การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม

STUDY ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE OF BIOFUELS FROM PALM OIL-BASED PRODUCTS

นาย พรพิภัทร ทองนพเก้า
นาย กวิน สำลีขาว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม

STUDY ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE OF BIOFUELS FROM PALM OIL-BASED PRODUCTS

นาย พรพิภัทร ทองนพเก้า
นาย กวิน สำลีขาว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE OF BIOFUELS FROM PALM OIL-BASED PRODUCTS

MR. PORNPIPAT THONGNOPPAKEAO
MR. KAWIN SUMLEEKAO

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม Study on Diesel Engine Performance of Biofuels from Palm Oil-based Products
นักศึกษา	นาย พรพิภัทร ทองนพเก้า รหัสประจำตัว 56010806 นาย กวิน สำลีขาว รหัสประจำตัว 56010040
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์	
รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง	
ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2560 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาชั้น 1 (ห้องประชุมใหญ่)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร. นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
31 พฤษภาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม

นาย พรพิภัทร ทองนพเก้า รหัสประจำตัว 56010806
นาย กวิน สำลีขาว รหัสประจำตัว 56010040
ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

เนื่องจากแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในปัจจุบันไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ จึงมีการศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพในการลดหรือทดแทนการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม น้ำมันพืชเป็นทางเลือกชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าความร้อนและคุณสมบัติการเผาไหม้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า โดยเฉพาะน้ำมันปาล์มซึ่งเป็นน้ำมันพืชชนิดหนึ่งในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นแหล่งกำเนิดเชื้อเพลิงชีวภาพ ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มโดยการนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาทดสอบในเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยมีสายพานเป็นตัวกลางที่จะเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานทางไฟฟ้าโดยมีเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม ได้แก่ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นพลังงานตั้งต้นใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อทดสอบภาระโหลดที่กำลัง 0.0 กิโลวัตต์ (ไม่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) 0.0 กิโลวัตต์ (เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ไม่มีภาระโหลด) 0.5 กิโลวัตต์ 1.0 กิโลวัตต์ 1.5 กิโลวัตต์ 2.0 กิโลวัตต์ ซึ่งจะใช้เวลาทดสอบ 1ชั่วโมง ในระหว่างนั้นเราจะใช้เครื่องวัดก๊าซ (gas analyzer) วัดปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซน์ คาบอนไดออกไซด์และประสิทธิภาพการเผาไหม้ ทุกๆ 15 นาทีและเมื่อครบ 1 ชั่วโมง จะทำการวัดปริมาณน้ำมันที่สูญเสียไปเพื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของงานรวมทั้งระบบและนำค่าต่างๆมาเปรียบเทียบกันระหว่างน้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งการทดลองพบว่าถึงแม้ประสิทธิภาพการทำงานของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มในเครื่องยนต์ดีเซลจะไม่เทียบเท่ากับน้ำมันดีเซลแต่เชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นซึ่งจากผลการศึกษาครั้งนี้สามารถที่จะอธิบายได้ว่าเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มนี้มีผลที่ดีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์และมีการปล่อยมลพิษที่สะอาดกว่า

คำสำคัญ – ดีเซล; นำมันปาล์ม; เครื่องยนต์; เชื้อเพลิงชีวภาพ; มลพิษทางอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Diesel Engine Performance of Biofuels from Palm Oil-based Products

Mr. Pornpipat Thongnoppakeao Student ID: 56010806

Mr. Kawin Sumleekao Student ID: 56010040

Dr. Chodchanok Attaphong

Academic Year 2016

Abstract

Due to a decrease of petroleum-based energy resources and high demand, there are many research studying on development of biofuels as alternatives. Vegetable oils are attractive biofuels which have comparable energy content and fuel properties to diesel; in addition, they can produce cleaner gas emission than diesel. Palm oil is a high potential vegetable oil in Thailand which can be use as feed stock for biofuels. Therefore, this research has studied on palm oil-based biofuel using in diesel engine. The engine performance and gas emissions of palm oil-based biofuel were investigated to compared with diesel fuel. The engine was connected with electrical devices to measure energy outputs which transformed from mechanical energy to electrical energy. Series of light bulbs were installed as loads at 0.0 kilowatts (not connected to generator), 0.0 kilowatts (connected to generator), 0.5 kilowatts, 1.0 kilowatts, 1.5 kilowatts, and 2.0 kilowatts. Duration time for operating the engine systems is 1 hour per load. Gas analyzer was used to measure gas emissions (i.e. oxygen (O_2), carbon monoxide (CO), and carbon dioxide (CO_2)), and combustion efficiency from the engine. Moreover, fuel consumption was measured after 1 hour to calculate energy inputs of the systems. The results showed that although engine performance of palm oil-based biofuel was not comparable to diesel, it can reduce CO emissions due to more complete combustions. The results from this study can provide alternative fuels with comparable engine performance and cleaner emissions.

Keywords— diesel, palm oil, engine, biofuel, emission

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ การให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์เอื้อเฟื้อต่อการศึกษาค้นคว้า และการทดลองจาก อาจารย์ ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา ขอขอบคุณ คุณธีรเดช คุณมนิตย์ คุณสมบัติ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ รวมถึงการจัดหาอุปกรณ์และให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือทดสอบในห้องปฏิบัติการ

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้

นาย พรพิภัทร ทองนพเก้า

นาย กวิน สำลีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	บทคัดย่อภาษาไทย	I
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
	กิตติกรรมประกาศ	III
	สารบัญ	IV
	สารบัญตาราง	VI
	สารบัญรูป	VII
1	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
2	**ทบทวนวรรณกรรมรวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1 เชื้อเพลิงชีวภาพ	3
	2.1.1 ของแข็ง	3
	2.1.2 ของเหลว	3
	2.1.3 ก๊าซชีวภาพ	3
	2.2 เอทานอล	4
	2.2.1 กระบวนการผลิตเอทานอล	4
	2.3 น้ำมันพืช	5
	2.3.1 การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิง	6
	2.3.2 การนำน้ำมันพืชไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพสูงสุด	6
	2.4 ไบโอดีเซล	7
	2.4.1 สมบัติของไบโอดีเซล	7
	2.4.2 การผลิตไบโอดีเซล	7
	2.5 น้ำมันดีเซลปาล์ม (บริสุทธิ์)	10
	2.6 เครื่องยนต์ดีเซล	11
	2.6.1 เครื่องยนต์ 4 จังหวะ	11
	2.6.2 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.7 Generator	13
	2.7.1 หลักการทำงาน	13
	2.8 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	15
3	**วิธีการดำเนินงาน**	**17**
	3.1 แผนการทดลอง	17
	3.2 การทดสอบ	18
	3.2.1 การเตรียมเชื้อเพลิง	18
	3.2.2 การสตาร์ทเครื่อง Generator สำหรับน้ำมันดีเซลเพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นเปรียบเทียบ	18
4	**ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง**	**25**
	4.1 ก๊าซและประสิทธิภาพการเผาไหม้	25
	4.2 อุณหภูมิ	27
	4.3 ประสิทธิภาพทั้งระบบ	28
	4.3.1 ปริมาณการบริโภคน้ำมัน (Fuel consumption)	28
	4.3.2 INPUT	29
	4.3.3 Efficiency system	30
5	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	**31**
	5.1 สรุปผล	31
	5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน	31
	5.3 การนำไปใช้ประโยชน์	31
	5.4 ข้อเสนอแนะ	32
	บรรณานุกรม	**33**
	ภาพผนวก ก ตารางผลการทดลอง	**ผ1**
	ภาพผนวก ข รูปภาพที่เกี่ยวข้อง	**ผ5**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	ค่าความร้อนเทียบกับดีเซล	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ ชื่อรูป	หน้า
2.1 การผลิตเอทานอล	5
2.2 การผลิตไบโอดีเซล	9
2.3 หลักการทำงานเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	12
2.4 หลักการทำงานเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	13
2.5 หลักการทำงานของ Generator	14
3.1 หลักการทำงานของ Generator	18
3.2 Generator และ เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง	18
3.3 รูปที่แสดงให้เห็นถึงคันโยกสีแดง (Clutch) ด้านบน	19
3.4 รูปแสดงการวัดปริมาณน้ำมันหลังการถ่ายน้ำมัน	20
3.5 ภาระรับกระแส (Load)	21
3.6 Power Analysis Meter	21
3.7 Auto Transformer	22
3.8 Multimeter	22
3.9 เครื่อง Gas analyzer	23
3.10 การวัดสารเคมี ณ ปากปล่องเครื่องยนต์	24
4.1 แผนภูมิปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	25
4.2 แผนภูมิปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	26
4.3 แผนภูมิปริมาณก๊าซออกซิเจน	26
4.4 แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพการเผาไหม้	27
4.5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิ	28
4.6 แผนภูมิแสดงการสิ้นเปลืองน้ำมัน	29
4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบแสดงกำลังที่ใส่เข้าไปในระบบของไบโดดีเซลและดีเซล	29
4.8 แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพของระบบ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

"พลังงาน" เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โลกปัจจุบันขับเคลื่อนไปข้างหน้า มนุษย์ค้นพบแหล่งพลังงานมาเนิ่นนานแล้ว จากสถานการณ์การใช้พลังงานของโลกในปัจจุบันและในอนาคตมีแนวโน้มราคาจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานที่ปรับตัวสูงตามการฟื้นตัวของเศรษฐกิจโลก เช่น พลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งแปรรูปมาจากพลังงานธรรมชาติที่สะสมมานานนับศตวรรษหรือปิโตรเลียม (น้ำมันดิบ) ซึ่งพลังงานจากปิโตรเลียมนับเป็นแหล่งพลังงานหลักของโลกที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราทุกคน เพราะการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ตลอดร้อยปีที่ผ่านมา ล้วนคิดค้นบนพื้นฐานของปิโตรเลียมทั้งสิ้น นับตั้งแต่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันถูกนำมาใช้แทนเครื่องจักรไอน้ำ น้ำมันเชื้อเพลิง ไม่ใช่เพียงการจัดเก็บพลังงานในรูปแบบที่สะดวกที่สุดเท่านั้น แต่กลไกต่างๆ ของระบบขนส่งขนาดใหญ่ทั้งทางเรือ ระบบรางรถยนต์ทุกชนิด อากาศยาน ฯลฯ ล้วนถูกออกแบบให้รองรับกับการทำงานด้วยน้ำมันเชื้อเพลิง และเราได้ใช้พลังงานดังกล่าวมาผลักดันโลกให้พัฒนาก้าวไปข้างหน้าในทุกๆ ด้าน จนกระทั่งวันหนึ่ง ที่ทุกคนเริ่มตระหนักว่า พลังงานที่แปรรูปจากธรรมชาติดังกล่าว (น้ำมันดิบ) กำลังจะหมดไป ทำให้องค์กรทุกภาคส่วนให้ความสำคัญในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพนั้นย่อมก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานจำนวนมาก นักวิจัยจำเป็นต้องหาหนทางอื่นๆ ในการสร้างพลังงานทดแทนก่อนที่ทุกอย่างจะสายเกินไป จากเหตุผลดังกล่าวทำให้นักวิจัยพยายามที่จะคิดค้นวิธีการต่างๆ เพื่อสร้างพลังงานทดแทน และในที่สุดก็ได้ค้นพบว่าพลังงานบริสุทธิ์จากธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็น สายลม สายน้ำ แผ่นดินที่มีพลังงานความร้อนใต้พิภพ เช่น น้ำพุร้อนซึ่งสามารถใช้ความร้อนผลิตกระแสไฟฟ้าได้ แสงอาทิตย์สามารถนำมาสร้างสรรค์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ และในทางกลับกัน เศษซากแห่งผลพวงอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ตลอดจนสิ่งปฏิกูลจากผลผลิตของมนุษย์และสัตว์ก็สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ ซึ่งจะช่วยดำรงรักษาแหล่งพลังงานจากธรรมชาติไม่ให้ลดน้อยลงไปมากกว่านี้

นักวิจัยได้มีการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้แก้ปัญหาพลังงานจากปิโตรเลียมที่กำลังจะหมดไป และในอนาคตเชื้อเพลิงชีวภาพจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเพราะสามารถลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ส่งเสริมพลังงานสะอาด และนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ตัวอย่างพลังงานทดแทนคือไบโอดีเซลซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในปัจจุบัน เพราะเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตจากที่ผลิตจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่สามารถหาได้ทั่วไปตามท้องตลาด เช่น ปาล์ม สบู่ดำ มะพร้าว ทานตะวัน ถั่วเหลือง เมล็ดเรพ น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำมาทำปฏิกิริยาทางเคมี "Transesterification" ร่วมกับเมทานอลจนเกิดเป็นสารเอสเตอร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจในการนำเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่น่าสนใจนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ทั้งนี้เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ปลูกกันมากในประเทศไทยสามารถหาได้ง่าย โดยจะศึกษาการให้พลังงานของไบโอดีเซลที่ผสมระหว่าง เอทานอลกับน้ำมันปาล์ม โดยจุดประสงค์ของโครงงานนี้คือ เพื่อนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก พลังงานทดแทน ลดมลพิษและมลภาวะทางอากาศ ลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก นำน้ำมันพืช หรือน้ำมันพืชเก่าใช้แล้วกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ด้านสมรรถนะเครื่องยนต์นั้น สามารถช่วยเพิ่มดัชนีการหล่อลื่นให้กับน้ำมันดีเซล ประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการนำเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก

1.2.2 เพื่อศึกษาการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มที่นำมาเป็นพลังงานทางเลือก

1.2.3 เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จากเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มที่นำมาเป็นพลังงานทางเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมรวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานที่ได้จากน้ำมันพืชซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพชนิดหนึ่งได้มีการดำเนินการมาเป็นระยะเวลาหลายปีแล้วมีทั้งในประเทศและต่างประเทศทั้งนี้เนื่องจากความต้องการในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากมลภาวะทางอากาศที่มีผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์และปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อสุขภาพและสภาวะโลกร้อน ทั้งนี้น้ำมันที่ทำใช้ควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติก่อนการใช้งานเพื่อที่จะถนอมเครื่องยนต์และความประหยัด

2.1 เชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) คือ เชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล (Biomass) หรือ สสารที่ได้จากพืชและสัตว์ โดยมีพื้นฐานจากการสังเคราะห์แสง แล้วเก็บรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์เอาไว้ในรูปของพลังงานเคมี พืชเป็นพลังงานชีวภาพรูปแบบหนึ่งเพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองโดยกลไกของธรรมชาติที่เรียกว่า กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Process) ซึ่งพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเป็นอาหาร ก็จะได้สารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่าชีวมวล (Biomass) และเมื่อนำสารอินทรีย์เหล่านั้นมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนชีวมวลเหล่านั้นให้เป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์ได้ เชื้อเพลิงชีวภาพหลักมี 3 รูปแบบ

2.1.1 ของแข็ง ได้แก่ ไม้ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด ชานอ้อย มูลสัตว์ ถ่าน เขา เปลือกสัตว์หรือเปลือกพืช อาทิ แกลบข้าว ฝ้าย ถั่วลิสง เป็นต้น ไม้ฟืนเป็นพลังงานชีวภาพชนิดแรกที่มนุษย์นำมาใช้ในการหุงต้มอาหารให้แสงสว่างและสร้างความอบอุ่นให้แก่ครัวเรือน

2.1.2 ของเหลว พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวภาพที่อยู่ในรูปของเหลวอาจจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ มีสถานะเป็นของเหลวระเหยง่าย แอลกอฮอล์ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมี 2 ชนิดคือ เอทานอล (แอลกอฮอล์ที่รับประทานได้) และเมทานอล (แอลกอฮอล์ที่ไม่สามารถรับประทานได้) 2) น้ำมันจากพืชและสัตว์ ได้แก่ น้ำมันพืชบริสุทธิ์ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (Waste Vegetable Oil) ไขสัตว์ และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืช ไขสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยผ่านกรรมวิธีทางเคมี 3) น้ำมันจากขยะ น้ำมันซึ่งมีคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกับปิโตรเลียม สามารถสกัดจากขยะชีวมวลมาใช้งานได้

2.1.3 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือคือก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักมูลสัตว์หรือของเสียจากโรงเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร โค กระบือ โดยรวบรวมของเสียเหล่านี้ใส่ในถังหมักที่มีเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่ไม่มีอากาศ จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในของเสียและเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซมีเทนขึ้น ก๊าซมีเทนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการปรุงอาหารและกระบวนการอื่นๆ ที่ต้องการใช้ความร้อน ส่วนของเหลือจากถังหมักเมื่อสะสมมากๆ ยังนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้อีกด้วย

2.2 เอทานอล หรือ เอทิลแอลกอฮอล์

เอทานอล คือ แอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีสูตรเคมี C_2H_5OH มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ติดไฟง่าย มีความไวไฟและค่าออกเทนสูง (เอทานอลบริสุทธิ์ร้อยละ 99.8 มีค่าออกเทน สูงถึง 113) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย อาทิ ใช้ผลิตอาหาร และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม ใช้เป็นเชื้อเพลิง ฯลฯ เอทานอลผลิตได้ทั้งจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี โดยใช้เอทิลีนเป็นวัตถุดิบ และกระบวนการทางชีวเคมี โดยใช้พืชผลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีแป้งและน้ำตาลสูงเป็นวัตถุดิบ

2.2.1 กระบวนการผลิตเอทานอล

1) การสังเคราะห์

การสังเคราะห์เอทานอลสามารถสังเคราะห์ได้จากเอทิลีน (C_2H_4) ด้วย 2 วิธี คือ

– Direct Hydrogenation ด้วยการทำปฏิกิริยาของเอทิลีนกับไอน้ำที่ความเข้มข้นเท่ากัน ที่ความดัน 5-8 เมกกะปาสคาล อุณหภูมิ 250-300 องศาเซลเซียส โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ กรดฟอสฟอริค-ซิลิกาเจล และทังสเตนออกไซด์-ซิลิกาเจล ทำให้ได้แอลกอฮอล์เข้มข้น 10-25% ดังสมการ

$$C_2H_4 + H_2O = CH_3CH_2OH$$

$$2CH_3CH_2OH = (CH_3CH_2)_2O + H_2O$$

– Indirect Hydrogenation โดยขั้นแรก ใช้เอทิลีนความบริสุทธิ์ 35-95% ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันทำให้ได้เอทานอลความเข้มข้นไม่เกิน 35% ดังสมการ

$$C_2H_4 + H_2SO_4 = CH_3CH_2OSO_3H$$

$$2(C_2H_4) + H_2SO_4 = (CH_3CH_2O)_2SO_2$$

ขั้นที่ 2 การทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเอทิลซัลเฟตใน 2 แบบ จนได้เอทานอล

$$CH_3CH_2OSO_3H + H_2O = CH_3CH_2OH + H_2SO_4$$

$$(CH_3CH_2O)_2SO_2 + H_2O = 2(CH_3CH_2O) + H_2SO_4$$

การสังเคราะห์วิธีนี้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลได้ 50-60% ด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก ทั้งนี้ วิธีการผลิตเอทานอลด้วยการสังเคราะห์นี้ปัจจุบันไม่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีต้นทุนสูง และไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

2) การหมักของจุลินทรีย์

เป็นวิธีการดั้งเดิม และนิยมใช้ในการผลิตเอทานอลในปัจจุบัน เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ กระบวนการไม่ยุ่งยากซับซ้อน และสามารถหาวัตถุดิบในการผลิตได้ง่าย วัตถุดิบเหล่านี้ที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด และกากน้ำตาลการผลิตเอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นกระบวนการหมักโดยใช้ยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์หมักวัตถุดิบจำพวกแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลส ให้เป็น

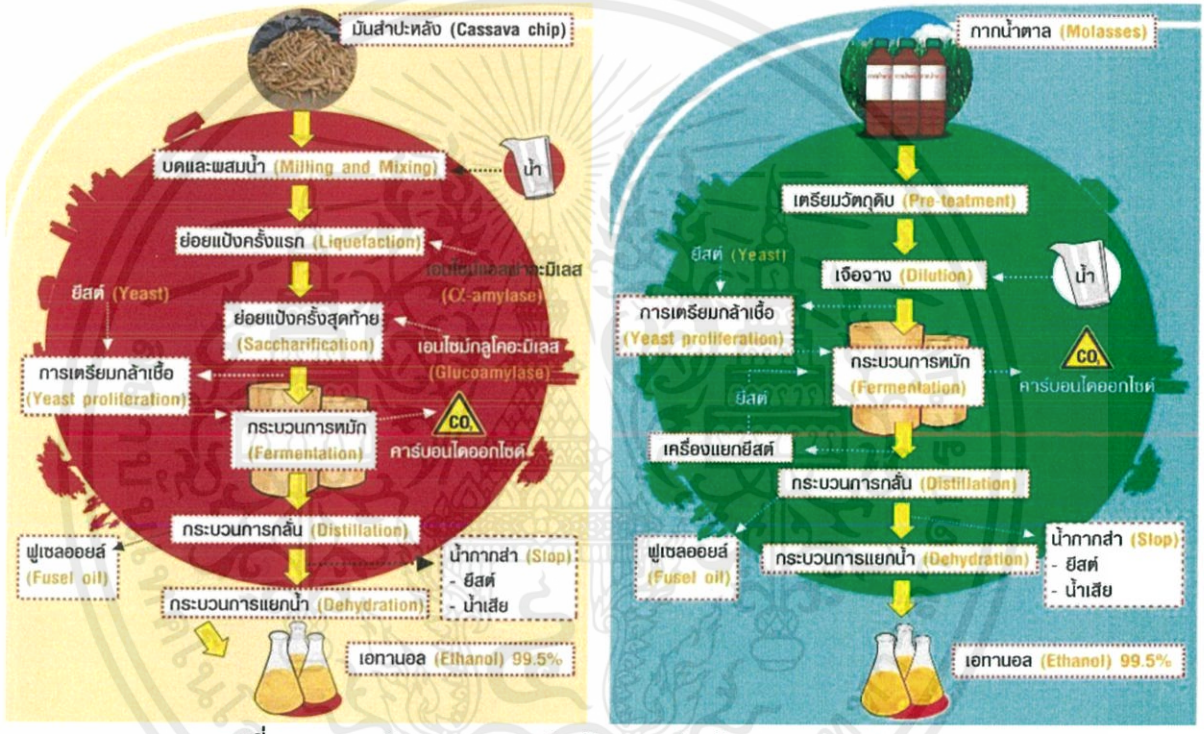
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 10-15% ภายใต้สภาวะไร้อากาศ และผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์บริสุทธิ์

$$C_6H_{12}O_6 + \text{ยีสต์} = 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP$$

จากสมการจะใช้กลูโคส 1 กรัม สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ 0.511 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์ 0.489 กรัม ทั้งนี้ ในสภาวะความเป็นจริงจะเกิดแอลกอฮอล์น้อยกว่า 0.511 กรัม เนื่องจากยีสต์จะนำน้ำตาลบางส่วนมาใช้สำหรับการเจริญเติบโต และเปลี่ยนเป็นสารอื่นๆ เช่น กลีเซอรอล และซัคนิเดท เป็นต้น แต่หากมีออกซิเจน ยีสต์จะใช้น้ำตาลสำหรับการสังเคราะห์เซลล์ทำให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

$$6O_2 + C_6H_{12}O_6 = \text{เซลล์} + 6H_2O + 6CO_2 + 38ATP$$



รูปที่ 2.1 การผลิตเอทานอล (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544)

2.3 น้ำมันพืช (Vegetable Oil)

น้ำมันพืช (Vegetable Oil) คือน้ำมันที่ผลิตได้จากพืชชนิดต่างๆ เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดดอกทานตะวัน ดอกคำฝอย ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ละหุ่ง สบู่ดำ เมล็ดเรพ ฯลฯ โดยทั่วไปน้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์มีความหนืดสูงมีโครงสร้างเป็น C_3H_5 เชื่อมต่อกับกรดไขมัน ซึ่งมีองค์ประกอบชนิดต่างๆ กัน และมีปริมาณไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94-96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้น้ำมันพืชแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิง

เนื่องจากน้ำมันพืชมีสมบัติโดยรวมใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากกว่าน้ำมันเบนซินจึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน โดยมักใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบต่ำ เช่น เครื่องยนต์สำหรับเกษตรกรรม และการประมง น้ำมันพืชแต่ละชนิดให้ค่าความร้อนแตกต่างกันไป โดยมีค่าความร้อนต่อน้ำหนักประมาณร้อยละ 83-85 ของน้ำมันดีเซล และมีความหนืดสูงกว่าถึง 10 เท่า ทำให้หัวฉีดฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ยาก เป็นปัญหาต่อการป้อนน้ำมัน การสันดาปจึงไม่สมบูรณ์ เกิดคราบเขม่าเกาะที่หัวฉีด ผนังลูกสูบ แหวนและวาล์วภายหลังการเผาไหม้ และเมื่ออุณหภูมิต่ำก็อาจเกิดเป็นไขขึ้นได้ นับว่าเป็นปัญหาต่อระบบการจ่ายเชื้อเพลิง และการใช้งานในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การที่น้ำมันพืชระเหยได้ช้า ทำให้จุดระเบิดได้ช้า และยังระเหยตัวกลายเป็นไอได้น้อย เมื่อใช้กับเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบสูง

ตารางที่ 2.1 ค่าความร้อนเทียบกับดีเซล (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544)

ชนิดของน้ำมัน	ความหนาแน่น (21 องศาเซลเซียส) (กรัม/มล.)	ความหนืด (21 องศาเซลเซียส) (เซนติพ้อยส์)	ค่าความร้อน (กิโลจูลน์/กก.)
น้ำมันถั่วเหลือง	0.918	57.2	39,350
น้ำมันดอกทานตะวัน	0.918	60.0	39,490
น้ำมันมะพร้าว	0.915	51.9	37,540
น้ำมันถั่วลิสง	0.914	67.1	39,470
น้ำมันปาล์ม	0.898	88.6	39,550
น้ำมันเมล็ดในปาล์ม	0.904	66.3	39,720
น้ำมันเมล็ดในสบู่ดำ	0.915	36.9	39,000
น้ำมันดีเซล	0.845	3.8	46,800

2.3.2 การนำน้ำมันพืชไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) ปรับปรุงเครื่องยนต์ ซึ่งจะต้องใช้งบประมาณมาก ได้แก่ การปรับปรุงระบบหัวฉีด ลูกสูบ และห้องเครื่อง การเปลี่ยนวัสดุบางชนิดในระบบเชื้อเพลิงที่อาจถูกกัดกร่อน เช่น ยาง เป็นต้น ปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันพืช ซึ่งมีความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการปรับปรุงเครื่องยนต์ เช่น การลดค่าความหนืด เพิ่มการระเหยตัวเป็นไอให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล เพื่อให้สะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้และให้การสันดาปที่สมบูรณ์ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาว เป็นต้น

2) การกลั่นน้ำมันพืชให้บริสุทธิ์เพื่อกำจัดยางเหนียว ไขมัน กลิ่น สี ฯลฯ การนำน้ำมันพืชไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมกับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันอื่นๆ เช่น น้ำมันก๊าดในอัตราส่วนที่เหมาะสมซึ่งบางคนเรียกว่า ไบโอดีเซลแบบพื้นบ้าน หรือเรียกตามชนิดของน้ำมันพืชที่นำมาใช้ เช่น น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันดีเซล เรียกว่าดีเซลมะพร้าว น้ำมันปาล์มผสมน้ำมันดีเซล เรียกว่า ดีเซลปาล์ม เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลกับการใช้น้ำมันพืชมีความปลอดภัยกว่าให้มลพิษน้อยกว่า จึงถือเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนราคาจะถูก หรือแพงกว่าน้ำมันดีเซล ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงปริมาณการเพาะปลูกที่เพียงพอและเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น เช่น สหภาพยุโรปเลือกใช้เมล็ดเรพ (Rape seed) เมล็ดดอกทานตะวัน สหรัฐอเมริกาใช้ถั่วเหลือง เอเชียใช้มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน งา ละหุ่ง สบู่ดำ เป็นต้น

2.4 ไบโอดีเซล

หมายถึง เชื้อเพลิงทดแทนประเภทดีเซลจากธรรมชาติ โดยการนำเอาน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Ethanol หรือ Methanol) และมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ผลิตผลเป็นเอสเตอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเราจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์นี้ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไบโอดีเซลชนิดเอสเตอร์นี้มีคุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุดเพราะไม่มีปัญหากับเครื่องยนต์

2.4.1 สมบัติของไบโอดีเซล ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (Neat Biodiesel) มีค่าออกเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ข้อแตกต่างของไบโอดีเซลที่สำคัญคือเป็นสารไม่ไวไฟและไม่ระเบิด มีจุดวาบไฟสูงถึง 120 องศาเซลเซียส ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีจุดวาบไฟที่ 64 องศาเซลเซียส เป็นเชื้อเพลิงสะอาด ช่วยให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีขึ้นทำให้การจุดระเบิดทำได้ดีการสันดาปสมบูรณ์ นอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำแล้ว ยังนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงได้โดยไม่มีปัญหาในการใช้งานทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2.4.2 การผลิตไบโอดีเซล

1) การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจะถูกเตรียมให้เหมาะสมก่อนเข้าทำปฏิกิริยา โดยหากเป็นน้ำมันปาล์มดิบจำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว และลดกรดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ส่วนวัตถุดิบจากน้ำมันที่ใช้ทอดแล้วจะถูกนำมากรองแล้วจึงนำไปขจัดน้ำออก

2) การเตรียมสารละลายแอลกอฮอล์

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น โดยใช้เมทานอลที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งถูกเลือกใช้เพราะมีราคาถูก โดยเมทานอลต้องไม่มีน้ำเจือปนเกินกว่า 1% การเตรียมสารละลายกระทำโดยการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 - 5 ส่วน ละลายในเมทานอล 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมเป็นไปตามปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในวัตถุดิบ หากกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันอิสระมีปริมาณสูงก็ต้องใช้โซดาไฟในสัดส่วนที่สูงขึ้น

. 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

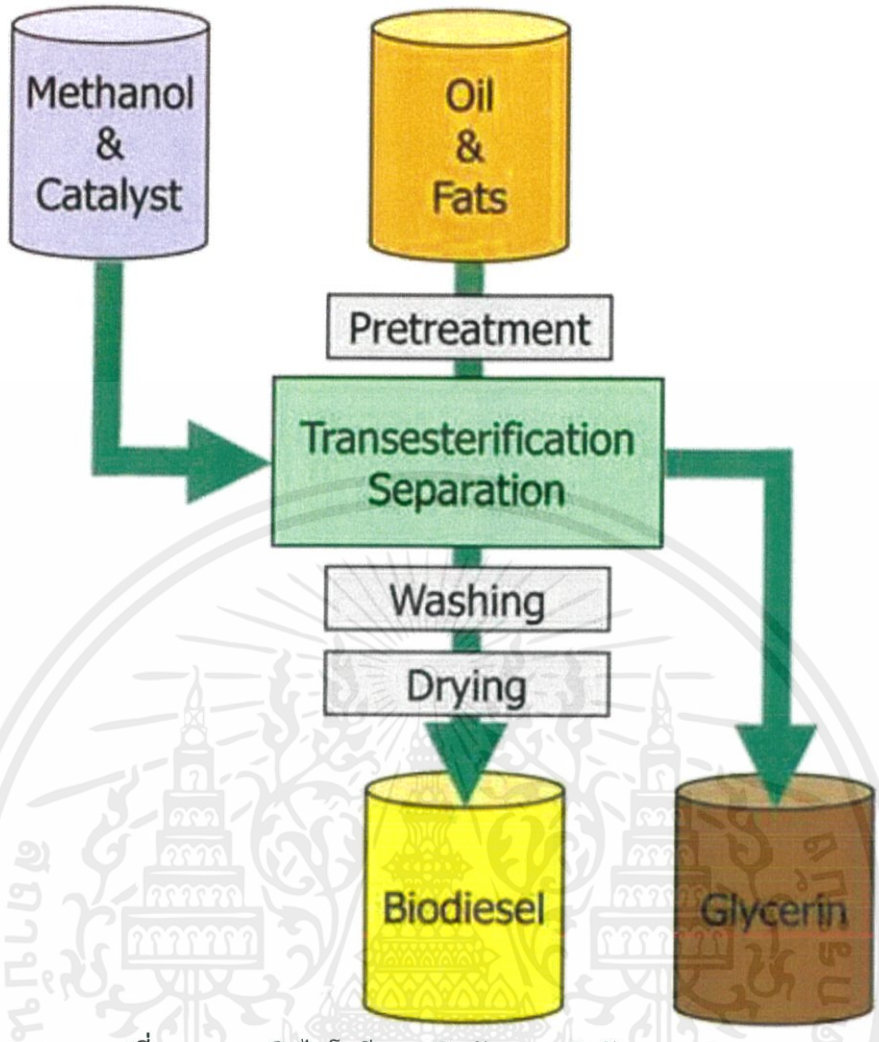
5) การล้างสิ่งปนเปื้อนออก

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 เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที หรือการกรองด้วย salt filter และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็สามารถนำไปเก็บเพื่อใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การผลิตไบโอดีเซล (พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, 2544)

การตรวจวัดสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลแล้ว ไบโอดีเซลจะช่วยลดมลพิษทางอากาศได้มาก โดยปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนรวม และฝุ่นละอองลดลงร้อยละ 20-40 นอกจากนั้น ยังลดควันดำได้ถึงร้อยละ 60 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ว่าจ้างที่ปรึกษา 2 หน่วยงาน คือ กรมอู่ทหารเรือ และกรมควบคุมมลพิษ เพื่อทดสอบสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล โดยทำการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่แตกต่างกัน คือ B2, B5, B20, B40, B50 และ B100 ผลการทดสอบ ดังนี้

1) สมรรถนะเครื่องยนต์

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือพบว่ารถยนต์ที่ใช้ B100 เครื่องยนต์จะมีกำลังมากที่สุดทุกความเร็วรอบ รองลงมา คือ รถยนต์ที่ใช้ B40, B20 และ B5 ตามลำดับส่วนน้ำมันดีเซลทำให้เครื่องยนต์มีกำลังน้อยที่สุดกล่าวคือเมื่อใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังสูงขึ้นซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวมีความขัดแย้งกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ โดยผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษระบุว่า หากใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลงโดยน้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมากขึ้นยิ่งทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลง

2) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองไม่แตกต่างกัน ประมาณ 12 ลิตรต่อกิโลเมตร ขณะที่ผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้รถยนต์สามารถวิ่งได้ในระยะทางที่เพิ่มขึ้น

3) การปล่อยมลพิษ

3.1) ควันดำ

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีค่าของควันดำน้อยกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นยิ่งทำให้ค่าควันดำลดลง กล่าวคือ ควันดำของรถยนต์ที่ใช้ B100 มีค่าต่ำที่สุด สอดคล้องกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ

3.2) ก๊าซจากท่อไอเสีย (THC, CO และ CO_2)

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีปริมาณการปล่อยก๊าซส่วนที่เป็นก๊าซพิษ คือ CO และ THC น้อยมาก และต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซพิษ คือ CO_2 มีปริมาณการปล่อยก๊าซสูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย สอดคล้องกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ

2.5 น้ำมันดีเซลปาล์ม (บริสุทธิ์)

ประเทศไทยเริ่มศึกษาแนวทางการนำน้ำมันปาล์มมาใช้งานแทนน้ำมันดีเซลตั้งแต่ปี 2528 ตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่ทรงห่วงใยปัญหาผลผลิตปาล์มล้นตลาดของเกษตรกรและผลกระทบจากราคาน้ำมันแพง โดยทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้สร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กขึ้นที่จังหวัดนราธิวาส รวมทั้งมีการวิจัยและพัฒนาพร้อมทดลอง

นำน้ำมันปาล์มมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล การทดลองใช้น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ ในรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลของกองงานส่วนพระองค์ ฯลฯ จนประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีในวันที่ 9 เมษายน 2544 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้นายอำพล เสนาณรงค์ องคมนตรี เป็นผู้แทนพระองค์ยื่นของจดสิทธิบัตร การใช้น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ได้ลงประกาศโฆษณาเมื่อวัน 18 เมษายน 2544 และรับจดทะเบียนในวันที่ 26 กรกฎาคม 2544 โดยมีหมายเลขสิทธิบัตรที่ 10764

สำหรับน้ำมันดีเซลปาล์ม (บริสุทธิ์) ที่จำหน่ายในประเทศไทย คือน้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 10 โดยปริมาตร ซึ่งได้คุณภาพเช่นเดียวกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงานทุกประการ รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลสามารถเติมน้ำมันดีเซลปาล์ม (บริสุทธิ์) ผสมกับน้ำมันที่เหลือในถังได้เลยไม่ต้องรอให้น้ำมันหมดถัง และผู้ใช้รถไม่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใดเพราะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ทั้งยังช่วยเพิ่มการหล่อลื่น ช่วยป้องกันการสึกหรอของปั๊มหัวฉีดและลดมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์อีกด้วย

คุณลักษณะที่สำคัญของน้ำมันดีเซลปาล์ม (บริสุทธิ์) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล ตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน ได้แก่

1) ค่าซีเทนไม่ต่ำกว่า 47 บ่งชี้ถึงคุณภาพในการต้านทานการน็อก หรือความสามารถที่จะเผาไหม้โดยปราศจากการน็อกในเครื่องยนต์

2) กากถ่าน ไม่สูงกว่าร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก ค่าของกากถ่าน จะบ่งชี้ถึงการสะสมของกากถ่าน ในเครื่องยนต์ว่ามีมากน้อยเพียงใด หากมีมากเครื่องยนต์จะสกปรก อาจมีการอุดตันในส่วนต่างๆ ทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ไม่ราบเรียบ เครื่องยนต์จะเดินไม่สม่ำเสมอ

3) คุณสมบัติการหล่อลื่น ทดสอบโดยวิธี HFRR จะเกิดการสึกกร่อนไม่เกิน 460 ไมโครเมตร

4) ปริมาณธาตุกำมะถัน ไม่สูงกว่าร้อยละ 0.035 โดยน้ำหนัก เนื่องจากเมื่อมีการเผาไหม้น้ำมันจะก่อให้เกิดมลภาวะของกำมะถันต่อสิ่งแวดล้อม

2.6 เครื่องยนต์ดีเซล

เป็นเครื่องยนต์ประเภทหนึ่งคิดค้นโดย นายรูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolf Diesel) วิศวกรชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1897 อาศัยการทำงานของกลจักรคาร์โนต์ (Carnot's cycle) ซึ่งคิดขึ้นโดยชาวฝรั่งเศสชื่อ ซาร์ดิ คาร์โน (Sardi carnot) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1824 เครื่องยนต์ชนิดนี้ไม่มีหัวเทียนการจุดระเบิดอาศัยหลักการอัดอากาศและเชื้อเพลิงให้มีความดันสูงจนเชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล คือ อากาศเมื่อถูกอัดตัวจะมีความร้อนสูงขึ้นแต่ถ้าอากาศถูกอัดตัวอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการสูญเสียความร้อนทั้งแรงดันและความร้อนจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อฉีดละอองน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในอากาศที่ร้อนจัดจากการอัดตัวก็จะเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้เกิดกำลังงานขึ้นกำลังงานที่เกิดขึ้นจะนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของแรงขับหรือแรงผลักดันผ่านลูกสูบและก้านสูบทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุน ณ กำลังอัดเดียวกันอากาศที่อุณหภูมิเริ่มต้นสูงกว่าเมื่อถูกอัดย่อมมีอุณหภูมิสูงกว่าหรือร้อนกว่า

เครื่องยนต์ดีเซลแบ่งออกเป็นแบบใหญ่ๆได้เป็น 2 แบบคือ

2.6.1 เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ในรถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุก ที่ใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ภายใน สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน (petrol engine หรือ gasoline engine) ไอของน้ำมันจะถูกอัดแล้วถูกจุดระเบิดโดยหัวเทียน

"ไอดี" คือส่วนผสมของไอระเหยหรือละอองน้ำมันเบนซินผสมกับอากาศไอดีจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบหรือฉีดเข้ากระบอกสูบโดยหัวฉีดในช่วงชักดูดและไอดีจะถูกอัดให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 700-900 องศาเซลเซียสแล้วไอดีถูกจุดระเบิดโดยประกายไฟประมาณ 25,000 โวลต์ จากเขี้ยวหัวเทียนเรียกช่วงชักนี้ว่าช่วงชักระเบิด หรือ "ช่วงชักงาน" แรงระเบิดทำให้ลูกสูบเลื่อนลงเครื่องยนต์ได้งานในช่วงชักนี้ทำให้เพลาข้อเหวี่ยงเกิดการหมุนเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานกลช่วงชักคายลูกสูบเลื่อนขึ้น ลิ้นไอดี "ปิด" ลิ้นไอเสีย "เปิด" ไอเสียออกจากกระบอกสูบทางลิ้นไอเสียผ่านท่อไอเสียออกสู่บรรยากาศ เครื่องยนต์ทำงานครบ 4 ช่วงชัก

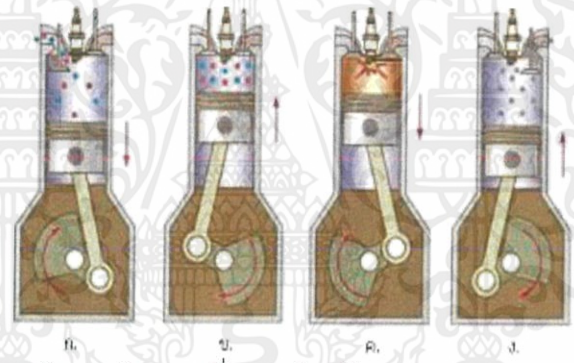
หลักการทำงานของเครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะ (4 ช่วงชัก) แบ่งออกได้ดังนี้

1) ช่วงชักดูด หรือ จังหวะดูด : ลูกสูบเลื่อนลงจากศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่างลิ้นไอดีเปิดเพื่อดูดไอดีเข้ามาในกระบอกสูบลิ้นไอเสียปิด

2) ช่วงชักอัด หรือ จังหวะอัด : ลูกสูบเลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิทไอดีถูกอัดให้ร้อน 700-900 องศาเซลเซียส

3) ช่วงชักระเบิด หรือ จังหวะระเบิด : ลูกสูบเลื่อนขึ้นใกล้ศูนย์ตายบน หัวเทียนจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดีเกิดการระเบิดขึ้นในห้องเผาไหม้แรงระเบิดทำให้ลูกสูบเลื่อนลงจากศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่าง ทำให้เพลาข้อเหวี่ยงเกิดการหมุนเครื่องยนต์ได้งานในช่วงชักนี้ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "ช่วงชักงาน" เป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล

4) ช่วงชักคาย หรือ จังหวะคาย : ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีปิด ลิ้นไอเสียเปิด แก๊สไอเสียออกจากกระบอกสูบผ่านลิ้นไอเสีย ท่อไอเสีย และออกสู่ชั้นบรรยากาศภายนอกเครื่องยนต์



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Rochas,2548)

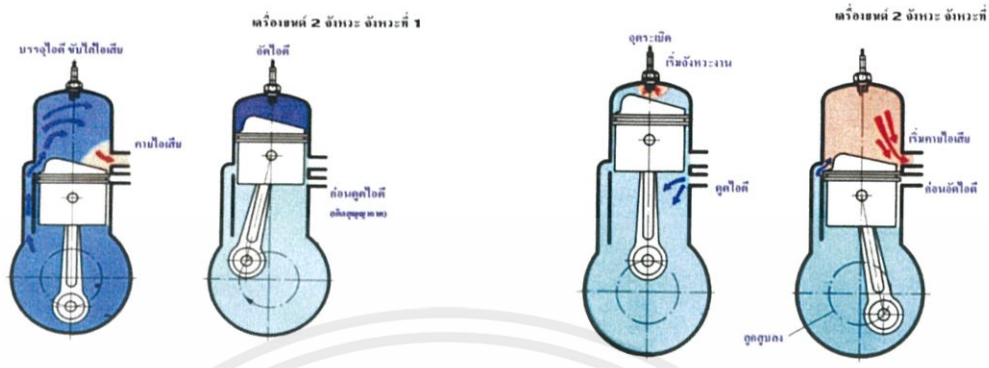
2.6.2 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือเครื่องยนต์ที่ทำงาน 2 ช่วงชักคือช่วงชักที่ 1 คือช่วงชักดูดกับอัดและ ช่วงชักที่ 2 คือช่วงชักระเบิดและคายและเครื่องยนต์ 2 ช่วงชักจะไม่มีวาล์วเปิดปิดไอดีไอเสียแต่จะใช้ลูกสูบเป็นตัวเปิดปิดไอดีไอเสียแทนซึ่งเครื่องยนต์ 2 ช่วงชักจะทำงานรอบจัดกว่าเครื่องยนต์ 4 ช่วงชักและการเผาไหม้ก็มีประสิทธิภาพด้อยกว่าด้วย ช่วงชักการทำงานของเครื่องยนต์สองจังหวะสามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

1) ดูด/อัด:ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่างในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมานั้นจะจะทำให้ช่องพอร์ตไอดีเปิดไอดีถูกอัดจากห้องแคร้งค์ผ่านเข้ามาบรรจุในห้องเผาไหม้ในตอนนี้ช่องพอร์ตไอเสียจะเปิดออกด้วยเชื้อเพลิงที่เข้ามาจะช่วยขับไอเสียจากการเผาไหม้ด้วย ในการทำงานดังกล่าวเพลาข้อเหวี่ยงทำงาน 1/2 รอบ (ครึ่งรอบ)

2) ระเบิด/คาย:ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนทำให้ช่องพอร์ตไอดีและพอร์ตไอเสียปิดอัดเอาเชื้อเพลิงให้มีปริมาตรเล็กลงในห้องเผาไหม้หัวเทียนส่งประกายไฟจุดระเบิดเชื้อเพลิงลูกสูบเคลื่อนที่ลงเพราะแรงระเบิดทำให้ลูกสูบอัดเชื่อเพลิงในห้องแคร้งค์แล้วถูกอัดเข้ามาเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนพอร์ตไอดีและพอร์ตไอเสียเปิดเชื้อเพลิงจะขับไล่ไอเสียออกด้วยเพลาข้อเหวี่ยงหมุนครบ 1 รอบพอดี



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Clerk, 2553)

2.7 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

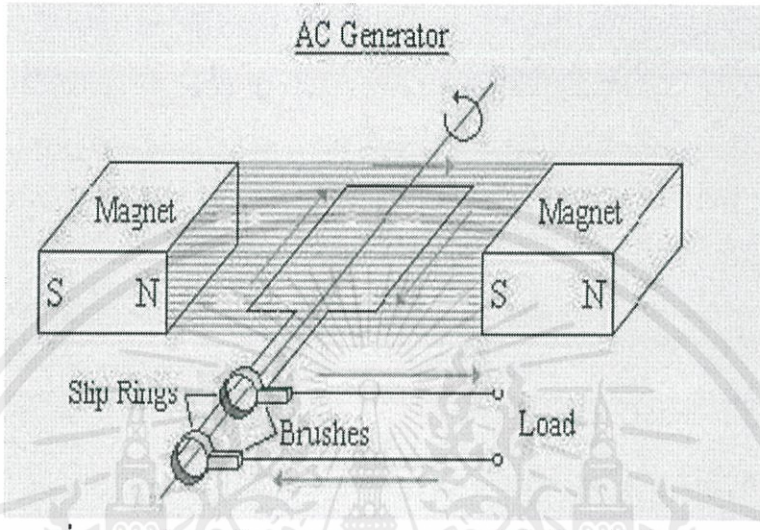
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงานเมื่อมีสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวดหรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กก็จะได้ไฟฟ้าออกมาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกกว่า ฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่าอาเมเจอร์ (Armature) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ฟิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับฟิลด์และอาเมเจอร์สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่หมุนโดยในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิลด์และอาเมเจอร์หมุนแต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะสร้างได้แต่แบบอาเมเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น เพราะจะมีปัญหาน้อยกว่าแรงดันที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญสองตัวคือ ความเร็วรอบและเส้นแรงแม่เหล็กเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เราสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้โดยการปรับค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก และเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดแต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การเพิ่มแรงดันโดยการเพิ่มความเร็วไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะจะทำให้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป สามารถทำได้เพียงการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กเท่านั้น

2.7.1 หลักการทำงาน

โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กซิลิคอน (Silicon Steel Sheet) ขนาดหนาประมาณ 0.35-0.5 มิลลิเมตร นำมาอัดแน่นโดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีฉนวนเคลือบทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ภายในแกนเหล็กของโรเตอร์จะได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากเอ็กไซเตอร์ (Exciter) เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ภายในร่องแกนสเตเตอร์ มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฝังอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านลวดตัวนำจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไปหลักการง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวดบนสเตเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสและแรงดันขึ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นได้จากการป้อนไฟ DC เข้าขดลวดของโรเตอร์กระแสไฟ DC จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์และเมื่อโรเตอร์หมุนจะเหนี่ยวนำแรงดัน AC และกระแสขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ generator (ศรันย์ ตราโชติ, 2557)

เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านทุกๆขดลวดในการหมุนครบ 1 รอบ ของโรเตอร์เราเรียกว่า 1 cycle ถ้าโรเตอร์หมุน 50 รอบใน 1 วินาที สนามแม่เหล็กจะหมุนผ่านทุกๆขดลวด 50 ครั้งใน 1 วินาที เราอาจจะพูดได้ว่า electrical power มีความถี่ (Frequency) เท่ากับ 50 cycle/sec (Hz) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้ F = N คือ ความถี่ (Frequency) เท่ากับจำนวนรอบของการหมุนต่อวินาทีดังนั้น F = N/60 = รอบ/วินาที จากสมการที่ได้ใช้เฉพาะ Machine ที่เป็นแบบ 2 pole (ขั้ว) N กับ S (North and South) หรือ 1 คู่ของ pole ถ้าโรเตอร์มี 4 pole ทุกๆการหมุน 1 รอบ ของโรเตอร์จะได้ความถี่ออกมา 2 cycle ดังนั้นจำนวน pole ต้องนำมาพิจารณาด้วยเมื่อจะคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร็วรอบดังนั้นเราจะได้สมการใหม่ดังนี้ (F = N x P) ซึ่ง P คือจำนวนคู่ของ pole (pair of pole) ไม่ใช่จำนวน pole เช่น 2-pole ของโรเตอร์จะมี 1 คู่ของ pole, โรเตอร์ 4-pole จะมี 2 คู่ของ pole เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอันหนึ่งมีความถี่ 50 cycle/sec, 2 pole จะ หมุนด้วยความเร็ว 3,000 RPM แต่ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวเดียวกันแต่โรเตอร์เป็นแบบ 4 pole จะหมุนด้วยความเร็ว 1,500 RPM แต่ในทางกลับกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวหนึ่งหมุนที่ความเร็วรอบ 300 RPM จำนวน pole ที่ต้องใช้ในการทำให้ได้ความถี่ 50 cycle/sec จะต้องทำให้โรเตอร์ มีขนาด 10 คู่ pole หรือ 20 pole ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ส่วนมากใช้กับ Hydro turbine เป็นตัวหมุนโรเตอร์ (โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งใช้กับ Steam turbine หรือ Gas turbine เป็นตัวหมุนโรเตอร์ส่วนมากเป็นพวก High speed และรูปร่างโรเตอร์เป็นทรงกระบอกดังรูปด้านล่างขดลวดโรเตอร์จะวางลงในช่อง slot และต่อเข้าด้วยกันที่ปลายของแต่ละชุดเพื่อวางรูปให้เป็นขดลวดและกำหนดขั้ว N และ S ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการหมุนของสนามแม่เหล็ก ความถี่ (Frequency) คือตัววัดความเร็วถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มพลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่เพิ่มพลังงานให้กับ turbine จะทำให้ความเร็วลดลงซึ่งเราสามารถรู้ได้ด้วยความถี่ลดลงด้วยควรจำไว้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ได้เป็นตัวสร้างพลังงานไฟฟ้าแต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานทางกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.8 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วุฒินันท์ ทองสุข และคณะ (2550) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้น้ำมันดีเซลปาล์มกับเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับการเกษตร โดยใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น ET115 กับน้ำมันดีเซลปาล์มที่ผสมระหว่างน้ำมันดีเซล (ปตท.) กับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ในอัตราส่วนผสมโดยปริมาตร 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า การผสมน้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ทุกอัตราส่วนไม่ทำให้เกิดการแยกชั้นและตกตะกอน ทั้งนี้ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลปาล์มลดลงเมื่อส่วนผสมของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น และในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลปาล์มที่อัตราส่วนผสม 80:20 โดยปริมาตร จะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล และส่งผลให้กำลังของเครื่องยนต์มากกว่าที่ความเร็วรอบเท่ากัน ซึ่งจะทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลปาล์มน้อยกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล

คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง และคณะ (2556) ในงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาสรรถนะของเครื่องยนตดีเซลเมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากไขมันไก่ โดยทำการทดสอบเชื้อเพลิงผสมระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลกับเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากไขมันไก่ ในสัดส่วนผสมโดย ปริมาตร 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบกับ เชื้อเพลิงดีเซล โดยทำการทดสอบทั้งคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันและทดสอบในเครื่องยนต์ 4 สูบ ขนาด 2,188 ซีซี. ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น LN-40 จากการทดสอบพบว่าเชื้อเพลิงผสมในสูตรต่างๆมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียง กับเชื้อเพลิงดีเซลมากที่สุดคือน้ำมันเชื้อเพลิงผสมอัตราสวน 90:10 ในส่วนของการทดสอบด้านสมรรถนะพบว่าเชื้อ เพลิงผสมในสัดส่วนผสมต่างๆมีค่าแรงบิดและกำลังเบรกต่ำกวาเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลประมาณ 3.86 - 8.97 % และ 4.69 - 11.48 % ตามลำดับ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเชื้อเพลิงผสมมีค่าสูงกว่าใช้เชื้อเพลิงดีเซล ประมาณ 1.75 – 22.65 % ในด้านการปล่อยมลพิษไอเสียเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมในสัดส่วนต่างๆมีการปล่อย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่ำกวาเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ประมาณ 15.58 – 28.15 % และ 0.34 – 0.81 % ตามลำดับ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มีสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ประมาณ 2.36 - 11.82 % ส่วนปริมาณควันดำเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีค่านอยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลทุกอัตราส่วน

เกียรติศักดิ์ นิคมชัยประเสริฐ (2552) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพและมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใชน้ำมันไบโอดีเซลผสมในสัดส่วนโดยปริมาตร 20% (B20) 50% (B50) และ 100% (B100) โดยเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล (D) โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 3 เครื่อง 3 ยี่ห่อ คือ HINO รุ่น HO7C CUMMIN รุ่น 6B5.9 และ KOMATSU รุ่น S4D105-3 ผลการศึกษาพบว่า เครื่องยนต์ทุกยี่หอเมื่อใชน้ำมัน B20 จะให้สมรรถนะอยูในเกณฑ์ดีกว่าหรือเทียบเคียงได้กับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไม่ว่าจะเป็นกำลังสูงสุด แรงบิดสูงสุด และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันของเครื่องยนต์มีแนวโน้มตกลงเมื่อสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้น เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิง B50 และ B100 ตามลำดับ เมื่อทำการวัดค่ามลพิษไอเสียของการทดสอบเครื่องยนต์ ทั้ง 3 เครื่องโดยใช้น้ำมัน B20 B50 และ B100 พบว่าค่าการปลดปล่อยมลพิษ CO และเขม่าควันดำของเครื่องยนต์เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซล มีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนน้ำมันไบโอดีเซลจากน้อยไปหามาก ตรงกันข้ามกับการปลดปล่อย NO_x จากไอเสีย พบว่าแนวโน้มการปลดปล่อย NO_x ของเครื่องยนต์ทั้ง 3 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ปริมาณ NO_x เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซล ทั้งนี้ในส่วนของ SO_2 พบในปริมาณน้อยมากในการทดสอบครั้งนี้

ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และคณะ (2553) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในการทำงานจริง โดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิง และการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลและ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล จากการศึกษาวิจัย พบว่า ค่าความร้อนทั้งค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำของน้ำมันส่วนผสมต่าง ๆ จะลดลงเมื่ออัตราส่วนการผสมของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น น้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ให้ค่าแรงบิด และค่ากำลังของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับนำมันดีเซล โดยมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ค่าแรงบิดจากน้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ จะมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,200 ถึง 1,800 รอบต่อนาที โดยให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,600 รอบต่อนาที ส่วนกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ก็พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังที่ได้จากน้ำมันดีเซลในช่วง 1,200 ถึง 2,200 รอบต่อนาที และจะให้กำลัง งานสูงสุดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ประมาณ 2,200 รอบต่อนาที โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสมต่างๆสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอยู่ประมาณ 10-15 % และการใช้น้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสมต่างๆ จะให้ค่าควันดำน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ประมาณ 40% และมีปริมาณของคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่น้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลสามารถผสมกับอากาศได้เหมาะสม จึงเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และมีปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ออกมาน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในส่วนของวิธีการดำเนินงานนี้ จะกล่าวถึงแผนการปฏิบัติตลอดการทดลอง ตลอดจนการกำหนดพารามิเตอร์ของตัวแปรต่างๆอย่างคร่าวๆและจะอธิบายอย่างละเอียดในส่วนต่อไป

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดลักษณะของไบโอดีเซลซึ่งวิเคราะห์มาจากการควบคุมปริมาณที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์ม เอทานอล และน้ำมันดีเซล โดยดำเนินงานในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของการสร้างเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล โดยแบ่งช่วงของการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมถึงความเป็นไปได้ของการผลิต
2. ติดต่อสอบถามผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์ ให้มีความพร้อม
3. ทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเครื่องยนต์ดีเซลที่ภาระโหลด 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลวัตต์
4. วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และประสิทธิภาพการเผาไหม้ ณ ปากปล่องไอเสียเครื่องยนต์ดีเซล
5. คำนวณหาค่าพลังงานเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ชนิด
6. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบ

การทดลอง อุปกรณ์การทดลอง คุณสมบัติและข้อมูลของงานวิจัยโดยคร่าวๆ รวมถึงขั้นตอนต่างๆของการทดลอง

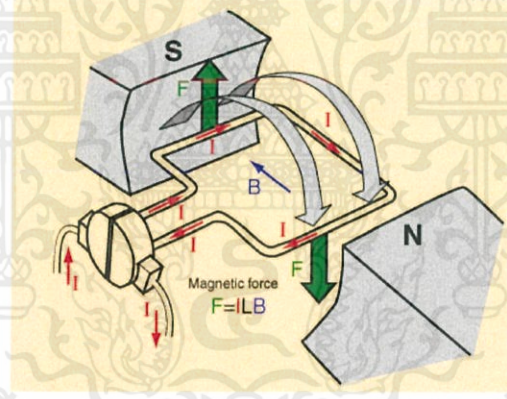
3.2.1 การเตรียมเชื้อเพลิง

การเตรียมเชื้อเพลิง โดยนำแกลลอนขนาด 4 ลิตร ใส่น้ำมันดีเซลบริสุทธิ์และน้ำมันไบโอดีเซล เก็บให้มิดชิดพ้นแสงแดดและไม่ให้ฝุ่นตะกอนลงในแกลลอนใส่น้ำมัน ซึ่งน้ำมันดีเซลบริสุทธิ์นี้ ซื้อจากสถานีบริการน้ำมัน ปตท. และน้ำมันไบโอดีเซลจากบริษัท วีระสุวรรณ จำกัด เท่านั้น เพื่อให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

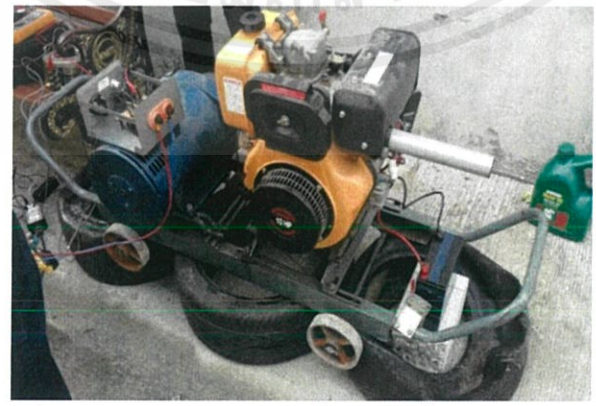
3.2.2 การสตาร์ทเครื่องยนต์สำหรับน้ำมันดีเซลเพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นเปรียบเทียบ

1) การเริ่มต้นทำงานของ Generator

Generator หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงาน เมื่อมีสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กก็จะได้ไฟฟ้าออกมา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกกว่า ฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่าอาเมเจอร์ (Armature)



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของ generator (ศรันย์ ตราโชติ, 2557)



รูปที่ 3.2 generator และ เครื่องยนต์ ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเริ่มต้นทำงานและการจบการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

1. กดขั้นโยกสีแดงบริเวณด้านบนลงมาในแนวนอนดังรูปที่ 3.3 จากนั้นเสียบกุญแจเครื่องยนต์ทางด้านหลัง

2. ไขกุญแจเครื่องยนต์ด้านหลังพร้อมกดขั้นโยกสีแดงค้างไว้ประมาณ 1-2 วินาที จากนั้นปล่อยให้ขั้นโยกเด้งขึ้นมาเองอัตโนมัติ และปล่อยมือจากกุญแจได้ทันที

3. เมื่อปล่อยกุญแจแล้ว สายพานจะเริ่มวิ่ง ช่วงแรกอาจมีการสั่นสะเทือนที่แรงและปล่อยควันทางท่อไอเสียมากกว่าปกติเล็กน้อย นั่นคือเครื่องยนต์เริ่มต้นการทำงานเรียบร้อยแล้ว

4. หากใช้งานเครื่องยนต์เสร็จแล้ว ต้องการจะจบการทำงาน ทำได้โดยการกดที่ขั้นโยกสีแดงลงมาให้อยู่ในลักษณะก่อนจะเริ่มการทำงานของเครื่องยนต์ โดยขั้นโยกจะมีแรงถีบกลับมาเล็กน้อย

รูปที่ 3.3 รูปที่แสดงให้เห็นถึงคันโยกสีแดง (Clutch) ด้านบน

2) การถ่ายน้ำมันในเครื่องยนต์

การถ่ายน้ำมันในเครื่องยนต์ คือการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่เวลาของการเริ่มต้นทำงานและที่เวลาสิ้นสุดของการทำงาน โดยขั้นตอนการถ่ายน้ำมันจะทำได้โดยการเปิดวาล์วน้ำมันที่ด้านล่างถังสีเหลืองในรูปที่ 3.3 จากนั้นนำกระบอกที่มีมาตรวัด (เป็นหน่วยมิลลิลิตร) กรองน้ำมันจากถังสีเหลืองดังกล่าว รอจนไม่มีน้ำมันไหลออกมาอีก จึงนำกระบอกที่ใช้กรองดังกล่าวไปวางตั้งในพื้นเรียบระดับสายตา เพื่ออ่านค่าระดับน้ำมันดังรูปที่ 3.4 โดยขั้นตอนที่กล่าวมาดังนี้ ผู้วิจัยจะต้องทราบปริมาณน้ำมันเริ่มต้นที่ใส่ไปก่อน เพื่อนำมาหาผลต่างของน้ำมันที่ใช้ไป และนำไปคำนวณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 รูปแสดงการวัดปริมาณน้ำมันหลังการถ่ายน้ำมัน

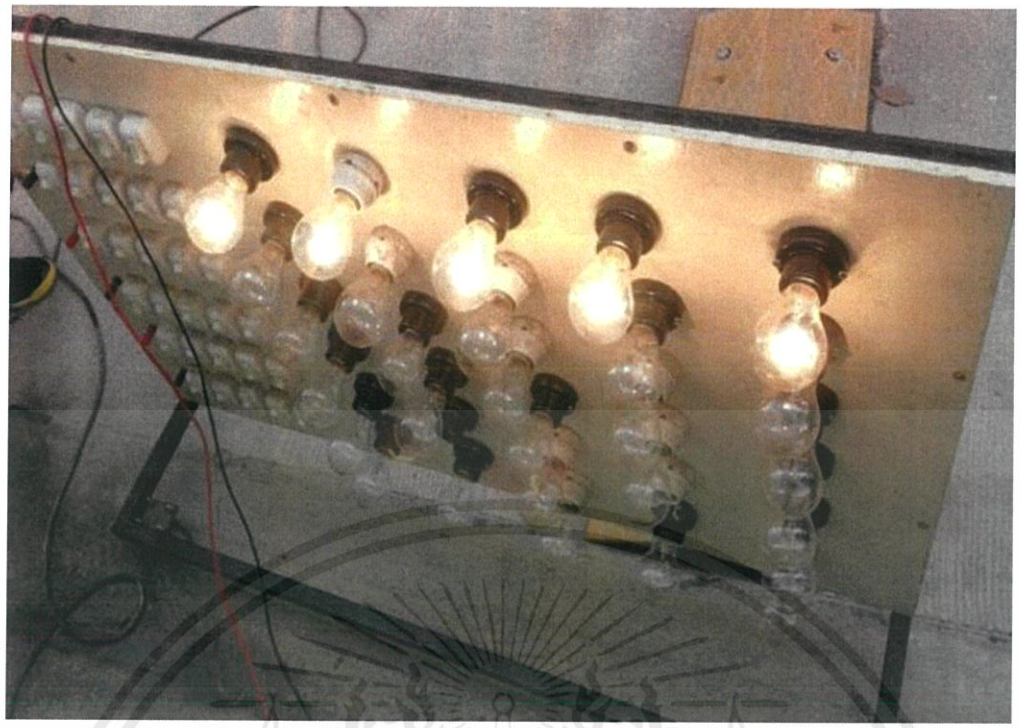
3) การติดตั้งภาระรับกระแสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เนื่องจากการ generate ของเครื่องยนต์ย่อมมีการลดทอน (loss) ของพลังงานที่ให้ไปจากเชื้อเพลิง ซึ่งในที่นี้คือน้ำมันดีเซล ดังนั้น จึงต้องติดตั้งภาระรับกระแสเพื่อหาค่าพลังงานขาออก (output) โดยกระแสไฟฟ้า เพื่อมาเปรียบเทียบกับพลังงานขาเข้า (input) โดยน้ำมันดีเซล ซึ่งในที่นี้จะทราบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ต่าง ๆ ของงานวิจัย

อุปกรณ์สำหรับการติดตั้งภาระรับกระแสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- เครื่องยนต์ มีหน้าที่รับพลังงานขาเข้าซึ่งคือน้ำมันเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ดังรูป 3.2
- Generator มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ได้จากเครื่องยนต์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยสายพาน ดังรูป 3.2
- Load ภาระรับกระแส ในที่นี้ผู้วิจัยใช้เป็นแผงกระดานที่ติดตั้งหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ 30 หลอด ดังรูปที่ 3.5 มีหน้าที่ดึงพลังงานจาก Generator มาใช้ซึ่ง Load เป็นตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าโดยการเปิดหลอดไฟในจำนวนที่คำนวณไว้
- Auto Transformer มีหน้าที่ไว้ปรับความดัน เนื่องจาก generator ค่อนข้างผ่านการใช้งานมายาวนาน จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าไม่เสถียร อีกทั้งแรงดันไฟฟ้ามีขนาดมากเกินไปสำหรับภาระรับกระแสที่ได้กล่าวไว้ด้านบน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำ auto transformer มาปรับให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าตามที่คำนวณไว้ พร้อมทั้งทำให้เสถียรเพื่อง่ายต่อการคำนวณ
- Multimeter ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าบริเวณ Auto Transformer เพื่อตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าว่าตรงตามที่ปรับเปลี่ยนไว้หรือไม่ มีลักษณะคล้าย Voltmeter ดังรูปที่ 3.8
- Power Analysis Meter มีหน้าที่วัดกำลังของพลังงานขาออก (output) ซึ่งลักษณะการวัดจะเป็นการวัดในแบบรวมค่าตามเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้วิจัยใช้ power analysis meter นี้ มาเพื่อหาค่าพลังงานที่ได้จากภาระรับกระแส เพื่อมาเปรียบเทียบกับพลังงานขาเข้า (input) จากน้ำมันดีเซล

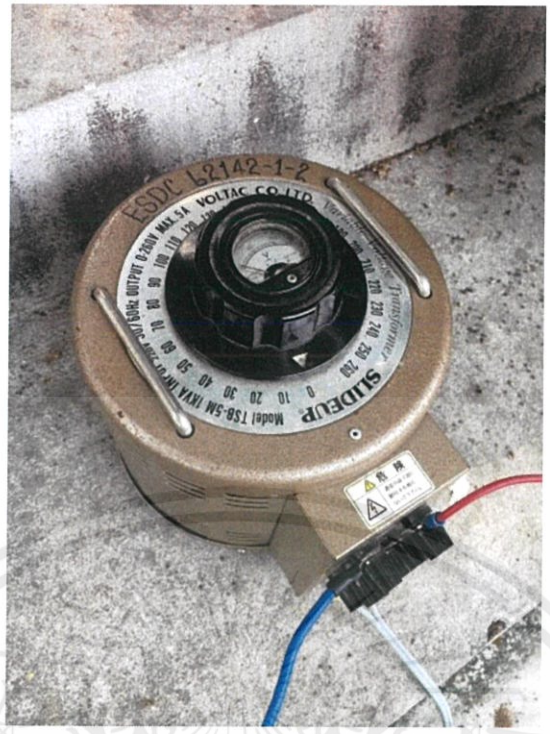
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



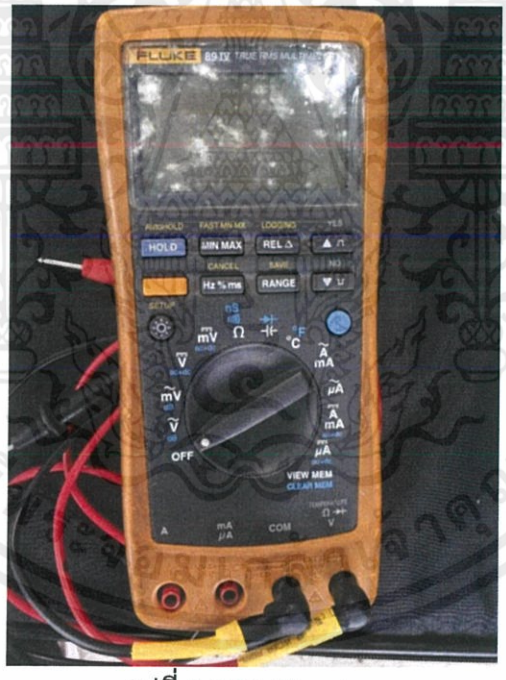
รูปที่ 3.5 ภาระรับกระแส (Load)

รูปที่ 3.6 Power Analysis Meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Auto Transformer



รูปที่ 3.8 Multimeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวัดปริสารเคมีบริเวณปากปล่องควันเครื่องยนต์

เนื่องจากต้องการทราบปริมาณมลพิษของเครื่องยนต์ที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์ด้วย โดยใช้เครื่องมือ Testo310 Gas Analyzer ดังรูปที่ 3.9

ขั้นตอนการวัดปริสารเคมีบริเวณปากปล่องควันเครื่องดีเซล

การวัดสารเคมีผู้วิจัยจะใช้ gas analyzer โดยให้ปลายของเครื่องวัดไปจ่อที่บริเวณของปล่องควันของเครื่องยนต์ ในลักษณะให้ควันไหลผ่านช่องว่างขนานกับเซนเซอร์ เพื่อให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.10 จากนั้นให้อ่านค่าจากหน้าจอในส่วนของมอนิเตอร์ โดยตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจที่ gas analyzer อ่านได้คืออุณหภูมิทั้งอุณหภูมิที่จุดทดลอง และ อุณหภูมิ ณ ปากปล่องของเครื่องยนต์ เปอร์เซ็นต์ออกซิเจน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และประสิทธิการเผาไหม้ (Efficiency)

รูปที่ 3.9 เครื่อง gas analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 การวัดสารเคมี ณ ปากปล่องเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้กล่าวถึงขั้นตอนวิธีการทดลองไว้แล้วในบทที่ 3 และนำผลการทดลองมาคำนวณเพื่อแปรผลและวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1 ก๊าซและประสิทธิภาพการเผาไหม้

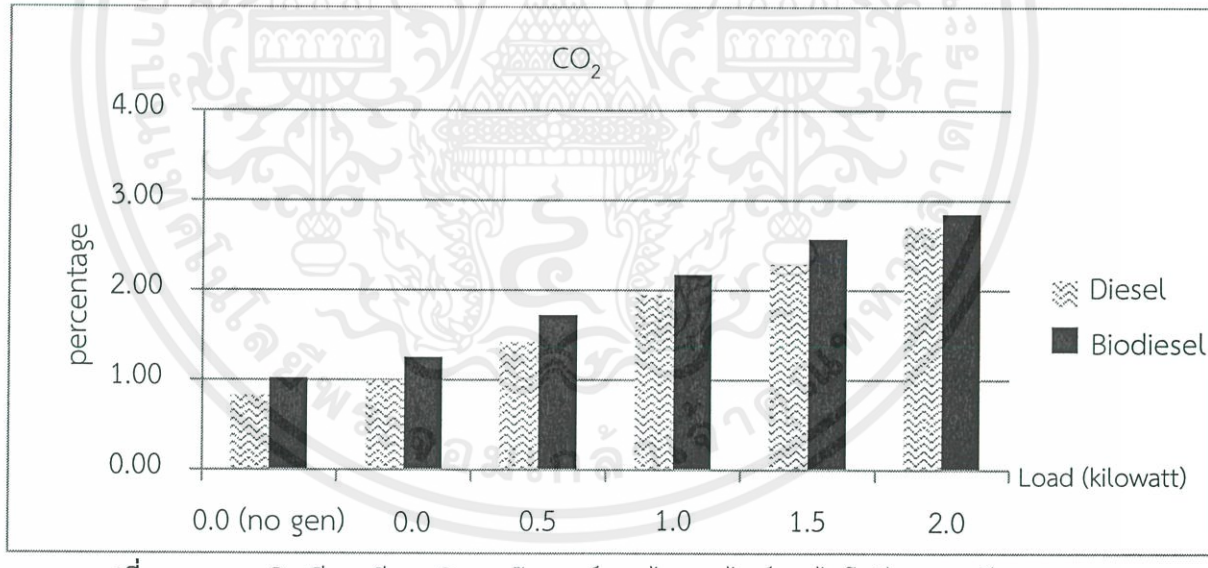
จากทฤษฎีการเผาไหม้เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{สารอินทรีย์} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

และเมื่อเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

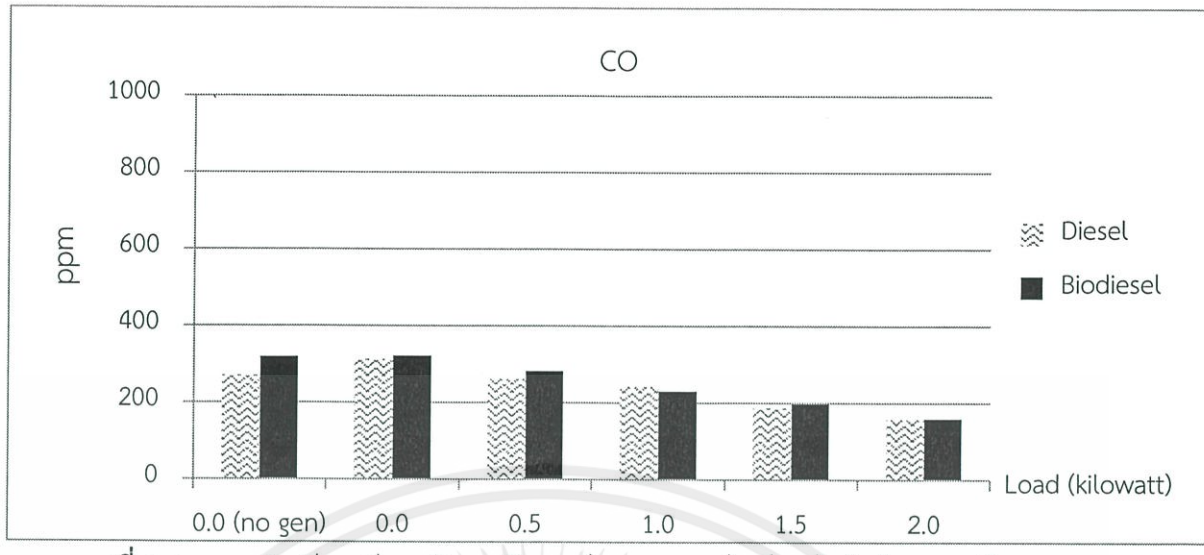
$$\text{สารอินทรีย์} + O_2 \longrightarrow CO + H_2O$$

จากสมการจะสังเกตได้ว่า ปริมณาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซออกซิเจนด้วย โดยปริมาณก๊าซทั้งสองจะแปรผันตรงตามปริมาณก๊าซออกซิเจน ซึ่งจากการทดลองการวัดก๊าซและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลโดยการใช้เครื่อง Gas analyzer สามารถสรุปเป็นแผนภูมิได้ดังนี้

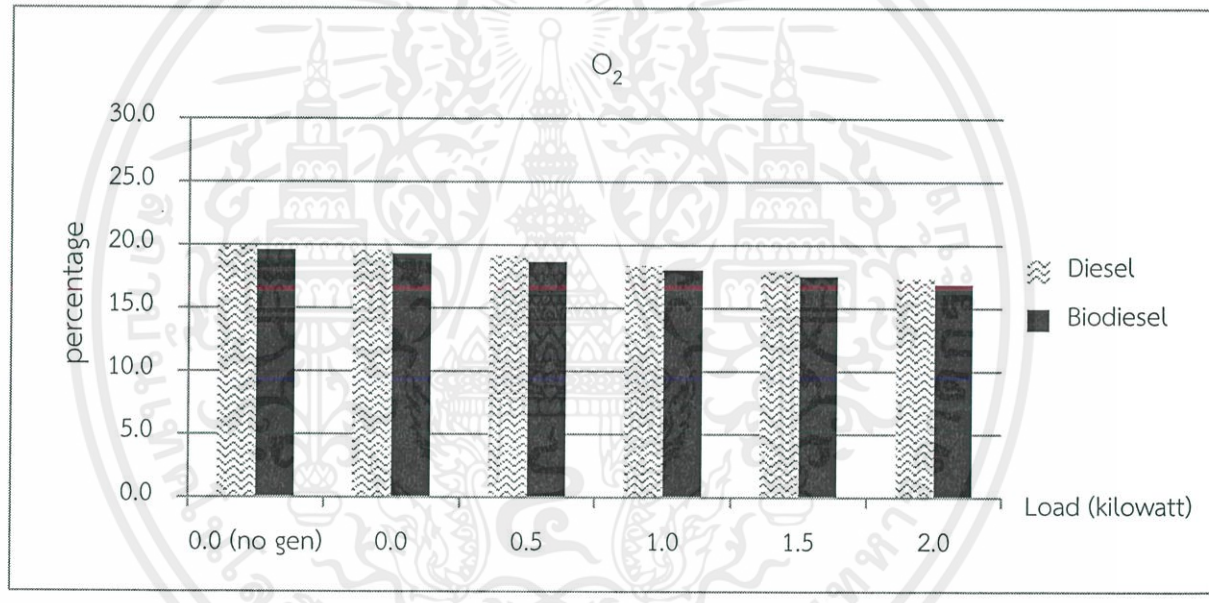


รูปที่ 4.1 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไบโอดีเซลและดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของไบโอดีเซลและดีเซล



รูปที่ 4.3 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณก๊าซออกซิเจนของไบโอดีเซลและดีเซล

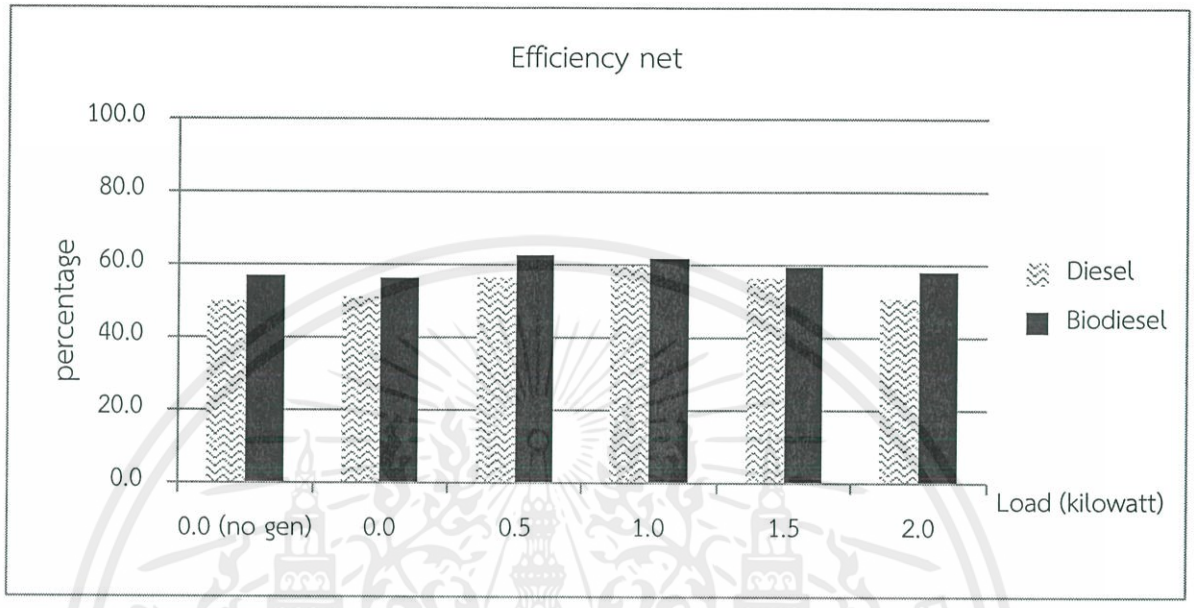
เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิก๊าซทั้งสามชนิด พบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ข้างต้น กล่าวคือ ในเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันเมื่อภาระโหลดเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีปริมาณน้อยลง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเมื่อภาระโหลดเพิ่มมากขึ้น การเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

เมื่อพิจารณาก๊าซออกซิเจนในเชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน เมื่อภาระโหลดเพิ่มมากขึ้น ก๊าซออกซิเจนมีปริมาณลดลง ซึ่งเกิดจากการที่เครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ดีและสมบูรณ์มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนออกจากปล่องไอเสียเครื่องยนต์ลดลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดีเซลและไบโอดีเซลจากแผนภูมิแท่ง ไบโอดีเซลมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าดีเซล ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไบโอดีเซลมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่าในทุกๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดซึ่งเห็นได้จากสมการข้างต้นแต่ในทางกลับกัน ไบโอดีเซลก็มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าเช่นกันซึ่งค้านกับทฤษฎีซึ่งมีเพียงโหลด 1.5 kw เท่านั้นที่น้อยกว่าจากการวิเคราะห์ของผู้ทดลองคาดว่าอาจเกิดจากการที่ผู้ทดลองทดสอบในที่เปิดและยังทดสอบในพื้นที่จอดรถที่อาจมีไอเสียจากรถคันอื่นมารบกวนจึงอาจจะส่งผลให้ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง



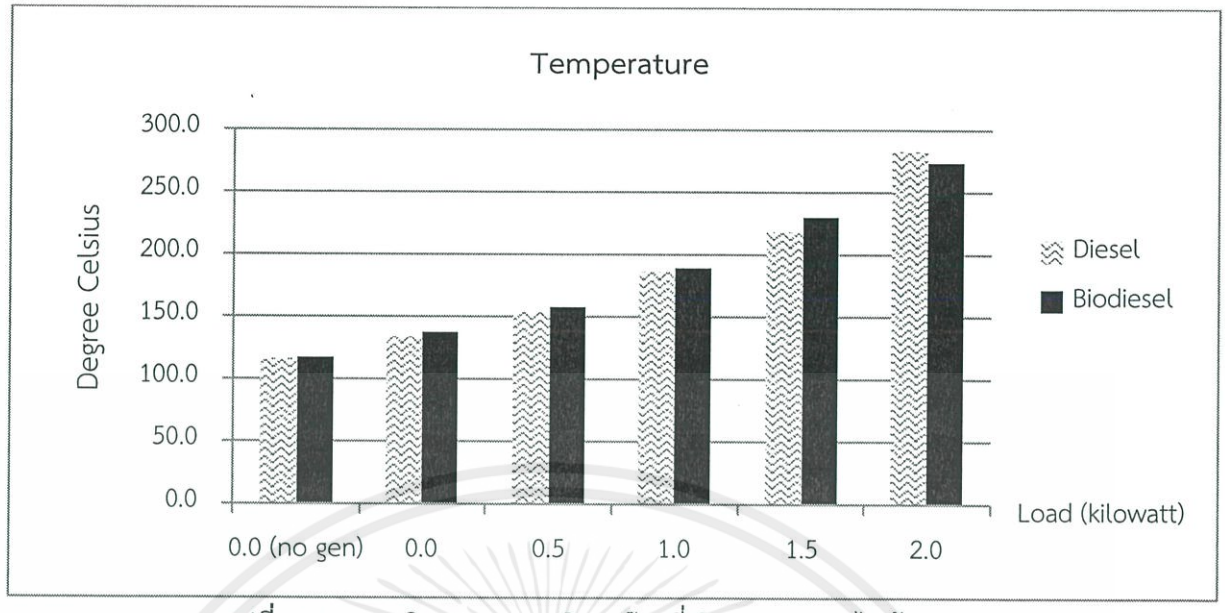
รูปที่ 4.4 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของไบโดดีเซลและดีเซล

จากแผนภูมิประสิทธิภาพการเผาไหม้ของไบโอดีเซลดีกว่าดีเซล ซึ่งหมายถึงไบโอดีเซลมีการระเหยของเชื้อเพลิงออกทางท่อไอเสียน้อยกว่าดีเซล ในทุกๆโหลด ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า ไบโอดีเซลปล่อยก๊าซสู่อากาศน้อยกว่าในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเท่ากัน

4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมินั้นก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพน้อยลง ซึ่งผู้ทดลองสามารถวัดอุณหภูมิโดย gas analyzer ในหน่วยองศาเซลเซียส ได้ผลลัพธ์ดังกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้

พิจารณาจากแผนภูมิ เมื่อภาระโหลดมากขึ้นอุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นตามเนื่องจากเครื่องยนต์ทำงานมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเมื่อผู้วิจัยเพิ่มกำลังภาระโหลดรอบของเครื่องยนต์จะต่ำลงเนื่องจากภาระโหลดดึงกำลังจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงทำเกิดความหน่วงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากขึ้น จึงทำให้รอบของเครื่องยนต์ตกตาม ผู้วิจัยจึงต้องเพิ่มรอบของเครื่องยนต์ให้มากขึ้นเพื่อให้ได้ความเร็วรอบเท่าโหลดอื่นๆที่ผู้วิจัยทดสอบ จึงทำให้เครื่องยนต์ทำงานหนักมากขึ้นและความร้อนก็จะมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

4.3 ประสิทธิภาพทั้งระบบ

เนื่องจากเรามีทั้งระบบไฟฟ้าและระบบเครื่องกลในการทดลองแน่นอนว่าเราจะต้องมีการสูญเสียเนื่องจากความร้อน,สายพานและสายไฟ เราจึงต้องหาประสิทธิภาพจากน้ำมันไปสู่หลอดไฟเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงชีวภาพ

ซึ่งเราสามารถคำนวณจาก

(Input ÷ Output) × 100% = Efficiency system

$$\text{Input (kilowatt)} = \frac{\text{Fuel consumption (liter)} \times 4.2 \text{ (j/calorie)} \times (\text{ค่าความร้อนน้ำมัน (calorie/liter)})}{\text{เวลา (วินาที)}}$$

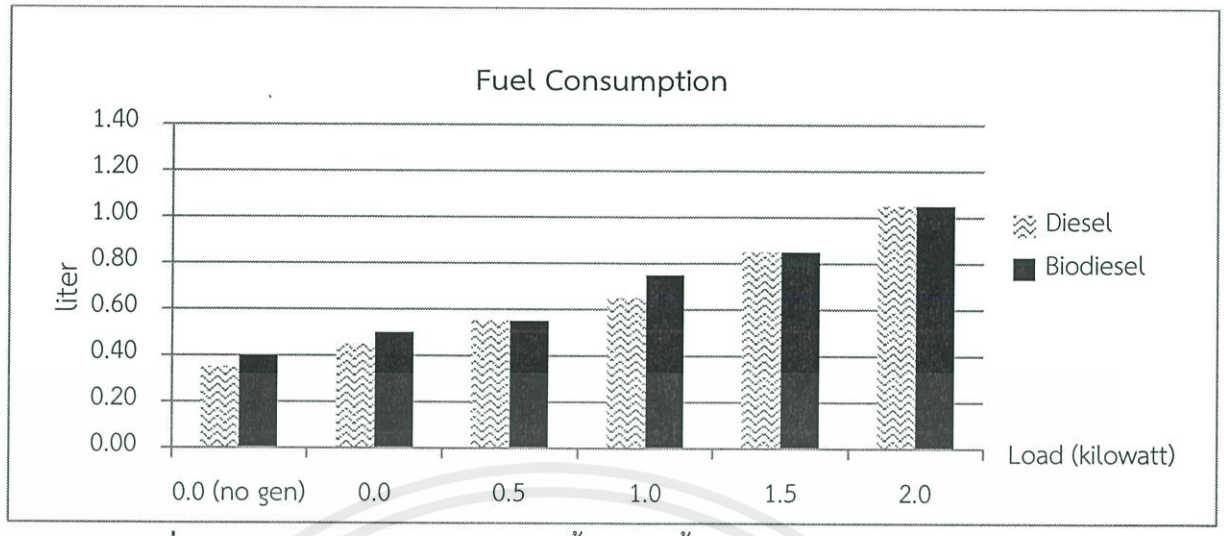
Output = ภาระโหลดของหลอดไฟที่เราเปิด

4.3.1 การสิ้นเปลืองน้ำมัน (Fuel consumption)

เมื่อผู้วิจัยทำการทดลองในแต่ภาระโหลดครบ 1 ชั่วโมง ผู้ทดลองจะทำการดับเครื่องยนต์และนำปริมาณน้ำมันมาคำนวณหาการสิ้นเปลืองน้ำมัน โดยคำนวณจากสมการดังนี้

Fuel consumption= น้ำมันที่ใส่เข้าไปในเครื่องยนต์ - น้ำที่เหลืออยู่จากการเดินเครื่องยนต์ครบ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบแสดงการสิ้นเปลืองน้ำมันของไบโอดีเซลและดีเซล

จากแผนภูมิเราจะเห็นว่าไบโอดีเซล มีการใช้น้ำมันมากกว่าเล็กน้อยในบางภาระโหลดแต่ในส่วนใหญ่ก็มีการใช้น้ำมันไม่แตกต่างกัน

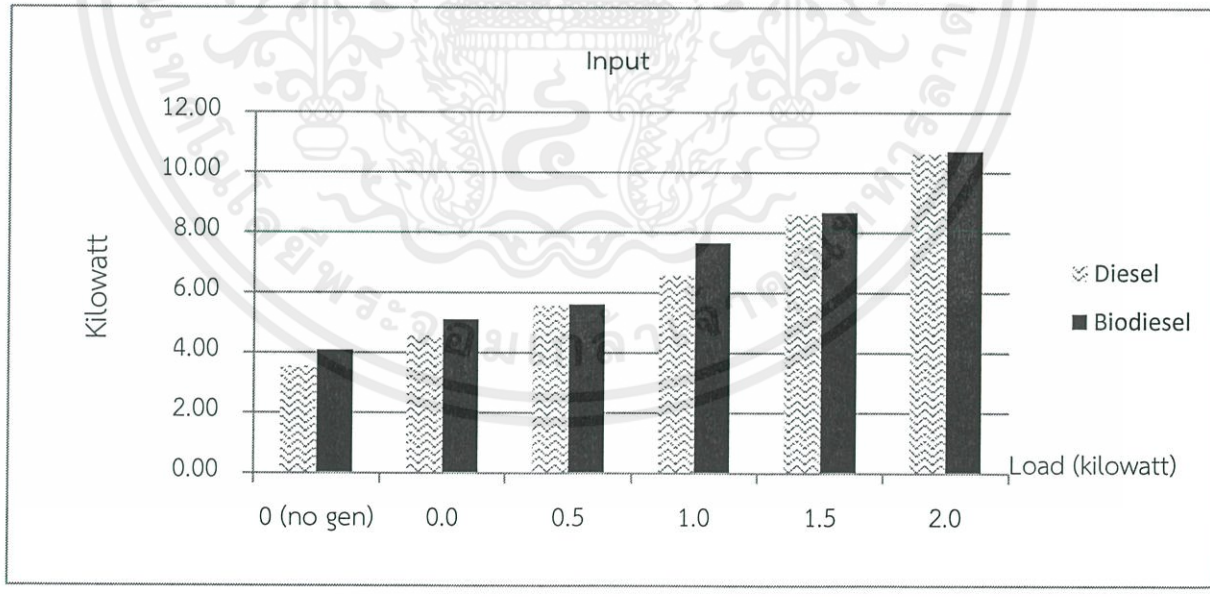
4.3.2 Input

จากการคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมัน สามารถคำนวณหา Input โดย

Input = (ค่าพลังงานความร้อน × การสิ้นเปลืองน้ำมัน) ÷ เวลา (วินาที)

ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงดีเซล 36,418.2 kilojoule/liter

ค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมัน 36,764 kilojoule/liter



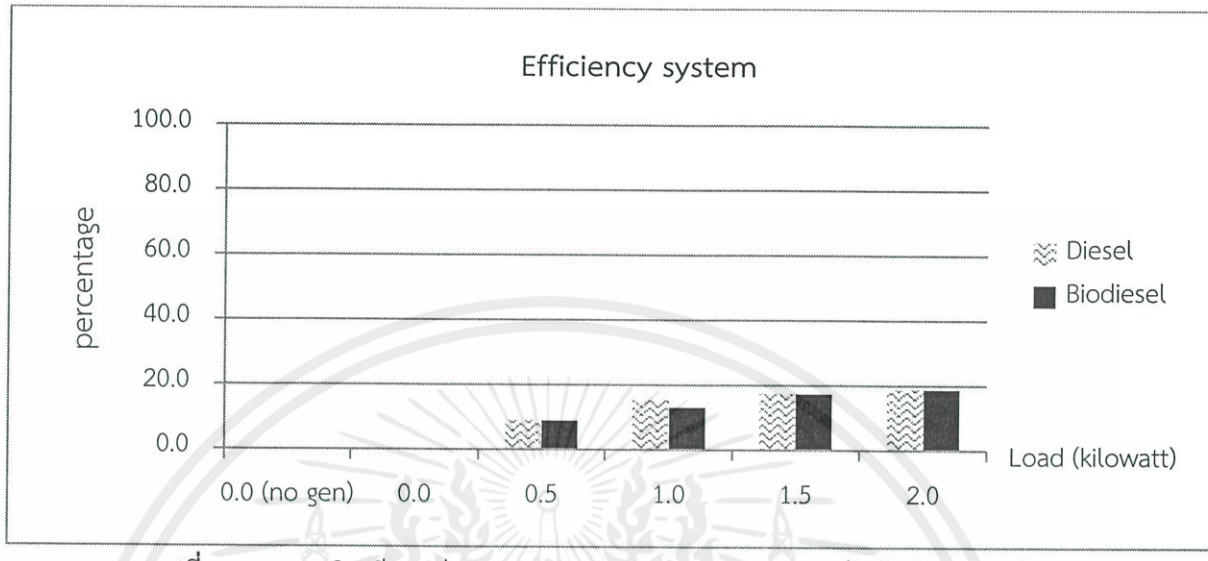
รูปที่ 4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบแสดงกำลังที่ใส่เข้าไปในระบบของไบโอดีเซลและดีเซล

จากแผนภูมิสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อภาระโหลดเพิ่มขึ้นกำลังที่ใส่เข้าไปในระบบก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 Efficiency system

จากแผนภูมิ Input ผู้ทดลองสามารถคำนวณ Efficiency system โดยการคำนวณจากสมการดังนี้ Efficiency = (Input ÷ Output) × 100%



รูปที่ 4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบแสดงประสิทธิภาพของระบบของไบโดดีเซลและดีเซล

จากแผนภูมิสามารถกล่าวได้ว่า เมื่อภาระโหลดเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของระบบก็จะมากขึ้นตามด้วยซึ่งเมื่อดูจากกราฟค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 20% อาจเกิดจากการสูญเสียพลังงานในหลายด้าน เช่น เครื่องยนต์ดีเซล และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความร้อนสูง การสูญเสียพลังงานจากสายพานจากระบบสายไฟ และการระเหยของน้ำมันอันนื่องมาจากการเผาไหม้ เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด

จากแผนภูมิสามารถสรุปได้ว่า น้ำมันดีเซลมีประสิทธิภาพของทั้งระบบใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซล โดยน้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเล็กน้อยอันเนื่องมาจากค่าพลังงานความร้อนที่มีน้อยกว่าน้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดสอบการวัดก๊าซจากเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซและประสิทธิภาพต่างๆของเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มซึ่งต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าที่ภาระโหลด 0.0 กิโลวัตต์ (ไม่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) 0.0 kw (ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) 0.5 กิโลวัตต์, 1.0 กิโลวัตต์, 1.5 กิโลวัตต์ และ 2.0 กิโลวัตต์

1) เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซพิษสู่บรรยากาศทั่วไปเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มที่จะปล่อยก๊าซพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล
2) เชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเทียบเท่ากับเชื้อเพลิงดีเซล

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1) กำลังไฟฟ้าลดลงเนื่องจากสูญเสียกำลังจากสายพานมากเกินไป จึงทำให้รอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ผู้ทดลองจึงเปลี่ยนสายพานใหม่โดยเพิ่มสายพานจากหนึ่งเส้นเป็นสองเส้นเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

2) แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นมากเกินไป ซึ่งจะทำให้หลอดไฟเสียหายได้ จึงแก้ปัญหานี้โดยการนำเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้ามาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อปรับแรงดันให้ได้ 220 โวลต์

3) เมื่อทำการทดลองถึงภาระโหลด 2.5 กิโลวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความร้อนมากเกินไป แม้ว่าผู้ทดลองจะนำเครื่องเป่าลมเป่าเข้าไปเพื่อระบายความร้อนแต่ก็ไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ และยังส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลงจึงต้องสิ้นสุดการทดลองที่โหลด 2.0 กิโลวัตต์ เพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์

4) การทดลองนี้ทดลองด้วยระบบเปิดจึงอาจมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณก๊าซที่วัดได้ เพราะพื้นที่โดยรอบมีรถยนต์แล่นผ่านและแต่ละวันก็มีอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างกัน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์

1) สามารถลดการนำเข้าของน้ำมันดิบจากต่างประเทศ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายอย่างมาก โดยใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มซึ่งมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเชื้อเพลิงน้ำมันดิบและประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มมากจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในจุดนี้

2) สามารถเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มเพื่อนำมาทำเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม หากสามารถพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับและทดลองจนราคาต้นทุนการผลิตถูกลง เชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มนี้จะสร้างรายได้ให้เกษตรกรเพราะประเทศไทยมีราคาปาล์มที่ถูกเนื่องจากมีพื้นที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก อาจทำให้นักลงทุนสนใจมาลงทุนในภาคเกษตรกรรมมากขึ้น

3) ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งจากแนวโน้มแล้วเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่าจึงมีแนวโน้มที่จะลดก๊าซคาบอนมอนอกไซด์

5.4 ข้อเสนอแนะ

1) ในระหว่างการทดลองเครื่องยนต์มีเสียงดังและยังมีรถยนต์คันอื่นวิ่งผ่าน ซึ่งจะทำให้การทดลองอาจเกิดการคลาดเคลื่อน การทดลองนี้จึงควรทดลองในที่ปิดที่สามารถรักษาอุณหภูมิและควบคุมปริมาณก๊าซต่างๆในบรรยากาศให้คงที่ตลอดได้ ซึ่งจะทำให้ค่าที่วัดได้มีความแม่นยำมากขึ้น

2) เนื่องจากการทดลองนี้มีประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อยซึ่งในความเป็นจริงควรทดลองไปถึงภาระโหลดที่มากกว่านี้ เพราะอาจจะมีแนวโน้มที่ชัดเจนยิ่งขึ้นในภาระโหลดที่สูงขึ้น

3) ในการปรับรอบของเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผู้ทดลองไม่สามารถปรับค่าได้แม่นยำที่ประมาณ 3000 rpm และ 1500 rpm ได้ เนื่องจากยิ่งภาระโหลดมากยิ่งเกิดการสูญเสียพลังงานจากสายพานมากขึ้น จึงทำให้อัตราส่วนรอบของเครื่องยนต์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.0 – 2.1 เท่า

4) ในแง่เศรษฐศาสตร์ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มอาจจะยังไม่ตอบโจทย์เพราะน้ำมันปาล์มอาจนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นได้คุ้มค่ามากกว่าเช่น นำไปเป็นน้ำมันพืช นำไปทำน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งอาจลงทุนต่ำได้ผลตอบแทนสูงกว่าไบโอดีเซลซึ่งอาจพัฒนาโดยการใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วมาผลิตไบโอดีเซลซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้นแต่ในแง่ของสิ่งแวดล้อมน้ำมันไบโอดีเซลมีแนวโน้มลดมลพิษมากกว่าดีเซล

5) ในส่วนของผู้บริโภคไบโอดีเซลนั้นยังหาซื้อได้ยากเพราะยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล (2544) การผลิตเอทานอล การผลิตไบโอดีเซล Retrieved from http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-04-02.html

[2] คุณานนต ศักดิ์กำปัง และคณะ. (2556). การศึกษาสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันไก่ (ปริญญานิพนธ์) มหาวิยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

[3] วุฒินันท์ ทองสุข และคณะ. (2550). การศึกษาการใช้น้ำมันดีเซลปาล์มกับเครื่องยนต์ดีเซลการเกษตร (ปริญญานิพนธ์) มหาวิทยาลัยรังสิต, กรุงเทพมหานคร

[4] เกียรติศักดิ์ นิคมชัยประเสริฐ (2552). การศึกษาประสิทธิภาพและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลรอบปานกลางเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสม
(วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนาร). Retrieved from http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/3379/2/fulltext.pdf

[5] ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และคณะ (2553). การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในการทำงานจริงโดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิง (ปริญญานิพนธ์, ,มหาวิทยาลัยแม่โจ้) Retrieved from http://librae.mju.ac.th/goverment/20111119104834_librae/31992.pdf

[6] Beau De Rochas. (2548). หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ Retrieved from http://www.asiaautowork.co.th/2013/07/how-engine-works/

[7] Sur Dugalald Clerk. (2553). หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ Retrieved from https://dataengine.wikispaces.com/

[8] ศรันย์ ตราโชติ. (2557). หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า Retrieved from http://chuphoticups.blogspot.com/2014/03/generator.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวก ก
ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงดีเซล

ตารางที่ ก.1 0.0 kw (ไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	35.0	21.0	0.89	240	19.8	52.5	118.3		3043	49.2
			0.89	287	19.8	53.3	116.0			49.6
30	36.3	21.0	0.81	257	19.9	48.9	114.9		3045	46.4
			0.81	262	19.9	48.9	113.4			46.7
45	37.0	21.0	0.81	259	19.9	47.9	116.0		3043	45.7
			0.81	269	19.9	48.2	116.6			47.7
60	38.9	21.0	0.81	255	19.9	47.6	115.7		3040	45.2
			0.81	260	19.9	51.2	117.0			49.6
average	36.8	21	0.83	269.5	19.875	49.813	115.99		3042.75	47.5125

ตารางที่ ก.2 0.0 kw (ติดตั้งกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	32.9	21.0	1.03	264	19.6	48.8	133.4	1533	3105	49.7
			1.03	299	19.5	51.7	134.9			49.0
30	34.2	21.1	1.03	270	19.6	48.5	132.5	1535	3103	45.7
			1.03	309	19.6	52.7	137.4			45.5
45	34.2	21.1	0.96	299	19.6	45.7	131.5	1535	3102	42.2
			0.96	315	19.6	45.4	133.2			43.5
60	33.8	21.4	0.96	305	19.6	56.4	131.8	1533	3108	51.7
			0.96	325	19.6	58.4	133.5			53.1
average	33.775	21.15	0.995	312	19.588	50.95	133.53	1534	3104.5	47.55

ตารางที่ ก.3 0.5 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	35.5	21.0	1.33	239	19.6	45.4	141.9	1514	3088	47.4
			1.33	249	19.2	53.8	154.7			51.0
30	37.2	21.0	1.40	241	19.1	62.3	154.5	1515	3080	53.4
			1.40	250	19.1	58.4	153.7			51.5
45	37.3	21.0	1.40	254	19.2	57.8	154.4	1516	3074	55.8
			1.55	272	19.0	59.4	157.9			55.9
60	36.2	21.0	1.48	259	19.0	56.0	155.0	1515	3080	52.7
			1.48	275	19.0	57.8	155.3			58.1
average	36.55	21	1.4213	261.5	19.15	56.363	153.43	1515	3080.5	53.225

ตารางที่ ก.4 1.0 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	34.2	21.0	1.99	250	18.3	60.7	184.5	1498	3058	57.0
			1.99	253	18.3	60.4	185.5			56.8
30	33.1	21.0	1.92	240	18.4	58.4	186.4	1508	3059	56.5
			1.92	242	18.4	59.6	186.1			56.3
45	33.4	21.0	1.92	242	18.4	58.4	186.5	1501	3056	54.4
			1.92	243	18.4	59.7	184.7			56.2
60	34.5	21.0	1.92	227	18.4	60.1	190.6	1502	3057	54.7
			1.99	230	18.3	60.2	184.0			55.9
average	33.8	21	1.9463	242	18.363	59.688	186.04	1502.25	3057.5	55.975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 1.5 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	34.2	21.0	2.29	194	17.9	59.0	215.2	1514	3080	55.4
			2.29	210	17.9	59.4	213.0			55.7
30	34.8	21.0	2.29	176	17.9	55.5	212.3	1510	3074	52.4
			2.29	187	17.9	56.7	222.4			54.5
45	34.2	21.0	2.29	171	17.9	54.0	220.0	1515	3076	50.2
			2.29	176	17.9	53.8	219.2			49.1
60	35.4	21.0	2.29	173	17.9	55.2	219.4	1512	3081	50.7
			2.29	174	17.9	56.8	223.5			53.2
average	34.65	21	2.29	186.75	17.9	56.3	218.13	1512.75	3077.75	52.65

ตารางที่ ก.6 2.0 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	38.2	21.0	2.66	153	17.4	50.6	278.2	1512	3124	46.6
			2.66	156	17.4	50.4	278.1			49.8
30	34.8	21.0	2.88	158	17.1	51.5	285.9	1508	3109	49.1
			2.80	151	17.2	52.1	288.6			48.4
45	33.5	21.0	2.66	150	17.4	48.4	287.5	1509	3108	46.3
			2.66	159	17.4	50.1	284.8			47.0
60	33.0	21.0	2.66	162	17.4	52.0	280.4	1508	3114	47.7
			2.66	163	17.4	49.7	278.1			46.8
average	34.875	21	2.705	157.25	17.338	50.6	282.7	1509.25	3113.75	47.7125

เชื้อเพลิงไบโอดีเซล

ตารางที่ ก.7 0.0 kw (ไม่ติดตั้งกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	33.5	21.0	0.96	320	19.6	54.4	115.6		3037	51.8
			1.03	322	19.6	56.6	116.2			54.1
30	34.1	21.0	1.03	313	19.6	57.6	115.2		3035	54.0
			1.03	329	19.6	57.9	114.7			54.9
45	34.2	21.0	1.03	307	19.6	56.9	119.9		3034	49.7
			1.03	315	19.6	57.7	119.2			50.6
60	34.8	21.0	1.03	319	19.6	57.0	118.2		3036	54.3
			1.03	328	19.6	57.4	117.8			53.8
average	34.15	21	1.0213	319.13	19.6	56.938	117.1		3035.5	52.9

ตารางที่ ก.8 0.0 kw (ติดตั้งกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	34.7	21.0	1.48	325	19	62.9	139.3	1521	3090	59.0
			1.48	335	19	62.9	139.2			59.2
30	35.4	21.0	1.25	296	19.3	55.3	139.4	1521	3083	50.5
			1.25	313	19.3	56.0	140.5			52.7
45	35.5	21.1	1.11	306	19.5	50.6	132.9	1521	3088	47.3
			1.11	319	19.5	53.9	133.6			50.4
60	34.5	21.1	1.18	331	19.4	54.7	137.6	1520	3097	50.5
			1.18	344	19.4	54.1	137.1			50.2
average	35.025	21.05	1.255	321.13	19.3	56.3	137.45	1520.75	3089.5	52.475

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 0.5 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	35.8	20.9	1.77	270	18.6	63.4	158.8	1524	3103	59.0
			1.77	280	18.6	62.7	158.5			59.2
30	36.0	20.9	1.70	263	18.7	61.2	157.5	1523	3096	58.0
			1.70	271	18.7	63.4	157.1			59.0
45	35.4	21.0	1.70	281	18.7	63.8	156.1	1522	3097	59.4
			1.77	292	18.6	63.3	158.2			58.9
60	34.6	21.0	1.70	285	18.7	61.8	157.2	1524	3098	57.6
			1.70	286	18.7	61.7	159.1			58.3
average	35.45	20.95	1.7263	282.25	18.663	62.663	157.81	1523.25	3098.5	58.675

ตารางที่ ก.10 1.0 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	35.4	21.0	2.07	224	18.1	60.1	184.1	1527	3122	56.6
			2.07	232	18.1	59.1	184.7			54.3
30	35.7	20.9	2.21	225	18.0	62.1	192.8	1525	3117	58.6
			2.21	246	18.0	63.3	191.3			59.2
45	35.6	20.9	2.21	213	18.0	61.8	188.9	1524	3115	58.4
			2.21	215	18.0	61.7	191.0			58.2
60	35.0	20.9	2.21	222	18.0	63.3	188.8	1524	3118	59.2
			2.21	226	18.0	62.5	191.9			58.9
average	35.425	20.925	2.175	229.75	18.025	61.738	189.19	1525	3118	57.925

ตารางที่ ก.11 1.5 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	35.4	21.0	2.51	187	17.6	59.5	223.5	1538	3165	55.6
			2.51	191	17.6	59.4	223.2			55.7
30	35.3	21.0	2.51	185	17.6	58.3	231.1	1530	3150	55.6
			2.51	190	17.6	57.2	234.0			55.7
45	35.4	21.0	2.66	183	17.4	62.7	229.6	1532	3155	58.4
			2.73	212	17.3	61.9	230.2			57.8
60	35.8	21.0	2.58	196	17.5	59.9	232.0	1530	3154	55.5
			2.58	198	17.5	56.6	235.7			53.1
average	35.475	21	2.5738	197.75	17.513	59.438	229.91	1532.5	3156	55.925

ตารางที่ ก.12 2.0 kw

Time(min)	T	O_2(โดยรอบ)	CO_2	CO	O_2	EFF_{net}	Temp	N1 (ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	N2 (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)	EFF_g
15	35.1	21.0	2.95	156	17.0	58.0	273.8	1519	3158	54.7
			3.10	164	16.8	58.4	276.2			54.5
30	34.7	21.0	3.03	157	16.9	56.4	271.6	1518	3158	52.9
			3.10	161	16.8	59.0	280.2			56.1
45	35.9	20.9	2.66	152	16.9	57.2	272.9	1510	3145	54.7
			2.66	156	16.9	58.7	269.3			53.8
60	37.1	21.0	2.66	150	16.9	58.4	273.9	1513	3146	54.6
			2.66	156	16.9	58.2	272.3			55.1
average	35.7	20.975	2.8525	159.25	16.888	58.038	273.78	1515	3151.75	54.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

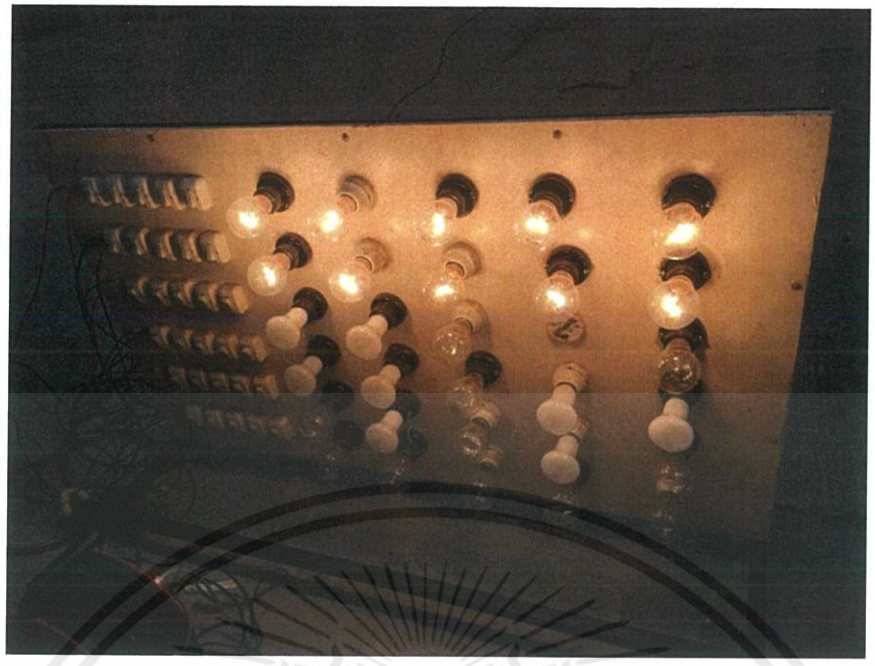
ภาพผนวก ข
รูปภาพที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 Gas analyzer

รูปที่ ข.2 เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 ภาระโหลด

รูปที่ ข.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้