้ง ความฝืดเปียก และความฝืดหนืด

1) ความฝืดแห้ง (dry friction) เป็นความฝืดที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุแห้ง 2 ชิ้น เช่น ความฝืดระหว่างแผ่นไม้ที่ถูกลากไปบนพื้นแห้ง

2) ความฝืดเปียก (greasy friction) เป็นความฝืดที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นที่ทาด้วยน้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีเล็กน้อยที่ผิวของวัตถุสำหรับเครื่องรถยนต์นั้น ความฝืดเปียกอาจเกิดขึ้นในเครื่องยนต์ขณะเริ่มสตาร์ทครั้งแรก ทั้งนี้เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่นส่วนมากไหลออกจากผิวหน้าแบริ่ง ผนังกระบอกสูบ และแหวนลูกสูบ เหลือไว้เพียงชั้นน้ำมันหล่อลื่นบาง ๆ เคลือบบนผิวสัมผัส ลักษณะนี้จะเรียกความฝืดที่เกิดขึ้นว่า ความฝืดเปียก หลังจากสตาร์ทเครื่องยนต์ติดแล้ว น้ำมันหล่อลื่นจะถูกปั๊มมาหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนเหล่านั้นทันที แต่ก่อนที่จะเกิดขึ้น ความฝืดจะเป็นเพียงความฝืดเปียกเท่านั้น และความฝืดเปียกนี้ไม่เพียงพอต่อการป้องกันการสึกหรอ ดังนั้นการสึกหรอจึงเกิดขึ้นเป็นส่วนมากในขณะเริ่มสตาร์ท และอุ่นเครื่องยนต์

3) ความฝืดหนืด (viscous friction) ความหนืด (viscosity) คือ เทอมที่แสดงแนวโน้มของของเหลวในการต้านการไหล เช่น น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อลื่นหนักมีความหนืดมากกว่าน้ำมันหล่อลื่นเบาและไหลช้ากว่าหรือมีความต้านทานต่อการไหลมากกว่า ความฝืดหนืด คือ ความฝืดหรือความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของของเหลว สำหรับแบริ่งเครื่องยนต์ ชั้นของน้ำมันหล่อลื่นจะเกาะติดกับผิวหน้าแบริ่งและผิวหน้าเพลา ชั้นของน้ำมันหล่อลื่นจะล้อมรอบเพลาในขณะที่เพลาหมุน น้ำมันหล่อลื่นรองรับภาระหรือน้ำหนักบนเพลา เพลาลอยตัวอยู่บนชั้นน้ำมันหล่อลื่น อย่างไรก็ตามชั้นน้ำมันหล่อลื่นต้องเคลื่อนที่ไปบนชั้นน้ำมันหล่อลื่นอื่น ๆ ซึ่งต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของน้ำมันหล่อลื่นเรียกว่า ความฝืดหนืด เครื่องยนต์มีน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของผิวหน้าบนชั้นน้ำมันหล่อลื่นต้องเอาชนะความฝืดหนืด ผิวหน้าของแบริ่งในเครื่องยนต์ที่มีน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อเลี้ยงซึ่งอยู่ในชนิดของความฝืดหนืด ได้แก่ เจอร์นัลแบริ่ง (journal bearing) ไกด์แบริ่ง (guide bearing) และทรัสต์แบริ่ง (thrust bearing) หรือแบริ่งกันรุน

2.1.8 ขนาดกระบอกสูบและระยะชัก

ขนาดกระบอกสูบ (bore) คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ระยะชัก (stroke) คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบน (จาก BDC ถึง TDC) การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกระบอกสูบนิยมกำหนดด้วยขนาดกระบอกสูบคูณด้วยระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 83x88 mm หมายถึงขนาดกระบอกสูบเท่ากับ 83 mm และระยะชัก เท่ากับ 88 mm.

เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบสั้นกว่าระยะชักเรียกว่า อันเดอร์สแควร์ (undersquare) เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบยาวกว่าระยะชัก เช่น เครื่องยนต์ 88x78 mm เรียกว่า โอเวอร์-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแควร์ (oversquare) ส่วนเครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบเท่ากับระยะชักเรียกว่า สแควร์ (square) เช่น เครื่องยนต์ 85×85 mm เครื่องยนต์โอเวอร์สแควร์มีข้อดีหลายประการ ระยะชักสั้นลงทำให้แหวนลูกสูบเคลื่อนที่สั้นลง การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดลดลง ภาระบนแบริ่งลดลง และความสูงของเครื่องยนต์ลดลงอย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นเกินไปก็มีผลเสียเช่นกันคือ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์บางเครื่องต้องเพิ่มระยะชักให้ยาวขึ้นเพื่อลดมลพิษที่ปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย

2.1.9 ปริมาตรกระจัด

ปริมาตรกระจัด (piston displacement) คือ ปริมาตรที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจาก BDC ถึง TDC

2.1.10 ความจุห้องเดี่ยว

เครื่องยนต์แวนเคลหรือโรตารีไม่มีลูกสูบ ดังนั้นการคำนวณปริมาตรกระจัดไม่สามารถทำได้โดยตรง แต่ปริมาตรกระจัดในห้องเผาไหม้ที่เปลี่ยนแปลงจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด สามารถคำนวณหาได้ ปริมาตรกระจัดของห้องเผาไหม้เพียงห้องเดียวใน 3 ห้องของโรเตอร์เรียกว่า ความจุห้องเดี่ยว (single-chamber capacity)

2.1.11 อัตราส่วนการอัด

อัตราส่วนการอัด (compression ratio) ของเครื่องยนต์คือ การจัดปริมาณที่ไอดี (อากาศ) ถูกอัดตัวในกระบอกสูบในระหว่างจังหวะอัด การคำนวณทำได้โดยนำปริมาตรอากาศ ในหนึ่งกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง BDC หารด้วยปริมาตรอากาศเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC ปริมาตรอากาศในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่ง TDC เรียกว่า ปริมาตรช่องว่าง (clearance volume) ซึ่งก็คือปริมาตรห้องเผาไหม้

2.1.12 การเพิ่มอัตราส่วนการอัด

โดยเฉลี่ยแล้วอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ ในแต่ละปี ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะช่วยทำให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงจะอัดไอดีมากขึ้น ทำให้ความดันในกระบอกสูบที่จุดเริ่มต้นของจังหวะกำลังสูงมากขึ้น เมื่อจุดระเบิดเผาไหม้ไอดีจะมีแรงกระทำกับลูกสูบมากขึ้น และเป็นผลทำให้ได้กำลังมากขึ้น ในสมัยก่อนอัตราส่วนการอัดโดยเฉลี่ยประมาณ 8:1 ต่อมาเพิ่มขึ้นจนบางเครื่องสูงถึง 9.5:1 เมื่อไม่นานมานี้ ความก้าวหน้าทางวิศวกรรมยานยนต์เกี่ยวกับการเผาไหม้ด้วยส่วนผสมบาง การเผาไหม้เร็วของไอดี การใช้ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน และการควบคุมไอเสีย ช่วยให้สามารถใช้เครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูงได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์และการเกิดมลพิษ เนื่องจากอัตราส่วนการอัดสูงทำให้ความดันของไอดีสูงในระหว่างจังหวะอัด และอุณหภูมิของไอดีสูงขึ้นด้วยเช่นกัน อัตราส่วนการอัดยิ่งสูงจะยิ่งทำให้อุณหภูมิของไอดีเพิ่มขึ้น และอาจทำให้ ไอดีสามารถจุดระเบิดตัวเองได้ ซึ่งก่อให้เกิดการเผาไหม้ผิดปกติหรือน็อก น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันเชื้อเพลิงที่ผสมสารตะกั่ว (เตตราเอทิลเลด) สามารถควบคุมปัญหานี้ได้ แต่ถ้านำสารตะกั่วออกไป จะต้องลดอัตราส่วนการอัดลงเพื่อลดโอกาสการเกิดการเผาไหม้ผิดปกติ แต่ปัจจุบันได้มีการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกรรมวิธีใหม่เป็นน้ำมันไร้สารตะกั่ว และสามารถต้านการน็อกได้เช่นเดิม ตะกอนคาร์บอนที่สะสมอยู่ภายในกระบอกสูบมีส่วนทำให้อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เพราะว่าตะกอนคาร์บอนเข้าไปแทนที่ปริมาตรช่องว่าง ซึ่งทำให้อัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้นจาก 8.25:1 เป็น 10:1 ตะกอนคาร์บอนภายในกระบอกสูบเกิดขึ้นจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นภายในห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ตะกอนคาร์บอนภายในกระบอกสูบยังมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางท่อไอเสียมากขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าคาร์บอนดูดซับน้ำมันเชื้อเพลิงจากไอดีและจากก๊าซที่เผาไหม้ หลังจากที่ความดันลดลง ในจังหวะคายคาร์บอนจะปล่อยไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาพร้อมกับก๊าซไอเสีย ทำให้ไอเสียมีไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่ได้เผาไหม้เพิ่มขึ้น

2.1.13 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

ปริมาณอากาศหรือไอดีที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบวัดเป็นประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (volume-tric efficiency) ถ้าไอดีถูกดูดเข้ากระบอกสูบอย่างช้า ๆ ไอดีจะบรรจุเต็มกระบอกสูบพอดี แต่ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานตามปกตินั้นไอดีหรืออากาศจะถูกดูดเข้าไม่เต็มกระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าไอดีต้องผ่านช่องเปิดที่แคบ ผ่านท่อร่วมไอดีที่โค้งงอ และผ่านคาร์บูเรเตอร์หรือระบบหัวฉีดในเวลาอันสั้น นอกจากนี้ส่วนผสมหรือไอดียังได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์ ทำให้ไอดีขยายตัวอีกด้วย การไหลอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้นและความร้อนทำให้ปริมาณไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบลดลง ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบจริงกับปริมาณไอดีที่สามารถไหลเข้าเต็มกระบอกสูบ สิ่งนี้ทำให้อัตราเร็วและกำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างมีขอบเขตจำกัด เพราะที่อัตราเร็วสูงมาก ๆ เครื่องยนต์ไม่สามารถหายใจหรือดูดไอดีเข้าได้ทัน ทำให้เครื่องยนต์ขาดไอดีและไม่สามารถผลิตกำลังได้เพิ่มขึ้นอีกต่อไป การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสามารถทำได้โดยการขยายวาล์วไอดีให้ใหญ่ขึ้น เพิ่มจำนวนวาล์วไอดีให้มากขึ้น หรือเพิ่มระยะเปิดของวาล์วไอดีให้กว้างขึ้น โดยการปรับส่วนนูนของลูกเบี้ยวให้สูงขึ้น นอกจากนี้อาจขยายท่อร่วมไอดีให้โตขึ้นและออกแบบให้ท่อเดินตรงและสั้นที่สุด เท่าที่จะทำได้ ท่อร่วมไอดีควรมีผิวหน้าภายในเรียบ สำหรับวิธีอื่น ๆ ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ให้มากขึ้น ได้แก่ การใช้คาร์บูเรเตอร์แบบ 2 ท่อหรือแบบ 4 ท่อ และการใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์อัดไอดีหรืออากาศ เข้ากระบอกสูบ เครื่องยนต์ที่ใช้เทอร์โบชาร์จเจอร์อาจมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ก็ได้

2.1.14 กำลังม้าเบรก

กำลังเครื่องยนต์ที่ออกมาจากเพลาข้อเหวี่ยงวัดเป็นกำลังม้าเบรก (brake horsepower หรือ bhp) ชื่อนี้มาจากการวัดกำลังม้าของเครื่องยนต์โดยใช้อุปกรณ์เบรก ซึ่งทำหน้าที่ยึดเพลาข้อเหวี่ยงให้หมุนช้าลง การหาเส้นกำลังม้าเบรก (brake horsepower curve) ของเครื่องยนต์ จะต้องทดสอบที่อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกำลังม้าเบรกคือ ไดนาโมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(dynamometer) อุปกรณ์นี้ ทำหน้าที่ดูดซับกำลัง โดยใช้เบรกน้ำ เบรกความฝืด หรือเจเนอเรเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงภาระที่กระทำต่อเครื่องยนต์ได้ จากนั้นก็วัดกำลังเครื่องยนต์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์โดยจะต้องถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ แล้วนำมาติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ ไดนาโมมิเตอร์นี้เรียกว่า เอ็นจินไดนาโมมิเตอร์ (engine dynamometer) ไดนาโมมิเตอร์อีกแบบหนึ่งที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์โดยไม่ต้องถอดเครื่องยนต์ออกจากรถยนต์ การทดสอบทำได้โดยวางล้อขับเคลื่อนของรถยนต์ลงบนลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์ ลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์ถูกขับเคลื่อนโดยล้อขับเคลื่อนของรถยนต์ แล้วเปลี่ยนแปลงภาระบนลูกกลิ้ง ในขณะเดียวกันก็วัดกำลังเครื่องยนต์ที่อัตราเร็วต่าง ๆ ไดนาโมมิเตอร์แบบนี้เรียกว่า แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (chassis dynamometer) นอกจากจะใช้ตรวจสอบเครื่องยนต์แล้ว ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบส่วนอื่น ๆ ของรถยนต์ด้วย เช่น คลัตช์ ห้องเกียร์ เพลาขับ และเบรก

2.1.15 ผลของการทดสอบด้วยไดนาโมมิเตอร์

ผู้ผลิตเครื่องยนต์จะทดสอบกำลังเครื่องยนต์ 2 อย่างคือ กำลังรวม (gross power) และกำลังสุทธิ (net power) กำลังรวมทดสอบบนไดนาโมมิเตอร์โดยใช้เครื่องยนต์พื้นฐาน (basic engine) เครื่องยนต์พื้นฐานคือ เครื่องยนต์ที่ถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็นออกไป ยกเว้นชิ้นส่วนที่จำเป็นต่อการทำงานเท่านั้น ชิ้นส่วนที่จำเป็นได้แก่ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น ปั๊มน้ำ และอุปกรณ์กำจัดก๊าซพิษ ชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นอยู่ภายในเครื่องยนต์ ผู้ผลิตในสมัยก่อนทดสอบกำลังเครื่องยนต์ด้วยกำลังรวม และใช้ตัวเลขนี้ในการโฆษณาทางการค้า ดังนั้นกำลังรวมจึงมักรู้จักกันในรูปของกำลังม้าโฆษณา (advertised horsepower) ปัจจุบันนี้เครื่องยนต์ส่วนมากกำหนดกำลังเป็นกำลังสุทธิ การทดสอบกระทำกับเครื่องยนต์ ที่มีอุปกรณ์พร้อมตามการใช้งาน ซึ่งรวมถึงกรองอากาศ ระบบไอเสีย ระบบหล่อเย็น อัลเทอร์เนเตอร์ มอเตอร์สตาร์ท และอุปกรณ์ควบคุมไอเสีย โดยทั่วไปแล้ว กำลังสุทธิควรมีค่าเท่ากับกำลังเครื่องยนต์ที่ส่งเข้าห้องเกียร์เมื่อติดตั้งกับรถยนต์แล้ว กำลังม้าอื่น ๆ ก็คือ กำลังม้าขับเคลื่อน (road horsepower) ซึ่งเป็นกำลังที่ล้อขับเคลื่อน กำลังม้าขับเคลื่อนมีค่าน้อยกว่ากำลังม้าสุทธิ ทั้งนี้เพราะว่ากำลังบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากความฝืดในห้องเกียร์ ข้อต่ออ่อน เฟืองท้าย และเพลาขับ นอกจากนี้เครื่องยนต์อาจใช้กำลังไปบางส่วน ในการขับปั๊มพวงมาลัยเพาเวอร์และคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นทำให้กำลังม้าขับเคลื่อนลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของอากาศมีผลต่อกำลังเครื่องยนต์ กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเมื่อความดันบรรยากาศเพิ่มขึ้นและกำลังลดลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น อากาศที่มีความชื้นสูงช่วยให้ได้ส่วนผสมหนาขึ้นมากกว่าอากาศแห้ง ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จากไดนาโมมิเตอร์จะต้องคำนึงถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยจะต้องปรับค่าที่อ่านได้ให้เหมาะสมกับสภาพในขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.16 กำลังม้าอินดิเคเตด

กำลังม้าอินดิเคเตด (indicated horsepower หรือ ihp) เป็นกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตขึ้นภายในห้องเผาไหม้ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ การวัดกำลังม้าอินดิเคเตดต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ อุปกรณ์จะวัดความดันจริงในกระบอกสูบเครื่องยนต์ แสดงความดันในกระบอกสูบ ระหว่างจังหวะต่าง ๆ ความดันเหล่านี้ใช้ในการหากำลังม้าอินดิเคเตดซึ่งมีค่าสูงกว่ากำลังม้าเบรกเสมอ เพราะว่ากำลังบางส่วนสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความฝืดในเครื่องยนต์

2.1.17 กำลังม้าความฝืด

กำลังม้าความฝืด (friction horsepower หรือ fhp) เป็นกำลังที่ใช้ไปในการที่จะเอาชนะความฝืดของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องยนต์ การสูญเสียกำลังเนื่องจากความฝืดส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่บริเวณแหวนลูกสูบ ความฝืดของแหวนลูกสูบที่เคลื่อนที่ในกระบอกสูบมีค่าประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของความฝืดทั้งหมดในเครื่องยนต์ภายใต้สภาพบางอย่าง ดังนั้นเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นกว่าจึงได้เปรียบ เพราะว่าแหวนลูกสูบเคลื่อนที่ระยะสั้นกว่า ความฝืดจึงน้อยลง

2.1.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง bhp, ihp และ fhp

bhp คือ กำลังที่เพลาข้อเหวี่ยงนำไปใช้งาน ส่วน ihp คือ กำลังที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบ และ fhp คือ กำลังที่ใช้เพื่อเอาชนะความฝืดภายในเครื่องยนต์ ความสัมพันธ์ของกำลังทั้งสามคือbhp = ihp – fhpกำลังม้าเบรกที่เพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์มีค่าเท่ากับกำลังม้าอินดิเคเตดลบด้วยกำลังม้าความฝืด

2.1.19 ทอร์กเครื่องยนต์

ทอร์กเครื่องยนต์คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะกำลัง จะส่งแรงกระทำผ่านก้านสูบไปยังเพลาข้อเหวี่ยง ความดันการเผาไหม้ยิ่งสูง ยิ่งทำให้ทอร์กเพิ่มมากขึ้น ไดนาโมมิเตอร์สามารถใช้วัดทอร์กเครื่องยนต์พร้อมกับกำลังม้า

2.1.20 ประสิทธิภาพเครื่องยนต์

ประสิทธิภาพเป็นเทอมที่แสดงการเปรียบเทียบระหว่างความพยายามที่ใส่เข้าไปกับผลที่ได้รับ ในกรณีของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพคือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ได้รับออกมากับกำลังที่ควรจะได้รับเมื่อไม่มีการสูญเสียกำลัง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์แสดงได้ 2 วิธีคือ ประสิทธิภาพ เชิงกลและประสิทธิภาพเชิงความร้อน

1) ประสิทธิภาพเชิงกล (mechanical efficiency) คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง bhp กับ ihp ประสิทธิภาพเชิงกล ตัวอย่างเช่น ที่อัตราเร็วรอบที่กำหนด ค่า bhp ของเครื่องยนต์เท่ากับ 116 และค่า ihp เท่ากับ 135 ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงกลมีค่าเท่ากับ 116/135 = 0.86 หรือ 86 เปอร์เซ็นต์ หมายถึงกำลังเครื่องยนต์ 86 เปอร์เซ็นต์ออกมาที่เพลาข้อเหวี่ยงเพื่อนำไปใช้งาน ส่วนกำลัง 14 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียไปเนื่องจากความฝืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ผลิตออกมากับพลังงานในน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ให้กำลังดังกล่าว ความร้อนบางส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกนำออกไปด้วยระบบหล่อเย็นและระบบไอเสีย ความร้อนที่เหลือถูกนำไปใช้สร้างกำลังของเครื่องยนต์ ความร้อนที่สูญเสียในระหว่างการทำงานของเครื่องยนต์ค่อนข้างมาก โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจน้อยกว่า เครื่องยนต์ดีเซลบางเครื่องอาจมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่า

## 2.2 เครื่องยนต์

2.2.1 เครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซล (diesel engine) เป็นเครื่องยนต์ประเภทหนึ่ง คิดค้นโดย นายรูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolf Diesel) วิศวกรชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1897 อาศัยการทำงานของกลจักร คาร์โนต์ (Carnot's cycle) ซึ่งคิดขึ้นโดยชาวฝรั่งเศสชื่อ ซาร์ดิ คาร์โน ( Sardi carnot) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1824 เครื่องยนต์ชนิดนี้ ไม่มีหัวเทียน การจุดระเบิดอาศัย หลักการอัดอากาศและเชื้อเพลิง ให้มีความดันสูงจนเชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้ หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล คือ อากาศเมื่อถูกอัดตัวจะมีความร้อนสูงขึ้น แต่ถ้าอากาศถูกอัดตัวอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการสูญเสียความร้อน ทั้งแรงดันและความร้อนจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อฉีดละอองน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในอากาศที่ร้อนจัดจากการอัดตัว ก็จะเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้เกิดกำลังงานขึ้น กำลังงานที่เกิดขึ้นจะนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของแรงขับหรือแรงผลักดัน ผ่านลูกสูบและก้านสูบทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุน ณ กำลังอัดเดียวกัน อากาศที่อุณหภูมิเริ่มต้นสูงกว่า เมื่อถูกอัดย่อมมีอุณหภูมิสูงกว่าหรือร้อนกว่า เครื่องยนต์ดีเซลแบ่งออกเป็นแบบใหญ่ๆ ได้เป็น 2 แบบคือ

1) เครื่องยนต์ 2 จังหวะ (The 2-cycle Engine)

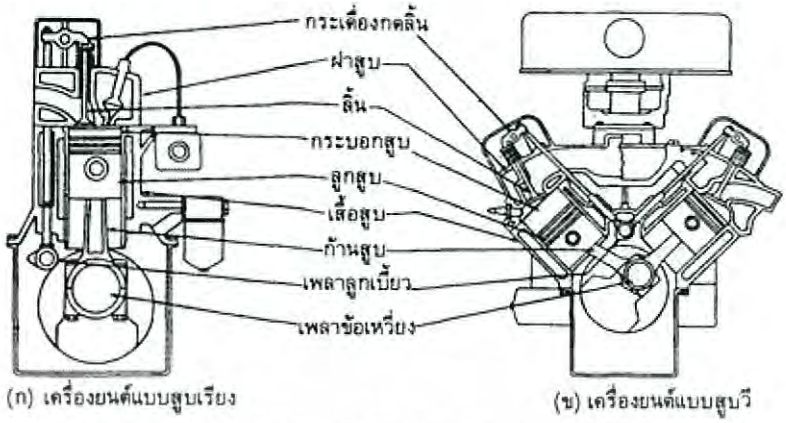
2) เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (The 4-cycle Engine)

2.2.2 โครงสร้างเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วยชิ้นส่วนและระบบที่สำคัญดังนี้

1) ตัวเครื่องยนต์ เป็นส่วนที่เหมือนกันของเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์ที่ผลิตจากโรงงานผลิตใด ตัวเครื่องยนต์จะเป็นกลไกที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้เป็นงาน ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.1 ชิ้นส่วนที่สำคัญของตัวเครื่องยนต์

2) ฝาสูบ (cylinder head) คือ ส่วนที่ปิดด้านบน (สำหรับเครื่องยนต์สูบเรียงและสูบวี) หรือด้านนอกสุด (สำหรับเครื่องยนต์แบบสูบนอน) เพื่อทำให้เกิดห้องเผาไหม้ (combustion chamber) ซึ่งเป็นห้องที่เกิดจากส่วนล่างของฝาสูบ ส่วนบนของกระบอกสูบ และส่วนบนขอ ลูกสูบ ฝาสูบจะถูกขันติดกับเสื้อสูบ โดยใช้หมุดเกลียวและใช้ปะเก็นฝาสูบวางอยู่ระหว่างเสื้อสูบ และฝาสูบเพื่อกันมิให้ก๊าซรั่วจากห้องเผาไหม้ และกันมิให้น้ำรั่วเข้าห้องเผาไหม้ในกรณีที่เป็น เครื่องยนต์หล่อเย็นด้วยน้ำ

3) เสื้อสูบ (cylinder block) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รองรับและหุ้มห่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ โดยชิ้นส่วนต่าง ๆของเครื่องยนต์ที่เคลื่อนที่จะเคลื่อนที่อยู่ภายในเสื้อสูบนี้

4) ลิ้นและกลไกของลิ้น (valve and valve mechanism) ลิ้นและกลไกของลิ้นทำหน้าที่ ปิดและเปิดช่องไอดีและไอเสียที่จะเข้าและออกจากกระบอกสูบ ให้เข้าและออกตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

5) กระบอกสูบ (cylinder) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลง และส่วนบนจะทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของห้องเผาไหม้ด้วย

6) ลูกสูบและแหวน (piston and piston rings) ลูกสูบทำหน้าที่รับแรงที่เกิดจากการเผาไหม้ และถ่ายทอดแรงไปยังข้อเหวี่ยงโดยผ่านก้านสูบ รวมทั้งมีร่องสำหรับใส่แหวนลูกสูบอีกด้วย ส่วนแหวนลูกสูบทำหน้าที่เป็นซีล (seal) กันก๊าซรั่วระหว่างลูกสูบและกระบอกสูบ ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากลูกสูบไปยังกระบอกสูบ และทำหน้าที่ควบคุมการหล่อลื่นระหว่างลูกสูบและผนังของกระบอกสูบ

7) ก้านสูบ (connecting rod) เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างลูกสูบและข้อเหวี่ยง ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดกำลังขับดันจากลูกสูบไปยังข้อเหวี่ยง

8) ข้อเหวี่ยง (crankshaft) เป็นชิ้นส่วนหนึ่งซึ่งเมื่อต่อเชื่อมกับลูกสูบโดยใช้ก้านสูบแล้ว จะเปลี่ยนการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบให้เป็นการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

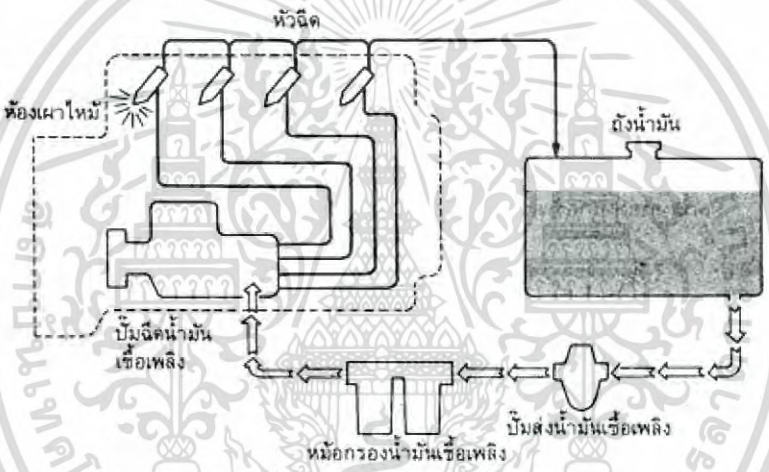
9) เมนแบริ่งและแบริ่งก้านสูบ (main and connecting rod bearing) เป็นส่วนที่ใช้รองรับเพลาข้อเหวี่ยงและก้านสูบ

10) ฟลายวีล (flywheel) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานเพื่อทำให้รอบหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงสม่ำเสมอ และทำหน้าที่ในการถ่ายทอดกำลัง

11) ชุดขับเคลื่อนเพื่อกำหนดเวลา (timing drives) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดเวลา การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้สอดคล้องกัน เช่น ให้ลิ้นไอดีและไอเสียปิดเปิดตามตำแหน่ง ของลูกสูบที่ต้องการ

2.2.3 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

เป็นระบบหนึ่งที่จำเป็นสำหรับเครื่องยนต์ โดยจะทำหน้าที่เกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ




รูปที่ 2.2 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล

1) ถังน้ำมัน (fuel tank) ใช้เก็บน้ำมันและรับน้ำมันที่ไหลกลับจากหัวฉีด

2) ปั๊มส่งน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel transfer pump) บางครั้งเรียกปั๊มแรงดันต่ำ ใช้ในการปั๊มน้ำมันจากถังผ่านหม้อกรองน้ำมันเชื้อเพลิงไปยังปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

3) หม้อกรองน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel filters) ใช้ในการกรองฝุ่นผงที่ปนอยู่กับน้ำมัน ก่อนที่จะส่งน้ำมันไปยังปั๊มหัวฉีด

4) ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (injection pump) บางครั้งเรียกปั๊มแรงดันสูง ใช้ในการปั๊มน้ำมันด้วยความดันสูงไปยังหัวฉีด ด้วยปริมาณและตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

5) หัวฉีด (injection nozzles) ใช้ในการทำให้น้ำมันเป็นละอองและฉีดเข้าห้องเผาไหม้หน้าที่ของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล จะทำหน้าที่ 5 ประการ คือ

1) จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ด้วยปริมาณที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้และให้งานออกมาตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ตามกำหนดเวลาเพื่อให้ได้กำลังสูงสุด ซึ่งในการฉีดน้ำมันเข้าก่อนหรือหลังเวลาที่เหมาะสมจะทำให้เครื่องยนต์สูญเสียกำลังที่ควรจะได้ไป

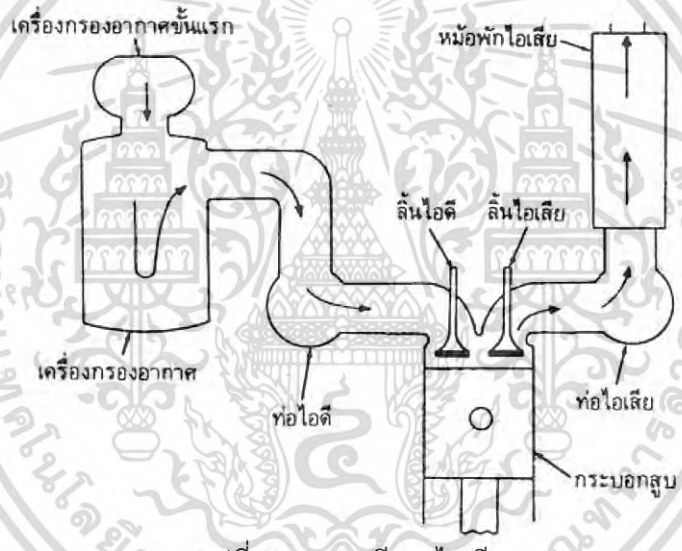
3) จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ด้วยอัตราที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างราบรื่นตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

4) จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้เป็นละอองฝอย เพื่อให้สามารถระเหยและผสมกับอากาศคอย่างรวดเร็ว

5) จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้อย่างทั่วถึง เพื่อให้สามารถผสมกับออกซิเจนให้ได้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เดินอย่างราบเรียบและให้กำลังออกมาสูงสุด

2.2.4 ระบบไอดีและไอเสีย

สำหรับระบบไอดีทำหน้าที่นำเอาอากาศที่สะอาดเข้ากระบอกสูบตามปริมาตรที่ต้องการ ส่วนระบบไอเสียทำหน้าที่นำไอเสียออกจากกระบอกสูบและลดเสียงที่จะเกิดจากไอเสียด้วย




รูปที่ 2.3 ระบบดีและไอเสีย

ระบบไอดีของเครื่องยนต์ดีเซลทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วย

1) เครื่องกรองอากาศ (air cleaner) จะทำหน้าที่กรองฝุ่นผงและสิ่งสกปรกในอากาศ ก่อนที่จะเข้ากระบอกสูบ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่ใช้ในที่มีฝุ่นมาก นิยมใช้เครื่องกรองอากาศขั้นแรก (pre cleaner) ซึ่งจะทำหน้าที่กรองฝุ่นผงและสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ในอากาศก่อนที่จะให้อากาศผ่านเข้าไปในเครื่องกรองอากาศ ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องกรองอากาศยืนยาวขึ้น

2) ท่อไอดี (intake manifold) จะทำหน้าที่นำอากาศที่ผ่านจากเครื่องกรองแล้วเข้าสู่กระบอกสูบ ในกรณีที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลแบบหลายสูบก็จะมีท่อแยกเข้าแต่ละสูบ

3) ลิ้นไอดีหรือช่องไอดี (intake valves or intake ports) ลิ้นไอดีหรือช่องไอดีกับลูกสูบจะทำหน้าที่เปิดให้อากาศจากท่อไอดี เข้าสู่กระบอกสูบตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ระบบไอดีของเครื่องยนต์ดีเซลอาจจะประกอบด้วย ซูเปอร์ชาร์จเจอร์(supercharger) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์โดยการ อัดอากาศเข้าเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ปริมาณของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์สามารถเข้าได้มากกว่า ที่จะดูดเข้าเอง เป็นผลให้ด้วยขนาดความจุของกระบอกสูบของเครื่องยนต์เท่ากัน เครื่องยนต์ที่ติดซูเปอร์ชาร์จเจอร์จะให้กำลังมากกว่าเครื่องยนต์ที่มิได้ติดซูเปอร์ชาร์จเจอร์

ส่วนระบบไอเสียจะประกอบด้วย

1) ลิ้นไอเสีย (exhaust valves) ทำหน้าที่เปิดให้ไอเสียออกจากกระบอกสูบตามกำหนดเวลา

2) ท่อไอเสีย (exhaust manifold) จะรับไอเสียที่ออกจากกระบอกสูบ ถ้าเป็นเครื่องยนต์แบบหลายสูบก็จะมีท่อไปรับทุกสูบแล้วนำมารวมกัน

3) หม้อพัก (muffer) ทำหน้าที่ลดเสียงที่เกิดจากการไหลของไอเสียออกจากเครื่องยนต์ นอกจากนี้แล้วระบบไอเสียอาจจะประกอบด้วยส่วนของเทอร์โบชาร์จเจอร์(turbocharger)คือส่วนที่เรียกว่าเทอร์ไบน์(turbine) โดยไอเสียจะไหลผ่านเข้าไปขับใบพัดเพื่อไปหมุนเพลา ขับเครื่องอัดอากาศ (compressor) ด้านระบบไอดี

2.2.5 ระบบหล่อลื่น

เป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะทำหน้าที่ 5 ประการคือ

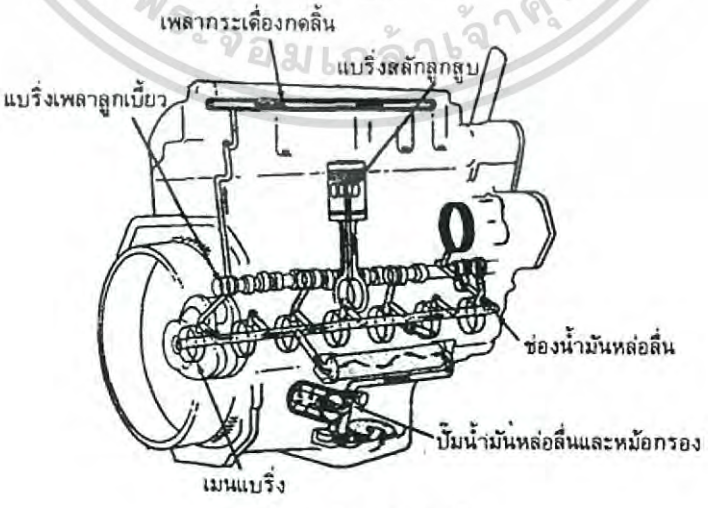
1) ลดความฝืดระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

2) ระบายและถ่ายเทความร้อน

3) กันมิให้ก๊าซรั่วออกจากช่องระหว่างแหวนลูกสูบและผนังกระบอกสูบ

4) ทำความสะอาดโดยการชะล้างชิ้นส่วนต่าง ๆ

5) ช่วยลดเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ




รูปที่ 2.4 ระบบหล่อลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้กับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วแบบหลายสูบ ซึ่งใช้ระบบหล่อลื่นแบบใช้แรงดันอย่างเดียว (full internal force feed system) โดยน้ำมันหล่อลื่นจะถูกส่งไปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ภายใต้แรงดัน ระบบนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ คือ

1) ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น (oil pump) ทำหน้าที่ดันน้ำมันหล่อลื่นให้ไหลไปยังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่ต้องการการหล่อลื่น

2) หม้อกรองน้ำมันหล่อลื่น (oil filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นออก

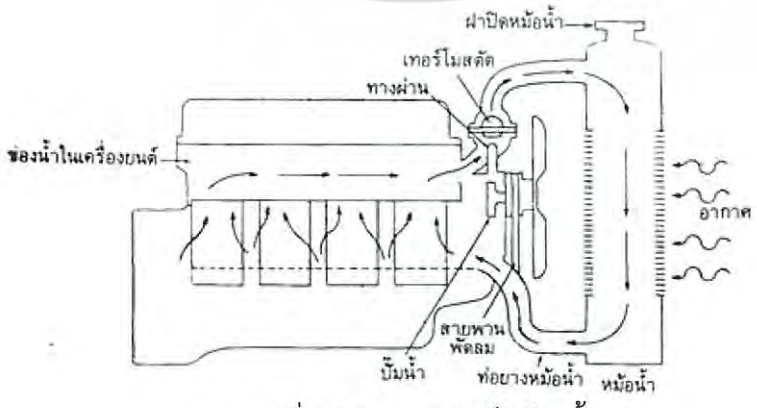
3) ลิ้นควบคุม (lubricating valves) ทำหน้าที่ควบคุมความดันของน้ำมันหล่อลื่นในระบบไม่ให้เกินความดันที่กำหนด นอกจากอุปกรณ์ที่สำคัญ 3 อย่างข้างต้นแล้ว ระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่อาจจะมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เครื่องหล่อเย็นน้ำมันหล่อลื่น (oil cooler) เพื่อใช้ในการระบายความร้อนออกจากน้ำมันหล่อลื่น

2.2.6 ระบบหล่อเย็น

ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ดีเซลจะทำหน้าที่ 2 ประการคือ

1) เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ร้อนจนเกินไป โดยทั่วไปชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ดีเซลจะถูกออกแบบให้ทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงสุดอุณหภูมิหนึ่ง หากอุณหภูมิของเครื่องยนต์ร้อนจนเกินไปก็จะทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์บางชิ้นหลอมละลาย และทำให้เครื่องยนต์ชำรุด ระบบหล่อเย็นจะทำหน้าที่นำเอาความร้อนส่วนที่เกินออกไปจากเครื่องยนต์

2) เพื่อควบคุมอุณหภูมิของตัวเครื่องยนต์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม หากเครื่องยนต์ร้อนเกินไป ชิ้นส่วนบางชิ้นอาจหลอมละลายได้ และหากเครื่องยนต์เย็นเกินไปคืออุณหภูมิของตัวเครื่องยนต์ต่ำเกินไปก็จะเป็นผลเสียต่อเครื่องยนต์เช่นกัน คือ จะเกิดการสึกหรอมากเนื่องจากระบบหล่อลื่นทำงานได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะสูงขึ้นด้วย




รูปที่ 2.5 ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ดีเซลจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1) ระบบหล่อเย็นด้วยอากาศ ซึ่งจะให้อากาศไหลผ่านเครื่องยนต์ โดยความร้อนจากเครื่องยนต์จะถ่ายเทให้กับอากาศที่ไหลผ่านโดยตรง

2) ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว ซึ่งจะให้ของเหลว (โดยทั่วไปจะใช้น้ำ ) ไหลผ่านช่องต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นในตัวเครื่องยนต์ เพื่อให้ความร้อนจากเครื่องยนต์ถ่ายเทให้กับน้ำ แล้วน้ำที่ร้อนก็จะไหลผ่านหม้อน้ำซึ่งความร้อนจากน้ำจะถูกถ่ายเทให้อากาศอีกทีหนึ่ง หลังจากนั้นน้ำก็จะไหลกลับเข้าเครื่องยนต์อีก ในระบบหล่อเย็นด้วยของเหลวหรือน้ำ ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ คือ

1) หม้อน้ำ (radiator) ซึ่งจะเป็นตัวถ่ายเทความร้อนจากน้ำไปสู่อากาศโดยรอบและจะเป็นถังเก็บน้ำเพื่อให้น้ำมีปริมาณเพียงพอที่จะใช้ในการหมุนเวียน

2) พัดลม (fan) ซึ่งจะทำหน้าที่บังคับให้อากาศไหลผ่านหม้อน้ำด้วยปริมาณที่เพียงพอ

3) ปั๊มน้ำ (water pump) ซึ่งจะทำหน้าที่ให้น้ำไหลหมุนเวียนด้วยปริมาณที่เพียงพอ

4) เทอร์โมสแตท (thermostat) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องยนต์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

2.2.8 ระบบและอุปกรณ์อื่นๆ

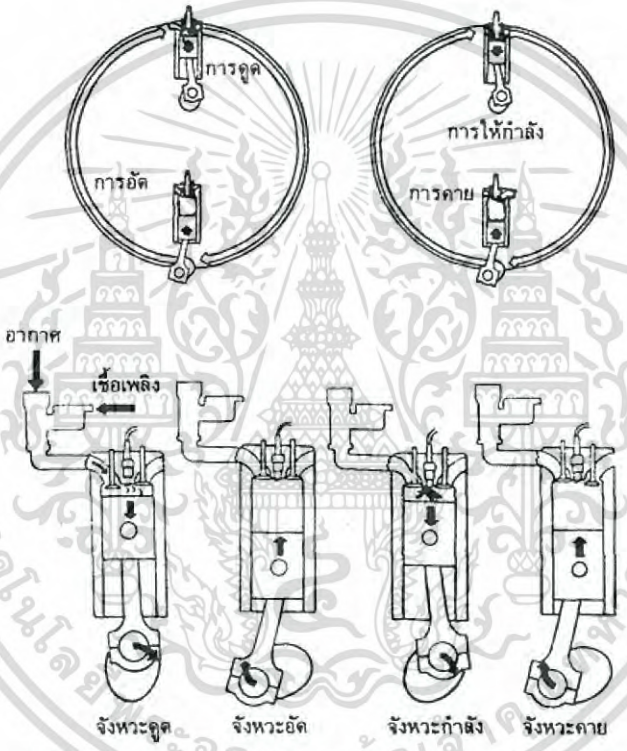
นอกจากระบบที่สำคัญ ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว เครื่องยนต์ดีเซลยังอาจประกอบด้วย ระบบควบคุมความเร็ว(governing system) ทำหน้าที่รักษาความเร็วของเครื่องยนต์ให้คงที่หรือควบคุมความเร็วเดินเบาและความเร็วสูงสุด ระบบการหมุนติดเครื่องด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (starting motor system) ทำหน้าที่หมุนเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์ติด และระบบการประจุไฟฟ้า (electrical charging system) ทำหน้าที่ในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่และจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

2.3.1 วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (four stroke cycle)

วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะมีวงจรการทำงาน 1 วงจรประกอบด้วย จังหวะ (stroke) 4 จังหวะ จังหวะการทำงาน 1 จังหวะ ก็คือการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากตำแหน่งบนสุด (top dead center) จนถึงตำแหน่งล่างสุด (bottom dead center) หรือจากตำแหน่งล่างสุด จนถึงตำแหน่งบนสุด ซึ่ง 2 จังหวะการทำงานจะเท่ากับ 1 รอบการหมุนของข้อเหวี่ยงหรือของ เครื่องยนต์ วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะจะเป็นไปตามรูปด้านล่าง คือ




รูปที่ 2.6 ภาพประกอบหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

1) อากาศจะถูกดูดเข้าทางท่อไอดี ผ่านลิ้นไอดี โดยลูกสูบจะเคลื่อนที่ลงจากตำแหน่งบนสุดจนถึงล่างสุด จังหวะนี้เราเรียกว่าจังหวะดูด (intake stroke)

2) อากาศจะถูกอัดโดยลูกสูบ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งล่างสุดจนถึงตำแหน่งบนสุด ในระหว่างนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะเปิด จังหวะนี้เราเรียกว่าจังหวะอัด (compression stroke) ในจังหวะนี้เมื่ออากาศถูกอัดจนลูกสูบเกือบจะถึงตำแหน่งบนสุด เชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดผ่านหัวฉีด เข้าสู่ห้องเผาไหม้ แล้วก็จะเกิดการลุกไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ

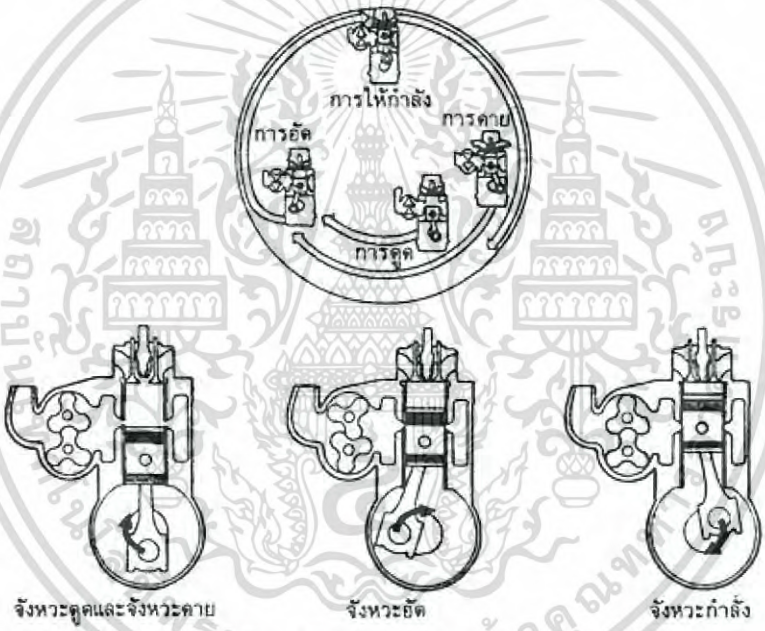
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อเกิดการเผาไหม้ ก๊าซภายในห้องเผาไหม้ซึ่งจะมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ก็จะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากตำแหน่งบนสุดจนถึงตำแหน่งล่างสุด จังหวะนี้เราเรียกว่าจังหวะขยายตัวหรือจังหวะกำลัง (expansion or power stroke)

4) เมื่อก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ขยายตัวดันลูกสูบจนถึงตำแหน่งล่างสุดแล้ว ลูกสูบ ก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นพร้อมกับลิ้นไอเสียเปิด แล้วลูกสูบก็จะดันเอาไอเสียหรือก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ออกไปโดยผ่านทางลิ้นไอเสียจังหวะนี้เราเรียกว่า (exhaust stroke)

2.3.2 วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (two stroke cycle)

เครื่องยนต์ 2 จังหวะหมายถึงเครื่องยนต์ที่มีการทำงาน 1 วงจร ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 2 จังหวะ หรือ 1 รอบหมุนของเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นตามรูปที่ 2.7 คือ




รูปที่ 2.7 ภาพประกอบหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

1) อากาศจะเป่าเข้ากระบอกสูบโดยพัดลมผ่านช่องไอดี (intake port) ซึ่งเจาะเป็นช่องไว้โดยรอบกระบอกสูบ ในขณะเดียวกันไอเสียก็จะถูกไล่ออกทางลิ้นหรือช่องไอเสียและที่ตำแหน่งนี้ลูกสูบจะอยู่ในตำแหน่งล่างสุด

2) ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น ไอดียังคงถูกเป่าเข้าและไอเสียยังคงถูกไล่ออกอยู่ จนกระทั่ง ลูกสูบเลื่อนไปปิดช่องไอดีและลิ้นไอเสียปิด ลูกสูบก็จะอัดอากาศจนลูกสูบเคลื่อนที่เกือบถึงตำแหน่งบนสุด เชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดผ่านหัวฉีด เริ่มเกิดการเผาไหม้

3) ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ก็จะดันลูกสูบเคลื่อนที่ลงไป หลักข้อเหวี่ยงให้หมุนไป จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนลงไปเปิดช่องไอดี และลิ้นไอเสียเปิดก็จะเริ่มการเอาอากาศเข้า และเริ่มการไล่ไอเสียอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 น้ำมัน

หมายถึงของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ หลังจากนั้นจึงนำมาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เพื่อใช้เผาให้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ เครื่องเทอร์ไบน์ หรือใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม

2.4.1 น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซลเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ แต่มีช่วงจุดเดือดและความข้นใสสูงกว่าน้ำมันเบนซิน เครื่องยนต์ดีเซล มีพื้นฐานการทำงานที่แตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน กล่าวคือการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลใช้ความร้อนที่เกิดจากการอัดอากาศ อย่างมากมายในกระบอกสูบแล้วฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเพื่อทำการเผาไหม้ ไม่ใช่เป็นการจุดระเบิดจากหัวเทียนเหมือนในเครื่องยนต์เบนซิน

น้ำมันดีเซล เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ แต่จะมีช่วงของจุดเดือดและความข้นใสสูงกว่าน้ำมันเบนซิน เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่มีมูลฐานของการทำงานที่แตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลใช้ความร้อนที่เกิดจากการอัดอากาศอย่างมากภายในกระบอกสูบ แล้วฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเพื่อทำการเผาไหม้ ไม่ใช่เป็นการจุดระเบิดจากหัวเทียนเหมือนเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งเครื่องยนต์ดีเซลในสมัยแรก ๆ นั้นมีขนาดใหญ่โตมาก เพราะต้องการให้ทนกับความร้อนและแรงอัดสูง ๆ ได้ เครื่องยนต์ดีเซลสมัยก่อนก็นำไปใช้เป็นเครื่องต้นกำลัง เช่น ใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม และใช้ในเรือ ต่อมาได้มีการพัฒนาสร้างเครื่องยนต์ให้มีขนาดเล็กลงแต่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ใช้เป็นเครื่องต้นกำลังของเครื่องมือและอุปกรณ์หลายชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น รถไฟ รถบรรทุก รถแทร็กเตอร์ เรือประมง เป็นต้น ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซลเพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ต่าง ๆ ที่ใช้กับงานนั้น ๆ น้ำมันดีเซลที่ใช้อยู่ในประเทศไทยมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องรอบเร็ว (Automotive Diesel Oil ; ADO) หรือที่เรียกว่า โซล่า สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบเร็ว ซึ่งส่วนมากใช้กับยานยนต์ เรือขนาดเล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก และอุปกรณ์ก่อสร้าง หรือจะใช้เผาไหม้ให้ความร้อนในงานอุตสาหกรรม หรือใช้ต้มน้ำร้อนในโรงแรมก็ได้ น้ำมันดีเซลจะมีสีเหลืองอ่อนในตัวเองโดยธรรมชาติ และน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องรอบช้า (Industrial Diesel Oil ; IDO) บางครั้งเรียกว่าน้ำมันขี้โล้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบช้าและปานกลาง ซึ่งนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมและเรือขนาดใหญ่ หรือใช้เผาไหม้ให้ความร้อนก็ได้เหมือนกัน น้ำมันชนิดนี้จะมีสีเข้มกว่าชนิดแรก

การเลือกใช้น้ำมันดีเซลไม่มีปัญหาเหมือนน้ำมันเบนซิน เพราะน้ำมันดีเซลหมุนเท่านั้นที่มีจำหน่ายตามสถานีบริการน้ำมัน ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าบริษัทจำหน่ายมักขายโดยตรงแก่โรงงานอุตสาหกรรม สิ่งที่ควรระวัง คือ เนื่องจากในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นรถยนต์นั่ง (รถเก๋ง) หรือรถบรรทุกทั้งหลายมีการใช้เครื่องยนต์ทั้งสองแบบ คือ เครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้น ช่องเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันของรถยนต์ควรมีป้ายบอกให้ชัดเจนว่าใช้น้ำมันชนิดใด หากใช้น้ำมันผิดชนิดกันจะทำให้เกิดปัญหาอย่างมากแก่เครื่องยนต์ อันตรายจากน้ำมันดีเซล มีลักษณะคล้ายคลึงกับอันตรายจากน้ำมันเบนซิน เพียงแต่น้ำมันดีเซลไม่มีสารประกอบของตะกั่ว แต่ในน้ำมันดีเซลก็ยังมีสารที่ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้หากสัมผัสโดยตรงมาก ๆ สารดังกล่าว คือ PCA (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) จึงควรล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังจากสัมผัสกับน้ำมันดีเซล

2.4.2 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล

1) การติดไฟ คุณสมบัติการติดไฟบ่งบอกถึงความสามารถในการติดเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำและการป้องกันการน็อคในเครื่องยนต์ระหว่างการ เผาไหม้เชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบ ลักษณะการเผาไหม้ เช่น การเผาไหม้เร็ว การเผาไหม้จะมีประสิทธิภาพสูง เหล่านี้แสดงออกมาเป็นตัวเลข ของดัชนีซีเทน หรือ ซีเทนนัมเบอร์ ค่าซีเทนควรให้สูงพอกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ติดเครื่องยนต์ง่ายไม่น็อค และประหยัดการใช้น้ำมัน

2) ความสะอาด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของน้ำมันดีเซล ซึ่งในน้ำมันดีเซลต้องมีความสะอาดทั้งก่อนและหลังการเผาไหม้ เช่น ต้องมีตะกอน น้ำ กากหรือเขม่าให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากระบบน้ำมันดีเซลจะต้องใช้ปั๊มน้ำมันและหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อช่วยในการเผาไหม้

3) การกระจายตัวเป็นฝอย ความหนืดหรือความข้นใสจะเป็นตัวกำหนดลักษณะของการกระจายตัวของน้ำมันดีเซล ความหนืดที่พอเหมาะทำให้น้ำมันน้ำมัน กระจายเป็นฝอยดี ความหนืดของน้ำมันดีเซลยังมีผลต่อระบบการปั๊มน้ำมัน เพราะในขณะที่ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ตัวน้ำมันก็จะทำหน้าที่หล่อลื่นลูกสูบปั๊มไปในตัวด้วย

4) อัตราการระเหยตัว หมายถึง อัตราการระเหยตัว ของน้ำมันดีเซลมีผลต่อจุดเดือด จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ

5) สี โดยปกติน้ำมันดีเซลจะมีสีชาอ่อน แต่บางครั้งสีอาจเปลี่ยนไปบ้างเนื่องจากในกระบวนการกลั่นน้ำมันอาจใช้น้ำมันดิบจากแหล่งต่างกัน แต่คุณสมบัติในการเผาไหม้ยังคงเหมือนเดิม ทั้งนี้สีไม่ได้เป็นตัวสำคัญที่กำหนดคุณภาพน้ำมัน ผู้ประกอบการได้กำหนดมาตรฐาน สีที่มีค่าไม่เกิน 3 ซึ่งเป็นสีคล้ายสีชา สีของน้ำมันดีเซลอาจเข้มขึ้น หากเก็บไว้นานๆ แต่ในกรณีที่สีเปลี่ยนแปลงไปมาก เช่น เป็นสีเขียว หรือสีดำคล้ำ และจะควรตั้งข้อสังเกตว่าอาจจะมีการปลอมปนของน้ำมันก๊าด น้ำมันเตา หรือน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว

6) ปริมาณกำมะถัน ในน้ำมันชนิดใดๆ ที่สูงเกินไปเป็น ไม่สิ่งที่ไม่พึงปรารถนา การกัดกร่อนของกำมะถันในน้ำมันมีด้วยกัน 2 ลักษณะ ลักษณะแรกเกิดจากการกัดกร่อนภายหลังการเผาไหม้ของสารประกอบของกำมะถัน เมื่อถูกเผาไหม้ก็จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ ซึ่งเมื่อรวมกับน้ำจะกลายเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด และจะทำการกัดกร่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ได้ ลักษณะที่สอง เกิดจากกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิง โดยตรง คือเมื่อน้ำมันจะกัดกร่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของระบบหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล กำมะถันในน้ำมันดีเซลจะมีมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันดิบและกระบวนการกลั่นที่ใช้ สารประกอบกำมะถันที่มีคุณสมบัติ กัดกร่อนจะอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น เมอร์แคปแทน ไดซัลไฟด์หรือสารประกอบเฮเตอร์โรไซคลิก เช่น ไธโอเฟน (thiophen)

7) ความหนาแน่นและความข้นใส ความข้นใสจะมีอิทธิพลต่อรูปร่างของละอองน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด ถ้าน้ำมันมีความข้นใสสูง จะทำให้การฉีดเป็นฝอยละอองจะไม่ดีเท่าที่ควร เพราะละอองน้ำมันจะมีขนาดใหญ่และพุ่งเป็นสายไปไกล แทนที่จะกระจายพุ่งเป็นแบบฝอยเล็กๆ ทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี การเผาไหม้จึงไม่สมบูรณ์และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดน้อยลง แต่ถ้าน้ำมันดีเซลมีความเข้มข้นใสต่ำเกินไปจะทำให้การฉีดฝอยน้ำมันละเอียด แต่จะไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้ก็จะไม่ดีและอาจจะทำให้เกิดมีการรั่วกลับในตัวปั๊มหัวฉีด ด้วยเหตุผลเช่นนี้เอง น้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยทั่วไป จะมีกำหนดค่าความข้นใสอยู่ระหว่าง 1.8-4.1 เซนติสโตก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

8) การเลือกชนิดน้ำมันดีเซลที่เหมาะสม น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันโซล่าเป็นชื่อเรียกน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ส่วนน้ำมันขี้โล้เป็นชื่อเรียกน้ำมันดีเซลหมุนช้า การเลือกน้ำมันดีเซลไม่ ยุ่งยากเหมือนน้ำมันเบนซิน เพราะน้ำมันดีเซลหมุนเร็วเท่านั้นที่มีจำหน่ายตามสถานีบริการน้ำมัน ส่วนน้ำมันขี้โล้หรือน้ำมันดีเซลหมุนช้านั้น บริษัทจำหน่ายน้ำมันมักขายตรงแก่โรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้สิ่งที่ควรระวังคือ เนื่องจากในปัจจุบันรถยนต์นั่ง หรือ รถบรรทุกมีการใช้เครื่องยนต์ทั้ง 2 แบบคือเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล ดังนั้นช่องเติมน้ำมันของรถยนต์ควรมีป้ายบอกให้ชัดเจนว่าใช้น้ำมันชนิดใด หากใช้ผิดก็จะเกิดปัญหากับเครื่องยนต์

9) อันตรายจากน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลมีอันตรายคล้ายคลึงกับน้ำมันเบนซิน แม้น้ำมันดีเซลไม่มีสารประกอบของตะกั่ว แต่ก็ยังมีสารที่ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ หากสัมผัสโดยตรงมากๆ สารดังกล่าวคือ PCA หรือโพลีไซคลิก อะโรเมติกส์ ไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นจึงควรล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังจากสัมผัสกับน้ำมันดีเซล และถึงแม้ว่าน้ำมันดีเซลจะมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันเบนซิน แต่มันก็เป็นเชื้อเพลิงที่ติดไฟง่ายเช่นกัน จึงจำเป็นต้องตั้งไว้ให้ห่างจากความร้อน ประกายไฟ หรือสารเคมีประเภท Strong oxidant เช่น คลอรีน

## 2.5 น้ำมันไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล (B100) เป็นพลังงานการเผาไหม้สะอาดที่แตกต่างจากดีเซลจากฟอสซิล ไบโอดีเซลทำจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ (ไตรกลีเซอไรด์) ไบโอดีเซลสามารถผสมกับน้ำมันดีเซลได้ น้ำมันที่ผสมมีเสถียรภาพดีมากและสามารถเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดย ไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ ที่ทุกความเข้มข้นของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น (Transesterification reaction) ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นเป็นขบวนการทางเคมีที่หมู่เอสเทอร์ (โครงสร้างทางเคมีคือ R'COOR") 1 หมู่ถูกเปลี่ยนไปเป็นอย่างอื่น ถ้าหมู่เอสเทอร์เริ่มต้นทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ขบวนการนี้จะถูกเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลกอฮอล์ไลซีส โดยที่ห้องปฏิบัติการไบโอดีเซลจะทำไบโอดีเซลโดยใช้น้ำมันพืช คือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งมีกลีเซอรีน เป็นส่วนประกอบสำคัญต่อกันอยู่กับหมู่เอสเทอร์ซึ่งเชื่อมพันธะกับโมเลกุลกรดไขมัน ของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์จะจับกับหมู่แอลคีลของแอลกอฮอล์เกิดเป็นเอสเทอร์อัลคีลกรดไขมัน ซึ่งก็คือไบโอดีเซล เพื่อที่จะให้ได้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันพืชจะใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยจะใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และ ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นเป็นดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น

2.5.1 วัตถุดิบในการผลิต

น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ทุกชนิดสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลได้ แต่การเลือกน้ำมันพืชชนิดใดเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลนั้น ต้องพิจารณาถึงราคา ปริมาณและองค์ประกอบในน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ รวมทั้งความเหมาะสมของปริมาณการปลูกพืชน้ำมันในพื้นที่นั้นด้วย เช่น ปาล์มน้ำมันและมะพร้าวเป็นพืชน้ำมันที่มีการปลูกมากในประเทศไทย ปาล์มน้ำมันปลูกมากในประเทศมาเลเซีย ถั่วเหลืองปลูกมากในประเทศสหรัฐอเมริกา เรพและทานตะวันปลูกมากในกลุ่มประเทศยุโรป เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยมีการเพาะปลูกพืชน้ำมันหลัก 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วลิสง งา และละหุ่ง โดยในจำนวนพืชน้ำมันทั้ง 6 ชนิดนี้ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาคือ มะพร้าว นอกจากน้ำมันทั้ง 6 ชนิดนี้แล้ว ยังมีแหล่งน้ำมันอื่น ๆ เช่น สบู่ดำ น้ำมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งวัตถุดิบพืชน้ำมันที่มีความเหมาะสมในผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทยในปัจจุบัน คือ ปาล์มน้ำมันและน้ำมันพืชใช้แล้ว ส่วนสบู่ดำคงต้องรอผลการวิจัยด้านการจัดการสวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

1) การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจะถูกเตรียมให้เหมาะสมก่อนเข้าทำปฏิกิริยา โดยหากเป็นน้ำมันปาล์มดิบจำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว และลดกรดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ส่วนวัตถุดิบจากน้ำมันที่ใช้ทอดแล้วจะถูกนำมากรองแล้วจึงนำไปขจัดน้ำออก

2) การเตรียมสารละลายแอลกอฮอล์ ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น โดยใช้เมทานอลที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งถูกเลือกใช้เพราะมีราคาถูก โดยเมทานอลต้องไม่มีน้ำเจือปนเกินกว่า 1% การเตรียมสารละลายกระทำโดยการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 - 5 ส่วน ละลายในเมทานอล 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมเป็นไปตามปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในวัตถุดิบ หากกรดไขมันอิสระมีปริมาณสูงก็ต้องใช้โซดาไฟในสัดส่วนที่สูงขึ้น

3) การทำปฏิกิริยา น้ำมันที่ถูกขจัดน้ำแล้วถูกทำให้มีอุณหภูมิประมาณ 80 °C จากนั้นจึงเติมสารละลายแอลกอฮอล์ลงไปอย่างช้าๆ (เติมให้หมดภายใน 10 นาที) สัดส่วนน้ำมันต่อสารละลายแอลกอฮอล์โดยน้ำหนักเท่ากับ 5 ต่อ 1 ทำการกวนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างทั่วถึงเป็นเวลาประมาณ 15 นาที ด้วยอัตราการกวนปานกลาง (500 รอบ/นาที) อุณหภูมิในช่วงนี้ลดลงเหลือประมาณ 65 °C การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรีน แต่ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหยุดกวนเพื่อแยกผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออก เมื่อหยุดกวนกลีเซอรีนซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่า (ประมาณ 1.26 กรัม/มิลลิลิตร) จะแยกชั้นออกจากชั้นเมทิลเอสเตอร์ โดยแยกตัวตกลงมาที่ก้นถัง ดังนั้นในชั้นเมทิลเอสเตอร์จะเหลือกลีเซอรีนอยู่น้อย ปฏิกิริยาการเกิดเมทิลเอสเตอร์จะสามารถดำเนินต่อไปอย่างช้าๆ เมื่อทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง น้ำมันก็จะทำปฏิกิริยาไปมากกว่า 95%

4) การแยกกลีเซอรีน กลีเซอรีนจะถูกถ่ายออกใส่ภาชนะโดยการถ่ายออกทางด้านล่างของถังปฏิกรณ์ ในขณะที่ยังร้อนอยู่เพราะหากทิ้งไว้ให้เย็น ชั้นกลีเซอรีนจะกลายเป็นของแข็ง

5) การล้างสิ่งปนเปื้อนออก เมทิลเอสเตอร์ที่ได้ยังปนเปื้อนด้วยสารอื่นๆ เช่น สบู่ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดไขมันอิสระหรือน้ำมัน กลีเซอรีนที่ละลายอยู่ในชั้นเมทิลเอสเตอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและน้ำมันที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด ดังนั้นจึงต้องทำการขจัดออกด้วยการล้างด้วยน้ำอุ่นหลายๆครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละครั้งประมาณ 1 ต่อ 4 ของปริมาณเมทิลเอสเตอร์ เมื่อเติมน้ำเพียงพอแล้วรอให้น้ำแยกชั้นจากเมทิลเอสเตอร์เป็นเวลาพอสมควร (ประมาณ 5 - 10 นาที) ก็ถ่ายน้ำออกด้านล่าง เติมน้ำอุ่นเพื่อล้างใหม่ การล้างจะกระทำ 4 - 5 ครั้ง และเพิ่มการกวนในการล้างครั้งหลังๆ

6) การขจัดน้ำออกขั้นสุดท้าย เมื่อล้างสิ่งปนเปื้อนออกหมดแล้ว ขั้นตอนสุดท้าย คือ การขจัดน้ำที่หลงเหลือในชั้นเมทิลเอสเตอร์ออก ซึ่งกระทำโดยการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 120 °C เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาอย่างน้อย 20 นาที หรือการกรองด้วย salt filter และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็สามารถนำไปเก็บเพื่อใช้งานต่อไป

2.5.3 ข้อดีของน้ำมันไบโอดีเซล

1) ประโยชน์ของการใช้ไบโอดีเซลด้านสิ่งแวดล้อม การใช้ไบโอดีเซลสามารถลดมลพิษในอากาศอันเนื่องมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์ กรมอู่ทหารเรือได้ทำการทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่า รถที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสามารถลดควันดำได้มากกว่าร้อยละ 50 และสามารถลดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ได้ร้อยละ 20 ลดฝุ่นละออง ได้ร้อยละ 39 ลดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ร้อยละ 99 นอกจากนี้การใช้ไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซลนั้นสามารถลดวงจรชีวิต (life-cycle) ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ได้ร้อยละ 78 ซึ่งเป็นผลให้ลดภาวะโลกร้อน (U.S. Department of Energy, 2004)

2) ประโยชน์การใช้ไบโอดีเซลด้านสมรรถนะเครื่องยนต์ การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ เนื่องจากไบโอดีเซลมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณร้อยละ 10 ทำให้การผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเป็นการเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรของอากาศต่อน้ำมันได้เป็นอย่างดี (คณะกรรมาธิการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร, 2545) จึงทำให้เผาไหม้ในกระบอกสูบเป็นไปอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7.5 และให้กำลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

2.5.4 ข้อด้อยของน้ำมันไบโอดีเซล

1) เป็นของแข็งที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันดีเซล

2) ปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ สูงกว่าน้ำมันดีเซล

3) ชิ้นส่วนจากยางของปั๊มน้ำมันจะเสื่อมคุณภาพเร็ว

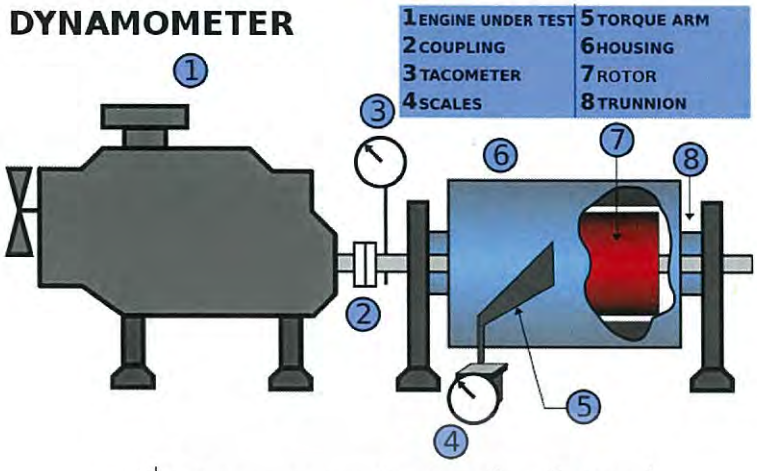
4) ค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

การแก้ไขข้อด้อยเหล่านี้อาจกระทำด้วยการผสมกับน้ำมันดีเซล เช่น ผสมน้ำมันดีเซล 80% กับเมทิลเอสเตอร์ 20%

## 2.6 เครื่องทดสอบแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ หรือไดนาโมมิเตอร์ (Engine Dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์ (หรือมอเตอร์) ใช้หลักการสร้างภาระ (Load) ต้านทานการหมุน โดยมีอุปกรณ์วัดค่าแรงบิดและความเร็ว ในการทดสอบจะติดตั้งเครื่องยนต์ต่อเพลาเข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์ เมื่อเดินเครื่องยนต์จะมีแรงบิดจากเครื่องยนต์มาที่ไดนาโมมิเตอร์ และไดนาโมมิเตอร์จะมีระบบที่สร้างแรงต้าน (เบรก) ที่ปรับระดับแรงต้านได้ ดังนั้นอุปกรณ์วัดแรงบิดก็สามารถวัดแรงบิดนำมาคำนวณทำให้ทราบกำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.9 ภาพแสดงการทำงานของไดนาโมมิเตอร์

## 2.7 หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง

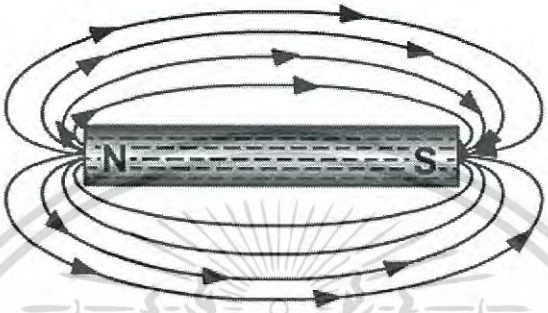
2.7.1 เส้นแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก

แม่เหล็ก (Magnet) ได้ชื่อว่าเป็นหินนำทาง (Leading Stone) มีความสามารถดูดเหล็กได้ เมื่อนำมาห้อยแขวนด้วยเชือก แท่งแม่เหล็กสามารถหมุนได้อย่างอิสระ แต่จะชี้ไปในทิศทางเดิม ตลอดเวลา โดยชี้ไปในแนวสนามแม่เหล็กโลก ตามขั้วสนามแม่เหล็กที่มี 2 ขั้วคือ ขั้วเหนือ (North Pole) หรือขั้ว N และ ขั้วใต้ หรือ (South Pole)

รูปที่ 2.10 ภาพแสดงเส้นแรงและสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วมีสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) เกิดขึ้น ความเข้มของสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมาที่ปลายขั้วทั้งสอง สนามแม่เหล็กแผ่ออกรอบขั้วแม่เหล็ก วิ่งเคลื่อนที่ประสานกันระหว่างขั้วแม่เหล็กทั้งสอง การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กจะเคลื่อนที่จากขั้วเหนือ (N) ไปหาขั้วใต้ (S) เสมอ การเคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force) ขึ้นมา รอบแท่งแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก แสดงดังรูป 2.11




รูปที่ 2.11 ภาพแสดงทิศทางการไหลของกระแส

2.7.2 แม่เหล็กไฟฟ้า

นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อ ฮันซ์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christian Oersted) ได้ค้นพบความสัมพันธ์อย่างหนึ่งโดยบังเอิญ ขณะที่เขาทำการทดลองปล่อยกระแสผ่านเข้าไปในเส้นลวดตัวนำเส้นหนึ่ง และมีเข็มทิศวางอยู่ใกล้ๆ กับเส้นลวดที่มีกระแสไหลผ่าน เข็มทิศเกิดการบ่ายเบนไปจากแนวเดิม เออร์สเตดทดลองกลับทิศทางการไหลของกระแส เข็มทิศก็เกิดการบ่ายเบนไปอีกเช่นกัน โดยมีทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก เออร์สเตดสรุปผลการทดลองครั้งนี้ว่า "เมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นมารอบ ๆ เส้นลวดตัวนำนั้น" ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบเส้นลวดตัวนำ เกิดขึ้นเป็นลักษณะวงกลมล้อมรอบเส้นลวดตัวนำ ลักษณะการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบเส้นลวดตัวนำ แสดงดังรูป 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.12 ภาพแสดง ทิศทางการไหลของสนามแม่เหล็กและกระแส

สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นแต่ละขั้วของแม่เหล็กมีคุณสมบัติตรงกันข้าม ดังนั้นขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีอำนาจแม่เหล็กที่ดูดกัน และขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกัน สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีอำนาจแม่เหล็กที่ผลักกัน คุณสมบัติดังกล่าวเหมือนกับคุณสมบัติของประจุไฟฟ้า การดึงดูดและการผลักกันของขั้วแม่เหล็ก

2.7.3 มอเตอร์ไฟฟ้าเบื้องต้น

ในชีวิตประจำวัน การใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้หลายสิ่งหลายอย่างเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่ เช่น พัดลม เครื่องซักผ้า เครื่องปั่นผลไม้ เครื่องผสมอาหาร เครื่องคั้นน้ำผลไม้ และเครื่องดูดฝุ่นเป็นต้น เมื่อมองเข้าไปภายในอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้เหล่านั้น มีสิ่งหนึ่งที่นำมาใช้งานเหมือนกันและมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้เหมือนกัน สิ่งที่สำคัญสิ่งนั้นคือ มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electormechanical Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ถูกนำไปร่วมใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 80-90% ลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 มอเตอร์ไฟฟ้า

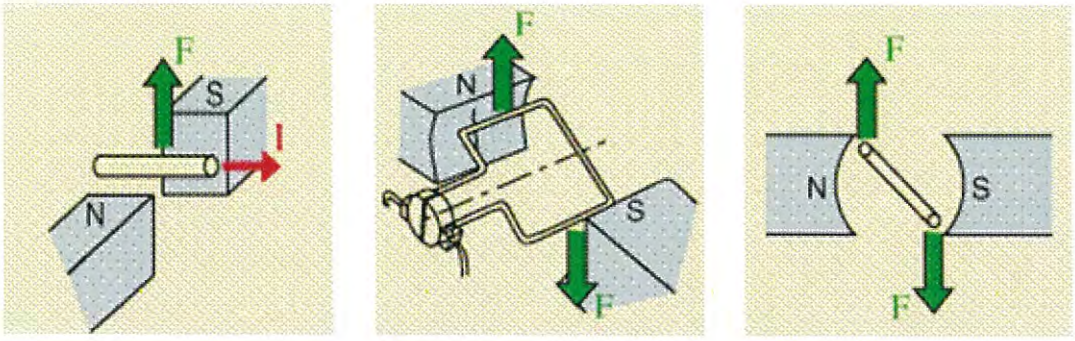
2.7.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแม่เหล็กถาวร และส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลักดันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวร เกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้ การหมุนเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำและทิศทางการเคลื่อนที่

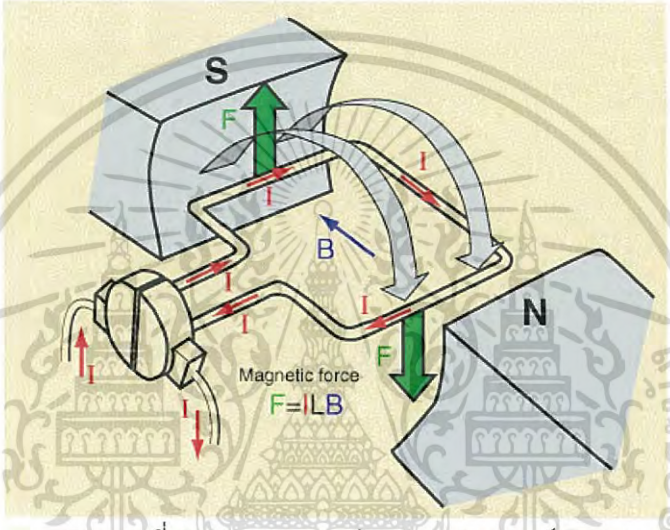
2.7.5 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย แม่เหล็กถาวร 2 ขั้ววางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ ขดลวดตำนำจะได้รับแรงดันไฟตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก 2 ชุด มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กัน เกิดแรงผลักดันทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้ การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 2.14 และ รูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.14 ภาพแสดงการทำงานของมอเตอร์




รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานของมอเตอร์

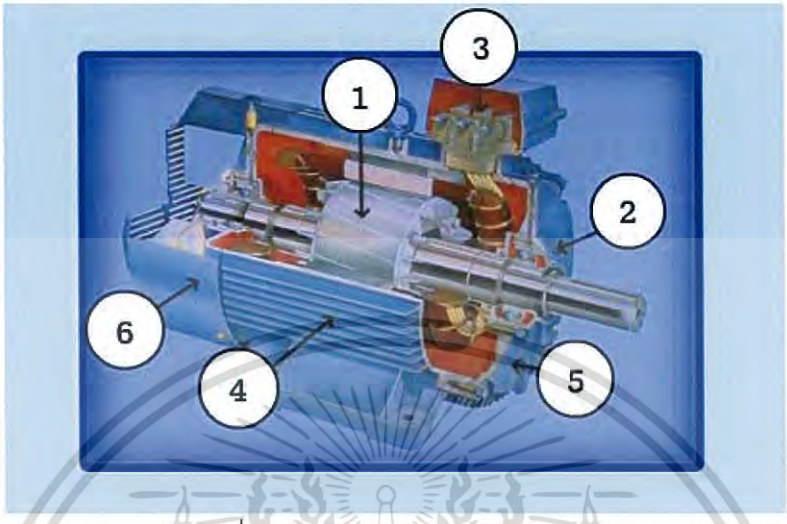
จากรูปที่ 2.14 และ รูปที่ 2.15 เป็นการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์ ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา ทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านขวาเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆอีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน

2.7.6 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตมาใช้งาน มีโครงสร้างและส่วนประกอบคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนกัน มีรูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกัน แตกต่างกันตรงการนำไปใช้งาน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้เกิดไฟฟ้าในรูปของแรงดันไฟตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมา ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนเกิดพลังกล ขึ้นมา ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 2.16




รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของมอเตอร์

ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน สนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2) ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces) คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็กถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ อัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Edy Current) ที่จะทำให้ความเข้าของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

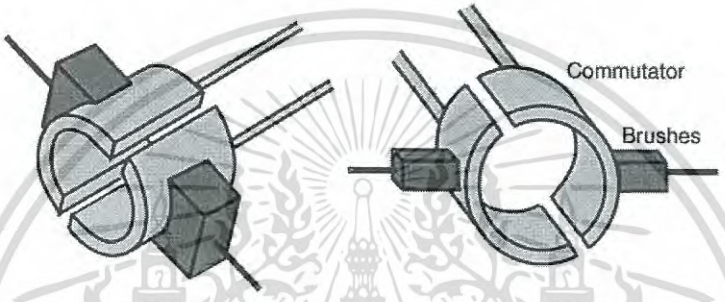
3) โครงมอเตอร์ (Motor Frame) คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

4) อาร์เมเจอร์ (Armature) คือส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกัน ถูกเซาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่นขึดขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมอเจอร์ผลักดันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) คือส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่าน เพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมอร์

6) แปรงถ่าน (Brush) คือตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจกแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์




รูปที่ 2.17 แสดงวงแหวนคอมมิวเตเตอร์ และ แปรงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

ปัจจุบันเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กถูกนำมาใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังสามารถดัดแปลงนำไปใช้งานหลายประเภท ทั้งในด้านยานยนต์ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก แต่ในสิ่งหนึ่งที่เป็นตัวแปรสำคัญในการอำนวยความสะดวกต่างๆ คือ พลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้นี้จากการตรวจสอบพบว่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาตินั้นกำลังจะหมดไป ซึ่งทำให้เกิดการคิดค้นพลังงานทางเลือกและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

## 3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการการวัดกำลังเครื่องยนต์

ทฤษฎีและหลักการการวัดกำลังเครื่องยนต์นั้นคลอบคลุมไปถึงวิชาอื่นๆที่เกี่ยวข้องโดยเริ่มศึกษาทฤษฎีและหลักที่เกี่ยวเป็นพื้นฐานของการวัดกำลังเครื่องยนต์ดังนี้

3.1.1 หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

3.1.2 หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC Motor)

3.1.3 ทฤษฎีการคำนวณหากำลังเครื่องยนต์

## 3.2 ติดตั้งระบบวัดกำลังเครื่องยนต์

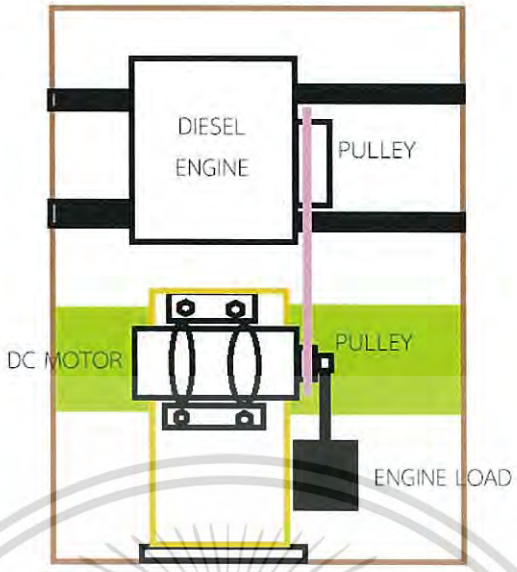
3.2.1 ออกแบบโครงสร้าง

เริ่มจากการออกแบบและทำโครงสร้างสำหรับรองรับน้ำหนักของระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ ซึ่งโครงสร้างที่สร้างขึ้นนี้ต้องสามารถรองรับน้ำหนักของตัวเครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า และ โหลดที่เป็นลูกตุ้มน้ำหนักที่เอาไว้ใช้สำหรับการถ่วงเพื่อหากำลังเครื่องยนต์ให้ได้ประมาณ3-4ร้อยกิโลกรัมขึ้นไป โดยอุปกรณ์ที่ใช้ที่โครงสร้าง ใช้เหล็กฉากขนาดความกว้าง 2 นิ้ว จำนวน 2 ท่อน(ความยาวท่อนละ 6 เมตร) นำมาตัดเป็นท่อนๆและนำมาประกอบตามที่ได้ออกแบบไว้

3.2.2 ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง

โดยออกแบบให้ติดตั้งด้านบนของโครงสร้างโดยมีลักษณะอยู่ทางด้านหน้าของตัวเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถขับมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนโดยมีสายพานเป็นตัวเชื่อม ซึ่งในส่วนนี้ มีการออกแบบตัวยึดมอเตอร์ไฟฟ้าให้เข้ากับตัวโครงสร้างและสามารถปรับความตึงและหย่อนของสายพานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.1 การออกแบบระบบวัดกำลังเครื่องยนต์

3.2.3 ติดตั้งแกนรับน้ำหนักของโหลดน้ำหนัก

ที่จะใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 0-200 กิโลกรัม โดยออกแบบให้ตรงส่วนที่ยึดเข้ากับแกนมอเตอร์ มีลูกตุ้มเพื่อที่เวลามอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว โหลดน้ำหนักจะไม่เหวี่ยงขึ้นมาหาผู้ที่ทำการทดลอง

## 3.3 แหล่งที่มาของน้ำมันไบโอดีเซล (B100)

มาจากห้องปฏิบัติการพลังงานทางเลือก โดยมีการจัดการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาพลังงานทางเลือก ได้ลงมือทำน้ำมันไบโอดีเซล จากน้ำมันปาล์มจากการใช้งานแล้ว และ น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน

3.3.1ขั้นตอนการทำน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชเก่ามีดังนี้

1) การวบรวม น้ำมันพืชเก่าที่ผ่านกระบวนการทอดสามารถได้มาจากหลายแหล่งเช่น จากการทำอาหารภายในบ้านหรือจากร้านค้า เช่นร้านทอดประเภทต่างๆ ซึ่งจะมีน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทอดแล้วเป็นจำนวนมากเราสามารถติดต่อขอซื้อและขอฟรีได้จากร้านค้าโดยการเตรียมปี๊บไว้ให้ร้านค้าดังกล่าวเพื่อใช้เก็บน้ำมันที่จะทิ้ง ที่สำคัญอย่าเอาน้ำมันที่ร้อนเพราะจะเป็นอันตรายได้

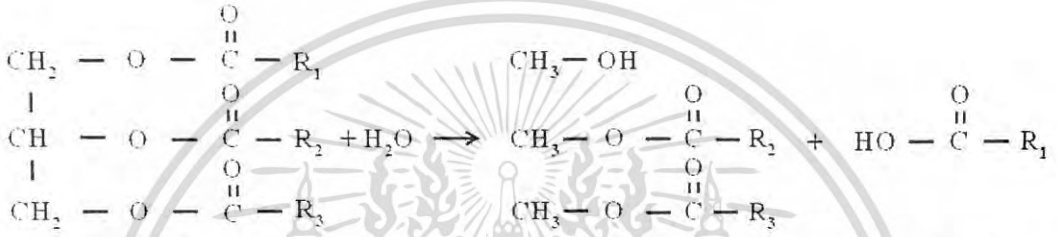
2) การกรอง น้ำมันพืชเก่าที่ได้มามักจะมีเศษอาหารติดมาด้วย สิ่งเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการกรองเพื่อเอาเศษอาหารออกก่อน โดยทั่วไปจะใช้ผ้าขาวบางทบกัน 2 ชั้น เพื่อกรองเศษอาหารออกก่อนจะเข้าสู่กระบวนการทำไบโอดีเซลต่อไป

3) นอกจากเศษอาหารแล้ววัสดุใช้ในการทอดไม่ว่าจะเป็นไก่ หมู กล้วย มัน หรืออื่นๆ จะปลดปล่อยน้ำออกมาเสมอระหว่างกระบวนการทอด เราจำเป็นต้องแยกน้ำเหล่านี้ออก ด้วยการให้ความร้อนกับน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว และผ่านกระบวนการกรองเรียบร้อย ด้วยอุณหภูมิที่ 70 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส ซึ่งจะทำให้น้ำและเศษอาหารที่ผ่านผ้าขาวบางเกิดการรวมตัวและตกตะกอนแยกชั้นกับน้ำมันพืชเก่าที่ใช้แล้ว กระบวนการกรองและให้ความร้อนจะต้องเตรียมให้เสร็จก่อน 1 วัน ก่อนจะที่ทำไบโอดีเซล

4) น้ำมันพืชที่ใช้แล้วจะมีความเป็นกรดสูงมากเนื่องจากเมื่อวัสดุที่มีน้ำมันผสมอยู่ถูกทอดในน้ำมันร้อน น้ำบางส่วนจะถูกปลดปล่อยออกมาและทำปฏิกิริยากับโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ ทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นสิ่งที่เรียกว่ากรดไขมันอิสระ หรือ Free Fatty Acid(FFA) นี้ คือ โมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่ได้จับ พันธะกันกับกลีเซอรีน กรดไขมันเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกเบสแล้วกลายเป็นสบู่ ดังรูปที่ 3.3



ไตรกลีเซอไรด์ น้ำ ไดกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ

รูปที่ 3.2 กระบวนการไฮโดรไลซิส ของไตรกลีเซอไรด์ที่ทำให้ได้กรดไขมันอิสระ

กรดโอเลอิก โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมโอลีเอท(สบู่) น้ำ

รูปที่ 3.3 การเกิดสบู่จากกรดโอเลอิค (FFA)

5) เตรียมสารละลายอ้างอิง สารละลายพื้นฐานที่รู้ความเข้มข้นจะถูกพิจารณาความเข้มข้นของกรดในน้ำมันพืชเก่าที่จะใช้วิเคราะห์ โดยสารละลายอ้างอิงนี้คือสารละลาย โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

1) ละลาย KOH ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2) เทสารละลายตามข้อที่ 1 ลงในบิวเรต (Burette)

6) การเตรียมสารละลายเพื่อทำการวิเคราะห์

1) เตรียมไอโซโพรพานอล 20 มิลลิลิตร

2) เทสารละลายในข้อ 1 ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

3) หยดฟีนอล์ฟทาลีน 4-5 หยด ลงในข้อ 2 เขย่าให้เข้ากัน

4) เติมน้ำมันพืชเก่า 1 มิลลิลิตร ลงในข้อ 3 เขย่าให้เข้ากัน

5) เตรียมสารละลายตามข้อ 1-4 อีก 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) การไตเตรท

1) วางบีกเกอร์ที่ได้จากข้างต้นไว้ใต้บิวเรตที่มีสารละลายอ้างอิง

2) จดบันทึกสารละลายเริ่มต้นของสารละลายอ้างอิงในบิวเรต (Vi)

3) ค่อยๆหยดสารละลายอ้างอิงลงในสารละลายที่จะวิเคราะห์ (ทำซ้ำๆ)

4) เขย่าให้เข้ากันขณะหยดทำไปจนกระทั่งสารละลายวิเคราะห์เปลี่ยนเป็นสีชมพูตั้งทิ้งไว้ 30 วินาที ถ้าไม่เปลี่ยนกลับไปเหมือนเดิมให้หยุด

5) จดบันทึกปริมาณสารละลายอ้างอิงที่ใช้เป็น Vf และคำนวณปริมาณสารละลายอ้างอิงที่ใช้ทั้งหมดด้วยสมการ T=Vi-Vf

8) ทำซ้ำขอ 1-5 อีก 2 ชุด

## 3.4 ทำการวิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์

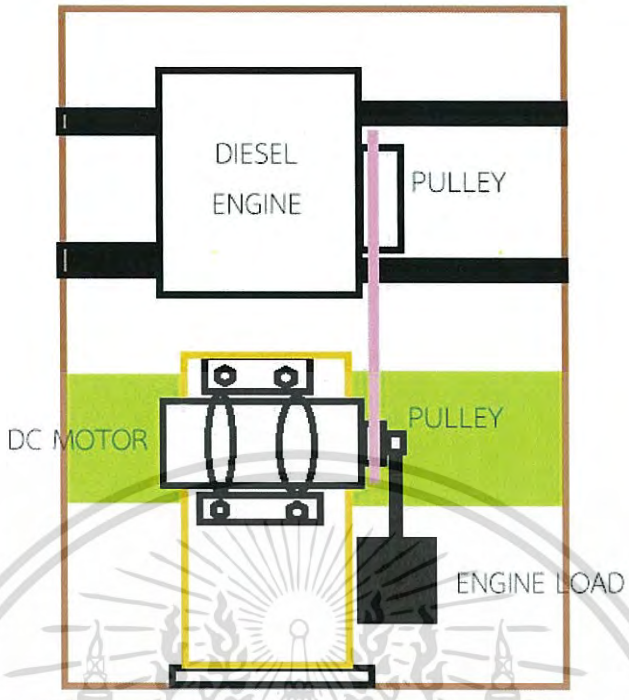
ทำการวิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์ด้วยการวัดกระแสและแรงดันที่ออกจากมอเตอร์ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ มัลติมิเตอร์ และ ตัวต้านทานขนาด 10 วัตต์ 220 โอห์ม จำนวน 3 ตัว ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ P=IV เพื่อคำนวณกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์

## 3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การใส่โหลดน้ำหนัก จะใส่โดยการถอดแกนเหล็กที่ได้ออกแบบไว้ออกจากแกนมอเตอร์ และนำโหลดน้ำหนักที่มีรูตรงการใส่เข้าไปในแกนเหล็กที่ได้ออกแบบไว้แล้วก่อนหน้านี้ และ นำไปแขวนยังแกนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะใส่โหลดน้ำหนักครั้งละ 10 กิโลกรัม จนถึง 100 กิโลกรัม

3.5.2 วิธีการเก็บข้อมูล ในครั้งแรกจะทำการวัดค่ากระแสและแรงดันโดยยังไม่ใส่โหลดน้ำหนัก เพราะต้องการทราบค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ และ ในครั้งถัดไปจะค่อยๆเพิ่มน้ำหนักไปเรื่อยๆครั้งละ 10 กิโลกรัม จนกว่าเครื่องยนต์ไม่มีกำลังพอจะฉุดให้แกนหมุน ซึ่งในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังของเครื่องยนต์นั้นจะใช้ น้ำมันทั้งหมด 2 ชนิดในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลคือ น้ำมันดีเซล และ น้ำมันไบโอดีเซล โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้งต่อน้ำมัน 1 ชนิด ซึ่งระบบวัดกำลังเครื่องยนต์ที่ออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วจะเป็นดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.4 การวัดระบบวัดกำลังเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและการอภิปรายผล

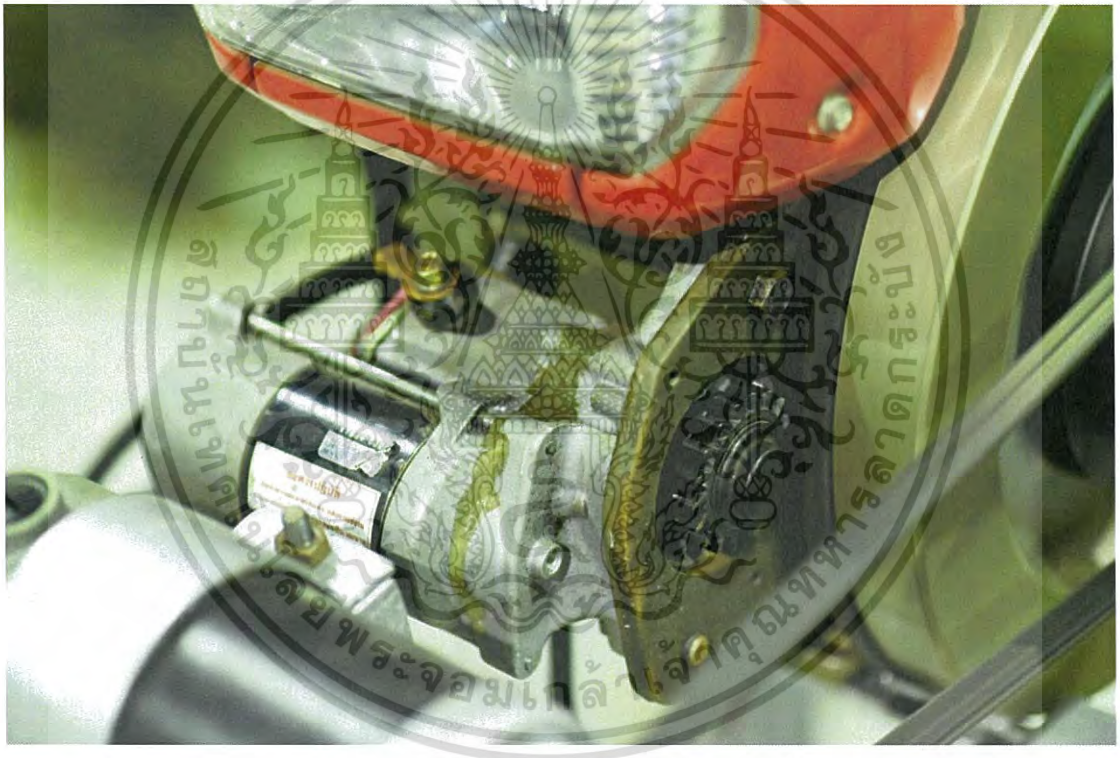
## 4.1 ระบบจริงที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยพร้อมทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลและB100

จากการทดสอบระบบสามารถรับโหลดได้มากกว่า 200 กิโลกรัม สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย แม้ว่าระบบจะมีน้ำหนักมาก และ จากการออกแบบระบบสามารถปรับความตึงหย่อนของสายพานเพื่อความเหมาะสมในการทดลองเพื่อปรับใช้ตามน้ำหนักของโหลดน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นได้อีกด้วย โดยสำหรับระบบการเคลื่อนย้ายได้ติดตั้งล้อคุณภาพสูงขนาด 3 นิ้ว ทั้งหมด4ล้อ โดยติดตั้งให้ล้อหน้าเป็นล้อที่สามารถหมุนได้และสามารถล็อคเพื่อหยุดการเคลื่อนที่และการหมุนของตัวล้อ 2 ล้อ และติดตั้งล้อหลังเป็นล้อตายอีก 2 ล้อ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเข็น ซึ่งผู้ที่ทำการเคลื่อนจะสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ในส่วนของแกนที่จะนำโหลดน้ำหนักมาใส่ ได้ออกแบบให้ส่วนบนของแกนมีลูกปืนเนื่องจากเวลามอเตอร์หมุนเร็วขึ้นเรื่อยๆ แกนที่ใส่โหลดน้ำหนักจะต้องห้อยอยู่ที่เดิม และ เพื่อความสะดวกในการเพิ่มหรือลดโหลดน้ำหนักจึงออกแบบแกนให้ถอดได้ แบ่งออกเป็น 2 ท่อน คือ แกนด้านที่ติดกับแกนของมอเตอร์ไฟฟ้า และ ด้านที่ไว้ใส่โหลดน้ำหนัก ในส่วนของการสตาร์ทเครื่อง เนื่องจากเป็นเครื่องรุ่นเก่า เวลาสตาร์ทเครื่องยนต์ต้องใช้แรงคนในการหมุนเพื่อติดเครื่อง ซึ่งหากไม่มีความชำนาญ อาจทำอันตรายต่อผู้ทำการทดลองได้ จึงเล็งเห็นความสำคัญในเรื่องนี้ ซึ่งความปลอดภัยคือหัวใจหลักในการทดลอง จึงได้ติดตั้งชุดมอเตอร์สตาร์ทให้ใช้งานได้ง่ายเพียงบิดกุญแจ ซึ่งในการติดตั้งจะต้องนำฟลายวีลไปกลึงเอาเนื้อเหล็กด้านในออกเพื่อติดตั้งเฟืองสำหรับให้ชุดมอเตอร์สตาร์ทขับได้ และ สุดท้ายในส่วนของการทดลอง คือ การบันทึกข้อมูลจากค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เพื่อดูความแตกต่างเมื่อใส่โหลดน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและนำมาพรอตกราฟ จะต้องนำตัวต้านทานต่อเข้ากับสายไฟของมอเตอร์ไฟฟ้าและทำการวัดกระไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเมื่อทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะนำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อหากำลังไฟฟ้าของเครื่องยนต์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2 ขั้นตอนการทำระบบวัดกำลังเครื่องยนต์**

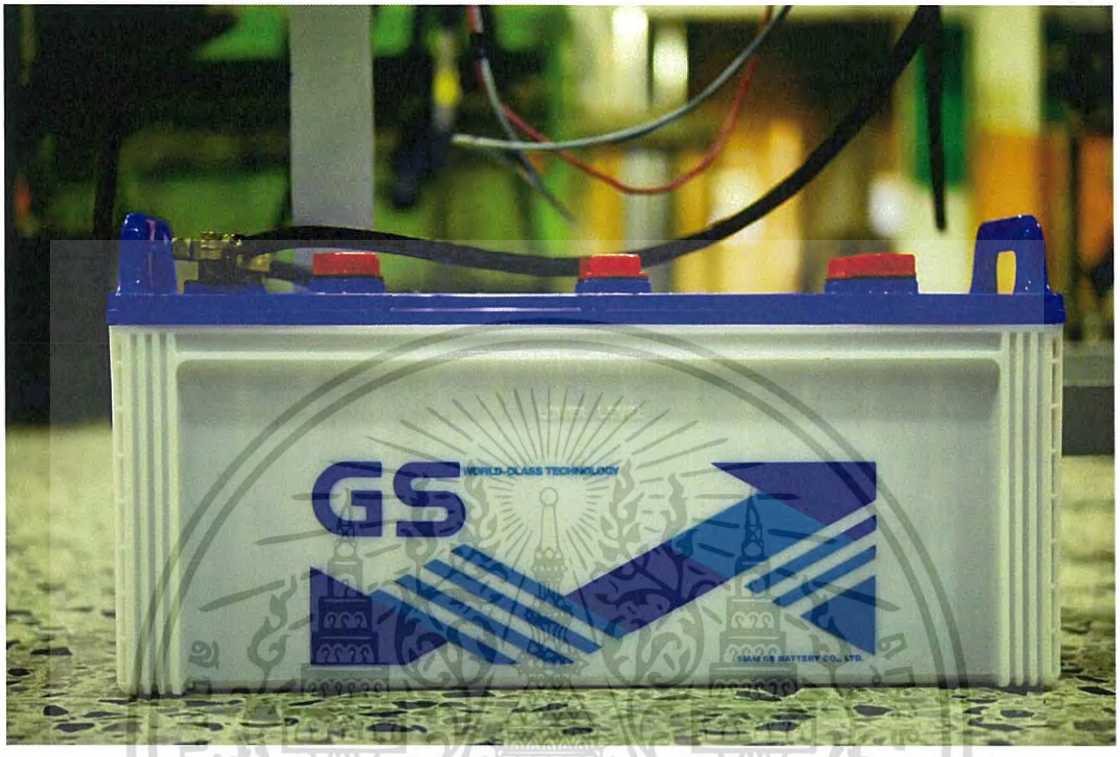
ในขั้นตอนแรกเป็นการติดตั้งชุดมอเตอร์สตาร์ทให้กับเครื่องยนต์ เนื่องจากการสตาร์ทด้วยมือค่อนข้างอันตรายสำหรับผู้ที่ไม่เคยสตาร์ทเครื่องด้วยมือมาก่อนเพราะว่าเวลาต้องใช้มือหมุนคันโยกที่ติดตั้งอยู่อีกด้านของ fly wheel เมื่อหมุนไปเรื่อยๆจนถึงรอบที่สตาร์ทได้แล้วหากผู้ทำการทดลองไม่ยอมดึงคันโยกออก อาจทำให้คันโยกนั้นตีกลับใส่ตัวหรือบริเวณหน้าของผู้ทำการทดลองได้ ซึ่งแรงพอที่ทำให้เกิดบาดแผลได้ โดยชุดมอเตอร์สตาร์ทจะติดอยู่ด้านหน้าใต้ไฟหน้าของตัวเครื่องยนต์ แล้วต้องทำการกลึง fly wheel เพื่อใส่เฟือง หลักการการใส่เฟืองคือนำเฟืองที่จะใส่ไปรนไฟให้ร้อน แล้วใส่ไปตรงfly wheel ที่ทำการกลึงไว้แล้ว พอเฟืองเย็นตัวลง ก็จะรัด fly wheel แน่นไม่สามารถหลุดได้ วิธีนี้จึงไม่จำเป็นต้องทำการเชื่อมไฟฟ้าแต่อย่างใด ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ชุดมอเตอร์สตาร์ทที่ได้ทำการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการติดตั้งชุดมอเตอร์สตาร์ทเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็นำแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ในการขับชุดมอเตอร์สตาร์ทมาติดตั้ง โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ ดังรูปที่ 4.2




รูปที่ 4.2 แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับชุดมอเตอร์สตาร์ท

ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบและทำโครงสร้าง ซึ่งเลือกต้องใช้เหล็กฉากขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 2 นิ้ว เพราะว่า โครงสร้างนี้ต้องรองรับน้ำหนักระบบวัดกำลังและโหลดน้ำหนักที่ต้องใส่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆขณะทำการทดลองได้ และทำการวัดความกว้างโหลดน้ำหนักอันที่น้ำหนักมากและความกว้างมากที่สุด เนื่องจากในช่วงระหว่างทำการทดลอง ตัวโหลดน้ำหนักที่ใช้ต้องห้ามมีส่วนใดส่วนหนึ่งไปแตะโดนโครงสร้างโดยเด็ดขาด เพื่อที่จะให้ค่าที่ได้จากการทดลองออกมาแม่นยำ ดังรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ภาพการทำโครงสร้างของระบบวัดกำลังเครื่องยนต์

รูปที่ 4.4 วัดความกว้างของโหลดน้ำหนักเพื่อออกแบบโครงสร้าง

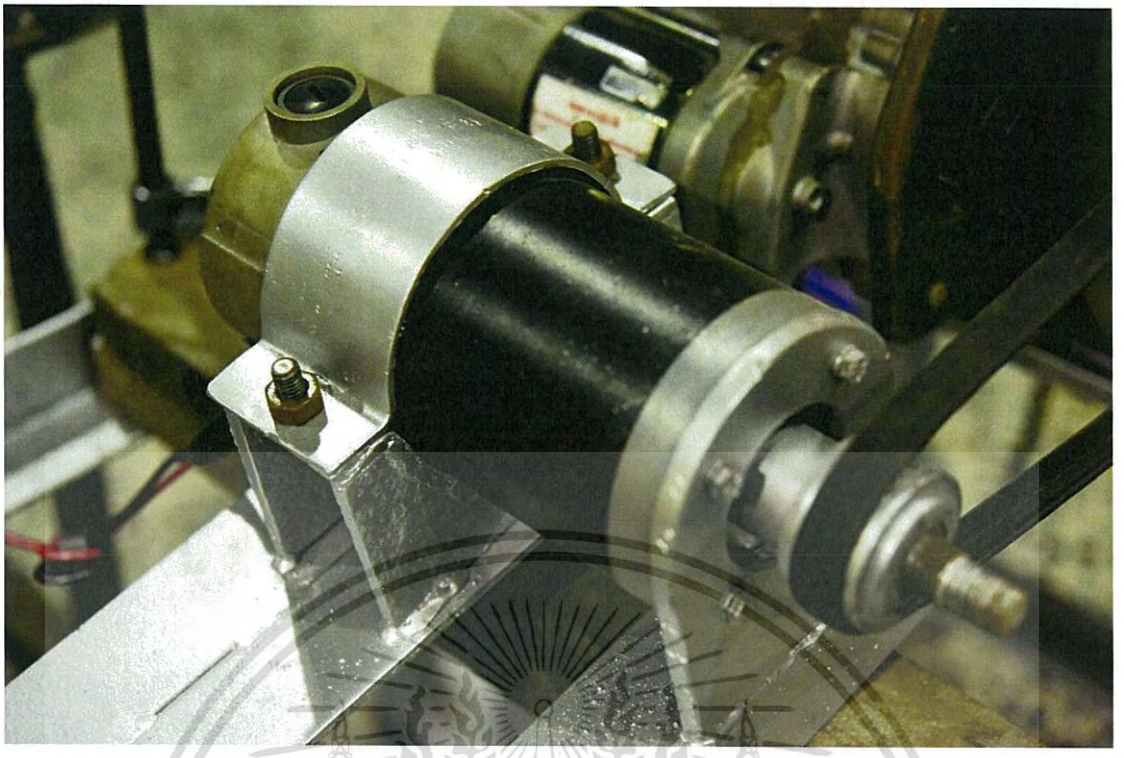
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้โครงสร้างสำหรับเอาไว้รองรับระบบวัดกำลังเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็เป็นขั้นตอนในการออกแบบและติดตั้งชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยในการออกแบบ ได้มีการสร้างบานพับขึ้นเพื่อให้สามารถปรับความตึงหย่อนของสายพานได้ ดังรูปที่ 4.5

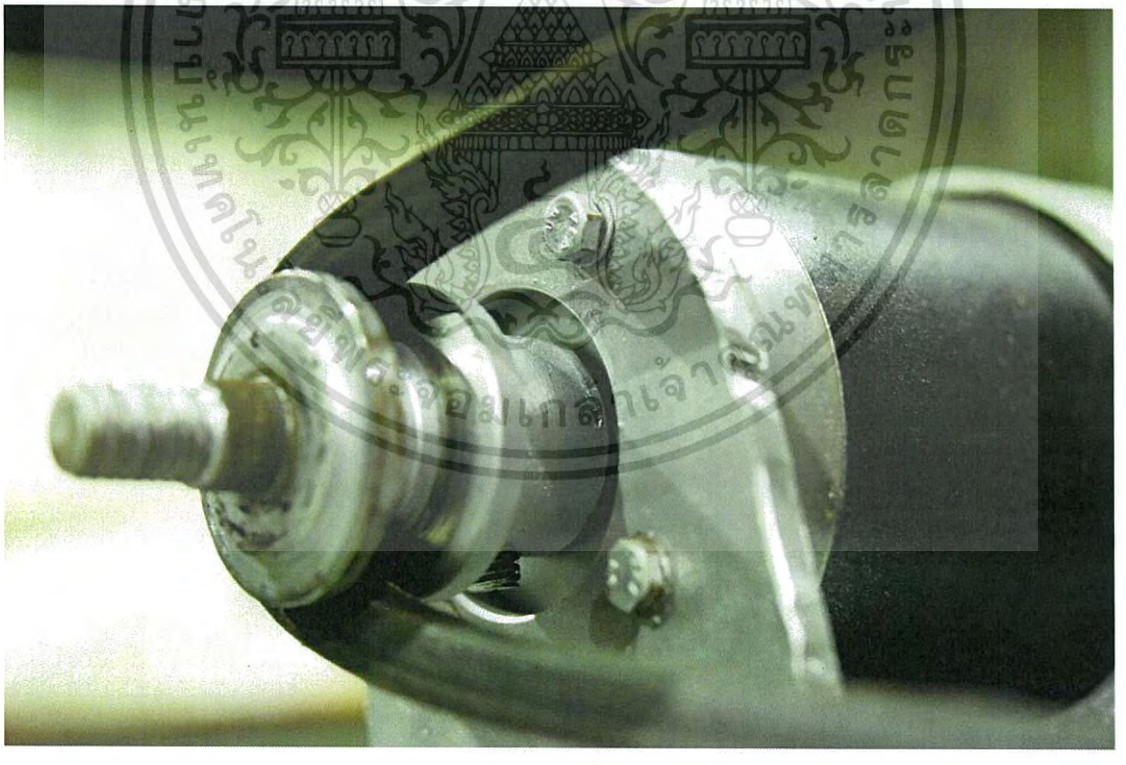
รูปที่ 4.5 บานพับที่ออกแบบเพื่อให้สามารถปรับความตึง-หย่อนของสายพานได้

ซึ่งพอได้บานพับแล้วก็จะเป็นขั้นตอนในการทำแท่นยึดมอเตอร์ โดยออกแบบให้ส่วนหลังของมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นแท่นยึดและมีน็อตล็อค 2 ตัว เพื่อความแข็งแรง และ เวลาใส่โหลดน้ำหนักที่มีน้ำหนักมากๆ ตัวมอเตอร์จะคงอยู่กับที่ไม่กระดกไปข้างหน้า โดยก่อนทำการติดตั้งมอเตอร์กระแสตรงเข้ากับแท่นยึดจะนำยางในของรถมอเตอร์ไซค์ตัดเป็นแผ่นบางๆแล้วพันรอบมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์กับแท่นยึดติดกระชับกันและในส่วนของด้านหน้า ได้ทำเป็นแป้น มีน็อตล็อคทั้งหมด 4 ตัว เพื่อไม่ให้มอเตอร์ไฟฟ้าขยับระหว่างทำการทดลอง เมื่อใช้ความเร็วรอบมากๆหรือโหลดน้ำหนักๆสูงๆ ดังรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและแท่นสำหรับยึดมอเตอร์ให้อยู่กับที่



รูปที่ 4.7 ออกแบบแป้นด้านหน้าสำหรับยึดมอเตอร์ไฟฟ้าไม่ให้หมุนขณะทำการทดลอง

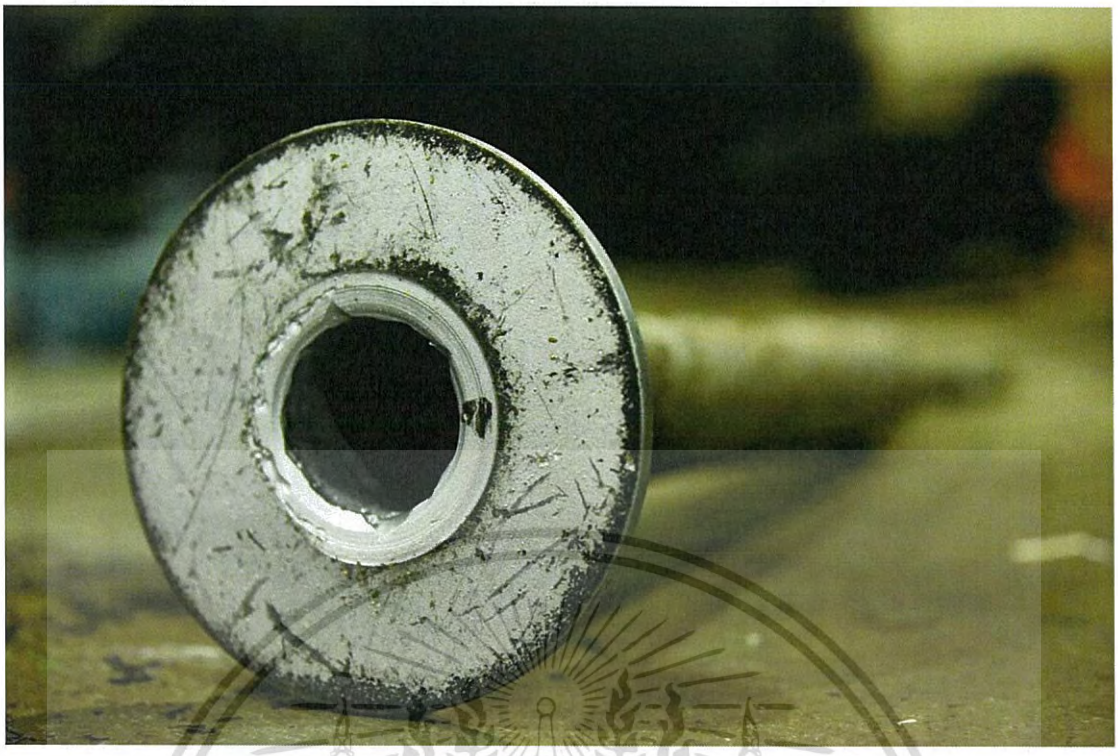
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเป็นการออกแบบและติดตั้งแกนที่ใช้สำหรับใส่โหลดน้ำหนัก ซึ่งในการออกแบบได้มีการให้ติดตั้ง ลูกปืนใส่ในส่วนของปลายบนสุดของแกน เนื่องจากต้องการให้ระหว่างการทำการทดลองโหลดน้ำหนักจะต้องอยู่ข้างล่างเสมอ และ ทำให้โหลดน้ำหนักไม่แกว่งไปตามทิศทางของการหมุนของแกนมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 แกนเหล็กด้านบนที่ติดตั้งลูกปืนเพื่อให้เวลาทดลองแกนเหล็กจะต้องห้อยอยู่ที่เดิมไม่หมุนไปตามการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า

ซึ่งในส่วนของตัวก่อนได้มีการออกแบบให้เป็นลักษณะ แยกออกจากกัน 2 ท่อน สามารถถอดเข้า-ออกได้ โดยมีน็อตไว้ไขล็อคอีกที เพื่อระหว่างการทดลองหากใส่โหลดน้ำหนักที่สูงขึ้นเรื่อยๆจนผู้ทำการทดลองไม่สามารถยกออกได้ ก็สามารถทำการหมุนแกนนี้ให้ออกจากกัน โหลดน้ำหนักก็จะตกลงพื้นอย่างง่ายดาย ส่วนปลายด้านล่างของแกนได้มีการทำเป็นบ่ารอง เพื่อไว้สำหรับรองรับโหลดน้ำหนักที่ต้องทำการใส่เข้าไป ทำโดยการเชื่อมไฟฟ้าด้านนอกแกนและเจียรเก็บชิ้นงานอีกที ดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

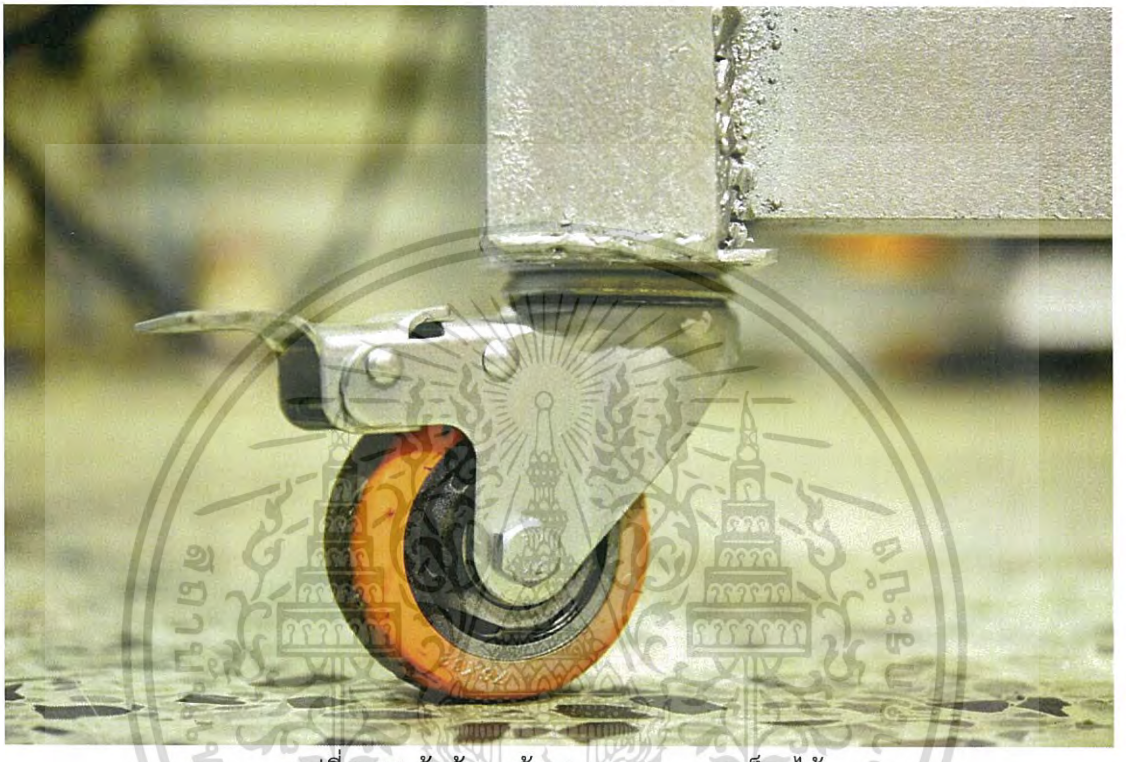


รูปที่ 4.9 ส่วนปลายของแกนเหล็กสำหรับใส่โหลดน้ำหนัก

รูปที่ 4.10 รอยต่อระหว่างแกนเหล็ก 2 ท่อน พร้อมน็อตยึดเพื่อล็อคให้แน่นและไม่หลุดออกจากกัน ระหว่างการทดลอง

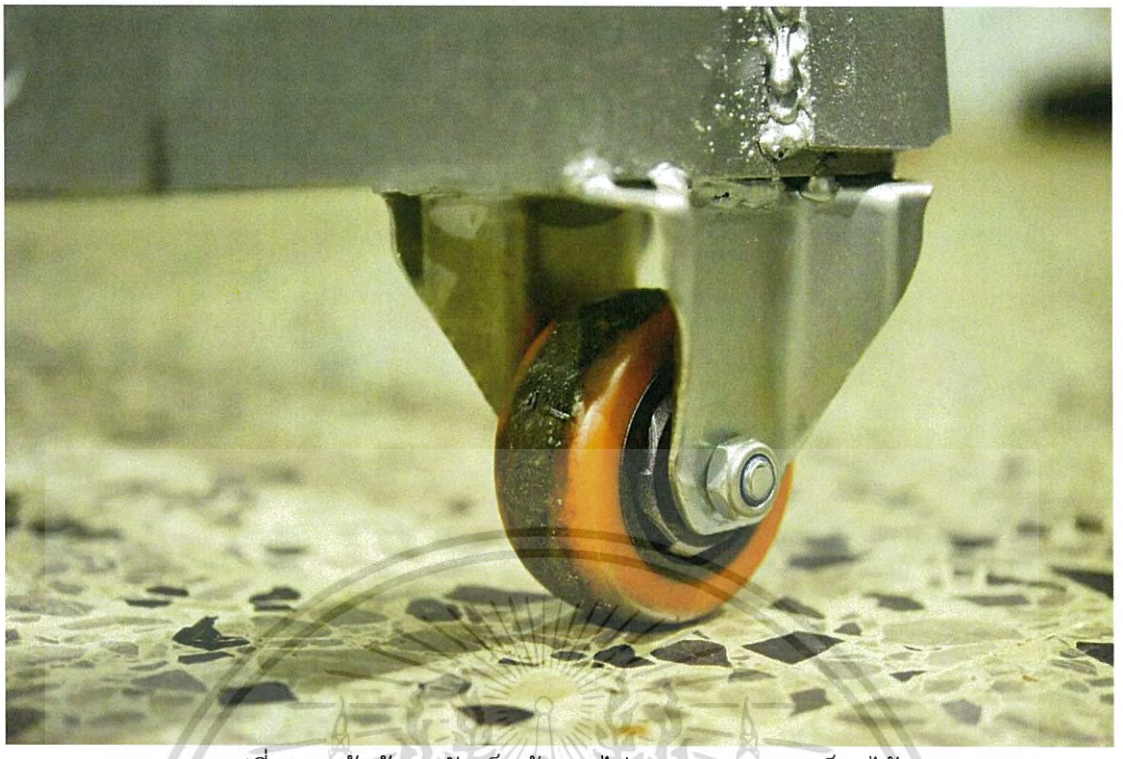
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบล้อนั้น ได้ออกแบบให้ล้อหลังซึ่งเป็นฝั่งที่มีเครื่องยนต์ติดตั้งอยู่เป็นล้อตาย และด้านหน้าในส่วนของฝั่งที่วางมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นการติดตั้งล้อแบบที่หมุนได้อิสระแต่สามารถล็อคได้ ซึ่งล้อที่ใช้ติดตั้งกับโครงสร้าง เป็นล้ออย่างดีขนาด 3 นิ้ว สามารถรองรับน้ำหนักได้ล้อละ 300 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ล้อด้านหน้า สามารถหมุนและล็อคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ล้อด้านหลัง เป็นล้อตายไม่สามารถหมุนและล็อคได้

เมื่อทุกอย่างเสร็จเรียบร้อย ก็มาถึงขั้นตอนในการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้ ได้มีการใช้โหลดตัวต้านทาน ขนาด 10 วัตต์ 220 โอห์ม จำนวน 3 ตัว ดังรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 ตัวต้านทานที่ใช้ในการทดลอง

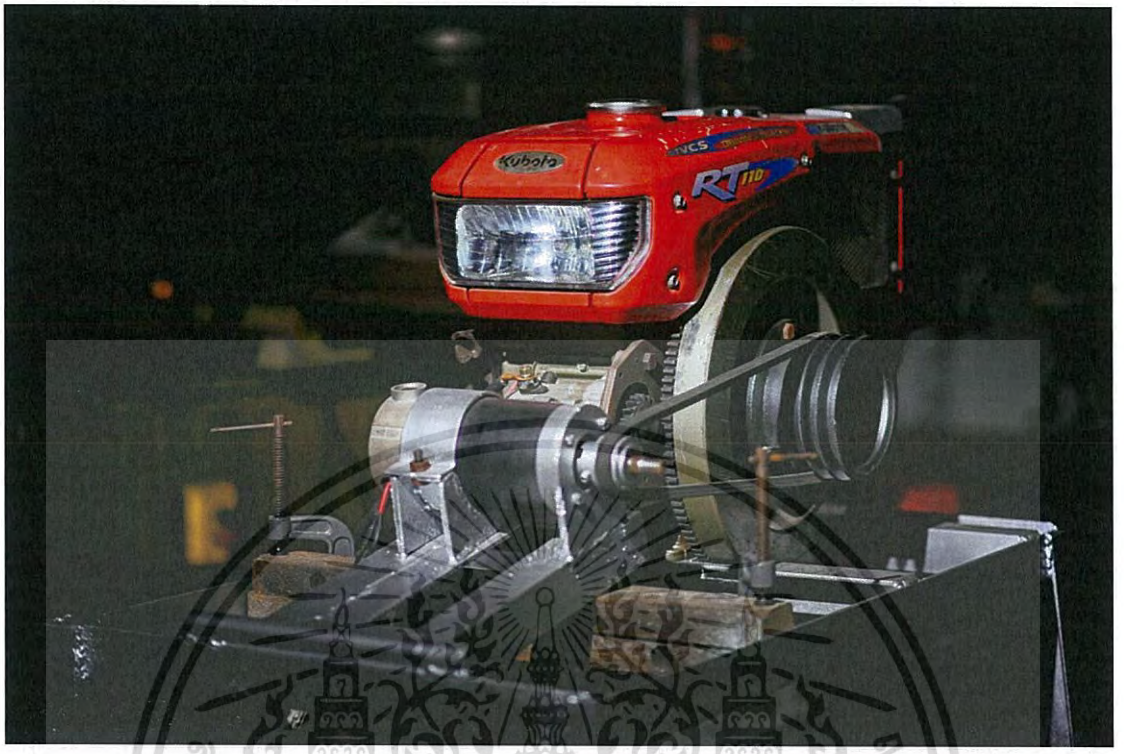
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมี มัลติมิเตอร์ จำนวน 2 เครื่อง ตัวต้านทานจำนวน 3 ตัว และประแจขนาดต่างๆ ดังรูปที่ 4.14 และ

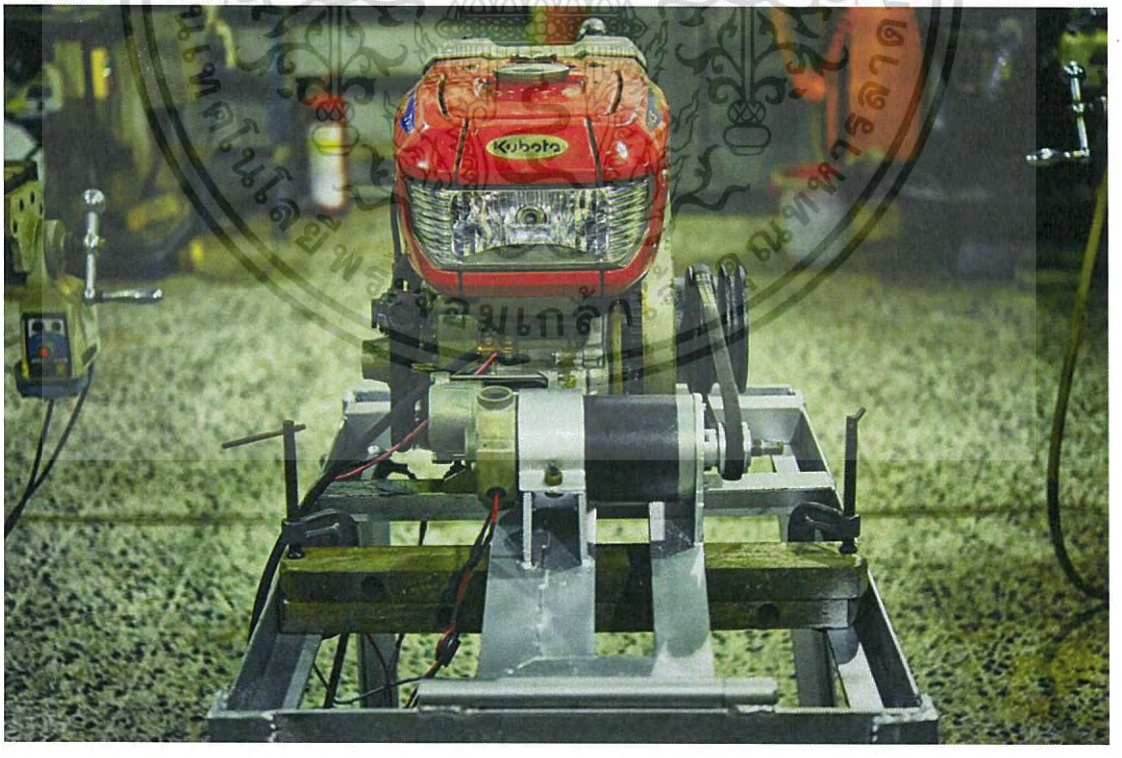
รูปที่ 4.14 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการวัดแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายเมื่อติดตั้งระบบจริงที่เสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะได้ดังรูป ที่ 4.15 และ รูปที่ 4.16




รูปที่ 4.15 ภาพด้านข้างระบบจริงที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว




รูปที่ 4.16 ภาพด้านหน้าระบบจริงที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 น้ำมันไบโอดีเซล

ใช้น้ำมันไบโอดีเซลปริมาณ 3 ลิตรในการทดลอง

รูป 4.17 น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการพลังงานทางเลือก

## 4.4 ผลการทดลองการวิเคราะห์กำลังเครื่องยนต์ที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า

ผลการทดลองที่ได้จากเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อขับมอเตอร์ขับมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรงให้หมุน ซึ่งจากการวัดค่ากระแสและแรงดันที่มอเตอร์ไฟฟ้าปล่อยออกมาสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.4.1 ผลการทดลองที่ได้จากน้ำมันดีเซล

| Load | I (แอมแปร์) | | | V (โวลต์) | | | P (วัตต์) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
| 0 kg. | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 74.8 | 75.6 | 74.7 | 8.976 | 9.828 | 8.964 |
| 10 kg. | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 68.2 | 69.0 | 68.7 | 7.502 | 7.59 | 6.87 |
| 20 kg. | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 66.6 | 67.1 | 65.9 | 7.326 | 7.301 | 6.59 |
| 30 kg. | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 62.98 | 63.01 | 62.04 | 6.298 | 6.301 | 6.204 |
| 40 kg. | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 55.90 | 55.41 | 54.82 | 4.472 | 4.9869 | 4.9338 |
| 50 kg. | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 54.31 | 53.86 | 52.1 | 4.3448 | 4.3088 | 4.16 |
| 60 kg. | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 50.67 | 51.24 | 48.76 | 4.0536 | 4.0992 | 3.9008 |
| 70 kg. | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 45.93 | 45.65 | 47.18 | 3.2151 | 3.1955 | 2.8308 |
| 80 kg. | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 39.20 | 38.23 | 38.75 | 2.352 | 2.6761 | 2.325 |
| 90 kg. | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 35.24 | 33.21 | 34.78 | 1.762 | 1.9926 | 2.0868 |
| 100 kg. | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองของน้ำมันดีเซล

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกำลังไฟฟ้า

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ รูปที่ 4.18-4.20 จะเห็นว่าเมื่อใส่โหลดน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่าลดลงเรื่อยๆจนเมื่อถึงจุดหนึ่งที่เครื่องยนต์ไม่มีกำลังพอที่จะสามารถหมุนได้ แรงดันและกระแสจึงมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งกราฟแสดงความสัมพันธ์รูปที่ 4.20 เป็นกราฟที่ได้จากการคำนวณ จะเห็นได้ว่าเมื่อใส่โหลดน้ำหนักไปที่ 90 กิโลกรัม กำลังเครื่องยนต์จะลดลงเป็นศูนย์เมื่อใส่โหลดน้ำหนักที่ 100 กิโลกรัม ซึ่งหมายความว่าเครื่องยนต์ไม่มีกำลังพอที่จะขับมอเตอร์ให้หมุนได้อีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.4.2 ผลการทดลองที่ได้จาก B100

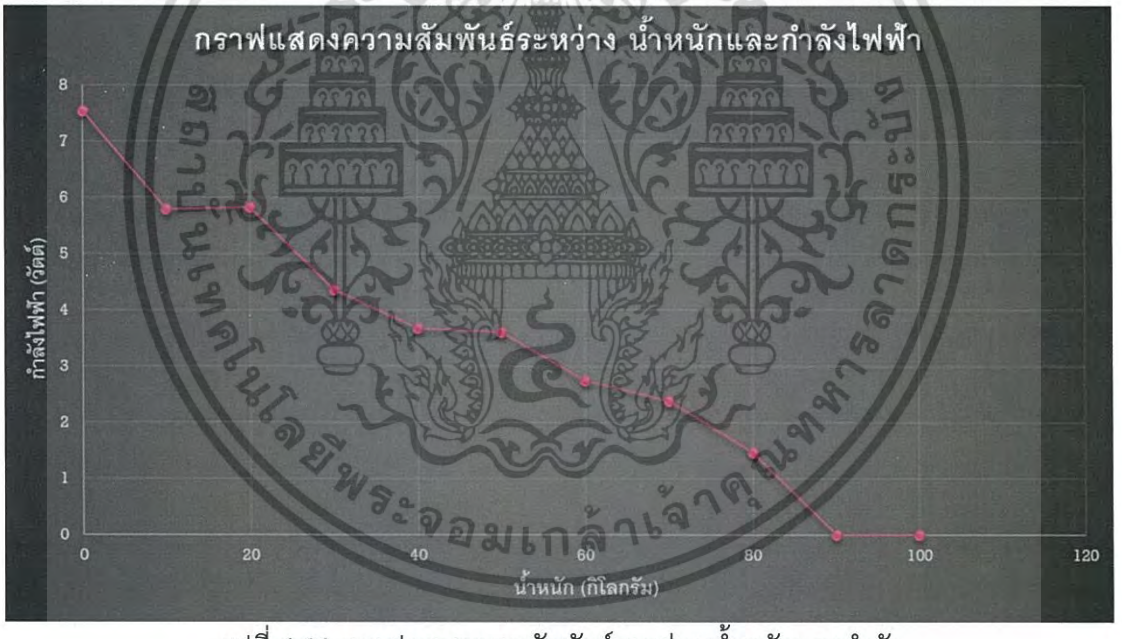
| Load | I (แอมแปร์) | | | V (โวลต์) | | | P (วัตต์) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
| 0 kg. | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 65.58 | 67.2 | 66.5 | 7.2138 | 7.392 | 7.98 |
| 10 kg. | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 60.58 | 60.01 | 59.21 | 6.058 | 5.4009 | 5.921 |
| 20 kg. | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 58.88 | 57.87 | 58.11 | 5.888 | 5.787 | 5.811 |
| 30 kg. | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 54.67 | 53.34 | 55.53 | 4.3736 | 4.2672 | 4.4424 |
| 40 kg. | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 47.90 | 48.01 | 47.87 | 3.832 | 3.3607 | 3.8296 |
| 50 kg. | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 45.95 | 44.44 | 44.56 | 3.676 | 3.5552 | 3.5648 |
| 60 kg. | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 41.81 | 40.94 | 40.77 | 2.9267 | 2.4564 | 2.8539 |
| 70 kg. | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 37.20 | 38.41 | 37.04 | 2.604 | 2.3046 | 2.2224 |
| 80 kg. | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 34.01 | 33.02 | 33.84 | 1.7005 | 1.3208 | 1.3536 |
| 90 kg. | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 100 kg. | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองของน้ำมันไบโอดีเซล (B100)

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกระแสไฟฟ้า

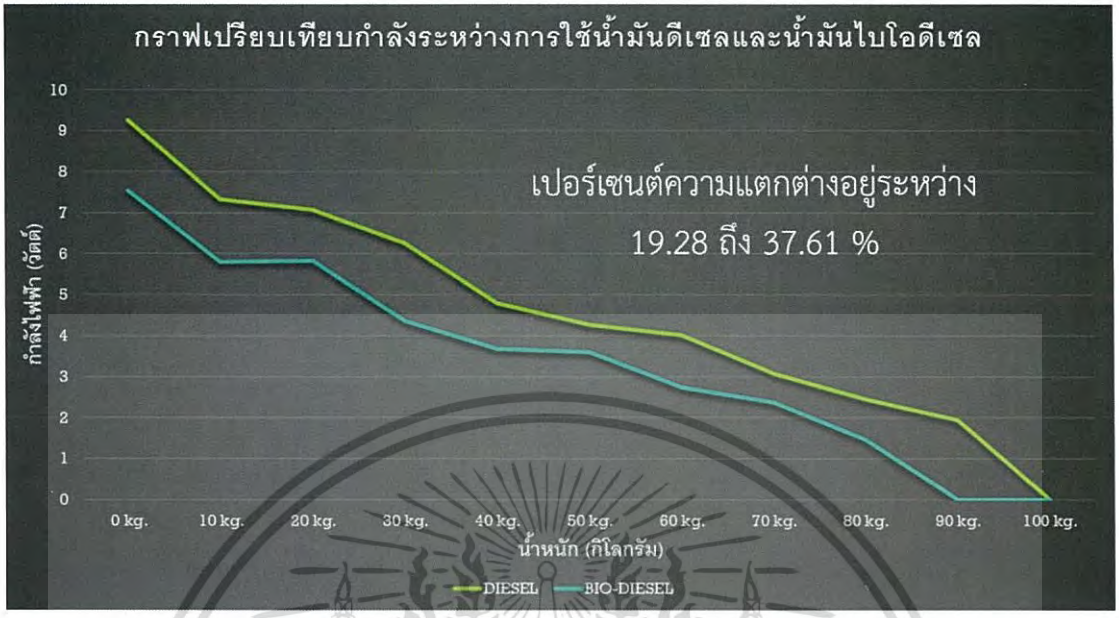



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและกำลัง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ รูปที่ 4.22-4.24 จะเห็นว่าเมื่อใส่โหลดน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ค่าแรงดันและกระแสฟ้าที่วัดได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่าลดลงเรื่อยๆจนเมื่อถึงจุดหนึ่งที่เครื่องยนต์ไม่มีกำลังพอที่จะสามารถหมุนได้ แรงดันและกระแสจึงมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งกราฟแสดงความสัมพันธ์รูปที่ 4.24 เป็นกราฟที่ได้จากการคำนวณ จะเห็นได้ว่าเมื่อใส่โหลดน้ำหนักไปที่ 80 กิโลกรัม กำลังเครื่องยนต์จะลดลงเป็นศูนย์เมื่อใส่โหลดน้ำหนักที่ 90 กิโลกรัม ซึ่งหมายความว่าเครื่องยนต์ไม่มีกำลังพอที่จะขับมอเตอร์ให้หมุนได้อีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.4.3 ผลการเปรียบเทียบที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล




รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากการคำนวณระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และ น้ำมันไบโอดีเซล

จากกราฟที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ซึ่งคำนวณออกมาแล้วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 19.28 ถึง 37.61 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและขอเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลงานวิจัย

มีการทำโครงสร้างจากเหล็กฉากขนาดความกว้าง 2 นิ้ว หนา 6 มิลลิเมตร โดยโครงสร้าง มีความกว้าง เซนติเมตร ความยาว เซนติเมตร ความสูง เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักได้ 1000 กิโลกรัม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 1800 วัตต์ ใช้สำหรับวัดกำลังเชิงเปรียบเทียบของน้ำมันทั้งสองชนิด ซึ่งในการทดลองจะทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ในการใช้น้ำมันแต่ละชนิด โดยในโครงงานพิเศษนี้ได้ใช้น้ำมันทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล และ น้ำมันไบโอดีเซล โดยเลือกใช้ความเร็วรอบต่ำ จากการทดลองพบว่า น้ำมันดีเซลมีสมรรถนะสูงกว่า B100 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ระหว่าง 19.28 ถึง 37.61 เปอร์เซนต์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การติดตั้งระบบการวัดกำลังเครื่องยนต์ เนื่องจากในการทดสอบต้องใช้โหลดน้ำหนักค่อนข้างมาก จึงจำเป็นต้องออกแบบให้การใส่โหลดน้ำหนักระหว่างการทดสอบ ไม่ยุ่งยากจนเกินไป

2) เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบมีกำลังสูง จึงจำเป็นต้องหาวิธีทดสอบและออกแบบระบบในการทดสอบให้ออกมา ใช้วัดได้จริง เนื่องจากถ้าใช้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จำเป็นต้องใช้โหลดน้ำหนักมาก

3) น้ำมัน B100 ที่ได้ควรนำมาใช้เลยทันที หลังจากทำเสร็จ เนื่องจากหากทิ้งไว้นาน น้ำมันจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้ประสิทธิภาพที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2546-2549.

[2] บริษัทสยามเอ็นจิเนียริ่ง สแปร์พาร์ท จำกัด บริษัทในเครือ RONACO INTERNATIONAL ประเทศสิงค์โปร์. 2556.

[3] วิโรจน์ พุทธวิถี. Water Pacific Company Limited. เมษายน 2556.

[4] E-Learning E-Tech คณะ วิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้