สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล

(The Use of Natural Gas as an Alternative Fuel in Diesel Engines)

นาย ธัฎษิณาวุฒิ พรหมทอง
นาย วันชัย ประระทัง
นาย ศราวุธ รอดแจ่ม

ปพ.
ธ4697
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72888
วัน,เดือน,ปี 25 มิ.ย. 2550

b 11774058
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล

(The Use of Natural Gas as an Alternative Fuel in Diesel Engines)

โดย

นาย ธัญพิณาวุฒิ พรหมทอง
นาย วันชัย ประระทัง
นาย ศราวุธ รอดแจ่ม

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล

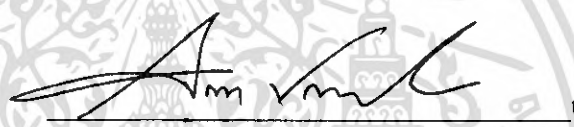
(The Use of Natural Gas as an Alternative Fuel in Diesel Engines)

ผู้จัดทำ

นาย ธัญพิณาวุฒิ พรหมทอง 47015714

นาย วันชัย ประระทัง 47015724

นาย ศราวุธ รอดแจ่ม 47015725



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล

นาย ธัฏษิณาวุฒิ พรหมทอง 47015714
นาย วันชัย ประระทัง 47015724
นาย ศราวุธ รอดแจ่ม 47015725
ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับน้ำมันดีเซล ซึ่งใช้มิกเซอร์เป็นตัวผสมก๊าซธรรมชาติกับอากาศที่บริเวณท่อร่วมไอดี โดยทำการเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซลอย่างเดียว การทดลองและการวิเคราะห์เครื่องยนต์กระทำโดยการนำรถยนต์มาขึ้นแท่นทดสอบด้วยเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบเอ็ดดีเคอเรนท์และทำการทดสอบนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ทำการทดสอบเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงร่วม โดยมีภาระ 3 ถึง 15 กิโลกรัม.เมตร มากระทำที่ความเร็วรอบ 1200 ถึง 2200 รอบต่อนาที แล้วทำการวัดค่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนปริมาณเขม่าควันดำจากไอเสีย อุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง อุณหภูมิน้ำของเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ภาระโหลดต่างๆ หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวและเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม ซึ่งจากผลการทดลองทำให้พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม ที่ 3 ถึง 9 กิโลกรัม.เมตร สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 2.4 ถึง 28.9 ปริมาณเขม่าควันดำจากไอเสียของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมที่ภาระ 3 ถึง 9 กิโลกรัม.เมตร และที่รอบของเครื่องยนต์ 1200 ถึง 1600 รอบต่อนาที ลดลงประมาณร้อยละ 25.4 ถึง 90 แต่ที่ภาระ 15 กิโลกรัม.เมตร กลับพบว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีปริมาณเขม่าควันดำมากกว่าประมาณร้อยละ 6 ถึง 97 ที่อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องพบว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 1.2 ถึง 25.7 และอัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยก๊าซธรรมชาติอยู่ในช่วงร้อยละ 10 ถึง 72.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Use of Natural Gas as an Alternative Fuel in Diesel Engines

Toucshinawut Promtong

Wanchai Prarathang

Sarawut Rodjam

Assist. Prof Chinda Chajoenphonphanich Advisor

Abstract

The objective of this project is to study the dual fuel engine using natural gas combined with diesel fuel. The engine has been modified with installing a mixer at the intake port to mix natural gas and air. Experiments and analysis of engines were done by testing with an engine dynamometer at several loads from 3 to 15 kg.m, at 1200 to 2200 rpm. Thermal efficiency, smoke, engine oil temperature, engine water temperature and specific fuel consumption are measured and compared to the test results of conventional diesel engine. As the results, thermal efficiency of dual fuel at 3 to 9 kg.m are higher than that of conventional fuel about 2.4 to 28.9 percent. The smoke of dual fuel at 3 to 9 kg.m of 1200 to 1600 rpm decreased about 25.4 to 90 percent. But at higher load of 15 kg.m, smoke is higher than conventional diesel engine about 6 to 97 percent. The engine oil temperature of dual fuel is higher than that of conventional diesel engine about 1.2 to 25.7 percent. The replacement of diesel with natural gas is 10 to 72.7 percent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความเอาใจใส่ และความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้างเจ้า

ขอบพระคุณอาจารย์ พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการทดลองการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับน้ำมันดีเซล

ขอบคุณ พี่ๆปริญญาโท และ เพื่อนๆ ปริญญาตรีที่ช่วยเหลือ และคำแนะนำดีๆ ด้านการทดลองและเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และ มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ ถ้าปราศจากบุคคลเหล่านี้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยอำนวยอวยพรความสุขสวัสดีจงมีแด่ทุกท่าน

นาย ธัฏพิณาวุฒิ พรหมทอง
นาย วันชัย ประระทัง
นาย ศราวุธ รอดแจ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....V
กิตติกรรมประกาศ.....VI
สารบัญ.....VII
สารบัญตาราง.....X
สารบัญภาพ.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมา.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา.....2
1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....2

บทที่ 2 ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์.....3
2.1 ก๊าซธรรมชาติ.....3
2.2 ประเภทของก๊าซ.....3
2.2.1 ก๊าซชีวะมวล.....3
2.2.2 ก๊าซชีวภาพ (Bio-Gas).....4
2.2.3 ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas).....4
2.3 ชนิดของก๊าซธรรมชาติ.....4
2.3.1 ก๊าซธรรมชาติแห้ง (Dry Natural Gas).....4
2.3.2 ก๊าซธรรมชาติชื้น (Wet Natural Gas).....4
2.4 ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์.....5
2.5 คุณสมบัติพิเศษของก๊าซ NGV.....6
2.6 ความปลอดภัยของก๊าซ NGV เมื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์.....7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สถานีบริการก๊าซธรรมชาติ....8
2.8 ปัญหาการใช้ NGV ในยานพาหนะ....9
2.9 ยานยนต์แก๊สธรรมชาติในประเทศไทย....9
บทที่ 3 วรรณกรรมปริทรรศน์....11
3.1 งานวิจัยการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในต่างประเทศ....11
3.2 งานวิจัยการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย....13

บทที่ 4 เครื่องยนต์ดีเซล....16
4.1 ข้อดีของเครื่องยนต์ดีเซล....16
4.2 ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลทำงานได้....16
4.3 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ....17
4.4 เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบการจุดระเบิดด้วยการอัด....17
4.4.1 รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเพียงอย่างเดียว (Dedicated NGV)....17
4.4.2 รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดร่วมกับน้ำมันดีเซล (Diesel Dual Fuel, DDF)....17
4.4.3.ระบบดูดก๊าซ (Fumigation System)....17
4.5 ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน....18
4.5.1 แรงบิด(Torque).... 18
4.5.2 พลังงานที่คำนวณได้จากเครื่องยนต์ (Power of Engine).... 19
4.5.3 พลังงานที่คำนวณได้จากเชื้อเพลิง (Power of Fuel).... 19
4.5.4 สัมประสิทธิ์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Specific Fuel Consumption).... 19
4.5.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency).... 19
4.5.6 มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ (Emissions)....19

บทที่ 5 อุปกรณ์การทดสอบและวิธีการทดสอบเครื่องยนต์....20
5.1.เครื่องยนต์....20
5.2 เครื่องควบคุมและแสดงผลกำลังของเครื่องยนต์....23
5.2.1 แชชซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer controller dynamometer)....23
5.2.2 ไดนาโมมิเตอร์แบบ (Eddy current)....24
5.3 อุปกรณ์วัดปริมาณมลพิษของเชื้อเพลิง....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลือง....26
5.5 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลือง....27
5.6 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature sensor)....27
5.7 ก๊าซมิกเซอร์.(Gas mixer)....28
5.8.เครื่องมือวัดความดังของเสียง (Sound Level meter) 28
5.9 ถังบรรจุเชื้อเพลิงธรรมก๊าซธรรมชาติ....29
5.10.อุปกรณ์ลดแรงดัน (Pressure regulator)....30
5.11.ขั้นตอนและวิธีการทดลอง....31

บทที่ 6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล....34
6.1 กลุ่มที่หนึ่ง....34
6.2 กลุ่มที่สอง....43

บทที่ 7.บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....51
7.1 กำลังของเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบทุกกรณีพบว่า....51
7.2 ปริมาณละอองมลพิษที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่นำมาทำการทดสอบ....51
7.3 อัตราเร่งของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม....52
7.4 อัตราการสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม....52
7.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม Pre-mixed....53
7.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมก๊าซ NGV กับน้ำดีเซล....53
7.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมก๊าซ NGV กับน้ำดีเซล....54
7.8.สรุป โดยภาพรวม....54
บรรณานุกรม....55
ภาคผนวก ก....56
ภาคผนวก ข....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่นำไปใช้ในรถยนต์.....6
ตารางที่ 2 ข้อเปรียบเทียบการใช้ก๊าซ **NGV** กับก๊าซ **LPG** และน้ำมันเชื้อเพลิง.....7
ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์.....22
ตารางที่ 5.2 รายละเอียดของถังก๊าซธรรมชาติ.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของระบบจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติระบบดูด....18
รูปที่ 5.1 รถยนต์ทดสอบ....20
รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งถังแก๊สกับรถยนต์....21
รูปที่ 5.3 แสดงการติดตั้งระบบลดความดันแก๊สก่อนเข้าเครื่องยนต์....21
รูปที่ 5.4 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะรุ่น EDI-120....22
รูปที่ 5.5 แสดงการทดสอบของรถยนต์บนแท่นทดสอบ....23
รูปที่ 5.6 เครื่องควบคุมและแสดงผลกำลังของเครื่องยนต์....23
รูปที่ 5.7 ภาพแสดง Eddy Current,Load Cell และมอนิเตอร์สำหรับปรับ Load....24
รูปที่ 5.8 อุปกรณ์วัดปริมาณควันดำ....25
รูปที่ 5.9 อุปกรณ์วัดปริมาณควันดำ....25
รูปที่ 5.10 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลือง....26
รูปที่ 5.11 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลือง....27
รูปที่ 5.12 ตำแหน่งที่ติดตั้ง Thermocouple.และ Pressure.gage....27
รูปที่ 5.13 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ....28
รูปที่ 5.14 เครื่องมือวัดความดังของเสียง (Sound Level Meter)....28
รูปที่ 5.15.ถังบรรจุเชื้อเพลิงธรรมก๊าซธรรมชาติ....29
รูปที่ 5.16 อุปกรณ์ลดแรงดัน (Pressure regulator)....31
รูปที่ 5.17 ภาพการวัดค่าความดังของเสียงของเครื่องยนต์ดีเซล....32
รูปที่ 5.18 ภาพการวัดค่าความดังของเสียงของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม....33
รูปที่ 6.1 กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม CNG & Diesel TOYOTA-HIACE....35
รูปที่ 6.2 อัตราเร่งของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม CNG & Diesel TOYOTA-HIACE....36
รูปที่ 6.3 ปริมาณควันดำของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม CNG & Diesel TOYOTA-HIACE....37
รูปที่ 6.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม CNG & Diesel TOYOTA-HIACE....38
รูปที่ 6.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม CNG & Diesel TOYOTA-HIACE....39
รูปที่ 6.6 เปรียบเทียบปริมาณของการใช้เชื้อเพลิงในระหว่างทดสอบ....40
รูปที่ 6.7 เปรียบเทียบด้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้เชื้อเพลิงในระหว่างทดสอบ....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.8 เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้เชื้อเพลิงในระหว่างทดสอบ.....42
รูปที่.6.9 กราฟเปรียบเทียบค่า Thermal of Efficiency ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และ DualFuel 43
รูปที่ 6.10 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel.....44
รูปที่ 6.11 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ของเครื่องยนต์Diesel Fuel และ Dual Fuel ที่ 1200 rpm.....44
รูปที่ 6.12 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และ Dual Fuel ที่ 2200 rpm.....45
รูปที่ 6.13 กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และ Dual Fuel.....46
รูปที่ 6.14.กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ ที่ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm.....47
รูปที่ 6.15.กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 2200 rpm.....47
รูปที่ 6.16 กราฟเปรียบเทียบค่า Temperature of Crank ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และ Dual Fuel.....48
รูปที่ 6.17 กราฟเปรียบเทียบค่า Temperature of Water ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และ Dual Fuel.....49
รูปที่ 6.18 กราฟเปรียบเทียบค่า Sound (dB) ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงได้ปรับตัวสูงและยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ทำให้ไม่สามารถควบคุมการปรับตัวของราคาน้ำมันได้ และยังต้องสูญเสียเงินให้กับต่างประเทศเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้มลพิษทางอากาศเริ่มเป็นปัญหาหลักของเมืองหลวงและเมืองใหญ่ของประเทศที่มีการพัฒนา ทำให้เป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายทางสังคมในการดูแลสุขภาพของประชาชนสูงขึ้น ปัญหามลพิษทางอากาศมีสาเหตุหลักมาจากไอเสียจากยานยนต์และโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งขยายจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามการพัฒนาเศรษฐกิจในแต่ละประเทศ รวมถึงประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครนั้น พื้นที่หลายแห่งมีปัญหามลพิษจากฝุ่นละออง ปริมาณคาร์บอนมอนออกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากไอเสียของรถยนต์ นอกจากนี้ยังมีการหาพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆ ซึ่งอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ ก๊าซธรรมชาติอัด ซึ่งสามารถผลิตได้ในประเทศไทย แม้ว่าจะมีบางส่วนที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศแต่ก็ยังมีราคาที่ต่ำ และมีปริมาณสำรองที่สูงมาก จึงเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่ได้รับความสนใจ แม้จะมีค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อจะนำมาใช้กับก๊าซธรรมชาติ จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก แต่เนื่องจากก๊าซธรรมชาติมีราคาที่ค่อนข้างถูกกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นจึงส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าในระยะยาว และหากมีการใช้ก๊าซธรรมชาติกันอย่างแพร่หลายแล้วในอนาคตอาจจะมีการผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้โดยเฉพาะ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เนื่องจากก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานทดแทนที่มีอยู่มากในประเทศ กลุ่มผู้วิจัยจึงมีความมุ่งหมายที่จะศึกษาถึงการใช้ก๊าซธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยที่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาหลักการ การใช้เชื้อเพลิงผสมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลแบบ Diesel Cycle Premixed Dual-Fuel with Diesel Oil Pilot (DDF) กับเครื่องยนต์ดีเซลและวิเคราะห์หาข้อดีข้อเสียของหลักการดังกล่าวเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลแบบ Diesel Cycle Premixed Dual-Fuel with Diesel Oil Pilot (DDF) น่าจะใกล้เคียงกับมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ตามมีความเป็นไปได้ที่มลพิษของเครื่องยนต์ชนิดนี้อาจจะสูงกว่า มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว เพราะอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติน้ำมันดีเซลต่ออากาศที่ไม่เหมาะสม

กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลแบบ Diesel Cycle Premixed Dual-Fuel with Diesel Oil Pilot (DDF) น่าจะให้ผลที่สูงกว่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว ถ้าสามารถวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานนั้นๆได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการและทฤษฎีของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ตามหลักการ วัฏจักรดีเซล (Diesel Cycle) ซึ่งรวมไปถึงการวัดและคำนวณค่ากำลังของเครื่องยนต์ (Power of Engine) อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (Air Fuel Ratio) อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (Engine Efficiency) มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ (Emission of Combustion)

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

การศึกษาครั้งนี้ต่างจากวิธีการศึกษาทั่วไปคือเป็นการใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงสองชนิดคือ ก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลร่วมกันในห้องเผาไหม้เดียวกัน ซึ่งมีหลักการพื้นฐานคือก๊าซธรรมชาติถูกส่งจาก ถังก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas Tank) ที่มีความดันประมาณ 180 ถึง 200 บาร์ ผ่านชุดลดความดัน (Pressure Regulator) ให้ความดันเหลือประมาณความดันบรรยากาศ และถูกผสมกับอากาศด้วยอุปกรณ์ผสมก๊าซธรรมชาติกับอากาศ (Gas Mixer) ที่ท่อทางเข้าอากาศ (Air Intake Duct) ก่อนเข้าห้องเผาไหม้ (Diesel Oil Pilot) ที่ถูกฉีดในช่วงเวลาที่เหมาะสม หลังจากนั้นก๊าซธรรมชาติก็จะถูกเผาไหม้ไปพร้อมๆกับน้ำมันดีเซลส่วนที่เหลือจนจบขบวนการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์

(Natural Gas for Vehicle, NGV)

2.1 ก๊าซธรรมชาติ

คือ ก๊าซที่เกิดจากการทับถมของซากพืชและสัตว์จำพวกจุลินทรีที่อาศัยในโลกมานานนับหลายร้อยล้านปี โดยทั่วไปก๊าซธรรมชาติจากแหล่งผลิต จะประกอบด้วยสารหลักได้แก่ มีเทน(Metane) โปรเพน (Propane) บิวเทน (Butane) ไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ไนโตรเจน (N_2) ก๊าซธรรมชาติไม่มีสี ไม่มีกลิ่น (ยกเว้นกลิ่นที่เกิดจากการเติมเข้าไปเพื่อให้รู้ว่ามีก๊าซรั่ว) ก๊าซธรรมชาติมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ได้เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินและดีเซลก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural Gas For Vehicle หรือ NGV) โดยทั่วไปเรียกว่า ก๊าซ NGV (เอ็นจีวี) คือ ก๊าซธรรมชาติที่ถูกอัดจนมีความดันสูง (มากกว่า 3,000 lb/in^2, psi หรือ 200 ถึง 300 bar) ซึ่งในบางประเทศเรียกว่า Compressed Natural Gas (NGV) หรือ ก๊าซธรรมชาติอัด ดังนั้นก๊าซ NGV และก๊าซ NGV เป็นก๊าซตัวเดียวกันนั่นเอง จัดได้ว่าเป็นพลังงานที่ปลอดภัยสูงสุดผลิตภัณฑ์หนึ่งในปัจจุบัน เมื่อเผาไหม้จะเป็นเชื้อเพลิงสะอาดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหิน ด้วยเหตุนี้นานาประเทศ จึงนิยมใช้ก๊าซธรรมชาติกันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานหลายศตวรรษ โดยปัจจุบัน ประเทศมีปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติ (Proved Reserves) ถึง 12.7 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต

2.2 ประเภทของก๊าซ

ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีส่วนประกอบคล้ายกันแต่มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ก๊าซชีวะมวล ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติอัด น้ำมันและก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นต้น

2.2.1 ก๊าซชีวะมวล เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบ โดยการเผาถ่านหินหรือไม้ในเตาปฏิกรณ์แบบแพ็กเบด (Packed Bed) หรือเบดแบบเคลื่อนที่ (Moving Bed Reactor) ที่มีปริมาณอากาศจำกัด ซึ่งปริมาณอากาศที่ใช้จะต้องมีอัตราส่วนที่พอเหมาะกับก๊าซที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ก๊าซชีวภาพ (Bio-Gas) ก๊าซที่เกิดจากการหมักและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (Organic substance) เช่น มูลสัตว์ประเภทต่างๆตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น วัชพืชและเศษอาหาร

2.2.3 ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด์ชนิดหนึ่ง โดยที่ธาตุคาร์บอนด์กับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุลเช่นเดียวกับน้ำมัน ธาตุสองชนิดนี้จะรวมตัวกันในสัดส่วนของอะตอมที่แตกต่างกันและให้สารประกอบที่ต่างกันด้วย

2.3 ชนิดของก๊าซธรรมชาติ

2.3.1 ก๊าซธรรมชาติแห้ง (Dry Natural Gas) ก๊าซแห้งจะมีส่วนประกอบของก๊าซมีเทนและก๊าซอีเทนประกอบกัน แต่ปริมาณของมีเทนจะมากกว่า สถานะของก๊าซแห้งที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศจะเป็นไอหรือก๊าซ ก่อนที่จะนำไปใช้ต้องมีการแยกสารมลทินบางชนิดออกเสียก่อน ในการขนส่งอาจจะใช้วิธีส่งไปตามท่อ แต่ถ้ามีปริมาณมากก็ต้องแปรสภาพจากก๊าซแห้งให้เป็นของเหลว (LNG) เสียก่อนโดยทำให้เย็นจัดถึง -160 °C แล้วบรรจุลงถังอลูมิเนียมที่ควบคุมความเย็นเป็นพิเศษ แต่วิธีนี้จะต้องสิ้นเปลืองเงินทุนอย่างมหาศาล สำหรับก๊าซธรรมชาติแห้งจะมีประโยชน์อยู่ด้วยกัน 3 ข้อคือ

1.ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) ก็คือต้องผลิตก๊าซแห้งในปริมาณที่มากจึงจะแปรสภาพเป็นก๊าซ LNG ได้ โดยบรรจุลงถังอลูมิเนียม ซึ่งจะต้องควบคุมความเย็นเป็นพิเศษ จากนั้นขนส่งไปยังจุดต่างๆตามที่ต้องการ

2.ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเมทานอล,ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทต่างๆเช่นเกลือแอมโมเนียและผลิตภัณฑ์เคมีปิโตรเลียม

3.ใช้ในการผลิตกระแสไฟ แทนน้ำมันเตาและใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

2.3.2 ก๊าซธรรมชาติชื้น (Wet Natural Gas) ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนด์ชนิดหนัก (Heavier Parafin Hydrocarbon) ซึ่งมีโพรเพน,บิวเทน ประมาณ 4-8 % หรือ อาจจะมีเพนเทน,เฮกเซน และเฮปเทนก๊าซชื้นนี้จะมีสถานะเป็นไอหรือก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเหมือนกับก๊าซแห้ง แต่สามารถทำให้กลั่นตัวเป็นของเหลวได้โดยการลดความเหลือเพียง 120 lb/in^2 ที่อุณหภูมิปกติ เมื่อแยกออกจากก๊าซธรรมชาติได้แล้วก็อัดใส่ถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว(LPG)ก๊าซธรรมชาติชื้นจะมีประโยชน์อยู่ 5 ข้อด้วยกันคือ

1.ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์

2.ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มในครัวเรือน

3.ใช้กับระบบทำความเย็นและตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงกลั่นแทนน้ำมันบางส่วน

5.ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรบผลิตปิโตรเลียมนิดต่างๆ

2.4 ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural Gas Vehicles)

ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ ภาษาอังกฤษเรียกว่า Natural Gas Vehicles หรือ เรียกย่อๆว่า NGV หมายถึงยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas : NGV) รูปแบบของการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน เมื่อขนส่งก๊าซธรรมชาติทางท่อแล้วจะส่งเข้าสถานีบริการ และเครื่องเพิ่มความดันก๊าซ ณ สถานีบริการจะรับก๊าซธรรมชาติที่มีความดันต่ำจากระบบท่อมาอัดเพิ่มความดันประมาณ 3,000-3,600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นสามารถเติมใส่ถังเก็บก๊าซธรรมชาติของรถยนต์ต่อไป ยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติได้มีการพัฒนาและนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1860 (พ.ศ.2403) โดยชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Etienne Lenoir แต่ที่ไม่เป็นที่นิยม จนกระทั่งในช่วงสงครามโลกครั้งที่2 และช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันในปี ค.ศ. 1973 ทำให้ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้การใช้ก๊าซธรรมชาติในยานยนต์เริ่มแพร่หลายมากขึ้น สำหรับในต่างประเทศอย่างเช่น ญี่ปุ่น อิตาลี แคนนาดา สหรัฐอเมริกา และประเทศอื่นๆ ได้นำก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซ NGV มาใช้กับรถยนต์กันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้ว แต่สำหรับในประเทศไทย การใช้ก๊าซ NGV ยังอยู่ในขอบเขตที่จำกัด โดยเฉพาะการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยได้เริ่มทดลองนำก๊าซ NGV มาใช้ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศของ ขสมก จำนวน 82 คัน และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งโครงการดังกล่าวรับการยอมรับและความไว้วางใจจากผู้ใช้บริการอย่างกว้างขวาง ในอนาคตอันใกล้นี้การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย จะขยายการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ต่อไป โดยในขณะนี้ได้ทำการศึกษา การนำระบบเชื้อเพลิงร่วม (Dual Fuel) ซึ่งเป็นระบบการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับน้ำมันดีเซลกับบริษัท Alternative Fuel System ของประเทศแคนนาดา โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ Conversion Kit ทำให้เครื่องยนต์สามารถใช้ได้ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล ซึ่งช่วยให้ประหยัดค่าน้ำมันรวมทั้งลดปริมาณมลพิษมาก

ในปัจจุบันการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในยานยนต์ เช่น ก๊าซธรรมชาติ กำลังได้รับการสนับสนุนมากขึ้นในหลายๆ ประเทศ อันเนื่องมาจากปัญหาคุณภาพอากาศและปัญหาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั่วโลก และด้วยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของก๊าซธรรมชาติ ที่ใช้ในยานยนต์พบว่ามีมลพิษ น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คุณสมบัติพิเศษของก๊าซ NGV

ก๊าซธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด์ชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินและ LPG แต่วิธีใช้แต่ต่างกัน ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท และคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติจะมีดังนี้

1 ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศก๊าซธรรมชาติจะมีสภาพเป็นก๊าซ

2 มีค่า Octane Number สูงถึง 120 จึงสามารถนำไปใช้ในรถยนต์ได้เป็นอย่างดี

3 ก๊าซธรรมชาติ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5-0.8 ซึ่งต่ำกว่าอากาศ จึงทำให้เบากว่าอากาศเมื่อเกิดการรั่วจะกระจายออกไปในบรรยากาศได้อย่างรวดเร็ว

4 ก๊าซธรรมชาติเป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่น จึงต้องเติมกลิ่นลงไปเพื่อให้ทราบในกรณีเกิดการรั่วไหล

5 ช่วงของการติดไฟจะอยู่ในช่วง 5-15 % ของปริมาตรในอากาศหากมีน้อยกว่าหรือมากกว่านี้จะไม่ติดไฟ

6 อุณหภูมิในการติดไฟด้วยตนเองสูงถึง 650 °C

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่นำไปใช้ในรถยนต์

คุณสมบัติ	Gasoline	Diesel	LPG	NGV
สถานะปกติ	Liquid	Liquid	Gas	Gas
ความถ่วงจำเพาะ	0.73	0.83	0.64	0.14
จุดเดือด(°C)	25-100	150-360	-50-0	-161
ค่าความร้อนจำเพาะ (MJ/kg)	43.5	42.5	46.1	47.7
อุณหภูมิที่ระเบิดในอากาศ(°C)	275	250	481	650
ช่วงของการติดไฟในอากาศ(%โดยปริมาตร)	0.6-8	0.6-6.5	1.5-15	5-15
ปริมาตรอากาศที่ใช้สันดาป(kg Air/kg Fuel)	14.7	14.5	15.5	17.2
Octane Number	91	-	105	120

*จากหนังสือเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่นของ ประเสริฐ เทียนนิมิตร,ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์,ปานเพชรชินินทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ความปลอดภัยของก๊าซ NGV เมื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์

ก๊าซ NGV นับว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถยนต์ที่มีความปลอดภัยมากที่สุด คือปลอดภัยกว่าทั้งน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล โดยที่ก๊าซหุงต้มมีความปลอดภัยน้อยที่สุด ซึ่งมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติของ NGV ที่เอื้ออำนวยต่อความปลอดภัยดังนี้

1 ก๊าซ NGV เบากว่าอากาศแต่ก๊าซหุงต้มและไอน้ำมันเบนซินหรือดีเซลหนักกว่าอากาศดังนั้นเมื่อเกิดรั่วไหล ก๊าซ NGV จะไม่สะสมอยู่บนพื้นดินจนเกิดการลุกไหม้เหมือนเชื้อเพลิงอื่น ๆ

2 อุณหภูมิที่ก๊าซ NGV จะลุกติดไฟในอากาศเองได้ (เมื่อมีความเข้มข้นของเชื้อเพลิงพอ) สูงถึง 650°C ในขณะที่ก๊าซหุงต้มจะติดไฟได้เองที่ 481 °C น้ำมันเบนซินที่ 275 °C และน้ำมันดีเซลที่ 250 °C

3 ความเข้มข้นขั้นต่ำสุดที่จะลุกติดไฟได้ของก๊าซ NGV จะต้องมีปริมาณสะสมถึง 5% ในขณะที่ก๊าซหุงต้มจะอยู่ที่ 2.0% จากคุณสมบัติข้างต้นก๊าซ NGV จึงมีโอกาสเกิดการลุกไหม้ได้ยากกว่าเชื้อเพลิง อื่น ๆ นอกจากนี้ หากมีการรั่วไหลจะเกิดเสียงดังเนื่องจากมีความดันสูงจึงเป็นสัญญาณเตือนภัยได้อย่างดี

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการใช้ก๊าซ NGV กับก๊าซ LPG และน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อเปรียบเทียบ	ก๊าซ NGV	ก๊าซ LPG	น้ำมันเบนซิน	น้ำมันดีเซล
สถานะ	เป็นก๊าซ	เป็นก๊าซและจะเก็บในรูปของเหลวที่ความดัน 7 บาร์	เป็นของเหลว	เป็นของเหลว
ความหนาแน่น	เบากว่าอากาศจึงไม่มีการสะสมเมื่อเกิดการรั่วไหล	หนักกว่าอากาศจึงเกิดการสะสมซึ่งเป็นอันตราย	หนักกว่าอากาศ	หนักกว่าอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเปรียบเทียบ	ก๊าซ NGV	ก๊าซ LPG	น้ำมันเบนซิน	น้ำมันดีเซล
ขีดจำกัดการติดไฟ (Flammability limit, % by Vol.)	5-15%	2.0-9.5 %	1.4-7.6 %	0.6-7.5 %
อุณหภูมิติดไฟ (Auto Ignition Temperature)	650 °C	481 °C	275 °C	250 °C

*จากหนังสือเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่นของ ประเสริฐ เทียนนิมิตร,ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์,ปานเพชรชินินทร

2.7 สถานีบริการก๊าซธรรมชาติ

การใช้ก๊าซ NGV ในประเทศไทยได้เริ่มทดลองใช้กับยานพาหนะในปี พ.ศ.2527 โดยทดลองใช้กับรถโดยสารประจำทางของ ขสมก.และรถสามล้อเครื่อง แต่ยังไม่มีความแพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจากไม่คุ้มค่ากับการลงทุนดัดแปลงเครื่องยนต์ และในขณะนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงก็มีราคาถูกอยู่ต่อมาเกิดวิกฤติราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้น รถรับจ้าง ได้แก่ รถแท็กซี่ รถสามล้อเครื่อง ได้ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์โดยใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิงแทน ซึ่งสภาวะดังกล่าวนี้ ทำให้เกิดสถานีบริการก๊าซขึ้นเป็นจำนวนมาก แต่ในอนาคตอันใกล้ ราคาก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะต้องขยับสูงขึ้น และปล่อยให้ลอยตัว จึงทำให้ราคาก๊าซปิโตรเลียมเหลว จะต้องสูงขึ้นกว่าปัจจุบันที่เป็นอยู่รัฐบาลจึงได้กำหนดนโยบายด้านพลังงาน ให้มีการขยายการใช้ก๊าซ NGV ในภาคคมนาคมขนส่ง เพื่อบรรเทาความเดือดร้อน เนื่องจากปัญหาราคาน้ำมันแพง และปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ จึงได้จัดตั้งโครงการก๊าซธรรมชาติ สำหรับยานยนต์ (NGV Project) เพื่อสนับสนุนผลักดันให้มีการใช้ก๊าซธรรมชาติในรถยนต์ให้มากขึ้น โดยให้ ปตท.และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน จัดทำโครงการทดสอบและนำร่องการใช้ก๊าซ NGV ในรถแท็กซี่ พร้อมกับให้ ปตท.เร่งรัดการก่อสร้างสถานีบริการก๊าซ NGV ในเขตกรุงเทพมหานคร, ปริมณฑล และต่างจังหวัด ซึ่งปัจจุบัน ปตท.ได้เปิดให้บริการสถานีบริการก๊าซ NGV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วจำนวน 35 แห่ง ในอนาคตจะเพิ่มจำนวนสถานีบริการ เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์ใช้ก๊าซ NGV การขยายจำนวนรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV ปตท.มีโครงการดัดแปลงรถแท็กซี่ และรถยนต์ของหน่วยงานราชการ ซึ่งได้แก่ รถโดยสารประจำทางของ ขสมก.และรถเก็บขยะของกรุงเทพมหานครและจะขยายจำนวนไปยังรถกลุ่มอื่นต่อไป ซึ่งในขณะนี้ ได้มีการร่วมมือกับธนาคารกรุงไทย จำกัด ในการให้สินเชื่อ เพื่อซื้อรถแท็กซี่ที่ใช้ก๊าซ NGV และเรื่องดังกล่าวนี้ อยู่ระหว่างการดำเนินการ

2.8 ปัญหาการใช้ NGV ในยานพาหนะ

1 ค่าใช้จ่ายในการดิดตั้งอุปกรณ์ใช้ NGV ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีราคาสูง เช่น อุปกรณ์ในการใช้ก๊าซระบบ Diesel Dual Fuel ราคาประมาณ 350,000 บาท

2 การติดตั้งถังบรรจุก๊าซภายในรถ มีความจุประมาณ 70 ลิตร น้ำหนักประมาณ 60-70 กิโลกรัม ซึ่งเทียบเท่าน้ำมันประมาณ15 ลิตร การดิดตั้งต้องมีพื้นที่ในการดิดตั้งถังก๊าซทำให้เสียพื้นที่ใช้สอยไปในบางส่วน ในการบรรทุกของ

3 การบรรจุก๊าซลงในถังต้องบรรจุบ่อยครั้งกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง หรือปิโตรเลียมเหลว เนื่องจากปริมาณก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในถังมีปริมาณน้อย โดยเฉลี่ย NGV 1 ถังนั้นสามารถวิ่งได้ระยะทางประมาณ 150-200 กิโลเมตร แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพจลาจลด้วย

4 จำนวนสถานีบริการที่มีจำนวนน้อย ไม่ทั่วถึงซึ่งอาจไม่สะดวกในการเติมก๊าซ

5 สมรรถนะและกำลังของเครื่องยนต์ลดลง เนื่องด้วยน้ำหนักของถังที่ติดตั้งเพิ่มขึ้น และลักษณะของเครื่องยนต์ ใช้ก๊าซมีปริมาณก๊าซจะเข้าแทนที่อากาศในเครื่องยนต์ จึงทำให้มีออกซิเจนสำหรับการเผาไหม้น้อยลง กำลังของเครื่องยนต์จึงตกลง และมีผลทำให้อัตราเร่งลดลงประมาณ 10 % และอัตราการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น 10%

2.9 ยานยนต์ก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย

ประเทศไทยได้นำก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) มาใช้ในยานยนต์ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2513 และเป็นการแพร่หลายมากขึ้นในปี พ.ศ.2523 เนื่องจากราคาก๊าซ LPG ถูกกว่าน้ำมัน ส่วนใหญ่จะใช้ในรถแท็กซี่และสามล้อเครื่อง โดยดัดแปลงเครื่องยนต์ที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น อย่างไรก็ตาม วิธีการดัดแปลงยังอยู่ในขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานทางด้านความปลอดภัยยังไม่ดีพอ รวมทั้งกฎระเบียบใน ด้านความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลอดภัยยังไม่รัดกุม จึงมักก่อให้เกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากต้นทุนในการก่อสร้างและที่ดินในเขต กทม มีราคาสูง จึงส่งผลให้ตลาดรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง ไม่ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาเท่าที่ควร แต่ในปัจจุบันราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น จึงมีรถแท็กซี่เปลี่ยนไปใช้แก๊ส LPG ร้อยละ 70 – 80 ต่อมาองค์การขนส่งมวลชน กทม (ขสมก) ได้นำรถโดยสารปรับอากาศที่ใช้แก๊สธรรมชาติอัดมายี่ห้อ BENZ และ MAN จากเยอรมัน จำนวน 82 คัน มาให้บริการแก่ประชาชนตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2536 โดยถือเป็นโครงการทดลองใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดและสามารถผลิตได้ภายในประเทศ

ในส่วนของโครงการสร้างบริการพื้นฐาน ปตท.จะพิจารณาสร้างสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ ปตท กำลังดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการวางระบบท่อจำหน่ายแก๊สธรรมชาติรอบกรุงเทพ และปริมณฑล เพื่อพัฒนาโครงสร้างการบริการพื้นฐานในการสนับสนุนการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง รวมไปถึงภาคอุตสาหกรรม และภาคการผลิตไฟฟ้าในอนาคตอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วรรณกรรมปริทรรศน์

การวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์ในรถยนต์เริ่มมีมานานแล้ว ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2403 โดยชาวฝรั่งเศสแต่ยังไม่เป็นที่นิยมกันมากนัก จนมาในช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง ในช่วงนี้เกิดวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันแพงมากขึ้น จึงส่งผลทำให้เกิดความนิยมในการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้กับรถยนต์กันมากขึ้นในต่างประเทศที่มาความนิยมกันอย่างแพร่หลายและใช้กันอย่างจริงจังเช่นประเทศ ญี่ปุ่น อิตาลี และอีกหลายประเทศได้นำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมาใช้กับรถยนต์กันนานแล้ว สำหรับประเทศไทยการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติยังมีข้อจำกัดอยู่ ซ่างในขณะนี้ทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการวิจัยกันอย่างต่อเนื่องในการนำก๊าซธรรมชาติประเภท **NGV** มาใช้กับเครื่องยนต์

3.1 งานวิจัยการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในต่างประเทศ

Valentin N. Lukanin, Member. [1] ประเภทเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เปรียบเทียบเป็นแบบชนิด V8 ซึ่งมีระยะชักxขนาดหน้าตัดลูกสูบ อยู่ที่ 120x120และ130x120และทำการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์และการทดสอบที่เกี่ยวกับระบบ turbocharger ที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลเดิมไม่เหมาะสมสำหรับการทดสอบกับเครื่องยนต์ดัดแปลงใช้แก๊สธรรมชาติ

จากการทดลองของเครื่องยนต์ใช้แก๊สธรรมชาติพบว่า ปริมาณการปล่อยของ ไนโตรเจนและคาร์บอนออกไซด์ ผ่านระดับ 5ของมาตรฐานยุโรป เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เมื่อมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้ โดยที่ไม่มีอุปกรณ์ Supercharger และมีการผสมอากาศกับแก๊สภายนอก สิ่งหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาคือ อัตรากำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ (จะนำมาพิจารณาเมื่อมีค่าสูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เพราะว่า การลดลงของกำลังจากเครื่องยนต์บ่งบอกว่าต้องมีการป้อนเข้าของปริมาณแก๊สธรรมชาติ นั่นคือ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ได้มีค่าที่ต่ำลง การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยผสมอากาศและแก๊สในเครื่องยนต์ใช้แก๊สธรรมชาติสามารถเพิ่มอัตรากำลังที่ได้จากเครื่องยนต์สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล แต่พบปัญหาในเรื่องความร้อนที่สูงของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งอาจส่งผลก่อให้เกิดปัญหาตามมา ทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ดัดแปลงจากใช้ดีเซลเป็นแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง คือ การใช้ turbocharger ควบคู่กับระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพ โดยอาจมีเครื่องตรวจวัดคอยตรวจสอบและควบคุมการทำงานที่มีประสิทธิภาพควบคู่ไปด้วย สิ่งที่ต้องดัดแปลงควบคู่ไปกับเครื่องยนต์คือ turbocharger เนื่องจากต้องใช้ในการขับดันของผสมระหว่างอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับแก๊ส ดังนั้น ลักษณะของใบพัดจึงต้องดัดแปลงให้มีพื้นที่ต่ำสุดมีค่าน้อยลง เพื่อให้การจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

Takuji Ishiyama,Masahiro Shioji ,Hiroki Tanaka [2] เพื่อได้มาเครื่องยนต์แบบลูกสูบที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงขึ้น เครื่องยนต์ 2 ชนิด แบบ direct-injection ถูกนำมาใช้สำหรับศึกษาครั้งนี้ สำหรับเครื่องแบบ direct-injection ที่มี การจุดระเบิดโดยหัวเทียน ปริมาณการปล่อย NOx ที่ load สูงๆ สามารถลดได้ด้วยการติดตั้ง EGRปริมาณความหนาแน่นของไอดีที่สูง ที่ตำแหน่งบริเวณใกล้กับหัวเทียนในกระบอกสูบ เมื่อทำงาน load ต่ำๆเป็นสิ่งจำเป็นมากเพื่อได้มาซึ่งประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถกระทำโดยการเพิ่มความดันของไอดีไหลเข้าและปรับปรุงโดยออกแบบใหม่ของลักษณะช่องการจ่ายเข้าของไอดีในห้องเผาไหม้

จากการศึกษาเครื่องยนต์แบบ PCCI พบว่าเวลาที่ใช้ในการจ่ายไอดีเป็นหัวใจหลักเพื่อควบคุมการจุดระเบิด นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อลดอุณหภูมิ intake-charge และการยืดช่วงระยะการใช้งาน สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนพบว่า EGR เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ใช้ในการลดปริมาณการปล่อย NOx สำหรับเครื่องยนต์แบบ PCCI พบว่า เวลาที่ใช้ในการฉีดไอดี เป็นตัวแปรที่สำคัญในการควบคุมการจุดระเบิด การค้นหาสภาวะที่เหมาะสมป้อนเข้าไอดีเป็นที่ต้องการเพื่อที่จะได้มาซึ่งเวลาที่ใช้ด้วย Supercharger เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจาก สามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศไหลเข้า อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการลดปริมาณการสูญเสียความร้อนจากการหล่อเย็นและการสูญเสียกำลังของเครื่องยนต์อีกด้วย

Hien Ly*CFS International Pty Ltd [3] งานวิจัยนี้กล่าวถึง แก๊สธรรมชาติที่มีหลากหลายตามส่วนประกอบ ที่ถูกกระจายนำมาใช้ประโยชน์ และผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำมาใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องประสิทธิภาพ และการปล่อยแก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ส่วนประกอบจริงของแก๊สธรรมชาติขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตว่าได้มาจากแหล่งกำเนิดอะไร ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ปริมาณส่วนประกอบของ HC ที่เกิดขึ้นจึงแตกต่างกันออกไปด้วย ที่เครื่องยนต์สมัยใหม่มีการควบคุมควบคู่ทั้งอุปกรณ์และโปรแกรม ทำให้ผลกระทบจากส่วนประกอบของแก๊สธรรมชาติมีค่าเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับแก๊สไอเสียที่ถูกปล่อยจากเครื่องยนต์ทำงานเบาและเครื่องยนต์หนักที่มีการใช้เทคโนโลยีควบคุมที่ทันสมัยจากที่มีความต้องการระบบที่ความสมบูรณ์เพิ่มขึ้นสำหรับเครื่องยนต์ ดังนั้นความหลากหลายของแก๊สธรรมชาติจึงถูกนำมาโมษณาเปรียบเทียบแข่งขันทั้ง OEM NGVS และ NGVS ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงมีความต้องการศึกษาเพื่อรับรองคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและผู้ผลิตเครื่องยนต์ให้ความมั่นใจได้ว่าสามารถใช้งานใช้งานเมื่อมีการดัดแปลงใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ได้ ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในระบบการจ่ายแก๊สธรรมชาติส่งผลไม่มากต่อการใช้แก๊ส NGV แต่อย่างไรก็ตาม การทำแก๊สให้แห้งเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับฤดูหนาว หรือกรณีที่มีปริมาณความดันแก๊สในระบบที่ต่ำๆ ก็จะเป็นการเอื้อต่อการเกิดน้ำ ซึ่งเมื่อมีปริมาณน้ำที่สูงในแก๊สก็จะส่งผลกระทบมากขึ้นตามมา ความหลากหลายของส่วนประกอบในแก๊สธรรมชาติสามารถกระทบต่อระดับการปล่อยแก๊สพิษ ในเบื้องต้นปริมาณแก๊สพิษที่ปล่อยออกจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิง แต่เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติ แก๊สพิษที่เกิดขึ้นก็จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของแก๊สซึ่งมีผลโดยตรงจากปริมาณของ HC ที่มีอยู่ในส่วนประกอบ ซึ่งอาจจะส่งกระทบในบางประเทศที่มีการใช้มาตรฐาน NMHC

3.2 งานวิจัยการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย

สมศักดิ์ เพ็ชร์กุล [4] งานวิจัยนี้เป็นการนำเอาก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนกับเครื่องยนต์ที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ซึ่งเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติที่ใช้จะเป็นประเภท NGV (Natural Gas Vehicle) โดยนำมาใช้กับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดประจำสูบ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติที่นำมาใช้นี้เป็นระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ สำหรับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเข้าไปในเครื่องยนต์จะถูกควบคุมด้วยกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิคส์แบบปรับค่าได้ ซึ่งทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีขึ้น ผลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ระหว่างเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีนที่สภาวะการทำงานต่างๆพบว่าผลทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าผลทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีนที่ทุกสภาวะการทำงาน ณ. สภาวะการทำงานเดียวกันผลทางด้านมลพิษของคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนออกไซด์และไฮดรอคาร์บอน ที่ออกมาจากเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติต่ำกว่าผลที่ได้จากเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน การนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เพื่อแทนเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนในเครื่องยนต์ Multi point port injection มีความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงโดยจำเป็นที่จะต้องเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติให้มากขึ้นและปรับองศาการจุดระเบิดใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับการเผาไหม้

จากการทดลอง สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่ทุกสภาวะโหลดการทำงานและทุกๆรอบการทำงาน ณ สภาวะโหลดการทำงานและความเร็วรอบสูงขึ้นเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติจะมีการเปลี่ยนแปลงในผลทางด้านสมรรถนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน ปริมาณมลพิษที่วัดได้จากไอเสียของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่ใช้กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิคส์ที่สามารถควบคุมการฉีดได้ พบว่าค่าปริมาณมลพิษของคาร์บอนมอนออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และไฮดรอคาร์บอนจะมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน ส่วนเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่ใช้กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิคส์ของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนจะมีค่าไฮดรอคาร์บอนสูงกว่าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่ใช้กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิคส์ที่สามารถควบคุมการฉีดได้

ผศ.ดร. คณิต วัฒนวิเชียร [5] ผลงานชิ้นนี้เป็นการนำเอาเชื้อเพลิงสองชนิดมาใช้ร่วมกันอย่างที่เรียกกันว่า Dual Fuel และตัวอย่างของผลงานชิ้นนี้เป็นการใช้ร่วมกันระหว่างน้ำมันดีเซลกับก๊าซ NGV จึงเรียกว่าเป็น Diesel Dual Fuel หลักการของการใช้เชื้อเพลิงผสมกันแบบนี้จะแตกต่างไปจากระบบ ที่เรียกว่า Alternative Fuel หรือระบบที่มีเชื้อเพลิงให้เลือกใช้มากกว่า 1 ชนิด และสามารถเลือกใช้อย่างใดอย่างหนึ่งได้ เช่น เลือกใช้ก๊าซ LPG อย่างเดียว หรือใช้เบนซินอย่างเดียว หรือดีเซลอย่างเดียว ฯลฯ ส่วน Dual Fuel จะมีการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดร่วมกันเช่น เบนซินกับก๊าซ หรือดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG อย่างที่เราพูดถึงนี้ เป็นต้น การใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดผสมกันที่เรียกว่า Diesel Dual Fuel ยังคงใช้ระบบจุดระเบิดในห้องเผาไหม้ของระบบเดิมคือ ปั๊มหัวฉีดกลไกที่มีการปรับแต่งให้ลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่น้อยลงกว่าเดิม อาจจะเหลือเพียง 40-60% ส่วนปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกลดลงไปจะถูกทดแทนด้วยก๊าซ NGV ที่ถูกประจุเข้าสู่กระบอกสูบในจังหวะดูด ปกติแล้วเครื่องยนต์ดีเซลจะดูดเอาอากาศเข้าไปเพียงอย่างเดียวในจังหวะดูด หลังจากนั้นอากาศจะถูกอัดจนมีปริมาตรที่เล็กลงกว่าเดิมประมาณ 17 ถึง 22 เท่า ทำให้อากาศร้อนจัดกว่า 2000 องศาเซลเซียส ในจังหวะนี้เองเมื่อมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลผ่านหัวฉีดจนเป็นฝอยละเอียดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ที่มีอากาศร้อนจัด จะมีการระเบิดในห้องเผาไหม้อย่างรุนแรง กลายเป็นพลังงานขับดันลูกสูบให้เคลื่อนกลับลงมา และข้อเหวี่ยงเกิดการหมุน ซึ่งเราสามารถนำเอากำลังจากการหมุนของข้อเหวี่ยงไปใช้ในการขับเคลื่อนให้รถเคลื่อนที่ไปได้นั่นเอง การปล่อยให้ก๊าซ NGV ผสมกับอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบของเครื่องดีเซล และถูกอัดด้วยกำลังอัดสูงร่วม 20 เท่าในเครื่องดีเซลนั้น อาจก่อให้เกิดการชิงจุดระเบิดของก๊าซซึ่งเป็นเชื้อเพลิงก่อนการจุดระเบิดตามจังหวะของหัวฉีดได้ซึ่งเรียกว่า Detonation ทำให้เครื่องยนต์มีอาการ "น็อก" จึงต้องมีการออกแบบควบคุมการจ่ายก๊าซ NGV ที่ดี การชิงจุดระเบิดก็จะไม่เกิดขึ้น เทคนิคในการผสมก๊าซเชื้อเพลิงเข้ากับอากาศที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบนี้ ผศ.ดร. คณิต วัฒนวิเชียร อธิบายข้อได้เปรียบเล็ก ๆ ของเครื่องยนต์ประเภท "ไดเร็กอินเจ็กชั่นหรือ DI" จะดีกว่าประเภท "อินไดเร็กอินเจ็กชั่น IDI" ว่า เครื่องยนต์ประเภท DI มักจะมีอัตราส่วนกำลังอัดในกระบอกสูบน้อยกว่า คือประมาณ 17-19 : 1 ดังนั้นจึงสามารถจะเพิ่มปริมาณก๊าซ NGV เข้าไปได้มากกว่าเครื่อง IDI ซึ่งมักจะมีแรงอัดอยู่ที่ 21-22 : 1 นั่นหมายถึงว่าเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจะประหยัดการใช้เชื้อเพลิงดีเซลได้มากขึ้น ความแตกต่างของปริมาณก๊าซ NGV ที่ผสมเข้าไปในกระบอกสูบ จะให้ผลแตกต่างในด้านกำลังเครื่องยนต์ด้วย ก๊าซ NGV สามารถผสมเข้าไปได้ถึง 70% ในรถบางรุ่น และใช้เชื้อเพลิงหลักจากน้ำมันดีเซลเพียง 30% แต่การตอบสนองด้านกำลังเครื่องยนต์ก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย แต่ถ้าใช้ก๊าซในปริมาณน้อย ๆ และใช้เชื้อเพลิงหลักในปริมาณมาก การตอบสนองของเครื่องยนต์แทบไม่รู้สึกถึงความแตกต่างจากการใช้เพลิงแบบเดิม แถมท้ายอีกนิด อาจารย์คณิตขอแนะนำว่า รถที่จะติดตั้งก๊าซ NGV เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผสมนั้น ควรจะเป็นรถที่ใช้งานค่อนข้างมากในแต่ละวันจะคุ้มค่ากว่า ในระยะเวลาไม่นาน และยิ่งถ้าเป็นรถที่ต้องจ้างคนขับด้วยแล้วยิ่งดี เพราะสามารถจะควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

เครื่องยนต์ดีเซลและทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในประเภทหนึ่ง มีหลักการทำงานโดยการอัดอากาศร้อนเข้าไปในกระบอกสูบ เพื่อให้เกิดการสันดาปของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเป็นคุณลักษณะของเครื่องยนต์ดีเซลอากาศที่ถูกอัดอยู่ในกระบอกสูบด้วยกำลังอัดที่สูงขึ้น จะทำให้เกิดอุณหภูมิในอากาศที่สูงขึ้น ดั้งนั้นเมื่อหัวฉีด ฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปกระทบกับอากาศร้อนที่ถูกอัดอยู่ในกระบอกสูบจะเกิดการเผาไหม้ขึ้น แรงดันจากการเผาไหม้จะผลักดันหัวลูกสูบให้เลื่อนลงเป็นกำลังงานถ่ายทอดออกมา ปัจจุบันเครื่องยนต์ดีเซล ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานประเภทที่ต้องการงานมากๆ

4.1 ข้อดีของเครื่องยนต์ดีเซล

1 เครื่องยนต์ดีเซลไม่ต้องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในการจุดระเบิดซึ่งยุ่งยาก

2 ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์มีความแข็งแรง จึงอายุการใช้งานยาวนาน

3 สามารถรับภาระโหลดได้ดี

4 น้ำมันดีเซลไม่ไวไฟเหมือนน้ำมันเบนซินทำให้ความปลอดภัยมากกว่า

4.2 ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลทำงานได้

1 อากาศ เชื้อเพลิง และการเผาไหม้ คือจะต้องมีการผสม กันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้มีการจุดระเบิด

2 การอัดอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบให้สูง จนทำให้มีการจุดระเบิดและเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็ว

3 การเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระบอกสูบ เป็นการถ่ายทอดพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้เป็นพลังงานกลนำไปใช้งาน ผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและอากาศจะดันส่วนบนของลูกสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ถ่ายทอดกำลังไปยังเพลาข้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

ในปัจจุบันมีความนิยมที่จะทำการดัดแปลงยานพาหนะให้ใช้เชื้อเพลิงชนิดที่สอง นอกจากเชื้อเพลิงหลักและสามารถเลือกใช้ชนิดใดก็ได้ ตามความต้องการเพื่อลดการใช้จ่ายของการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงเนื่องจากมีราคาสูงขึ้นตามราคาตลาดโลก ในการทดสอบนี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัดสามารถใช้ได้ทั้งในเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยการอัด และใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ในที่นี้จะพิจารณาแต่เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยการอัดหรือเครื่องยนต์ดีเซล

4.4 เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบการจุดระเบิดด้วยการอัด

4.4.1 รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเพียงอย่างเดียว (Dedicated NGV)

ส่วนมากมีการติดตั้งมาจากโรงงานโดยตรง หรือดัดแปลงจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีอยู่ทั่วไปมาใช้ระบบนี้ ซึ่งมีความยุ่งยากมากที่จะทำการดัดแปลงและมีค่าใช้จ่ายสูง

4.4.2 รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดร่วมกับน้ำมันดีเซล (Diesel Dual Fuel, DDF)

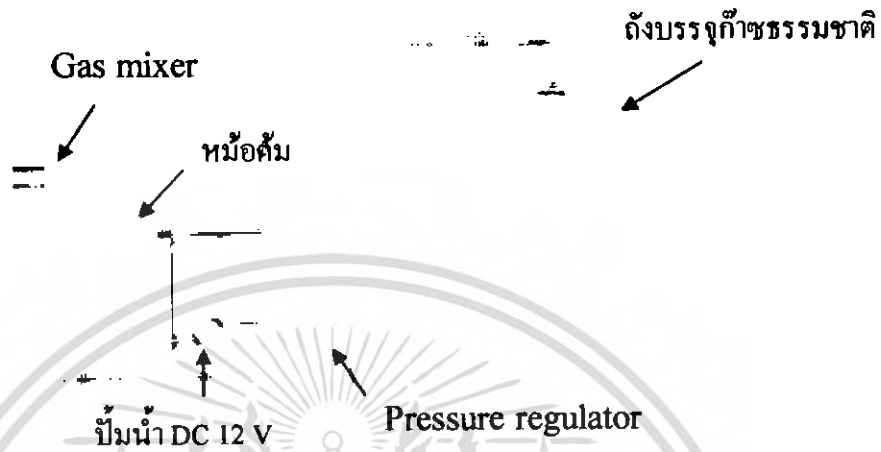
เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วม (Diesel Dual Fuel) เป็นเครื่องยนต์ดีเซลที่ติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซฯ และถังก๊าซ ซึ่งต้องใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นตัวจุดระเบิดนำร่องหรือใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว อัตราส่วนก๊าซธรรมชาติอัดต่อน้ำมันดีเซลจะขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์นั้นๆ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ก๊าซและคุณภาพของก๊าซที่ใช้โดยทั่วไป ปัจจุบันสามารถใช้อัตราส่วนก๊าซธรรมชาติอัดต่อน้ำมันได้ร้อยละ 30 ถึง 70 ระบบนี้สามารถเลือกใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวได้ หรือใช้เชื้อเพลิงร่วมก็ได้โดยการปรับสวิตช์เลือกใช้เชื้อเพลิงเท่านั้น

4.4.3 ระบบดูดก๊าซ (Fumigation System) ซึ่งจะมีอุปกรณ์ผสมก๊าซและอากาศ (Gas Mixer) ทำหน้าที่ผสมอากาศที่เครื่องยนต์ดูดเข้าไปกับก๊าซธรรมชาติในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้ก่อนที่จะจ่ายเข้าเครื่องยนต์ อุปกรณ์หลักๆประกอบด้วยอุปกรณ์ผสมก๊าซและอากาศ ในการทำงานจะจ่ายเชื้อเพลิงผสมกับอากาศจากแรงดันที่เกิดลดลงเมื่ออากาศไหลผ่านคอคอด ภายในอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ ปริมาตรจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเร็วของอากาศที่ผ่านเข้าสู่เครื่องยนต์หรือขึ้นอยู่กับรอบของเครื่องยนต์ โดยก่อนที่ก๊าซจะไหลเข้าสู่เครื่องยนต์จะผ่านอุปกรณ์ที่ลดแรงดันของก๊าซ (Pressure Regulator) หรือเรียกอีกอย่างว่าหม้อต้ม

72888

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อลดแรงดันที่ออกมาจากถังก๊าซให้อยู่ในระดับความดันเดียวกันกับการใช้ในเครื่องยนต์ เนื่องจากการลดความดันนั้นจะทำให้เกิดน้ำแข็งเกาะตามหม้อต้มหรืออุดตันทางไหลของก๊าซได้ จึงต้องใช้น้ำที่มีความร้อนมาอุ่นที่อุปกรณ์ไว้



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของระบบจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติระบบดูด

4.5 ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่เป็นพื้นฐาน ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นหัวข้อของการวิจัยครั้งนี้ โดยทั่วไปแล้วค่า *bmep* ของ SI Engine มีความดันประมาณ 850-1050 kpa ส่วนของ CI Engine ความดันประมาณ 700-900 pa และในกรณีของ CI Engine ที่มี Turbocharger มีค่าประมาณ1000-1200 kpa

4.5.1 แรงบิด (Torque) แรงบิดสามารถบ่งบอกปริมาณงานของเครื่องยนต์ดีเซลได้ดีมาก แรงบิดสามารถถูกวัดได้โดยค่าแรงที่โมเมนต์นั้นๆ แรงบิดมีหน่วยเป็น N.m แรงบิด (τ) มีความสัมพันธ์กับงานดังนี้

$$\tau = mg / 5 \qquad (4.1)$$

โดยที่ m =Load ที่ใช้ในการทดสอบแต่ละสภาวะ(kg.m)

g =specific gravity (9.81 m/s^2)

5=ค่าผิดพลาดที่ได้จากเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 พลังงานที่คำนวณได้จากเครื่องยนต์(Power of Engine) มีหน่วยเป็น (kw)

$$W_b = 2\pi\tau N / 60x1000 \qquad (4.2)$$

โดยที่ N = รอบในการทดสอบเครื่องยนต์ (rev/min)

4.5.3 พลังงานที่คำนวณได้จากเชื้อเพลิง(Power of Fuel) มีหน่วยเป็น (kw)

$$W_f = \dot{m}_f Q_{HV} / 60 \qquad (4.3)$$

โดยที่ $\dot{m}_f$ =อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (g/min)

Q_{HV} =ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ/kg)

4.5.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Brake Specific Fuel Consumption) มีหน่วยเป็น (g/kw.h) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$sfc = \dot{m}_f / W_b \qquad (4.4)$$

4.5.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency)

$$\eta_t = W_b / W_f \qquad (4.5)$$

$$\eta_t = 3600x100 / sfcQ_{HV} \qquad (4.6)$$

โดยทั่วไปเครื่องยนต์มี Indicated thermal efficiency ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และ Brake thermal efficiency ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ Brake thermal efficiency ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

4.5.6 มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ (Emissions)

มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน Oxides of Nitrogen (NOx), Carbon monoxide (CO), Hydrocarbons (HC) Solid particulates และควันดำซึ่งสามารถถูกวัดได้โดยตรงจากไอเสียของเครื่องยนต์ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น gm/kW-hr HSU หรือ ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

อุปกรณ์การทดสอบและวิธีการทดสอบเครื่องยนต์

ในการทดลองแบ่งการทดสอบออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ ตามประเภทของเครื่องยนต์ดังนี้

กลุ่มที่หนึ่ง เป็นการทดสอบรถยนต์เชื้อเพลิงผสม NGV กับดีเซล ของรถยนต์ TOYOTA HIACE เครื่องยนต์ 5 L ขนาดความจุ 2986 ซีซี 4 สูบ 4 จังหวะ ความโตกระบอกสูบ 95.5 x 96.0 mm

กลุ่มที่สอง เป็นการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมNGVกับดีเซล ของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก EDI-120 4 จังหวะ 1 สูบ ความโตกระบอกสูบ 94.0 x 90.0 mm ขนาดความจุ 624 ซีซี

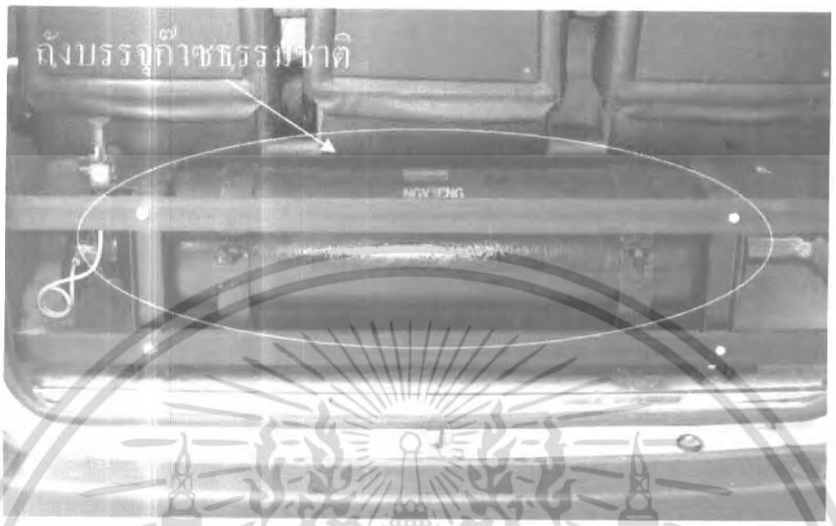
5.1 เครื่องยนต์

กลุ่มที่หนึ่ง เป็นการทดสอบรถยนต์เชื้อเพลิงผสม NGV กับดีเซล ของรถยนต์ TOYOTA HIACE เครื่องยนต์ 5 L ขนาดความจุ 2986 ซีซี 4 สูบ 4 จังหวะ ความโตกระบอกสูบ 95.5 x 96.0 mm

รูปที่ 5.1 รถยนต์ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังก๊าซที่ติดตั้งมากับรถยนต์ ถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนท้ายของรถ ก๊าซถูกส่งไปตามท่อส่งเชื้อเพลิง ผ่านอุปกรณ์ลดความดัน (Pressure Regulator) ก่อนที่จะถูกนำเข้าผสมกับอากาศที่ท่อทางเข้าอากาศ ด้วยชุดผสมก๊าซกับอากาศ (Gas and Air Mixer) ก่อนเข้าห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)



รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งถังก๊าซกับรถยนต์

รูปที่ 5.3 แสดงการติดตั้งระบบลดความดันก๊าซก่อนเข้าเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่สอง เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ 5.4 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะรุ่น EDI-120

เป็นเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะรุ่น EDI-120 เป็นเครื่องยนต์หนึ่งกระบอกสูบระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์

Type	EDI 120
Engine Type	Direct-Injection Diesel Engine Single Cylinder Water-Cooled
Bore x Stoke	94 mm x 90 mm
Displacement	0.624 L
Compression ratio	1 8:1
Net weight	122 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 เครื่องควบคุมและแสดงผลกำลังของเครื่องยนต์

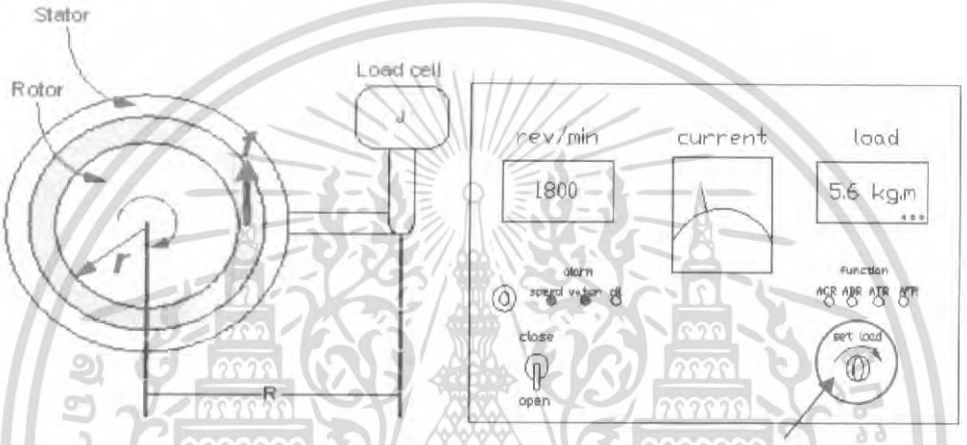
5.2.1 แชซซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer controller dynamometer) เป็นเครื่องทดสอบสมรรถนะของรถยนต์ ที่สามารถตั้งเงื่อนไขสภาพแวดล้อมให้คล้ายกับการวิ่งจริงบนท้องถนน และสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงสภาพเงื่อนไขเหล่านั้นได้เพื่อทดสอบ การทำงานของรถยนต์ให้ใกล้เคียง กับการใช้งานจริงบนถนนมากที่สุด

รูปที่ 5.5 แสดงการทดสอบของรถยนต์บนแท่นทดสอบ

รูปที่ 5.6 เครื่องควบคุมและแสดงผลกำลังของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ไดนาโมมิเตอร์แบบ (Eddy current) หลักการทำงานของ Engine Dynamometer ไฟฟ้ากระแสตรงที่วิ่งผ่านขดลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในตัว Eddy Current เมื่อตัว Rotor หมุนจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นรอบๆ ตัว Rotor โดยทิศทางของ เส้นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นแนวตรงข้ามกัน ตัวกระตุ้นและตัวโครงของ Eddy Current ทำให้เกิดแรงกระตุ้นการเบรกตัว Rotor ซึ่งแรงที่กระทำในการเบรกนี้เองจะเป็นสัดส่วนกับกระแสไฟฟ้าที่กระตุ้นเข้าไปและจะได้เป็นค่าแรงบิดที่กระทำกับตัวล้อหมุนที่ต่อเข้ากับตัว Rotor จะถูกวัดโดยใช้ Strain Gauge Load Cell และพลังงานที่ถ่ายทอดออกมาจากเครื่องยนต์หรือรถยนต์จะถูกผันแปรไปเป็นความร้อน และควรถูกทำให้เย็นโดยการให้น้ำเย็นหรือลมเย็นไหลผ่านตัว Rotor



รูปที่ 5.7 ภาพแสดง Eddy Current , Load Cell และมอนิเตอร์สำหรับปรับ Load

5.3 อุปกรณ์วัดปริมาณมลพิษของเชื้อเพลิง

5.3.1 อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ในการวัดปริมาณละอองมลพิษที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ โดยจะใช้กระดาษสำหรับทดสอบละอองมลพิษ สามารถวัดปริมาณละอองมลพิษ ซึ่งเป็นการวัดโดยตรงจากเครื่องยนต์ทางท่อไอเสียโดยไม่ผ่านอุปกรณ์กำจัดมลพิษ ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ที่มาจากเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 อุปกรณ์วัดปริมาณควันดำ

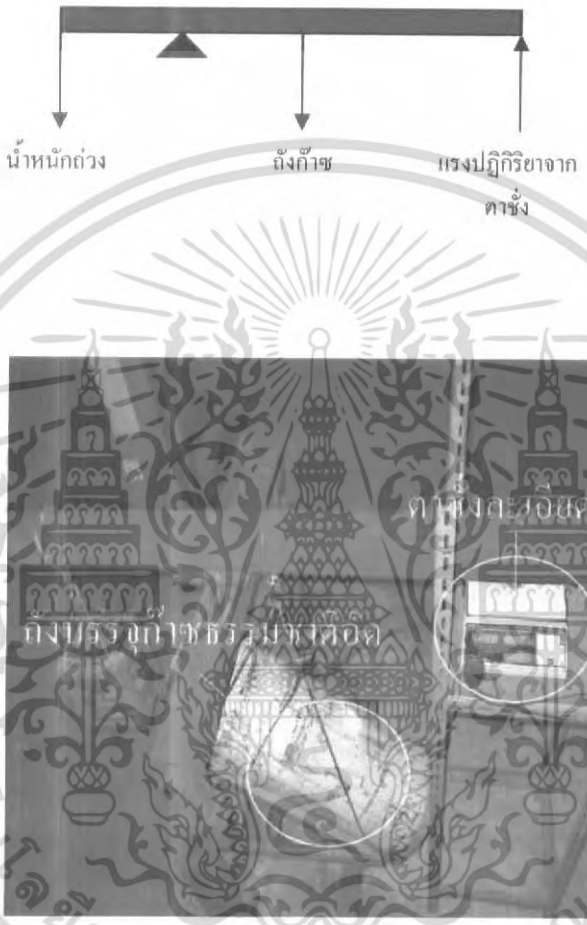
5.3.2 อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ในการวัดปริมาณควันดำที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ โดยการวัดความเข้มของแสงสว่างที่ลดลงจากควันที่ไหลผ่านไปยัง Photo cell จะเป็นตัวบอกความหนาแน่นของควันที่ไหลผ่าน

รูปที่ 5.9 อุปกรณ์วัดปริมาณควันดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงมีหลักการคือการชั่งน้ำหนักของถังก๊าซและเนื้อก๊าซโดยจะใช้เวลาประมาณ 1 นาที แล้วนำมาหักลบกันโดยผลต่างที่ได้ก็คือปริมาณก๊าซที่ใช้ไป แต่การชั่งถังก๊าซที่มีน้ำหนักมากนั้นต้องใช้เครื่องชั่งที่มีขนาดใหญ่และมีราคาสูงจึงใช้หลักการของโมเมนต์มาประยุกต์ใช้



รูปที่ 5.10 อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

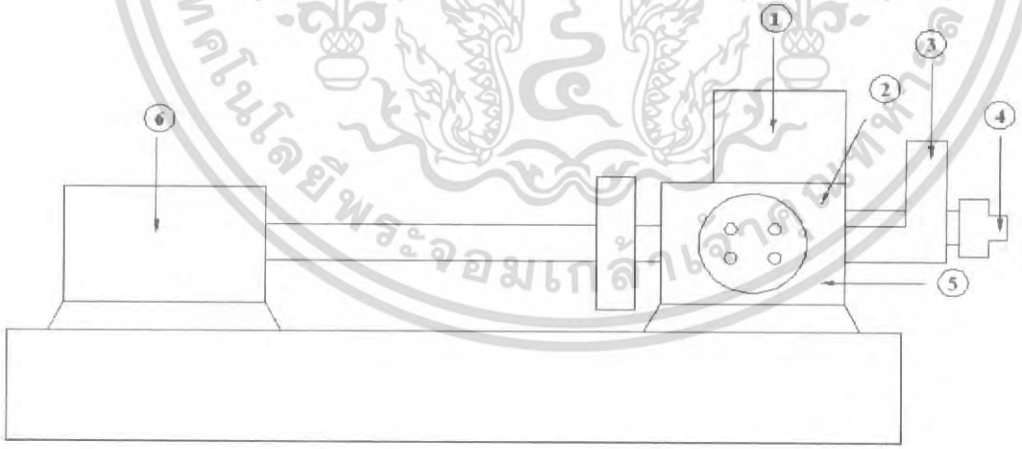
5.5 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลือง

อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงมีหลักการทำงานคือโดยมีตัวตั้งเวลาตัดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังหลักแล้วมาใช้เชื้อเพลิงที่เราชั่งไว้ การชั่งน้ำหนักของน้ำมันดีเซล โดยจะใช้เวลาประมาณ 1 นาที แล้วนำมาหักลบกันโดยผลต่างที่ได้ก็คือปริมาณของน้ำมันดีเซลที่ใช้ไป

รูปที่ 5.11 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลือง

5.6 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature sensor)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิจะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิที่บริเวณ ท่อไอเสีย,ท่อไอดี,น้ำหล่อเย็นและที่อ่างน้ำมันเครื่องที่อยู่ภายในเครื่องยนต์ เพื่อนำค่าที่ได้มาเป็นปัจจัยเพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของผลที่ได้ออกมา



รูปที่ 5.12 ตำแหน่งที่ทำการติดตั้ง อุปกรณ์ในการวัดค่าต่างๆ

1. วัดอุณหภูมิของหม้อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดแรงดันที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์
3. วัดอุณหภูมิของไอเสีย
4. วัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้ามาในมิกเซอร์
5. วัดอุณหภูมิน้ำมันเครื่องในอ่างน้ำมันเครื่อง
6. เครื่องวัดแรงบิดที่ให้กับเครื่องยนต์ (EDDY CURRENT)

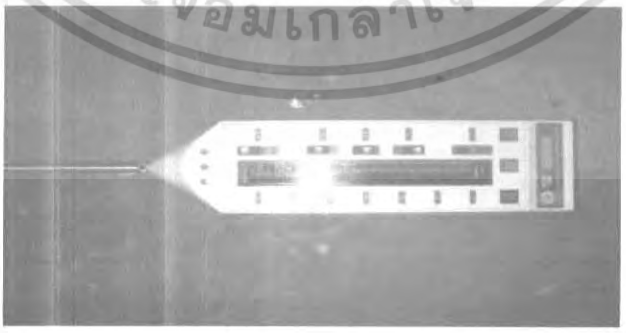
5.7 ก๊าซมิกเซอร์ (Gas mixer)

อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ ใช้หลักความแตกต่างของความดัน อากาศที่ไหลผ่านคอคอด มิกเซอร์จะดูดก๊าซออกมาผสมกับอากาศที่บริเวณทางเข้า

รูปที่ 5.13 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ

5.8 เครื่องมือวัดความดังของเสียง (Sound Level meter)

นำผลกระทบที่เกิดขึ้นก่อนติดตั้ง Gas mixer และหลังการติดตั้ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนเชื้อเพลิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.14 เครื่องมือวัดความดังของเสียง (Sound Level Meter)

5.9 ถังบรรจุเชื้อเพลิงธรรมก๊าซธรรมชาติ

ถังที่ใช้บรรจุเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด ที่ใช้สำหรับยานยนต์ทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ด้วยกัน คือถังบรรจุที่ทำมาจากวัสดุเหล็กหรืออลูมิเนียมและอีกวัสดุหนึ่งทำมาจากวัสดุจำพวกพลาสติก และมีการเสริมวัสดุใยแก้วด้วยเพื่อเพิ่มความทนทานของถังบรรจุเชื้อเพลิง โดยถังทุกใบได้ผ่านกระบวนการทดสอบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยมาแล้วก่อนที่จะนำมาใช้งานจริง ทำให้มีความปลอดภัยสูงสุดและถังที่นำมาใช้เป็นถังบรรจุที่ทำมาจากเหล็กขนาด 75 ลิตร สามารถบรรจุก๊าซธรรมชาติอัดได้ 20 ลิตร สามารถบรรจุก๊าซธรรมชาติอัดได้ 20 ลิตรน้ำ และสามารถทนแรงดันในการอัดก๊าซธรรมชาติได้ถึง 6000 PSI และถังนี้มีแรงดันภายในประมาณ 200 บาร์

รูปที่ 5.15 ถังบรรจุเชื้อเพลิงธรรมก๊าซธรรมชาติ

ตารางที่ 5.2 รายละเอียดของถังก๊าซธรรมชาติ

ขนาดความจุ (ลิตร)	ผู้ผลิต (ประเทศ)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กก)	ราคา (บาท)
60	EKC(อินเดีย)	267	1,325	64	10,000
	NK(Scan)(เกาหลี)	279	1,300	68	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	BTIC(Scan inter)(จีน)	246	925	46	16,000
ขนาดความจุ (ลิตร)	ผู้ผลิต (ประเทศ)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กก)	ราคา (บาท)
70	Faber(อิตาลี)	356	910	63	
	EKC(อินเดีย)	356	940	77	14,000
	EKC (Scan Inter) (อินเดีย)	356	940	77	
	PARS (อิหร่าน)	356	975	78	
71	MAT(IFT)(บราซิล)	356	900	78	
77	NK (Scan Inter)(เกาหลี)	356	1,020	85	15,000
80	BTIC(จีน)	279	1,645	102	13,100
90	NK (Scan inter)(เกาหลี)	406	915	90	16,000
100	Faber(อิตาลี)	406	1,010	89	17,200
	EXC(อินเดีย)	356	1,270	90	15,700
140	Faber(อิตาลี)	356	1,660	101	22,800
	Faber(อิตาลี)	356	1,690	112	20,100

*www.gasthai.com

5.10 อุปกรณ์ลดแรงดัน (Pressure regulator)

อุปกรณ์ลดแรงดันตัวนี้ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า "หม้อต้ม" มีหน้าที่ในการลดแรงดันของก๊าซธรรมชาติจาก 200 bar ให้เหลือแรงดันเท่ากับแรงดันที่หัวฉีดสามารถทำงานได้โดยปกติจะอยู่ที่ 2.5 – 2.6 bar ซึ่งในการลดจะลดภายใน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะลดความดันจากถังประมาณ 200 bar ให้เหลือประมาณ 5 bar และในขั้นตอนการลดที่สอง จะลดความดันที่ประมาณ 5 bar ลงเหลือ 2.5 – 2.6 bar และในการเปิดให้ก๊าซไหลจากถังเข้าสู่อุปกรณ์ลดแรงดันจะมีตัวโซลินอยด์วาล์วคอยควบคุม โดยต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ซึ่งการลดความดันที่มีค่าสูง ๆ ให้เหลือค่าความดันต่ำๆ จะทำให้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมีอุณหภูมิเย็นจัดซึ่งอาจจะส่งผลต่อการสันดาปของเครื่องยนต์ได้ดังนั้นจึงมีการออกแบบให้มีน้ำหล่อเย็นจากเครื่องยนต์ไหลเข้ามาภายในหม้อต้มเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกันระหว่างเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติกับน้ำหล่อเย็นซึ่งทำให้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมีอุณหภูมิเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.16 อุปกรณ์ลดแรงดัน (Pressure regulator)

5.11 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง แบ่งเป็น 2 ช่วงการทดสอบคือ

ช่วงการทดสอบที่ 1 ประสิทธิภาพสมรรถนะและความคุ้มทุน

ช่วงการทดสอบที่ 2 หาผลกระทบหลังการนำไปใช้งาน

ช่วงการทดสอบที่ 1 วิธีการทดสอบหาสมรรถนะและความคุ้มทุน

5.11.1 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

การทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม

ในการทำการทดสอบจะตั้งโหลดที่ Roller ไว้ที่ 100,500,700,900 bmep ตามลำดับ หลังจากนั้นจะทำการเร่งเครื่องยนต์ ให้ได้ตามโหลดที่ตั้งไว้ ซึ่งในช่วงนี้ จะทำการบันทึกเวลาในการเร่งไว้ หลังจากนั้นจะแบ่งช่วงเวลา ในการบันทึกปริมาณเข่าควันที่ 6 นาทีวัดหนึ่งครั้ง เมื่อทดสอบจนถึง 20 นาที จะทำการบันทึกระยะไว้ แล้วค่อยๆลดความเร็วของเครื่องยนต์ลงมาจนล้อรถหยุดหมุนจึงทำการดับเครื่องยนต์และปิดสวิทช์ก๊าซ NGV จากนั้นจะรอประมาณ 45 นาที เติมน้ำมันดีเซลลงไปให้ได้ระดับเท่าเดิมบันทึกจำนวนน้ำมันที่เติมเข้าไป นำรถไปเติมก๊าซ NGV ที่ปั๊มให้เต็มดั้งเดิม เมื่อกลับมาที่แทนทดสอบแล้วจึงเติมน้ำมันดีเซลกลับให้เต็มดั้งเดิม

การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

ในการทำการทดสอบจะตั้งโหลดที่ Roller ไว้ที่ 100,500,700,900 bmep ตามลำดับ หลังจากนั้นจะทำการเร่งเครื่องยนต์ให้ได้ตามโหลดที่ตั้งไว้ ซึ่งในช่วงนี้ จะทำการบันทึกเวลาในการเร่งไว้ หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจะแบ่งช่วงเวลา ในการบันทึกปริมาณเขม่าควันที่ 6 นาทีวัดหนึ่งครั้ง เมื่อทดสอบจนถึง 20 นาที จะทำการบันทึกระยะไว้ แล้วค่อยๆลดความเร็วของเครื่องยนต์ลงมาจนล้อรถหยุดหมุนจึงทำการดับเครื่องยนต์ จากนั้นจะรอประมาณ 45 นาทีเติมน้ำมันดีเซลลงไปให้ได้ระดับเท่าเดิมบันทึกจำนวนน้ำมันที่เติมเข้าไป

ช่วงการทดสอบที่ 2 หาผลกระทบหลังการนำใช้งาน

5.11.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

ขั้นตอนที่ 1 นำเครื่องยนต์ดีเซลขึ้นติดตั้งบนเครื่องทดสอบเอ็ดดีเคอเรนท์ (Eddy Current)

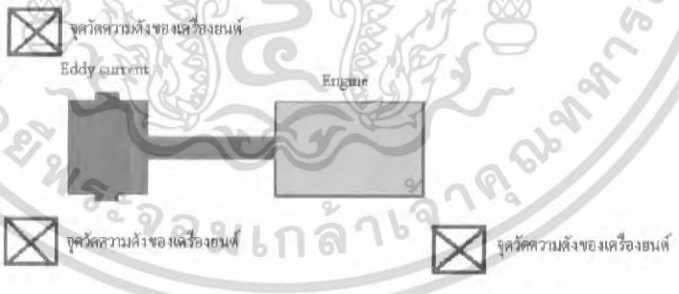
ขั้นตอนที่ 2 ทำการคาลิเบตเครื่องเอ็ดดีเคอเรนท์ (Eddy Current)

ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลโดยการกำหนดสภาวะโหลด 15 kg.m, 12 kg.m, 9 kg.m, 6 kg.m และ 3 kg.m โดยโหลดแต่ละตัวที่ทำการทดสอบมีทั้งหมด 6 ค่า คือ ที่รอบความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200,1400,1600,1800, 2000 และ 2200 (rpm)

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวัดปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปโดยอ่านจากตาชั่งดิจิตรอน โดยวัดทั้งหมด 3 ค่า แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของน้ำมันที่ใช้ไป

ขั้นตอนที่ 5 ทำการวัดปริมาณเขม่าที่ไอเสีย โดยวัดทั้งหมด 3 ค่า แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณเขม่าไอเสีย

ขั้นตอนที่ 6 ทำการวัดค่าความดังของเครื่องยนต์ โดยจุดที่วัดมีทั้งหมด 3 จุด



รูปที่ 5.17 ภาพการวัดค่าความดังของเสียง

ขั้นตอนที่ 7 อ่านค่าอุณหภูมิของเครื่อง แล้วบันทึกค่าที่ได้

ขั้นตอนที่ 8 อ่านค่าความดันของน้ำมันเครื่อง แล้วบันทึกค่า

ในการทดสอบค่าต่อไป ให้ทำเหมือนขั้นตอนข้างต้น จนครบทุกโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม

ขั้นตอนที่ 1 นำเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมขึ้นติดตั้งบนเครื่องทดสอบเอ็ดดีเคอเรนท์ (Eddy Current)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคาลิเบตเครื่องเอ็ดดีเคอเรนท์ (Eddy Current)

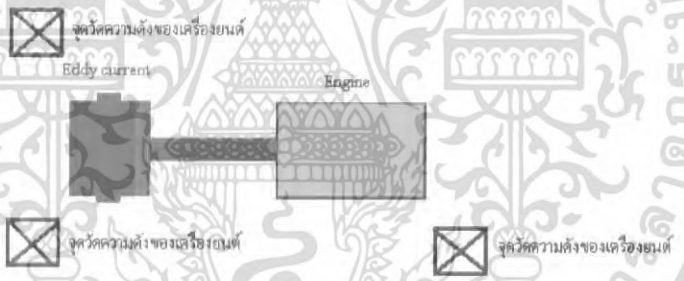
ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลโดยการกำหนดสภาวะโหลด 15 kg.m, 12 kg.m, 9 kg.m, 6 kg.m และ 3 kg.m โดยโหลดแต่ละตัวที่ทำการทดสอบมีทั้งหมด 6 ค่า คือ ที่รอบความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200,1400,1600,1800, 2000 และ 2200 (rpm)

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวัดปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปโดยอ่านจากตาชั่งดิจิตรอน โดยวัดทั้งหมด 3 ค่า แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของน้ำมันที่ใช้ไป

ขั้นตอนที่ 5 ทำการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ (NGV) ที่ใช้ไปโดยอ่านจากตาชั่งดิจิตรอน โดยวัดทั้งหมด 3 ค่า แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของน้ำมันที่ใช้ไป

ขั้นตอนที่ 6 ทำการวัดปริมาณเขม่าที่ไอเสีย โดยวัดทั้งหมด 3 ค่า แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณเขม่าไอเสีย

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวัดค่าความดังของเครื่องยนต์ โดยจุดที่วัดมีทั้งหมด 3 จุด



รูปที่ 5.18 ภาพการวัดค่าความดังของเสียง

ขั้นตอนที่ 8 อ่านค่าอุณหภูมิของเครื่อง แล้วบันทึกค่าที่ได้

ขั้นตอนที่ 9 อ่านค่าความดันของน้ำมันเครื่อง แล้วบันทึกค่า

ในการทดสอบค่าต่อไป ให้ทำเหมือนขั้นตอนข้างต้น จนครบทุกโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

การนำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติประเภท NGV มาดัดแปลงใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ ส่วนแรกศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลและเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม ส่วนที่สองศึกษาผลกระทบกับเครื่องยนต์หลังจากใช้เชื้อเพลิงร่วม

ผลการทดลองที่ได้

6.1 กลุ่มที่หนึ่ง จะมีรูปแบบการทดสอบที่จำลองการขับขี่รถยนต์บนท้องถนนซึ่งก็พบว่ามีสภาวะการขับขี่ที่ไม่เหมือนจริงเท่าไหร่เพราะว่ารถยนต์ที่ทดสอบนั้นไม่มีการปะทะกับลม ความฝืดที่เกิดจาก Roller นั้นแตกต่างกันกับพื้นถนน ความร้อนของผิวถนนก็มีผลต่อการทดสอบ ดั้งนั้นจึงจะแบ่งการทดสอบออกเป็นสองรูปแบบ ดังนี้

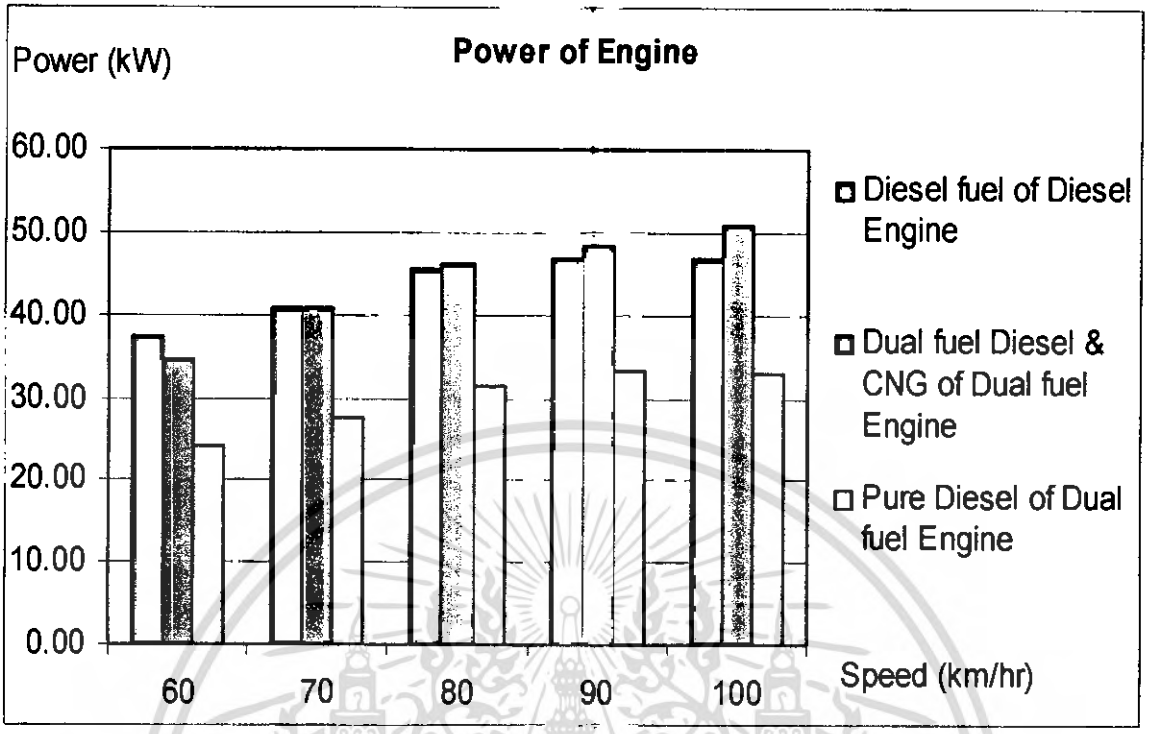
6.1.1ผลการทดสอบบนแท่นทดสอบ

เป็นการทดสอบรถยนต์เชื้อเพลิงผสม NGV กับดีเซล ของรถยนต์ TOYOTA HIACE เครื่องยนต์ 5L ขนาดความจุ 2986 ซีซี 4 สูบ 4 จังหวะ ความโตกระบอกสูบ 95.5 x 96.0 mm

ในการทดสอบมีการปรับปริมาณน้ำมันดีเซลให้ลดลง รถยนต์ที่ใช้ทดสอบมีสองคันคันแรกเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเพียงอย่างเดียว ไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์และคันที่สองเป็นเครื่องยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆของระบบ DDF และมีการปรับลดปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ที่ใช้ระบบ DDF ถังก๊าซธรรมชาติถูกติดตั้งไว้ที่ท้ายของรถ ก๊าซธรรมชาติถูกส่งไปตามท่อส่งเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และผ่านอุปกรณ์ลดความดัน ก่อนที่จะถูกนำเข้าผสมกับอากาศที่ท่อส่งเข้าอากาศด้วยชุดผสมก๊าซธรรมชาติกับอากาศ และหลังจากนั้นก็ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้ สำหรับเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV กับดีเซล

ทำการทดสอบวัดเขม่าควันจากไอเสียที่ภาระโหลด 500 700 และ 900 kPa BMEP วัดกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ อัตราเร่งของเครื่องยนต์ที่สภาวะโหลดต่างๆ และทำการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงบนแท่นทดสอบ

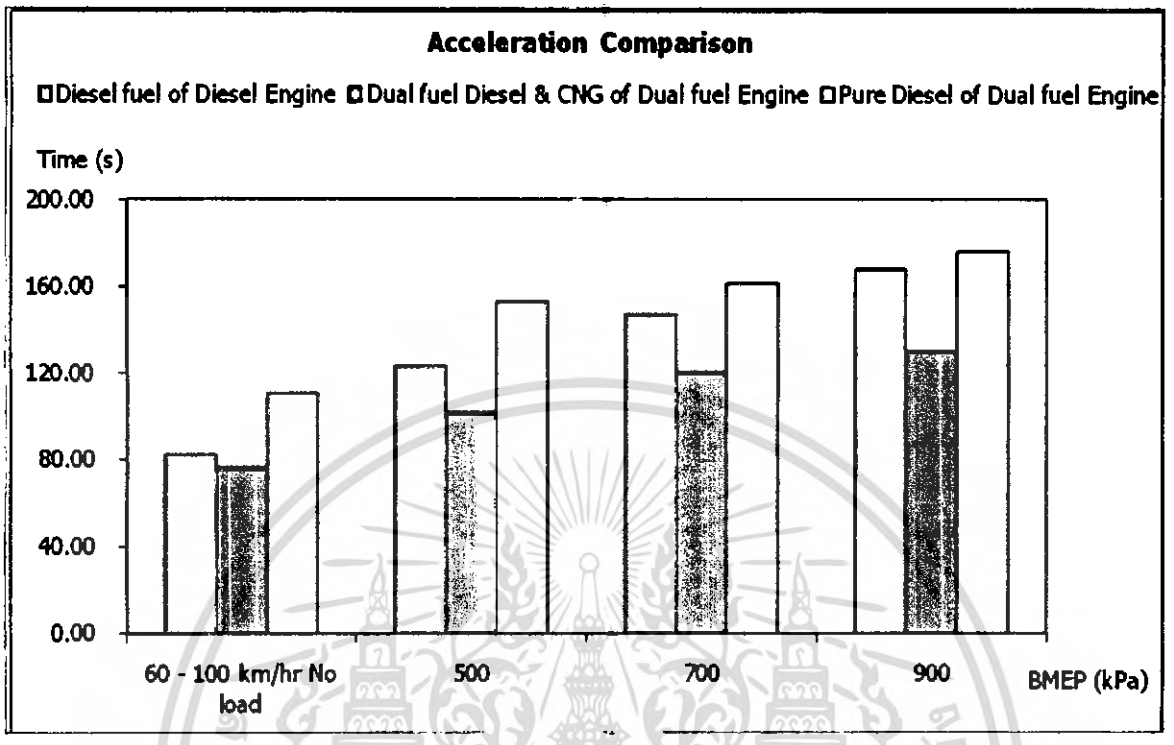
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV & Diesel TOYOTA-HIACE

จากการทดสอบพบว่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 8.5 เนื่องมาจากเชื้อเพลิง NGV ที่ถูกส่งเข้าไปในห้องเผาไหม้และการเผาไหม้ของ NGV มีความรวดเร็วและรุนแรงกว่าดีเซลนั่นเองจึงทำให้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์มากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวอย่างไรก็ตามที่ความเร็วรถ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวเล็กน้อยเพราะเนื่องจากมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศที่หนากว่าและอาจจะรวมไปถึงส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ไม่เหมาะสมเท่าเครื่องยนต์ดีเซลดั้งเดิม ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องยนต์นั้นๆ ที่ถูกออกแบบไว้

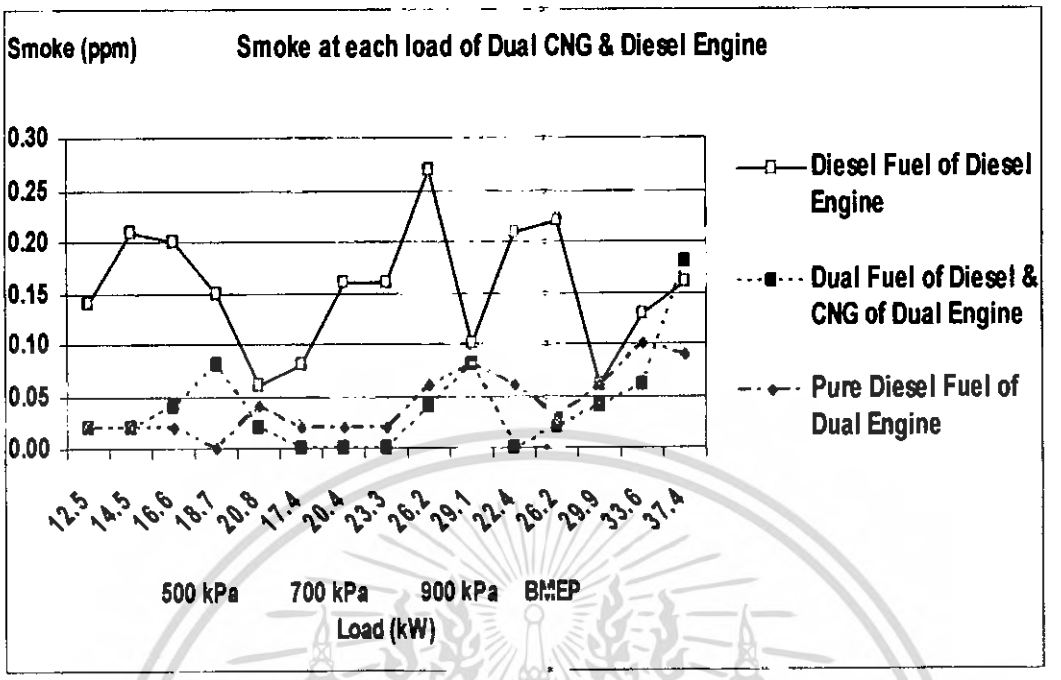
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 อัตราเร่งของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV & Diesel TOYOTA-HIACE

ถึงแม้ว่ากำลังสูงสุดโดยรวมของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมจะมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวก็ตามแต่เขม่าควันของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวสูงมาก เพราะมีปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลที่มีการเผาไหม้ไม่สมบรูณ์เหลือมาก สาเหตุเกิดจากการที่เชื้อเพลิง NGVเข้าไปแทนที่อากาศทำให้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศหนามากเกินไป นอกจากนั้นยังพบว่าอัตราเร่งของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีอัตราเร่งที่ดีกว่า เนื่องจากการเผาไหม้ NGV เป็นการเผาไหม้ที่รุนแรงและรวดเร็วกว่าดีเซลนั่นเอง

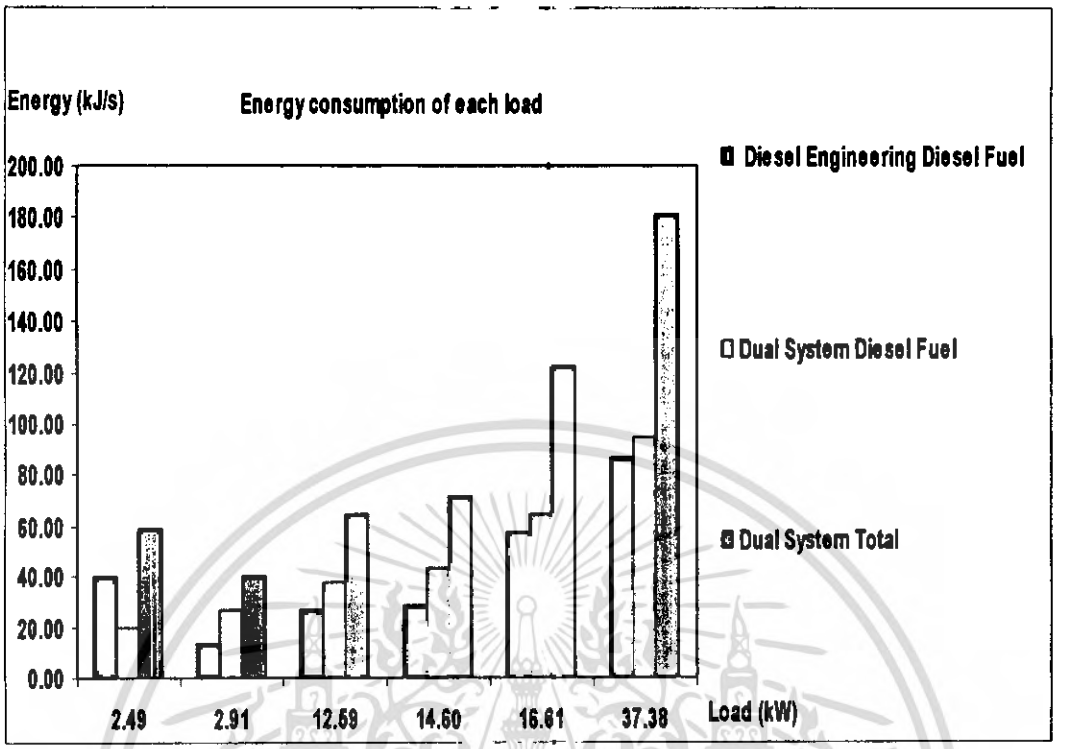
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 เขม่าควันของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV & Diesel TOYOTA-HIACE

ผลการทดสอบวัดเขม่าควันจากไอเสียพบว่าที่ภาระโหลดเดียวกันเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีค่าควันดำจากไอเสียต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียว เพราะเนื่องจากมี NGV เข้าไปร่วมในการเผาไหม้ทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้ลดลง ปริมาณดีเซลที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์และควันดำจากการเผาไหม้ของดีเซลจึงลดลงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามเขม่าควันของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีค่าสูงมากขึ้นที่สภาวะโหลดสูงมากๆ เพราะปริมาณดีเซลที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ควันดำมากขึ้นตามไปด้วย ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ได้ทำการวัดทั้งบนแท่นทดสอบและบนถนนจริง

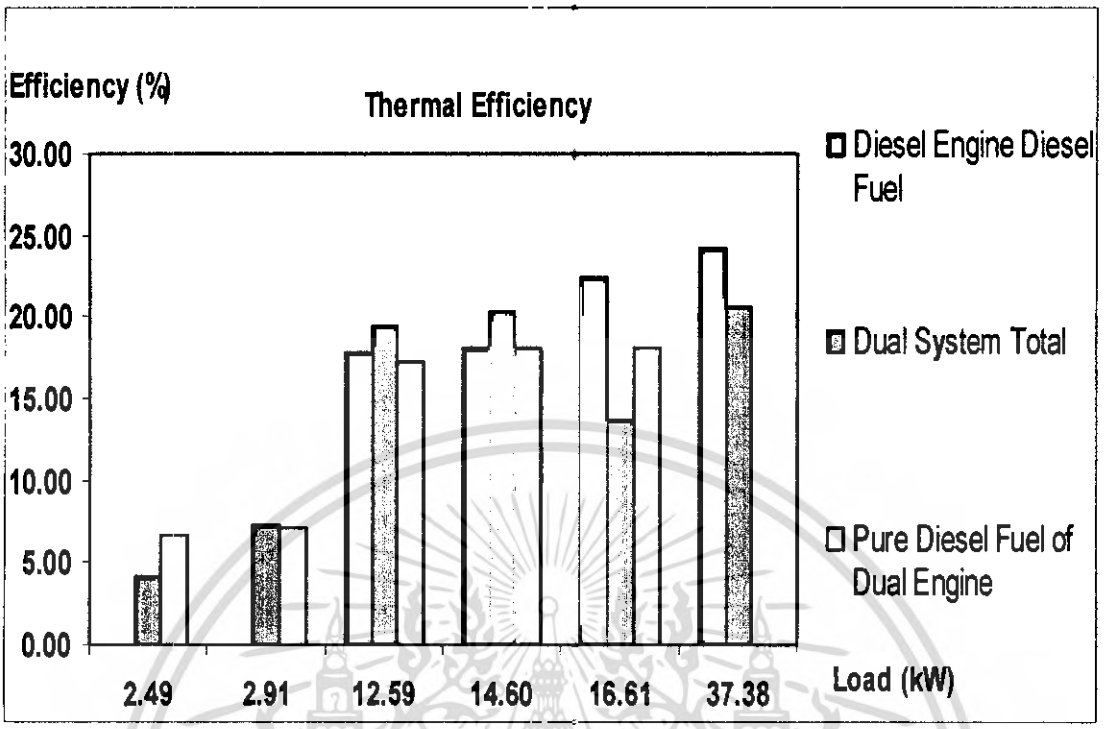
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV & Diesel TOYOTA-HIACE

ในสภาวะโหลดปานกลางถึงสภาวะโหลดสูงมีอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง NGV ต่อ ดีเซล ประมาณ 45 ต่อ 55 ถึง 53 ต่อ 47 โดยน้ำหนัก หรือ 40 ต่อ 60 ถึง 48 ต่อ 52 โดยพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามที่สภาวะโหลดต่ำมากๆพบว่า อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง NGV ต่อ ดีเซลประมาณร้อยละ 72 ต่อ 28 โดยน้ำหนัก หรือประมาณ 67 ต่อ 33 โดยพลังงาน เพราะปริมาณของ NGV ถูกส่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ในอัตราที่เกือบจะคงที่ทุกสภาวะโหลดนั่นเอง ดังนั้นที่โหลดต่ำๆ ปริมาณดีเซลถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้ลดลงตามปกติแต่ NGV ยังถูกส่งเข้าในอัตราส่วนที่เกือบจะคงที่ทำให้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง NGV ต่อดีเซลสูงขึ้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



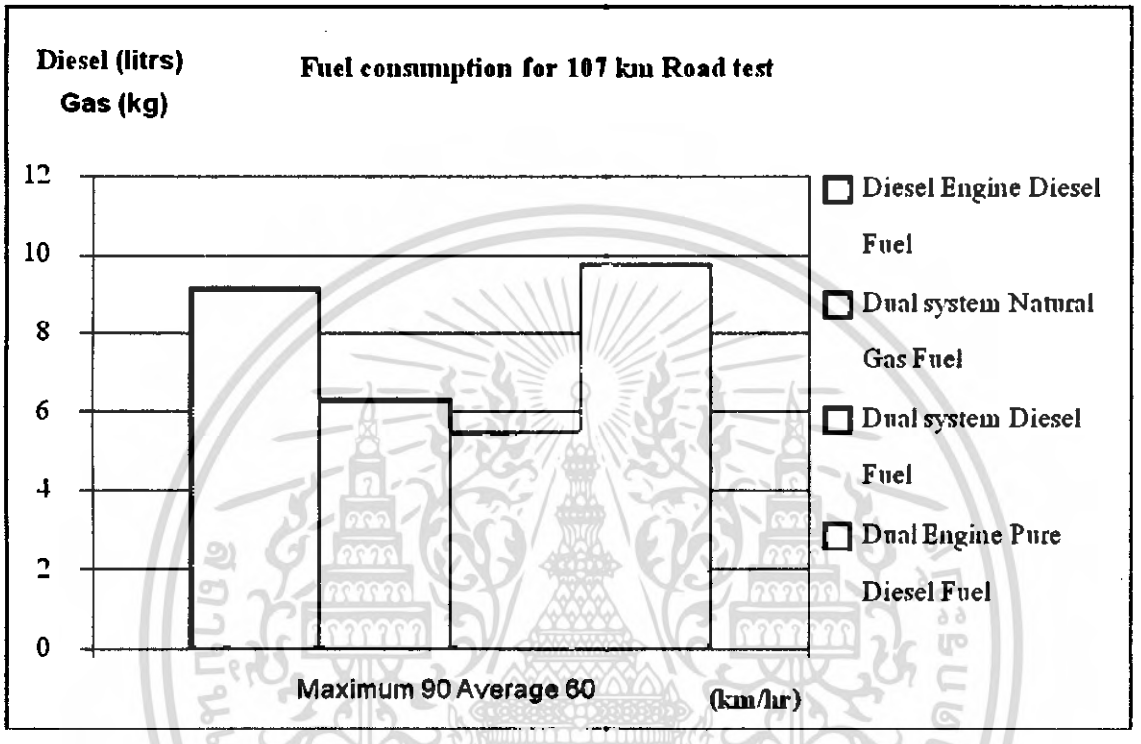
รูปที่ 6.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV & Diesel TOYOTA-HIACE

ที่สภาวะโหลดปานกลางมีอัตราการสิ้นเปลืองโดยพลังงานต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 10 ซึ่งถือว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมเครื่องนี้มากที่สุด อย่างไรก็ตามที่สภาวะโหลดสูงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมจะเพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 10 ถึง 30 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการปรับลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงดีเซล จะทำให้คุณสมบัติของเครื่องยนต์ที่ออกแบบไว้เปลี่ยนไป ดังนั้นสภาวะการใช้งานที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องยนต์จึงเปลี่ยนตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 ผลการทดสอบบนถนนจริง

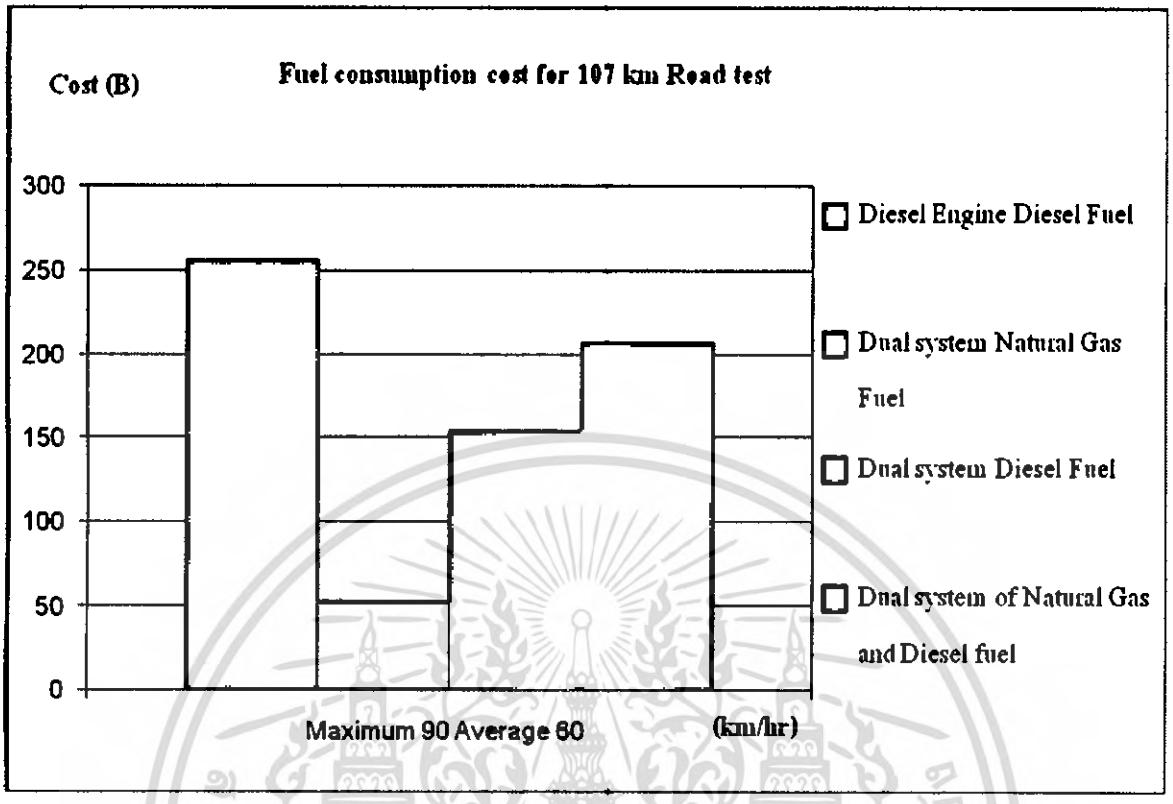
โดยการทดสอบที่บนถนนมอเตอร์เวย์สายตะวันออกจากลาดกระบังมุ่งหน้าไปทางชลบุรี โดยมีผู้โดยสารคันละสองคน



รูปที่ 6.6 เปรียบเทียบปริมาณของการใช้เชื้อเพลิงในระหว่างทดสอบ

ผลการทดลองที่ได้ออกมาพบว่าที่ระยะทางในการทดสอบคือ 107 กิโลเมตร ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ทำการปรับลดการจ่ายเชื้อเพลิงดีเซลลงโดยลดน้ำมันดีเซลให้เหลือ 60 % และทำการเพิ่มก๊าซธรรมชาติ 40 % ซึ่งไปแทนส่วนของน้ำมันที่ได้ทำการลดลงไป ทำให้ได้ผลการทดสอบออกมาเป็นเช่นนี้ แต่เมื่อพิจารณาที่ปริมาณรวมที่ใช้ในการทดสอบนั้น เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมมีการใช้ที่มากกว่าแต่ก็เพียงเล็กน้อย โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์คือเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมเป็น 50% ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเพียงอย่างเดียว

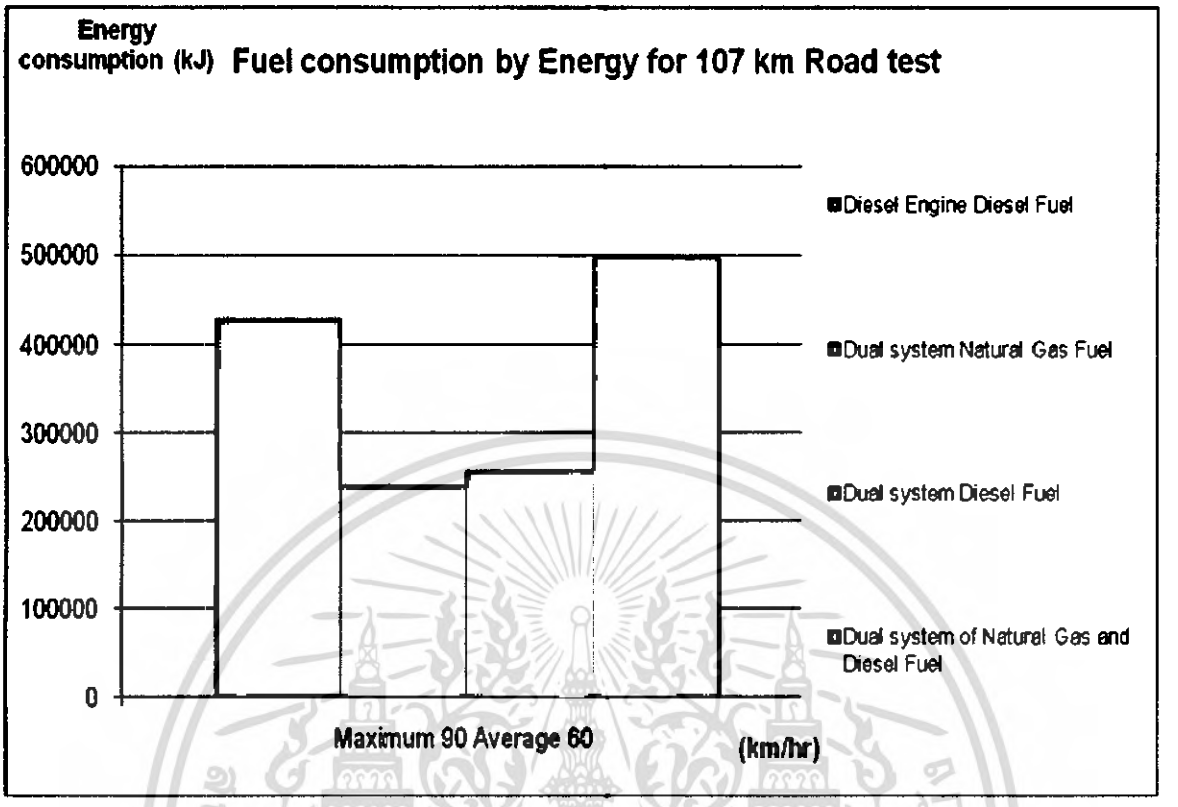
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้เชื้อเพลิงในระหว่างทดสอบ

ผลการทดลองที่ได้ออกมาพบว่าที่ระยะทางในการทดสอบคือ 107 กิโลเมตร ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซลเพียงอย่างเดียวมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า 50 % ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลเนื่องมาจากราคาในช่วงการทดสอบนี้น้ำมันดีเซลมีราคาประมาณ 28 บาทส่วนก๊าซธรรมชาติมีราคาที่ 8.50 บาท ซึ่งราคามีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยที่น้ำมันเป็น 80% ของก๊าซธรรมชาติและเมื่อพิจารณาถึงจำนวนการใช้เชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราส่วนที่เท่าๆกันส่งผลให้ค่าใช้จ่ายก็น้อยตามลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



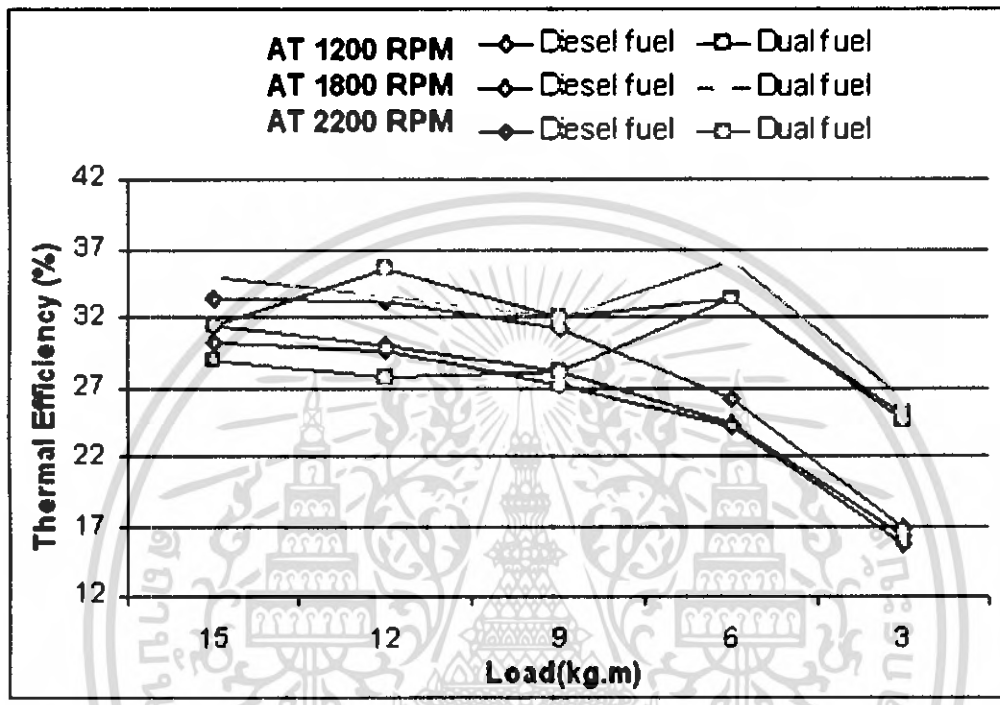
รูปที่ 6.8 เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้เชื้อเพลิงในระหว่างทดสอบ

ผลการทดลองที่ได้ออกมาพบว่าที่ระยะทางในการทดสอบคือ 107 กิโลเมตร ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซลเพียงอย่างเดียวมีอัตราการใช้พลังงานความร้อนน้อยกว่าร้อยละ 0.065 เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลเนื่องจากค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติเมื่อเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซลจะต่ำกว่าประมาณ 10 % ถึง 15 % จึงต้องเพิ่มก๊าซธรรมชาติเพื่อให้ค่าความร้อนเท่ากับน้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 กลุ่มที่สอง

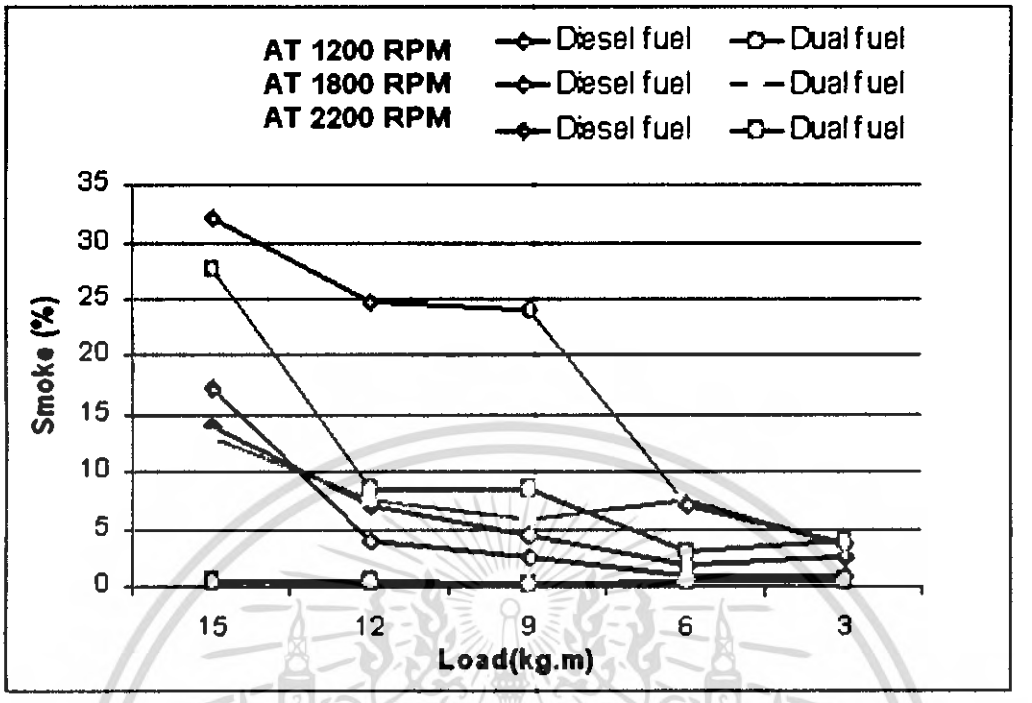
เป็นการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV กับดีเซล ของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก EDI-120 4 จังหวะ 1 สูบ ความโตกระบอกสูบ 94.0 x 90.0 mm ขนาดความจุ 624 ซีซี



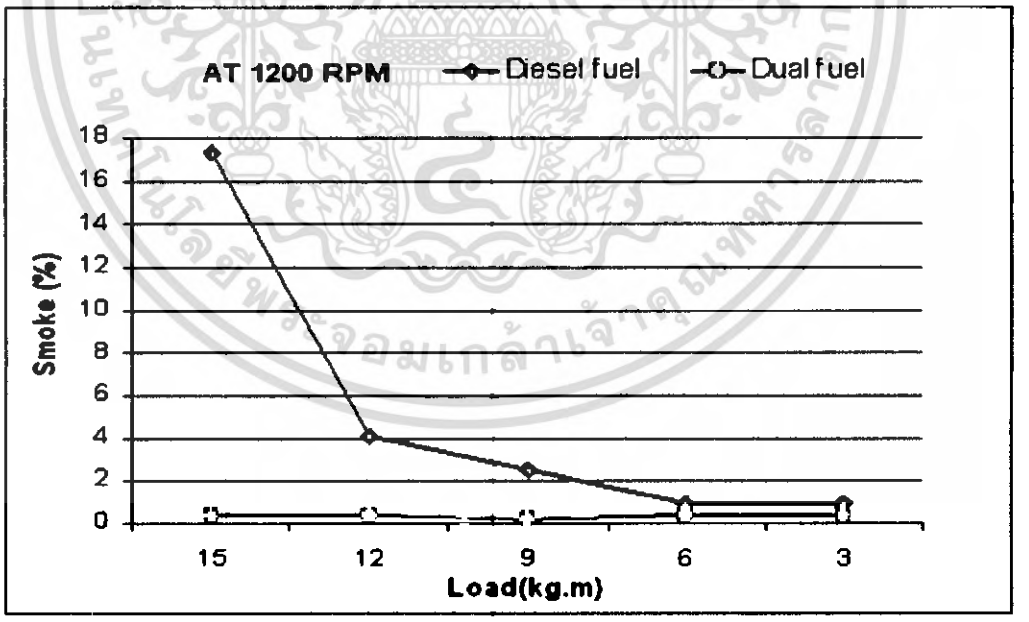
รูปที่ 6.9 กราฟเปรียบเทียบค่า Thermal of Efficiency ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel

กราฟเปรียบเทียบค่า Thermal of Efficiency ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel พบว่า ที่สภาวะโหลด 3 kg.m และ 15 kg.m ซึ่งเป็นสภาวะโหลดที่น้อยสุดและมากที่สุดของการทดลองนี้มีค่าที่ตรงกันข้ามกัน กล่าวคือ ที่ 3 kg.m เครื่องยนต์ Diesel Fuel นั้นให้พลังงานที่นำมาใช้งานน้อยกว่าเครื่องยนต์ Dual Fuel แต่ที่ 15 kg.m เครื่องยนต์ Dual Fuel ให้พลังงานน้อยกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel

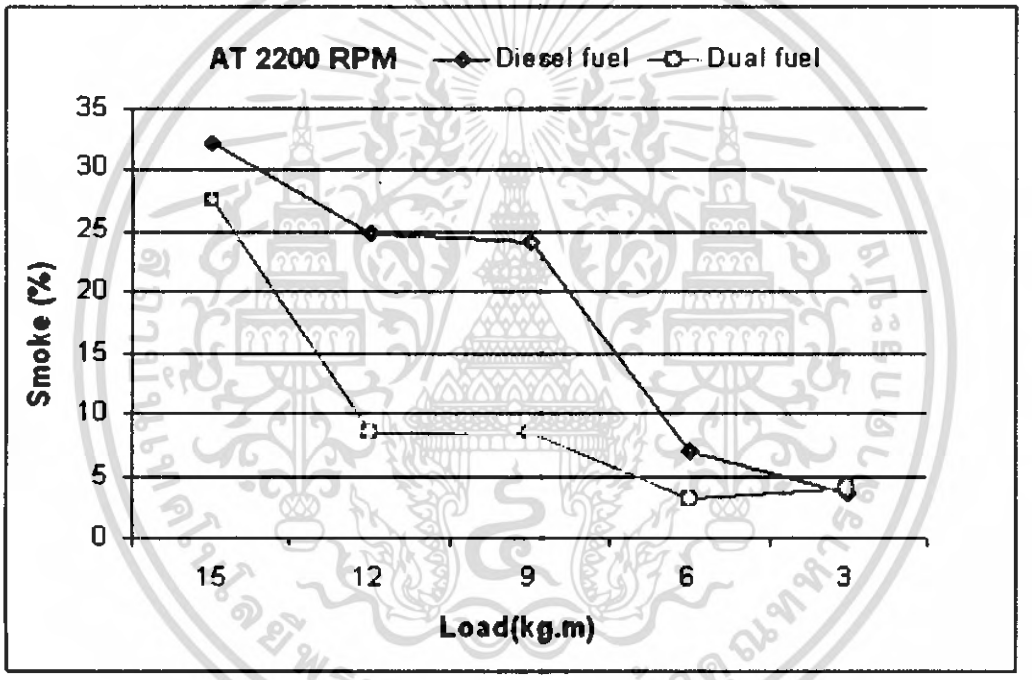


รูปที่ 6.11 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ของเครื่องยนต์Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 6.10 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ที่สภาวะโหลดสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม มีค่าควันดำสูงกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว เพราะปริมาณดีเซลที่เข้าไปในห้องเผาไหม้มากเกินไป เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ลดน้อยลง เพราะถูกแทนที่ด้วยเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ NGV Fuel ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

จากรูปที่ 6.11 จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่สภาวะโหลดทุกโหลดของเครื่องยนต์ Dual Fuel มีค่าเขม่าน้อยมาก ที่ความเร็วรอบ 1200-1600 rpm เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ Diesel Fuel เพราะเนื่องจากมี NGV เข้าไปร่วมในการเผาไหม้ทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลที่ถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้ลดลงปริมาณดีเซลที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์และควันดำจากการเผาไหม้ของดีเซลจึงลดลงตามไปด้วย

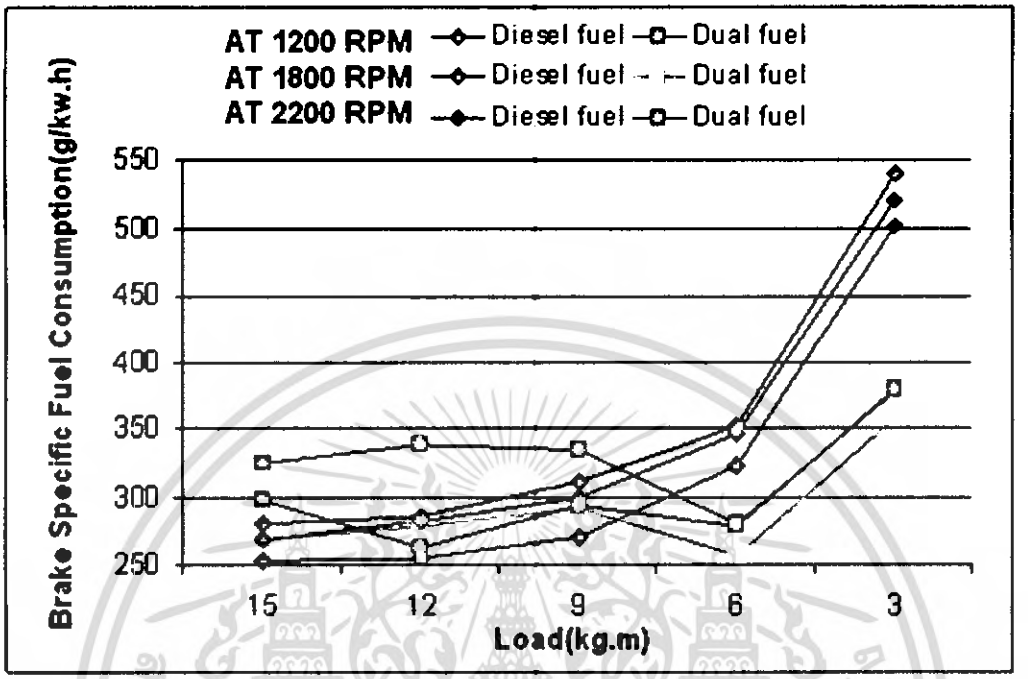


รูปที่ 6.12 กราฟเปรียบเทียบค่า Smoke (%) ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel ที่ความเร็วรอบ 2200 rpm

แต่ที่ภาระโหลดสูงสุดของเครื่องยนต์ Dual Fuel มีค่าควันดำสูงกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel อาจเป็นเพราะปริมาณดีเซลที่เข้าไปในห้องเผาไหม้มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะอากาศถูกแทนที่ด้วยก๊าซธรรมชาติ (NGV) จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เป็นผลทำให้ปริมาณเขม่าที่ออกมามีมากกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel

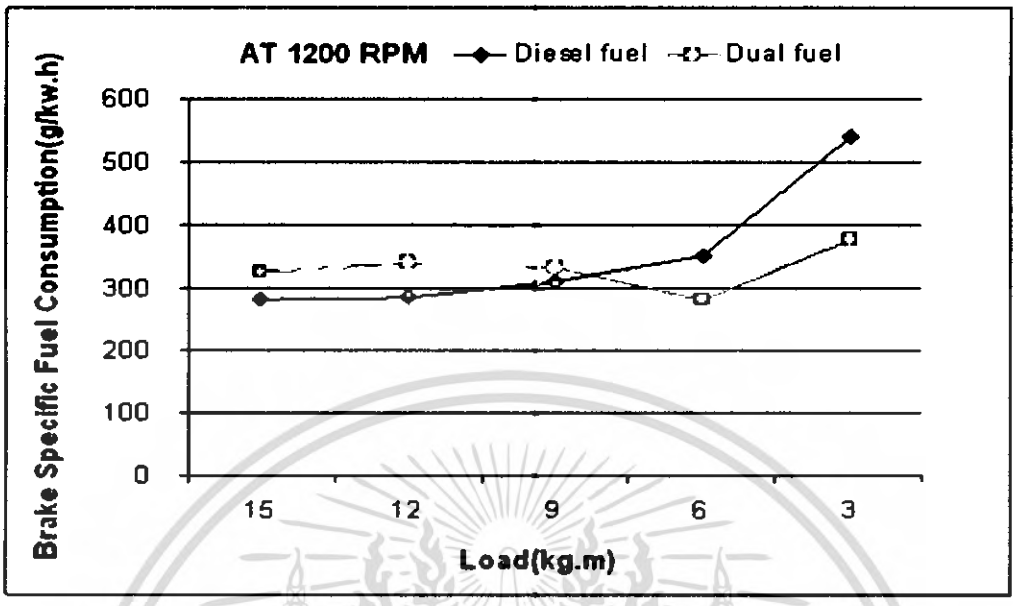


รูปที่ 6.13 กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel

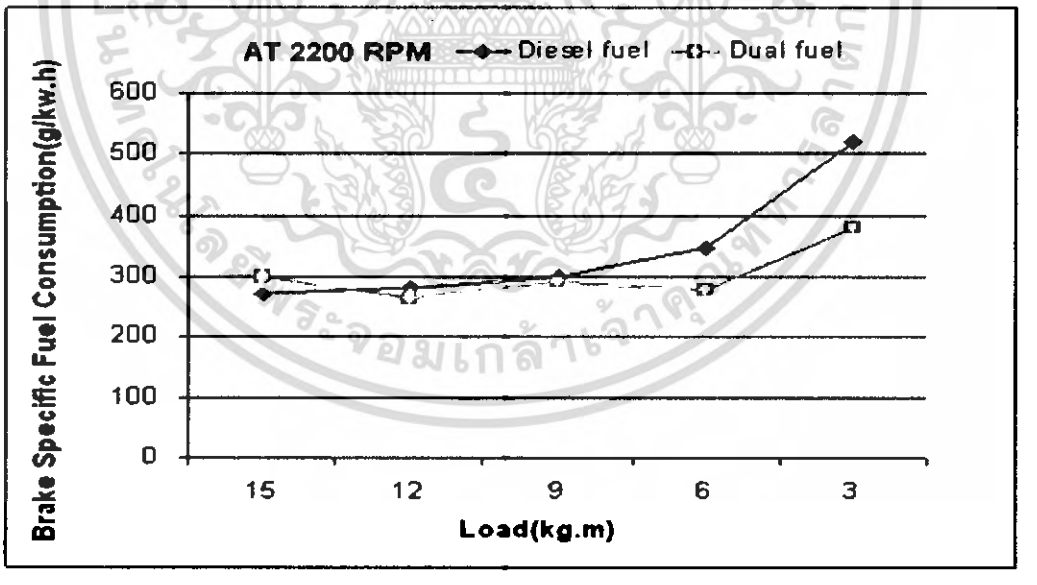
กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel พบว่าที่สภาวะโหลด 6,9,12 และ 15 kg.m, มีความแตกต่างกันไม่มากนักแต่ที่เห็นเด่นชัดก็คือที่ โหลด 3 kg.m นั้นแตกต่างกันมาก

ที่สภาวะโหลดปานกลางมีอัตราการสิ้นเปลืองโดยพลังงานต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียว ประมาณร้อยละ 10 ซึ่งถือว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมเครื่องนี้มากที่สุด อย่างไรก็ตามที่สภาวะโหลดสูงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมจะเพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 10 ถึง 30 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการปรับลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงดีเซล จะทำให้คุณสมบัติของเครื่องยนต์ที่ออกแบบไว้เปลี่ยนไป ดังนั้นสภาวะการใช้งานที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องยนต์จึงเปลี่ยนตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.14 กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm

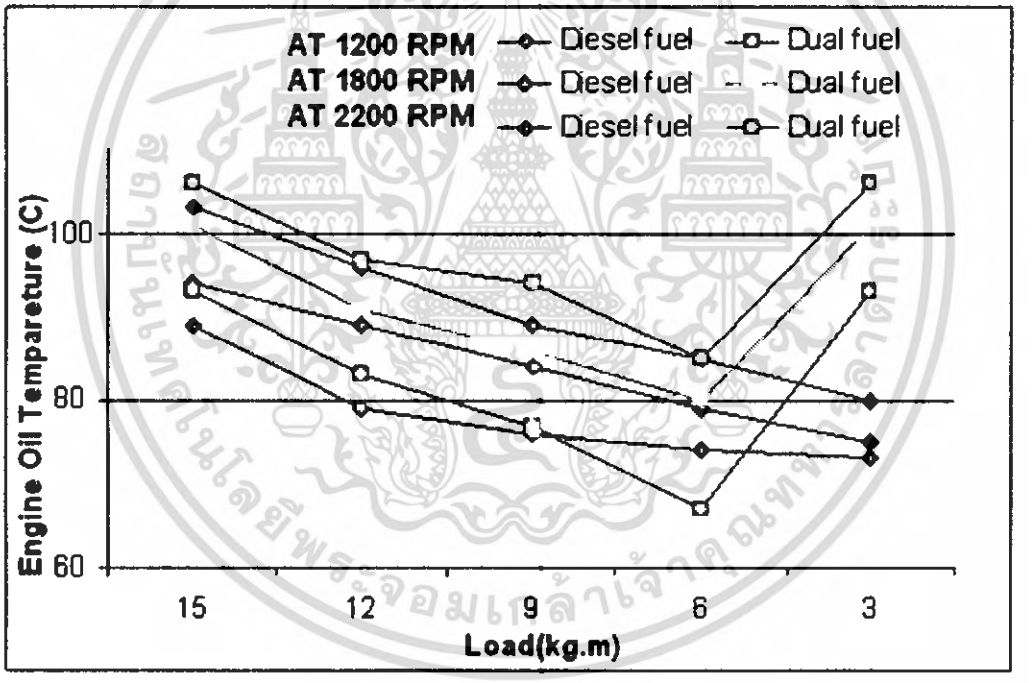


รูปที่ 6.15 กราฟเปรียบเทียบค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel ที่ความเร็วรอบ 2200 RPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 6.14 จากกราฟพบว่าที่สภาวะโหลด 3 kg.m ของเครื่องยนต์ Dual Fuel มีค่า Brake Specific Fuel ต่ำกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel มากอย่างเห็นได้ชัด เพราะว่าที่สภาวะโหลดต่ำๆปริมาณการดูดเข้าของก๊าซธรรมชาติ(NGV)ไม่คงที่ ทำให้อัตราส่วนผสมของก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลไม่คงที่ตามไปด้วย จึงทำให้ค่า Brake Specific Fuel ออกมาน้อยกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel และที่สภาวะโหลด 6 kg.m ก็เหมือนกันแต่แตกต่างกันไม่มากนัก

จากรูปที่ 6.15 แต่ที่สภาวะโหลด 9,12,15 kg.m พบว่าค่า Brake Specific Fuel ของเครื่องยนต์ Dual Fuel มีค่ามากกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel เป็นเพราะว่าที่สภาวะโหลดสูง และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 2200 รอบต่อนาที ปริมาณการไหลของก๊าซธรรมชาติ (NGV) ที่เข้าไปในเครื่องยนต์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่คงที่อยู่ที่ 15 ลิตรต่อนาที ทำให้ความต่อเนื่องของการนำเชื้อเพลิงไปจุดระเบิดมีความสม่ำเสมอมากขึ้นส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น Brake Specific Fuel ที่ได้ก็ต่ำลงตามไปด้วย

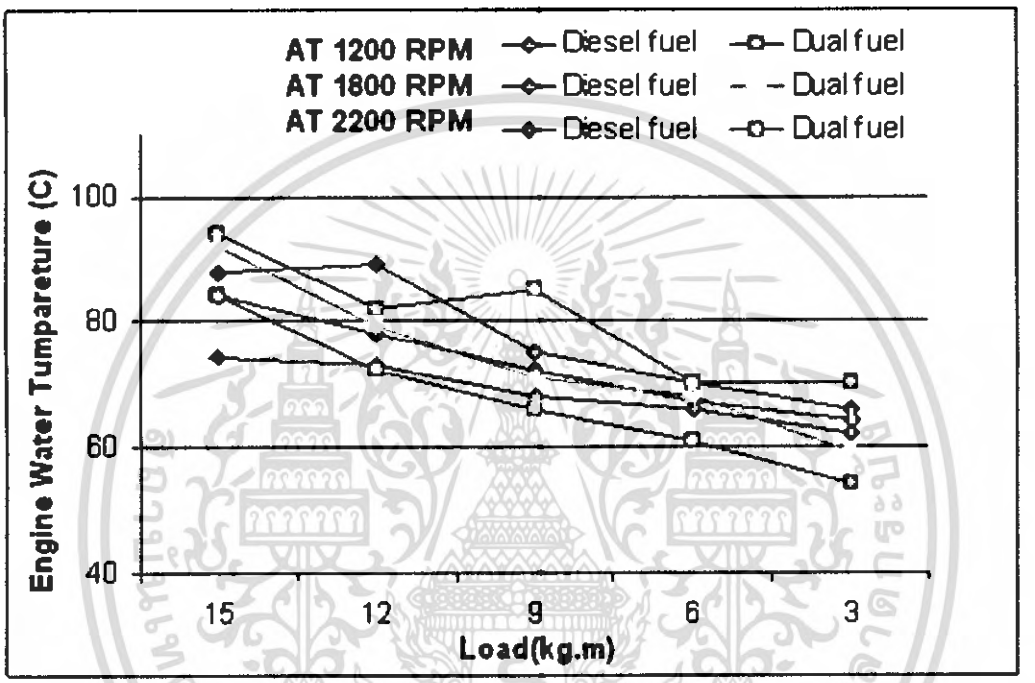


รูปที่ 6.16 กราฟเปรียบเทียบค่า Temperature ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel

กราฟที่ได้คือกราฟอุณหภูมิของอ่างน้ำมันเครื่อง จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิทุกๆสภาวะโหลดของเครื่องยนต์ Dual Fuel จะมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel แต่จะเห็นว่าที่สภาวะโหลด 6 kg.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่รอบ 1200 rpm ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel อุณหภูมิจะสูงกว่าที่รอบ 1200 rpm ของเครื่องยนต์ Dual Fuel นั้นเนื่องมาจากความร้อนที่สะสมมาจากการทดสอบที่โหลด 3 kg.m ยาวนานกว่านั่นเอง ซึ่งการที่อุณหภูมิของเครื่องยนต์ Dual Fuel สูงกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel เนื่องมาจาก อุณหภูมิของการจุดระเบิดของก๊าซธรรมชาติ(NGV)นั้นสูงกว่าทำให้เครื่องยนต์นั้นมีขีดจำกัดทางด้านอุณหภูมิ จึงต้องมีน้ำมันเครื่องหล่อลื่นที่ดี ทนอุณหภูมิสูงเพราะทำให้ความหนืดและอายุการใช้งานของน้ำมันเครื่องลดลง ซึ่งจะเกิดความเสียหายแก่เครื่องยนต์ได้

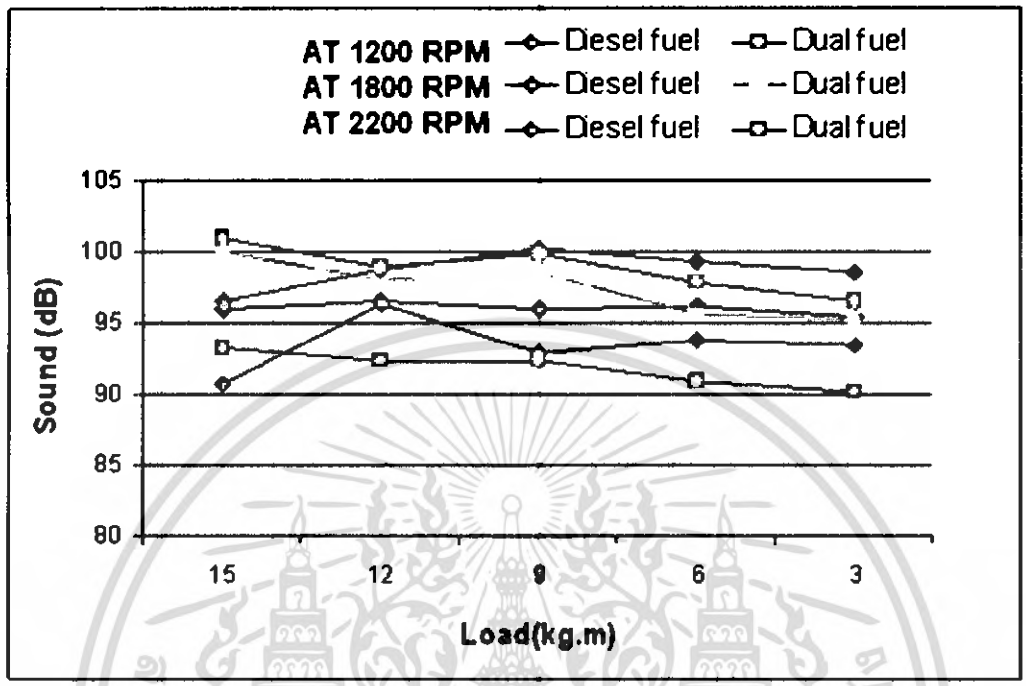


รูปที่ 6.17 กราฟเปรียบเทียบค่า Temperature ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel

กราฟเปรียบเทียบค่า Temperature of Water ^{o}C ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel พบว่าเครื่องยนต์ Dual Fuel มีอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยเปรียบเทียบในสภาวะที่ 1200 RPM,1800 RPM และ 2200 RPM ตามลำดับ ในการเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบเป็นร้อยละ ที่ 1200 RPM ที่โหลด 3,6,9,12 และ15 ผลที่ได้โดยประมาณร้อยละ 0.04 ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และที่ 1800 PRMที่โหลด 3,6,9,12 และ15 ผลที่ได้โดยประมาณร้อยละ 0.05และที่ 2200 RPMที่โหลด 3,6,9,12 และ15 ผลที่ได้โดยประมาณร้อยละ 0.03 ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel เนื่องมาจาก อุณหภูมิของการจุดระเบิดของ NGV นั้นสูงกว่าทำให้เครื่องยนต์ จึงเป็นผลทำให้ตัวเครื่องมีอุณหภูมิสูงและส่งผลไปยังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หล่อเย็นทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสูงขึ้นไปด้วย ซึ่งตัวนี้เป็นปัญหาของการใช้ NGV เพราะต้องมีระบบความร้อนที่ดี เพื่อป้องกันการเสียหายที่จะเกิดกับของเครื่องยนต์



รูปที่ 6.18 กราฟเปรียบเทียบค่า Sound (dB) ของเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel

กราฟเปรียบเทียบค่าความดัง (dB) ของเสียงเครื่องยนต์ Diesel Fuel และเครื่องยนต์ Dual Fuel ขณะทำงานพบว่าความดังของเครื่องยนต์ Dual Fuel ที่สภาวะโหลด 3,6,9และ 12 kg.m นั้นมีเสียงดังเงียบกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel เนื่องมาจากอุณหภูมิการจุดระเบิดของก๊าซธรรมชาติ(NGV)นั้นสูงกว่า Diesel Fuel ส่งผลให้ความดันในการจุดระเบิดของNGVมากกว่าตามไปด้วยทำให้การหมุนของเครื่องยนต์ Dual Fuel ราบเรียบตามไปด้วย แต่ที่โหลด 15 kg.m ค่าความดังของเครื่องยนต์ Dual Fuel กลับดังกว่าเครื่องยนต์ Diesel Fuel เนื่องมาจากที่สภาวะโหลดสูง เครื่องยนต์ต้องการอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงสูงตามไปด้วย ในที่นี้น้ำมันดีเซลจะเข้าไปเยอะแต่อากาศเข้าไปน้อยเพราะว่าก๊าซธรรมชาติ(NGV)จะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ราบเรียบนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยพบว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมสามารถพัฒนานำมาใช้งานได้จริง ซึ่งสภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดนั้นต่างไปจากจากเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว ดังนั้นจึงสรุปเป็นแต่ละหัวข้อที่กลุ่มผู้ทดสอบสนใจไว้ดังนี้

7.1 กำลังของเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบทุกกรณีพบว่า

กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV กับดีเซล ที่มีการปรับลดปริมาณการฉีดน้ำมันดีเซลร้อยละ 60 ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 40 มีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 เมื่อพิจารณาจากกลุ่มการทดสอบที่ได้แบ่งออกมาก็เป็นผลการทดสอบที่สอดคล้องกัน

จะเห็นว่ากำลังสูงสุดที่ทำได้ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมขึ้นอยู่กับการปรับลดปริมาณการฉีดของน้ำมันดีเซลลงนั้นเอง ซึ่งสามารถปรับให้กำลังสูงสุดมากหรือน้อยกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวก็ได้ แต่หากไม่มีการปรับลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงดีเซลลงให้เหมาะสมจะทำให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศไม่เหมาะสมตามไปด้วย

7.2 ปริมาณละอองมลพิษที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่นำมาทำการทดสอบ

เขม่าควันดำที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซล ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 มีการปรับลดปริมาณการฉีดน้ำมันดีเซลลง

พบว่าที่สภาวะโหลด 3 kg.m จะมีค่าเขม่าควันดำน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวร้อยละ 90

โหลด 9 kg.m เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลเขม่าควันดำลดลงมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวร้อยละ 25.4 ถึง 65

ที่สภาวะโหลด 15 kg.m เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลจะเขม่าควันลดลงมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 6 ถึง 97 ค่าเฉลี่ยที่ลดลงอยู่ที่ร้อยละ 55.26 เพราะการลดปริมาณน้ำมันดีเซลลงทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นอัตราส่วนที่ทำให้เกิดการเผาไหม้สมบรูณ์ควันดำที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลลดลงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามที่สภาวะโหลดสูงมากๆ เขม่าควันมีแนวโน้มที่จะสูงมากขึ้น เป็นเพราะปริมาณดีเซลที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมที่สภาวะการใช้งาน บางสภาวะโหลดมีผลของควันดำที่เปลี่ยนไปจากเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวมาก ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อเพลิงผสมมีผลทำให้คุณสมบัติของเครื่องยนต์เปลี่ยนไป

7.3 อัตราเร่งของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม

อัตราเร่งของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมมีอัตราเร่งที่ดีกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว เฉลี่ยประมาณร้อยละ 37 ซึ่งน่าจะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง NGV ที่รวดเร็วและรุนแรงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลนั่นเอง

7.4 อัตราการทดแทนน้ำมันดีเซลด้วยก๊าซธรรมชาติ

เครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซ NGV กับ ดีเซล ที่มีการปรับลดปริมาณการฉีดน้ำมันดีเซล ที่สภาวะโหลดปานกลางถึงโหลดสูงมีอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง NGV ต่อ ดีเซล ประมาณ 40 ต่อ 60 ถึง 48 ต่อ 52 โดยพลังงาน และเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าประมาณร้อยละ 10 ถึง 30 เนื่องจากค่าความร้อนของก๊าซเมื่อเทียบเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงจะต่ำกว่า ประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 ซึ่งถ้าลองเทียบด้านราคาแล้วพบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายได้เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลอย่างเดียวเฉลี่ยประมาณร้อยละ 15 ถึง 22 ขึ้นอยู่กับสภาวะโหลดนั้นๆ

จากการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิง NGV กับดีเซล ที่สภาวะโหลด 3 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 อัตราส่วนของก๊าซธรรมชาติที่เข้าไปแทนที่น้ำมันดีเซลอยู่ที่ร้อยละ 37.5 ถึง 72.2 โดยที่ค่าเฉลี่ยของก๊าซที่เข้าไปแทนที่น้ำมันดีเซลอยู่ที่ร้อยละ 49.47 ซึ่งแสดงว่าน้ำมันดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองร้อยละ 50.53 ดังนั้นในสภาวะโหลดต่ำมากๆควรมีการปรับลดปริมาณของ NGV เพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

จากการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV กับดีเซล ที่สภาวะโหลด 9 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 พบว่าอัตราส่วนของก๊าซธรรมชาติที่เข้าไปแทนที่น้ำมันดีเซลอยู่ที่ร้อยละ 34.8 ถึง 42.2 โดยที่ค่าเฉลี่ยของก๊าซที่เข้าไปแทนที่น้ำมันดีเซลอยู่ที่ร้อยละ 37.5 ซึ่งแสดงว่าน้ำมันดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองอยู่ที่ร้อยละ 62.5 ควรมีการปรับลดน้ำมันดีเซลและทำการเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิง NGV เข้าไปแทน

จากการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV กับดีเซล ที่สภาวะโหลด 15 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 พบว่าอัตราส่วนของก๊าซธรรมชาติที่เข้าไปแทนที่น้ำมันดีเซลอยู่ที่ร้อยละ 30.5 ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

39.5 โดยที่ค่าเฉลี่ยของก๊าซที่เข้าไปแทนที่น้ำมันดีเซลอยู่ที่ร้อยละ 35.4 ซึ่งแสดงว่าน้ำมันดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองอยู่ที่ร้อยละ 64.6 ในสภาวะโหลดสูงมากควรมีการปรับลดน้ำมันดีเซลและทำการเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิง NGV เข้าไปแทน

สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมCNGกับดีเซลบนถนนจริง พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณร้อยละ 20 ซึ่งใกล้เคียงกับการทดสอบบนแท่นทดสอบ

7.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม Pre-mixed

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 3 kg.m ที่ไม่มีการปรับลดปริมาณการฉีดดีเซลลง ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมเปลี่ยนไป ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 23.4 ถึง 28.9 แสดงว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเพิ่มขึ้นที่สภาวะโหลดต่ำ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม NGV กับดีเซลที่มีการปรับลดปริมาณการฉีดดีเซลที่สภาวะโหลด 9 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 และ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวร้อยละ 2.4 ถึง 11.8

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 15 kg.m ที่ไม่มีการปรับลดปริมาณการฉีดดีเซลลง ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมเปลี่ยนไป ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 1400 ประสิทธิภาพลดลงอยู่ที่ร้อยละ 3.1 ถึง 6.6แต่ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1600 ถึง 2000 ประสิทธิภาพมากขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 4.5 ถึง 8.6 และมาลดลงอีกทีที่ความเร็วรอบ 2200 ประสิทธิภาพลดลงร้อยละ 0.3 แสดงว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเพิ่มขึ้นหรือน้อยลงนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราการปรับลดปริมาณการฉีดดีเซลว่าจะต้องการให้เหมาะสมกับการใช้งานในสภาวะใด

ในกรณีที่ไม่มีการปรับลดปริมาณการฉีดดีเซลลง ถึงแม้ประสิทธิภาพจะสูงกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวก็ตาม ปริมาณมลพิษควันดำก็ยังสูงใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ดีเซล

7.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซ NGV กับน้ำดีเซล

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 15 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้นโดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.7 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แสดงว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายในระบบเพิ่มสูงขึ้น

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 9 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้นโดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.8 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แสดงว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายในระบบเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 3 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้นโดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 24.0 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แสดงว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายในระบบเพิ่มสูงขึ้น ทุกสภาวะโหลด

สรุป ทุกสภาวะโหลด ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลแสดงว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม ภายในระบบเพิ่มสูงขึ้นทุกสภาวะโหลด

7.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมก๊าซ NGV กับน้ำดีเซล

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 15 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 2.8 ถึง 11.4 โดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.3 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แสดงว่าความร้อนภายในระบบการหล่อลื่นน้ำมันเครื่องเพิ่มสูงขึ้น

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 9 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 1.2 ถึง 5.3 โดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.8 ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องจะไปเพิ่มขึ้นไปตามค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิไอเสีย แสดงว่าระบบของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทั้งสองระบบ

วิเคราะห์ที่สภาวะโหลด 3 kg.m ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 21.1 ถึง 25.7 โดยที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 24.2 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แสดงว่าความร้อนภายในระบบน้ำมันเครื่องเพิ่มสูงขึ้นว่าเครื่องยนต์ดีเซล

7.8 สรุปโดยภาพรวม

ทุกสภาวะโหลด ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1200 ถึง 2200 ของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม อุณหภูมิน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แสดงว่าความร้อนภายในระบบน้ำมันเครื่องเพิ่มสูงขึ้นมากว่าเครื่องยนต์ดีเซลทุกสภาวะโหลด เมื่ออุณหภูมิน้ำมันเครื่องสูงขึ้นน้ำมันเครื่องจะเสื่อมคุณภาพเร็ว ผลก็คือสารจำพวกยางเหนียวที่เกิดจากการเสื่อมคุณภาพที่อุณหภูมิสูงจะไม่ไปเกาะตามลูกสูบ และทำให้เกิดการสึกหรอเร็วขึ้น ในขณะเดียวกันสารจำพวกกรดที่เกิดขึ้นจะไป กัดกร่อนผิวของแบริ่ง ฉะนั้นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGVกับน้ำมันดีเซล จึงต้องการน้ำมันเครื่องชนิดพิเศษที่มีคุณสมบัติดีที่อุณหภูมิสูงๆ ซึ่งจะแตกต่างจากน้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องดีเซลทั่วๆไป ที่ค่อนข้างจะเน้นคุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Valentin N. Lukanin, Member by Correspondence of Russian Academy ofScience ,Alexey S. Khatchiyan*, ProfessorState Technical University MADI,Moscow, Russia

[2] Takuji Ishiyama,Masahiro Shioji ,Hiroki Tanaka Kyoto University Shunsaku Nakai Osaka Gas Co.Ltd. Implementation of Direct Fuel-Injection for Higher Efficiency in Natural Gas Engines

[3] Hien Ly CFS International Pty Ltd.,Effect of Natural Gas Composition Variations On The Operation Performance And Exhaust Emission of Natural Gas Powered Vehicles NGV 2002 Conference Paper – Effects of Gas Composition - Aug 02

[4] สมศักดิ์ เพ็ชร์กุล ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติแบบหัวฉีด พ.ศ. 2547

[5] ผศ.ดร. คณิต วัฒนวิเชียร Diesel Dual Fuel : เชื้อเพลิงคู่เพื่อความประหยัดในเครื่องดีเซล แกรนด์ ปรีกแมคกาซีนด์ สิงหาคม ปี พ.ศ.2548

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

[7] V Ganesan , Internal Combustion Engine

[8] Willard W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine

[9] Yunus A.Cengel, Michael A. Boles, Thermodynamics An Engineering Approach

[10] Wilbert E Stoecker, Design of Thermal systems Third Edition, Mcgraw-hill Book Company

[11] George, Z.,and Harry C.,Alternative Ignition systems for NGV in Diesel applications 1^{2th} Internationnal Pacific Conference on Automotive Engineering

[12] ประเสริฐ เทียนนิมิต,ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์,ปานเพชร ชินินทร,เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น ซีเอ็ดยูเคชั่น

[13] บริษัท ปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

[14] ร.ศ ธีระยุทธ สุวรรณประทีป Auto Motive Engineering

[15] ศ.ดร วรฤทธิ์ อึ้งภากรณ์,รศ.ชาญณัด,การออกแบบเครื่องกล เล่ม 1-2 ซีเอ็ดยูเคชั่น

[16] ศรีณรงค์ ดู้ทองคำ,ธิติ ธาตรีนรานนท์,พงษ์วุฒิ สิทธิพล,ทฤษฎี ดีเซล โรงพิมพ์เจริญธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง กลุ่มที่สอง

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะรุ่น EDI 120 เป็นเครื่องยนต์หนึ่งกระบอกสูบระบายความร้อนด้วยน้ำ

ผลการทดลองของเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลเพียงอย่างเดียว

(Diesel Fuel / Diesel Engine)

At Load 15 kg.m Toque 29.43 N. m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	32	32	33	33	33	33
T water(°C)	74	77	80	84	85	88
T exhaust(°C)	316	326	345	362	401	446
T crank(°C)	89	85	90	94	99	103
Smoke (%)	17.3	15.9	14.4	13.9	21.1	32.2
Engine of Sound (dB)						
front	90.7	95	95.8	96	96.4	96.6
back right	90.9	95	95.8	96	96.4	96.6
back lift	91.1	95	95.8	96	96.4	96.6
Pressure crank (kg/cm^2)	2	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2
Diesel Fuel (g/m)	17.3	19.03	21.53	23.53	26.37	30.4
Diesel Fuel (g/h)	1038	1141.8	1291.8	1411.8	1582.2	1824
Brake Power (kw)	3.70	4.31	4.93	5.55	6.16	6.78
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	280.67	264.63	261.97	254.50	256.69	269.02
Thermal of Efficiency (%)	30.18	32.01	32.33	33.28	33.00	31.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 12 kg.m Toque 23.54 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	32	33	33	33	33	34
T water(°C)	73	75	75	78	79	89
T exhaust(°C)	254	277	292	306	340	392
T crank(°C)	79	83	86	89	93	96
Smoke (%)	4.1	7.8	6.7	7.2	14.4	24.8
Engine of Sound (dB)						
front	96.4	96.2	96.4	96.6	97.5	98.7
back right	96.4	96.2	96.4	96.9	97.8	98.6
back lift	96.4	96.2	96.3	97.7	97.7	98.6
Pressure crank (kg/cm^2)	1.9	2	2.2	2.3	2.4	2.5
Diesel Fuel (g/m)	14.13	15	16.47	18.9	21.7	25.53
Diesel Fuel (g/h)	847.8	900	988.2	1134	1302	1531.8
Brake Power (kw)	2.96	3.45	3.94	4.44	4.93	5.42
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	286.55	260.74	250.50	255.52	264.04	282.40
Thermal of Efficiency (%)	29.56	32.49	33.81	33.15	32.08	29.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 9 kg.m Toque 17.66 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	31	32	32	32	32	33
T water(°C)	68	70	71	72	73	75
T exhaust(°C)	227	237	248	266	310	340
T crank(°C)	76	78	82	84	86	89
Smoke (%)	2.6	3.2	3.3	4.5	13.3	24.2
Engine of Sound (dB)						
front	92.8	93.4	96.1	96	98	100.2
back right	94.8	95.1	98.3	96.9	99	100.2
back lift	95.1	94.7	98.1	97	98.1	99.3
Pressure crank (kg/cm^2)	2.3	2.4	2.4	2.5	2.7	2.8
Diesel Fuel (g/m)	11.53	11.9	13.07	15.03	17.63	20.4
Diesel Fuel (g/h)	691.8	714	784.2	901.8	1057.8	1224
Brake Power (kw)	2.22	2.59	2.96	3.33	3.70	4.07
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	311.77	275.80	265.06	270.94	286.02	300.88
Thermal of Efficiency (%)	27.17	30.71	31.96	31.26	29.61	28.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 6 kg.m Toque 11.77 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	31	32	32	32	32	32
T water(°C)	66	64	66	67	68	70
T exhaust(°C)	182	199	202	222	253	273
T crank(°C)	74	75	77	79	82	85
Smoke (%)	1	1.1	1.4	1.8	5.9	7.1
Engine of Sound (dB)						
front	93.8	93.4	95.5	96.1	97.5	99.3
back right	96.8	96.1	97.3	98.3	98.9	98.6
back lift	95.4	96	968	97.3	98	98.9
Pressure crank (kg/cm^2)	3	3.2	3.2	3.4	3.4	3.4
Diesel Fuel (g/m)	8.67	9.4	10.6	11.97	13.6	15.67
Diesel Fuel (g/h)	520.2	564	636	718.2	816	940.2
Brake Power (kw)	1.48	1.73	1.97	2.22	2.47	2.71
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	351.65	326.79	322.45	323.66	330.96	346.67
Thermal of Efficiency (%)	24.09	25.92	26.27	26.17	25.59	24.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 3 kg.m Toque 6 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	31	32	32	31	31	32
T water(°C)	62	66	66	64	64	66
T exhaust(°C)	161	164	171	190	207	220
T crank(°C)	73	73	74	75	77	80
Smoke (%)	1	1.1	1.1	2.6	3.5	3.7
Engine of Sound (dB)						
front	93.4	93.4	94.8	95.5	96.8	98.6
back right	94.9	95.1	96.2	97.6	97.9	98.8
back lift	95.3	94.1	95.3	96.4	97.6	99.1
Pressure crank (kg/cm^2)	3	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5
Diesel Fuel (g/m)	6.67	7.2	7.93	9.27	10.57	11.77
Diesel Fuel (g/h)	400.2	432	475.8	556.2	634.2	706.2
Brake Power (kw)	0.74	0.86	0.99	1.11	1.23	1.36
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	541.06	500.62	482.45	501.31	514.45	520.78
Thermal of Efficiency (%)	15.66	16.92	17.56	16.90	16.47	16.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างน้ำมันดีเซลกับก๊าซ NGV

At Load 15 kg.m Toque 29.43 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	32	32	33	33	33	34
T water(°C)	84	85	90	92	93	94
T exhaust(°C)	359	360	388	400	439	480
T crank(°C)	93	96	98	101	103	106
Smoke (%)	0.4	0.53	1.27	13.07	15.33	27.63
Engine of Sound (dB)						
front	93.3	94.3	95.6	97.6	100.1	100.9
back right	93.1	94.9	95.7	97.3	99.2	100.3
back lift	93.1	94.3	95.5	97.2	99	100.1
Pressure crank (kg/cm^2)	1.3	1.3	1.5	1.4	1.5	1.3
Diesel Fuel (g/m)	12.03	13.03	13.06	14.65	16.23	19.85
Diesel Fuel (g/h)	721.8	781.8	783.6	879	973.8	1191
Gas (g/m)	8.02	8.69	8.71	10.21	10.87	13.89
Gas (g/h)	481.2	521.4	522.6	612.6	652.2	833.4
Brake Power (kw)	3.70	4.31	4.93	5.55	6.16	6.78
Diesel Energy Consumption(kw)	7.77	8.41	8.43	9.46	10.48	12.82
NGV Energy Consumption (kw)	5.07	5.49	5.50	6.45	6.87	8.78
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	195.17	181.20	264.89	268.88	263.80	298.58
Thermal of Efficiency (%)	28.81	31.03	35.38	34.86	35.53	31.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 12 kg.m Toque 23.54 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	30	30	30	30	33	33
T water(°C)	72	73	75	79	81	82
T exhaust(°C)	292	314	350	361	400	396
T crank(°C)	83	84	88	91	93	97
Smoke (%)	0.5	0.43	2.17	7.6	7.5	8.43
Engine of Sound (dB)						
front	92.4	93.7	93.9	97.5	98.1	98.9
back right	92.3	93.6	93.8	96.8	98.3	98.7
back lift	92.4	93.6	93.6	96.8	98	98.7
Pressure crank (kg/cm^2)	1.9	1.9	1.9	1.9	2.2	2.4
Diesel Fuel (g/m)	9.85	10.69	11.12	12.37	13.71	14.28
Diesel Fuel (g/h)	591	641.4	667.2	742.2	822.6	856.8
Gas (g/m)	6.9	7.13	7.41	8.25	8.04	9.52
Gas (g/h)	414	427.8	444.6	495	482.4	571.2
Brake Power (kw)	2.96	3.45	3.94	4.44	4.93	5.42
Diesel Energy Consumption(kw)	6.36	6.90	7.18	7.99	8.85	9.22
NGV Energy Consumption (kw)	4.36	4.51	4.68	5.21	5.08	6.02
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	199.75	185.82	281.84	278.78	264.65	263.27
Thermal of Efficiency (%)	27.60	30.26	33.25	33.62	35.39	35.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 9 kg.m Toque 17.66 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	29	30	30	30	30	30
T water(°C)	66	67	68	71	74	85
T exhaust(°C)	230	243	245	273	324	360
T crank(°C)	77	80	81	86	90	94
Smoke (%)	0.17	0.13	0.47	6.03	6.87	8.6
Engine of Sound (dB)						
front	92.3	93.3	95.7	97.1	98.6	99.8
back right	92.1	93.3	95.6	97.3	98.3	98.3
back lift	92.7	93.4	95.8	97.3	98.6	99.4
Pressure crank (kg/cm^2)	2.44	2.4	2.4	2.48	2.4	2.48
Diesel Fuel (g/m)	7.18	7.6	8.52	9.41	11.12	11.73
Diesel Fuel (g/h)	430.8	456	511.2	564.6	667.2	703.8
Gas (g/m)	5.18	5.25	6.22	6.8	6.67	8.18
Gas (g/h)	310.8	315	373.2	408	400.2	490.8
Brake Power (kw)	2.22	2.59	2.96	3.33	3.70	4.07
Diesel Energy Consumption(kw)	4.64	4.91	5.50	6.08	7.18	7.57
NGV Energy Consumption (kw)	3.27	3.32	3.93	4.30	4.22	5.17
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	194.14	176.14	298.92	292.21	288.62	293.65
Thermal of Efficiency (%)	28.05	31.47	31.37	32.09	32.45	31.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 6 kg.m Toque 11.77 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	29	30	30	30	30	30
T water(°C)	61	63	67	68	69	70
T exhaust(°C)	169	191	197	225	256	273
T crank(°C)	67	72	75	80	83	85
Smoke (%)	0.43	0.73	1.53	7.63	5.63	3.17
Engine of Sound (dB)						
front	90.9	91.4	92.5	91.7	95.6	97.8
back right	91.6	92	92.8	91.8	95.8	99.3
back lift	91.7	92.1	93.1	92	96	97.8
Pressure crank (kg/cm^2)	2.6	2.6	2.55	2.78	2.7	2.7
Diesel Fuel (g/m)	4.91	5.62	5.25	7.85	9.4	10.4
Diesel Fuel (g/h)	294.6	337.2	315	471	564	624
Gas (g/m)	2	2.03	3.08	1.68	2.08	2.2
Gas (g/h)	120	121.8	184.8	100.8	124.8	132
Brake Power (kw)	1.48	1.73	1.97	2.22	2.47	2.71
Diesel Energy Consumption(kw)	3.17	3.63	3.39	5.07	6.07	6.71
NGV Energy Consumption (kw)	1.26	1.28	1.95	1.06	1.31	1.39
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	199.15	195.38	253.39	257.69	279.37	278.75
Thermal of Efficiency (%)	33.36	35.14	36.96	36.20	33.39	33.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

At Load 3 kg.m Toque 6 N.m

RPM	1200	1400	1600	1800	2000	2200
T air (°C)	24	25	24	24	25	26
T water(°C)	54	55	57	59	63	70
T exhaust(°C)	205	216	226	256	277	292
T crank(°C)	93	96	98	101	103	106
Smoke (%)	0.4	0.33	1.53	3.5	2.5	4.07
Engine of Sound (dB)						
front	90.2	90.2	90.9	93.6	95.3	96.6
back right	93.3	91.4	91.1	94.1	95.3	95.8
back lift	90.3	92.6	91.4	94.8	95.4	95
Pressure crank (kg/cm^2)	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7
Diesel Fuel (g/m)	1.83	3.2	3.83	5.78	6.15	7.36
Diesel Fuel (g/h)	109.8	192	229.8	346.8	369	441.6
Gas (g/m)	2.65	2.5	1.8	1.98	1.85	2.18
Gas (g/h)	159	150	108	118.8	111	130.8
Brake Power (kw)	0.74	0.86	0.99	1.11	1.23	1.36
Diesel Energy Consumption(kw)	1.18	2.07	2.47	3.73	3.97	4.75
NGV Energy Consumption (kw)	1.68	1.58	1.14	1.25	1.17	1.38
Specific Fuel Consumption (g/kw.h)	148.45	222.50	342.52	419.65	389.37	422.11
Thermal of Efficiency (%)	25.89	23.66	27.31	22.26	23.98	22.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง กลุ่มทดลองที่หนึ่ง

โดยใช้เครื่องยนต์ในการทดสอบกลุ่มที่หนึ่ง เป็นการทดสอบรถยนต์เชื้อเพลิงผสม NGV กับดีเซล ของรถยนต์ TOYOTA HIACE เครื่องยนต์ 5L ขนาดความจุ 2986 ซีซี 4 สูบ 4 จังหวะ ความโตกระบอกสูบ 95.5 x 96.0 mm

Fuel Consumption by Dyno Test

	Diesel Heating Value	CNG Heating Value
	kJ/kg	kJ/kg
	38743.76	37926.09

A. Dual Engine / Dual Fuel

	Load	Speed	Time min.sec	Distance	Diesel Fuel	CNG Fuel	Total Fuel				
	BMEP	km/hr	c	km	g	g	g				
1st			20.33	19.20							
2nd	100.00	60.00	20.34	19.20							
3rd			20.31	19.10							
Total	2.49		60.98	57.50	1530.10	3830.00			Diesel Enegy		CNG Energy
Average by time			60.00	56.58	1505.51	3768.45	5273.96		58329.12		142922.52
%Mass					28.55	71.45		% Energy	28.98		71.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g				
1st			20.36	22.50							
2nd	100.00	70.00	20.36	22.40							
3rd			20.37	22.40							
Total	2.90		61.09	67.30	2088.00	1280.00			Diesel Enegy		CNG Energy
Average by time			60.00	66.10	2050.74	1257.16	3307.91		79453.56		47679.22
%Mass					62.00	38.00		% Energy	62.50		37.50

Diesel Heating Value	CNG Heating Value
kJ/kg	kJ/kg
38743.76	37926.09

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g				
1st			20.45	19.40	958.50						
2nd	500.00	60.00	20.45	19.40	967.20						
3rd			20.50	19.40	1054.70						
Total	12.46		61.40	58.20	2980.40	2620.00			Diesel Enegy		CNG Energy
Average by time			60.00	56.87	2912.44	2560.26	5472.70		112838.99		97100.67
%Mass					53.22	46.78		% Energy	53.75		46.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g				
1st			20.46	22.40	1101.60						
2nd	500.00	70.00	20.46	22.70	1125.90						
3rd			20.37	22.40	1201.00						
Total	14.53		61.29	67.50	3428.50	2760.00			Diesel Enegy		CNG Energy
Average by time			60.00	66.08	3356.34	2701.91	6058.25		130037.18		102472.84
%Mass					55.40	44.60		% Energy	55.93		44.07

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g				
1st			10.47	12.65	883.00						
2nd	500.00	80.00	10.45	12.70	859.40						
						1890.00					
Total	16.60		62.76	76.05	5227.20	5670.00			Diesel Enegy		CNG Energy
Average by time			60.00	72.71	4997.32	5420.65	10417.97		193615.09		205584.06
%Mass					47.97	52.03		% Energy	48.50		51.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. Diesel Engine / Diesel Fuel

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	60.00	20.36	22.50		-	
Total			20.34	19.20		-	
Average by time			60.00	56.64	0.00	-	0.00

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	70.00	20.31	19.10		-	
Total			20.37	22.40		-	
Average by time			60.00	65.98	0.00	-	0.00

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	60.00	20.45	19.50	1875.90	-	
Total			61.35	58.50	5627.70	-	
Average by time			60.00	57.21	5503.86	-	5503.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	70.00	20.45	24.40	2137.40	-	
Total			61.35	73.20	6412.20	-	
Average by time			60.00	71.59	6271.10	-	6271.10

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	80.00	20.45	26.80	1979.60	-	
Total			61.35	80.40	5938.80	-	
Average by time			60.00	78.63	5808.12	-	5808.12

C. Dual Engine / Pure Diesel Fuel

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	60.00				-	
Total			20.32	19.20	975.90	-	
Average by time			60.00	56.69	2881.59	-	2881.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	70.00				-	
Total			20.40	22.50	1075.80	-	
Average by time			60.00	66.18	3164.12	-	3164.12

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	60.00	20.38	21.20	1949.20	-	
Total			61.14	63.60	5847.60	-	
Average by time			60.00	62.41	5738.57	-	5738.57

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	70.00	20.49	23.90	2160.10	-	
Total			61.47	71.70	6480.30	-	
Average by time			60.00	69.99	6325.33	-	6325.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	80.00	20.45	25.70	2438.90	-	
Total			61.35	77.10	7316.70	-	
Average by time			60.00	75.40	7155.70	-	7155.70

Fuel Consumption by Dyno Test

Diesel Heating Value	CNG Heating Value
kJ/kg	kJ/kg
38743.76	37926.09

A. Dual Engine / Dual Fuel

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st			20.33	19.20			
2nd	100.00	60.00	20.34	19.20			
3rd			20.31	19.10			
Total	2.49		60.98	57.50	1530.10	3830.00	
Average by time			60.00	56.58	1505.51	3768.45	5273.96
%Mass					28.55	71.45	

	Diesel Enegy		CNG Energy		Total Enegy
	58329.12		142922.52		201251.64
% Energy	28.98		71.02		100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st			20.36	22.50			
2nd	100.00	70.00	20.36	22.40			
3rd			20.37	22.40			
Total	2.90		61.09	67.30	2088.00	1280.00	
Average by time			60.00	66.10	2050.74	1257.16	3307.91
%Mass					62.00	38.00	

	Diesel Enegy		CNG Energy		Total Enegy
	79453.56		47679.22		127132.79
% Energy	62.50		37.50		100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Diesel Heating Value	CNG Heating Value
kJ/kg	kJ/kg
38743.76	37926.09

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st			20.45	19.40	958.50		
2nd	500.00	60.00	20.45	19.40	967.20		
3rd			20.50	19.40	1054.70		
Total	12.46		61.40	58.20	2980.40	2620.00	
Average by time			60.00	56.87	2912.44	2560.26	5472.70
%Mass					53.22	46.78	

	Diesel Enegy	CNG Energy	Total Enegy
	112838.99	97100.67	209939.67
% Energy	53.75	46.25	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st			20.46	22.40	1101.60		
2nd	500.00	70.00	20.46	22.70	1125.90		
3rd			20.37	22.40	1201.00		
Total	14.53		61.29	67.50	3428.50	2760.00	
Average by time			60.00	66.08	3356.34	2701.91	6058.25
%Mass					55.40	44.60	

	Diesel Enegy		CNG Energy		Total Enegy
	130037.18		102472.84		232510.02
% Energy	55.93		44.07		100.00

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st			10.47	12.65	883.00		
2nd	500.00	80.00	10.45	12.70	859.40		
						1890.00	
Total	16.60		62.76	76.05	5227.20	5670.00	
Average by time			60.00	72.71	4997.32	5420.65	10417.97
%Mass					47.97	52.03	

	Diesel Enegy		CNG Energy		Total Enegy
	193615.09		205584.06		399199.15
% Energy	48.50		51.50		100.00

B. Diesel Engine / Diesel Fuel

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	60.00				-	
Total						-	
Average by time			60.00	#DIV/0!	#DIV/0!	-	#DIV/0!

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	70.00				-	
Total						-	
Average by time			60.00	#DIV/0!	#DIV/0!	-	#DIV/0!

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	60.00	20.45	19.50	1875.90	-	
Total			61.35	58.50	5627.70	-	
Average by time			60.00	57.21	5503.86	-	5503.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	70.00	20.45	24.40	2137.40	-	
Total			61.35	73.20	6412.20	-	
Average by time			60.00	71.59	6271.10	-	6271.10

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	80.00	20.45	26.80	1979.60	-	
Total			61.35	80.40	5938.80	-	
Average by time			60.00	78.63	5808.12	-	5808.12

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

C. Dual Engine / Pure Diesel Fuel

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	60.00				-	
Total			20.32	19.20	975.90	-	
Average by time			60.00	56.69	2881.59	-	2881.59

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	100.00	70.00				-	
Total			20.40	22.50	1075.80	-	
Average by time			60.00	66.18	3164.12	-	3164.12

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	60.00	20.38	21.20	1949.20	-	
Total			61.14	63.60	5847.60	-	
Average by time			60.00	62.41	5738.57	-	5738.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	70.00	20.49	23.90	2160.10	-	
Total			61.47	71.70	6480.30	-	
Average by time			60.00	69.99	6325.33	-	6325.33

	Load BMEP	Speed km/hr	Time min.sec	Distance km	Diesel Fuel g	CNG Fuel g	Total Fuel g
1st	500.00	80.00	20.45	25.70	2438.90	-	
Total			61.35	77.10	7316.70	-	
Average by time			60.00	75.40	7155.70	-	7155.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้