สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG 100 %
Modification a diesel engine to use with 100 % LPG

T103129

โดย

นาย สรายุธ ไทยเพชร์กุล
นาย สิทธิชัย พิชัยชาญเลิศ
นาย สุเมธ ดำรงรุ่งเรือง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103129
วัน,เดือน,ปี 28 ส.ค. 2552

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG 100 %

Modification a diesel engine to use with 100 % LPG

โดย

นาย สรายุธ ไทยเพชร์กุล

นาย สิทธิชัย พิชัยชาญเลิศ

นาย สุเมธ ดำรงรุ่งเรือง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พงษ์ศักดิ์ ดำมูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG100 %

(Modification a diesel engine to use with 100 % LPG)

ผู้จัดทำ

1. นาย สรายุธ ไทยเพชร์กุล รหัสประจำตัว 48010942
2. นาย สิทธิชัย พิชัยชาญเลิศ รหัสประจำตัว 48010963
3. นาย สุเมธ คำรงรุ่งเรือง รหัสประจำตัว 48011012

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG 100 %

นาย สรายุธ ไทยเพชร์กุล 48010942
นาย สิทธิชัย พิชัยชาญเลิศ 48010963
นาย สุเมธ ดำรงรุ่งเรือง 48011012
ผศ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทรัพยากรทางด้านพลังงานและสภาวะโลกกร้อนนั้นเป็นหัวข้อสำคัญที่ถูกหยิบยกมาเป็นปัญหาสำหรับโลกเรามากขึ้นทุกขณะ พลังงานทางเลือกจึงถูกหยิบยกมาเป็นอีกตัวเลือกสำหรับใช้ทดแทนน้ำมัน จากราคาน้ำมันโลกที่ผันผวนทำให้หลายฝ่ายหลายบริษัทรถยนต์ต้องการที่จะพัฒนารถยนต์เพื่อรองรับกับพลังงานทางเลือกอื่นๆ เช่น ก๊าซโซฮอล(E20) ไบโอดีเซล ก๊าซ LPG ก๊าซ CNG หรือแม้กระทั้ง Hydrogen ทั้งนี้พลังงานเหล่านี้ทำให้โลกเราสามารถลดการใช้น้ำมันอีกทั้งยังมีลดพิษต่ำอีกด้วย

โครงงานนี้เป็นโครงงานการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG 100% โดยการ นำเครื่องยนต์ดีเซลมาลดกำลังอัดโดยการพิ่มปริมาตรห้องเผาไหมเปลี่ยนกำลังอัดจาก 18.4 เป็น 11 ใส่ระบบจ่ายไฟ (จานจ่าย)แทนปั้มดีเซล ติดตั้งหัวเทียนในการจุดระเบิด และนำเครื่องยนต์ไปติดตั้งระบบก๊าซ LPG เพื่อที่จำนำมาวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์จากการทดลองโดยใช้แชสซีไดนาโมมิเตอร์ จากการทดลองได้ผลการทดสอบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modification a diesel engine to use with 100 % LPG

Mr. Sarayut Thaipetchkul
Mr. Sittichai Pichaichanlert
Mr. Sumet Dumrongrungrueang
Assist.Prof. Phongsak Khammoon Advisor
2008

ABSTRACT

At the present time energy resource and global warming are the main topics that will make problem for our world more and more. Alternative fuel are ready to use instead petrol. The petrol price fluctuate so many company want to improve their engine to use with alternative energy such as Gasohal Biodiesel LPG CNG and Hydrogen. For all these alternative fuel can make less use petrol and less pollution.

This project about Modification of diesel engine for 100% LPG. We modified the engine by reduce compression ration from 18.4 to 11.Put the distributor instead diesel pump. Put ignition instead injection. And set the LPG to the engine. We tested power and fuel consumption on the chassis dynamometer .The results of the test know that it get more power and less pay for fuel price.

© 2009 Department of Mechanical Engineering, KMITL. All rights reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล ซึ่งให้คำแนะนำและคำปรึกษามาโดยตลอด ทางผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และความกรุณา ตลอดจนให้คำปรึกษาจนกระทั่งวันนี้

ขอขอบคุณ พี่ยักษ์ พี่หนุ่ม พี่แขก พี่วิท พี่ปกรณ์ เพื่อนๆ น้องๆที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จนกระทั่งงานนี้สำเร็จ

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้พวกเรามีวันนี้นั่นก็คือ บิดา-มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่งที่ได้อบรมสั่งสอนและได้อุปการะให้มีโอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ ดูแลเอาใจใส่ และเป็นกำลังใจเสมอ ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ พวกเราขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย สรายุธ ไทยเพชร์กุล
นาย สิทธิชัย พิชัยชาญเลิศ
นาย สุเมธ ดำรงรุ่งเรือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เชื้อเพลิงก๊าซ	3
2.1 ก๊าซ	3
2.2 คุณสมบัติ LPG	3
2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับอุณหภูมิและความดันไอ	3
2.2.2 การขยายตัวของก๊าซสภาวะที่เป็นของเหลวมีมาก	4
2.2.3 ความถ่วงจำเพาะ	4
2.2.4 คุณสมบัติการสันดาป	4
2.2.5 จุดวาบไฟ	5
2.2.6 ค่าออกเทน (Octane Number)	5
2.2.7 สี กลิ่น และความเป็นพิษ (Toxicity)	5
2.2.8 คุณสมบัติทางปฏิกิริยาเคมี	5
2.3 ส่วนประกอบของ LPG	5
2.4 ความแตกต่างของ NGV กับ LPG	6
2.5 คุณสมบัติที่ใช้กับงานรถยนต์	7
2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องยนต์ติดก๊าซ	8
2.7 การปฏิบัติเมื่อรถยนต์ใช้ก๊าซเกิดอุบัติเหตุ	11
2.8 การดูแลรักษาเครื่องยนต์ติดก๊าซ	12
2.9 ราคาการติดตั้ง	12
2.10 ขนาดถังบรรจุก๊าซ	12
2.11 ความเป็นอันตราย	13
บทที่ 3 เครื่องยนต์ดีเซล	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ 14
3.2 การเผาไหม้ 15
3.3 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบจานจ่ายของ C.A.V. 17
3.3.1 ส่วนประกอบของปั๊ม 17
3.3.2 หลักการทำงาน 18
3.4 หัวฉีด 19
บทที่ 4 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ 22
4.1 อุปกรณ์สำหรับระบบก๊าซ 22
4.1.1 เครื่องยนต์ 22
4.1.2 หม้อต้ม 23
4.1.3 โซลินอยด์วาล์ว 23
4.1.4 ถังบรรจุก๊าซ 24
4.1.5 ตัวปรับแต่งก๊าซ 24
4.1.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับส่งก๊าซ 24
4.1.7 Power Valve 24
4.1.8 Gas Mixer 25
4.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือวัด 25
4.2.1 นาฬิกาจับเวลา 25
4.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก 25
4.2.3 เครื่องวัดความเร็วรอบ 26
4.2.4 เครื่องทดสอบไอเสีย 26
4.2.5 แซสซีส ไดนาโมมิเตอร์ Chassis Dynamometer 27
4.3 ขั้นตอนการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับการใช้ก๊าซ LPG 27
4.4 หลักการติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซ 29
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง 31
5.1 การปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลก่อนการใช้ก๊าซ LPG 31
5.2 วัสดุอุปกรณ์ 31
5.3 ขั้นตอนการทดลอง 31
5.4 เทคนิคการปรับแต่งเครื่องยนต์ 32
5.5 ผลการทดลอง 32
5.6 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ 43
5.7 ตัวอย่างการคำนวณ 43
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและการแก้ไข ข้อเสนอแนะ 46
6.1 สรุปผลการทดลอง 46
6.2 ปัญหาและการแก้ไข 46
6.3 ข้อเสนอแนะ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม 48

ภาคผนวก ก. 49

ภาคผนวก ข. 50

ภาคผนวก ค. 51

ภาคผนวก ง. 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของ LPG และ NGV	6
ตารางที่ 2.2 ข้อแตกต่างด้านเคมีของ LPG และ NGV	7
ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์เบนซิน	21
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบน้ำมันดีเซล	33
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบโดยใช้ก๊าซ LPG 100%	33
ตารางที่ 5.3 แสดงราคาเมื่อใช้น้ำมันดีเซล	34
ตารางที่ 5.4 แสดงราคาเมื่อใช้ก๊าซ LPG 100%	34
ตารางที่ 5.5 แสดงอัตราความร้อนจากการสันดาปน้ำมันดีเซล	34
ตารางที่ 5.6 แสดงอัตราความร้อนจากการสันดาปก๊าซ LPG 100%	35
ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาและความประหยัด	35
ตารางที่ 5.8 แสดง bsfc ของเชื้อเพลิง	36
ตารางที่ 5.9 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล	42
ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซ LPG 100%	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ	15
รูปที่ 3.2 diagram การเผาไหม้ที่กำลังดันคงที่	15
รูปที่ 3.3 แสดงกลวัตรที่แท้จริง	16
รูปที่ 3.4 รูปผ่าปั๊มจานจ่ายของ C.A.V	17
รูปที่ 3.5 โรเตอร์ของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและจานจ่าย	18
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงและจานจ่าย	19
รูปที่ 3.7 หัวฉีด	20
รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์ Isuzu 4JA1	22
รูปที่ 4.2 หม้อต้ม	23
รูปที่ 4.3 โซลีนอยด์วาล์ว	23
รูปที่ 4.4 ถังบรรจุก๊าซ LPG	24
รูปที่ 4.5 power valve	24
รูปที่ 4.6 Gas mixer	25
รูปที่ 4.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก	25
รูปที่ 4.8 เครื่องวัดความเร็วรอบสำหรับเครื่องยนต์ Gasoline	26
รูปที่ 4.9 เครื่องทดสอบไอเสียสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน	26
รูปที่ 4.10 แซสซีสไดนาโมมิเตอร์	27
รูปที่ 4.11 หัวลูกสูบที่คว้านแล้ว	27
รูปที่ 4.12 จานจ่ายที่ติดตั้งเข้าไป	28
รูปที่ 4.13 ลิ้นเร่ง	28
รูปที่ 4.14 ผังการติดตั้งระบบก๊าซ	30
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังกับความเร็ว	36
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็ว	37
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อนจากการสันดาปกับความเร็ว	38
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็ว	39
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาเชื้อเพลิงกับความเร็ว	40
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์กับความเร็ว	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมีการใช้รถยนต์เป็นจำนวนมากในการคมนาคม ซึ่งในการใช้รถยนต์นั้นจำเป็นต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน ในสถานการณ์และสภาวะเศรษฐกิจในขณะนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสินค้าที่มีราคาสูงและไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง ประกอบกับการใช้รถยนต์ที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีแนวคิดที่จะลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแทนการใช้รถยนต์ ซึ่งทำได้ยาก ในการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีหลายรูปแบบ เช่น การปรับแต่งเครื่องยนต์ การปรับแต่งโครงสร้างรูปร่างรถยนต์ การออกแบบยางประหยัดน้ำมัน แต่วิธีที่แพร่หลายที่สุดคือ การหันมาใช้พลังงานทดแทน

ในขณะนี้การใช้พลังงานทางเลือกสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซิน ในรูปของการใช้เชื้อเพลิงร่วม คือการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร่วมกับพลังงานทางเลือก เช่น ก๊าซ CNG ก๊าซ LPG และไบโอดีเซล เป็นต้น และได้มีการพัฒนาใช้พลังงานทางเลือกจนสามารถทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์เบนซินเมื่อประสบภาวะน้ำมันแพง ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนไปใช้ก๊าซ CNG และก๊าซ LPG เพียงอย่างเดียวได้ทันที แต่ในทางด้านเครื่องดีเซล ยังต้องใช้พลังงานทางเลือกร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ ดังนั้น โครงงานนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซล มาใช้พลังงานทางเลือกเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้รถยนต์ลงไปได้อีก

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์ก๊าซ LPG และศึกษาข้อดีข้อเสียเมื่อใช้ก๊าซ LPG100% กับเครื่องยนต์ดีเซล ตลอดจนสามารถดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้ใช้กับก๊าซ LPG เพียงอย่างเดียวเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลกับพลังงานทดแทนต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ใช้เครื่องยนต์ ISUZU 2500CC. DI ดีเซล 4 สูบในการศึกษา

1.3.2 ใช้ก๊าซ LPG 100% เป็นเชื้อเพลิง

1.3.3 ปรับปรุงเครื่องยนต์และทำการทดสอบ

1.3.4 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ทั้ง 2 แบบ

1.3.5 วิเคราะห์วิจารณ์ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

1.4.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG

1.4.3 มีความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.4.4 สามารถดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG แบบ 100%

1.4.5 สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซ LPG100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เชื้อเพลิงก๊าซ

2.1 ก๊าซ

ก๊าซคือเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่มีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอน เป็นสารเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของไอระเหย โดยก๊าซจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีสภาพเป็นไอระเหยหรือก๊าซเมื่ออุณหภูมิปกติ และก๊าซที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้มีอยู่ 2 ชนิดคือ ก๊าซ NGV และก๊าซ LPG แต่ก๊าซที่เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ก๊าซ LPG

LPG คือคำย่อซึ่งได้มาจากอักษรตัวหน้าของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) และเป็นส่วนประกอบที่เบาที่สุดที่มีอยู่ในน้ำมันปิโตรเลียม LPG เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ขึ้นอยู่กับการรวมตัวของคาร์บอนอะตอมและไฮโดรเจนอะตอม ได้แก่ โพรเพน(C_3H_8)

โพรพิลีน(C_3H_6) ,บิวเทน(C_4H_{10}) , บิวทิลีน(C_4H_8) เป็นต้น โดยมีส่วนประกอบสำคัญคือ โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) ก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติพิเศษที่ว่าเมื่อได้รับความเย็นหรือความดันจะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวได้โดยง่าย อนึ่งในทางกลับกัน เมื่อหืความร้อนหรือลดความดันก็จะกลายเป็นก๊าซซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 1.5-2 เท่าของอากาศ โดยปกติ LPG จะถูกทำให้เป็นของเหลวโดยได้รับความดัน และถูกเก็บในภาชนะความดันสูง

LPG มี 2 ชนิดคือ ชนิดก๊าซบ่อน้ำมัน (oil field gas) ที่ได้จากการแยกและกลั่นธรรมชาติ กับชนิดก๊าซ ก๊าซโรงกลั่นน้ำมันที่ได้จากการแยกก๊าซ อันเป็นผลพลอยได้ซึ่งเกิดจากการกลั่นน้ำมันดิบ เนื่องจาก LPG มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันปกติ จึงต้องทำให้เป็นของเหลวอยู่เสมอ โดยการอัดความดันหรือแช่แข็ง แล้วต้องขนส่งด้วยเรือที่ใช้บรรทุก LPG โดยเฉพาะกระบวนการที่กล่าวมาแล้ว

เนื่องจาก LPG ลุกไหม้ได้ง่าย (ช่วงที่เกิดการลุกไหม้คือเมื่อมี LPG อยู่ประมาณ 2-9% ในอากาศ) อนึ่งเนื่องจากว่าเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศด้วย จึงมีอันตรายมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการใช้ให้มาก ตัว LPG เองไม่มีสีและไม่มีกลิ่น แต่เอป็องกันอันตรายเมื่อเกิดการรั่วไหลจึงมีการใส่กลิ่นไว้ในระดับที่สามารถรู้สึกได้ อนึ่ง LPG นั้นแตกต่างจาก Town Gas ตรงที่ว่าไม่มีคาร์บอนมอนนอกไซด์อยู่เลย จึงไม่มีพิษ

2.2 คุณสมบัติ LPG

2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับอุณหภูมิและความดันไอ

LPG ที่บรรจุในถังจะมีโมเลกุลของโพรเพนและบิวเทนเคลื่อนตัวอยู่ และจะไปชนกับผนังของถัง ความแข็งแรงของภาชนะจะเป็นกี่กิโลกรัมต่อ 1 ตารางเซนติเมตร นั้นคือว่า "ความดันไอของอากาศ" ซึ่งสามารถถือได้ว่าเป็นความดันของ LPG ในถังนั่นเอง

ก. เมื่ออุณหภูมิสูง ความดันก็สูงด้วย

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนไหวของโมเลกุลจะกระฉับกระเฉงขึ้น โมเลกุลจะชนกับฝาผนังของภาชนะแรงขึ้น ผลก็คือความดันก็จะสูงขึ้น อึ่งในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง การเคลื่อไหวจะช้าลงเรื่อยๆ เมื่อทำให้อุณหภูมิต่ำมากขึ้น การเคลื่อนไหวก็จะช้าลงไปอีก

ข. ถ้ามีส่วนประกอบของโพรเพนมาก ความดันจะสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโมเลกุลของโพรเพนเคยื่อนไหวกระฉับกระเฉงกว่าโมเลกุลของบิวเทน ดังนั้นในกรรีที่อุณหภูมิเท่ากัน LPG ที่มีส่วนประกอบของโพรเพนมากกว่า จะมีความดันสูงกว่า

ค. ปริมาณมากน้อยของของเหลวไม่มีความสัมพันธ์กับความดัน

ไม่ว่าจะมี LPG อยู่เต็มถัง หรือมีเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยก็ตาม ถ้าอุณหภูมิและองค์ประกอบไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว ความดันก็ไม่เปลี่ยน ดังนั้นสิ่งที่จะทำให้ความดันในถังเปลี่ยนไปจะมีแค่อุณหภูมิลัอัตราส่วนผสมของโพรเพน และบิวเทนเท่านั้น เนื่องจากโยทั่วไปอุณหภูมิจะเป็นอุณหภูมิของบรรยากาศ ฉะนั้นสิ่งที่จะเปลี่ยนแปลงได้โดยฝีมือคนก็คืออัตราส่วนผสมเท่านั้น

2.2.2 การขยายตัวของก๊าซในสภาวะที่เป็นของเหลวมีมาก

เนื่องจาก LPG มีอัตราการขยายตัวในสภาวะที่เป็นของเหลวสูงเมื่อเทียบกับน้ำ ดังนั้นในการบรรจุใส่ภาชนะจำเป็นต้องทิ้งไว้ในระดับน้ำคงที่เผื่อการขยายตัว

2.2.3 ความถ่วงจำเพาะ

LPG มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2 ชนิดคือ ในสภาพที่เป็นของเหลวและก๊าซ ความถ่วงจำเพาะในสภาพที่เป็นของเหลวจะเปรียบเทียบกับน้ำ 4°C ซึ่งให้ความถ่วงจำเพาะเป็น 1 ส่วนความถ่วงจำเพาะในสภาพของก๊าซจะเปรียบเทียบกับอากาศที่ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งให้มีความถ่วงจำเพาะเป็น 1

ก. ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นของเหลว

ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นของเหลวมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ถ้าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิมีค่ายิ่งสูง ค่าความถ่วงจำเพาะก็จะยิ่งลดลงที่อุณหภูมิปกติ (15°C) โพรเพนเหลวมีค่าความถ่วงจำเพเป็น 0.508 ส่วนบิวเทนเหลวมีความถ่วงจำเพาะเป็น 0.584 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นของเหลวตามอุณหภูมิ

ข. ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นก๊าซ

ความถ่วงจำเพาะในสภาวะที่เป็นก๊าซของโพรเพนเป็น 1.55 และของบิวเทนเป็น 2.07 ซึ่งหนักเกือบเป็น 2 เท่าของอากาศ ก๊าซที่รั่วออกมาจะสะสมอยู่ในที่ต่ำ ฉะนั้นจำเป็นต้องระมัดระวังให้มาก

2.2.4 คุณสมบัติการสันดาป

ก. ค่าความร้อน

ค่าความร้อนเป็นตัวเลขสำคัญที่บอกให้รู้ถึงคุณค่า และสมรรถนะของเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของ LPG มีประมาณ 12,000 kcal/kg เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว จะมากกว่าอยู่ประมาณ 600-800 kcal/kg เพื่อให้เกิดพลังงานจำนวนเท่ากัน ปริมารการใช้เชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนักของ LPG จะน้อยกว่าของน้ำมันเบนซิน จึงอาจพูดได้ว่าประหยัดกว่า

ข. ปริมาณอากาศที่ใช้ในการสันดาป

ถ้าสันดาป LPG อย่างสมบูรณ์ทั้งหมดจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซและไอน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้เขียนเป็นสมการเคมีได้ดังต่อไปนี้

$$\text{โพรเพน } C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

$$\text{บิวเทน } C_4H_{10} + 6.5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$$

ดังเห็นได้จากสมการเหล่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการสันดาปอย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่าในกรณีของโพรเพน และ 6.5 เท่ามนกรณีของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณ 21% ฉะนั้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสันดาปโพรเพนอย่างสมบูรณ์จะต้องใช้อากาศ 24 m^3 ต่อโพรเพน 1 m^3 และอากาศ 31 m^3 ต่อบิวเทน 1 m^3 ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว LPG ต้องการปริมารอากาศมากกว่าเล็กน้อย

ค. ช่วงการลุกไหม้

ก๊าซที่สันดาปได้จะช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะมีอากาศผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ของปริมาณก๊าซต่ออากาศ

2.2.5 จุดวาบไฟ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วช่วงการลุกไหม้จะมีค่าคงที่สำหรับเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น ในกรณีของน้ำมันเบนซิน อุณหภูมิที่สูงพอที่ทำให้เกิดไอจากน้ำมันเบนซินไปผสมกับอากาศกลายเป็นก๊าซผสมในช่วงการลุกไหม้เรียกว่า จุดวาบไฟ (Flash Point) แต่ถ้าไม่มีสาเหตุให้เกิดการติดไฟ เชื้อเพลิงที่จุดวาปไฟก็จะไม่เกิดการลุกไหม้หรือติดไฟขึ้น อาจกล่าวได้ว่า LPG ที่จุดปกติอยู่เหนือจุดวาบไฟเสมอ

อนึ่งเมื่อค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว แม้จะไม่มีสาเหตุของการติดไฟเชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้ตามธรรมชาติ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่า จุดติดไฟ (Ignition Point) เนื่องจากจุดติดไฟของโพรเพนคือ 490-550°C และของบิวเทนคือ 470-540°C LPG จึงติดไฟได้ยากเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีจุดติดไฟ 360-380°C เมื่อคิดรวมเรื่องนี้กับช่วงการลุกไหม้แล้ว จึงพูดได้ว่า LPG มีความปลอดภัยค่อนข้างสูง

2.2.6 ค่าอ๊อกเทน(Octane Number)

LPG มีค่าสูงเมื่อวัดโดยวิธีงานวิจัย (Research Method) จะได้ค่าอ๊อกเทนของโพรเพนเท่ากับ 111.4 ไอโซบิวเทนเท่ากับ 94.0 ซึ่งสูงกว่าของน้ำมันเบนซินโดยทั่วไปประมาณ 10-20 ฉะนั้น LPG จึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

2.2.7 สี กลิ่น และความเป็นพิษ (Toxicity)

LPG บริสุทธิ์ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เนื่องจากเกิดอันตรายจากการรั่วไหลของก๊าซเป็นต้น จึงต้องใส่กลิ่นลงไปเพื่อให้สามารถทราบได้ ถ้ามี LPG ปนอยู่ในอากาศประมาณ 1 ใน 200

ตัว LPG เองเป็นสารไม่มีพิษ แต่ในกรรีที่เกิดการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ก็จะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่มีสารพิษร้ายแรง เช่น Tetraethyl Lead ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันเบนซิน ฉะนั้นก๊าซเสียของ LPG จึงสะอาดเมื่อเทียบกับการสันดาปของน้ำมันเบนซิน

2.2.8 คุณสมบัติทางปฏิกิริยาเคมี

เนื่องจาก LPG มีคุณสมบัติละลายสารจำพวกยางธรรมชาติได้ดี ฉธนั้นจึงควรใช้สารที่มีความทนต่อ LPG อนึ่งถ้าเก็บ LPG ซึ่งมีโพรพิลีนและบิวทิลีนผสมอยู่ไว้ในถัง อาจเกิดสารพวกยางหรือน้ำมันดิน (TAR) ขึ้นได้

2.3 ส่วนประกอบของ LPG

ถ้าทราบอุณหภูมิและความดัน ก็จะสามารถบอกส่วนประกอบของ LPG ได้อย่างคร่าวๆ อนึ่งเพื่อให้ส่วนประกอบของ LPG เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน มาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (JIS-K-2240) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพของ LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความแตกต่างของ LPG กับ NGV

NGV หรือ Natural Gas Vehicles คือ ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ เกิดขึ้นจากการนำก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนมาอัดจนมีความดันสูงประมาณ 3,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว แล้วนำไปเก็บไว้ในถังที่มีความแข็งแรงทนทานสูงเป็นพิเศษ เช่น เหล็กกล้า เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลในรถยนต์ประเภทต่างๆ ซึ่งสากลเรียกว่า Compressed Natural Gas (CNG) หรือก๊าซธรรมชาติอัด

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) หรือ "ก๊าซหุงต้ม" เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซโพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ โดยตัว LPG เอง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นเช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ แต่เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศจึงมีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้น จึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมีกลิ่น เพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหล LPG ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและกิจการอุตสาหกรรม โดยบรรจุเป็นของเหลวใส่ถังที่ทนความดันเพื่อให้ขนถ่ายง่าย นอกจากนี้ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์ เนื่องจากราคาถูกกว่า และมีค่าอ็อกเทนสูงถึง 105 RON LPG เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน หรือแยกก๊าซธรรมชาติในโรงแยกก๊าซ มีสถานะเป็นของเหลว ต้องทำให้เป็นก๊าซก่อนนำมาใช้งาน ส่วน NGV มีสถานะเป็นก๊าซพียงผ่านความดันก็นำไปใช้ได้เลย

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของ LPG และ NGV

คุณสมบัติ		NGV	LPG
สถานะปกติ		ก๊าซ (เบากว่าอากาศ)	ก๊าซ (หนักกว่าอากาศ)
จุดเดือด(องศาเซลเซียส)		-162	-50 ถึง 0
อุณหภูมิระเบิดในอากาศ (องศาเซลเซียส)		540	400
ช่วงติดไฟในอากาศ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ค่าสูง	15	15
	ค่าต่ำ	5	1.5
ค่าอ็อกเทน/1	RON/2	120	105
	MON/3	120	97

*1.ค่าอ็อกเทน (Octane Number) หมายถึง หน่วยการวัดความสามารถ ในการต้านทานการน็อคของเครื่องยนต์

*2.RON (Research Octane Number) เป็นค่าอ็อกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อต้านการน็อคในเครื่องยนต์หลายสูบ ที่ทำงานอยู่ในรอบของช่วงหมุนต่ำ โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐานภายใต้สภาวะมาตรฐาน 600 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*3.MON (Motor Octane Number) เป็นค่าอ๊อกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อต้านการน๊อคในเครื่องยนต์หลายสูบ ในขณะทำงานที่รอบสูง โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐานภายใต้สภาวะมาตรฐาน 900 รอบต่อนาที

ตารางที่ 2.2 ข้อแตกต่างด้านเคมีของ LPG และ NGV

ลำดับ	คุณสมบัติ	NGV	LPG
1	ด้านความปลอดภัย	มีความปลอดภัยสูงเนื่องจากเบากว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะลอยขึ้นสู่อากาศทันที	มีความปลอดภัยน้อยเนื่องจากหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะกระจายอยู่ตามพื้นราบ
2	ความพร้อมในการนำมาใช้งาน	สถานะเป็นก๊าซ นำมาใช้งานได้ทันที เพียงผ่านความดัน	สถานะเป็นของเหลว ต้องทำให้เป็นก๊าซก่อนนำไปใช้งาน
3	ประสิทธิภาพการเผาไหม้	เผาไหม้ได้สมบูรณ์	เผาไหม้ได้สมบูรณ์
4	คุณลักษณะของเชื้อเพลิง	ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เผาไหม้ปราศจากเขม่าและกำมะถัน	ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่โดยทั่วไปจะเติมสารเคมีเพื่อความปลอดภัย

ปัจจุบันก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน ในโรงงานอุตสาหกรรม และในยานพาหนะได้ แต่ก๊าซธรรมชาติ (NGV) ในประเทศไทยยังไม่มีการนำมาใช้ในครัวเรือนโดยตรง อย่างไรก็ตาม แม้ก๊าซทั้ง 2 ประเภทจะมีความแตกต่างกัน แต่ก็มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ติดไฟ เพราะแธนั้นผู้ใช้ต้องใส่ใจปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด

2.5 คุณสมบัติที่ใช้งานกับรถยนต์

ในการเลือก LPG เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ คุณสมบัติต่อไปนี้เป็นสิ่งจำเป็น

ก. มีค่าความดันไอที่เหมาะสม ($1kg/cm^2$-$10kg/cm^2$)

ข. มีคุณสมบัติเยี่ยมในเรื่องของ antiknock

ค. มีไฮโดรคาร์บอนจำพวกโอลีฟินน้อย (Olefins)

ง. มีปริมารกำมะถันน้อย

จ. มีสารจำพวกน้ำมันดิน (TAR) เจือปนอยู่น้อย เป็นต้น

ความดันไปที่เหมาะสมหมายถึงคุณสมบัติการระเหยที่จำเป็นในการติดเครื่องและเดินเครื่องยนต์ รถยนต์ที่ใช้ LPG ไม่มีปั๊มส่งเชื้อเพลิง แต่อาศัยความดันของก๊าซเองในการไหลออกจากถังเก็บไปยังหม้อต้ม (vaporizer) ในเวลาอากาศหนาวจัด ความดันอากาศในถังเก็บก็จะลดลง ทำให้ไม่สามารถส่งเชื้อเพลิงออกมาได้ จะไม่สามารถติดเครื่องได้ นั่นคือ LPG มีความดันไอเพียงพอที่ไม่เกิดอุปสรรคในการเดินเครื่องแม้แต่ในตอนเช้าของฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำสุด ส่วนในฤดูร้อน LPG ที่ประกอบด้วยบิวเทน 100% ก็ยังมีความดันไอพียงพอที่จะติดเครื่องยนต์ได้ แต่ในฤดูหนาว LPG ซึ่งมีแต่บิวเทนจะมีความดันต่ำ ฉะนั้นจึงต้องผสมโพรเพนเข้าไปใน LPG เพื่อเพิ่มความดันไอให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากลดไฮโดรคาร์บอนจำพวกโอลีฟินใน LPG ให้น้อยลง คุณสมบัติ antiknock จะสูงขึ้น และการเกิดของสารจำพวกน้ำมันดินและยางก็จะน้อยลงด้วย ไฮโดรคาร์บอนจำพวกโอลีฟิน เช่น โพรพิลีน บิวทีลีน เป็นต้น มีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาสูง จึงเกิดโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ได้ง่าย และให้สารจำพวกน้ำมันดินและยาง ซึ่งเป็นสาเหตุไม่เพียงแต่ทำให้หม้อต้มก๊าซเสียหายเท่านั้น แต่ยังมีฤทธิ์กัดกร่อนสูงและทำให้ไดอะแฟรม (diaphragm) เสียหาย ผลก็คือ อายุการใช้งานของอุผกรณ์จะสั้นลง

สิ่งเจือปนใน LPG ได้แก่ ความชื้นและสารประกอบของกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนอุปกรณ์ หรือทำให้ไอเสียมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนา

การตรวจสอบคุรภาพของ LPG อย่างง่ายๆทำได้โดยการดวงน้ำมันดินที่ไหลออกมาเพื่อเปิดก๊อกระบาย (drain cock) ที่อยู่ด้านล่างของหม้อต้ม (regulator) ในขณะที่หม้อต้ม (เครื่องควบคุม) ยังอุ่นอยู่หลังจากที่ให้เครื่องยนต์วิ่งเป็นระยะทางหนึ่งที่กำหนดให้ทุกครั้ง ถ้ายิ่งมีน้ำมันดินอยู่น้อยเท่ามด ก็แสดงว่าเป็น LPG ที่ดี

2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องยนต์ติดก๊าซ

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเพื่อลดมลพิษและประหยัด ค่าใช้จ่ายประกอบไปด้วย การดัดแปลงเครื่องยนต์จากที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลให้เป็นเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติเพื่อที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องยนต์ได้ เครื่องยนต์ที่ปรับเปลี่ยนเป็นเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติแล้วจะต้องสามารถรับสภาพการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้โดยไม่เกิดความเสียหาย มีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงสูง สมรรถนะสูงเทียบเท่าของเครื่องยนต์เดิม และมลพิษที่เกิดขึ้นในไอเสียต้องอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้

1. อัตราส่วนอัด (Compression ratio) อัตราส่วนอัดของเครื่องยนต์ดีเซลสูงกว่าอัตราส่วนอัดของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติ เพราะลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นการเผาไหม้แบบส่วนผสมไม่สม่ำเสมอ ใช้อุณหภูมิที่เกิดจากการอัดตัวของอากาศเป็นปัจจัยในการจุดระเบิด และการเผาไหม้จะเริ่มขึ้นหลังจากจังหวะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง จึงไม่เสี่ยงต่อการชิงจุดระเบิดเหมือนเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งใช้จังหวะการเกิดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนกำหนดจังหวะการจุดระเบิด เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการเชื้อเพลิงสูงสุด เครื่องยนต์ดีเซลจังมีอัตราส่วนอัดระหว่าง 17:1-22:1 แต่สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติ อัตราส่วนอักต้องไม่เกิน 11:1-13:1 ขึ้นอยู่กับสมบุติเฉพาะของเครื่องยนต์และส่วนประกอบย่อยของก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ว่าสมบัติต้านทานการชิงจุดระเบิดได้ดีหรือไม่ คุรสมบัติดังกล่าวเรียกว่า Methane Number ซึ่งสามารถคำนวณได้เมื่อรู้ส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติ สำหรับก๊าซธรรมชาติที่มีใช้ในประเทศไทย ค่า Methane Number มีค่าอยู่ประมาร 80 ซึ่งสำหรับก๊าซธรรมชาติที่มีค่า Methane Number ดังกล่าวทำให้อัตราส่วนอัดสูงสุดที่จะเป็นไปได้โดยเครื่องยนต์ไม่ชิงจุดระเบิดอยู่ที่ 11:1 จึงจะใช้ก๊าซธรรมชาติได้โดยเครื่องยนต์ไม่ชิงจุดระเบิด

2. ระบบป้อนเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ดีเซลป้อนเชื้อเพลิงโยการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นของเหลวตรงเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่ปลายจังหวะอัดด้วยความดันสูง ควบคุมอัตราการป้อน เชื้อเพลิงโดยการปรับระยะชักของกระบอกฉีดตามภาระงานขิยนต์ ในขระที่อัตราการป้อนอากาศขึ้นกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติป้อนก๊าซเชื้อเพลิงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราการป้อนอากาศ โดยที่ก๊าซเชื้อเพลิงผสมคลุกเคล้ากับอากาศอย่างสม่ำเสมอก่อนที่จะป้อนส่วนผสมเข้าไปในห้องเผาไหม้ และอัตราการป้อนส่วนผสมเป็นไปตามภาระงานของเครื่องยนต์ ความแตกต่าวที่สำคัญของการป้อนเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ทั้งสองแบบคือ เครื่องยนต์ดีเซลป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง แต่เครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติป้อนก๊าซเชื้อเพลิงอย่างแม่นยำ อาจจะโดยวิธีเชิงกลอหรือวิธีอิเลคโทรนิคส์ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ จะเห็นได้ว่าการปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์จากดีเซลเป็นเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาตินอกจากจะต้องเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงแล้วยังต้องเปลี่ยนระบบการป้อนเชื้อเพลิงใหม่โดยสิ้นเชิงอีกด้วย

3. อัตราการระบายความร้อนของเครื่องยนต์ เนื่องจากเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติมีอัตราส่วนอัดต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซล ประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกลจึงต่ำกว่า ซึ่งหมายถึงพลังงานความร้อนสูญเสียให้กับน้ำหล่อเย็นและไอเสียย่อมสูงขึ้นกว่าเครื่องยนต์ดีเซลด้วย หม้อน้ำที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลจึงไม่พอเพียงที่จะระบายความร้อนจากเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติ จึงต้องมีการขยายขนาดของหม้อน้ำแล้วยังต้องมีการขยายหรือดัดแปลงรูน้ำในเครื่องยนต์เพื่อให้มีการไหลอย่างสะดวกอีกด้วย ทางด้านน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติก็จะพบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากอุณหภูมิของส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าเครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันหล่อลื่นจึงต้องรับความร้อนสูงขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของน้ำมันหล่อลื่นสูงขึ้นกว่าเครื่องยนต์ดีเซล

4. ยางกันน้ำมันปลอกวาล์วไอดี ที่ปลอกวาล์วไอดีจะมียางกันน้ำมันหล่อลื่นไม่ให้รั่วซึมเข้าไปในห้องเผาไหม้ในจังหวะดูด สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ระหว่างจังหวะดูดจะมีความดันในห้องเผาไหม้ไม่ต่ำมากเหมือนเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติ ยางกันน้ำมันหล่อลื่นดังกล่าวจึงไม่มีความจำเป็นต้องกันน้ำมันหล่อลื่นได้ดีมากเหมือนเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติ

5. ความปั่นป่วนในห้องเผาไหม้ เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลมีการผสมคลุกเคล้าระหว่างอากาศในห้องเผาไหม้กับเชื้อเพลิงในช่วงเวลาสั้นๆในจังหวะไหม้ จึงต้องมีระดับการปั่นป่วนในห้องเผาไหม้ระหว่างการอัดฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างรุนแรงพอที่จะทำให้ส่วนผสมสม่ำเสมอในระหว่างการเผาไหม้ ความปั่นป่วนในห้องเผาไหม้เกิดจากการบังคับให้เกิดการเคลื่อนตัวของอากาศในระหว่างจังหวะดูดและอัด และต้องสูญเสียพลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ส่วนหนึ่งเพื่อใช้ในการทำให้เกิดความปั่นป่วนดังกล่าว แต่เครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติไม่ต้องการความปั่นป่วนอย่างรุนแรงในห้องเผาไหม้เหมือนเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากอากาศและก๊าซเชื้อเพลิงมีการผสมกันอย่างดีก่อนที่จะจ่ายส่วนผสมดังกล่าวเข้าไปในห้องเผาไหม้ ดังนั้น เพื่อประหยัดพลังงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการให้กำเนิดความปั่นป่วน จึงต้องดัดแปลงแก้ไขรูปร่างเชิงเรขาคณิตของระบบป้อนอากาศ รวมทั้งรูปร่างของหลุมห้องเผาไหม้บนหัวลูกสูบเพื่อลดระดับความปั่นป่วนไม่ให้สูงเหมือนเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง วิธีโดยทั่วไปจะออกแบบหลุมห้องเผาไหม้ให้เกิดความปั่นป่วนในระดับพอสมควร รวมทั้งดัดแปลงแก้ไขรูปร่างเชิงเรขาคณิตของท่อนำไอดีใหม่ให้เกิดการไหลโดยมีแรงต้านต่ำโดยไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนในท่อไอดี ในการแก้ไขรูปแบบของท่อไอดีดังกล่าวมักจะมีผลกระทบในทางลบต่อการกระจายของส่วนผสมที่เข้าไปในแต่ละสูบ นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงความยาวและขนาดของท่อไอดี จะมีผลกระทบต่อความเร็วกำทอนของเครื่องยนต์ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการไหลของส่วนผสมเข้าไปในกระบอกสูบ ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสมบัติการไหลของไอดี การดัดแปลงท่อไอดีเพื่อลดการปั่นป่วนของการไหลจะต้องไม่ทำให้มีระยะทางการไหลของส่วนผสมและขนาดขอบงช่องทางไหลแตกต่างจากเดิม

คุณภาพของการปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซลให้ใช้ก๊าซธรรมชาติขึ้นอยู่กับจำนวนรายการสมบัติทางกายภาพดังกล่าวว่าเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับก๊าซธรรมชาติหรือไม่ และการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สมบัติทางกายภาพที่จำเป็นที่จะทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้คือรายการ 3 รายการแรก ส่วนรายการลำดับต่อมาไม่จำเป็นต้องทำก็ได้ แต่ถ้ามีการปรับเปลี่ยนรายการต่อมาก็จะทำให้เครื่องยนต์มีคุณภาพใช้งานได้ดีขึ้น เช่น การเลือกตำแหน่งหัวเทียนที่เหมาะสมก็จะทำให้การเผาไหม้และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีขึ้น การปรับปรุงระบบระบายความร้อนให้ระบายได้มากขึ้นก็จะทำให้ใช้งานเครื่องยนต์ที่ภาระสูงได้โดยอุณหภูมิเครื่องยนต์ไม่สูงเกินไป และการเปลี่ยนบ่าวาล์วไอเสียโดยใช้วัสดุที่ทนอุณหภูมิและการสึกหรอสูงขึ้น ก็จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์ยาวนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบเท่ากับเครื่องยนต์ดีเซลเดิม เป็นต้น รายการดังกล่าวเหล่านี้จะต้องทำการปรับเปลี่ยนหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานเครื่องยนต์

ก๊าซธรรมชาติจะลุกไหม้เองโดยไม่มีประกายไฟได้เมื่อ

1. มีความเข้มข้นในอากาศร้อยละ 5 ถึง 15
2. อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 650 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจึงต้องมีประกายไฟหรือเปลวไฟ มาเป็นตัวจุดนำการเผาไหม้ ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ

1. ใช้หัวเทียนจุดประกาย
2. ฉีดน้ำมันดีเซลเพื่อจุดนำการเผาไหม้

วิธีหลังเป็นวิธีที่เราเรียกเป็นระบบ DDF หรือระบบเชื้อเพลิงร่วม เพราะเป็นระบบที่ใช้ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซลเผาไหม้ร่วมกัน เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก็คือเครื่องยนต์ดีเซลที่เรารู้จักกันดีแล้วนั่นเอง เพียงแต่พิ่มเติมระบบจ่ายก๊าซเชื้อเพลิง (ก๊าซธรรมชาติหรือแอลพีจีก็ได้) เข้ากับเครื่องยนต์ดีเซลที่ว่านี้ ก็จะเป็นเครื่องยนต์ DDF ตามต้องการ

เนื่องจากมีเชื้อเพลิง 2 ชนิดเข้าไปเผาไหม้ร่วมกัน จึงใช้น้ำมันดีเซลลดลง และส่วนที่ลดลงก็คือส่วนที่ทดแทนด้วยก๊าซธรรมชาตินั่นเอง

ในหลักการเราจะต้องทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยก๊าซธรรมชาติมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แต่ถูกจำกัดด้วยการที่ก๊าซธรรมชาติจะลุกไหม้เองก่อนที่เราต้องการ (ชิงจุดระเบิด) จึงต้องจำกัดสัดส่วนของก๊าซธรรมชาติเท่าที่เครื่องยนต์จะไม่ชิงจุดระเบิดเท่านั้น ซึ่งจะมากหรือน้อยเท่ามดนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและภาระงานของเครื่องยนต์

ที่ความเร็วต่ำและภาระงานไม่มี ก๊าซที่ป้อนมีปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณอากาศทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงไม่ถูกเผาไหม้ เนื่องจากเจือจางมากเกินไป ดังนั้นในสภาวะเดินเบาต้องไม่ป้อนก๊าซ เพราะจะเป็นการสิ้นเปลืองและเกิดมลพิษในอากาศ

ที่สภาวะภาระงานสูง เช่น ขับขึ้นสะพานพระรามเก้า หรือบรรทุกของหนัก อุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูง ทำให้เกิดการชิงจุดระเบิดได้ง่าย จึงต้องจำกัดการป้อนก๊าซเพื่อ ไม่ให้เกิดการชิงจุดระเบิด ซึ่งทำให้เกิดการเสียหายจากลูกสูบติดหรือลูกสูบละลาย โดยทั่วไปสัดส่วนก๊าซต่อน้ำมันดีเซลอาจจะต้องจำกัดอยู่ไม่เกินร้อยละ 30 ทั้งนี้ขึ้นกับแบบของเครื่องยนต์และสภาวะสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิอากาศ เป็นต้น

ที่สภาวะภาระงานปานกลาง เช่น ขับเส้นทางต่างจังหวัดช้าๆ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ไม่สูงมาก สามารถป้อนก๊าซเป็นสัดส่วนที่สูงได้โดยเครื่องยนต์ไม่ชิงจุดระเบิด โดยอัตราส่วนก๊าซต่อน้ำมันดีเซลอาจจะสูงถึงร้อยละ 90 ก็ได้

ดังนั้น อัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยก๊าซขึ้นอยู่กับ

1. สภาพการจราจร ซึ่งหมายถึงภาระงาน และความเร็วรอบการหมุนของเครื่องยนต์
2. อุณหภูมิของอากาศภายนอก ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้
3. คุณสมบัติความต้านทานการชิงจุดระเบิดของก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้
4. แบบของเครื่องยนต์ เช่น อัตรส่วนอัด จังหวะการฉีดน้ำมันดีเซลและใช้เทอร์โบชาร์ทเจอร์หรือไม่

สิ่งหนึ่งที่สำคัญต่อคุณภาพการขับขี่เมื่อใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วม คือแบบของการควบคุมการฉีดน้ำมันดีเซล เพื่อควบคุมความเร็ว ซึ่งมีอยู่ 4 แบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบควบคุมความเร็วสุดท้าย ทำหน้าที่จำกัดความเร็วสุดท้ายเท่านั้น

2. แบบควบคุมความเร็วเดินเบาสุดท้าย นอกจากจะจำกัดความเร็วสุดท้ายแล้ว ยังควบคุมความเร็วเดินเบาด้วย

3. แบบควบคุมความเร็วทุกระดับความเร็ว ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วเดินเบา ความเร็วสุดท้ายและควบคุมความเร็วในระหว่างขอบเขตนั้นด้วย

4. แบบควบคุมความเร็วเป็นขั้นความเร็ว เป็นแบบผสมของเครื่องควบคุมความเร็วแบบเดินเบา แบบควบคุมความเร็วสุดท้ายและแบบทุกระดับความเร็ว

ระบบควบคุมความเร็วจะทำการจำกัดการฉีดน้ำมันดีเซลเพื่อรักษาระดับความเร็ว เช่น แบบควบคุมความเร็วสุดท้าย ก็จะมีผลในการควบคุมเฉพาะในช่วงความเร็วสูงสุดเท่านั้น โดยไม่ตอบสนองที่ความเร็วอื่น ดังนั้นที่ความเร็วเดินเบาปั๊มหัวฉีดก็จะฉีดน้ำมันปริมาณเดิม ถึงแม้ว่าจะมีก๊าซป้อนเข้ามาช่วยแล้วก็ตาม การป้อนก๊าซจึงจะทำให้ความเร็วรอบเดินเบาสูงขึ้น แต่ถ้าแบบการควบคุมเป็นแบบควบคุมความเร็วเดินเบาด้วย ความเร็วเดินเบาก็จะคงที่แม้ว่าจะมีการป้อนก๊าซเข้าไปเท่าไหร่ก็ตาม เพราะอุปกรณ์ชุดควบคุมความเร็ว (กัฟเวอร์เนอร์) จะลดปริมาณการฉีดน้ำมัน โดยอัตโนมัติเมื่อมีการป้อนก๊าซเข้าไปช่วยการเผาไหม้

2.7 การปฏิบัติเมื่อรถใช้ก๊าซเกิดอุบัติเหตุ

1. อุบัติเหตุจากการชน

- จอดรถ ดึงเบรคมือ เปิดกระจกรถ
- ลงจากรถ นำของมีค่าและถังดับเพลิง (ถ้ามี) ออกมาด้วย
- เปิดฝากระโปรงหน้าและหลัง เพื่อสังเกตดูอาการผิดปกติ
- (กรณีเป็นถังรุ่นวาล์วเขียว แดง ธรรมดา แบบใช้มือหมุน) ให้ปิดวาล์วมือหมุนที่ถังก๊าซ แล้วเปิดฝากระโปรงท้าย (ถ้าปิววาล์วไม่ได้ให้ปฏิบัติหัวข้อต่อไป)

*ในกรณีที่เป็นถังก๊าซที่ใช้มัลติวาล์วโทมาเซทโต้ อิตาลี (TOMASETTO, ITALY) ไม่จำเป็นต้องปิดวาล์วด้วยตนเอง เพราะมัลติวาล์วจะปิดวาล์วเอง โดยอัตโนมัติทันทีที่ปิดสวิทช์กุญแจเครื่องยนต์ (หากเป็นกรณีต่อวงจรของสวิทช์แก๊สผ่านวงจรสวิทช์กุญแจรถ – IGN)

- ดึงฟิวส์ของระบบก๊าซข้างแบตเตอรี่ออก เพื่อตัดการทำงานของระบบก๊าซ
- หากมีกลิ่นก๊าซหรือน้ำมันเชื้อเพลิง ให้รีบออกห่างพอสังเกตเห็นได้
- หากมีเพลิงไหม้ให้รีบดับเพลิงที่ต้นเพลิงทันที หรือแจ้งเหตุฉุกเฉิน
- หลังเกิดอุบัติเหตุ ก่อนจะใช้รถยนต์ด้วยระบบก๊าซอีก ควรนำรถของท่านเข้ารับการตรวจเช็คจากช่างผู้มีความชำนาญในระบบก๊าซก่อน

2. อุบัติเหตุจากการกระแทกช่วงล่างหรือใต้ท้องรถยนต์

- จอดรถ ดึงเบรคมือ ดับเครื่องยนต์ ดึงกุญแจออก
- ลงจากรถพร้อมสังเกตกลิ่นของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด (ทั้งก๊าซและน้ำมัน) แล้วรีบปิดวาล์วมือหมุนถังก๊าซ (กรณีใช้ถังวาล์วมือหมุนแบบธรรมดา)
- ถ้าเชื้อเพลิงรั่วให้แจ้งเหตุฉุกเฉิน และไม่ความสตาร์ทเครื่องยนต์อีก เพราะอาจเกิดเพลิงลุกไหม้ได้
- ให้สังเกตกลิ่นเชื้อเพลิงรั่วประมาณ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าไม่มีกลิ่นเชื้อเพลิงรั่วให้ทดลองสตาร์ทเครื่องยนต์ (ปกติระบบจะสตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันด้วยตัวระบบ อยู่แล้วทุกครั้ง) สังเกตกลิ่นอีกครั้ง ประมาณ 3 นาที

- ทดลองเปิดวาวล์ที่ถังก๊าซ แล้วสวิทช์เข้าระบบก๊าซ สังเกตกลิ่นก๊าซอีกครั้ง ถ้าไม่มีกลิ่นผิดปกติ ก็ขับ ต่อไปได้ แต่ถ้ายังมีกลิ่นก๊าซอยู่ ให้ยกเลิกระบบก๊าซ แล้วขับด้วยระบบน้ำมันแทน (ควรนำรถของท่านเข้าศูนย์บริการรถยนต์และศูนย์บริการก๊าซรถยนต์โดยเร็ว)

2.8 การดูแลรักษารถยนต์ใช้ก๊าซ

1. ตรวจเช็ครถตามระยะกำหนดของรถรุ่นนั้นๆ
   - น้ำหล่อเย็น
   - ควรใช้น้ำยาหล่อเย็นตามคู่มือกำหนด
2. น้ำมันเครื่อง
   - อาจเลือกใช้น้ำมันเครื่องสำหรับรถยนต์ที่ใช้ระบบแก๊ซ (LPG หรือ NGV) เป็นเชื้อเพลิง เช่น PTT PERFORMA สำหรับรถ Hybrid NGV/LPG
3. กรองอากาศ
   - ทำความสะอาดไส้กรองอากาศตามคู่มือกำหนด
4. ข้อต่อก๊าซทุกจุด
   - ตรวจการรั่วโดยใช้น้ำสบู่ หยอดที่ข้อต่อก๊าซทุกจุดที่สามารถทำได้เอง (ตรวจขณะเปิดใช้ระบบก๊าซ)
5. ระดับน้ำมันเชื้อเพลิงควรมีอยู่ในถังอย่างน้อย 1/4 ถัง เพื่อ
   5.1. มีน้ำมันสำรองกรณีก๊าซหมดหรือระบบจ่ายก๊าซขัดข้อง
   5.2. ช่วยลดการเกิดสนิมในถังน้ำมัน
   5.3. ป้องกันปั๊มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเสียหายในกรณีที่ระบบก๊าซนั้นไม่ได้ตัดการทำงานของปั๊มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง
6. เข้ารับบริการตรวจเช็คระบบแก๊ส ตามระยะเวลาที่อู่หรือศูนย์ติดตั้งก๊าซนั้นๆกำหนด

2.9 ราคาการติดตั้ง

การติดตั้งระบบ LPG มีราคาการติดตั้งประมาณ 20,000-30,000 บาท ขึ้นกับขนาดของถัง ในด้านความสะดวกในการหาจุดเติมเชื้อเพลิงจัดว่า เนื่องจากขณะนี้การขยายตัวของสถานีบริการก๊าซ LPG มีสูงทำให้มีสถานีบริการหลายแห่งทั่วประเทศ

2.10 ขนาดถังบรรจุก๊าซ

ถังบรรจุก๊าซ LPG จะเป็นถังมาตรฐาน มอก. ทุกใบ มีขนาดตั้งแต่ 25-96 ลิตร โดยอุปกรณ์ต่างๆและการติดตั้งเป็นไปตามมาตรฐานกรมการขนส่ง และมีใบรับรองออกให้เพื่อนำไปรับรองกับขนส่งได้

ถังขนาด 25 L วิ่งได้ 500 km

ถังขนาด 36 L วิ่งได้ 700 km

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังขนาด 48 L วิ่งได้ 850 km

ถังขนาด 58 L วิ่งได้ 1000 km

ถังขนาด 75 L วิ่งได้ 1500 km (รถหกล้อวิ่งได้ประมาณ 700-900 km)

ถังขนาด 96 L วิ่งได้ 2000 km (รถสิบล้อวิ่งได้ประมาณ 800-900 km)

อัตราการประหยัดขึ้นอยู่กับสภาพเครื่องยนต์ และน้ำหนักบรรทุก และวิธีการขับ

2.11 ความเป็นอันตราย

เนื่องจาก LPG มีความดันสูงจึงรั่วง่าย ในกรณีที่เกิดการรั่วไหลในสภาพที่เป็นของเหลว ก็จะกลายเป็นก๊าซที่มีปริมาตรมากกว่าเดิมประมาณ 250 เท่าและหนักกว่าอากาศประมาณ 2 เท่า จึงมีอันตรายเนื่องจากการสะสมอยู่ที่ต่ำได้ง่าย จึงต้องระมัดระวังให้มาก ในระหว่างการทำงานต้องคอยดูแลให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเทอย่างเพียงพอ

ในกรณีที่มีการตรวจสอบในห้องเครื่องยนต์หรือห้องเก็บของท้ายรถ ในตอนกลางคืนจะต้องใช้ไฟฉายเสมอ ห้ามใช้ไม้ขีดไฟหรือไฟแช็คเด็ดขาด นอกจากนี้การที่ LPG มีความดันสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ฉะนั้นจำเป็นต้องป้องกันภาชนะบรรจุมิให้สัมผัสแสงอาทิตย์โดยตรงหรือทำให้ร้อนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน เช่นเดียวกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผิดกันที่หลักการทำงาน เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่ดูดอากาศเข้ากระบอกสูบเพียงอย่างเดียว และทำการอัดอากาศภายในกระบอกสูบ จนเกิดความดันและความร้อนสูง หัวฉีดซึ่งติดตั้งที่หัวสูบ จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละเอียด เข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งอากาศถูกอัดตัวอยู่ ฝอยน้ำมันจะเกิดการลุกไหม้ และระเบิดผลักดันลูกสูบให้เลื่อนลงสู่ศูนย์ตายล่าง ทำให้เกิดกำลังงาน การจุดระเบิดแบบนี้ เครื่องยนต์ดีเซลอาจถูกเรียกชื่อว่า C.I. Engine (Compression Ignition Engine)

3.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ หมายถึงการทำงานของเครื่องยนต์ โดยเพลาข้อเหวี่ยงหมุนครบ 2 รอบ หรือ หมุนเป็นมุมรวม 720 องศา และให้กำลังงาน 1 ครั้ง โดยลูกสูบเลื่อนขึ้น 2 ครั้ง เลื่อนลง 2 ครั้ง ถือเป็นการทำงานครบ 1 กลวัตร โดย 1 กลวัตร ประกอบไปด้วยจังหวะการทำงานดังต่อไปนี้คือ

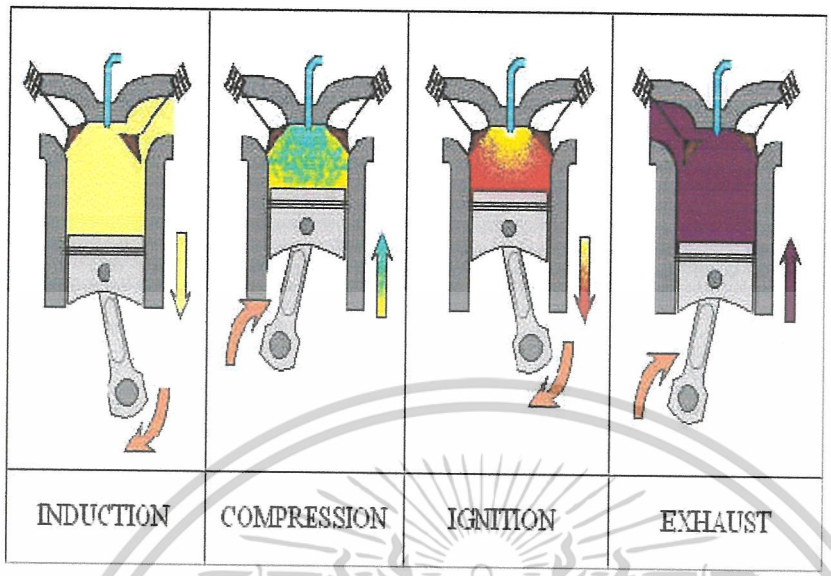
1. จังหวะดูด (Suction Stroke) เริ่มเมื่อลูกสูบอยู่ศูนย์ตายบน (T.D.C. = Top Dead Center) คือจุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่สูงสุด (เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไป ลูกสูบจะเลื่อนลง) ลิ้นไอดีเปิด ลิ้นไอเสียปิด เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ลูกสูบเลื่อนลง อากาศภายนอกถูกดูดเข้าบรรจุในกระบอกสูบทางลิ้นไอดี จนกระทั่งลูกสูบถึงศูนย์ตายล่าง (B.D.C. = Bottom Dead Center) คือจุดที่ลูกสูบเลื่อนลงต่ำสุด (เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไป ลูกสูบจะเลื่อนขึ้น) ลิ้นไอดีปิด

2. จังหวะอัด (Compression Stroke) ลูกสูบเลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่าง อัดอากาศหรือที่เรียกว่าไอดี จังหวะนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท อากาศจะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงประมาณ 1/16 ของปริมาตรเดิม เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน และมีกำลังดันจากการอัดตัวประมาณ 450 – 650 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดตัว จะสูงขึ้นประมาณ 900 – 1200 องศาฟาเรนไฮต์ (ประมาณ 482 – 649 องศาเซลเซียส) ซึ่งร้อนมากพอที่จะจุดฝอยละอองเชื้อเพลิงลุกไหม้ได้

3. จังหวะกำลัง (Power Stroke) ณ ตำแหน่งอัดสุดที่จุดศูนย์ตายบนนี้ หัวฉีดจะฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองเข้าไปในกระบอกสูบ ความร้อนของอากาศที่ถูกอัด จะจุดฝอยละอองของเชื้อเพลิง และเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ทำให้แก๊สเกิดการขยายตัว ผลักดันลูกสูบให้เลื่อนลงอย่างรุนแรงจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง ส่งกำลังที่ได้รับผ่านสลักลูกสูบและก้านสูบไปหมุนเพลาข้อเหวี่ยง

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) ลิ้นไปเสียเปิดก่อนลูกสูบเลื่อนลงถึงศูนย์ตายล่างเล็กน้อย แก๊สไอเสียจะดันออกจากกระบอกสูบ เพลาข้อเหวี่ยงยังคงหมุนต่อไป และดันลูกสูบเลื่อนขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ผลักดันไอเสียออกจากกระบอกสูบ ลูกสูบยังคงเลื่อนขึ้นจนถึงศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีเปิดโดยที่ลิ้นไอเสียเปิดอยู่ ณ ตำแหน่งนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียเปิดพร้อมกัน (Over Lap) ไอดีมีแรงดันสูงกว่าก็จะช่วยขับไล่ไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียปิดเมื่อลูกสูบเลื่อนลงจากศูนย์ตายบนเล็กน้อย และลูกสูบยังคงเลื่อนลงเรื่อยๆเพื่อดูดอากาศเข้ากระบอกสูบแล้วเริ่มทำงานต่อไปในจังหวะ ดูด – อัด – กำลัง – คาย ต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักรจนกว่าเครื่องยนต์จะดับ

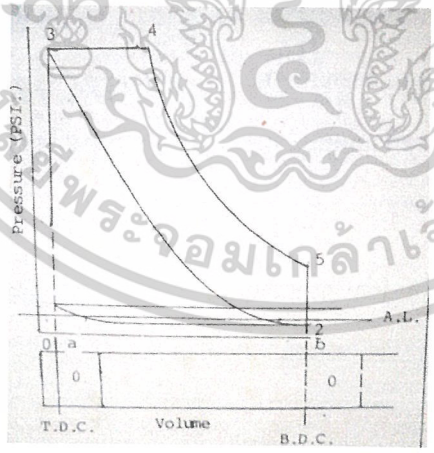
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

3.2 การเผาไหม้ (Combustion)

การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นการเผาไหม้ที่กำลังดันคงที่ (Constant Pressure) คือ การเผาไหม้ที่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งก็ทำให้ความดันเพิ่มขึ้นด้วย การเผาไหม้จะลุกลามทั้งๆที่ลูกสูบเคลื่อนที่ตอไป โดยที่ความดันนั้นไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.2 diagram การเผาไหม้ที่กำลังดันคงที่

สัญลักษณ์จาก Diagram

TB	=	ช่วงชัก	(Stroke)
T	=	ศูนย์ตายบน	(T.D.C.)
B	=	ศูนย์ตายล่าง	(B.D.C.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลวัตรทางทฤษฎีของเครื่องยนต์ดีเซล

ระยะ 1 – 2 = ช่วงดูด (Suction Stroke)

ระยะ 2 – 3 = ช่วงอัด (Compression Stroke)

ระยะ 3 – 4 = ช่วงเผาไหม้ที่ความดันคงที่ (Combustion at Constant Pressure)

ระยะ 4 – 5 = ช่วงขยายตัว (Expansion Stroke)

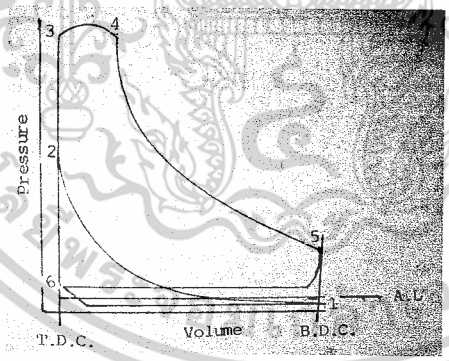
ระยะ 5 – 2 = จุดที่ไอเสียมีปริมาตรคงที่ (Exhaust at Constant Volume)

ระยะ 2 – 1 = ช่วงที่ไอเสียความดันคงที่ (Exhaust Stroke at Constant Pressure)

เริ่มต้นจังหวะดูด ขณะที่ลูกสูบเลื่อนลงจาก TDC – BDC ลิ้นไอดีจะเริ่มเปิดที่ TDC และปิดที่ BDC แทนด้วยเส้น 1 – 2 โดยส้น 1 – 2 ลูกสูบเลื่อนขึ้นจาก BDC – TDC อัดอากาศให้มีความดันประมาณ 650 ปอนด์/ตารางนิ้ว จาก 2 – 3 จังหวะอัด หลังจากนั้นหัวฉีดจะทำการฉีดเชื้อเพลิงทำให้เกิดการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ ดันลูกสูบให้เลื่อนลงจากศูนย์ตายบน (TDC) ซึ่งทำให้ปริมาตรของห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น เพื่อชดเชยกำลังดันจากการเผาไหม้ที่ลุกลาม และกำลังดันเพิ่มขึ้น ทำให้กำลังดันคงที่ (เนื่องจากปริมาตรค่อยๆเพิ่มขึ้น) จาก 3 – 4 การเผาไหม้จึงเป็นการเผาไหม้ที่กำลังดันคงที่ ต่อจากนั้นลูกสูบก็จะถูกดันลงสู่ศูนย์ตายล่าง (BDC) ซึ่งเป็นจังหวะระเบิดจนกระทั่งถึงศูนย์ตายล่าง จาก 4 – 5 เมื่อถึงศูนย์ตายล่าง (BDC) ลิ้นไอเสียจะเปิด กำลังดันจะลดลงทันทีเนื่องจากการคายไอเสีย จาก 5 – 2 ต่อจากนั้นลูกสูบจะเลื่อนขึ้นสู่ศูนย์ตายบน เป็นการไล่ไอเสีย จาก 2 – 1 สิ้นสุด 1 วัฏจักร

กลวัตรการทำงานที่แท้จริง

หาได้จากการทำงานที่แท้จริง โดยวัดจากเครื่องวัดแรงม้า



รูปที่ 3.3 แสดงกลวัตรที่แท้จริง

จาก 1 – 2 ลูกสูบเลื่อนจาก BDC – TDC ทำการอัดอากาศ เป็นจังหวะอัด

จาก 2 – 3 เกิดการเผาไหม้ที่ปริมาตรคงที่ (เนื่องจากเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว โดยปริมาตรไม่ทันเปลี่ยน)

จาก 3 – 4 เกิดการเผาไหม้ที่กำลังดันคงที่ (ลูกสูบเลื่อนลงจาก TDC โดยที่เกิดการเผาไหม้ลุกลาม ความดันเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรถูกขยายออกสัมพันธ์กัน)

จาก 4 – 5 เป็นจังหวะระเบิด

จาก 5 – 1 กำลังดันจะตกทันที เนื่องจากลิ้นไอเสียเปิดคายไอเสีย

จาก 1 – 6 เป็นจังหวะคายไอเสีย ลูกสูบเลื่อนจาก BDC – TDC ต่อจากนั้นก็จะเป็นจังหวะดูดใหม่

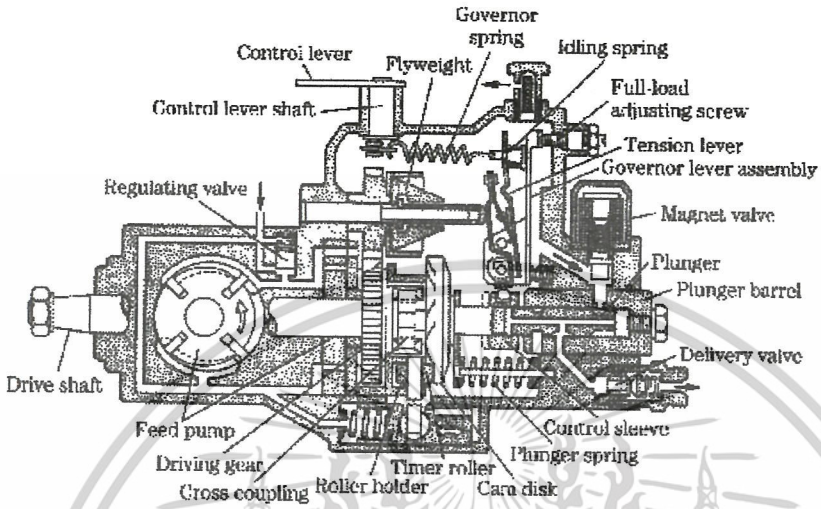
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จาก 6 – 1 (TDC - BDC)

3.3 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบจานจ่ายของ C.A.V

3.3.1 ส่วนประกอบของปั๊ม ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหมุนส่วนใหญ่อยู่ 3 ส่วนคือ



รูปที่ 3.4 รูปผ่าปั๊มจานจ่ายของ C.A.V

1. เพลาขับ ทำหน้าที่ขับตัวปั๊มจานจ่าย โดยรับกำลังขับจากเครื่องยนต์และปลายด้านที่ยื่นของปั๊มจายจ่ายทำเป็นร่องฟัน สำหรับสวมเข้ากับเฟืองในเครื่องยนต์

2. ปั๊มส่งเชื้อเพลิง (Transfer Pump) เป็นชนิดเวน (Vane) จะประกอบไปด้วยใบ 2 ใบ หมุนแนบกับเสื้อปั๊มเป็นวงกลมเยื้องศูนย์ เมื่อเพลาขับหมุนจะทำให้ใบพัด 2 ใบ หมุนไปด้วย ทำให้เชื้อเพลิงเกิดกำลังดันและส่งน้ำมันที่มีกำลังดันปานกลาง เข้าสู่เรือนปั๊ม และตรงไปยังลิ้นแบ่งเชื้อเพลิง

3. โรเตอร์ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนปั๊ม (Pumping Section) และส่วนจ่ายเชื้อเพลิง (Distributing Section)

- ส่วนจ่ายเชื้อเพลิง ทำเป็นแท่งทรงกระบอก ภายในเจาะรูท่อทางน้ำมันโดยสวมอยู่ภายในเรือนปั๊มรูปทรงกระบอกที่สวมพอดี และสามารถหมุนได้รอบตัว

- ส่วนปั๊ม ติดตั้งอยู่ที่ส่วนจ่ายเชื้อเพลิงด้านปลายของแท่งทรงกระบอก ซึ่งเจาะรูขวาง และมีลูกปั๊มทรงกระบอก 2 ลูกวางชนกันอยู่

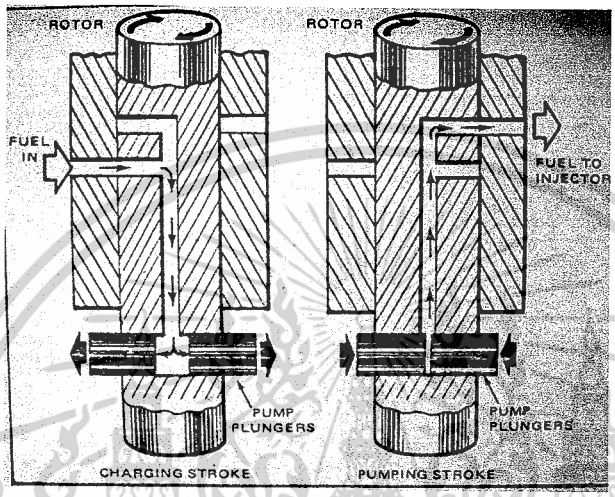
- ลูกปั๊ม (Plunger) สามารถทำงานเคลื่อนเข้าหากัน โดยลูกเบี้ยววงแหวน (Cam Ring) ซึ่งติดอยู่กับเรือนปั๊ม เมื่อโรเตอร์หมุนลูกกลิ้ง (Roller) ที่อยู่ปลายด้านนอกของลูกปั๊มจะหมุนไปด้วย ถึงตำแหน่งหนึ่งตัวลูกกลิ้งจะชนกับลูกเบี้ยววงแหวน ดันลูกปั๊มทั้งคู่เข้าหากัน อัดเชื้อเพลิงให้มีกำลังดันและจ่ายออกไป ลูกเบี้ยววงแหวนจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ และมีระยะห่างเท่ากัน

ดังนั้นการทำงานของโรเตอร์ในส่วนจ่ายเชื้อเพลิง ประกอบด้วยแท่งทรงกระบอกตรงกลางเจาะรูตามยาวด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับรูขวางของลูกปั๊ม และมีรูจ่ายเชื้อเพลิงที่ด้านปลายอีกด้านหนึ่ง รูจ่ายเชื้อเพลิงจะมีรูเดียว เมื่อตัวโรเตอร์หมุนจะทำให้รูจ่ายเชื้อเพลิงไปตรงกับรูของเรือนปั๊มทรงกระบอก รูจ่ายเชื้อเพลิงที่เรือนปั๊มทรงกระบอกมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
103129

จำนวนเท่ากับลูกสูบของเครื่องยนต์ เจาะห่างเป็นมุมเท่าๆกัน จากรูของเรือนปั๊มจะมีท่อน้ำมันแรงดันสูงต่อตรงไปยังหัวฉีด

ห่างจากรูจ่ายเชื้อเพลิง ส่วนที่เข้าหาลูกปั๊มจะมีรูเจาะทะลุเข้าไปถึงรูตามยาวของแท่งทรงกระบอก โดยเจาะทำมุมฉากกัน รูนี้เรียกว่า รูน้ำมันเข้า จะมีจำนวนรูเท่ากับจำนวนลูกสูบของเครื่องยนต์ แต่ละรูห่างทำมุมเท่าๆกัน เมื่อโรเตอร์หมุนรูน้ำมันที่เข้าโรเตอร์จะไปตรงกับรูน้ำมันที่เรือนปั๊ม ซึ่งมีรูเดียว รูนี้จะจ่ายเชื้อเพลิงเข้าโรเตอร์ เมื่อรูที่โรเตอร์ตรงกับรูที่เรือนปั๊ม น้ำมันจากลิ้นแบ่งน้ำมันจะเข้าบรรจุในโรเตอร์ ดันลูกปั๊มกางออก



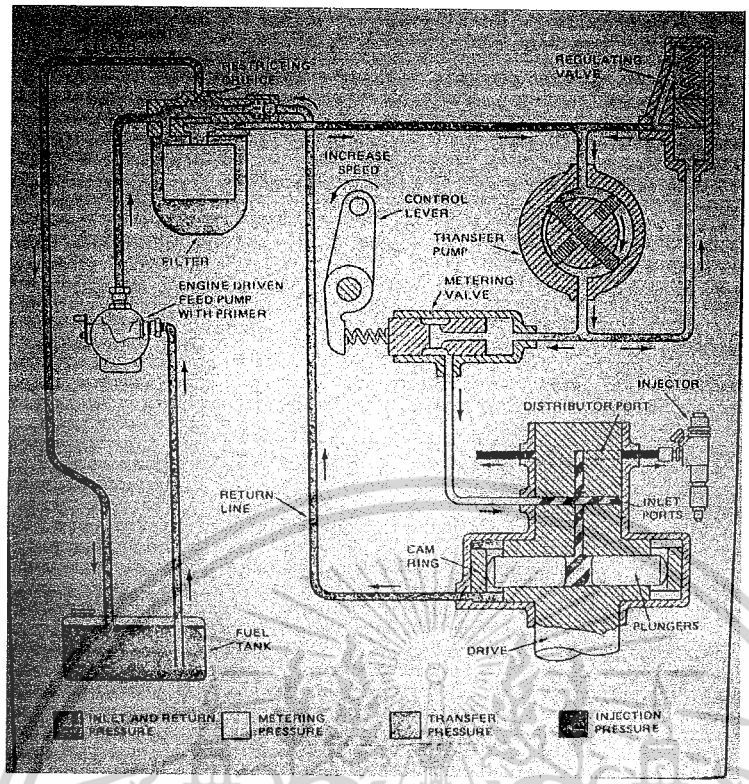
รูปที่ 3.5 โรเตอร์ของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงและจานจ่าย

3.3.2 หลักการทำงาน

น้ำมันจากถังเข้าสู่ปั๊มฉีดเชื้อเพลิง โดยปั๊มแรงดันต่ำ (Feed Pump) น้ำมันที่ผ่านออกจากปั๊มแรงต่ำ เรียกว่า Inlet Pressure และส่งต่อไปยังปั๊มส่งเชื้อเพลิง (Transfer Pump) กำลังดันน้ำมันจะสูงขึ้นปานกลาง เรียกว่า Transfer Pressure และจะสูงขึ้นตามความเร็ว ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและกำลังดัน Transfer Pressure จะควบคุมโดยลิ้นควบคุมกำลังดัน (Regulator Valve) น้ำมันที่ออกจากปั๊มส่งเชื้อเพลิงเข้าสู่เรือนปั๊มโดยผ่านลิ้นแบ่งน้ำมัน ถ้าเหยียบคันเร่งน้อย ลิ้นแบ่งน้ำมันจะบรรจุน้ำมันเข้าหัวลูกปั๊มน้อย ความเร็วรอบเครื่องยนต์จะต่ำ ถ้าเหยียบคันเร่งมาก ลิ้นแบ่งน้ำมันจะบรรจุน้ำมันเข้าหัวลูกปั๊มมาก การฉีดเชื้อเพลิงก็จะมาก ความเร็วรอบเครื่องยนต์จะสูงด้วยการจ่ายเชื้อเพลิง

เมื่อรูน้ำมันเข้าที่โรเตอร์ตรงกับรูจ่ายน้ำมันที่เรือนปั๊ม น้ำมันจะเข้าสู่หัวลูกปั๊มตามจำนวนที่ลิ้นแบ่งน้ำมันควบคุม โรเตอร์จะหมุนต่อไป รูจ่ายน้ำมันจะปิดและหมุนไปอีก ลูกปั๊มจะชนกับลูกเบี้ยววงแหวนอัดลูกปั๊มทั้งสองเข้าหากัน น้ำมันจะถูกอัดตัวและพอดีกับจังหวะที่รูจ่ายน้ำมันของโรเตอร์ตรงกับรูรับน้ำมันที่เรือนปั๊ม น้ำมันแรงดันสูงก็จะถูกดันออกไปตามท่อและฉีดออกที่หัวฉีด โรเตอร์หมุนต่อไป รูน้ำมันเข้าก็จะตรงกันอีก น้ำมันบรรจุเข้าหัวลูกปั๊มใหม่และจะฉีดออกเมื่อหมุนไปยังตำแหน่งลูกเบี้ยววงแหวน เมื่อโรเตอร์หมุนครบรอบก็จะฉีดเชื้อเพลิงครบทุกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงและจานจ่าย

3.4 หัวฉีด

หัวฉีดตั้งอยู่บนฝาสูบของเครื่องยนต์ ทำงานโดยน้ำมันซึ่งปั๊มจากปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ชิ้นส่วนที่ปลายหัวฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีกำลังดันสูงให้เป็นฝอยละออง ให้เกิดการเผาไหม้ในจังหวะอัดตรงตามเวลาที่เหมาะสม แบบของหัวฉีดแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. หัวฉีดแบบเปิด (Open Type) เป็นแบบดั้งเดิมใช้กับเครื่องยนต์บางชนิดเท่านั้น เพราะว่าหัวฉีดแบบนี้จะไม่มีลิ้นกั้นการไหลของน้ำมัน ปลายหัวฉีดจะเปิดตลอดเวลาและฝอยละอองไม่ดีนัก แต่มีข้อดีคือ หัวฉีดสะอาดไม่เกิดการอุดตันง่าย ข้อเสียคือ น้ำมันจะเกิดการหยดหรือรั่วที่ปลายหัวฉีดได้โดยง่าย

2. หัวฉีดแบบปิด (Closed Type) เป็นแบบที่นิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน ที่ปลายหัวฉีดจะมีลิ้นซึ่งดันโดยสปริงให้ลิ้นปิดตลอดเวลา ลิ้นนี้จะปิดรูน้ำมันที่จะฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ การฉีดน้ำมันจะถูกควบคุมโดยน้ำมันหรือกลไกข้อเสียก้อคือหัวฉีดแบบนี้อุดตันที่ปลายหัวฉีดได้โดยง่ายถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงสกปรก แต่ก็สามารถป้องกันโดยกรองน้ำมันให้สะอาด ก่อนเข้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ข้อดีคือ ปลายหัวฉีดจะไม่มีน้ำมันหยดหรือรั่ว

หัวฉีดแบบปิด มีการออกแบบต่างๆกันตามความเหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้ แต่พอจะแบ่งหัวฉีดแบบปิดออกได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 หัวฉีดแบบเดือย (Pintle Type Nozzle) แบบนี้ตอนปลายหัวฉีดจะมีเดือยยื่นผ่านรูของตัวเรือนหัวฉีดออกไปภายนอกเรือน ในการฉีดน้ำมัน เข็มนมหนูจะยกขึ้นจากบ่าโดยกำลังดันจากน้ำมัน แล้วฉีดน้ำมันออกไปเป็นฝอยรูปวงแหวน น้ำมันที่พุ่งออกจะเป็นรูปทรงกระบอกหรือทรงกรวย ขึ้นกับการออกแบบของเดือย เพื่อการกระจายเชื้อเพลิงตามความเหมาะสมของห้องเผาไหม้ หัวฉีดแบบนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายแบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบมาตรฐาน (Standard Pintle Nozzle) เป็นแบบที่นิยมใช้กันมาก เดือยที่ยื่นออกจากปลายหัวฉีดสั้น ระยะรูเดือยก็สั้นด้วย การทำงานของเข็มนมหนูเมื่อเริ่มต้นจะมีอัตราการฉีดน้ำมันต่ำ และสูงขึ้นเรื่อยๆตามสภาวะการยกของเข็มนมหนู และจะมีอัตราการฉีดน้ำมันสูงสุดเมื่อเข็มนมหนูยกสูงสุด

- แบบทรอตลิ่ง (Throttling Pintle Nozzle) คล้ายกับแบบมาตรฐาน ผิดกันตรงที่เดือยและระยะรูเดือยจะยาวกว่า การทำงานของเข็มนมหนูชนิดนี้ช่วงแรกที่เข็มนมหนูทำงานยกขึ้นแล้วการฉีดน้ำมันจะยังคงต่ำและสูงขึ้นเมื่อเข็มนมหนูยกตัวต่อไป เมื่อเข็มนมหนูยกตัวสูงสุด การฉีดน้ำมันจะลดลง

- แบบพิเศษ (Pintaux) เป็นหัวฉีดแบบเดือยชนิดพิเศษ ที่ดัดแปลงโดยเจาะรูน้ำมันเพิ่มขึ้นอีกเพื่อเป็นรูฉีดน้ำมันช่วย (Auxiliary Hole) เพื่อให้สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ง่าย น้ำจะฉีดออกที่รูช่วย เพราะว่ากำลังดันของน้ำมัน ไม่พียงพอที่จะยกเข็มนมหนูเมื่อความเร็วสูงขึ้น และทำงานตามปกติเข็มนมหนูจะยกสูงขึ้นเปิดทางให้น้ำมันฉีดออกจากรู้เดือยได้ตามปกติ

ข้อดีของหัวฉีดแบบ Pintle

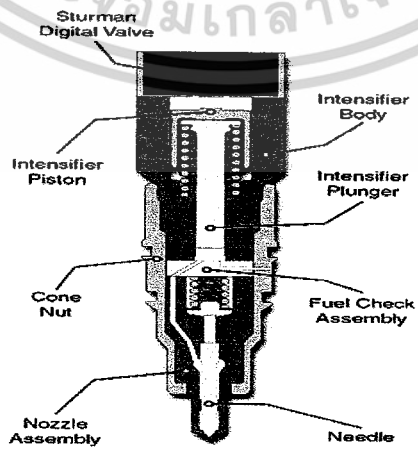
1. หัวฉีดจะมีโอกาสตันน้อย ปลายเข็มนมหนูจะยื่นออกนอกเรือนนมหนู คอยแยงทำความสะอาดตลอดเวลา

2. หัวฉีดเป็นแบบกำลังต่ำ การสึกหรอจึงมีน้อย

2.2 หัวฉีดแบบรู (Hole Type Nozzle) เป็นแบบที่ปลายหัวฉีดเจาะรูสำหรับให้น้ำมันฉีดออก มีการเจาะตั้งแต่แบบรูเดียวและแบบหลายๆรู ปลายเข็มนมหนูทำเป็นทรงกรวยนั่งบนบ่าภายในกระบอกเข็มนมหนู ปลายเข็มนมหนูไม่ยื่นออกนอกกระบอก เข็มนมหนูเหมือนแบบ Pintle เนื่องจากกำลังดันของน้ำมันสูง น้ำมันที่ฉีดออกจึงเป็นฝอยละอองดี หัวฉัดแบบรูแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

- แบบรูเดียว (Single Hole Nozzle) แบบนี้ที่ปลายหัวฉีดจะมีรูอยู่เพียงรูเดียวอยู่ตรงศูนย์กลางเป็นรูฉีดน้ำมันขนาดใหญ่ รู้น้ำมันจะถูกปิดโดยเข็มนมหนู (Needle Valve) รูหัวฉีดจะมีขนาดต่างๆกัน ตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตรขึ้นไป ละอองน้ำมันที่ฉีดจะเป็นละอองหยาบ แต่สามารถฉีดน้ำมันได้แรงจนกระทั่งฝ่าอากาศที่มีกำลังอัดสูงเข้าไปได้

- แบบหลายรู (Multi Hole Nozzle) หัวฉีดแบบนี้ที่ปลายหัวฉีดจะมีรูเจาะไว้หลายรู ขนาดรู จำนวนรู และตำแหน่งรูขึ้นอยู่กับแบบของเครื่องยนต์ น้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีดจะเป็นฝอยละอองที่ละเอียดมาก แต่แรงดันจะน้อย การฝ่าอากาศจะไม่ดี การคลุกเคล้ากับอากาศไม่ทั่วถึง เนื่องจากกำลังดันตกที่มีรูฉีดหลายรู



รูปที่ 3.7 หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.1 เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์เบนซิน

เครื่องยนต์ดีเซล	เครื่องยนต์เบนซิน
1. จุดระเบิดด้วยกำลังอัด (C.I. Engine)	1. จุดระเบิดด้วยหัวเทียน (S.I. Engine)
2. อัตราส่วนการอัดตัวประมาณ 14:1 – 22:1	2. อัตราส่วนการอัดตัวประมาณ 6:1 – 12:1
3. กำลังอัดประมาณ 400 – 700 ปอนด์/ตารางนิ้ว	3. กำลังอัดประมาณ 70 - 270 ปอนด์/ตารางนิ้ว
4. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำ	4. ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูง
5. มีความปลอดภัยสูง	5. มีความปลอดภัยต่ำ
6. ให้แรงบิดสูงกว่า	6. ให้แรงบิดต่ำกว่า
7. โอกาสเสียมีน้อยกว่า	7. โอกาสเสียมีมากกว่า
8. การจ่ายเชื้อเพลิงถูกต้องและแน่นอน	8. การจ่ายส่วนผสมและเชื้อเพลิงไม่แน่นอน
9. เพิ่มปริมาตรไอดีได้โดยเครื่องอัดอากาศ	9. เพิ่มปริมาตรไอดีไม่ได้เพราะถูกจำกัด
10. เสียงดัง	10. เสียงเงียบ
11. ควันมาก	11. ควันน้อย
12. ราคาเครื่องแพง	12. ราคาเครื่องถูก
13. ค่าบริการแพง	13. ค่าบริการถูก
14. น้ำหนักเครื่องมาก	14. น้ำหนักเครื่องน้อย
15. มีความเร็วรอบการทำงานต่ำ	15. มีความเร็วรอบการทำงานสูง
16. การเริ่มเดินเครื่องช้า	16. การเริ่มเดินเครื่องเร็ว
17. น้ำมันเชื้อเพลิงมีจุดเดือดสูง	17. น้ำมันเชื้อเพลิงมีจุดเดือดต่ำ ไวไฟกว่า
18. มีขบวนการเผาไหม้ที่แรงดันคงที่	18. มีขบวนการเผาไหม้ที่ปริมาตรคงที่
19. ควบคุมความเร็วโดยการเพิ่มปริมาตรเชื้อเพลิงที่ ฉีด	19. ควบคุมความเร็วโดยการเปิดลิ้นเร่ง
20. ความเร็วเฉลี่ยโดยประมาณ 3000 รอบ/นาที	20. ความเร็วเฉลี่ยโดยประมาณ 4500 รอบ/นาที
21. กำลังที่ได้ต่อน้ำหนักเครื่องต่ำ	21. กำลังที่ได้ต่อน้ำหนักเครื่องสูง
22. ต้องการกำลังติดเครื่องสูง	22. ต้องการกำลังติดเครื่องต่ำ
23. ความรวดเร็วของการเผาไหม้ช้า	23. ความรวดเร็วของการเผาไหม้เร็ว
24. คาร์บอนมอนออกไซด์ของไอเสียต่ำ	24. คาร์บอนมอนออกไซด์ของไอเสียสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

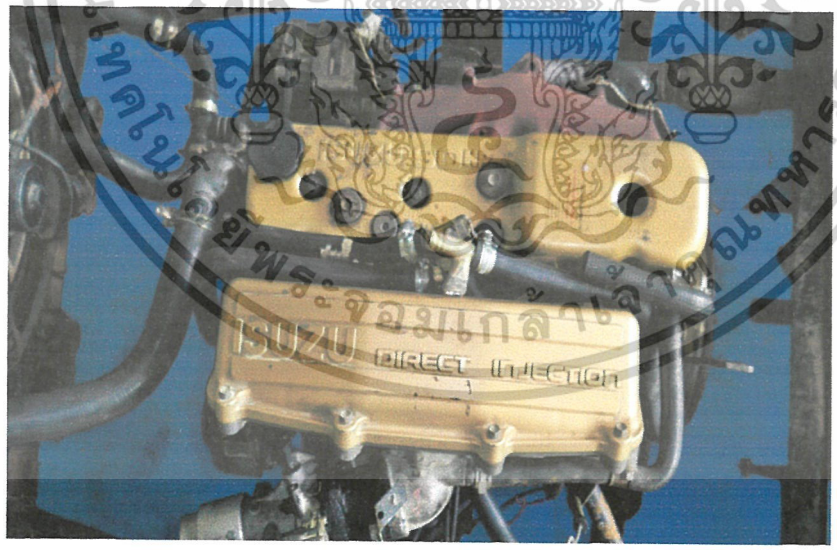
บทที่ 4
อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

4.1 อุปกรณ์สำหรับระบบก๊าซ

4.1.1 เครื่องยนต์

ข้อมูลเทคนิคดังนี้

เครื่องยนต์	ISUZU 4JA1
กระบอกสูบ	4 สูบเรียง OHV 2วาล์ว ต่อสูบ
เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ	93 มม.
ช่วงชัก	92 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	2499 cc.
อัตราส่วนกำลังอัด	18.4 : 1
แรงม้าสูงสุด	85 HP @ 4000 RPM
แรงบิด	172 N-M @ 2000 RPM
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	Direct Injection
ระบบจุดระเบิด	จุดระเบิดโดยการอัด
ลำดับการจุดระเบิด	1-3-4-2



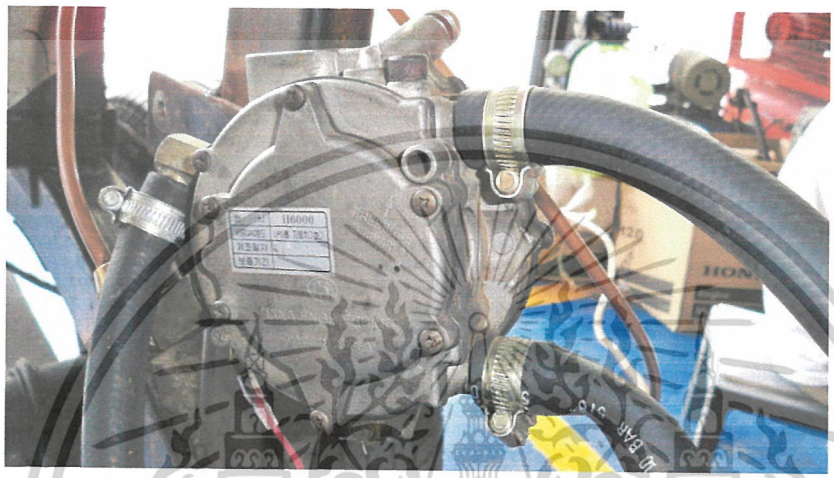
รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์ Isuzu 4JA1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 หม้อต้ม

หม้อต้มเป็นองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ที่สำคัญสำหรับ LPG และมีหน้าที่ลดความดันแล้วทำก๊าซที่เป็นของเหลวให้เป็นไอ รวมถึงการปรับความดันของก๊าซ

โครงสร้างของหม้อต้มประกอบด้วยห้องลดความดันปฐมภูมิซึ่งระเหย LPG เหลวให้เป็นไอ พร้อมๆกับลดความดันทุติยภูมิที่ลดความดันอีกครั้งและควบคุมความดันให้ใกล้เคียงกับความดันบรรยากาศ และหมุนเวียนน้ำระบายความร้อนจากเครื่องยนต์มาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับระเหย LPG



รูปที่ 4.2 หม้อต้ม

ก๊าซ LPG ซึ่งไหลเข้าไปในหม้อต้มจะดันวาล์วให้เปิดออกด้วยความดันไอของมันเองแล้วไหลเข้าไปในห้องลดความดันเพื่อลดความดันและกลายเป็นไอ โดยความร้อนที่ได้จากน้ำร้อนจากเครื่องยนต์

4.1.3 โซลีนอยด์วาล์ว

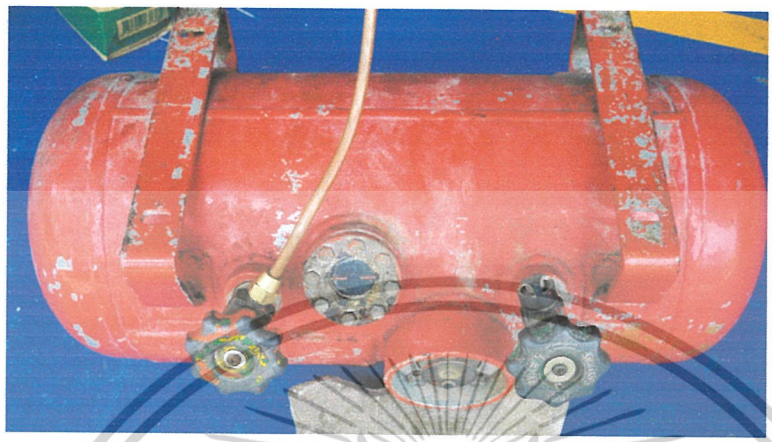
โซลีนอยด์วาล์ว เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อระบบจ่ายก๊าซจากถังก๊าซเข้าสู่หม้อต้ม โดยใช้สวิทซ์แม่เหล็กไฟฟ้า 12 โซลต์เป็นตัวทำงาน รวมทั้งมีตัวกรองก๊าซเพื่อเพิ่มความสะอาดของก๊าซที่จะเข้าไปสู่หม้อต้ม ทำให้หม้อต้มมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

รูปที่ 4.3 โซลีนอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ถังบรรจุก๊าซ

เป็นอุปกรณ์สำหรับบรรจุก๊าซ LPG โดยมีหลายขนาดและหลายผู้ผลิตสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสม เนื่องจากแรงดันของก๊าซ LPG น้อยกว่า NGV จึงมีน้ำหนักถังที่เบากว่ามาก



รูปที่4.4 ถังบรรจุก๊าซ LPG

4.1.5 ตัวปรับแต่งก๊าซ

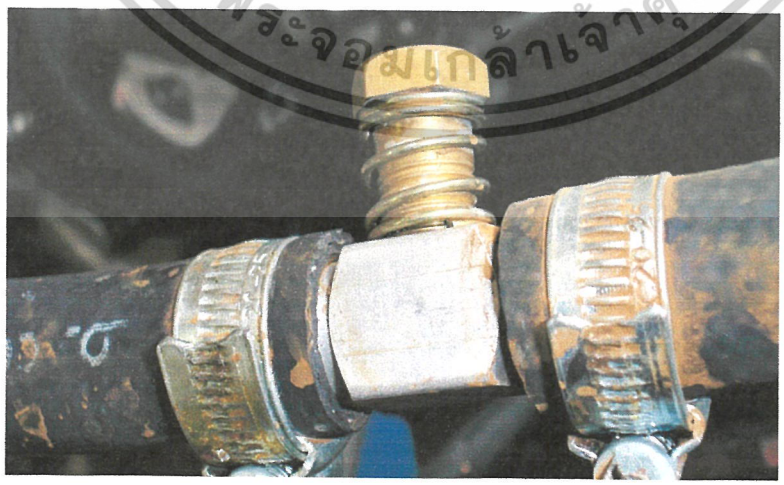
ตัวปรับแต่งก๊าซ เป็นอุปกรณ์ใช้ในการปรับแต่งก๊าซจากหม้อต้มก่อนที่จะเข้าสู่ตัวจ่ายก๊าซ เพื่อปรับปริมาณก๊าซที่จะจ่ายเข้าสู่เครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์

4.1.6 อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับส่งก๊าซ

อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับส่งก๊าซ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบเพื่อการส่งก๊าซจากถังไปยังเครื่องยนต์ โดยจะอุปกรณ์หลักคือ ท่อเหล็กหรือท่อทองแดงสำหรับส่งก๊าซแรงดันสูง ท่อยางส่งก๊าซแรงดันต่ำ เข็มขัดรัดท่อยางและเกลียวจับยึดท่อโลหะป้องกันการรั่วซึม

4.1.7 Power Valve

Power Valve เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับปริมาณก๊าซก่อนเข้า mixer



รูปที่ 4.5 power valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 Gas Mixer

อุปกรณ์ Gas Mixer นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการผสมเชื้อเพลิงระหว่างอากาศและก๊าซ สามารถเลือกซื้อจากขนาดคอท่อไอดีของเครื่องยนต์

รูปที่ 4.6 Gas mixer

4.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือวัด

4.2.1นาฬิกาจับเวลา

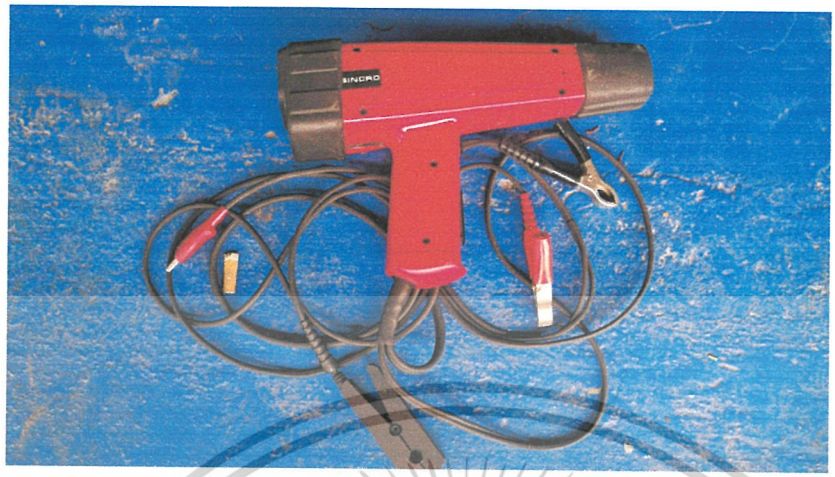
ใช้งานร่วมกับเตรื่องชั่งน้ำหนักในการเก็บข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

4.2.2เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 4.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 เครื่องวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 4.8 เครื่องวัดความเร็วรอบสำหรับเครื่องยนต์ Gasoline

4.2.4 เครื่องทดสอบไอเสีย

เครื่องทดสอบไอเสีย ใช้สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนของ Technotest Model 448 โดยการสอดหัวปีกอัพเข้าไปในท่อไอเสีย หัวปีกอัพจะดูดไอเสียบางส่วนเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์และจะแสดงผลออกมา 2 ชุด คือ ชุดแรกจะแสดงผล HC และ NO_x ที่มีอยู่ก๊าซไอเสีย โดยแสดงออกมาเป็นส่วนในล้านส่วน และชุดที่ 2 จะแสดงปริมาณของ CO CO_2 O_2 เป็นเปอร์เซ็นต์ แสดงเครื่องวัดมลพิษ

รูปที่ 4.9 เครื่องทดสอบไอเสียสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 แซสซีสไดนาโมมิเตอร์ Chassis Dynamometer

เป็นเครื่องทดสอบสมรรถนะของรถยนต์ ที่สามารถตั้งเงื่อนไขสภาพแวดล้อมให้คล้ายกับการวิ่งจริงบนท้องถนนและสามารถเปลี่ยนแปลงตามสภาพเงื่อนไขเหล่านั้นได้เพื่อการทดสอบ การทำงานของเครื่องยนต์ให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงบนท้องถนนมากที่สุด

รูปที่4.10 แซสซีสไดนาโมมิเตอร์

4.3 ขั้นตอนการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับการใช้ก๊าซ LPG

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG เปรียบเสมือนกับการนำเอาเครื่องยนต์ดีเซลมาทำเป็นเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนนั้นเอง โดยจะมีการทำให้เครื่องยนต์มีกำลังอัดลดลง และติดตั้งระบบจุดระเบิดเข้าไป

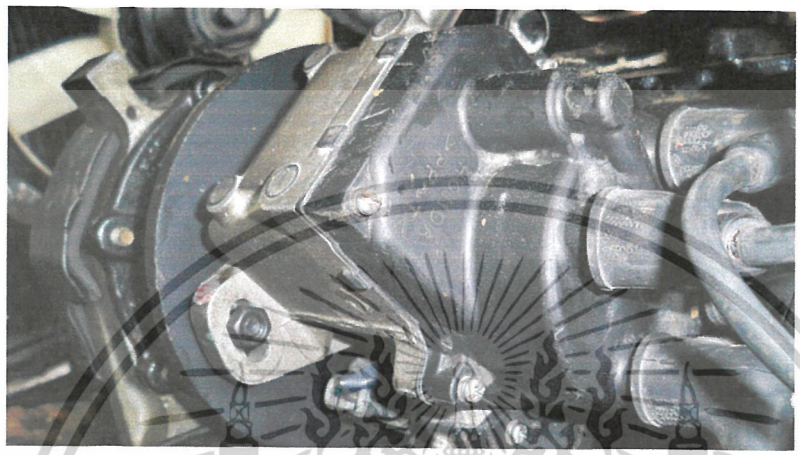
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มแรกเริ่มจากการถอดชิ้นส่วนเครื่องยนต์และนำเอาลูกสูบออกมา เพื่อทำการคว้านหัวลูกสูบ เป็นวิธีการลดกำลังอัดโดยจะลดกำลังอัดลงเหลือ 11 : 1 – 13 : 1 จากเดิม18.4 : 1 เป็นการป้องการการชิงจุดระเบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซ LPG

รูปที่ 4.11 หัวลูกสูบที่คว้านแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

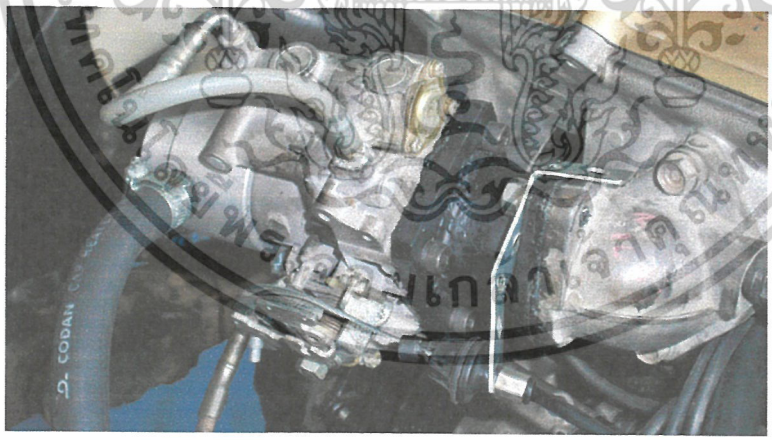
ขั้นตอนที่ 2 ทำการขยายรูหัวฉีดน้ำมันและทำเกลียวใส่หัวเทียน ซึ่งเป็นหัวเทียนขนาด 10 มิลลิเมตร เป็นเปลี่ยนระบบจุดระเบิดแบบอัด มาเป็นระบบเป็นระบบจุดระเบิดโดยหัวเทียน

ขั้นตอนที่3 การถอดปั้มน้ำมันดีเซลออกและติดตั้งจานจ่ายเข้าไปแทนที่ โดยการใส่จานจ่ายนั้นต้องมีการทำหน้าแปลนขึ้นมาเพื่อรองรับกับหน้าแปลนเดิมที่ใส่ปั้มน้ำมันเดิม โดยที่จานจ่ายนั้นเราต้องเลือกที่มีการหมุนของจานจ่ายไปทิศทางเดียวกับปั้มน้ำมันหมุน



รูปที่ 4.12 จานจ่ายที่ติดตั้งเข้าไป

ขั้นตอนที่ 4 การใส่ลิ้นเร่งเข้าทางข้างหน้าท่อไอดี เพื่อเป็นตัวควบคุมการจ่ายอากาศเข้าไปในการสันดาปเครื่องยนต์ เป็นตัวเร่งเครื่องแทนปั้มดีเซล



รูปที่ 4.13 ลิ้นเร่ง

ข้อมูลเครื่องยนต์หลังทำการดัดแปลง

กำลังอัด	11 : 1
ปริมาตรห้องเผาไหม้	53 CC per cylinder
ระบบจุดระเบิด	spark ignition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 หลักการติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซ

การติดตั้งอุปกรณ์การใช้ก๊าซ LPG เข้ากับเครื่องยนต์เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก โดยนำองค์ประกอบหลายอย่างมาคำนึงถึงในการติดตั้ง เช่น ความปลอดภัยเมื่อใช้งาน ตำแหน่งของอุปกรณ์ในการติดตั้ง และงบประมาณในการติดตั้ง ซึ่งการติดตั้งได้แสดงไว้ใน

การติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซ

1. ทำการติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (หม้อต้ม) โดย
   - ต้องอยู่ห่างจากเครื่องยนต์และท่อไอเสียอย่างน้อย 10 cm
   - ต้องอยู่ห่างจากจุดกำเนิดประกายไฟ (แบตเตอรี่,จานจ่าย) อย่างน้อย 10 cm
   - ต้องทำการติดตั้งให้มีความแข็งแรง
2. ทำการติดตั้งโซลีนอยด์ ก๊าซแรงดันสูง (Solenoid High Pressure)
   - ติดอยู่ที่ตัวหม้อต้ม
3. ทำการติดตั้งเกจวัดความดัน
   - ควรติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ง่าย
   - การติดตั้งควรหลีกเลี่ยงจุดที่มีการสั่นสะเทือนสูง
4. ทำการติดตั้งหัวเติมก๊าซ (Manual Valve)
   - ควรติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมในตัวรถยนต์ที่สามารถเข้าถึงง่าย และใช้ทำงานได้โดยปลอดภัย หัวเติมก๊าซที่ติดตั้งในห้องเครื่องยนต์จะต้องติดตั้งกับตัวถังรถ โดยจะต้องติดตั้งห่างจากแบตเตอรี่หรือวงจรไฟฟ้าแรงดันสูงอย่างเพียงพอ (อย่างน้อย 10 cm)
   - ต้องติดตั้งให้มีความแข็งแรง โดยต้องสามารถทนแรงกระทำไม่น้อยกว่า 67 kg ทุกทิศทาง
5. ทำการติดตั้ง Mixer (มิกเซอร์)
   - ติดตั้ง Mixer เข้ากับท่อไอดีบริเวณหน้าลิ้นเร่ง
   - ทำการยึด Mixer กับท่อไอดีให้แน่น
6. การเดินท่อก๊าซ

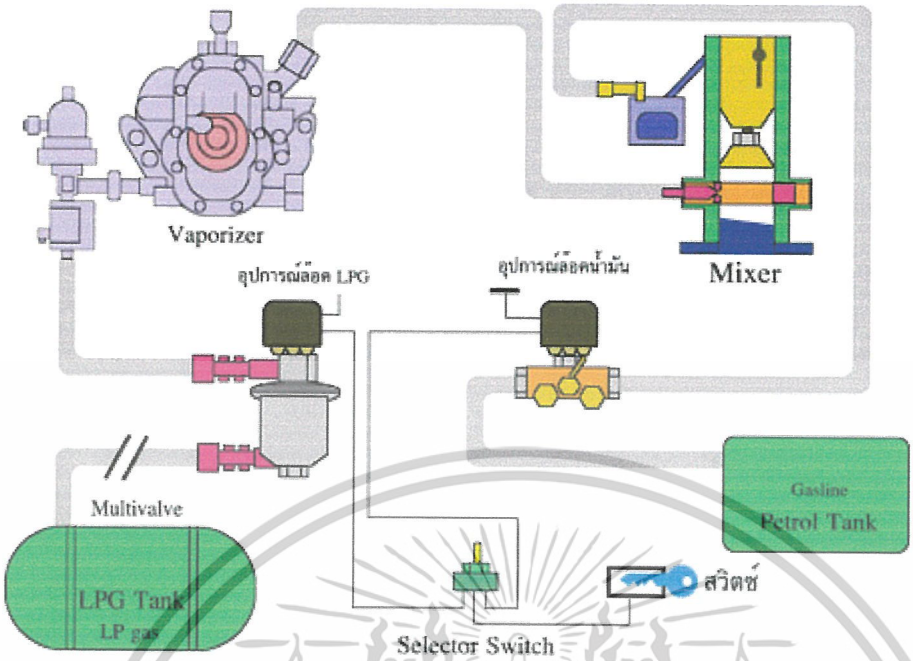
   6.1 การเดินท่อก๊าซแรงดันสูง

   - ทำการติดตั้งท่อก๊าซแรงดันสูงผ่านใต้ท้องรถ ท่อก๊าซแรงดันสูงต้องไม่อยู่ต่ำกว่าจุดต่ำสุดของรถและต้องสูงกว่าจุดต่ำสุดของรถไม่ต่ำกว่า 2 cm ให้ใช้แคลมป์ยึดท่อก๊าซกับแชสซีรถ ระยะห่างระหว่างแคลมป์ประมาณ 50 cm (ตามความเห็นของวิศวกร) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลักการโดยไม่ให้เกิดการสั่นไหวและต้องไม่มีการสั่นสะเทือนของท่อ และการยึดแคลมป์ต้องห่างกันไม่เกิน 1 เมตร (ตามกฎหมายระบุ)
   - การยึดท่อก๊าซแรงดันสูงโดยใช้แคลมป์ยึดจะต้องมียางรองในกรณีที่ท่อก๊าซแรงดันสูงไม่มีฉนวนหุ้ม

   6.2 การเดินท่อก๊าซแรงดันต่ำ

   - ทำการเดินท่อก๊าซแรงดันต่ำจากเรกกลูเรเตอร์ (หม้อต้ม) เข้ามิกเซอร์ และติดตั้งวาล์วปรับกลางสายระหว่างเรกกลูเรเตอร์กับมิกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผังการติดตั้งระบบก๊าซ

ขั้นตอนการติดตั้งก๊าซรถยนต์

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ทำการเปลี่ยนมาเป็นเครื่องยนต์เบนซินแล้วนั้นมีขั้นตอนการติดตั้งก๊าซเหมือนรถเบนซินทั่วไป โดยต่อท่อทองแดงจากถังบรรจุก๊าซเข้าสู่หม้อต้ม โดยที่หม้อต้มจะมีน้ำจากเครื่องยนต์มาเลี้ยงหม้อต้มตลอดเวลา โดยมีโซลีนอยด์วาล์วทำหน้าที่ ปิด-เปิด ก๊าซก่อนที่จะเข้าสู่หม้อต้ม ก๊าซซึ่งเข้าสู่หม้อต้มนั้นจะถูกส่งไปยังเครื่องยนต์ ผ่านทางท่อยางซึ่งติดตั้งพาวเวอร์วาล์วระหว่างทาง ก่อนที่จะจ่ายไปยังมิกเซอร์ที่ถูกติดตั้งอยู่หน้าลิ้นปีกผีเสื้อ เพื่อทำหน้าที่ผสมอากาศกับเชื้อเพลิงให้เข้ากันก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การปรับแต่งเครื่องยนต์ก่อนทำการทดสอบ

1. เครื่องดีเซลที่ได้ทำการดัดแปลงแล้วจะไม่มีระบบจ่ายน้ำมัน โดยเครื่องยนต์รับเชื้อเพลิงจากทางมิกเซอร์แทน โดยที่ก๊าซจะถูกควบคุมปริมาณการจ่ายโดยการปรับที่วาล์วหม้อต้ม

2. ในการจูนหม้อต้มนั้นเราต้องทำการหมุนวาล์วปรับรอบเดินเบาให้นิ่งเสียก่อน โดยการฟังเสียงและสังเกตุเครื่องยนต์ให้เดินเรียบ

3. ฟังเสียงเครื่องยนต์ให้ทำงานปกติ เครื่องสามารถเดินเบาได้

4. การจูนพีคพาวเวอร์ทำได้โดยการเร่งเครื่องค้างไว้ให้รอบคงที่แล้วทำการปรับพาวเวอร์วาล์ว ให้เครื่องยนต์ทำงานราบเรียบที่สุด

5. ทำการปรับแต่งเครื่องยนต์จนกว่าเครื่องยนต์จะทำงานเป็นปกติ จากนั้นก็เก็บข้อมูลที่ความเร็วต่างๆ

5.2 วัสดุอุปกรณ์

1. น้ำมันดีเซลและก๊าซ LPG
2. แชสซิสไดนาโมมิเตอร์
3. นาฬิกาจับเวลา
4. ตาชั่ง
5. อื่นๆ

5.3 ขั้นตอนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้น้ำมันดีเซล และ ก๊าซLPG เป็นเชื้อเพลิงด้วยวิธีเดียวกัน

1. นำรถที่จะทดลองเข้ามาบนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)

2. ทำการยึดรถเข้ากับอุปกรณ์จับยึด เพื่อให้รถไม่เคลื่อนที่ออกนอกเครื่องทดสอบขณะทดลอง

3. ติดเครื่องยนต์แล้วเดินเครื่องยนต์จนได้อุณหภูมิการทำงานคือ 80-90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิไดนาโมมิเตอร์อยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส

4. เร่งเครื่องยนต์โดยการปรับตำแหน่งลิ้นเร่งจนได้ค่าความเร็วเครื่องยนต์สูงสุด แล้วอ่านค่าที่ได้จากหน้าจอแชสซิสไดนาโมมิเตอร์

5. ปรับโหลดที่ต้องการจากชุดควบคุมของไดนาโมมิเตอร์เพื่อดูกำลังม้าสูงสุดและแรงบิด

6. จากนั้นทำการบันทึกค่าการใช้น้ำมันดีเซลละก๊าซ LPG โดยการจับเวลา 1 นาที ทำซ้ำอย่างนี้ 3-5 ครั้ง ในแต่ละจุดของการทดสอบ

7. ทำซ้ำข้อ 5 และ 6 โดยการปรับโหลดที่ความเร็ว 50 km/hr, 60 km/hr, 70 km/hr, 80 km/hr, 90 km/hr,100 km/hr

8. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลและพล็อตกราฟเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ก๊าซ LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 เทคนิคการปรับแต่งเครื่องยนต์

1. ตั้งปั๊มให้จ่ายน้ำมันให้น้อยที่สุดเท่าที่เครื่องจะสามารถทำงาน เพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

2. ปรับองศาการจุดระเบิดของลูกสูบเพื่อจะได้การจุดที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด หลังจากการเติมก๊าซ LPG เข้าไป

3. ปรับแต่งองศาการจุดระเบิดโดยเพิ่ม-ลดทีละน้อย แล้วทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ในแต่ละความเร็ว เพื่อดูว่าจุดไหนที่เครื่องทำงานได้สมบูรณ์

5.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบน้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ความเร็วรอบ g/(rpm)	กำลัง (kW)	แรงบิด (N-m)	น้ำมันดีเซล (g/min)	Bsfc (g/kW-hr)
50	2040	26.65	124.81	125.00	281.42
60	2337	32.08	131.15	154.20	288.40
70	2675	34.94	124.79	173.50	297.94
80	3106	37.66	115.84	187.50	298.73
90	3645	39.78	104.27	205.40	309.80
100	4102	38.19	88.95	211.63	332.49

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบโดยใช้ก๊าซLPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลัง (kW)	แรงบิด (N-m)	ก๊าซ LPG (g/min)	Bsfc (g/kW-hr)
50	2060	31.42	145.65	109	208.15
60	2487	38.21	146.79	134	210.42
70	2884	42.28	140.07	150	212.87
80	3266	44.64	130.59	167	224.46
90	3684	46.87	121.55	181	231.70
100	4138	45.43	104.89	192	253.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงราคาเมื่อใช้น้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	น้ำมันดีเซล (L/hr)	ราคา (บาท/hr)
50	9.28	185.64
60	11.44	228.80
70	12.88	257.61
80	13.92	278.47
90	15.25	305.05
100	15.72	314.30

ตารางที่ 5.4 แสดงราคาเมื่อใช้เชื้อเพลิง LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	แก๊ซ LPG (L/hr)	ราคา (บาท/hr)
50	12.43	136.69
60	15.27	168.03
70	18.89	207.79
80	19.04	209.42
90	20.63	226.97
100	24.18	265.99

ตารางที่ 5.5 แสดงอัตราความร้อนจากการสันดาปน้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	น้ำมันดีเซล (g/min)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/hr)
50	125.00	81600.00
60	154.20	100661.76
70	173.5	113260.8
80	187.50	122400.00
90	205.40	134085.12
100	211.63	138152.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงอัตราความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ก๊าซ LPG (g/min)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/hr)
50	109	77891.40
60	134	95756.40
70	150	107190.00
80	167	119338.20
90	181	129342.60
100	192	137203.2

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาและความประหยัด (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ราคาน้ำมันดีเซล (บาท/hr)	ราคาก๊าซ LPG (บาท/hr)	ก๊าซ LPG ประหยัดกว่าน้ำมันดีเซล (บาท/hr)
50	185.64	136.69	48.95
60	228.80	168.03	60.77
70	257.61	207.79	49.82
80	278.47	209.42	69.05
90	305.05	226.97	78.08
100	314.30	265.99	48.31
เฉลี่ย	261.65	202.04	59.46

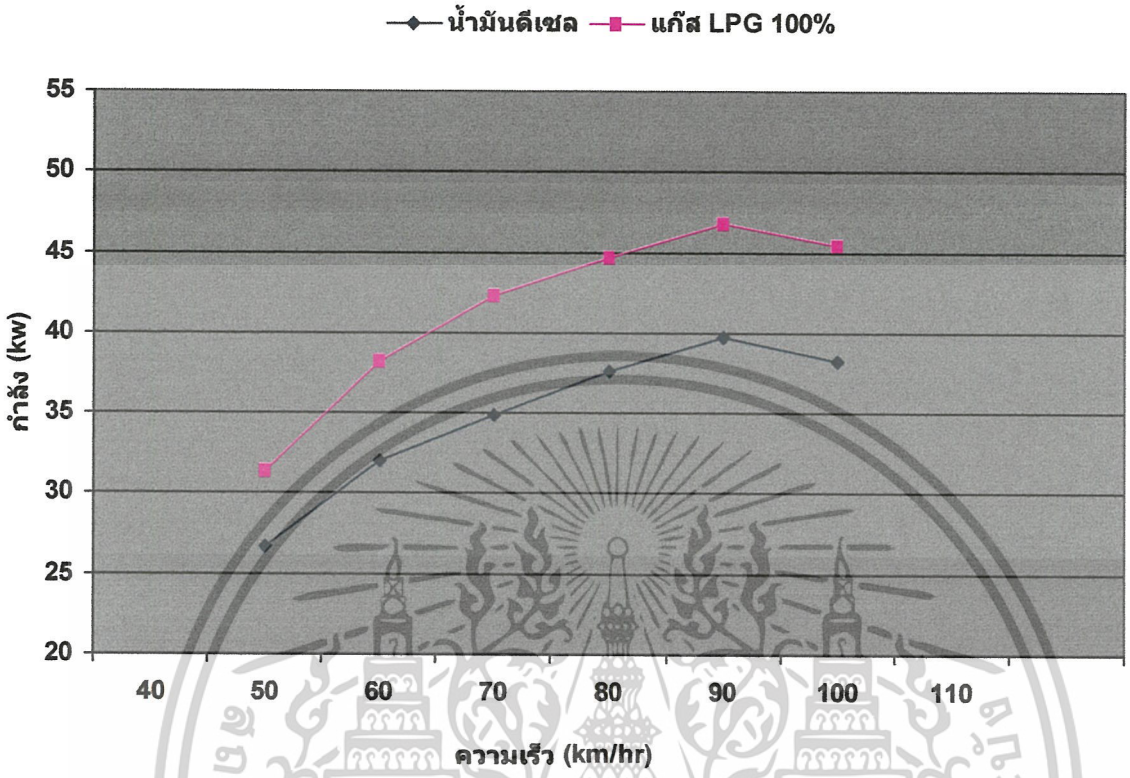
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 แสดง bsfc ของเชื้อเพลิง (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	Bsfc ของน้ำมันดีเซล (kcal/kW-hr)	bsfc ของก๊าซ LPG (kcal/kW-hr)
50	3061.91	2479.04
60	3137.84	2506.07
70	3241.58	2535.24
80	3250.13	2673.35
90	3370.67	2759.60
100	3617.49	3020.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

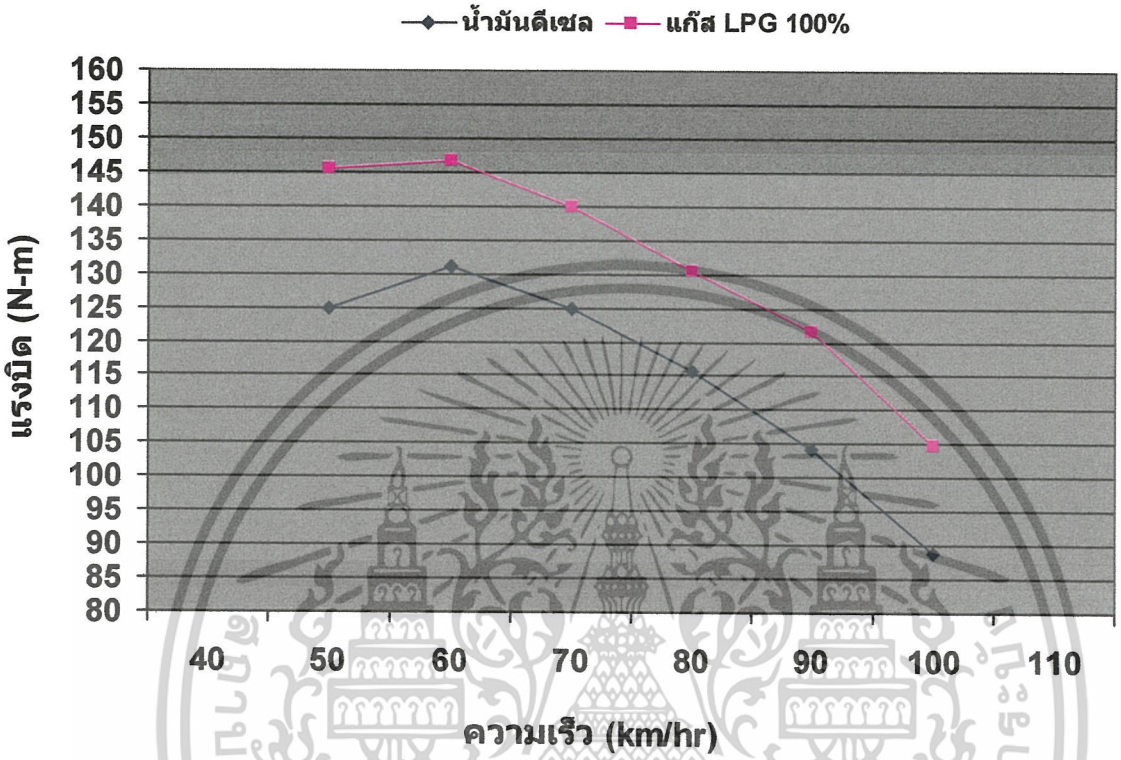
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็ว จะเห็นว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเหมือนกันทั้งเส้นกราฟน้ำมันดีเซลและเส้นกราฟก๊าซ LPG 100% เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวมีกำลังสูงสุดอยู่ที่ 90 km/hr ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.78 kW และก๊าซ LPG 100% ก็มีกำลังสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้น คือ 46.87 kW เมื่อคิดค่าเฉลี่ยก๊าซ LPG 100% จะมีกำลังเพิ่มขึ้น 17.82%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

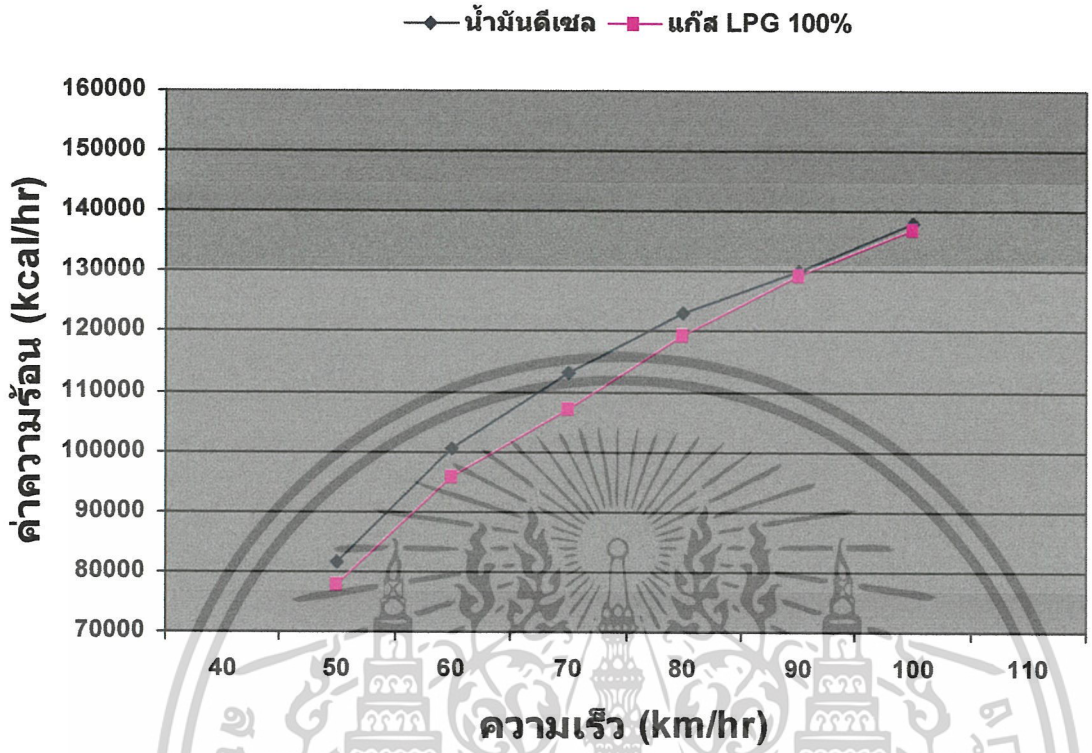
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็ว จะเห็นว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเหมือนกันทั้งเส้นกราฟน้ำมันดีเซลและเส้นกราฟก๊าซ LPG เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวมีแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ 70 km/hr ซึ่งมีค่าเท่ากับ 131.15N-m และก๊าซ LPG ก็มีแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 146.79N-m เมื่อคิดค่าเฉลี่ยก๊าซ LPG จะมีแรงบิดเพิ่มขึ้น 11.93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

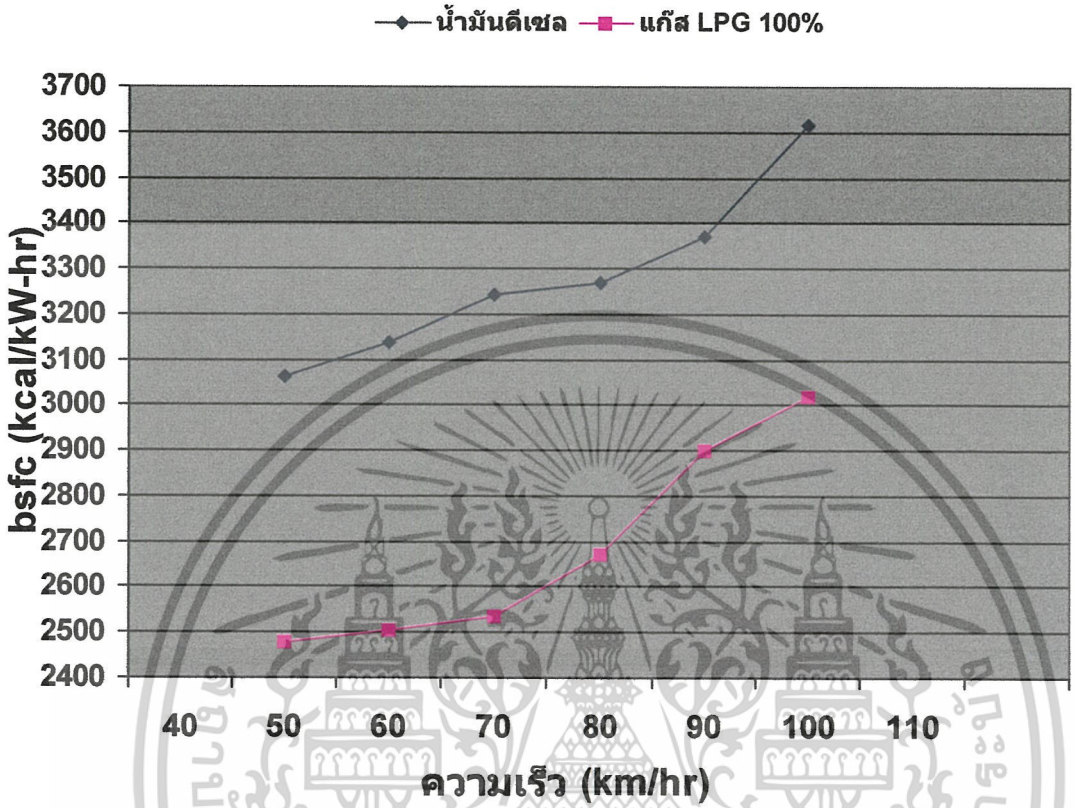
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อนจากการสันดาปกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อนจากการสันดาปกับความเร็ว จะเห็นว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเหมือนกัน ทั้งเส้นกราฟน้ำมันดีเซลและเส้นกราฟก๊าซ LPG เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวมีอัตราความร้อนจากการสันดาปสูงสุดอยู่ที่ 100 km/hr ซึ่งมีค่าเท่ากับ 138152.1 kcal/hr และก๊าซ LPG ก็มีอัตราความร้อนจากการสันดาปสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้น 137203.2 kcal/hr เมื่อคิดค่าเฉลี่ยก๊าซ LPG จะมีอัตราความร้อนจากการสันดาปลดลง 0.69%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

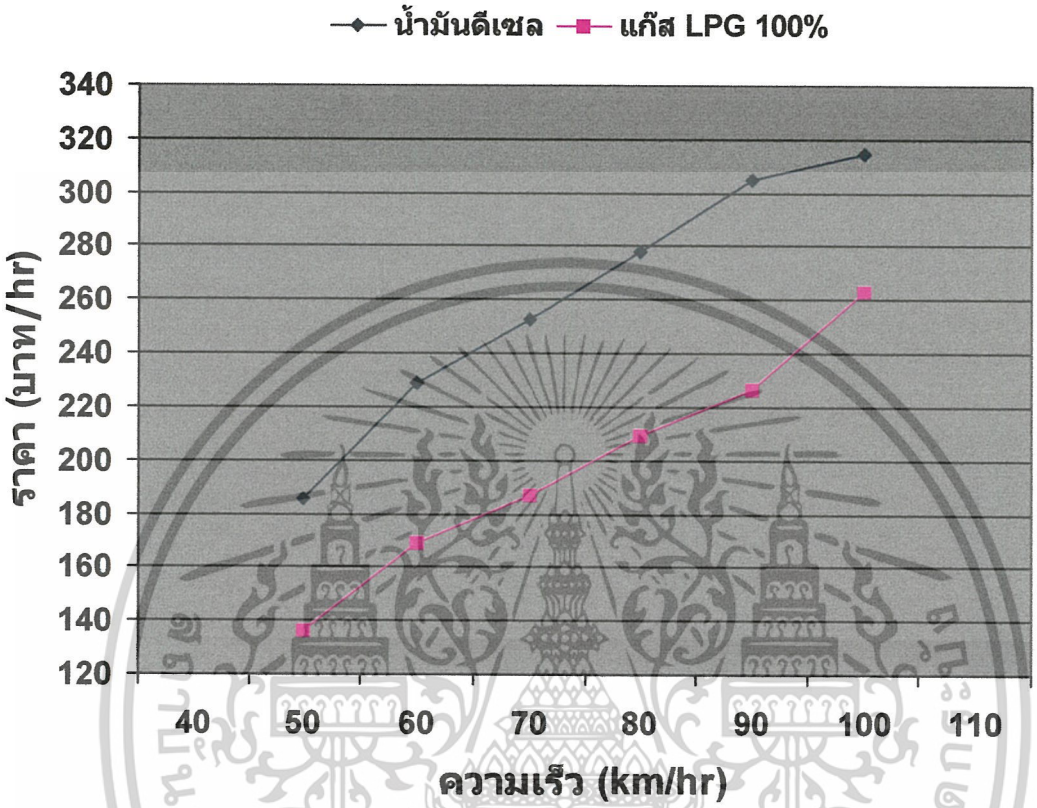
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็ว จะเห็นว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเหมือนกัน ทั้งเส้นกราฟน้ำมันดีเซลและเส้นกราฟก๊าซ LPG เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวมี bsfc อยู่ที่ 100 km/hr ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3617.49 kcal/kW-hr และก๊าซ LPG ก็มี bsfc สูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีค่าลดลงเล็กน้อยคือ 3020.10kcal/kW-hr เมื่อคิดค่าเฉลี่ยก๊าซ LPG จะมี bsfc ลดลง 16.51%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาเชื้อเพลิงกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาเชื้อเพลิงกับความเร็ว จะเห็นว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเหมือนกัน ทั้งเส้นกราฟน้ำมันดีเซลและเส้นกราฟก๊าซ LPG เมื่อใช้น้ำมันดีเซลจะมีราคาเชื้อเพลิงสูงสุดอยู่ที่ 100 km/hr และก๊าซ LPG ก็มีราคาเชื้อเพลิงสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีค่าลดลงเล็กน้อยคือ 263.34 บาท/hr เมื่อคิดค่าเฉลี่ยก๊าซ LPG จะมีราคาถูกลง 19%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

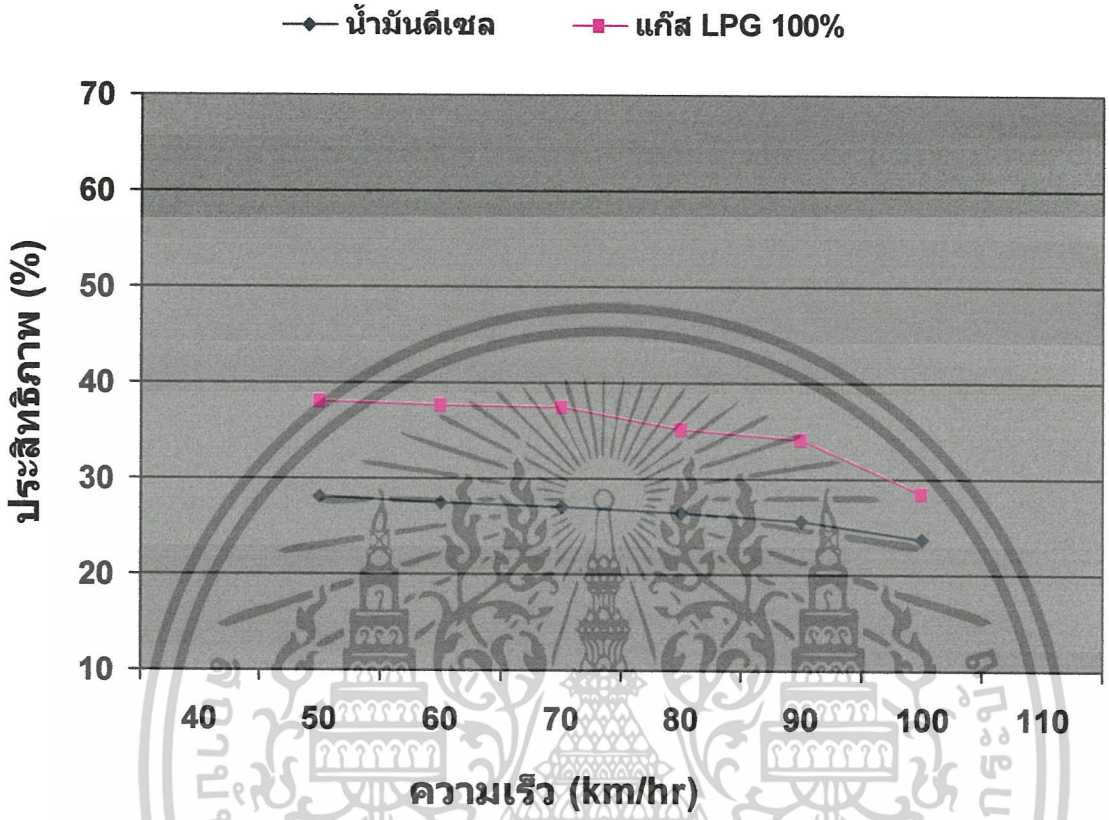
ความเร็ว (km/hr)	กำลังของเครื่องยนต์ (kW)	กำลังของน้ำมันดีเซล (kW)	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (%)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/h)
50	26.65	94.75	28.13	1360.00
60	32.08	116.88	27.45	1677.70
70	34.94	128.93	27.10	1850.69
80	37.66	142.12	26.50	2040.00
90	39.78	155.69	25.55	2234.75
100	38.19	160.41	23.81	2302.53

ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซ LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	กำลังของเครื่องยนต์ (kW)	กำลังของก๊าซ LPG 100% (kW)	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (%)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/h)
50	31.42	82.62	38.03	1185.92
60	38.21	101.57	37.62	1457.92
70	42.28	112.94	37.44	1621.12
80	44.64	126.58	35.27	1816.96
90	46.87	137.19	34.16	1969.28
100	45.43	159.17	28.54	2284.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์กับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์กับความเร็ว เห็นว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเหมือนกัน ทั้งเส้นกราฟน้ำมันดีเซลและเส้นกราฟก๊าซ LPG เมื่อใช้น้ำมันดีเซลอ มีประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุดอยู่ที่ 50 km/hr ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.13% และก๊าซ LPG ก็มีประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุดอยู่ที่50 km/hr โดยเพิ่มขึ้นคือ 38.03% เมื่อคิดค่าเฉลี่ยก๊าซ LPG จะมีประสิทธิภาพเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น 33.14%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

กำลังงาน

$$p = (p_{output} + p_{loss}) \times k \quad \text{(KW)}$$

แรงบิด

$$T = \frac{p}{2\pi N} \times 60 \quad \text{(N-m)}$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

$$bsfc = \frac{\dot{m_f}}{p} \times 60 \quad \text{(g/kW-hr)}$$

อัตราความร้อนจากการสันดาป

$$\dot{Q_{in}} = \dot{m_f} \cdot Q_{LV} \times 60 \quad \text{(Kcal/hr)}$$

5.7 ตัวอย่างการคำนวณ

1. ตัวอย่างการคำนวณกำลังจริงที่โหลดความเร็ว 100 Km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จากการทดสอบอ่านค่ากำลังจากหน้าปัทม์เครื่องแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ p_{output} เท่ากับ 28.8 kW มีความเร็วรอบเท่ากับ 4102 rpm เครื่องแชสซิสไดนาโมมิเตอร์มีกำลังสูญเสีย p_{loss} เท่ากับ 30 % และค่า k คือค่าคงที่ที่ได้จากกราฟหาความสัมพันธ์ค่า k จากการทดสอบอ่านค่า k ได้ 1.015 ดังนั้นคิดกำลังจริงที่ได้ดังนี้

สูตร $$p = (p_{output} + p_{loss}) \times k \quad \text{(KW)}$$

$$p = [28.8 + (28.8 \times 0.3)] \times 1.015 \quad \text{(KW)}$$

$$p = 38 \quad \text{(KW)}$$

2. ตัวอย่างการคำนวณแรงบิดที่โหลดความเร็ว 100 km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จากการคำนวณกำลังเราได้กำลังจริงเท่ากับ 38 kW มีความเร็วรอบเท่ากับ 4102 rpm ดังนั้นคิดแรงบิดได้ดังนี้

สูตร $$T = \frac{p}{2\pi N} \times 60 \quad \text{(N-m)}$$

$$T = \frac{38}{2 \times \pi \times 4102} \frac{kW}{rpm} \times 60 \frac{sec}{min} \quad \text{(N-m)}$$

$$T = \frac{38}{2 \times \pi \times 4102} \times 10^3 \frac{J/sec}{rpm} \times 60 \frac{sec}{min} \quad \text{(N-m)}$$

$$T = 88.463 \quad \text{(N-m)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวอย่างการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง bsfc ที่โหลดความเร็ว 100 km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จากการทดสอบเราวัดค่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิง $\dot{m}_f$ ได้เท่ากับ 211.63 g/min กำลังเราได้จากการคำนวณกำลังจริง เท่ากับ 38 kW ดังนั้นคิดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง bsfc ได้ดังนี้

สูตร $$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{p} \times 60 \quad \text{(g/kW - hr)}$$

$$bsfc = \frac{211.63}{38}\frac{g/min}{kW} \times 60\frac{min}{hr} \quad \text{(g/kW-hr)}$$

$$bsfc = 334.153 \quad \text{(g/kW-hr)}$$

4. ตัวอย่างการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง bsfc ในรูปของพลังงานความร้อนที่โหลดความเร็ว 100 km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

สูตร $$bsfc = \frac{\text{ความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง}}{\text{กำลังที่ได้}}$$

$$bsfc = \frac{138152.064\frac{kcal}{hr}}{38\frac{}{kW}} = 3635.581$$

5. ตัวอย่างการคำนวณอัตราความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงที่โหลดความเร็ว 100 km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จากการทดสอบเราวัดค่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิง $\dot{m}_f$ ได้เท่ากับ 211.63 g/min Q_{LV} จากตารางความร้อนของเชื้อเพลิงเท่ากับ 10.88 kcal/g ดังนั้นคิดอัตราความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงได้ดังนี้

สูตร $$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_f \cdot Q_{LV} \times 60 \quad \text{(Kcal/hr)}$$

$$\dot{Q}_{in} = 211.63\frac{g}{min} \times 10.88\frac{kcal}{g} \times 60\frac{min}{hr} \quad \text{(Kcal/hr)}$$

$$\dot{Q}_{in} = 138152.064 \quad \text{(Kcal/hr)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่โหลดความเร็ว 100 km/hr โดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จากการทดสอบได้กำลัง $p = 38$ kW อัตราความร้อนของน้ำมันเท่ากับ 2302.53 kcal/min ดังนั้นคิดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้ดังนี้

สูตร ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ = กำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ / กำลังงานของเชื้อเพลิงที่ใช้ $\times 100\%$

กำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ = 38 kW

กำลังงานของเชื้อเพลิง = อัตราความร้อนของเชื้อเพลิง $\frac{kcal}{min} \times \frac{1min}{60sec} \times 4.187 \frac{kJ}{kcal}$

กำลังงานของเชื้อเพลิง = $2302.53 \frac{kcal}{\min} \times \frac{1min}{60sec} \times 4.187 \frac{kJ}{kcal}$

กำลังงานของเชื้อเพลิง = 160.678 kW

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ = $\frac{38kW}{160.678kW} \times 100\% = 23.65\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้ก๊าซ LPG 100% นั้นได้ผลการทดลองในทางที่ดีขึ้น โดยกำลังเพิ่มขึ้น 17.82% แรงบิดเพิ่มขึ้น 11.93% ค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิง(ณ ราคาน้ำมันดีเซล 20 บาท/ลิตร ราคาก๊าซ LPG 11 บาท/ลิตร)ลดลง 19% อีกทั้งยังเป็นการลดมลพิษ แต่ยังมีข้อเสียในเรื่องของความร้อนของเครื่องยนต์ที่ยังมีอุณภูมิสูงอยู่

6.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. เนื่องจากเครื่องทดสอบเครื่องยนต์ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) แบบ Eddy Current Electric Dynamometer ไม่สามารถรองรับแรงม้าของเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ได้ จึงนำเครื่องยนต์ติดตั้งบนแชสซิสกระบะนิสสันเพื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบรถยนต์แชสซิส ไดนาโมมิเตอร์

2. ดิฟเฟอร์เรนเชียลเกียร์ (เฟืองท้าย) เกิดการชำรุดเนื่องจากเพลาส่งกำลังมีการเยื้องศูนย์ จึงทำการเปลี่ยนดิฟเฟอร์เรนเชียลเกียร์และปรับแก้เพลาส่งกำลังโดยผู้เชี่ยวชาญ

6.2.3

4. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซ LPG มีอุณหภูมิสูงมาก จึงต้องเพิ่มขนาดหม้อน้ำให้ใหญ่ขึ้นเพื่อการระบายความร้อนที่ดีขึ้น

5. เครื่องทดสอบมีอุณหภูมิสูงขณะทำการทดสอบ ควรมีการพักเป็นระยะๆ

6. เนื่องจากเครื่องยนต์มีรอบการทำงานที่สูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิของดิฟเฟอร์เรนเชียลเกียร์สูงขึ้น ก่อนทำการทดสอบแต่ละครั้งจึงควรรอให้ดิฟเฟอร์เรนเชียลเกียร์มีอุณหภูมิต่ำลงเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

7. เดิมเครื่องยนต์มีการติดตั้งท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงผิดพลาด ทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่สมบูรณ์ จึงทำการติดตั้งให้ถูกต้อง

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. หลังจากดัดแปลงเครื่องยนต์ควรเปลี่ยนชนิดของน้ำมันหล่อลื่น โดยใช้น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซ NGV หรือ LPG

2. ควรเปลี่ยนบ่าวาล์วเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ เนื่องจากอุณหภูมิของเครื่องที่ทำการดัดแปลงมีอุณภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ควรคำนึงถึงความปลอดภัยขณะทำการทดลองและขณะทำงานอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะการตรวจสอบการรั่วของระบบก๊าซอย่างสม่ำเสมอ

4. สำหรับการพัฒนาเครื่องยนต์ก๊าซ LPG สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนระบบจ่ายก๊าซเป็นระบบหัวฉีดเพื่อความแม่นยำและความประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals

[2] ประเสริฐ เทียนนิมิต, ขวัญชัย ทรัพย์สินสมบูรณ์, ปานเพชร ชินินทร, เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น ซีเอ็ดยูเคชั่น

[3] บริษัท ปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย จำกัด(มหาชน)

[4] ร.ศ. ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, Auto Motive Engineering

[5] ศรีณรงค์ ตู้ทองคำ, ธิติ ธาตรีนรานนท์, พงษ์วุฒิ สิทธิผล, ทฤษฎี ดีเซล โรงพิมพ์เจริญธรรม

[6] ศรีณรงค์ ตู้ทองคำ, ธิติ ธาตรีนรานนท์, พงษ์วุฒิ สิทธิผล, ทฤษฎี ไฟฟ้ารถยนต์2 โรงพิมพ์เจริญธรรม

[7] ขวัญชัย เหลืองอะหร่าม, วุฒิชัย ภู่ระหงษ์, วันชัย จรุ่มเครือ, "การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใชเชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซ LPG" , สถาบันเคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

P = กำลังงาน (kW)

N = จำนวนรอบ (rpm)

T = แรงบิด (N-m)

$m\square_f$ = อัตราการไหลมวลของเชื้อเพลิง (g/min)

bsfc = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (g/kW-hr)

$\square\square_{in}$ = อัตราความร้อนจากการสันดาป

$\square_{HV}$ = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข.1 คุณสมบัติของ LPG

ชื่อ / คุณสมบัติ		LPG				น้ำมันดีเซล
		PROPANE	PROPYLENE	N-BUTANE	ISO-BUTANE	
สูตรโมเลกุล		C_3H_8	C_3H_6	C_4H_{10}	C_4H_{10}	
จุดเดือด (°C)		-42.07	-47.70	-0.5	-11.73	200-315
ความดันไอ (kg/cm^2, 20°C)		8.0	9.8	2.0	2.95	-
ความถ่วงจำเพาะ	ของเหลว น้ำ = 1 (15°C)	0.508	0.522	0.584	0.563	0.82-0.95
	ก๊าซ อากาศ = 1 (15°C)	1.548	1.453	2.071	2.067	-
จุดติดไฟ (°C)		481	458	441	544	-
ค่าความร้อน (kcal/kg)		12,034	11,692	11,832	11,797	10,882.1
ช่วงการลุกไหม้ (% ในอากาศ)		2.37-9.50	2.0-11.10	1.86-8.41	1.8-8.44	-
ความเร็วสูงสุดของเปลวไฟ		0.81	1.01	0.825	1.825	1.9
ปริมาณอากาศที่ใช้ในการสันดาปอย่างสมบูรณ์ (kg/kg)		15.71	14.80	15.49	15.49	14.4
ความร้อนแฝงของการระเหย (kcal/kg)		101.8	104.6	62.09	87.56	-
ค่าอ๊อกเทน (Octane NO.)		125	85	91	99	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 มาตรฐานของ LPG ที่ใช้กับเครื่องยนต์

หัวข้อ		เบอร์ 1 (ใช้ในฤดูหนาว)(1พ.ย.-ปลาย มี.ค.)	เบอร์ 2 (ใช้ในฤดูร้อน)(1 เม.ย.-ปลาย ต.ค.)
ความถ่วงจำเพาะ(ของเหลว) 15/4c		0.55-0.56	0.56-0.58
อุณหภูมิที่ระเหย °c	95%	ต่ำกว่า 0	ต่ำกว่า 0
	100%	ต่ำกว่า +2	ต่ำกว่า +2
ความดันไอ (37.8°C) kg/cm2		5.0-8.5	3.0-55.5
ปริมาณกำมะถัน (นน.) %		ต่ำกว่า 0.01	ต่ำกว่า 0.01
ปริมาณความชื้น		ไม่พบ	ไม่พบ
การกัดกร่อนแผ่นทองแดง 50c 1 h		ต่ำกว่า 1 มม.	ต่ำกว่า 1 มม.
ส่วนประกอบ (นน.) %	Propane	20-60	0-20
	Butane (n-butane และ iso-butane 6:4)	80-40	100-60
	Buthylene และอื่นๆ	ต่ำกว่า 5	ต่ำกว่า 5
ส่วนที่เหลือ (residue) %		ต่ำกว่า 0.5	ต่ำกว่า 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ส่วนประกอบของก๊าซเสียที่ภาวการณ์ทำงานต่างๆ

เชื้อเพลิง	สภาวะการทำงาน	คาร์บอนมอนนอกไซด์ CO (%)	ไฮโดรคาร์บอน HC (ppm)	ไนโตรเจนออกไซด์ NO_x (ppm)	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 (ppm)
น้ำมันเบนซิน	เครื่องเดินเบา	4.0-15.0	300-2,000	50-1,000	0
	ความเร็ว (0-40 km/h)	0.7-5.0	300-800	1,000-4,000	0
	ความเร็วคงที่ (40 km/h)	0.5-4.0	200-400	1,000-3,000	0
	ลดความเร็ว (40-0 km/h)	1.5-4.5	1,000-3,000	5-50	0
LPG	เครื่องเดินเบา	2.0-5.0	150-1,000	40	0
	เร่งความเร็ว	0.7-2.0	100-350	1,200-2,000	0
	ความเร็วคงที่	0.4-1.0	120-200	4,500	0
	ลดความเร็ว	1.5-4.0	2,000-4,000	60	0
น้ำมันดีเซล	เครื่องเดินเบา	0	300-500	50-70	20-100
	เร่งความเร็ว	0-0.1	200	800-1070	20-100
	ความเร็วคงที่	0	90-150	200-1,000	20-100
	ลดความเร็ว	0	300-400	30-90	20-100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ ค.1 ค่าไอเสียของเครื่องยนต์ติดก๊าซ LPG

N (rpm)	% Vol CO	% Vol CO_2	PPM Vol HC	% Vol O_2	PPM Vol NO_x
2060	6.07	4.5	227	8.5	1.186
2540	3.57	5.6	141	9.1	1.411
3040	0.11	4.8	683	13.7	0
3560	0.11	5.5	403	12.8	0
4020	0.07	5.9	43	12.2	0
4500	0.07	6.5	17	11.3	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สืบค้นข้อมูลออนไลน์ของบทความและปริญญานิพนธ์ได้ที่
www.kmitl.info
บทความประกอบวิชา 01054025 Project 2 ภาคเรียนที่ 2/2551 วันจันทร์ที่ 16 มีนาคม 2552

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG 100 %[1]

สรายุธ ไทยเพชร์กุล[2], สิทธิชัย พิชัยชาญเลิศ[2], สุเมธ ดำรงรุ่งเรือง[2], พงษ์ศักดิ์ คำมูล[3]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทรัพยากรทางด้านพังงานลและสภาวะโลกกร้อนนั้นเป็นหัวข้อสำคัญที่ถูกหยิบยกมาเป็นปัญหาสำหรับโลกเรามากขึ้นทุกขณะ พลังงานทางเลือกจึงถูกหยิบยกมาเป็นอีกตัวเลือกสำหรับใช้ทดแทนน้ำมัน จากราคาน้ำมันโลกที่ผันผวนทำให้หลายฝ่ายหลายบริษัทรถยนต์ต้องการที่จะพัฒนารถยนต์เพื่อรองรับกัลพลังงานทางเลือกอื่นๆ เช่น ก๊าซโซฮอล(E20) ไบโอดีเซล ก๊าซ LPG ก๊าซ CNG หรือแม้กระทั้ง Hydrogen ทั้งนี้พลังงานเหล่านี้ทำให้โลกเราสามารถลดการใช้น้ำมันอีกทั้งยังมีลดพิษต่ำอีกด้วย

โครงงานนี้เป็นโครงงานการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG 100% โดยการ นำเครื่องยนต์ดีเซลมาลดกำลังอัดโดยการพิ่มปริมาตรห้องเผาไหมเปลี่ยนกำลังอัดจาก 18.4 เป็น 11 ใส่ระบบจ่ายไฟ (จานจ่าย)แทนปั้มดีเซล ติดตั้งหัวเทียนในการจุดระเบิด และนำเครื่องยนต์ไปติดตั้งระบบก๊าซ LPG เพื่อที่จำนำมาวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์จากการทดลองโดยใช้แชศซีไดนาโมมิเตอร์ จากการทดลองได้ผลการทดสอบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงมากขึ้น

Abstract

At the present time energy resource and global warming are the main topics that will make problem for our world more and more. Alternative fuel are ready to use instead petrol. The petrol price fluctuate so many company want to improve their engine to use with alternative energy such as Gasohal Biodiesel LPG CNG and Hydrogen. For all these alternative fuel can make less use petrol and less pollution.

This project about Modification of diesel engine for 100% LPG. We modified the engine by reduce compression ration from 18.4 to 11.Put the distributor instead diesel pump. Put ignition instead injection. And set the LPG to the engine. We tested power and fuel consumption on the chassis dynamometer .The results of the test know that it get more power and less pay for fuel price.
© 2009 Department of Mechanical Engineering, KMITL. All rights reserved

---

1.บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้รถยนต์เป็นจำนวนมากในการคมนาคม ซึ่งในการใช้รถยนต์นั้นจำเป็นต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน ซึ่งในสถานการณ์และสภาวะเศรษฐกิจในตอนนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสินค้าที่มีราคาสูงและไม่มีแนวโน้มที่จะลดลง ประกอบกับการใช้รถยนต์ที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีแนวคิดที่จะลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแทนการใช้รถยนต์ ซึ่งทำได้ยาก ในการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีหลายรูปแบบ เช่น การปรับแต่งเครื่องยนต์ การปรับแต่งโครงสร้างรูปร่างรถยนต์ การออกแบบยางประหยัดน้ำมัน แต่วิธีที่แพร่หลายที่สุดคือ การหันมาใช้พลังงานทดแทน

ในขณะนี้การใช้พลังงานทางเลือกสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซิน ในรูปของการใช้เชื้อเพลิงร่วม คือการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร่วมกับพลังงานทางเลือก เช่น ก๊าซ CNG ก๊าซ LPG และไบโอดีเซล เป็นต้น และได้มีการพัฒนาใช้พลังงานทางเลือกจนสามารถทำงานโดยไม่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์เบนซินเมื่อประสบภาวะน้ำมันแพง ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนไปใช้ก๊าซ CNG และก๊าซ LPG เพียงอย่างเดียวได้ทันที แต่ในทางด้านเครื่องดีเซล ยังต้องใช้พลังงานทางเลือกร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ ดังนั้น โครงงานนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซล มาใช้พลังงานทางเลือกเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้รถยนต์ลงไปได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อภาษาอังกฤษ "Diesel Engine Modify for LPG 100%"

นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล. ห้อง 4G รหัส 48010942, 48010963, 48011012 ตามลำดับ

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล

สัญลักษณ์

$bsfc$ = อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ	(g/kW-hr)	p = กำลังงาน	(kW)
N = จำนวนรอบ	(Rpm)	$\dot{Q}_{in}$ = อัตราความร้อนจากการสันดาป	(kcal/hr)
T = แรงบิด	(N-m)	$\dot{m}_f$ = อัตราการไหลของมวลของเชื้อเพลิง	(g/min)
Q_{LV} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	(Kcal/g)		

2.วัตถุประสงค์

ศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลกับก๊าซ LPG และศึกษาข้อดีข้อเสียเมื่อใช้ก๊าซ LPG กับเครื่องยนต์ดีเซล ตลอดจนสามารถดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้ใช้กับก๊าซ LPG เพียงอย่างเดียว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลกับพลังงานทดแทนต่อไป

3.ขอบเขตของโครงงาน

1. ใช้เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบในการศึกษา
2. ใช้ก๊าซ LPG 100% เป็นเชื้อเพลิง
3. ปรับปรุงเครื่องยนต์และทำการทดสอบ
4. เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ทั้ง 2 แบบ
5. วิเคราะห์ วิจารณ์ผลการทดสอบ

4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล
2. มีความรูความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG
3. มีความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
4. สามารถดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG แบบ 100%
5. สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซ LPG

5.อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

1. เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบมีข้อมูลเทคนิคดังนี้

ครื่องยนต์	Isuzu 4JA1
ระบอกสูบ	4 สูบเรียง OHV 2วาล์ว ต่อสูบ
ส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ	93 มม.
ช่วงชัก	92 มม.
ริมาตรกระบอกสูบ	2499 cc.
ัตราส่วนกำลังอัด	18.4: 1
รงม้าสูงสุด	85 HP @4000 RPM
แรงบิด	172 N-M @ 2000 RPM
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	Direct Injection
ระบบจุดระเบิด	จุดระเบิดโดยการอัด
ลำดับการจุดระเบิด	1-3-4-2

2. หม้อต้ม
3. โซลีนอยด์วาล์ว
4. ถังก๊าซ
5. ตัวจูนก๊าซ
6. อุปกรณ์เชื่อมต่อการส่งก๊าซ
7. เครื่องชั่งน้ำหนัก
8. นาฬิกาจับเวลา
9. Gas Mixer
10. Power Valve
11. Chassis Dynamometer

วิธีการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้ก๊าซ LPG 100%

การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซ LPG เหมือนกับการที่เราเอาเครื่องยนต์ดีเซลมาทำเป็นเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนนั่นเอง โดยจะมีการทำให้เครื่องยนต์มีกำลังอัดลดลง และติดตั้งระบบจุดระเบิดเข้าไป

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการถอดชิ้นส่วนเครื่องยนต์และนำเอาลูกสูบออกมา ทำการคว้านหัวลูกสูบเพื่อ ลดกำลังอัดลงเหลือประมาณ 11 : 1 – 13 : 1 เป็นการป้องการการชิงจุดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG

ขั้นตอนที่ 2 ทำการขยายรูหัวฉีดน้ำมันและทำเกลียวใส่หัวเทียน ซึ่งเป็นหัวเทียนขนาด 10 มิลลิเมตร เป็นการเปลี่ยนระบบจุดระเบิดแบบอัด มาเป็นระบบจุดระเบิดโดยใช้หัวเทียน

ขั้นตอนที่3 การถอดปั้มน้ำมันดีเซลออกและติดตั้งานจ่ายเข้าไปแทนที่ โดยการติดตั้งจานจ่ายนั้นต้องมีการทำหน้าแปลนขึ้นมาเพื่อรองรับกับหน้าแปลนเดิมที่ใส่ปั้มน้ำมันเดิม โดยจานจ่ายนั้นเราต้องเลือกแบบที่มีการหมุนในทิศทางเดียวกับปั้มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้งลิ้นเร่งเข้าทางข้างหน้าท่อไอดี เพื่อเป็นตัวควบคุมการจ่ายอากาศให้กับเครื่องยนต์เพื่อการสันดาป เป็นตัวเร่งเครื่องแทนปั้มน้ำมันนำดีเซล

แรงบิด

$$T = \frac{p}{2\pi N} \times 60 \quad \text{(N-m)}$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{p} \times 60 \quad \text{(g/kW-hr)}$$

ทฤษฎีในการคำนวณ

กำลังงาน

$$p = \left(p_{output} + p_{loss}\right) \times k \quad \text{(KW)}$$

อัตราความร้อนจากการสันดาป

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_f \cdot Q_{LV} \times 60 \quad \text{(Kcal/hr)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบน้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ความเร็วรอบ g/(rpm)	กำลัง (kW)	แรงบิด (N-m)	น้ำมันดีเซล (g/min)	Bsfc (g/kW-hr)
50	2040	26.65	124.81	125.00	281.42
60	2337	32.08	131.15	154.20	288.40
70	2675	34.94	124.79	173.5	297.94
80	3106	37.66	115.84	187.50	298.73
90	3645	39.78	104.27	205.40	309.80
100	4102	38.19	88.95	211.63	332.49

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบการใช้เชื้อเพลิง LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลัง (kW)	แรงบิด (N-m)	ก๊าซ LPG (g/min)	Bsfc (g/kW-hr)
50	2060	31.42	145.65	109	208.15
60	2487	38.21	146.79	134	210.42
70	2884	42.28	140.07	150	212.87
80	3266	44.64	130.59	167	224.46
90	3684	46.87	121.55	181	231.70
100	4138	45.43	104.89	192	253.58

ารางที่ 5.3 แสดงราคาเมื่อใช้น้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	น้ำมันดีเซล (L/hr)	ราคา (บาท/hr)
50	9.28	185.64
60	11.44	228.80
70	12.88	257.61
80	13.92	278.47
90	15.25	305.05
100	15.72	314.30

ตารางที่ 5.4 แสดงราคาเมื่อใช้เชื้อเพลิง LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	แก๊ซ LPG (L/hr)	ราคา (บาท/hr)
50	12.43	136.69
60	15.27	168.03
70	18.89	207.79
80	19.04	209.42
90	20.63	226.97
100	24.18	263.99

ารางที่ 5.5 แสดงอัตราความร้อนจากการสันดาปน้ำมันดีเซล ตารางที่
ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	น้ำมันดีเซล (g/min)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/hr)
50	125.00	81600.00
60	154.20	100661.76
70	173.5	113260.8
80	187.50	122400.00
90	205.40	134085.12
100	211.63	138152.06

ตารางที่ 5.6 แสดงอัตราความร้อนจากการสันดาปเชื้อเพลิง LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ก๊าซ LPG (g/min)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/hr)
50	109	77891.40
60	134	95756.40
70	150	107190
80	167	119338.20
90	181	129342.60
100	192	137203.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาและความประหยัด (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

ความเร็ว (km/hr)	ราคาน้ำมันดีเซล (บาท/hr)	ราคาก๊าซ LPG (บาท/hr)	ก๊าซ LPG ประหยัดกว่าน้ำมันดีเซล (บาท/hr)
50	185.64	136.69	48.95
60	228.80	168.03	60.77
70	257.61	207.79	49.82
80	278.47	209.42	69.05
90	305.05	226.97	78.08
100	314.30	265.79	48.31
เฉลี่ย	261.65	202.04	59.46

ตารางที่ 5.9 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

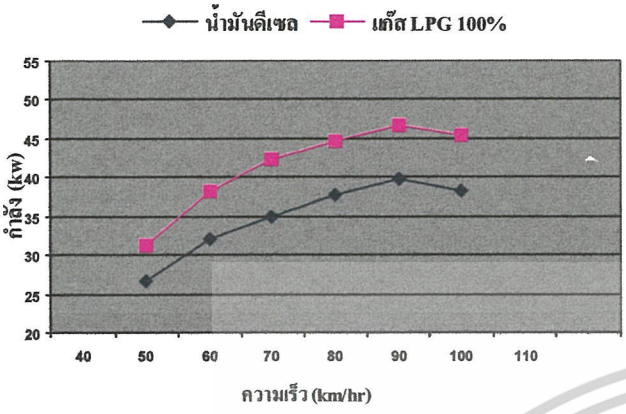
ความเร็ว (km/hr)	กำลังของเครื่องยนต์ (kW)	กำลังของน้ำมันดีเซล (kW)	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (%)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/h)
50	26.65	94.75	28.13	1360.00
60	32.08	116.88	27.45	1677.70
70	34.94	131.75	26.52	1887.68
80	37.66	142.12	26.50	2040.00
90	39.78	155.69	25.55	2234.75
100	38.19	160.41	23.81	2302.53

ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้ก๊าซ LPG 100% (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)

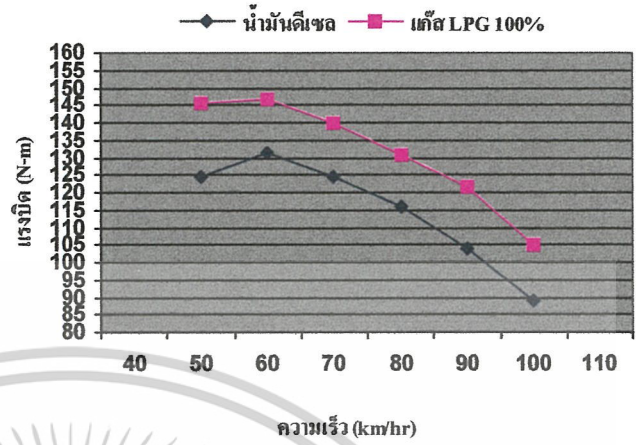
ความเร็ว (km/hr)	กำลังของเครื่องยนต์ (kW)	กำลังของก๊าซ LPG 100% (kW)	ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (%)	อัตราความร้อนจากการสันดาป (kcal/h)
50	31.42	82.62	38.03	1185.92
60	38.21	101.57	37.62	1457.92
70	42.28	124.67	33.91	1786.5
80	44.64	126.58	35.27	1816.96
90	46.87	137.19	34.16	1969.28
100	45.43	159.57	28.47	2286.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

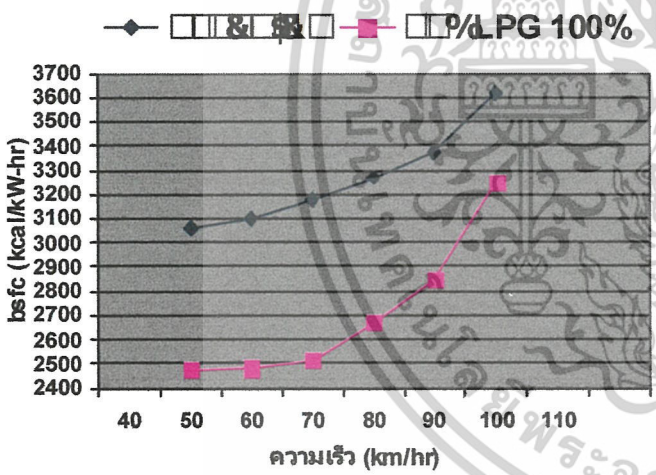
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



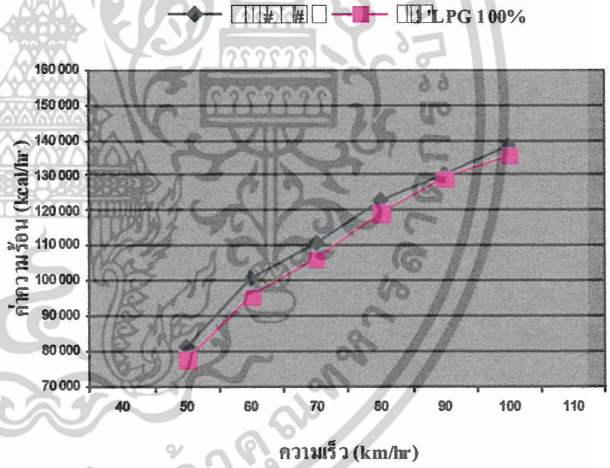
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความ (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



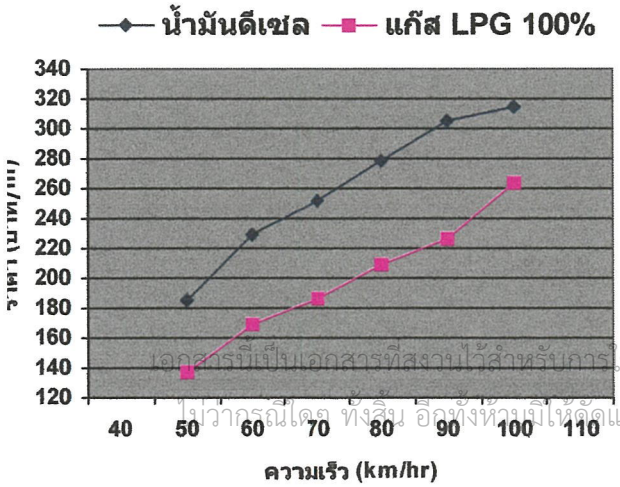
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อนจากการสันดาปกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



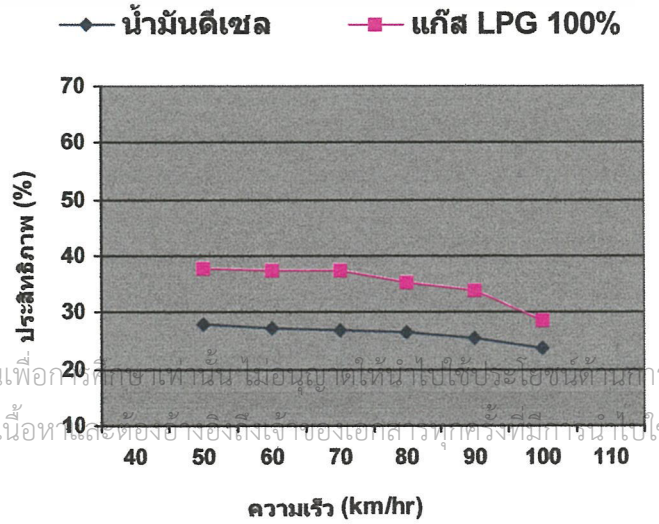
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง bsfc กับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาเชื้อเพลิงกับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด1:1)



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพเครื่องยนต์กับความเร็ว (ทดสอบที่อัตราทด 1:1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้