

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติระบบหัวฉีดเนื่องจากการปรับจังหวะ
การเปิด-ปิดวาล์วไอเสีย

Effects of Exhaust Valve Timing on Performance of MPI Natural Gas Engine



โดย

นาย สุธี แซ่ตั้ง

นาย เสถียรพงษ์ เตชะรัถย์

นาย อสุธารณ์ แก้วกิติชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

๒๓
๘๗๘๖๘
๒๕๔๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 62060

วัน,เดือน,ปี 27 ก.ค. 2549

b. 11580239
i.

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลกระทบที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติระบบหัวฉีดเนื่องจากการปรับจิงหะ
การเปิด-ปิดวาล์วไอเสีย

ผู้จัดทำ

1. นาย สุธี แซ่ตั้ง รหัสประจำตัว 44010872
2. นาย เสถียรพงษ์ เตชารักษ์ รหัสประจำตัว 44010882
3. นาย อสุธารณ์ แก้วกิตติชัย รหัสประจำตัว 44010892



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	2
2.1 งานวิจัยการใช้แก๊สธรรมชาติในต่างประเทศ	2
2.2 งานวิจัยการใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศไทย	5
บทที่ 3 เชื้อเพลิงก๊าซและแก๊สธรรมชาติสำหรับยานยนต์	7
3.1 ประเภทของก๊าซ	7
3.2 ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas)	7
3.3 ชนิดของก๊าซธรรมชาติ	8
3.4 การใช้ประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติ	9
3.5 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ	10
3.6 ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas; CNG)	11
3.7 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติอัด	11
3.8 ข้อดีและข้อเสียในการใช้ก๊าซธรรมชาติอัด	12
3.9 ข้อควรระวังในการใช้ก๊าซธรรมชาติ	13
3.10 แนวโน้มการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในประเทศไทย	14
3.11 ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural Gas for Vehicles)	15
3.12 รูปแบบเครื่องยนต์ที่ใช้กับ NGV	17
3.13 การใช้ก๊าซ NGV ในโลก	18
3.14 ยานยนต์ก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย	19
3.15 เครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	21
3.16 สถานีเติมก๊าซ NGV	22
3.17 ระบบโครงสร้างพื้นฐานของยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ	23
3.18 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซธรรมชาติ	24
3.19 ราคาก๊าซ NGV	24
3.20 การพัฒนายานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติระบบหัวฉีดประจำสูบ	26
4.1 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic	26
4.2 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	29
4.3 ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)	32
4.4 ระบบการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)	33
4.5 ระบบการจุดระเบิด (Ignition System)	42
4.6 เพลาลูกเบี้ยว	42
บทที่ 5 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	45
5.1 เครื่องยนต์ทดสอบ	45
5.2 อุปกรณ์วัดกำลังแรงบิด	47
5.3 อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	47
5.4 อุปกรณ์วัดปริมาตรมลพิษในแก๊สไอเสีย	48
5.5 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของแก๊สไอเสีย	49
5.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น	49
5.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง	49
5.8 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่ไหลเวียนในชุดลดความดัน	50
5.9 สถานะการทดลอง	50
5.10 วิธีการทดลอง	51
บทที่ 6 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	53
6.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการวัดแบบ WOT	53
6.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการวัดแบบ BMEP	60
บทที่ 7 สรุปผลการทดสอบ	66
7.1 สรุปผลการทดลอง	66
7.2 ข้อเสนอแนะ	66
7.3 ปัญหาในการทดลอง	67
7.4 สิ่งที่น่าจะทำต่อไปในอนาคต	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
3.1	เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่นำไปใช้ในรถยนต์	12
3.2	เปรียบเทียบข้อดีระหว่างก๊าซ CNG กับ ก๊าซ LPG	16
3.3	เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท	17
3.4	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้ NGV เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว	17
3.5	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม Diesel Dual Fuel กับ BI-fuel	18
3.6	เปรียบเทียบมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที	21
3.7	อัตราการสิ้นเปลืองและค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท	24
5.1	รายละเอียดของเครื่องยนต์	46
5.2	สถานะการทดลองที่ความดันเฉลี่ยเบรก 300 kPa.	51
5.3	สถานะการทดลองที่ความดันเฉลี่ยเบรก 500 kPa.	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

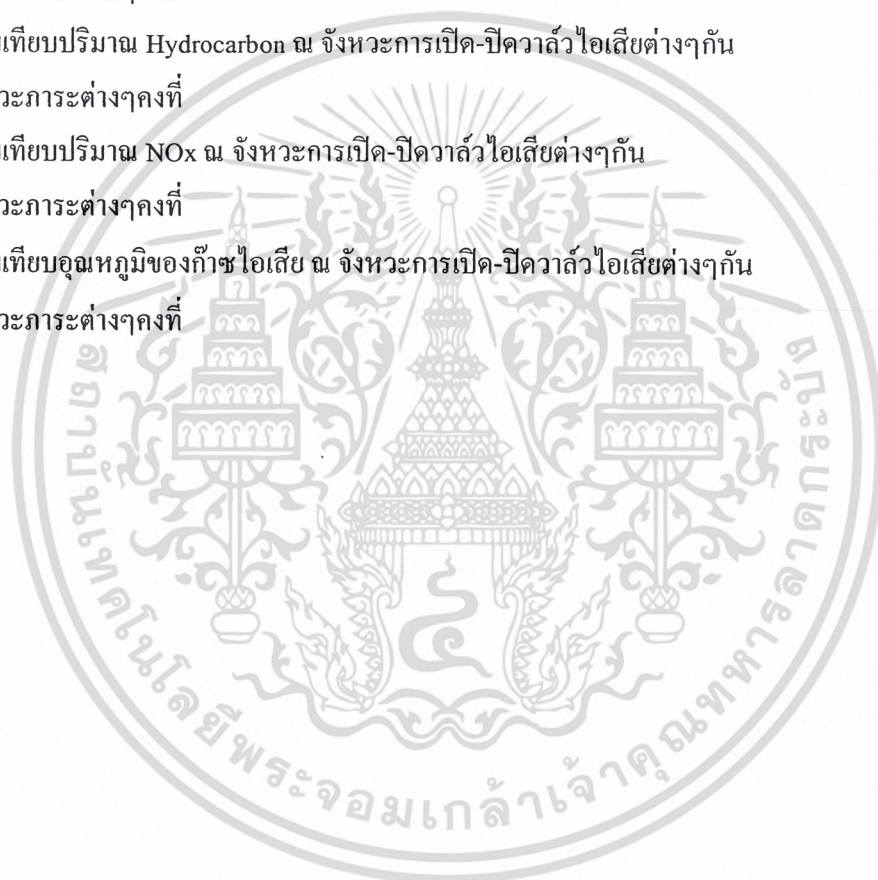
รูปที่	หน้าที่
4.1 หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic ภายในเครื่องยนต์ แก๊สธรรมชาติ	26
4.2 การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติแบบ D-Jetronic	28
4.3 ส่วนประกอบของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	29
4.4 ถังบรรจุเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัด	29
4.5 อุปกรณ์ลดความดันของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัด	30
4.6 ท่อจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	30
4.7 การติดตั้งหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่ท่อ ไอดี	31
4.8 หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติและส่วนประกอบของหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	31
4.9 ตัวเรือนลิ้นแรงของเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	32
4.10 ท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	33
4.11 ตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจจับมุมมองเสาเพลลาข้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติ	34
4.12 การออกแบบและติดตั้ง Photo sensor กับแผ่น Plate ของตัวตรวจจับมุมมองเสา เพลลาข้อเหวี่ยง	34
4.13 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	35
4.14 การติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำในเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	35
4.15 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	36
4.16 ตำแหน่งการติดตั้งของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศที่บริเวณช่องทางอากาศไหลเข้า	36
4.17 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นแรงและส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นแรง แบบเชิงเส้น	37
4.18 การติดตั้งตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นแรงในเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	37
4.19 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนและส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ในท่อไอเสีย	38
4.20 ตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนในท่อ ไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีด เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	39
4.21 ตัวตรวจจับสุญญากาศและส่วนประกอบของตัวตรวจจับสุญญากาศ	39
4.22 กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับระยะเวลาการฉีดได้	40
4.23 การรับส่งสัญญาณ ไฟฟ้าของกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับระยะเวลา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฉีดได้	40
4.24 จอแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในตัว hand controller	41
4.25 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในตัวงานจ่ายของเครื่องยนต์ทดสอบ	42
4.26 แสดงระยะห่างแต่ละพื้นเฟืองของเพลาลูกเบี้ยว	42
4.27 แสดงแผนภาพของจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดี และ ไอดีเสียที่ตำแหน่งการปรับ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆ	43
5.1 เครื่องยนต์ทดสอบ	45
5.2 การติดตั้งเครื่องยนต์ทดสอบบนโครงสร้างรถบรรทุก	46
5.3 จอแสดงผลของอุปกรณ์วัดกำลังและแรงบิด	47
5.4 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ	48
5.5 อุปกรณ์วัดปริมาณแก๊สพิษในไอดี	48
5.6 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่ไหลเวียนในชุดลดความดัน	50
6.1 เปรียบเทียบค่ากำลังเบรค ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	53
6.2 เปรียบเทียบค่าแรงบิด ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	54
6.3 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอดีเสียต่างๆกันที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	55
6.4 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอดีเสียต่างๆกันที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	55
6.5 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอดีเสียต่างๆกันที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	56
6.6 เปรียบเทียบปริมาณ Carbon monoxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอดีเสียต่างๆกันที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	57
6.7 เปรียบเทียบปริมาณ Carbon dioxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	57
6.8 เปรียบเทียบปริมาณ Hydrocarbon ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	58
6.9 เปรียบเทียบปริมาณ NO _x ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	59
6.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซไอดี ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60 %	59
6.11 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	60
6.12 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	61
6.13 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	61
6.14 เปรียบเทียบปริมาณ Carbon monoxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	62
6.15 เปรียบเทียบปริมาณ Carbon dioxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	63
6.16 เปรียบเทียบปริมาณ Hydrocarbon ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	63
6.17 เปรียบเทียบปริมาณ NO _x ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	64
6.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระต่าง ๆ คงที่	65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติระบบหัวฉีดเนื่องจากการปรับจังหวะ
การเปิด-ปิดวาล์วไอเสีย

นาย สุธี	แช่ตั้ง	44010872
นาย เสถียรพงษ์	เตชารักษ์	44010882
นาย อสุธารณ์	แก้วกิติชัย	44010892
ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2547		

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยสภาพในปัจจุบันราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นมาก จึงส่งผลให้เกิดการวิจัหาพลังงานทดแทนที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas, CNG) ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือก และจากผลการวิจัยของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิงที่ผ่านมานั้น มีข้อสังเกตว่ายังมีสิ่งที่จะต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่บางประการ คือการที่ปริมาณของNOxในก๊าซไอเสียมีปริมาณสูง และกำลังของเครื่องยนต์ต่ำกว่าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน ซึ่งสันนิษฐานว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากการที่ก๊าซธรรมชาติมีความเร็วของเปลวไฟช้ากว่าก๊าซโซลีน เอกสารฉบับนี้เป็นเอกสารที่ประกอบด้วยข้อมูล แนวทาง พร้อมทั้งวิธีที่จะทำการทดลอง พัฒนาปรับปรุง และปรับแต่งเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง โดยศึกษาทดลองหาผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสีย ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ดำเนินการปรับจังหวะการเปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลง 9° เป็นจังหวะที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือ เครื่องยนต์มีกำลังและประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณมลพิษในก๊าซไอเสียก็ลดลงด้วย แต่ถ้าทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลงเป็น 18° จะส่งผลให้ปริมาณมลพิษในก๊าซไอเสียลดลงเช่นกัน แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนนั้นต่ำลง ทั้งนี้่าจะมีสาเหตุมาจากการที่วาล์วไอดี และไอเสียเปิดพร้อมกันนานเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effects of Exhaust Valve Timing on Performance of MPI Natural Gas Engine

Mr.Suthee Sae-Tang 44010872

Mr.Satianpong Techarak 44010882

Mr.Asutharn Keokitichai 44010892

Assist. Prof. Dr. Chinda Charoenphonphanich Advisor

ABSTRACT

The fuel price has increased, so people try to find some kind of fuel that Compressed Natural Gas, CNG is a good choice. According to the past performance tests of the Compressed Natural Gas engine, there are some deflection in the results should be improved which is high quantities of NOx in the exhaust gas and lower power than the gasoline engine. Analyze the past result a flame speed of CNG is slower than gasoline's, therefore some CNG is not combusted. This paper contains data, routes and methods that will be used to test for tuning and developing performance and efficiency of the CNG engine by studying the impact from changing the exhaust valve lifting-time. From the experiments, the most suitable exhaust valve lifting-time is 9° delay – more power, thermal efficiency and low emissions. At 18° delay exhaust valve lifting-time, the results are low emissions but get less thermal efficiency. It may be too many valve overlap.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมาและรวมถึงรุ่นพี่ที่จบไปแล้ว ที่ให้คำปรึกษาโดยตลอด ทั้งนี้รวมถึงบริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ถึงบรรจุภัณฑ์ และก๊าซธรรมชาติเพื่อใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

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



นาย สุธิ แซ่ตั้ง
นาย เสถียรพงษ์ เตชารักษ์
นาย อสุรารณ์ แก้วกิตติชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้นมาก จึงทำให้การใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในรถยนต์มีความแพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะในรถแท็กซี่ที่ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ให้สามารถใช้งาน ได้กับก๊าซธรรมชาติอัด แต่เนื่องด้วยสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้นั้น ไม่เป็นที่น่าพอใจ จึงได้มีการนำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัดมาศึกษา และพัฒนาเพื่อให้มีสมรรถนะในการใช้งานสูงใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินมากที่สุด โดยได้รับความร่วมมือจาก บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) บริษัทผู้จำหน่ายก๊าซธรรมชาติ แต่เพียงผู้เดียวในประเทศไทยเป็นผู้สนับสนุน โครงการพัฒนาเครื่องยนต์นี้

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง พบว่าเครื่องยนต์มีสมรรถนะ และประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ แต่ก็ยังคงมีข้อบกพร่องอยู่บ้างบางประการ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทดลองโครงการนี้ คือ มุ่งหวังที่จะเพิ่มสมรรถนะ และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงให้ดียิ่งขึ้น เหมาะสมกับก๊าซธรรมชาติอัดที่ผลิตได้ในประเทศไทย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาทดลองหาผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสีย โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้ คือสังเกตการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพเครื่องยนต์ดังกล่าว และทำการศึกษาถึงแนวโน้มของการลดปริมาณมลพิษในก๊าซไอเสีย อันได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน NOx คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ รวมทั้งศึกษาถึงแนวโน้มของปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงควบคู่กันไปด้วยเมื่อทำการปรับแต่งเครื่องยนต์

โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาทดลองนี้ คือ สามารถเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์มีสภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น และNOxในก๊าซไอเสียมีปริมาณลดลง มีความเหมาะสมในการใช้งานก๊าซธรรมชาติอัดที่ผลิตได้ในประเทศไทย เพื่อให้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการที่คนไทยจะใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนก๊าซโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทรรศน์

การวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับเครื่องยนต์ในรถยนต์ เริ่มมีมานานแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2403 โดยชาวฝรั่งเศสแต่ยังไม่เป็นที่นิยมนัก จนมาถึงช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง ในช่วงนี้เกิดวิกฤตราคาของน้ำมันแพงมาก จึงส่งผลทำให้เกิดความนิยมในการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติแพร่หลายมากขึ้นในต่างประเทศอย่างเช่น ญี่ปุ่น, อิตาลี และ อีกหลายประเทศได้นำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมาใช้กับรถยนต์กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว สำหรับในประเทศไทยการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติยังมีข้อจำกัดอยู่ ซึ่งในขณะนี้ทั้งในและต่างประเทศมีการวิจัยกันอย่างต่อเนื่องในการแก๊สธรรมชาติประเภท CNG มาใช้ในรถยนต์

2.1 งานวิจัยการใช้แก๊สธรรมชาติในต่างประเทศ

Takeshi Kato และคณะ [1] ได้ศึกษาถึงการนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์ นิสสัน ขนาด 1800 cc. เป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (SI) มี 4 สูบ 4 จังหวะ และได้ใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดประจำสูบ (MPI) กับเครื่องยนต์ทดสอบนี้ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สโซลีน ที่ใช้อัตราส่วนการอัด 9.5:1 ส่วนเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติใช้อัตราส่วนการอัด 12.8 :1 พร้อมกับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการหมุนวนของอากาศด้วยเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานที่อัตราส่วนผสมบาง (Lean burn) จากการทดสอบพบว่าผลทางด้านมลพิษของคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดลงได้มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และมลพิษของไฮโดรคาร์บอนกับไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลงได้ต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เนื่องจากอุณหภูมิในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติต่ำกว่าอุณหภูมิการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน สำหรับไฮโดรคาร์บอน สำหรับไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นสามารถลดลงได้ มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแก๊สธรรมชาติมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งก๊าซนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จึงไม่นำไฮโดรคาร์บอนส่วนนี้มาคิด จึงทำให้ค่ามลพิษของไฮโดรคาร์บอนต่ำเป็นพิเศษ และการใช้การเผาไหม้แบบส่วนผสมบางทำให้เครื่องยนต์สามารถประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขับสน้ำมันได้ในระยะทางไกลมากขึ้น ที่ค่าแลมด้า เท่ากับ 1.6 การเผาไหม้จะมีความเสถียรมากที่สุด ในการทำงานที่สภาวะนี้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง $17.2 \text{ km} / \text{m}^3$ สำหรับกำลังของเครื่องยนต์ที่รอบต่ำๆ พบว่าเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติมีกำลังใกล้เคียงกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แต่ที่ความเร็วรอบสูงๆ กำลังของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอยู่ 10 เปอร์เซ็นต์

M. Gupta และคณะ [2] ได้นำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟขนาด 2.5 ลิตร 4 สูบ 4 จังหวะ โดยใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ Gas mixer งานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะ และมลพิษของเครื่องยนต์เมื่อให้เครื่องยนต์ทำงานที่อัตราส่วนผสมพอดี (Stoichiometric) กับทำงานที่อัตราส่วนผสมบาง (Lean) ในการทดสอบได้กำหนดให้เปิดลิ้นเร่ง 75 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาทีและจังหวะการจุดระเบิดตั้งเอาไว้ที่ MBT timing จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบผลทางด้านสมรรถนะพบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติที่ปรับตั้งองศาการจุดระเบิดที่ MBT timing จะให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเมื่อเทียบกับที่อัตราส่วนสมมูลเดียวกัน การนำเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมพอดีเข้าไปเผาไหม้พบว่า เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีกำลังต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอยู่ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ และที่อัตราส่วนสมมูลมีค่าต่ำกว่า 0.80 พบว่ากำลังของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สำหรับความเสถียรในการเผาไหม้เมื่อเปลี่ยนค่าอัตราส่วนสมมูลพบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีความเสถียรมากกว่า และขีดจำกัดในการทำงานที่ส่วนผสมบางของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ (0.63) ต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (0.72) ส่วนปริมาณมลพิษในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่ง NOx จะมีค่ามากที่สุดที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.9 และมลพิษของไฮโดรคาร์บอนมีค่ามากที่สุดที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.63

EliZabeth Durell และคณะ [3] ได้นำแก๊สธรรมชาติมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนฉีดตรงเข้าในห้องเผาไหม้ (Direct Injection) โดยใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบฉีดประจำสูบ (Multi Point Port Injection) ด้วยการใช้นิวติคอากาศ (Air injector) ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติเข้าไปในท่อไอดีของแต่ละสูบ ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ Lotus ขนาด 1.8 ลิตร 4 จังหวะ 4 สูบ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยที่เครื่องยนต์นี้สามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงตัวใดตัวหนึ่งได้ด้วยสวิตช์ตัดต่อ ซึ่งใช้กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เพียงตัวเดียวในการควบคุมระยะเวลาในการฉีด งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลทางด้านมลพิษและผลทางด้านสมรรถนะที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ สำหรับผลทางด้านมลพิษได้กำหนดให้เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ที่ค่าความดันยังผลเฉลี่ยเบรคคงที่ที่ 200 kPa. โดยการเปรียบเทียบที่ค่าอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงต่าง ๆ จากการทดสอบพบว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสามารถทำงานได้ในช่วงอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง 14.7 - 16.5 สำหรับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติสามารถทำงานได้ในช่วงอัตราส่วนผสมที่กว้างกว่าที่ 14 - 20 และช่วงการทำงานที่เหมาะสมที่สุดที่ค่าอัตราส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิง 16.5 - 17 และจากการทดสอบพบว่าการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ จะมีความเสถียรมากกว่าซึ่งปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอนลดลง 60 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณมลพิษของไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลง 26 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณมลพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนผลกระทบทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติแทบจะไม่มีผลกระทบ สำหรับผลทางด้านกำลังและแรงบิด พบว่า ต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 9 เปอร์เซ็นต์

Toshio Shudo และคณะ [4] ได้นำเอาก๊าซธรรมชาติมาฉีดตรงเข้าห้องเผาไหม้พร้อมกับนำเอาก๊าซไฮโดรเจนผสมเข้าไปในอัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจน / ก๊าซมีเทน เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแก๊สไฮโดรเจนถูกใส่เข้าไปอย่างต่อเนื่องที่ท่อไอดีเพื่อศึกษาถึงลักษณะการเผาไหม้และปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนผสมของไฮโดรเจนในปริมาณต่าง ๆ และได้ใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ สูบเดียว และอัตราส่วนการอัด 13 : 1 เชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้อาศัยการฉีดของหัวฉีดที่ใช้แรงดันของแก๊สธรรมชาติเท่ากับ 10 MPa. และกำหนดให้ฉีดเชื้อเพลิงก่อนลูกสูบเคลื่อนที่สู่ศูนย์ตายบน 35 องศาของมุมเพลาคืออเหวียงในจังหวะอัด ในการทดสอบได้ทดสอบที่ความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบคงที่ที่ 1000 รอบต่อนาที และได้กำหนดจังหวะการจุดระเบิดเอาไว้ที่ 15 องศา ก่อนถึงศูนย์ตายบน พร้อมกับได้กำหนดค่าอัตราส่วนอากาศกินเอาไว้ที่ 1.5 ซึ่งในสภาวะนี้เครื่องยนต์ทำงานในสภาวะการเผาไหม้ที่มีส่วนผสมบาง จากการทดสอบพบว่าความดันและค่าความร้อนที่ปล่อยออกจากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบมีค่าเพิ่มขึ้นตาม เเปอร์เซ็นต์ของก๊าซไฮโดรเจนที่เพิ่มเข้าไป ส่วนปริมาณมลพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ กับไฮโดรคาร์บอนรวมมีค่าลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของไฮโดรเจนที่เพิ่มเข้าไป แต่ค่ามลพิษของไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น และยังทดสอบต่อไปโดยการฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติเพียงอย่างเดียว กับฉีดเชื้อเพลิงไฮโดรเจนผสมกับก๊าซธรรมชาติในอัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณมลพิษ จากการทดสอบพบว่าที่องศาการจุดระเบิดที่ 15 องศา ก่อนถึงศูนย์ตายบนเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด จากการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ 3 ประการด้วยกัน คือ การนำก๊าซไฮโดรเจนเข้าไปผสมกับก๊าซธรรมชาติภายในห้องเผาไหม้จะทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และยังช่วยลดไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เกิดการเผาไหม้ได้ เนื่องจากการเผาไหม้แบบส่วนผสมบาง ประการที่สอง การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนจะส่งผลทำให้ค่าไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ยังสามารถรักษาค่าให้อยู่ในระดับต่ำได้โดยการปรับตั้งองศาการจุดระเบิด ซึ่งจะไม่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพทางความร้อนและประการสุดท้าย ผลกระทบจากการผสมไฮโดรเจนปริมาณมาก ในสภาวะที่มีการเผาไหม้แบบส่วนผสมบาง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนและลดมลพิษของไฮโดรคาร์บอนรวมได้

Benjamin Baire และคณะ [5] ได้นำเอาเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ, แก๊สโพรเพน และเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติผสมกับแก๊สโพรเพนในสัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมวลมาทดสอบกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยที่ไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ และลิ้นเร่งเปิดเอาไว้ที่ตำแหน่งที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบประมาณ 3,600 รอบต่อนาที การจ่ายเชื้อเพลิงเข้าเครื่องยนต์จะใช้แก๊สเมิกเซอร์ จากการทดลองพบว่าที่โหลดต่ำ ๆ ปริมาณมลพิษของไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ กับโพรเพนมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ กับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงโพรเพนส่วนปริมาณมลพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมจะมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ และเชื้อเพลิงโพรเพนเพียงอย่างเดียว สำหรับปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอนจะมีค่าใกล้เคียงกันและที่โหลดสูง ๆ ปริมาณมลพิษของไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมจะมีค่าอยู่ระหว่างกลางกับค่าที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับเชื้อเพลิงโพรเพนเพียงอย่างเดียว

Herchel T. C. Machacon และคณะ [6] ได้นำแก๊สธรรมชาติมาใช้ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ 2 สูบ และได้นำแก๊สเมิกเซอร์มาติดตั้งแทนคาร์บูเรเตอร์เดิมที่ทอร่วมไอดี เพื่อจ่ายแก๊สธรรมชาติให้กับเครื่องยนต์ ซึ่งได้ตั้งองศาการจุดระเบิดเอาไว้ที่ 35 องศา ก่อนถึงศูนย์ตายบน ในการทดสอบได้กำหนดอัตราส่วนการอัดเอาไว้ที่ 8.6, 11.2, 12.5 และ 13.5 โดยมีฝาสูบของแต่ละอัตราส่วนการอัดเพื่อเอาไว้เปลี่ยนตามค่าอัตราส่วนการอัดที่ต้องการทดสอบ และได้ทดสอบที่ตำแหน่งลิ้นเร่งเปิดเต็มที่พร้อมกับทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ 6300 รอบต่อนาที เพื่อศึกษาผลจากการใช้แก๊สธรรมชาติ จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนการอัดทำให้สามารถเพิ่มขีดจำกัดของส่วนผสมหนาและบางได้มากขึ้น และที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบมีค่าสูงตามอัตราส่วนการอัดที่เพิ่มขึ้นและอัตราส่วนอากาศเกินในช่วง 0.8 - 1.3 การเพิ่มอัตราส่วนการอัดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (ความเสถียรในการเผาไหม้)

Xu Boyan และ Mikio Furuyama [7] ได้ทำการถ่ายภาพการสเปรย์และเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ และเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ด้วยการถ่ายภาพแบบ Schlieren เพื่อแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเริ่มต้นและการขยายตัวของลำสเปรย์ของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่ถูกฉีดออกมาด้วยความดันเดียวกัน ที่มีการฉีดตรงเข้าห้องเผาไหม้และการฉีดเข้าที่ช่องทางไอดี ซึ่งเชื้อเพลิงแก๊สจะมีข้อเสียคือ การกระจายตัวของส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ไม่คงตัว จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น จากการทดลองนี้ได้ศึกษาถึงผลกระทบของการฉีด, โครงสร้างของลำสเปรย์และรูปแบบการกระจายตัวของเชื้อเพลิง ด้วยกล้อง CCD ที่มีความเร็วในการถ่ายภาพ 1 / 1000 วินาที กล้องนี้สามารถถ่ายได้ 8 รูป ในช่วงเวลา 33 ms สำหรับหัวฉีดแก๊สโซลีนจะมีอัตราการไหล 245 cc / min และ 430 cc / min และกำหนดให้ค่าความร้อนที่ฉีดแต่ละครั้งเท่ากัน จังหวะการฉีด และความดันในการฉีดเชื้อเพลิงจะมีค่าที่ใกล้เคียงกับสถานะของเครื่องยนต์จริง ที่ 5 ms และ 0.3 MPa. ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า ระยะพุ่งผ่านของลำสเปรย์ของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติจะมีขนาดยาวกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน และระยะการพุ่งผ่านจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ 2 ms หลังจากนั้นจะขยายตัวอย่างช้า ๆ เมื่อผ่านจุดนี้ไปแล้วในขณะที่ระยะพุ่งผ่านของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน จะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น

2.2 งานวิจัยการใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศไทย

แสวง บุญญาสุวัฒน์ และ ธเนศ ศรีเชียรอินทร์ [8] ได้นำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมาทดลองใช้กับรถแท็กซี่โดยใช้ชุดอุปกรณ์ดัดแปลงระบบเชื้อเพลิงร่วมระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ กับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในเครื่องยนต์โตโยต้า 4A - FE ซึ่งมีอุปกรณ์ Fumigation gas mixer เป็นอุปกรณ์จ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติให้กับเครื่องยนต์ในระยะแรก และระยะที่สองได้ทดลองใช้ระบบ Multi Point Port Injection (MPI) เพื่อนำข้อมูลทั้งสองระยะมาเปรียบเทียบกัน พบว่าระบบ gas mixer เป็นระบบที่ทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะต่ำ และยังเกิดปัญหาเรื่องการเกิดไฟย้อนกลับไปยังท่อร่วมไอดีทำให้ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศและอุปกรณ์บางชิ้นได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง สำหรับระบบ MPI จะใช้อุปกรณ์ควบคุมก๊าซที่เรียกว่า ตัว Smast ไปติดตั้งที่ท่อไอดีใกล้ๆกับหัวฉีดน้ำมันเบนซินโดยอุปกรณ์ตัวนี้จะมี ECU เป็นตัวควบคุมปริมาณการจ่ายแก๊สธรรมชาติ ก๊าซจะถูกส่งจากตัวลดความดันไปยังอุปกรณ์ควบคุมก๊าซ Smast และเข้าไปยังท่อไอดี ภายในระยะ 50 มิลลิเมตรจากทางเข้าไอดี จากการทดสอบบนเครื่องทดสอบพบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติระบบ Gas mixer มีปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอนรวม , คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และเมื่อนำเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติระบบ MPI มาทดสอบพบว่า ปริมาณมลพิษดังกล่าวข้างต้นลดลง สำหรับผลทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ เช่นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แต่เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติระบบ MPI จะมีกำลังสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติระบบ Gas mixer และการนำระบบ MPI มาใช้พบว่าสามารถลดการเกิดไปย้อนกลับในท่อไอเสียได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

เชื้อเพลิงก๊าซและแก๊สธรรมชาติสำหรับยานยนต์

เชื้อเพลิงก๊าซ [9] หมายถึง ก๊าซทุกชนิดที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งก๊าซแต่ละชนิดจะให้ความร้อนจากการเผาไหม้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ฯลฯ ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติ นอกจากนี้ก็สามารถได้จากกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น พวกก๊าซสังเคราะห์ หรืออีกทางหนึ่งอาจจะเป็นผลพลอยได้มาจากกระบวนการผลิตสิ่งอื่นและได้ก๊าซมาโดยไม่ตั้งใจ เช่น ก๊าซที่ได้จากการถลุงเหล็ก เป็นต้น

3.1 ประเภทของก๊าซ

ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีส่วนประกอบคล้ายกันแต่มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ก๊าซชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติอัด ก๊าซน้ำมัน และก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นต้น

3.1.1 ก๊าซชีวมวล เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบโดยการเผาถ่านหินหรือไม้ในเตาปฏิกรณ์แบบแพ็กเบด (packed bed) หรือ เบดแบบเคลื่อนที่ (moving bed-reactor) ที่มีปริมาณอากาศจำกัด ซึ่งปริมาณอากาศที่ใช้จะต้องมีอัตราส่วนที่พอเหมาะกับก๊าซที่จะผลิต

3.1.2 ก๊าซชีวภาพ (Bio-gas) ก๊าซที่เกิดจากการหมักและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (organic substance) เช่น มูลสัตว์ประเภทต่างๆ ตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น วัชพืช และเศษอาหาร

3.1.3 ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง โดยที่ธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุลเช่นเดียวกับน้ำมัน ธาตุสองชนิดนี้จะรวมตัวกันในสัดส่วนของอะตอมที่แตกต่างกันและให้สารประกอบที่ต่างกันด้วย

3.2 ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas)

ก๊าซธรรมชาติ [10] คือ ก๊าซชีวภาพชนิดหนึ่งที่เกิดจากการทับถมของซากสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์นับหลายล้านปี ซากพืชและสัตว์เหล่านี้จะแปรสภาพเป็นก๊าซและน้ำมัน เนื่องจากความร้อนและความดันกดดันของโลกและสะสมอยู่ใต้ชั้นดิน จัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งโดยที่ธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุล เช่นเดียวกับน้ำมัน ธาตุสองชนิดนี้จะรวมตัวกันในสัดส่วนของอะตอมที่แตกต่างกันและให้สารประกอบที่ต่างกันด้วย หากเป็นแก๊สมีเทนจะประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และไฮโดรเจน 4 อะตอม ถ้าเป็นอีเทนจะมีคาร์บอน 2 อะตอม และไฮโดรเจน 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะตอม โดยทั่วไปก๊าซธรรมชาติจากแหล่งผลิตจะประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดอันได้แก่ มีเทน, โพรเพน, บิวเทน, เฮกเซน เป็นต้น หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ประปนอยู่บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแหล่งก๊าซธรรมชาติแต่ละแห่งเป็นสำคัญ ตามปกติแล้ว ก๊าซธรรมชาติ จะประกอบด้วยก๊าซมีเทนในสัดส่วน 70 % ขึ้นไป นอกจากนี้อาจจะมีก๊าซประเภทอื่นๆเจือปนอยู่ด้วย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) และไนโตรเจน (N₂) เป็นต้น และอาจมีสิ่งเจือปนอื่นๆอีก เช่น น้ำ ก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้จากแหล่งก๊าซใต้พื้นดินโดยตรง (Non-Associated Gas) หรือก๊าซที่ติดมากับน้ำมันดิบจากหลุมน้ำมันดิบ (Associated Gas) ซึ่งทั้งสองส่วนจะมีก๊าซไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ติดมาด้วยคงได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้เรียกว่า Natural Gas Liquid (NGL) เพราะอาจแยกออกมาในรูปของเหลวในโรงแยกแก๊สและไปใช้เป็นสารป้อนโรงงานปิโตรเคมี หรือนำมากลั่นต่อให้ได้เป็นอีเทน, โพรเพน และ บิวเทน กับ LPG เราอาจยอมให้มีอีเทนและโพรเพนติดอยู่ในก๊าซธรรมชาติได้บ้างแต่ตัวอื่นที่หนักกว่าต้องแยกออกเพื่อป้องกันปัญหาในการใช้และในการขนส่ง ในอนาคตคาดว่าก๊าซธรรมชาติจะเป็นแหล่งพลังงานหลัก ที่จะนำมาใช้ได้อีกประมาณ 60 ปีข้างหน้า ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วทั่วโลกเมื่อปี พ.ศ. 2541 มีปริมาณ 5,086 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต โดยพบมากที่สุด ในสหภาพโซเวียตเดิม มีปริมาณ 1,700 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต รองลงมาคืออิหร่าน 810 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต และกาตาร์ 300 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต

3.3 ชนิดของก๊าซธรรมชาติ

3.3.1 ก๊าซธรรมชาติแห้ง (Dry natural gas) ก๊าซแห้งจะมีส่วนประกอบของก๊าซมีเทนและก๊าซอีเทนประกอบกัน แต่ปริมาณของมีเทนจะมากกว่า สถานะของแก๊สแห้งที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศจะเป็นไอหรือแก๊ส ก่อนที่จะนำไปใช้ต้องมีการแยกสารมลทินบางชนิดออกเสียก่อน ในการขนส่งอาจใช้วิธีส่งไปตามท่อ แต่ถ้ามีปริมาณมากก็ต้องแปรสภาพจากก๊าซแห้งให้เป็นของเหลว (LNG) เสียก่อนโดยทำให้เย็นจัดถึง -160 องศาเซลเซียส แล้วบรรจุลงถังอลูมิเนียมที่ควบคุมความเย็นเป็นพิเศษ แต่วิธีนี้จะต้องสิ้นเปลืองเงินทุนอย่างมหาศาล สำหรับแก๊สธรรมชาติแห้งจะมีประโยชน์อยู่ด้วยกัน 3 ข้อคือ

1. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) ก็คือต้องผลิตก๊าซแห้งในปริมาณที่มากจึงจะแปรสภาพเป็นก๊าซ LNG ได้ โดยบรรจุลงถังอลูมิเนียม ซึ่งจะต้องควบคุมความเย็นเป็นพิเศษ จากนั้นขนส่งไปยังจุดต่างๆ ตามที่ต้องการ
2. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเมทานอล, ฟูเอินโตรเจนประเภทต่างๆ เช่น กลีโธแอม โมเนียและผลิตภัณฑ์เคมีปิโตรเลียม
3. ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า แทนน้ำมันเตา และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

3.3.2 ก๊าซธรรมชาติชื้น (Wet Natural gas) ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก (heavier parafin hydrocarbon) ซึ่งมีโพรเพน, บิวเทน ประมาณ 4-8 % หรือ อาจจะมีเพนเทน, เฮกเซน และ เฮปเทน ก๊าซชื้นนี้จะมีสถานะเป็นไอหรือก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเหมือนกับก๊าซแห้ง แต่สามารถทำให้กลั่นตัวเป็นของเหลวได้โดยการลดความดันเหลือเพียง 120 lb/in² ที่อุณหภูมิปกติ เมื่อ

แยกออกจากก๊าซธรรมชาติได้แล้วก็อัดใส่ถังเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ก๊าซธรรมชาติชั้นจะมีประโยชน์อยู่ 5 ข้อด้วยกันคือ

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์
2. ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มในครัวเรือน
3. ใช้กับระบบตู้เย็นและเครื่องทำความเย็น
4. ใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงกลั่นแทนน้ำมันบางส่วน
5. ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตปิโตรเลียมชนิดต่างๆ

สำหรับก๊าซธรรมชาติที่เจอพบในอ่าวไทยนั้นก็จะเป็นประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและพลังงานอันได้แก่ ก๊าซธรรมชาติและก๊าซธรรมชาติเหลว ในสัดส่วนสูงกว่า 70 % ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนที่เจือปน (ที่ไม่คิดไฟและไม่เผาไหม้) ได้แก่ก๊าซเฉื่อยหรือไนโตรเจน 0.9-1 % , คาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 5-25 % และไอน้ำ ส่วนที่สามเป็นส่วนมลทินได้แก่ พวกไฮโดรเจนซัลไฟด์และกำมะถัน

3.4 การใช้ประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติ

เราสามารถนำประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติได้ใน 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

3.4.1 ใช้เป็นเชื้อเพลิง เราสามารถใช้ก๊าซธรรมชาติได้โดยตรง ด้วยการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า หรือในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมสุภภัณฑ์ ฯลฯ และเมื่อนำไปอัดใส่ถังด้วยความดันสูงก็สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ได้ เรียกว่า ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural Gas for Vehicles - NGV)

3.4.2 นำไปผ่านกระบวนการแยกในโรงแยกก๊าซ เพราะในตัวเนื้อก๊าซธรรมชาติ มีสารประกอบที่เป็นประโยชน์อยู่มากมาย เมื่อนำมาผ่านกระบวนการแยกที่โรงแยกก๊าซแล้ว ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ มาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1. ก๊าซมีเทน (C_1) ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ในโรงงานอุตสาหกรรม และนำไปอัดใส่ถังด้วยความดันสูง เรียกว่าก๊าซธรรมชาติอัด สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ รู้จักกันในชื่อว่า "ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์" (Natural Gas for Vehicles : NGV)
2. ก๊าซอีเทน (C_2) ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น สามารถนำไปใช้ผลิตเม็ดพลาสติก เส้นใยพลาสติกชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้แปรรูปต่อไป
3. ก๊าซโพรเพน (C_3) และก๊าซบิวเทน (C_4) ก๊าซโพรเพนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นได้เช่นเดียวกัน และหากนำเอาก๊าซโพรเพนกับก๊าซบิวเทนมาผสมกัน อัดใส่ถังเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas - LPG) หรือที่เรียกว่าก๊าซหุงต้ม สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ และใช้ในการเชื่อมโลหะได้ รวมทั้งยังนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไฮโดรคาร์บอนเหลว (Heavier Hydrocarbon) อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เมื่อผลิตขึ้นมาถึงปากบ่อนแท่นผลิต สามารถแยกจากไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซบนแท่นผลิต เรียกว่า คอนเดนเสท (Condensate) สามารถลำเลียงขนส่งโดยทางเรือหรือทางท่อ นำไปกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปต่อไป

5. ก๊าซโซลินธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการแยกคอนเดนเสทออกเมื่อทำการผลิตขึ้นมาถึงปากบ่อนแท่นผลิตแล้ว แต่ก็ยังมีไฮโดรคาร์บอนเหลวบางส่วนหลุดไปกับไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซ เมื่อผ่านกระบวนการแยกจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติแล้ว ไฮโดรคาร์บอนเหลวเหล่านี้ก็จะถูกแยกออก เรียกว่า ก๊าซโซลินธรรมชาติ หรือ NGL (natural gasoline) และส่งเข้าไปยังโรงกลั่นน้ำมัน เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปได้เช่นเดียวกับคอนเดนเสท และยังเป็นตัวทำลายซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมบางประเภทได้เช่นกัน

6. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อผ่านกระบวนการแยกแล้ว จะถูกนำไปทำให้อยู่ในสภาพของแข็ง เรียกว่าน้ำแข็งแห้ง นำไปใช้ในอุตสาหกรรมถนอมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำอัดลมและเบียร์ ใช้ในการถนอมอาหารระหว่างการขนส่ง นำไปเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำสนเทียม และนำไปใช้สร้างควันในอุตสาหกรรมบันเทิง อาทิ การแสดงคอนเสิร์ต หรือ การถ่ายทำภาพยนตร์

3.5 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) กับธาตุไฮโดรเจน (H) จับตัวกันเป็นโมเลกุล โดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากการทับถมของซากสิ่งมีชีวิตตามชั้นหิน ดิน และในทะเลหลายร้อยล้านปีมาแล้ว เช่นเดียวกับน้ำมัน และเนื่องจากความร้อนและความกดดันของผิวโลกจึงเกิดการแปรสภาพเป็นก๊าซ คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ คือ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น (ยกเว้นกลิ่นที่เติมเพื่อให้รู้เมื่อเกิดการรั่วไหล) และไม่มีพิษ ในสถานะปกติมีสภาพเป็นก๊าซหรือไอที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าอากาศจึงมีน้ำหนักเบากว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะฟุ้งกระจายไปตามบรรยากาศอย่างรวดเร็ว จึงไม่มีการสะสมซึ่งทำให้เกิดลูกไฟ บนพื้นราบ ความแตกต่างระหว่างก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas : NG) และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas : LPG) ก็คือ ก๊าซธรรมชาติ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน (Methane) เป็น ส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ การขนส่งไปยังผู้ใช้จะขนส่งผ่านทางท่อในรูปก๊าซภายใต้ ความดันสูง จึงไม่เหมาะสำหรับการขนส่งไกลๆ หรืออาจบรรจุใส่ถังในรูปก๊าซธรรมชาติอัดโดยใช้ความดันสูง หรือที่เรียกว่า CNG แต่ปัจจุบันมีการส่งก๊าซธรรมชาติในรูปของเหลวโดยทำก๊าซให้เย็นลงถึง -160 องศาเซลเซียส จะได้ของเหลวที่เรียกว่า Liquefied Natural Gas หรือ LNG ซึ่งสามารถขนส่งทางเรือไปที่ไกลๆ ได้ และเมื่อถึงปลายทางก่อนนำมาใช้ก็จะทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลับเป็นก๊าซอย่างเดิม ก๊าซธรรมชาติมีค่า ออกเทนสูงถึง 120 RON จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานยนต์ได้ สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของ

ก๊าซโพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักหนักกว่าอากาศ โดยตัว LPG เองไม่มีสี ไม่มีกลิ่นเช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ แต่เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศจึงมีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้น จึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมีกลิ่น เพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหล LPG ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและกิจการอุตสาหกรรม โดยบรรจุเป็นของเหลวใต้อัตัมที่ทนความดันเพื่อให้ขนถ่ายง่าย นอกจากนี้ ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์ เนื่องจากราคาถูกกว่า และมีค่าออกเทนสูงถึง 105 RON

3.6 ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas ; CNG)

เป็นก๊าซที่แยกออกมาจากก๊าซธรรมชาติแห้งจะมีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีอีเทน, โพรเพน, บิวเทน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ หรืออาจจะมีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ไนโตรเจน (N_2) เจือปนบ้างเล็กน้อยเนื่องจากก๊าซมีเทนมีน้ำหนักเบากว่าอากาศ ดังนั้นจึงต้องเก็บก๊าซธรรมชาติอัดหรือ CNG ไว้ในถังที่ทนแรงดันได้สูงกว่า 2400 lb/in² ถึงแม้ว่าจะมีความดันสูงมาก แต่ก๊าซ CNG ก็ยังคงสภาพความเป็นก๊าซอยู่ได้ ดังนั้นเมื่อนำมาใช้จึงสะดวกและมีสภาพเป็นไอดีกว่าก๊าซหุงต้มหากนำเอาก๊าซ CNG มาใช้กับรถยนต์จะต้องใช้ถังสำหรับเก็บก๊าซ CNG ที่มีความหนาเป็นพิเศษจึงจะทนแรงดันต่อการอัดก๊าซ CNG ลงในถังบรรจุได้ และก็สามารถบรรจุก๊าซได้ในปริมาณที่มาก ในต่างประเทศได้มีการนำเอาก๊าซ CNG มาใช้กับรถยนต์นานแล้วสำหรับประเทศไทยก็ได้มีการทดลองนำเอาก๊าซ CNG มาใช้แล้วก๊าซ CNG เป็นก๊าซที่ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่นดังนั้นจึงเติมสารเมอร์แคปแทนลงไปทำให้มีกลิ่นจนเพื่อจะได้ทราบได้จากกลิ่นเมื่อเกิดการรั่วออกมา ก๊าซ CNG จะแตกต่างจากน้ำมันเบนซินตรงที่เป็นก๊าซไม่ใช่เป็นของเหลว จึงทำให้การเผาไหม้ของก๊าซ CNG ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และสะอาดกว่า มีเขม่าน้อยและไม่มีตะกั่วในไอเสียเนื่องจากก๊าซ CNG มีค่า octane number สูง จึงทำให้ไม่ต้องเติมสารตะกั่วลงไป และก็มีอุณหภูมิจุดติดไฟสูงถึง 704 องศาเซลเซียส ดังนั้นโอกาสที่จะทำให้เกิดการชิงจุดก่อนหรือเกิดการน็อกในเครื่องยนต์เกิดขึ้นได้ยากมาก ในการนำก๊าซ CNG มาใช้กับรถยนต์อาจจะทำให้ประสิทธิภาพและอัตราการเร่งลดลงไปกว่าเดิมเล็กน้อยเนื่องจากค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน เมื่อคิดเทียบจากปริมาตรที่มีสภาพที่เป็นไอที่เท่ากัน ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นก๊าซที่ไม่มีพิษ แต่ถ้าหากอยู่ในส่วนผสมของอากาศมากจะทำให้ภาวะอากาศในขณะนั้นเกิดการขาดออกซิเจนได้

3.7 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติอัด

ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินและ LPG แต่วิธีใช้จะแตกต่างกัน ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท และคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติอัดจะมีดังนี้คือ

1. ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศก๊าซธรรมชาติอัดจะมีสภาพเป็นก๊าซ
2. มีค่า Octane number สูงถึง 120 จึงสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์

ได้เป็นอย่างดี

3. ก๊าซธรรมชาติอัด มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.5-0.8 ซึ่งต่ำกว่าอากาศ จึงทำให้เบากว่าอากาศ เมื่อรั่วออกมาจะกระจายออกไปในบรรยากาศได้อย่างรวดเร็ว
 4. ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสีจึงเติมกลิ่นลงไปเพื่อให้ทราบหากมีการรั่วขึ้นมา
 5. ช่วงของการติดไฟจะอยู่ในช่วง 5-15 % ของปริมาตรในอากาศหากมีน้อยกว่าหรือมากกว่านี้จะไม่ติดไฟ
 6. อุณหภูมิในการติดไฟด้วยตัวเองสูงถึง 1200 องศาฟาเรนไฮต์
- จากคุณสมบัติต่างๆทั้งหลายของแก๊สธรรมชาติอัด ได้นำไปเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงตัวอื่นที่นิยมใช้ในรถยนต์จะมีข้อแตกต่างทางด้านคุณสมบัติของเชื้อเพลิงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่นำไปใช้ในรถยนต์

คุณสมบัติ	Gasoline	Diesel	LPG	CNG
สถานะปกติ	Liquid	Liquid	Gas	Gas
ความถ่วงจำเพาะ	0.73	0.83	0.64	0.14
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	25-100	150-360	-50-0	-161
ค่าความร้อนจำเพาะ (MJ/kg)	43.5	42.5	46.1	47.7
อุณหภูมิที่ระเบิดในอากาศ (องศาเซลเซียส)	220	220	400	540
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

3.8 ข้อดีและข้อเสียในการใช้แก๊สธรรมชาติอัด

เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดสามารถนำไปใช้ได้กับเครื่องยนต์ทั้งเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นควรจะทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการนำก๊าซธรรมชาติอัดไปใช้

3.8.1 ข้อดีในการนำก๊าซธรรมชาติอัดมาใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน

1. ประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จากข้อมูลของประเทศต่างๆพบว่า ราคาของก๊าซ CNG ถูกกว่าน้ำมันเบนซินประมาณ 50 % เมื่อเทียบกับค่าสมมูลทางความร้อนเท่ากันน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลดค่าบำรุงรักษาและเพิ่มอายุเครื่องยนต์ เนื่องจากก๊าซ CNG เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซ จึงเกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าน้ำมัน, ไม่มีเขม่าเกาะที่ลูกสูบและไม่มีเขม่าไปรวมตัวกับน้ำมันเครื่อง พบว่าสามารถยืดอายุของน้ำมันเครื่องได้ 15000 km / ครั้ง และยืดอายุของเครื่องยนต์ได้ถึง 2 เท่า

3. ลดมลภาวะ เนื่องจากก๊าซ CNG สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และไม่มีสารตะกั่วเจือปนอยู่ในเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงช่วยลดมลพิษได้ถึง 90 %

4. เครื่องยนต์เดินได้เรียบและคิดเครื่องเดินได้ง่ายกว่าขณะที่อากาศเย็น เนื่องจากก๊าซ CNG มีสถานะเป็นก๊าซจึงทำให้ติดเครื่องได้ง่าย แม้ขณะที่อากาศเย็นเพราะเครื่องยนต์ไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนในการอุ่นเครื่อง และค่า octane number สูงจึงช่วยป้องกันการน็อกในเครื่องยนต์ได้ดี

5. มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆถูกออกแบบมาให้มีความทนทานต่อความดันสูง และหากก๊าซรั่วมันจะกระจายสู่บรรยากาศได้รวดเร็วไม่สะสมทำให้เกิดการติดไฟและมีอุณหภูมิที่จะติดไฟด้วยตัวเองสูงถึง 1200 องศาฟาเรนไฮต์

3.8.2 ข้อเสียในการนำก๊าซธรรมชาติอัดมาใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน

1. ชีตจำกัดในระยะเวลาการวิ่งน้อย เมื่อเทียบปริมาตรของก๊าซ CNG กับน้ำมันเบนซิน ที่ปริมาตรเดียวกัน น้ำมันเบนซินเมื่อกลายเป็นไอจะมีปริมาตรที่มากกว่าทำให้วิ่งได้ไกลกว่า

2. ข้อจำกัดช่องว่างในการบรรจุทุกและน้ำหนัก เนื่องจากจะต้องติดตั้งถังเพิ่มเข้าไป ทำให้ตัวรถมีน้ำหนักมากขึ้นและเสียพื้นที่ในการบรรจุของ

3. ปัญหาด้านความสะดวกในการหาแหล่งเติม เนื่องจากภายในประเทศยังไม่มีที่อัดก๊าซมากพอ และมีสถานีเติมก๊าซ CNG น้อยจึงเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่ใช้ก๊าซ CNG

4. กำลังเครื่องยนต์ลดลง 10-15 % เพราะค่าความร้อนของก๊าซ CNG เมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน จะต่ำกว่า 10-15 %

5. ค่าติดตั้งและราคาอุปกรณ์สูง เนื่องจากจะต้องใช้วัสดุที่ทนแรงดันสูงและมีมาตรฐานซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ หาได้ยากและราคาแพง

3.9 ข้อควรระวังในการใช้ก๊าซธรรมชาติ

อันตรายเนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัว

1. ความไม่มีพิษ โดยทั่วไปก๊าซธรรมชาติ จะไม่เป็นพิษต่อร่างกาย แต่ในกรณีที่ก๊าซธรรมชาติมีก๊าซไข่เน่า (ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์) เจือปนอยู่มาก อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ได้สัมผัสหรือสูดหายใจเอาก๊าซนั้นได้ เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะทำลายเนื้อเยื่ออ่อน เช่น เยื่อตา เนื้อเยื่อระบบทางเดินหายใจและปอด

2. ไฟไหม้ / ระเบิด (fire / explosion) ก๊าซธรรมชาติเป็นก๊าซติดไฟ กรณีที่มีก๊าซรั่วไหลผสมกับอากาศ อาจจะทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ ถ้าอัตราส่วนผสมของก๊าซและอากาศพอเหมาะจะติดไฟ และมี

แหล่งความร้อนหรือเปลวไฟหรือประกายไฟในบริเวณนั้น นอกจากนี้ อาจก่อให้เกิดการระเบิดได้ ถ้าเกิดการสะสมของก๊าซธรรมชาติในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง โดยเฉพาะที่อับต่างๆ เช่น ภายในอาคารสถานที่ที่ไม่มีการระบายอากาศที่ดีพอ

3.10 แนวโน้มการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในประเทศไทย

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสำคัญในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ของประเทศ โดยมีสาเหตุหลักมาจากไอเสียจากยานยนต์ และโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งขยายจำนวนเพิ่มมากขึ้น ตามการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครนั้น พื้นที่หลายแห่งมีปัญหามลพิษหลัก ได้แก่ ฝุ่นละออง ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งได้รับจากไอเสียของรถยนต์ และที่ผ่านประเทศไทยต้องส่งน้ำมันดิบจากต่างประเทศเข้ามาประมาณ 75 % ของปริมาณทั้งหมดที่ใช้ในประเทศไทย และในภาคการขนส่งเป็นภาคที่มีการใช้น้ำมันมากที่สุด ด้วยสาเหตุดังกล่าวในปัจจุบันประเทศไทยจึงให้ความสนใจในการพัฒนาและเลือกสรรเชื้อเพลิง ที่จะนำมาใช้ในยานยนต์ต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาข้างต้น ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาหาเชื้อเพลิงอื่นๆ มาทดแทนเช่น LPG, alcohol เป็นต้น สำหรับประเทศไทย ก๊าซธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่ามาใช้ในการแก้ปัญหาเหล่านี้ โดย ปตท. เป็นผู้ริเริ่มโครงการในปี พ.ศ. 2527 ก๊าซ CNG เป็นเชื้อเพลิงอีกตัวหนึ่งที่กำลังอยู่ในขั้นศึกษาและทดสอบอยู่และคาดว่าสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ในอนาคต เนื่องจากก๊าซ CNG มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเชื้อเพลิงตัวอื่น และยังเป็นทรัพยากรที่ขุดพบในประเทศไทยด้วย สำหรับทางการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยมีโครงการที่จะทดลองใช้ก๊าซธรรมชาติอัดกับรถยนต์หรือกลุ่มรถยนต์ที่วิ่งใช้งานอยู่ตามแนวท่อก๊าซธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการใช้ก๊าซธรรมชาติเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์นั้นอาจจะมีแนวโน้มเฉพาะบางประการคือ

1. ลักษณะของการใช้ก๊าซ CNG ในรถยนต์มุ่งที่จะพัฒนาหรือใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง
2. แนวทางการใช้ก๊าซ CNG ในรถยนต์นั้น ในขั้นตอนนี้จะเริ่มในเขตกรุงเทพฯ และบริเวณใกล้เคียงก่อนทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการตั้งสถานีบริการก๊าซ CNG อย่างไรก็ตามการที่จะตั้งสถานีบริการนั้นคงต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมและการลงทุนเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะและแนวทางในการใช้ก๊าซ CNG ในรถยนต์
3. การใช้ก๊าซ CNG ในรถยนต์นั้นจะเหมาะสมกับหน่วยงานที่มีรถจำนวนมากๆ ทั้งนี้เพื่อการสะดวกในการเติมก๊าซหลังจากการใช้งานรถยนต์เป็นประจำ
4. ในการคิดแปลงรถยนต์มาใช้ก๊าซ CNG ปัจจุบันอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ตัดแปลงยังต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ จึงทำให้มีราคาแพงถ้าหากต่อไปมีการใช้ก๊าซ CNG แทนน้ำมันเชื้อเพลิงให้แพร่หลายมากขึ้นราคาของอุปกรณ์ก็คงถูกลง
5. ในส่วนของรัฐบาลจะต้องให้การสนับสนุนและส่งเสริม ให้มีการนำเอาก๊าซ CNG มาใช้กันให้มากขึ้น โดยช่วยเหลือเงินลงทุนในการคิดแปลง หรือช่วยเหลือในด้านการลดภาษีให้แก่รถยนต์ที่คิดแปลงมาใช้ก๊าซ CNG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (Natural Gas for Vehicles)

ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ภาษาอังกฤษเรียกว่า Natural Gas Vehicles [11] หรือ เรียกย่อๆ ว่า NGV หมายถึงยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas: CNG) รูปแบบของการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน เมื่อขนส่งก๊าซธรรมชาติมาทางท่อ จะส่งเข้าสถานีบริการ และเครื่องเพิ่มความดันก๊าซ ณ สถานีบริการจะรับก๊าซธรรมชาติที่มีความดันต่ำจากระบบท่อมาอัดเพิ่มความดันประมาณ 3,000-3,600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้น ก็จะสามารถเติมใส่ถังเก็บก๊าซของรถยนต์ต่อไป เป็นเชื้อเพลิง เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 70% เป็นแก๊สที่มีน้ำหนักเบาสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์แทนน้ำมันเบนซินและดีเซล ได้ดีกว่าก๊าซ LPG เพราะเผาไหม้ได้สมบูรณ์และสะอาดหมดจดกว่า มีความปลอดภัยสูง ไม่มีการสะสมบนพื้นราบจนทำให้เกิดการลุกติดไฟได้และมีปริมาณมลพิษออกปนมากับไอเสียเครื่องยนต์น้อยกว่า ยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติได้มีการพัฒนาและนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1860 (พ.ศ. 2403) โดยชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Etienne Lenoir แต่ยังไม่เป็นที่นิยม จนกระทั่งในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 และช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันในปี ค.ศ. 1973 ซึ่งทำให้ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้การใช้ก๊าซธรรมชาติในยานยนต์เริ่มแพร่หลายมากขึ้น สำหรับในต่างประเทศอย่างเช่น ญี่ปุ่น, อิตาลี, แคนาดา, สหรัฐอเมริกา และประเทศอื่นๆ ได้นำแก๊สธรรมชาติ NGV มาใช้กับรถยนต์กันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้ว แต่สำหรับในประเทศไทยการใช้ก๊าซธรรมชาติ NGV ยังอยู่ในขอบเขตที่จำกัด โดยเฉพาะทางการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยได้ริเริ่มทดลองนำแก๊ส NGV มาใช้ในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศของ ขสมก. จำนวน 82 คัน และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งโครงการดังกล่าวได้รับการยอมรับและความไว้วางใจจากผู้ใช้บริการอย่างกว้างขวาง ในอนาคตอันใกล้นี้ ทางปตท. จะขยายการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ต่อไปโดยในขณะนี้ทางปตท. ได้ทำการศึกษาการนำระบบเชื้อเพลิงร่วม (Dual fuel) ซึ่งเป็นระบบการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับน้ำมันดีเซลกับบริษัท Alternative Fuel System ของประเทศแคนาดา โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ Conversion Kit ซึ่งทำให้เครื่องยนต์สามารถใช้ได้ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล ช่วยให้ประหยัดค่าน้ำมันรวมทั้งลดปริมาณมลพิษได้มาก

ในปัจจุบันการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในยานยนต์ เช่น ก๊าซธรรมชาติ กำลังได้รับการสนับสนุนมากขึ้นในหลายๆ ประเทศ อันเนื่องมาจากปัญหาคุณภาพอากาศ และปัญหาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั่วโลก และด้วยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของก๊าซธรรมชาติ ที่ใช้ในยานยนต์พบว่ามีมลพิษ น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบควบคุมมลพิษสำหรับยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ นับว่ายังล่าหลังยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้มีการพัฒนา เทคโนโลยีของเครื่องยนต์ และการปรับปรุงสูตรของน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมานานกว่า แต่ด้วยข้อได้เปรียบทางด้านสภาพแวดล้อม ก๊าซธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกเชื้อเพลิงหนึ่งสำหรับยานยนต์ที่จะมี การใช้แพร่หลายมากขึ้นความนิยมในการใช้ก๊าซ NGV ในต่างประเทศเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันมีรถยนต์ใช้ก๊าซ NGV มากกว่า 1 ล้านคันแล้วทั่วโลก และพบว่ามี

ความปลอดภัยสูง การใช้ก๊าซ NGV ในรถโดยสารประจำทางของ ขสมก. ทั้ง 82 คัน นับเป็นจุดเริ่มต้นในการเปิดศักราชใหม่ไปสู่การใช้ก๊าซธรรมชาติในภาคการขนส่งอื่นๆต่อไปในอนาคตอันใกล้

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบข้อดีระหว่างก๊าซ CNG กับ ก๊าซ LPG

ข้อเปรียบเทียบ	CNG	LPG
1. ความปลอดภัย	เบากว่าอากาศเมื่อรั่วออกมาจะลอยขึ้นสู่บรรยากาศ	ปลอดภัยน้อย เนื่องจากหนักกว่าอากาศเมื่อรั่วจะสะสมอยู่ในระดับพื้นทำให้ติดไฟได้ง่าย
2. ความร้อนในการนำมาใช้	เป็นแก๊สนำไปใช้ได้เลย	เป็นของเหลวต้องทำให้เป็นก๊าซก่อนนำไปใช้
3. ประสิทธิภาพของการเผาไหม้	เผาไหม้ได้สมบูรณ์เนื่องจากมีสถานะเป็นก๊าซจึงสามารถผสมกับอากาศได้ดีกว่า	อากาศได้ดีเผาไหม้ได้สมบูรณ์สามารถผสมกับ
4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเผาไหม้	เผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าสะอาดกว่า , ไม่มีเขม่าและไม่เกิดมลพิษ	เผาไหม้ได้สมบูรณ์ไม่มีเขม่า
5. คุณลักษณะของเชื้อเพลิง	ไม่มีสี , ไม่มีกลิ่น, แต่อาจเติมกลิ่น, ไม่เกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์, ปราศจากเขม่าและกำมะถัน	ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่นแต่โดยทั่วไปจะเติมสารมีกลิ่นเพื่อความปลอดภัย
6. คุณสมบัติทางเคมี	มีกำมะถันน้อยมากและไม่มีวานาเดียมทำให้เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์น้อยกว่า	มีกำมะถันน้อยเกิดการกัดกร่อนน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

ข้อเปรียบเทียบ	ก๊าซ NGV	ก๊าซหุงต้ม	น้ำมันเบนซิน	น้ำมันดีเซล
สถานะ	เป็นก๊าซ	เป็นก๊าซและจะเก็บในรูปของเหลวที่ความดัน 7 บาร์	เป็นของเหลว	เป็นของเหลว
น้ำหนัก	เบากว่าอากาศจึงไม่มีการสะสม เมื่อเกิดการรั่วไหล	หนักกว่าอากาศจึงเกิดการสะสมซึ่งเป็นอันตราย	หนักกว่าอากาศ	หนักกว่าอากาศ
ขีดจำกัดการติดไฟ** (Flammability limit, % โดยปริมาตร)	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

3.12 รูปแบบของเครื่องยนต์ที่ใช้กับ NGV

การนำ NGV มาใช้ทดแทนในรถยนต์ และรถบรรทุกมีอยู่ 3 แบบคือ

3.12.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ NGV เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว (Dedicated NGV Type) เป็นเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาให้ใช้ก๊าซ NGV เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวโดยเฉพาะ โดยมีระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบที่ต้องใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด จะมีถังรถที่ผลิตออกมาจากรองานรถยนต์โดยตรง (OEM) และที่ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ภายหลัง

ตารางที่ 3.4 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้ NGV เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ส่วนใหญ่ออกแบบมาจากโรงงาน มีประสิทธิภาพ/สมรรถนะดี และมีคุณภาพไอเสียดี	1. ราคาสูง
	2. ไม่มีความยืดหยุ่นในการใช้เชื้อเพลิง

3.12.2 เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วม (Diesel Dual Fuel) เป็นเครื่องยนต์ดีเซลที่ติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซฯและถังก๊าซ ซึ่งต้องใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ NGV โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นตัวจุดระเบิดนําร่อง โดยมีการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ร่วมกับอากาศที่จะนำเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยระบบไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ สามารถใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลได้ถึง 75-80% และถ้าก๊าซหมดเครื่องยนต์ยังสามารถทำงานต่อไปได้ด้วยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

3.12.3 เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบเชื้อเพลิงสองระบบ (BI-fuel) เป็นเครื่องยนต์เบนซินที่ติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด ถังก๊าซเพิ่มเติม สามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงได้ทั้ง เบนซิน และ NGV เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้เชื้อเพลิง

ตารางที่ 3.5 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม Diesel Dual Fuel กับ BI-fuel

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีความยืดหยุ่นในการใช้เชื้อเพลิง	1. ไม่สามารถปรับเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับ NGV ได้อย่างสมบูรณ์
2. ราคาติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซ NGV ถูกกว่าการซื้อรถ NGV ใหม่	

3.13 การใช้ก๊าซ NGV ในโลก

ในต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรปและสหรัฐอเมริกามีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงกันมานานนับร้อยปี โดยมีการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติไปตามบ้านเรือนเพื่อใช้ในการทำความร้อนในลักษณะเดียวกันกับการวาง ท่อประปา เนื่องจากเป็นประเทศหนาวและใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นก๊าซหุงต้มในครัวเรือน และการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็น เชื้อเพลิงในรถยนต์มีมากกว่า 80 ปีแล้ว โดยประเทศอิตาลีเป็นประเทศแรก ซึ่งปัจจุบันมีรถยนต์ใช้ก๊าซกว่า 300,000 คัน และต่อมากความนิยมใช้ก๊าซ NGV ก็มีแพร่หลายมากขึ้นทั้งในทวีปอเมริกาเหนือ (สหรัฐอเมริกากว่าแสนคัน, แคนาดา 20,000 คัน) ในทวีปอเมริกาใต้ (เช่นประเทศอาร์เจนตินามีประมาณ 600,000 คัน) ในทวีปออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (ประมาณ 12,000 คัน) และในทวีปเอเชีย (มีในประเทศจีน, ญี่ปุ่น, เกาหลี, ใต้หวัน, มาเลเซีย, อินโดนีเซีย, อินเดีย และ ปากีสถาน) รวมถึงทวีปแอฟริกา เช่น อียิปต์ ซึ่งในปัจจุบันทั่วโลกมีรถยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติมากกว่า 1,000,000 คัน)

3.14 ยานยนต์ก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีการนำก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) มาใช้ในยานยนต์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 และเป็นที่แพร่หลายมากขึ้นในปี พ.ศ. 2523 เนื่องจากราคา LPG มีราคาถูกกว่าน้ำมัน ส่วนใหญ่จะใช้ในรถแท็กซี่และ รถสามล้อเครื่อง โดยมีการตัดแปลงเครื่องยนต์ที่นำเข้ามาจากญี่ปุ่น อย่างไรก็ตาม วิธีการตัดแปลงยังอยู่ในขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานทางด้านความปลอดภัยยังไม่ดีพอ รวมทั้ง กฎระเบียบในด้านความปลอดภัยยังไม่รัดกุม จึงมักก่อให้เกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้หรือเกิดระเบิดได้ นอกจากนี้ สถานีเติม LPG ก่อนข้างขาดแคลน เนื่องจาก ต้นทุนในการก่อสร้างและราคาที่ดินในกรุงเทพฯ จึงส่งผลให้ตลาดรถยนต์ที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง ไม่ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาเท่าที่ควร แต่ในปัจจุบันเนื่องจากราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น จึงมีรถแท็กซี่เปลี่ยนไปใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงมากขึ้นถึงร้อยละ 70 - 80 ของจำนวนแท็กซี่ที่มีอยู่ขณะนี้ประมาณ 58,000 คัน

ต่อมาองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ได้นำรถโดยสารปรับอากาศที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas : CNG) ยี่ห้อ BENZ และ MAN จากเยอรมัน จำนวน 82 คัน มาให้บริการแก่ประชาชนตั้งแต่เดือนตุลาคม 2536 โดยถือเป็นโครงการทดลองการใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดและสามารถผลิตเองได้ ภายในประเทศ และหลังจากได้ดำเนินการมาระยะหนึ่งแล้ว ได้มีการประเมินผลของการใช้รถดังกล่าว โดยการ เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ระดับความดังของเสียงภายในห้องโดยสาร และปริมาณสารพิษ ผลการทดสอบพอจะสรุปได้ว่า รถโดยสาร CNG มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่ารถโดยสารที่ใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย ในด้านความดังของเสียงปรากฏว่า เมื่อเทียบกันระหว่างตำแหน่งที่มีความดังของเสียงสูงสุด รถโดยสารที่ใช้น้ำมันดีเซลมีระดับความดังของเสียงสูงกว่ารถโดยสาร CNG (ระดับความดัง 86.4 เดซิเบล และ 80.9 เดซิเบล ตามลำดับ) ปริมาณสารมลพิษจากรถโดยสาร CNG และดีเซลในทุกความเร็วของการทดสอบ ระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถ CNG – BENZ และรถ Diesel – BENZ มีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนรถ CNG – MAN มีระดับคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่ารถ CNG – BENZ ในช่วงความเร็ว 10 – 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่ารถ CNG ทั้งสองยี่ห้อ มีระดับควันดำต่ำกว่ารถโดยสาร ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง อย่างเห็นได้ชัด

ปัญหาและอุปสรรคของโครงการนี้ก็คือ การขาดทุนอันเนื่องมาจากต้นทุนของรถสูงมากเมื่อเทียบกับรถดีเซล และสถานีเติมก๊าซที่สร้างขึ้นมีขนาดใหญ่เกินจำนวนรถที่มารับบริการ ทำให้มีต้นทุนสูง นอกจากนี้ยังมี ปัญหาในการเติมก๊าซของรถ ขสมก. เนื่องจากมีสถานีเติมก๊าซเพียงแห่งเดียวที่รังสิต ทำให้รถโดยสารต้องเสียเวลา เดินทางไปเติมก๊าซที่สถานีรังสิต

ในปี พ.ศ. 2537 ธนาคารโลกได้ให้ความช่วยเหลือทางวิชาการแก่กระทรวงคมนาคม และสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) ในการว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาศึกษา การใช้ก๊าซธรรมชาติในยานยนต์ในเชิงพาณิชย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองควันดำ (Particulate Matter : PM) ที่ออกมาจากไอเสียของยานยนต์ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน โดยจะต้องลดลงร้อยละ 85 ของจำนวนฝุ่นละอองที่ออกมาในปี พ.ศ. 2536 และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุน ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของรถยนต์ที่ใช้ก๊าซกับรถยนต์ดีเซล ใน

ระดับการปล่อยมลพิษที่ใกล้เคียงกัน การศึกษานี้ได้ใช้มาตรฐานรถยนต์เครื่องดีเซลของรถโดยสาร/รถบรรทุกในระดับ 3 (Euro III) ซึ่งคาดว่าจะมีการบังคับใช้ในปี 2543 มาเปรียบเทียบกับรถที่จะใช้ก๊าซธรรมชาติ และผลการศึกษาได้แล้วเสร็จเมื่อกลางปี 2539

ผลการศึกษาดังกล่าวได้แนะนำว่าตลาดเป้าหมายหลักที่จะนำก๊าซธรรมชาติมาใช้ได้คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ รถโดยสารและรถบรรทุกหนัก ซึ่งประกอบกิจการเดินรถภายในและรอบๆ จุดศูนย์กลางกรุงเทพมหานคร เท่านั้น ทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัดในด้านท่อก๊าซธรรมชาติ และเป็นแหล่งกำเนิดไอเสียที่มีปัญหาว่าพื้นที่อื่นๆ กลุ่มเป้าหมายรองลงมา ได้แก่ รถบรรทุกของ รถแท็กซี่ และรถสี่ล้อ ส่วนรถปิคอัพที่ใช้เครื่องดีเซลนั้น การศึกษานี้ แนะนำว่าการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซจะไม่คุ้มค่าแต่ให้เปลี่ยนมาใช้เครื่องเบนซินหรือใช้ LPG จะเหมาะสมกว่า นอกจากนี้ บริษัทที่ปรึกษาได้เสนอแนวทางในการพัฒนาเพื่อให้สามารถดำเนินการด้านธุรกิจก๊าซธรรมชาติ ในยานยนต์ได้ โดยเสนอให้มีการจัดตั้งองค์กรที่สนับสนุนให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี และการวิเคราะห์ตลาดก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งควรมีการพัฒนาข้อบังคับและปรับปรุงกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ในการใช้ก๊าซธรรมชาติ ทั้งในสถานบริการ และในรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิง โดยโครงสร้างองค์กร ควรเป็นรูปแบบบริษัท ซึ่งการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) จะเป็นบริษัทแม่ที่เหมาะสมที่สุด และควรให้การสนับสนุนทางการเงิน จนกว่าธุรกิจจะมีรายได้โดยไม่ต้องรับความช่วยเหลือจากรัฐอีกต่อไป ในขณะนี้ ปตท. ได้มีการจัดทำแผนการขยายการใช้ก๊าซธรรมชาติในยานยนต์ต่างๆ โดยในระยะแรก เป็นการดำเนินการดัดแปลงรถยนต์ดีเซลเป็นระบบเชื้อเพลิงร่วม (Dual-fuel System) ซึ่งใช้ได้ทั้งน้ำมันดีเซล และก๊าซธรรมชาติ รวม 16 คัน และดัดแปลงรถยนต์เบนซินเป็นระบบเชื้อเพลิงสองชนิด (Bi-fuel System) ซึ่งใช้ได้ทั้งน้ำมันเบนซินและก๊าซธรรมชาติ รวม 12 คัน ซึ่งการดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์ได้แล้วเสร็จเมื่อเดือนมีนาคม 2543 และได้มีการทดสอบรถยนต์บนถนนแล้ว คาดว่าจะประเมินผลการทดสอบแล้วเสร็จในเดือนสิงหาคม 2543 นอกจากนี้ ได้มีการประสานงานกับ ขสมก. และ กทม. ในการจัดทำข้อเสนอแผนงานโครงการ เพื่อรับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยจะนำผลการทดสอบโครงการดังกล่าว ยืนยันประโยชน์ของการใช้ก๊าซธรรมชาติ ในการลดปัญหาหมอกพิษทางอากาศ

ในส่วนของโครงสร้างบริการพื้นฐาน ปตท. จะพิจารณาสร้างสถานบริการก๊าซธรรมชาติ 6 สถานีแรก ในปี 2543 โดย 3 สถานีจะสร้างเพื่อรองรับรถโดยสารของ ขสมก. และรถเก็บขยะของกรุงเทพมหานคร ขณะนี้อยู่ระหว่างการหาสถานที่ตั้ง และอีก 3 สถานีจะสร้างที่ ปตท. สำนักงานใหญ่ ศูนย์ปฏิบัติการชลบุรี และ โรงแยกก๊าซฯ จังหวัดระยอง พร้อมกันนี้ ปตท. ได้จัดทำแผนงานเบื้องต้นในการก่อสร้างสถานบริการก๊าซธรรมชาติ จำนวน 30 สถานี (รวม 6 สถานีแรก) ภายในปี 2543 - 2547 เพื่อให้บริการรถโดยสาร ขสมก. รถเก็บขยะของกรุงเทพมหานคร และรถเอกชนที่จะดัดแปลงเพิ่มในอนาคต นอกจากนี้ ปตท. กำลังดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ โครงการระบบท่อจำหน่ายก๊าซธรรมชาติ รอบกรุงเทพฯ และปริมณฑล (Bangkok Ring Gas Pipeline Project) เพื่อพัฒนาโครงสร้างการบริการพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสนับสนุนการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง รวมไปถึงภาคอุตสาหกรรม และภาคการผลิตไฟฟ้าในภาคอื่นด้วย

3.15 เครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากสถานะที่อุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น และประเทศต่างๆ ก็มุ่งไปสู่การลดปัญหาแก๊สเรือนกระจก และก็ให้ความสนใจเกี่ยวกับคุณภาพของอากาศในประเทศ จึงทำให้มีมาตรฐานในการกำหนดมลพิษที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์อย่างเข้มงวดมากขึ้นแต่ก็ยังไม่ดีพอ จนกว่าจะมีการนำเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาใช้ ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงตัวหนึ่งที่เผาไหม้สะอาดกว่าเชื้อเพลิงตัวอื่น หลายประเทศได้ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้ยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในประเทศที่มีใช้ก๊าซธรรมชาติอยู่แล้วก็มีแนวโน้มที่จะขยายให้มีการใช้ให้มากขึ้นอันได้แก่ ออสเตรเลีย, ญี่ปุ่น, อินโดนีเซีย, เป็นต้น ส่วนประเทศที่ยังไม่ได้เริ่มใช้รัฐบาลก็กำลังส่งเสริมให้มีการใช้ในภาคเช่น ไทย, ฮังการีและสิงคโปร์ รัฐบาลในหลายประเทศก็ได้สนับสนุนให้ใช้ยานยนต์แก๊สธรรมชาติ ได้มีนโยบายในการลดภาษีนำเข้าของอุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์ ตลอดจนยกเว้นภาษีการค้าให้กับอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ ปัจจุบันทั่วโลกมีการใช้เครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติประมาณ 1,250,886 คัน[12] ประเทศที่มีใช้รถยนต์ NGV มากที่สุดคือ อาร์เจนตินา, อิตาลี, รัสเซีย, สหรัฐอเมริกา, และบราซิล

จากการทดสอบปริมาณการปล่อยมลสารจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงอื่นเปรียบเทียบกับ ก๊าซธรรมชาติของ Research and Development Institute Saibu Gas Co., Ltd. พบว่ารถยนต์ NGV ปล่อย CO, HC, NO_x และ CO₂ น้อยกว่ารถที่ใช้น้ำมันเบนซิน โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เพียง 300 ppm [13] ในขณะที่รถเบนซินมีการปล่อยสูงถึง 1,400 ppm

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที

ชนิดมลพิษ	ก๊าซธรรมชาติ (NG)	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	เบนซิน (Gasoline)
คาร์บอนมอนอกไซด์ (% Vol)	0.04	0.04	0.08
ไฮโดรคาร์บอน (ppm)	1,700	1,600	2,200
ไนโตรเจนออกไซด์ (ppm)	300	900	1,400
คาร์บอนไดออกไซด์ (% Vol)	8.5	11.7	14.5

นอกจากนี้มหาวิทยาลัย West Virginia ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณมลสารจากเครื่องยนต์ CUMMINS LTA – 10 ในรถโดยสารที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดีเซล พบว่า รถโดยสารที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และฝุ่นละออง น้อยกว่ารถที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยเฉพาะฝุ่นละอองมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.027 g/km ในขณะที่รถดีเซล

มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 0.965 g/km อย่างไรก็ตามรถ NGV มีการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอนสูงกว่ารถดีเซล โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.52 g/km ในขณะที่รถดีเซลมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.51 g/km

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ จะมีระดับการปล่อยสารพิษที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เบนซินและดีเซล โดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ นอกจากนี้ ยังมี ข้อมูลสนับสนุนจาก The Australian Greenhouse Office ซึ่งเปรียบเทียบรถ NGV กับรถที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง พบว่ารถ NGV สามารถลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ 50–80% ลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ได้ 60-90% ลดก๊าซไฮโดรคาร์บอนได้ 60–80% ส่วนฝุ่นละอองนั้นจะไม่ค่อยมีเลย ดังนั้น รถ NGV จึงได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะข้อได้เปรียบทางด้านที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3.16 สถานีเติมก๊าซ NGV

มี 3 รูปแบบ ดังนี้

1. สถานีแบบที่มีท่อก๊าซ (Conventional Station) ตั้งอยู่บริเวณแนวท่อส่งก๊าซฯ สามารถจ่ายก๊าซ NGV ให้กับรถยนต์เท่านั้น
2. สถานีแบบแม่ (Mother Station) ตั้งอยู่บริเวณแนวท่อส่งก๊าซฯ สามารถจ่ายก๊าซ NGV ให้กับรถขนส่งก๊าซฯ และรถยนต์
3. สถานีแบบลูก (Daughter Station) รับก๊าซฯจากรถขนส่งก๊าซฯที่มาจากสถานีแม่ จ่ายก๊าซ NGV ให้กับรถยนต์

ปัจจุบัน ปตท.มีสถานีเติมก๊าซ NGV รวม 21 สถานี และจะเพิ่มจำนวนสถานีเป็น 30 สถานีภายในปี 2549 เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์ใช้ก๊าซ NGV ในอนาคต ส่วนการขยายจำนวนรถยนต์ใช้ก๊าซ NGV ปตท.มีโครงการนำร่องรถแท็กซี่ใช้ก๊าซ NGV และการดัดแปลงรถยนต์ของหน่วยงานราชการ โดยจะเริ่มจากรถโดยสาร ขสมก. และรถเก็บขยะของ กทม.ก่อนจากนั้นจึงขยายจำนวนไปยังรถกลุ่มอื่นต่อไป

สถานีเติมก๊าซที่ให้บริการในปัจจุบัน ได้แก่

1. สถานี NGV รังสิต อู่รถเมล์ ขสมก.
2. สถานี NGV ถนนปู่เจ้าสมิงพราย จังหวัดสมุทรปราการ
3. สถานี NGV ศรีเจริญกัมภ์ ถนนวิภาวดีรังสิต
4. สถานี NGV กิมจิ้น ถนนพหลโยธิน
5. สถานี NGV สวัสดิการรถไฟ ถนนกำแพงเพชร 2
6. สถานี NGV ถนนกรุงเทพฯ-นนทบุรี
7. สถานี NGV ถนนพัฒนาการ
8. สถานี NGV ถนนพระราม 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สถานี NGV ถนนประชาราษฎร์
10. สถานี NGV เพชรดีออยล์ ถนนจรดวิถีถ่อง
11. สถานี NGV อินเตอร์ปีโตรเลียม ถนนกาญจนาภิเษก
12. สถานี NGV กัลยาปีโตรเลียม ถนนบางนา-ตราด กม.55
13. สถานี NGV หน้าโรงแยกก๊าซธรรมชาติปตท. ถนนสุขุมวิท จังหวัดระยอง
14. สถานี NGV เอกชัยเพิ่มทรัพย์ ถนนเอกชัย
15. สถานี NGV ถนนพหลโยธิน ขาเข้าคลองหลวง
16. สถานี NGV บางใหญ่ปีโตรเลียม
17. สถานี NGV แสงเจริญปีโตรเลียม
18. สถานี NGV ไพบูลย์ปีโตรเลียม ถนนศรีนครินทร์
19. สถานี NGV โปร73 ซอยมัยลาภ
20. สถานี NGV หล็ก ถนนนิมิตรใหม่
21. สถานี NGV สักดิ์ชัยเซอร์วิสเซออยล์ ถนนเสรีไทย

3.17 ระบบโครงสร้างพื้นฐานของยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ

ปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการใช้รถ NGV ก็คือ การมีระบบท่อส่งก๊าซและสถานีเติมก๊าซ โดยเฉพาะโครงสร้างพื้นฐานในการจัดตั้งสถานีเติมก๊าซซึ่งมีค่าลงทุนสูง ดังนั้น ในการจัดตั้งสถานีเติมก๊าซจึงมักคำนึงถึงการ อยู่ใกล้แหล่งที่จัดหาก๊าซธรรมชาติ หรือมีเครือข่ายระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติอยู่แล้ว ต้นทุนในการสร้างสถานีเติมก๊าซ สำหรับเติมรถจำนวนมากๆ จะมีค่าใช้จ่ายตั้งแต่ 250,000 – 3,000,000 เหรียญสหรัฐฯ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับทำเลที่ตั้ง ราคาที่ดิน และปัจจัยอื่นๆ ประกอบกันระบบสถานีเติมเชื้อเพลิงยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติในรูปของก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas : CNG) มีอยู่ 2 ระบบด้วยกัน คือ

3.17.1 Fast-fill CNG System เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อให้สามารถเติมก๊าซให้กับรถได้พร้อมกันถึง 2 คัน โดยใช้เวลาเพียง 3-5 นาที ระบบนี้จะใช้คอมเพรสเซอร์ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง คือ 25 – 100 ลูกบาศก์ฟุต/นาที และใช้แรงดันก๊าซสูงถึง 5,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยมีขนาดถังบรรจุก๊าซประมาณ 20,000 - 60,000 ลูกบาศก์ฟุต

3.17.2 Slow-fill CNG System เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อเป็นศูนย์กลางในการเติมก๊าซให้กับรถจำนวนมากๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเติมประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับปริมาณรถที่เข้ามาเติมด้วย) ระบบนี้ ใช้คอมเพรสเซอร์แรงดันปกติทั่วไปประมาณ 3,000 – 3,600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีขนาดคอมเพรสเซอร์ ใหญ่่มากประมาณ 100 – 300 ลูกบาศก์ฟุต/นาที เพื่ออัดก๊าซขึ้นสู่ถังบรรจุของรถโดยตรง

โดยทั่วไป ระบบของสถานีเติมก๊าซ จะประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์ ระบบควบคุม และระบบช่วยอื่นๆ ปัจจุบันมีการพัฒนานำระบบไมโครคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการควบคุมคอมเพรสเซอร์เพื่อ

ตั้งโปรแกรมการทำงานตามที่ต้องการ และเพื่อให้คอมเพรสเซอร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรออกแบบสถานีเติมก๊าซเป็น ระบบผสมระหว่าง Fast - fill System และ Slow-fill System โดยใช้ระบบเติมเร็วในช่วงกลางวัน และใช้ระบบ เติมช้าในช่วงกลางคืนซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าต่ำจะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการดำเนินงานลง จากข้อมูลของ The International Association for Natural Gas Vehicles (IANGV) เมื่อเดือน ธันวาคม 2542 แสดงสถิติข้อมูลจำนวนสถานีเติมก๊าซทั่วโลกมีประมาณ 3,535 สถานี โดยสหรัฐอเมริกามีสถานี เติมก๊าซมากที่สุด จำนวน 1,287 สถานี รองลงมาคือ อาร์เจนตินา 744 สถานี อิตาลี 308 สถานี แคนาดา 222 สถานี และสหภาพโซเวียตเดิม 187 สถานี สำหรับประเทศไทยในขณะนี้ มีเพียงสถานีเดียวอยู่ที่รังสิต

3.18 ราคาก๊าซ NGV

โดยทั่วไปก๊าซ NGV จะมีราคาต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน สำหรับประเทศไทยราคาก๊าซ NGV ได้ถูกกำหนดโดย ปตท. โดยอิงกับราคาขายปลีกน้ำมันดีเซล ซึ่งปัจจุบันจะจำหน่ายที่ระดับราคา 50% ของน้ำมันดีเซล และหากเทียบเท่ากับราคาน้ำมัน เบนซินแล้ว จะอยู่ในระดับประมาณ 40% ของราคาน้ำมันเบนซิน ถูกกว่าราคาแก๊สหุงต้ม (LPG) ที่มีการชดเชยจากรัฐบาลเต็มที่ประมาณ 20% อย่างไรก็ตามเป็นที่แน่ชัดแล้วว่ารัฐบาลคงจะต้องลดการอุดหนุนการ ชดเชยราคาขายก๊าซหุงต้ม ซึ่งจะมีผลให้ ราคา NGV จะต่ำกว่าราคาแก๊สหุงต้ม ประมาณ 50% ถ้าหากรัฐบาลยกเลิกการชดเชยในอนาคต

ตารางที่ 3.7 อัตราการสิ้นเปลืองและค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

เชื้อเพลิง	ปริมาณ	ผลการทดสอบไป ได้ระยะทาง	ราคา (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร (บาท)
เบนซิน 91	1 ลิตร	11 ก.ม.	16.59	1.40
เบนซิน 95	1 ลิตร	11 ก.ม.	16.99	1.49
LPG	1 ลิตร	7.5 ก.ม.	7.67	1.02
NGV	1 กิโลกรัม	10 ก.ม.	7.65	0.76

หมายเหตุ: ราคาขายปลีก ณ 11 ตุลาคม 2545

3.19 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซธรรมชาติ

ปัจจุบันอุปกรณ์ใช้ก๊าซธรรมชาติต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะยังไม่มีผู้ผลิตในประเทศ จึงมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งอุปกรณ์ใช้ก๊าซฯ ระบบ Diesel Dual Fuel มีราคาประมาณ 350,000 บาท และอุปกรณ์ใช้ก๊าซฯ ระบบ Bi-Fuel มีราคาประมาณ 30,000 บาท อย่างไรก็ตาม ปตท. ได้ประสานงานกระทรวงการคลัง ในการขอยกเว้น / ลดหย่อนอากรนำเข้าอุปกรณ์ดังกล่าว และประสานงานกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ให้การสนับสนุนโดยให้สิทธิประโยชน์แก่ผู้ลงทุน / ประกอบการในธุรกิจที่

เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งในรถยนต์ใช้ก๊าซฯ และสถานีบริการก๊าซฯ ซึ่งจะทำให้ราคาอุปกรณ์ดังกล่าวต่ำลงในอนาคต นอกจากนี้เนื่องจากราคาก๊าซ NGV ซึ่งมีราคาถูกกว่าเชื้อเพลิงอื่น ๆ มากจึงทำให้รถที่มีการวิ่งใช้งาน มาก ๆ เช่น รถแท็กซี่ รถโดยสาร ขสมก. มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนคิดแปลง

3.20 การพัฒนายานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติในช่วงที่ผ่านมา จึงมีการดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติโดยเฉพาะ และอุตสาหกรรมการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ เบนซินหรือดีเซลมาเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการดัดแปลงเครื่องยนต์มากกว่าผลิต ขึ้นใหม่ แต่ในปัจจุบันมีการผลิตเครื่องยนต์และโครงรถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะมากขึ้น ซึ่งมีตั้งแต่รถบรรทุก ขนาดเล็ก รถโดยสาร ไปจนถึงรถบรรทุกขนาดใหญ่ ในปัจจุบันมีผู้ผลิตอุปกรณ์ดัดแปลงและเครื่องยนต์ที่ใช้ ก๊าซธรรมชาติไม่มากนัก ได้แก่ Volvo, Caterpillar, Cummins, MAN, Daimler – Chrysler (Mercedes Benz), Scania และ Renault เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมีระบบการควบคุมเชื้อเพลิงโดยอาศัยหลักการเดียวกับระบบของ เครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งมีการพัฒนามาตั้งแต่ระบบที่ใช้คาบูเรเตอร์ จนถึงระบบหัวฉีดซึ่งควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบควบคุมเชื้อเพลิงที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นระบบหัวฉีดยังล่าหลังเครื่องยนต์ เบนซิน โดยเพิ่งจะมีผู้ผลิตเพียง 2-3 ราย ที่เริ่มดัดแปลงมาใช้ระบบหัวฉีด และเนื่องจากก๊าซธรรมชาติ มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้น จึงยังต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของกำลังเครื่องยนต์ที่ลดลง

ในด้านต้นทุนการผลิตรถ NGV จะสูงกว่าต้นทุนการผลิตรถที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง จึงทำให้ตลาดรถ NGV ถูกจำกัด ต้นทุนในการดัดแปลงรถ จะขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ ขนาดของรถและถังบรรจุก๊าซ โดยรถยนต์ ขนาดเล็กจะมีต้นทุนในการดัดแปลงตั้งแต่ 900 – 3,500 เหรียญสหรัฐฯ ส่วนรถโดยสารจะมีต้นทุนตั้งแต่ 14,000 – 40,000 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับต้นทุนในการผลิตรถใหม่ จะมีปัญหาเรื่องราคาวัตถุดิบและปริมาณการผลิตที่มี จำนวนน้อย การลดต้นทุนการผลิตโดยการเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้น จะทำได้ต่อเมื่อสามารถขยายตลาด NGV ได้มากขึ้น โดยรัฐบาลในแต่ละประเทศที่ส่งเสริมให้มีการใช้รถ NGV เพื่อลดปัญหามลพิษทางอากาศจะ ต้องให้การสนับสนุนในรูปของเงินอุดหนุน หรือในรูปของภาษี หรือส่วนลดในการซื้ออุปกรณ์การผลิต หรือ อุปกรณ์ดัดแปลงต่างๆ เพื่อช่วยลดต้นทุนในการดำเนินงานลง ซึ่ง จะส่งผลให้มีการลงทุนในอุตสาหกรรมรถ NGV เพิ่มขึ้น

บทที่ 4

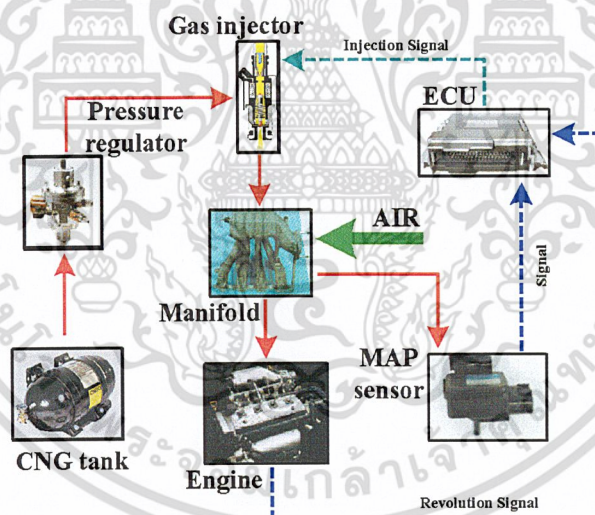
เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติระบบหัวฉีดประจำสูบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง [14] แบบนี้โดยทั่วไปจะมีหัวฉีดกระบอกสูบละ 1 ตัว เชื้อเพลิงที่ฉีดออกจากหัวฉีดแต่ละตัวจะมีปริมาณเท่ากันและมีความเหมาะสมกับปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะนั้น โดยหัวฉีดจะถูกควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ในส่วนของงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องยนต์ที่มีระบบการฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic มาดัดแปลงให้เป็นเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

4.1 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic ในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติเครื่องนี้ถูกดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



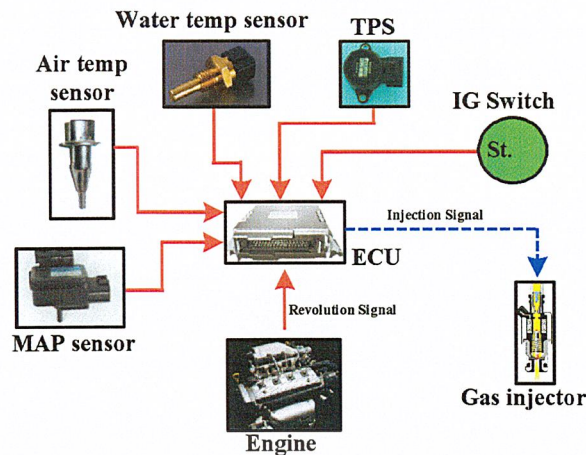
รูปที่ 4.1 หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic ภายในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ

เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่มีความดันภายในถังสูงประมาณ 200 bar ถูกส่งไปยังหัวฉีดแก๊สธรรมชาติ (Gas Injectors) ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ในบริเวณท่อไอดี (Intake port) ของแต่ละสูบ โดยใช้อุปกรณ์ลดแรงดันของแก๊ส (Pressure regulator) เป็นตัวลดแรงดันของแก๊สธรรมชาติลงจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

200 bar ไปเป็น 2.5 bar เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ป้อนเข้าสู่หัวฉีดเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติที่มีแรงดัน 2.5 bar เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศภายในท่อไอดีของแต่ละสูบเพื่อ บรรจุส่วนผสมเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ถูกฉีดออกมานี้จะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าหัวฉีดแก๊ส คือถ้ามีสัญญาณไฟฟ้าจากกล่อง ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์สั่งให้หัวฉีด ฉีดนานขึ้นปริมาณเชื้อเพลิงจะถูกฉีดออกมามากด้วย โดยที่ระบบฉีด เชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic เป็นระบบการฉีดที่มีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงด้วย วิธีการวัดความดันของอากาศภายในท่อร่วม ไอดีแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าสู่กล่องควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพื่อกำหนดระยะเวลาการฉีดที่เหมาะสมกับ ปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบคือ เมื่ออากาศไหลเข้าสู่กระบอกสูบมาที่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดแก๊สธรรมชาติมากขึ้น ซึ่งขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็ว รอบต่ำ ลิ้นเร่ง (Throttle valve) จะเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อยลง ความดันของอากาศภายในท่อ ร่วมไอดีจะต่ำ คือเป็นสัญญาณอากาศมากขึ้น ตัวตรวจจับสัญญาณ (Manifold Air Pressure Sensor) จะส่ง สัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดีในขณะนั้นแล้วป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่ กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติให้น้อยลงและถ้าหาก ลิ้นเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาก (ขณะเร่งเครื่องยนต์) ความดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดี จะสูงขึ้น คือเป็นสัญญาณอากาศน้อยลง ตัวตรวจจับสัญญาณจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปป้อนให้กับกล่อง ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงมาก จากการควบคุมระยะเวลาเช่นนี้ สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะเป็นตัวป้อนข้อมูลในการคำนวณปริมาณอากาศต่อรอบการทำงาน ของเครื่องยนต์ พร้อมทั้งยังเป็นตัวกำหนดจังหวะ และการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงโดยสัญญาณความเร็วรอบของ เครื่องยนต์นี้จะถูกต่อมาจากตัวตรวจจับความเร็วรอบที่ได้ติดตั้งเอาไว้ที่เพลาค้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานอยู่ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้อัตรา ส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะการ ทำงานเหล่านั้นด้วย จึงทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศตามทฤษฎีที่ได้จากการกำหนด ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานในช่วงแรกไม่สามารถตอบสนองการทำงานของเครื่องยนต์ในทุกสภาวะได้ ดังนั้นจึงมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้มากขึ้นเพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและ เชื้อเพลิงที่เพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์และด้วยเหตุนี้ในระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ของ เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาตินี้ จึงจำเป็นที่จะต้องต่อตัวจับสัญญาณสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์เข้าไปที่ ตัวกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ตัวจับสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ก็คือ เซ็นเซอร์ โดยตัวเซ็นเซอร์จะเป็นตัวที่ คอยส่งข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์ในลักษณะของรูปสัญญาณไฟฟ้าไปยังกล่องควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

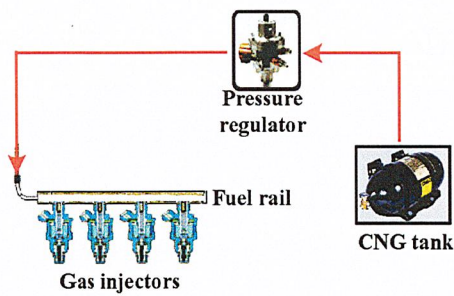


รูปที่ 4.2 การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติแบบ D-Jetronic

สัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์จากขั้ว St. ของสวิตช์สตาร์ทเครื่องยนต์, ตัวตรวจจับความเร็วรอบของเครื่องยนต์, ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น, ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ, ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศและตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะเป็นตัวส่งข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าไปป้อนให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ไปประมวลผลในการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ โดยที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะส่งข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้าให้แก่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้ฉีดเชื้อเพลิงตามความเหมาะสมกับสภาพอุณหภูมิของเครื่องยนต์ คือ เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำจะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดให้นานขึ้น ส่วนสัญญาณการสตาร์ท จะเป็นสัญญาณที่ส่งข้อมูลให้แก่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงในขณะที่สตาร์ทเครื่องยนต์และตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งจะส่งข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าไปยังกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ ส่วนตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะเป็นตัวที่ส่งข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าให้แก่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการปรับระยะเวลาในการฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของอากาศในขณะนั้น คือจะฉีดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ต่ำกว่าค่าที่กำหนด แต่ถ้าหากอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะทำการลดระยะเวลาในการฉีดลง

ในระบบการฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic ที่ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาตินี้ จะประกอบไปด้วยระบบย่อย ๆ อีก 4 ระบบ คือ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ, ระบบประจุอากาศ, ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ และระบบจุดระเบิด

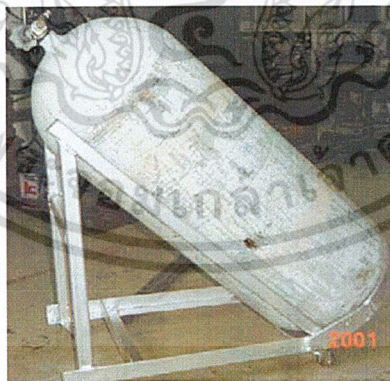
4.2 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ



รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

ในระบบจ่ายเชื้อเพลิงประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้ คือ ถังบรรจุเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ , อุปกรณ์ลดแรงดัน , ท่อจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ และหัวฉีดแก๊สธรรมชาติ

4.2.1 ถังบรรจุเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ ถังที่ใช้บรรจุเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัด ที่ใช้สำหรับยานยนต์โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือถังบรรจุที่ทำมาจากวัสดุเหล็กหรืออลูมิเนียมและอีกประเภทหนึ่งทำมาจากวัสดุจำพวกพลาสติกและมีการเสริมวัสดุใยแก้วด้วยเพื่อเพิ่มความทนทานของถังบรรจุเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติทุกใบได้ผ่านกระบวนการทดสอบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยมาแล้วก่อนที่จะนำมาใช้งานจริงทำให้มีความปลอดภัยสูงสุดในการนำมาใช้งานและถังที่นำมาใช้นี้เป็นถังบรรจุที่ทำมาจากเหล็กขนาด 75 ลิตร สามารถบรรจุแก๊สธรรมชาติอัดได้ 20 ลิตรน้ำ และยังอาจทนแรงดันในการอัดแก๊สธรรมชาติได้ถึง 6000 PSI และถังนี้มีแรงดันภายใน ประมาณ 200 bar

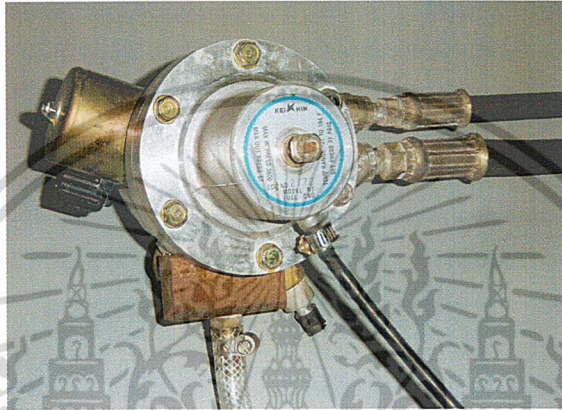


รูปที่ 4.4 ถังบรรจุเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัด

4.2.2 อุปกรณ์ลดแรงดัน (Pressure regulator) อุปกรณ์ลดแรงดันตัวนี้ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “หม้อต้ม” มีหน้าที่ในการลดแรงดันของแก๊สธรรมชาติจาก 200 bar ให้เหลือแรงดันเท่ากับแรงดันที่หัวฉีดสามารถทำงานได้โดยปกติจะอยู่ที่ 2.5 – 2.6 bar ซึ่งในการลดจะลดภายใน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก

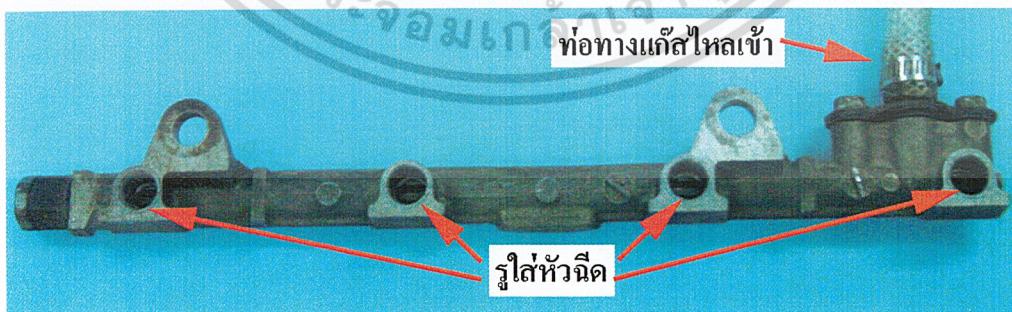
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะลดความดันจากถึงประมาณ 200 bar ให้เหลือประมาณ 10 bar และในขั้นตอนการลดที่สอง จะลดความดันที่ประมาณ 10 bar ลงเหลือ 2.5 – 2.6 bar และในการเปิดให้แก๊สไหลจากถังเข้าสู่อุปกรณ์ลดแรงดันจะมีตัวโซลินอยด์วาล์วคอยควบคุม โดยต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ซึ่งการลดความดันที่มีค่าสูง ๆ ให้เหลือค่าความดันต่ำ ๆ จะทำให้เชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติมีอุณหภูมิเย็นจัดซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ได้ดังนั้นจึงมีการออกแบบให้มีน้ำหล่อเย็นจากเครื่องยนต์ไหลเข้ามาภายในหม้อต้มเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกันระหว่างเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติกับน้ำหล่อเย็นซึ่งทำให้เชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติมีอุณหภูมิเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน



รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ลดความดันของเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติอัด

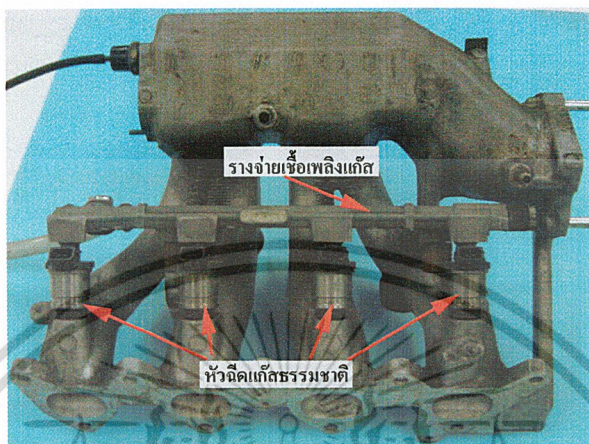
4.2.3 ท่อจ่ายเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติ ท่อจ่ายเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติเป็นอุปกรณ์สำหรับจ่ายเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติไปยังหัวฉีดแก่ธรรมชาติโดยทั่วไปท่อจ่ายจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่เพื่อให้สามารถจ่ายเชื้อเพลิงสำหรับการฉีดในแต่ละรอบของเครื่องยนต์ได้อย่างเพียงพอและเป็นตัวที่ป้องกันไม่ให้ความดันของเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติไหลไม่ทันขณะมีการฉีด



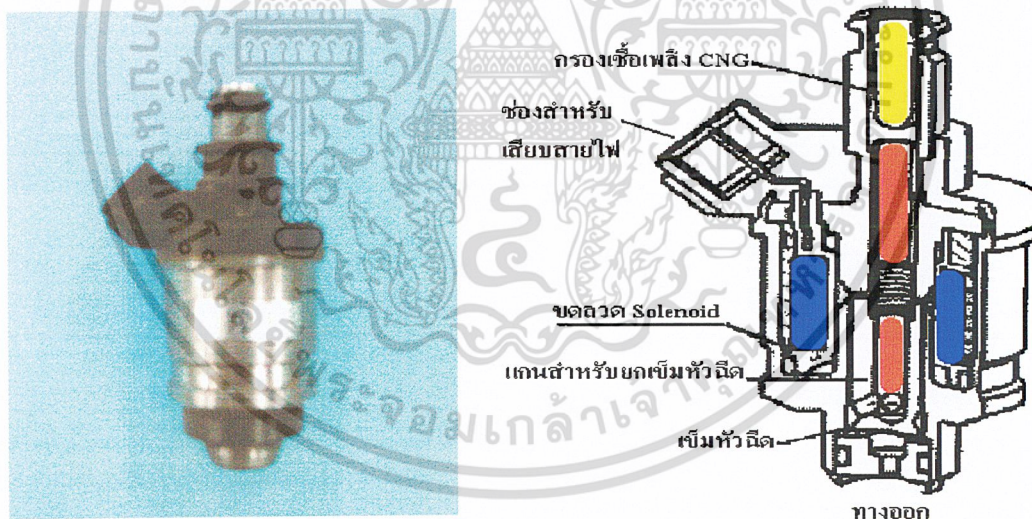
รูปที่ 4.6 ท่อจ่ายเชื้อเพลิงแก่ธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ (Gas injectors) ในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติจะมีหัวฉีดแก๊สสูบละ 1 ตัวสำหรับทำหน้าที่ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี หัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่ใช้เป็นหัวฉีดแบบแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกับหัวฉีดในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนบ้างกับการปิดเปิดของหัวฉีดด้วยโซลินอยด์ไฟฟ้าซึ่งได้รับสัญญาณไฟฟ้ามจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 4.7 การติดตั้งหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่ท่อไอดี



รูปที่ 4.8 หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติและส่วนประกอบของหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ไหลมาจากท่อจ่ายเข้าไปยังหัวฉีดโดยผ่านกรองลงไปยังเข็มหัวฉีดที่ปลายของหัวฉีด ซึ่งในตำแหน่งที่ยังไม่ทำงานเข็มหัวฉีดจะถูกสปริงดันให้แนบสนิทอยู่กับวาล์วไม่ให้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติไหลออกไปได้ เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ป้อนเข้าไปที่ขดลวดโซลินอยด์ในหัวฉีดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กครอบขดลวดตัวอาร์เมเจอร์และถูกดูดให้เคลื่อนขึ้น เข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

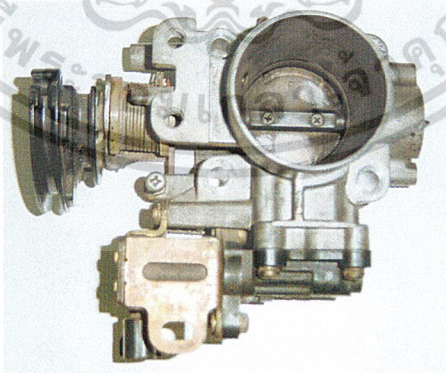
หัวฉีดซึ่งติดอยู่กับตัวอาร์เมเจอร์ก็จะยกตัวขึ้นจากบ่าลิ้น เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่มีแรงดันประมาณ 2.5-2.6 bar ถูกฉีดออกมาจากหัวฉีดในลักษณะที่เป็นแก๊ส ส่วนปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ฉีดออกมาจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนสัญญาณ ไฟฟ้าเข้าชุดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ในการปิดเปิดของเข็มหัวฉีดจะมีความไวสูงมากประมาณ 1-1.5 ms. เนื่องจากเข็มหัวฉีดมีระยะการยกขึ้นน้อยมากประมาณ 0.1 mm. ดังนั้นการฉีดของหัวฉีดจึงมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง

4.3 ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)

ระบบประจุอากาศของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติเครื่องนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้คือ กรองอากาศ, เรือนลิ้นเร่ง, ท่อรวมไอดี, ท่อไอดี และตัวตรวจจับสัญญาณอากาศ

กรองอากาศในระบบประจุอากาศนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับกรองอากาศของเครื่องยนต์ทั่วไป คือ กรองฝุ่นละอองออกจากอากาศที่ไหลเข้าไปในกระบอกสูบ กรองอากาศควรได้รับการทำความสะอาดอยู่เสมอ หากกรองอากาศเกิดการอุดตันอาจจะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก

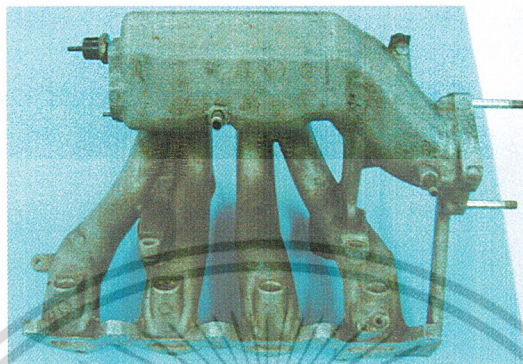
4.3.1 เรือนลิ้นเร่ง (Throttle body) เรือนลิ้นเร่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญๆ คือ ลิ้นเร่ง มีหน้าที่ในการควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมความเร็วของเครื่องยนต์ อุปกรณ์ต่อมาก็คือ สกรูปรับแต่งรอบเดินเบา มีหน้าที่เปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบ โดยไม่ต้องผ่านลิ้นเร่ง เนื่องจากขณะเครื่องยนต์เดินเบาลิ้นเร่งจะปิดอยู่ จึงจำเป็นต้องมีช่องทางพิเศษให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบ เพื่อให้เครื่องยนต์เดินเบาได้ไม่ดับสามารถปรับได้โดยสกรูตัวนี้ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติเครื่องนี้ ไม่สามารถปรับสกรูรอบเดินเบาได้เนื่องจากบริษัทผู้ผลิตใช้ตะกั่วปิดรูสกรูไว้ และอุปกรณ์ตัวสุดท้ายที่ติดตั้งอยู่กับเรือนลิ้นเร่งคือ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ บอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงหรือตัดสัญญาณการฉีดของหัวฉีด



รูปที่ 4.9 ตัวเรือนลิ้นเร่งของเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

4.3.2 ท่อร่วมไอดี (Manifold) ท่อร่วม ไอดีมีหน้าที่ในการป้องกันการกระเพื่อมของอากาศภายในระบบ เนื่องจากอากาศถูกดูดเข้ากระบอกสูบเป็นช่วงๆ ตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ทำให้ต้อง

ออกแบบท่อร่วม ไอดีให้มีขนาดใหญ่เพื่อป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ หากออกแบบท่อร่วม ไอดีให้มีขนาดเล็ก อากาศที่ถูกดูดผ่านระบบประจุอากาศจะมีลักษณะเป็นคลื่นส่งผลทำให้ความดันภายในท่อร่วม ไอดีมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้ตัวตรวจจับสัญญาณอากาศที่ควบคุมการทำงานด้วยความดันมีความผิดพลาดไปได้ในการวัดค่าความดัน



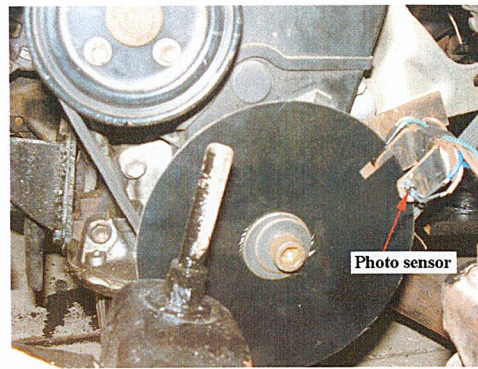
รูปที่ 4.10 ท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

4.4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติเครื่องนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ตัวตรวจจับมุมองศาเพลาช้อเหวี่ยง, ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ, ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ, ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง, ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน, ตัวตรวจจับสัญญาณอากาศและกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

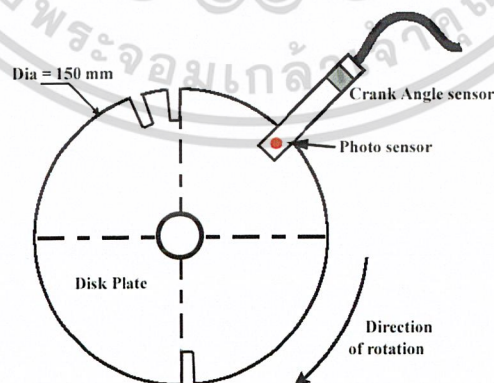
4.4.1 ตัวตรวจจับมุมองศาเพลาช้อเหวี่ยง (Crank angle sensor) อุปกรณ์ตัวตรวจจับมุมองศาของเพลาช้อเหวี่ยงตัวนี้จะทำหน้าที่ บอกตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเพลาช้อเหวี่ยงและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยส่งข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้าประมาณ 5 โวลต์ ให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดจังหวะในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงและกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน อุปกรณ์ชุดนี้ถูกติดตั้งที่บริเวณเพลาช้อเหวี่ยงด้านหน้าของเครื่องยนต์ติดกับพูลเลย์ขับเคลื่อนสายพาน สำหรับการติดตั้งทำได้โดยหมุนเครื่องยนต์ให้สูบหนึ่งอยู่ในตำแหน่งอัดสุด แล้วติดตั้งตัวตรวจจับมุมองศาเพลาช้อเหวี่ยงให้เชื่อมกับมาร์คที่ตำแหน่ง 0 องศาที่หน้ากากของเครื่องยนต์ไป 60 องศาของมุมเพลาช้อเหวี่ยงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เหตุที่ติดตั้งตัวตรวจจับให้เอียงไป 60 องศาเพื่อให้สอดคล้องกับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วงเวลาในการทำงานเอาไว้ประมาณ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจจับมุมมองสาเพลลาข้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

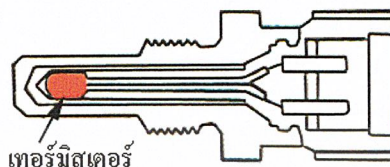
การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับมุมมองของเพลลาข้อเหวี่ยงถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือแผ่น Plate เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตัดต่อสัญญาณ แผ่น Plate นี้ถูกออกแบบให้เป็นแผ่นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 มิลลิเมตร และภายในแผ่นถูกเจาะให้เป็นร่อง 3 ร่องแต่ละร่องกำหนดให้มีความกว้าง 5 องศา สองร่องแรกถูกกำหนดให้ใช้เป็นสัญญาณในการเริ่มต้นให้หัวฉีดเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งสองร่องคู่นี้จะห่างกัน 10 องศา และอีกร่องหนึ่งถูกออกแบบให้ห่างจากร่องคู่นี้ประมาณ 180 องศา ร่องนี้ถูกใช้เพื่อเป็นสัญญาณในการนับรอบของเครื่องยนต์ สามร่องนี้จะทำงานสัมพันธ์กัน สำหรับส่วนที่สองจะเป็นตัวส่งสัญญาณไฟฟ้าให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย แผงวงจรและ Photo sensor 2 ตัวที่ติดตั้งคร่อมอยู่กับแผ่น Plate ซึ่งเป็นตัวรับกับตัวส่งสัญญาณ เมื่อหมุนแผ่น Plate ให้ช่องว่างมาตรงกับ Photo sensor ตัว sensor จะทำตัวเหมือนกับสะพานไฟต่อสัญญาณถึงกันและส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปยังกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ และหากแผ่น Plate หมุนต่อไปอีกสัญญาณก็จะถูกตัดทำให้ไม่มีสัญญาณไฟฟ้าไปที่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน



รูปที่ 4.12 การออกแบบและติดตั้ง Photo sensor กับแผ่น Plate ของตัวตรวจจับมุมมองสาเพลลาข้อเหวี่ยง

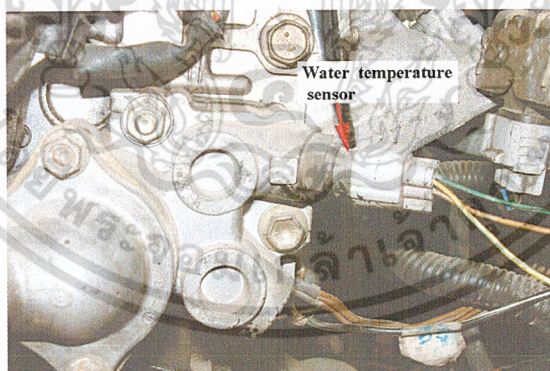
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water temperature sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำตัวนี้จะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่อยู่ภายในเครื่องยนต์ แล้วเปลี่ยนอุณหภูมิที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าสู่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้นานขึ้นขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 4.13 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำถูกติดตั้งเอาไว้ที่บริเวณทางออกของน้ำหล่อเย็นในตัวเครื่องยนต์ ภายในตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมีตัวต้านทานแบบค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบ หรือตัว NTC resistor (Negative temperature coefficient) ก็จะมีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จากคุณสมบัตินี้ถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อป้อนข้อมูลให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการใช้ในการปรับแก้ระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนที่พอเหมาะกัอุณหภูมิของเครื่องยนต์ในขณะนั้น



รูปที่ 4.14 การติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำในเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

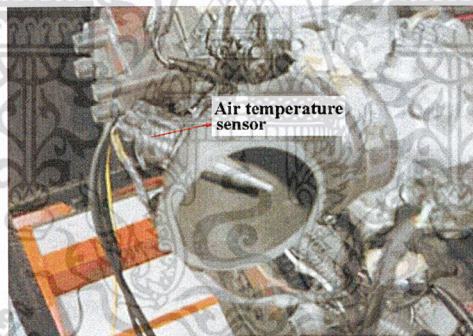
4.4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air temperature sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศนี้จะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้แล้วเปลี่ยนอุณหภูมิที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าไปป้อนให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อปรับระยะเวลาในการฉีดของหัวฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป จากหลักการที่อากาศถูกดูดเข้าห้องเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิไม่คงที่ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักต่อปริมาตรของอากาศหรือค่าความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนไป เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ค่าความหนาแน่นของอากาศของอากาศจะลดลงทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศหนาขึ้น แต่หากอากาศมีอุณหภูมิต่ำค่าความหนาแน่นของอากาศจะสูงขึ้นทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศบางลง ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนี้จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้หนาขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำและลดระยะเวลาในการฉีดให้น้อยลงเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยกำหนดอุณหภูมิมาตรฐานของอากาศที่ 20 องศาเซลเซียส



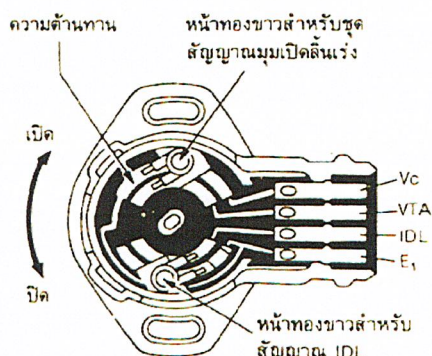
รูปที่ 4.15 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4.16 ตำแหน่งการติดตั้งของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศที่บริเวณช่องทางอากาศไหลเข้า

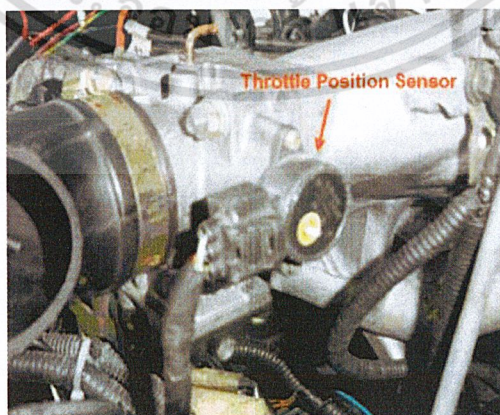
4.4.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor) อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งนี้ทำหน้าที่ในการบอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง ซึ่งเป็นตัวบอกสถานะการรับภาระของเครื่องยนต์ในลักษณะของรูปสัญญาณไฟฟ้าให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดหรือตัดสัญญาณการฉีด ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งโดยทั่วไปมีหลายแบบและมีหลักการการทำงานที่คล้ายๆกัน แต่ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแบบที่ใช้กันในเครื่องยนต์โตโยต้าที่นำมาทดสอบก็คือแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งและส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

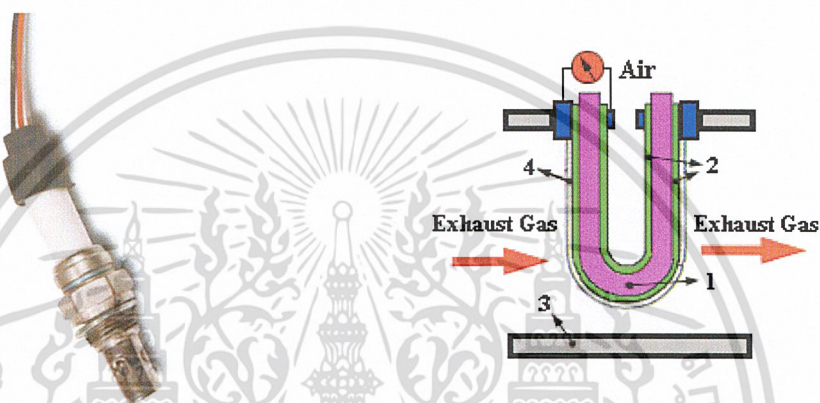
ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้นนี้จะประกอบด้วยแผ่นเลื่อน 2 ตัวที่มีหน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณรอบเดินเบาที่หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณการเปิดมุมของลิ้นเร่ง แผ่นเลื่อนทั้งสองตัวจะหมุนไปพร้อมกับการหมุนของลิ้นเร่ง โดยแผ่นเลื่อนของหน้าสัมผัสสำหรับการเปิดมุมของลิ้นเร่งจะสัมผัสอยู่กับตัวต้านทานที่ต่อถึงกันระหว่างขั้ว V_{cc} และขั้ว E_2 เมื่อลิ้นเร่งเปิดแผ่นเลื่อนจะหมุนไปตามทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งมีผลทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว V_{cc} และขั้ว V_{TA} ลดลง จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานระหว่างขั้ว V_{cc} และขั้ว V_{TA} ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งอันนี้จะถูกนำไปใช้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในการบอกตำแหน่งของลิ้นเร่งให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนแผ่นเลื่อนของหน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณรอบเดินเบา ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาลิ้นเร่งถูกปิดอยู่ แผ่นเลื่อนจะต่อวงจรถึงกันระหว่างขั้ว IDL กับขั้ว E_2 เมื่อเร่งเครื่องยนต์แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาทำให้ขั้ว IDL และขั้ว E_2 ไม่ต่อถึงกัน เนื่องจากแผ่นวงจรถูกออกแบบให้ขาดจากกันทำให้เมื่อแผ่นเลื่อนหมุนเลยไป ขั้ว IDL และขั้ว E_2 ขาดวงจรกัน แต่เมื่อเครื่องยนต์ดับกลับมายู่ในตำแหน่งเดินเบาแผ่นเลื่อนจะกลับมาต่อขั้ว IDL และขั้ว E_2 อีกครั้ง จากการตัดแลต่อของวงจรระหว่างขั้ว IDL และขั้ว E_2 จะใช้สำหรับบอกภาวะการเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อกำหนดให้เพิ่มหรือลดระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.18 การติดตั้งตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งในเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

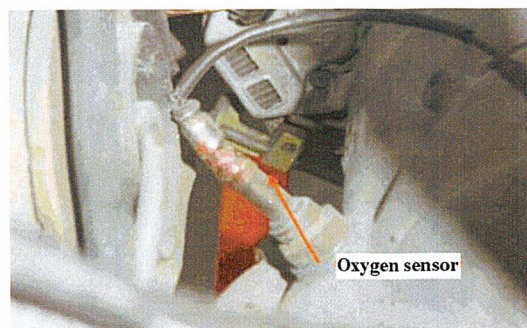
4.4.5 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนเป็นตัวรับรู้ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ และจะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้ให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อปรับระยะเวลาในการฉีดให้อัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงเป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด อย่างไรก็ตามอัตราส่วนผสมที่ได้จากการควบคุมของกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์อาจมีการเบี่ยงเบนบ้าง เนื่องจากความบกพร่องหรือความคลาดเคลื่อนในการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ หากอัตราส่วนผสมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบหนาหรือบางเกินไปจะทำให้เครื่องยนต์เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ปริมาณออกซิเจนในไอเสียที่วัดได้จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามทฤษฎีมากที่สุด



หมายเหตุ : 1 = เซรามิก, 2 = แผ่นแพทตินัม, 3 = ท่อไอเสีย และ 4 = ปลอกป้องกันเซรามิก

รูปที่ 4.19 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนและส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนในท่อไอเสีย

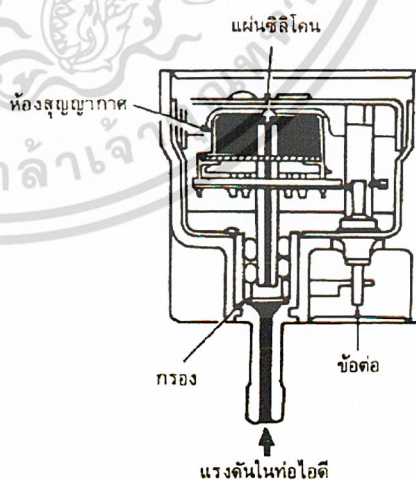
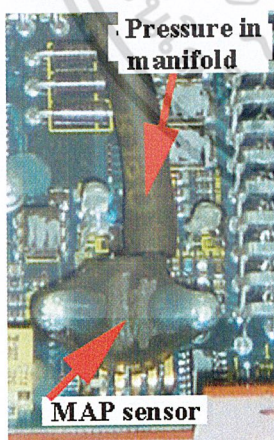
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะประกอบด้วยเซรามิกชนิดพิเศษที่ฉาบด้วยแผ่นแพทตินัม ที่ลักษณะเป็นรูพรุนทั้งด้านในและด้านนอก ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะถูกติดตั้งเข้าไปด้านในของท่อไอเสีย โดยให้แผ่นแพทตินัมที่ฉาบอยู่ที่ผิวด้านนอกของเซรามิกสัมผัสกับแก๊สไอเสีย ส่วนแผ่นแพทตินัมที่อยู่ด้านในจะต่อกับอากาศภายนอก สำหรับปลอกป้องกันตัวเซรามิกจะเป็นท่อโลหะที่มีช่องให้แก๊สไอเสียไหลผ่านไปยังแผ่นแพทตินัมและเซรามิกได้ และทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็กๆที่จะมากระทบกับตัวเซรามิก



รูปที่ 4.20 ตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนในไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติ

4.4.6 ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum sensor or Manifold air pressure sensor)

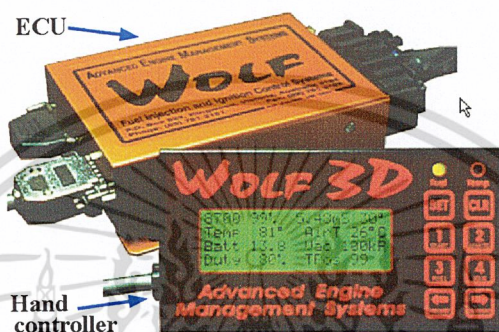
อุปกรณ์ตัวนี้จะทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดีแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าสู่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีดภายในประกอบด้วยตัวต้านทานที่ทำมาจากแผ่นซิลิคอน ซึ่งต่อรวมกันเป็นวงจรไฟฟ้ากับตัวไอซี โดยที่แผ่นซิลิคอนถูกต่อเข้ากับท่อสุญญากาศที่มาจากท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์เพื่อตรวจวัดแรงดันของอากาศที่เปลี่ยนแปลงขณะเครื่องยนต์ทำงาน แผ่นซิลิคอนจะมีค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าของแรงดันที่กระทำกับแผ่นซิลิคอน ส่วนตัวไอซีจะทำหน้าที่เปลี่ยนค่าความต้านทานให้เป็นแรงดันทางไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดีมีค่าสูงก็มีความเป็นสุญญากาศน้อย ค่าแรงดันทางไฟฟ้าก็จะสูง และหากแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดีต่ำความเป็นสุญญากาศก็จะมากทำให้มีค่าแรงดันทางไฟฟ้าต่ำ



รูปที่ 4.21 ตัวตรวจจับสุญญากาศและส่วนประกอบของตัวตรวจจับสุญญากาศ

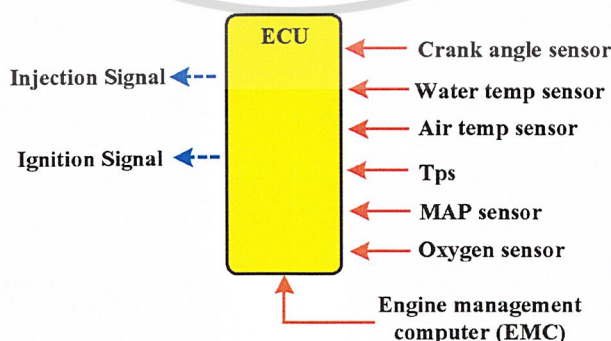
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.7 กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Computer Control) อุปกรณ์ชุดนี้ทำหน้าที่ในการควบคุมจังหวะและระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่างๆ โครงสร้างภายในของกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบไปด้วยตัวต้านทาน, ไดโอด, คาปาซิเตอร์, ทรานซิสเตอร์, ไอซีและอุปกรณ์อื่นๆอีกมาก สำหรับความเป็นพิเศษของกล่องตัวนี้คือ สามารถปรับระยะเวลาในการฉีดเพิ่มเติมได้อีกนอกเหนือจากที่กล่องได้กำหนดระยะเวลาไปแล้ว ซึ่งปรับให้ฉีดมากขึ้นได้ตามที่ต้องการ โดยกดที่ปุ่มฟังก์ชันที่กำหนดไว้ในตัว Hand controller



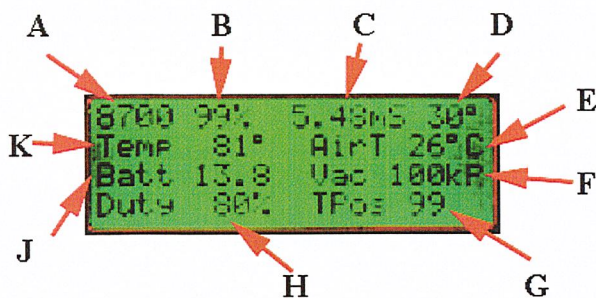
รูปที่ 4.22 กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับระยะเวลาการฉีดได้

ในรูป 4.23 สัญญาณทางไฟฟ้าต่างๆที่มาจากตัวตรวจจับมุมมองเสาเพลาคือเหวียง, ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ, ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ, ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง, ตัวตรวจจับสัญญาณและตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนถูกส่งเข้ามายังกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผลและกำหนดระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงในขั้นแรก หากต้องการจะปรับระยะเวลาในการฉีดเพิ่มเติมก็สามารถป้อนได้ที่ตัว Hand controller และสัญญาณการปรับนี้จะถูกส่งเข้ามาในตัวกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เหมือนกัน สำหรับสัญญาณการฉีดที่ออกมาจากตัวกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์สามารถนำมาต่อใช้ร่วมกับหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติได้



รูปที่ 4.23 การรับส่งสัญญาณไฟฟ้าของกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับระยะเวลาการฉีดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



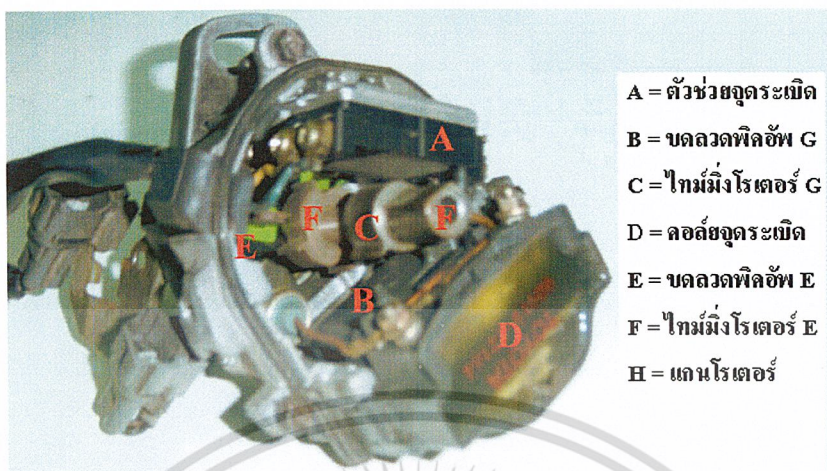
รูปที่ 4.24 จอแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆในตัว hand controller

ในรูป 4.24 เป็นรูปที่แสดงถึงค่าต่างๆ บนหน้าจอของตัว Hand controller ที่เกิดขึ้นในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงานอยู่ ค่าเหล่านี้บ่งบอกถึงสภาวะต่างๆ ได้คือ

- A เป็นค่าความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที
- B เป็นค่าที่บอกถึงภาระในการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะนั้น
- C เป็นค่าระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปที่ความเร็วรอบนั้น มีหน่วยเป็น millisecond
- D เป็นค่าองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ป้อนเข้าไป ณ. ความเร็วรอบขณะนั้น มีหน่วยเป็นองศาของเพลาค้อเหวี่ยง
- E เป็นค่าอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้ในขณะนั้น มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
- F เป็นค่าความดันสุญญากาศภายในท่อร่วมไอดี มีหน่วยเป็นกิโลปาสคาล
- G เป็นค่าการปิดเปิดของตำแหน่งลิ้นเร่ง
- H เป็นค่าที่แสดงถึงภาระในการฉีดเชื้อเพลิงในแต่ละรอบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์
- J เป็นค่าแรงดันของกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ และ
- K เป็นค่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นภายในเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

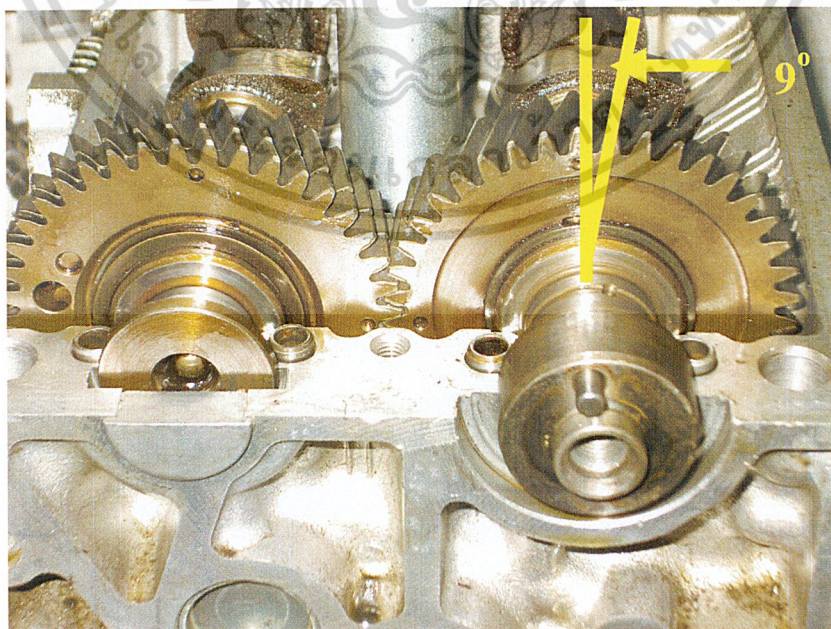
4.5 ระบบการจุดระเบิด (Ignition System)



รูปที่ 4.25 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในตัวงานจ่ายของเครื่องยนต์ทดสอบ

ระบบการจุดระเบิดในเครื่องยนต์รุ่นนี้ อาศัยข้อมูลจากสัญญาณของมุมองศาเพลลาข้อเหวี่ยงและสัญญาณความเร็วรอบที่ถูกสร้างมาจากขดลวดพิลลัท G และ NE ในตัวงานจ่าย โดยที่กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะได้รับสัญญาณของมุมองศาเพลลาข้อเหวี่ยงและสัญญาณความเร็วรอบ เพื่อกำหนดจังหวะในการจุดระเบิดล่วงหน้าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น

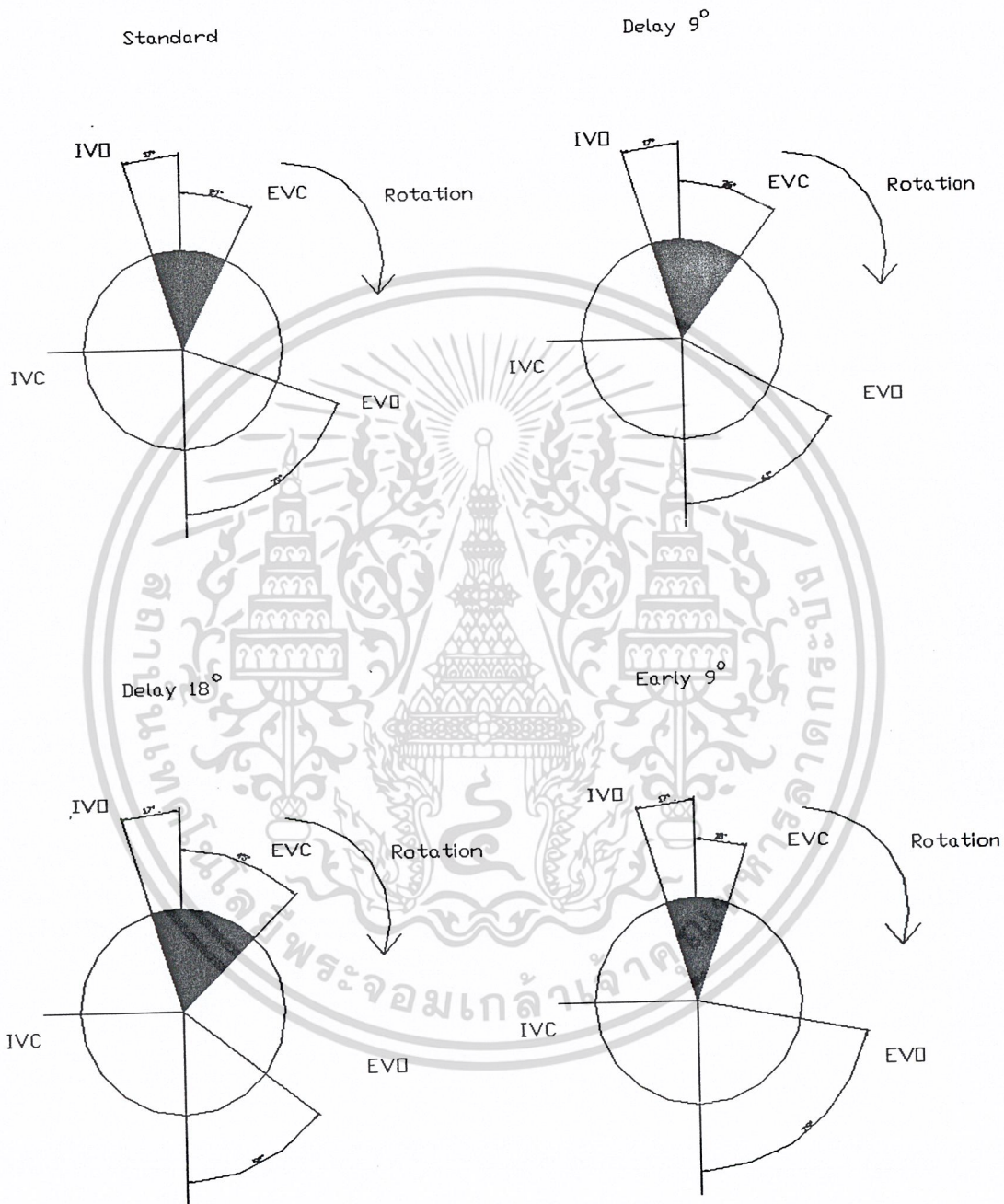
4.6 เพลาลูกเบี้ยว (Camshaft)



รูปที่ 4.26 แสดงระยะห่างแต่ละฟันเฟืองของเพลาลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยंत्रรหัส 5A-FE ที่ใช้นั้นมีเพลาลูกเบี้ยว 2 เพลา อันได้แก่ เพลาลูกเบี้ยวสำหรับวาล์วไอดี และวาล์วไอเสียตามลำดับ โดยระยะห่างของแต่ละฟันเฟืองของเพลาลูกเบี้ยวจะอยู่ที่ 9 องศาตามรูปที่ 4.26 เมื่อนำจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดี และไอเสียมาเขียนเป็นแผนภาพได้ ดังนี้



รูปที่ 4.26 แสดงแผนภาพของจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดี และไอเสียที่ตำแหน่งการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพจะสังเกตเห็นได้ว่าวาล์วไอดีนั้นจะเปิดที่ตำแหน่ง 17.3°bTDC และปิดที่ตำแหน่ง 90°aBDC ส่วนวาล์วไอเสียเปิดที่ 79.6°bBDC และปิดที่ 27.7°aTDC ซึ่งจะมีจังหวะที่วาล์วไอดี และไอเสีย เปิดอยู่พร้อมกันทั้งคู่ (Overlap) เท่ากับ 45°

ในกรณีที่ปรับเป็นจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9° วาล์วไอเสียจะเปิดที่ 88.6°bBDC และ ปิดที่ 36.7°aTDC ซึ่งจะมีจังหวะที่วาล์วไอดี และไอเสียเปิดอยู่พร้อมกันทั้งคู่ (Overlap) เท่ากับ 54° ซึ่งถ้า ปรับเป็นจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° จะทำให้เกิดวาล์ว Overlap ถึง 63°

และถ้าปรับเป็นจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° จะทำให้เกิดวาล์ว Overlap ลดลงเป็น 36° ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่นๆ



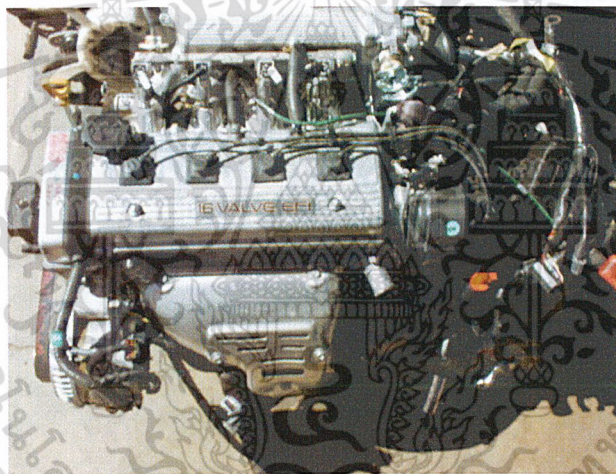
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

5.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 5A-FE เป็นเครื่องยนต์ 4 สูบ แบบแถวเรียงขนาด 1.5 ลิตร เพลาลูกเบี้ยวคู่เหนือฝาสูบ DOHC 16 วาล์ว โดยมีการเรียงลำดับหมายเลขกระบอกสูบ 1-2-3-4 จากด้านหน้า เพลาลูกเบี้ยวข้าง จังหวะจุดระเบิดของเครื่องยนต์ คือ 1-3-4-2 ฝาสูบถูกทำขึ้นจากอลูมิเนียมอัลลอย ซึ่งเป็นแบบไอดี ไอเสีย มีรูปแบบจังหวะการไหล ตรงกันข้าม และมีห้องเผาไหม้ แบบทรงจั่ว หัวเทียนถูกติดตั้งอยู่ศูนย์กลางของห้องเผาไหม้ ท่อร่วมไอดีเป็นแบบช่องยาวอิสระ 4 ช่อง และมีประโยชน์ต่อผลการประจุไอดีเป็นพิเศษ เพื่อปรับปรุงแรงบิดเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำและปานกลาง ลิ้นไอดีและไอเสีย ถูกติดตั้งด้วยสปริงที่มีระยะขดไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 5.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

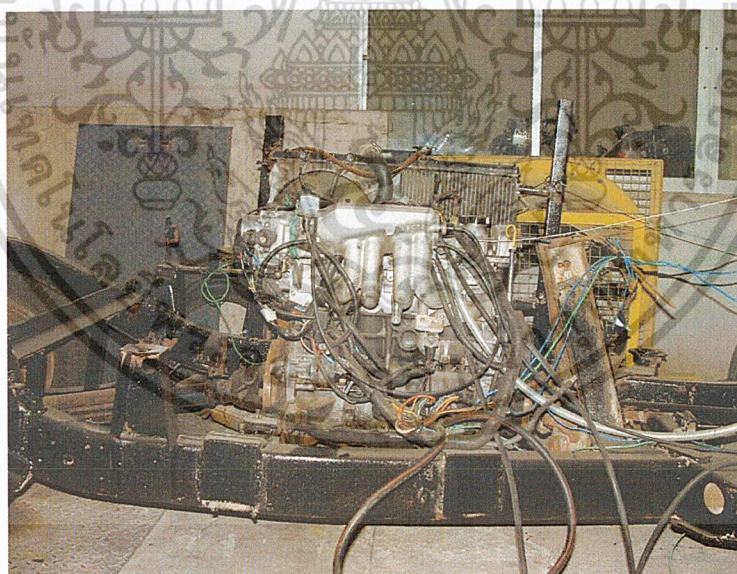
สปริงลิ้นทำมาจากเหล็กคาร์บอนพิเศษ ซึ่งมีความสามารถทำงานได้ทุกสภาพความเร็วของเครื่องยนต์ เพลาลูกเบี้ยวไอเสียถูกขับโดยตรงด้วยสายพานไทม์มิ่ง และเฟืองบนเพลาลูกเบี้ยวไอเสีย ขบอยู่กับเฟืองบนลูกเบี้ยวไอดี เพื่อขับลูกเบี้ยวไอดี ข้อเพลาลูกเบี้ยวถูกรองรับไว้ 5 ตำแหน่ง ระหว่างลูกถ้วยยกลิ้นของแต่ละสูบ และบนด้านหน้าส่วนปลายของฝาสูบ การหล่อลิ้นของข้อเพลาลูกเบี้ยวและเฟืองต่าง ๆ ได้รับโดยน้ำมันจากการจ่ายผ่านช่องน้ำมัน ภายในศูนย์กลางของเพลาลูกเบี้ยว การปรับตั้งระยะห่างของลิ้นกระทำโดยรูปแบบของระบบชิมปรับตั้ง ซึ่งชิมปรับตั้งลิ้นติดตั้งอยู่บนลูกถ้วยยกลิ้น ลูกสูบทำขึ้นจากอลูมิเนียมอัลลอย ซึ่งมีความต้านทานต่ออุณหภูมิสูง เนื่องจากเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 5A-FE นี้มีใช้กันมากในประเทศไทย ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ติดตั้งอยู่บนรถยนต์ของโตโยต้า Corona ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องยนต์รุ่นนี้มาเป็นเครื่องทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์

ความจุ (cc.)	1500
กระบอกสูบ และช่วงชัก (mm. X mm.)	78.7 x 80
อัตราส่วนการอัด	9.8 : 1
กำลังสูงสุด (kW. / rpm.)	74 / 5600
แรงบิดสูงสุด (N-m / rpm.)	137 / 4400
ระบบจุดระเบิด	ระบบอิเล็กทรอนิกส์ไร้หน้าทองขาว ควบคุมด้วยระบบ TCCS
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ควบคุมด้วยระบบ TCCS
แรงดันเชื้อเพลิง	0.25-0.3 Mpa.

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการวัดกำลัง เป็นเครื่องมือ Chassis Dynamometer การทดลองจึงต้องนำเครื่องยนต์ ดังรูป 5.2 มาติดตั้งบน โครงสร้างของรถบรรทุกขนาดเล็กและต่อเพลาส่งกำลังเข้ากับล้อช่วยแรงโดยตรง เพื่อส่งกำลัง ไปยังชุดเพื่องท้ายซึ่งต่อ ไปขับล้อ และนำไปติดตั้งบนเครื่องมือที่ใช้ในการวัดกำลังต่อไป



รูปที่ 5.2 การติดตั้งเครื่องยนต์ทดสอบบน โครงสร้างของรถบรรทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อุปกรณ์วัดกำลังและแรงบิด

ใช้ Chassis Dynamometer วัดกำลังจากล้อ โดยสามารถวัดค่าได้หลายลักษณะ ทั้งกำลังสูงสุดที่ความเร็วต่างๆ และสามารถกำหนดความเร็วให้คงที่ได้

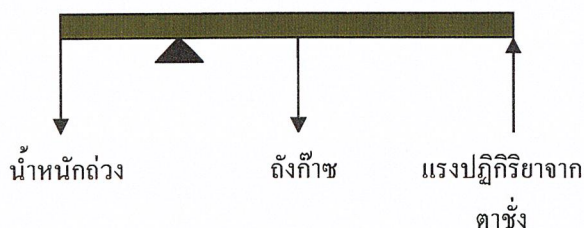
อุปกรณ์วัดกำลังและแรงบิด	- ผู้ผลิต	HOFMANN
	- รุ่น	Dynatest 112-D II
	- แบบ	Chassis Dynamometer
	- ความสามารถ	30-199 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
	- ความสามารถ	0-199.9 กิโลวัต



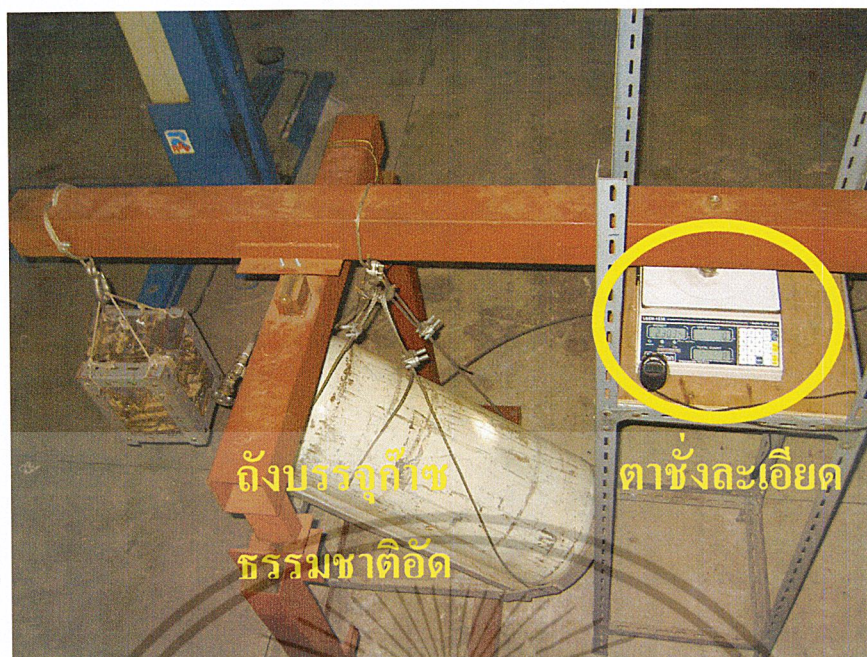
รูปที่ 5.3 จอแสดงผลของอุปกรณ์วัดกำลังและแรงบิด

5.3 อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงมีหลักการคือการชั่งน้ำหนักของถังแก๊สและเนื้อแก๊ส โดยจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที แล้วนำมาหักลบกัน โดยผลต่างที่ได้ก็คือปริมาณแก๊สที่ใช้ไป แต่การชั่งถังแก๊สที่มีน้ำหนักมากนั้นต้องใช้เครื่องชั่งที่มีขนาดใหญ่และมีราคาสูงจึงใช้หลักการของโมเมนต์มาประยุกต์ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 อุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

5.4 อุปกรณ์วัดปริมาณมลพิษในแก๊สไอเสีย

อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ในการวัดปริมาณแก๊สมลพิษที่เหลือจากการเผาไหม้ในไอเสียของเครื่องยนต์ สามารถวัดปริมาณมลพิษคาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน, ค่าแลมด้า, ค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์และวัดปริมาณออกซิเจนในไอเสีย ในการวัดโดยตรงจากเครื่องยนต์ทางท่อไอเสียโดยไม่ผ่านอุปกรณ์กำจัดมลพิษ ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นค่าจริงที่มาจากเครื่องยนต์ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.5 อุปกรณ์วัดปริมาณแก๊สพิษในไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียรถยนต์เทคโนโลยีรุ่น 488 เป็นเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียรถยนต์ชนิดวิเคราะห์แก๊สได้ 5 แก๊ส คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ออกซิเจน (O₂) และไนโตรเจนไดออกไซด์ NO_x นอกจากนั้นยังแสดงความเร็วรอบของเครื่องยนต์และค่าแลมด้า (Lambda) ได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียมีหลักการทำงานดังนี้คือ ทำการวิเคราะห์แก๊สไอเสียด้วยแสงอินฟราเรด แก๊สตัวอย่างหรือแก๊สไอเสียของรถยนต์ที่ทำกรวิเคราะห์จะถูกดูดจากรยนต์เข้าสู่ตัวเครื่องด้วยหัวดูดแก๊ส ผ่านไส้กรองและอุปกรณ์คักน้ำแล้วไหลเข้าสู่ห้องวิเคราะห์ ที่ห้องนี้แสงอินฟราเรดจะส่องผ่านแก๊สไอเสียไปยังหัววัด เพื่อวัดความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรด แก๊สต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในไอเสียจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นที่ต่างกัน โมเลกุลของแก๊สที่มีจำนวนอะตอมเหมือนกัน (H₂/N₂/O₂) จะมีผลในการดูดกลืนแสงอินฟราเรด โมเลกุลของแก๊สที่มีจำนวนอะตอมต่างกัน (H₂/N₂/O₂) จะดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างกัน ความมากหรือน้อยของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดจะเป็นตัวแสดงจำนวนมากหรือน้อยของแก๊สชนิดนั้น ๆ ที่ปะปนมากับไอเสีย

การวัดค่า วัดโดยนำส่วนปลายของ Probe สอดเข้าไปที่ท่อไอเสีย ส่วนปลายของ Probe จะต้องเข้าไปลึกกว่า 30 เซนติเมตร จากปลายของท่อไอเสีย เพื่อการวัดค่าที่แม่นยำ โดยเครื่องจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าให้ทุกๆ 1 วินาที และสามารถเก็บ และพิมพ์ค่าได้ด้วยตนเอง

5.5 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของแก๊สไอเสีย

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความร้อนของไอเสีย ซึ่งจะถูกติดตั้งไว้ที่ท่อร่วม ไอเสีย มีขนาดยาว 5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 5 มิลลิเมตร เป็นแบบ TYPE J สามารถวัดอุณหภูมิ ได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส โดยจะปรากฏขึ้นมาบนจอแสดงผลแบบตัวเลข

5.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น

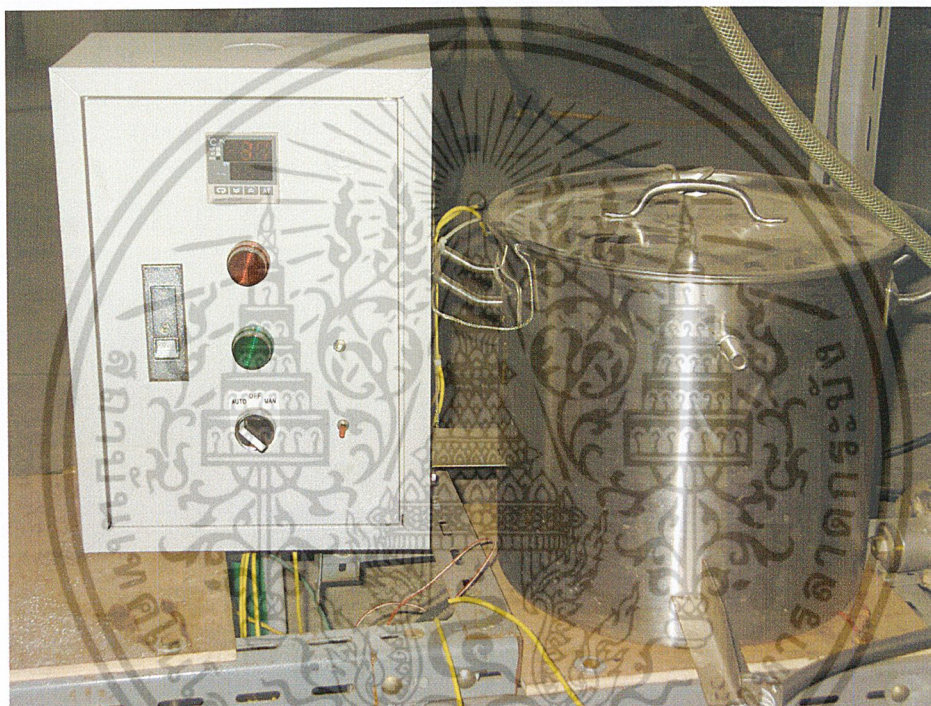
เป็น Thermocouple มีขนาด 1.6 มม. โดยติดตั้งบริเวณท่อน้ำจากเครื่องยนต์ที่ส่งน้ำ ไประบายความร้อนที่หม้อน้ำ โดยการอ่านค่านั้นต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์แสดงผล(Indicator) โดยค่าอุณหภูมินั้นจะแสดงผลเป็นตัวเลข

5.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง

ในที่นี้ก็ใช้ Thermocouple โดยติดตั้งไว้แทนที่ก้านวัดระดับน้ำมันเครื่องเพื่อวัดอุณหภูมิ น้ำมันเครื่องไว้ประกอบผลการทดลอง และการอ่านค่านั้นก็ต้องใช้ Indicator เป็นอุปกรณ์อ่านค่าเช่นกัน

5.8 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในชุดลดความดัน

เนื่องจากการลดความดันก๊าซที่ออกจากถังก๊าซที่มีความดันสูงประมาณ 200 Bars ลงมาเหลือเพียง 5 Bars นั้นจะทำให้อุณหภูมิลดลงด้วย เพื่อป้องกันการเกิดน้ำแข็งภายในชุดลดความดันจึงต้องป้อนน้ำอุ่นให้ไหลเวียนภายในชุดลดความดัน โดยน้ำอุ่นที่ป้อนให้กับชุดลดความดันจะมีอุณหภูมิประมาณ 70 °C โดยเราสามารถกำหนดอุณหภูมิได้ผ่าน Temperature Controller เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ Thermocouple ที่ติดตั้งอยู่ในสถานะส่งไปยัง Temperature Controller ยังไม่ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ Heater ก็จะทำงาน เพราะว่าถูก Temperature Controller ควบคุมอยู่ ดังนั้นเมื่อถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วก็จะส่งสัญญาณให้ Heater หยุดทำงาน



รูปที่ 5.6 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในชุดลดความดัน

5.9 สถานะการทดลอง

การทดลองกำหนดที่ 7 สถานะ ที่รอบการทำงาน 1,000-3,500 รอบต่อนาทีโดยปรับช่วงละ 500 รอบ และทดลองที่ความดันเฉลี่ยเบรก 300 kPa. และ 500 kPa. ที่เลือกทำการทดสอบเช่นนี้ จุดประสงค์เพื่อที่จะสามารถทำการเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงทั้งสองได้สะดวก โดยใช้ค่ากำลังเบรกเป็นค่าอ้างอิง ซึ่งค่าในช่วงที่ทำการทดลองนี้ เป็นช่วงที่ใช้งานเป็นส่วนมาก ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 สภาวะการทดลองที่ค่าความดันเฉลี่ยเบรก 300 kPa.

สภาวะที่	รอบการทำงาน (รอบต่อนาที)	กำลังเบรก (kW.)	ความดันเฉลี่ยเบรก (kPa.)
1	1,000	3.8	300
2	1,500	5.6	
3	2,000	7.5	
4	2,500	9.4	
5	3,000	11.3	
6	3,500	13.1	

ตารางที่ 5.3 สภาวะการทดลองที่ค่าความดันเฉลี่ยเบรก 500 kPa.

สภาวะที่	รอบการทำงาน (รอบต่อนาที)	กำลังเบรก (kW.)	ความดันเฉลี่ยเบรก (kPa.)
1	1,000	6.3	500
2	1,500	9.4	
3	2,000	12.5	
4	2,500	15.6	
5	3,000	18.8	
6	3,500	21.9	

โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 302 K. ความชื้นสัมพัทธ์ 60 % ทำการอุ่นเครื่องยนต์และอุปกรณ์อื่นๆ ก่อนทำการทดลองเป็นเวลา 30 นาที เมื่อเริ่มทำการทดลอง จะทำการเร่งเครื่องจนถึงสภาวะที่กำหนด จากนั้นจะคงสภาวะนั้นไว้จนกระทั่งเครื่องยนต์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรืออยู่ในสภาวะคงที่ จึงจะเริ่มทำการเก็บค่า หลังจากบันทึกค่าแล้วจะปล่อยเครื่องยนต์ให้กลับสู่สภาวะเดินเบาสักครู่ ก่อนจะทำการทดลองที่สภาวะถัดไป โดยกระทำจนครบทุกสภาวะ

5.10 วิธีการทดลอง

การทดลองนำแก๊สธรรมชาติมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบหัวฉีดประจำสูบได้ทำการดัดแปลงระบบการจ่ายเชื้อเพลิงเป็นระบบหัวฉีดเพิ่มเติม และตั้งองศาการจุดระเบิดเอาไว้ที่ 20 องศา ก่อนถึงศูนย์ตายบนซึ่งมีวิธีการตามขั้นตอนดังนี้

1. นำเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ มาติดตั้งบนแท่นทดสอบกำลังพร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงและอุปกรณ์วัดปริมาณมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิง แล้วใช้กล่องควบคุมที่ใช้กันสามารถปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการฉีดเชื้อเพลิงได้ โดยปรับให้ส่วนผสมระหว่างอากาศ-เชื้อเพลิงพอดีกัน อ่านค่าจากอุปกรณ์วัดมลพิษ และวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิง วัดปริมาณมลพิษ รวมถึงอุณหภูมิก๊าซไอเสีย น้ำมันเครื่อง น้ำหล่อเย็น แล้วบันทึกผลไว้ใช้อ้างอิงโดยการวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงนั้นจะใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที ทำการทดลองซ้ำ 3-4 ครั้งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. วิธีการทดลองนั้นมี 2 วิธี คือ

- ตำแหน่งลินปีกผีเสื้อคงที่
- ภาระคงที่

4. ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิด-ปิดลิ้นไอเสีย โดยเพิ่ม-ลด ตำแหน่งการเปิด-ปิดของวาล์วไอเสียที่เพลาลูกเบี้ยวของวาล์วไอเสียที่ละ 9° แล้วทำการทดลองใหม่ โดย ต้องให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงนั้นพอดีกับอากาศ จากนั้นจึงบันทึกค่าต่างๆ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกัน

5. นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าทางด้านสมรรถนะ แล้วนำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าต่างๆที่ได้ทำการทดลองไว้ ณ สภาวะทดลองต่างๆ



บทที่ 6

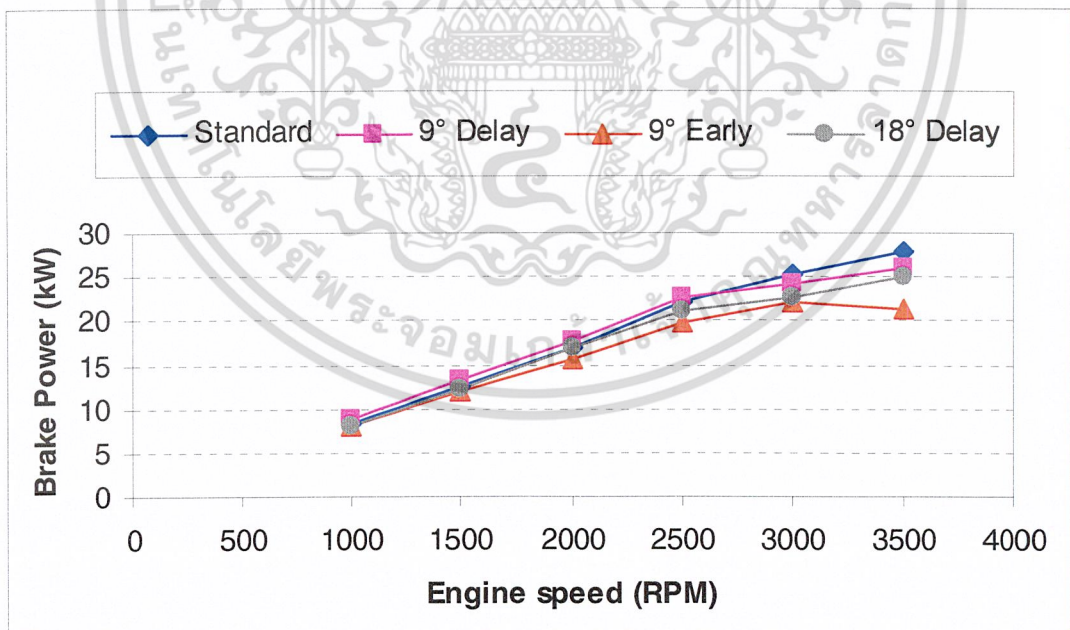
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

การวางแผนในการดำเนินงานโดยการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสีย เราได้เลือกใช้วิธีการทดสอบ 2 วิธี คือ 1.การควบคุมการเปิดปิด วาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ ณ ตำแหน่ง 60% และวิธีการทดสอบที่ 2. คือการกำหนดให้ภาระคงที่ (BMEP = Const.) ซึ่งเริ่มจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐานก่อน แล้วจึงทำการปรับวาล์วไอเสียให้เปิด-ปิดช้าลง 9° และ 18° ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงทำการปรับให้วาล์วไอเสียให้เปิด-ปิดเร็วขึ้นอีกจาก 9° มาตรฐานเดิม

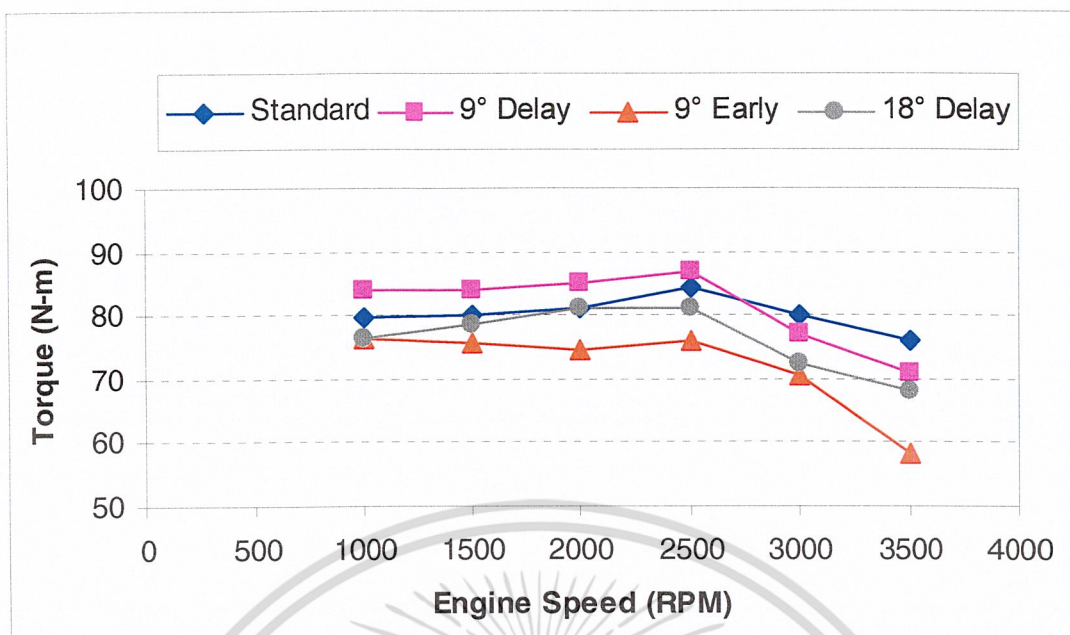
ก่อนทำการทดลองนั้นเราได้ทำการหาตำแหน่งการเปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียพบว่าลิ้นไอดีนั้นจะเปิดที่ตำแหน่ง 17.3°bTDC และปิดที่ตำแหน่ง 90°aBDC ส่วนลิ้นไอเสียเปิดที่ 79.6°bBDC และปิดที่ 27.7°aTDC ซึ่งจะมีจังหวะที่ลิ้นไอดี และลิ้นไอเสียเปิดอยู่พร้อมกันทั้งคู่ (Overlap) เท่ากับ 45°

6.1 ผลการทดสอบด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยวิธีการวัดแบบ WOT (Wild Open Throttle)

ในการทดลองแบบตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ เลือกการทดลองที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ 60% ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังนี้



รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบค่ากำลังเบรก ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%



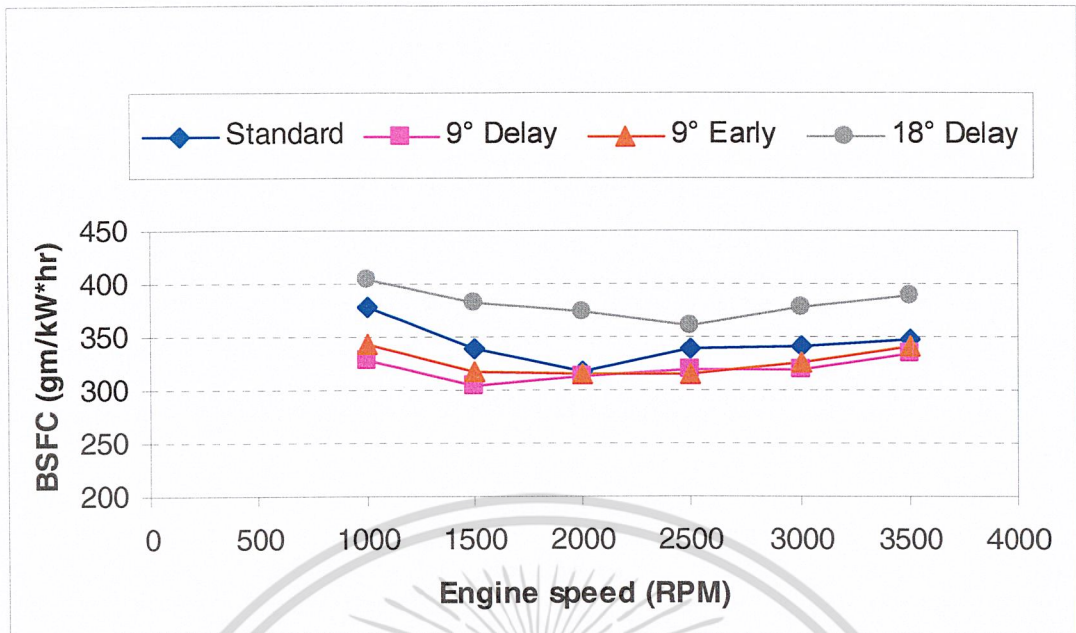
รูปที่ 6.2 เปรียบเทียบค่าแรงบิด ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%

จากรูปจะเห็นได้ว่าที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9° มีกำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์สูงกว่าจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐานยกเว้นที่ความเร็วรอบ 3000 และ 3500 RPM ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงมีโอกาสเผาไหม้ในห้องเผาไหม้นานขึ้น และเมื่อทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียในองศาอื่นๆจะทำให้กำลังของเครื่องลดลง โดยที่ตำแหน่งจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° จะให้กำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์น้อยที่สุด ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการที่จังหวะการเปิดวาล์วไอเสียที่เร็วเกินไปเชื้อเพลิงจึงไปเผาไหม้ต่อที่ท่อร่วมไอดี ทำให้ไม่เกิดงานที่ลูกสูบ

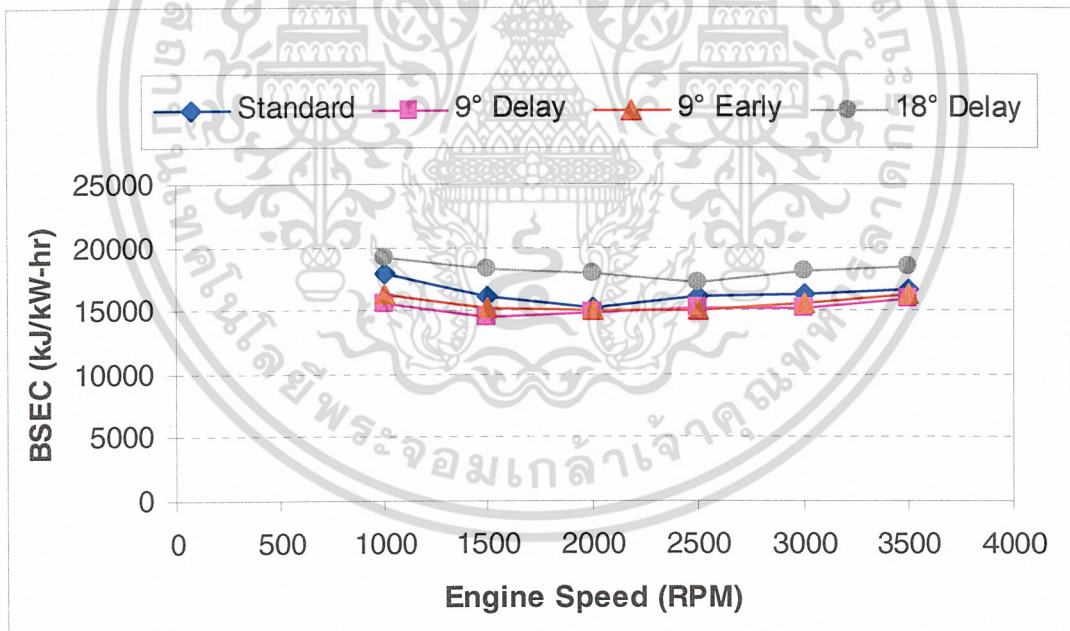
จากรูปที่ 6.3 จะสังเกตได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองจะลดลงเมื่อทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลง 9° ที่เป็นเช่นนี้เพราะที่ตำแหน่งการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9° ให้กำลังของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับการปรับให้จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° จะลดอัตราการสิ้นเปลืองลง ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการที่ทั้งวาล์วไอดี และ ไอเสียเปิดพร้อมกัน (Valve Overlap) น้อยลง ทำให้ก๊าซไอเสียที่ไหลย้อนกลับไปที่ท่อไอดีน้อยลง ปริมาณออกซิเจนในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราสิ้นเปลือง

ในทางตรงกันข้ามเมื่อปรับไปเป็น 18° อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะเพิ่มสูงขึ้น เพราะวาล์ว Overlap มากขึ้น ทำให้ก๊าซไอเสียย้อนกลับไปยังท่อไอดีมากขึ้นด้วย จึงเกิดการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งพิจารณาได้จากค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (BTE) ดังรูปที่ 6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

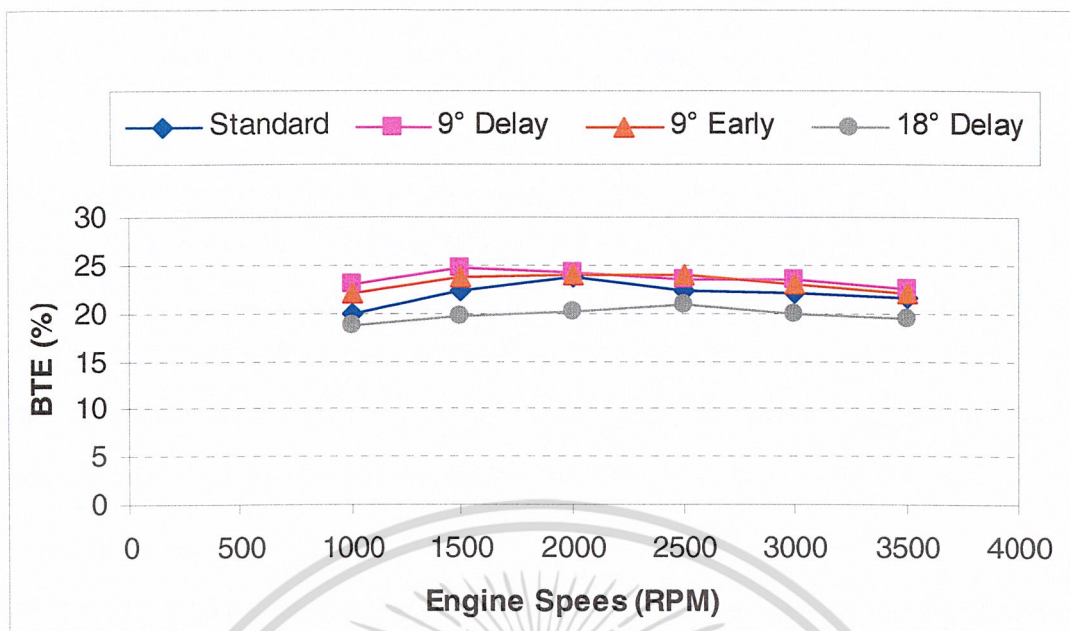


รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%



รูปที่ 6.4 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

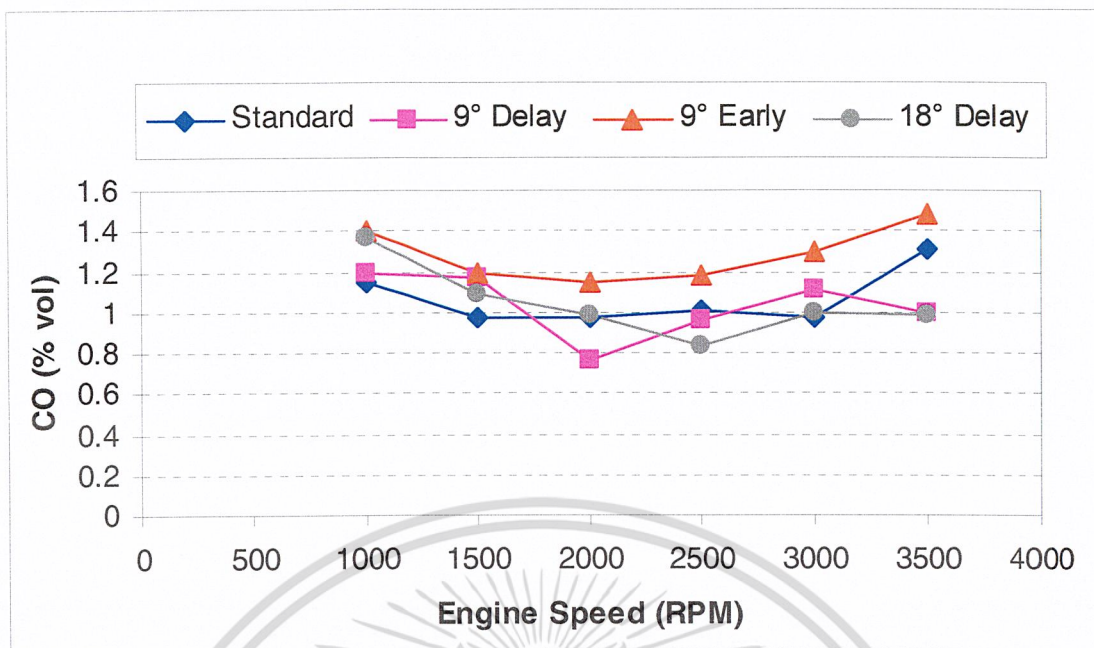


รูปที่ 6.5 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อที่ 60%

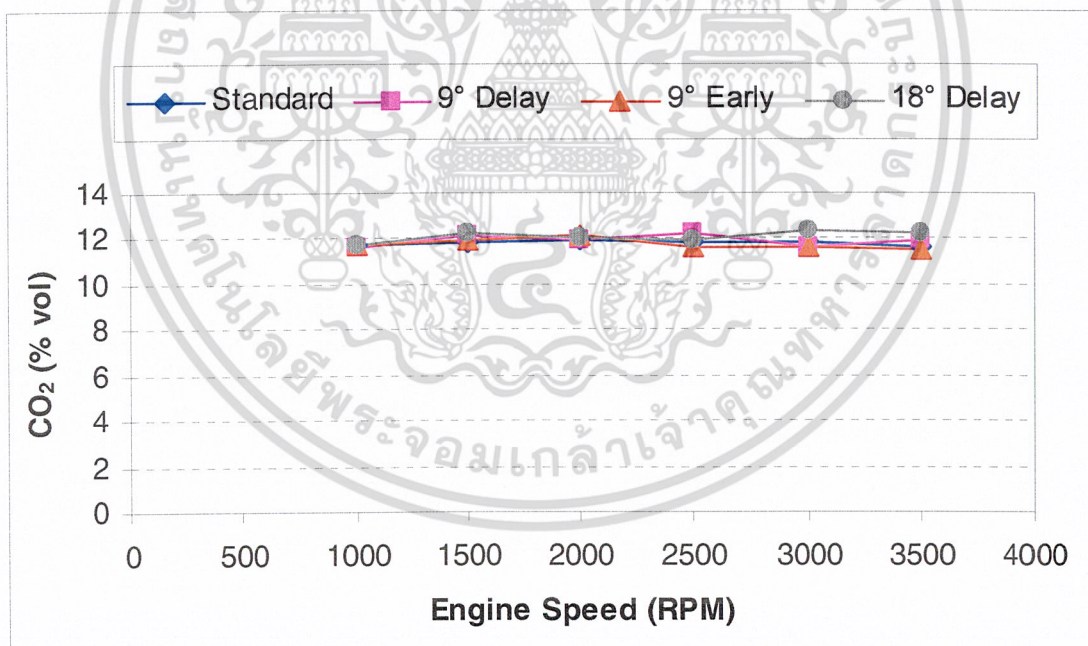
จะสังเกตได้ว่าที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9° จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก สูงที่สุด รองลงมา คือจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° เนื่องจากมีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำต่ำกว่า จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐาน ส่วนที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° มีประสิทธิภาพ เชิงความร้อนเบรกต่ำที่สุด โดยมีสาเหตุมาจากวาล์ว Overlap ที่นานเกินไป

ค่าต่อมาที่เราพิจารณาคือ มลพิษของเครื่องยนต์ซึ่งจะแบ่งเป็น 4 ตัว ได้แก่ Hydrocarbon, NOx, CO₂, CO โดยจะสังเกตได้ว่าค่าของ CO₂ จะมีค่าใกล้เคียงกันทุกจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียในการเปิด ลิ้นเร่งคงที่ที่ 60% สำหรับ CO จะมีปริมาณสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์ว ไอเสียให้เร็วขึ้น 9° ทั้งนี้จะมีสาเหตุสำคัญมาจากการที่เปิดวาล์วไอเสียเร็วเกินไปเชื้อเพลิงจึงไม่สามารถ เผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 เปรียบเทียบปริมาณ Carbonmonoxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%

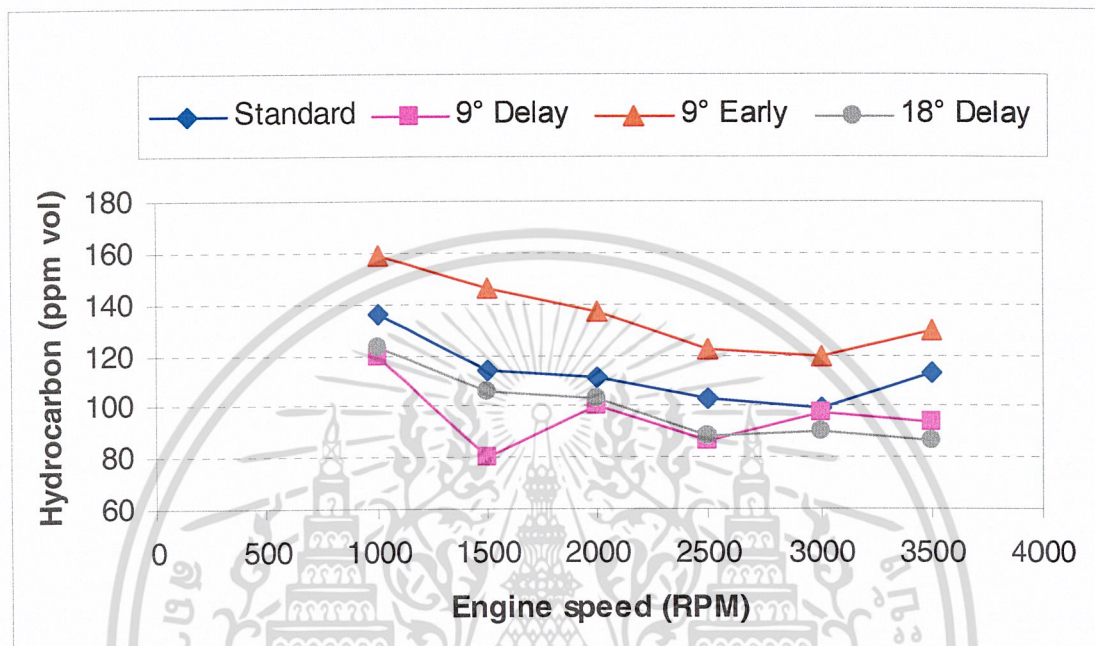


รูปที่ 6.7 เปรียบเทียบปริมาณ Carbondioxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%

ปริมาณ Hydrocarbon จะมีค่าลดลงเมื่อเมื่อรอบสูงขึ้นเนื่องมาจากการเผาไหม้ในรอบสูงต้องการเชื้อเพลิงสูงเพราะฉะนั้นค่า Hydrocarbon จึงต่ำลง โดยที่ปริมาณ Hydrocarbon จะมีปริมาณลดลงเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

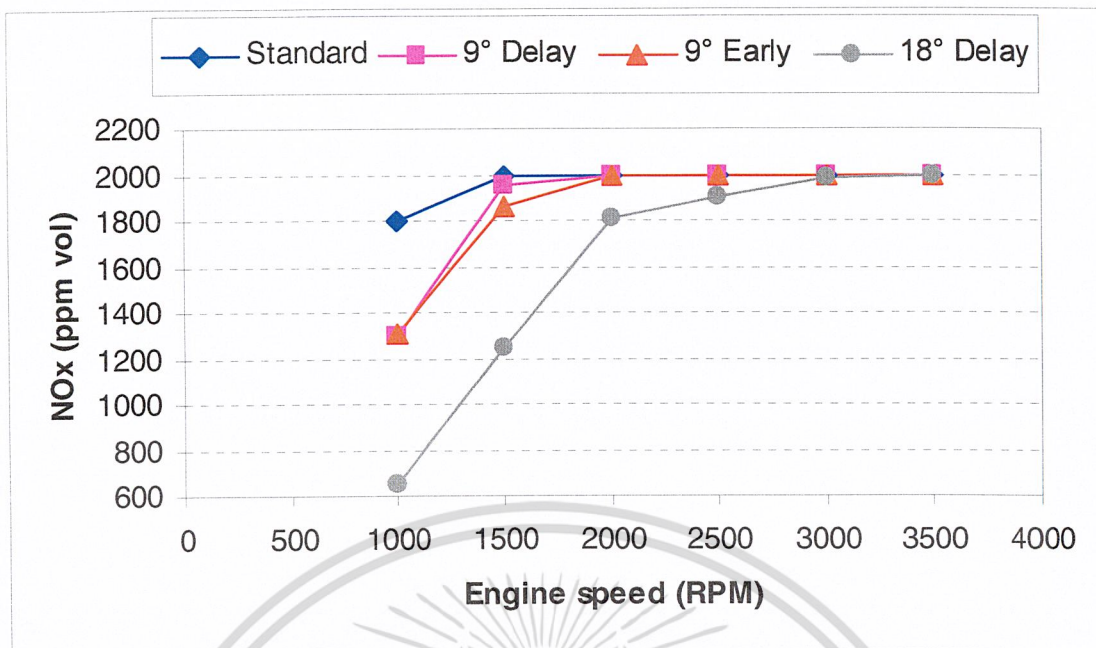
จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลง และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้น เนื่องจากการเพิ่มเวลาการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ให้กับเชื้อเพลิงนั้น ทำให้เชื้อเพลิงมีเวลาในการเผาไหม้ที่นานขึ้น ปริมาณ Hydrocarbon จึงลดลง ซึ่งตรงข้ามกับการที่ปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้น เป็นเหตุให้มีเวลาเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ลดลง



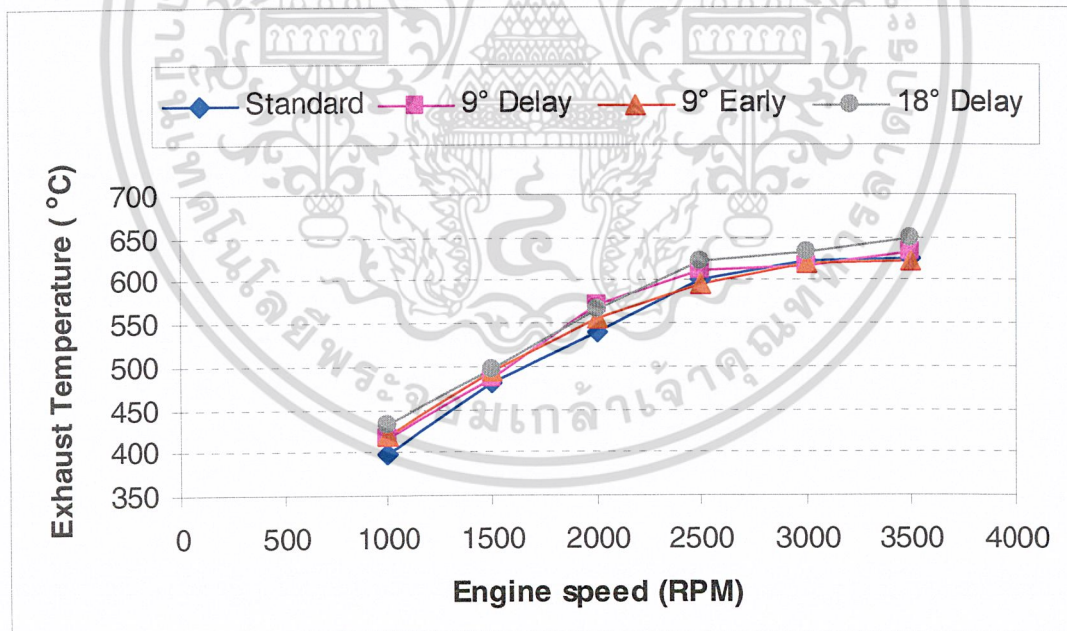
รูปที่ 6.8 เปรียบเทียบปริมาณ Hydrocarbon ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%

ในส่วนของ NO_x เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่า NO_x จะมีปริมาณน้อยในความเร็วรอบต่ำ และจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในความเร็วรอบที่สูงขึ้น ซึ่งถ้าพิจารณาจากจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียแล้วจะเห็นว่า NO_x มีปริมาณลดลงทั้งในการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น และช้าลง ในกรณีของการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้นนั้น ปริมาณ NO_x ลดลงได้เพราะการที่มีเวลาเผาไหม้น้อย จึงมีโอกาสดังเกิด NO_x ได้น้อยลง

ส่วนในกรณีจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลงนั้น วาล์วOverlap มีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง เพราะการที่วาล์ว Overlap มากย่อมทำให้มีก๊าซไอเสียย้อนกลับไปที่ท่อไอดีในปริมาณมาก ออกซิเจนที่เข้ามาจากท่อไอดีจึงน้อย ทำให้โอกาสที่ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยาเกิดเป็น NO_x จึงลดลงไปด้วย ซึ่งที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° ให้ NO_x ในปริมาณต่ำที่สุดทุกความเร็วรอบ เนื่องจากวาล์ว Overlap มากที่สุด



รูปที่ 6.9 เปรียบเทียบปริมาณ NOx ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%



รูปที่ 6.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อคงที่ 60%

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิของก๊าซไอเสียจะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันในแต่ละสภาวะทดลอง แต่อุณหภูมิของก๊าซไอเสียเมื่อทำการเปลี่ยนจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมีอุณหภูมิสูงกว่าจังหวะการเปิด-

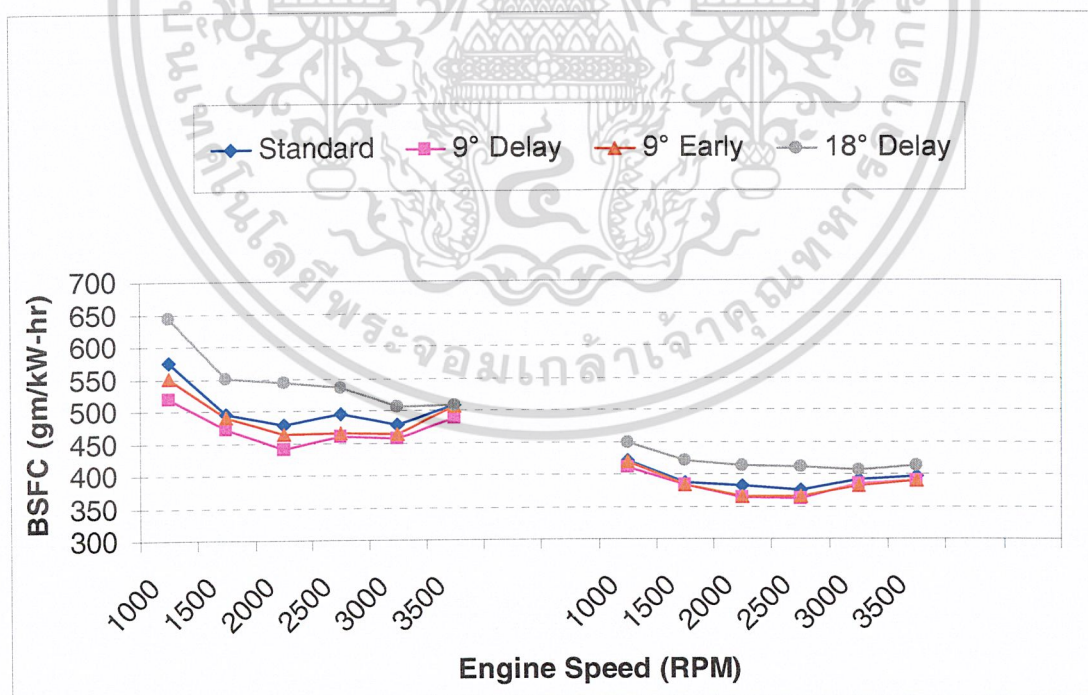
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐาน ซึ่งเราจะพิจารณาได้เป็น 2 กรณี คือ เมื่อทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลง โดยในกรณีนี้ไม่มีสาเหตุมาจากการที่เชื้อเพลิงมีเวลาในการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้นานขึ้น จึงสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

และในกรณีที่ปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้น ทำให้เชื้อเพลิงมีเวลาในการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้น้อยลง จึงมีเชื้อเพลิงบางส่วนเผาไหม้ต่อไปพร้อม ไอเสีย

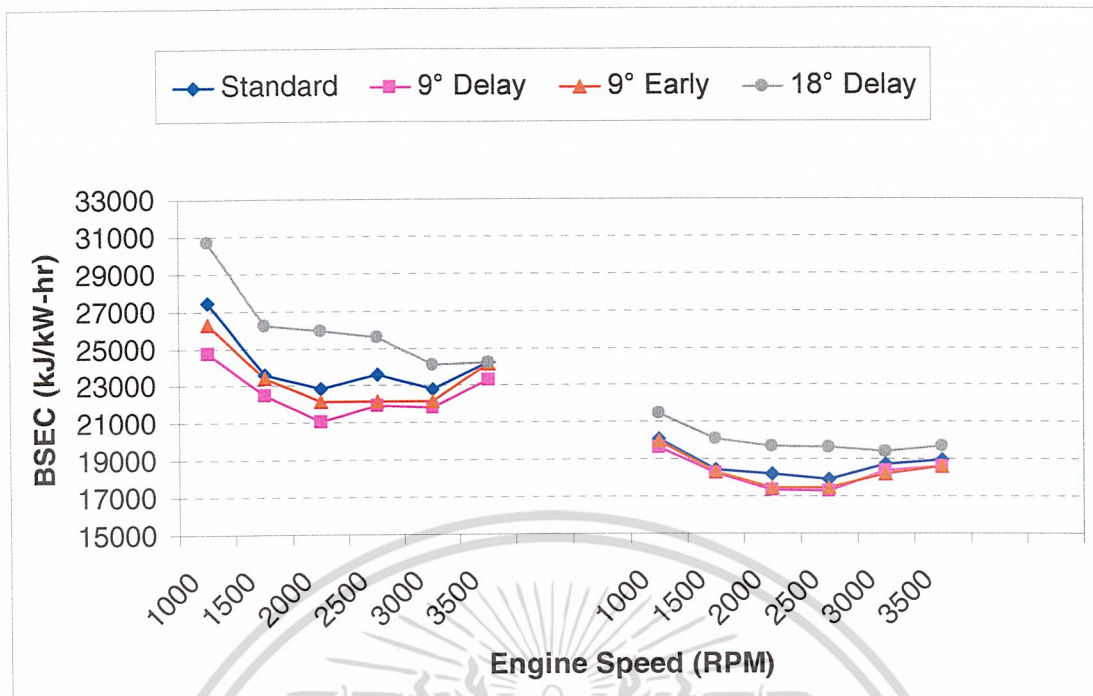
6.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยวัดแบบ BMEP (Break Mean Effective Pressure)

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้น และช้าลง 9° จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงทั้งที่สภาวะ 300 และ 500 kPa ซึ่งที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองมากที่สุดในทุกสภาวะการทดลอง แนวโน้มของกราฟจะเห็นได้ว่ารูปกราฟจะมีแนวโน้มเป็นรูปประฆังหงายโดยจะสรุปได้ว่าลักษณะของการที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากในรอบต่ำนั้นได้สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็นหลังจากนั้นมีแนวโน้มต่ำลงและในรอบสูงนั้นความสิ้นเปลืองที่สูงขึ้นเกิดเนื่องมาจากความเสียดทานของชิ้นส่วนที่เกิดการขยายตัวจากความร้อนทำให้ลักษณะกราฟโค้งขึ้นในรอบปลายซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกันในทุกภาวะ

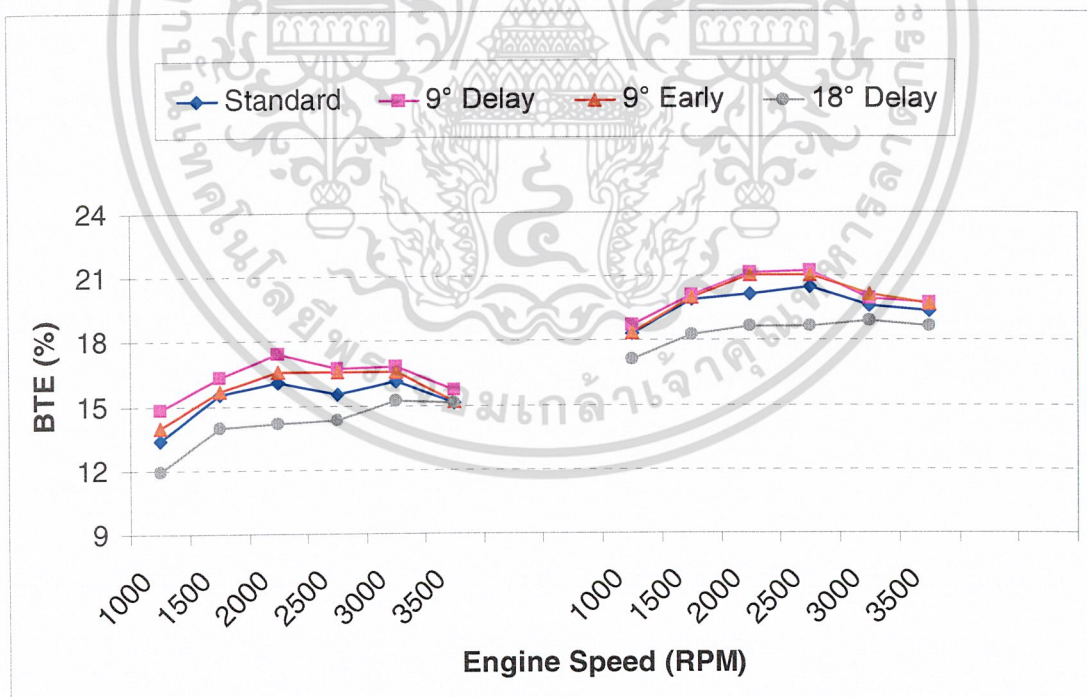


รูปที่ 6.11 เปรียบเทียบค่าการอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



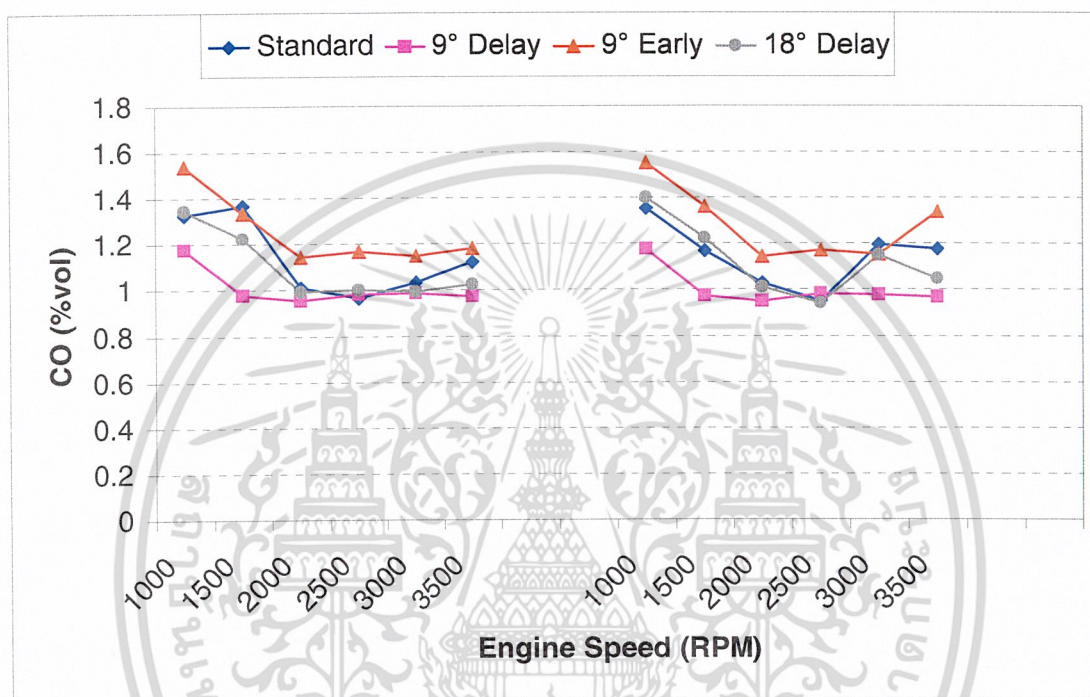
รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ



รูปที่ 6.13 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

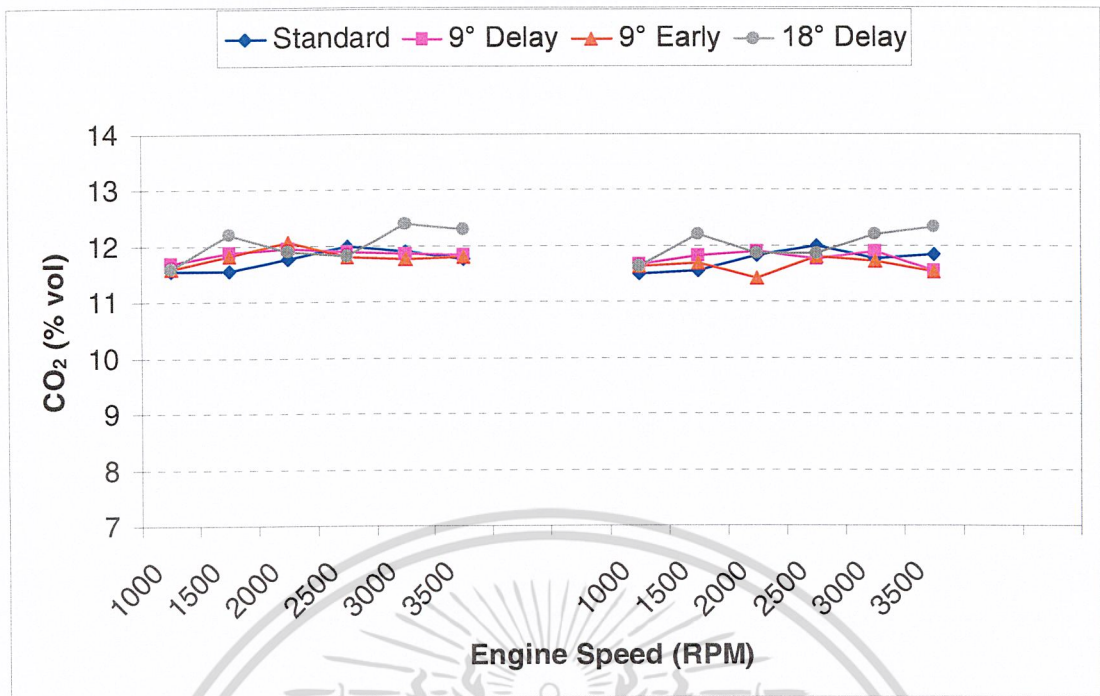
จากกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกตามรูป จะเห็นว่าที่จังหวะการเปิด-ปิด วาล์วไอเสียช้าลง 9° จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงที่สุดทั้งสภาวะ 300 และ 500 kPa รองลงมา คือจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° และจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐาน ตามลำดับ ส่วนที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกต่ำที่สุดในทุก ความเร็วรอบ และสภาวะทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกแปรผันตามอัตราการ สิ้นเปลือง



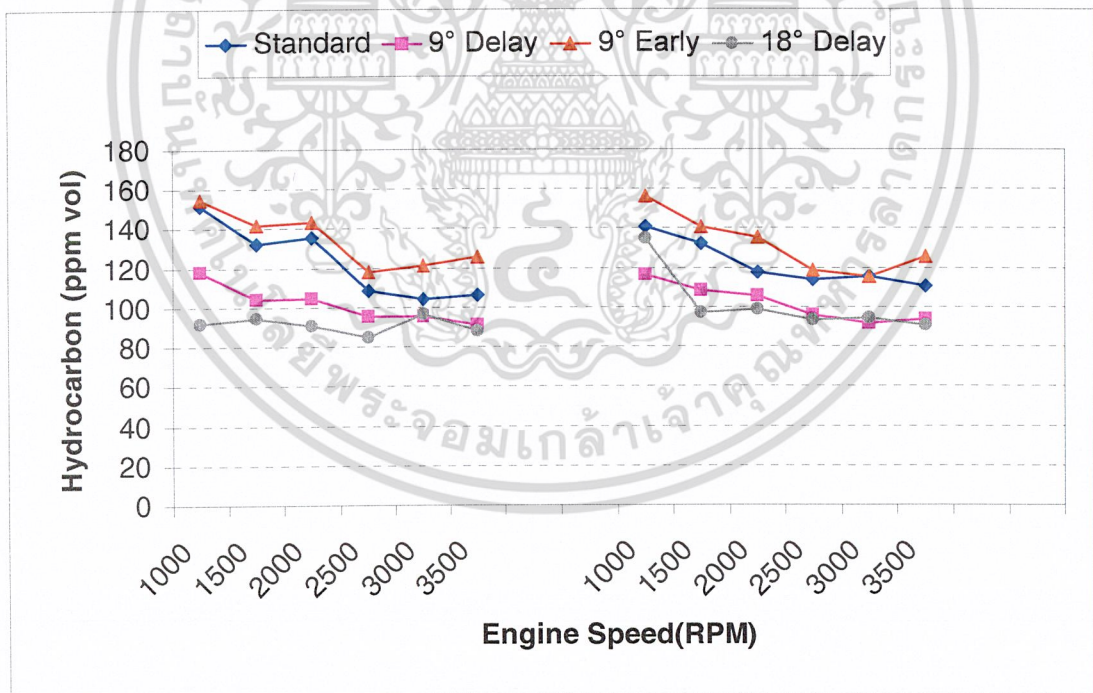
รูปที่ 6.14 เปรียบเทียบปริมาณ Carbonmonoxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่าง ๆ กัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ

ในการพิจารณาปริมาณ Carbonmonoxide จะสังเกตได้ชัดว่าที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° มีปริมาณสูงที่สุดทั้งที่สภาวะ 300 และ 500 kPa เนื่องจากช่วงเวลากการเผาไหม้น้อย การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้จึงยังไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิด Carbonmonoxide ในปริมาณที่มาก ต่างจากที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้นที่มีช่วงเวลาให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ในห้องเผาไหม้เพิ่มเติมที่ แต่จุดที่น่าสนใจนั้นอยู่ตรงที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9° มีปริมาณ Carbonmonoxide น้อยกว่าที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° ทั้งที่มีเวลาในการเผาไหม้นานกว่า ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากวาล์ว Overlap ที่มากกว่า ทำให้ก๊าซไอเสียไหลกลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีมากกว่า การเผาไหม้จึงสมบูรณ์น้อยกว่า

ส่วนปริมาณ Carbondioxide มีปริมาณใกล้เคียงกันเมื่อทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียทั้งเร็วขึ้น และช้าลง



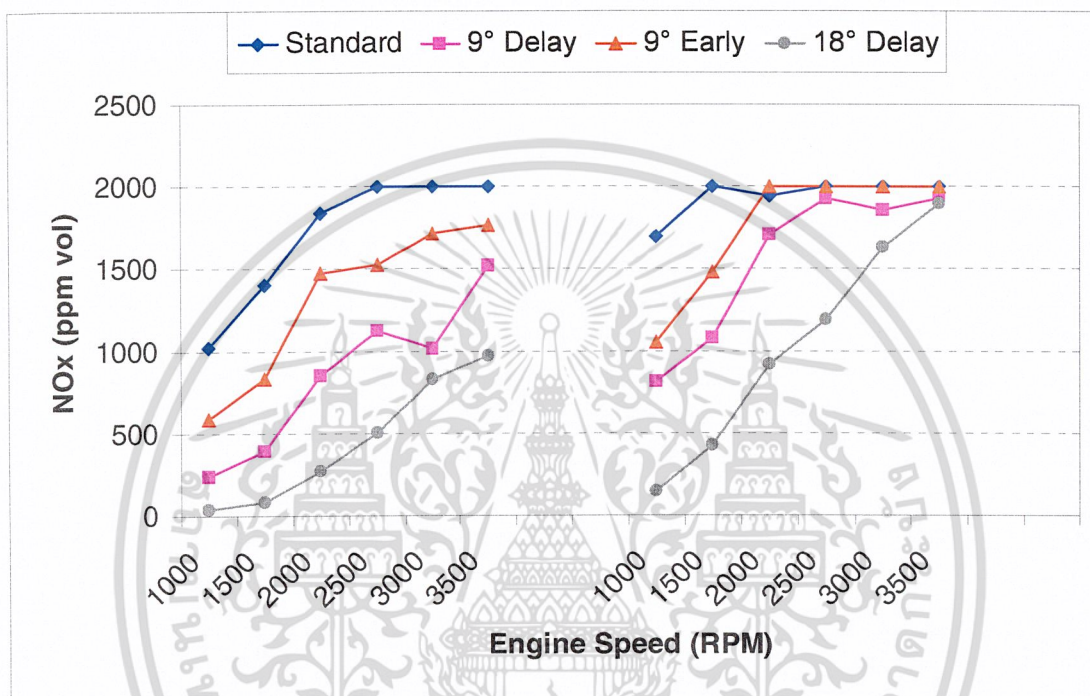
รูปที่ 6.15 เปรียบเทียบปริมาณ Carbon dioxide ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ



รูปที่ 6.16 เปรียบเทียบปริมาณ Hydrocarbon ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

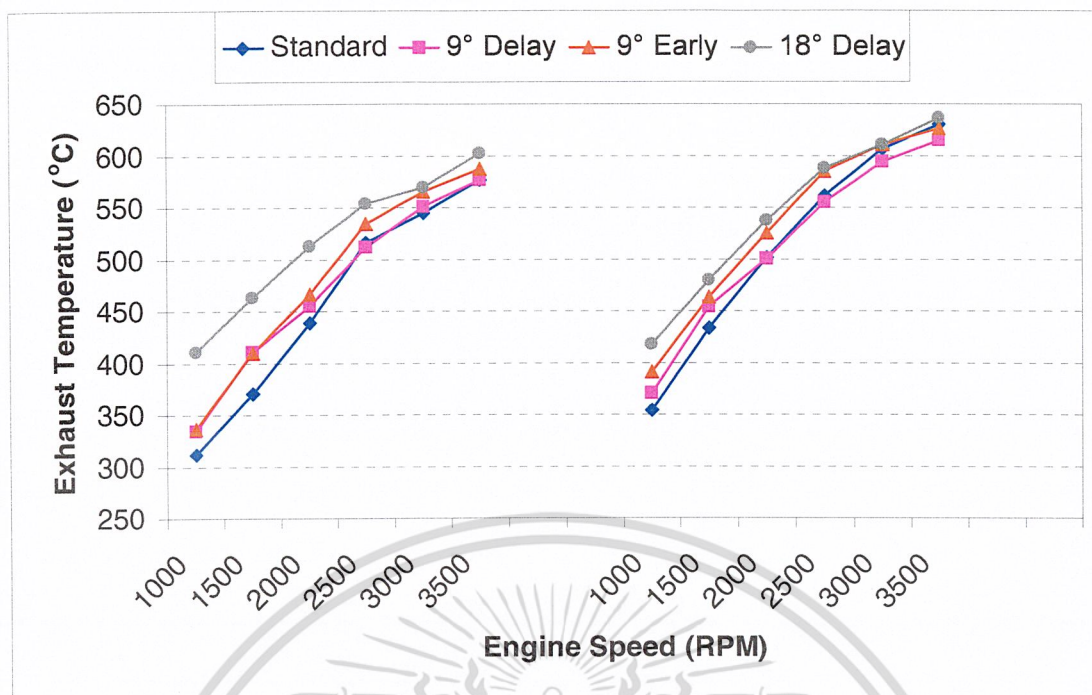
เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณ Hydrocarbon ที่สภาวะต่างๆแล้ว จะเห็นได้ชัดว่าปริมาณ Hydrocarbon มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9° จะมีปริมาณ Hydrocarbon สูงที่สุดทั้งที่สภาวะ 300 และ 500 kPa ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่มีเวลาในห้องเผาไหม้น้อยเชื้อเพลิงจึงเผาไหม้ได้ไม่เต็มที่ เป็นผลให้มี Hydrocarbon ในก๊าซไอเสียเป็นปริมาณมาก แต่การที่ปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลงนั้นส่งผลให้เชื้อเพลิงมีโอกาสเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ได้มากขึ้น Hydrocarbon ในก๊าซไอเสียจึงมีปริมาณต่ำ



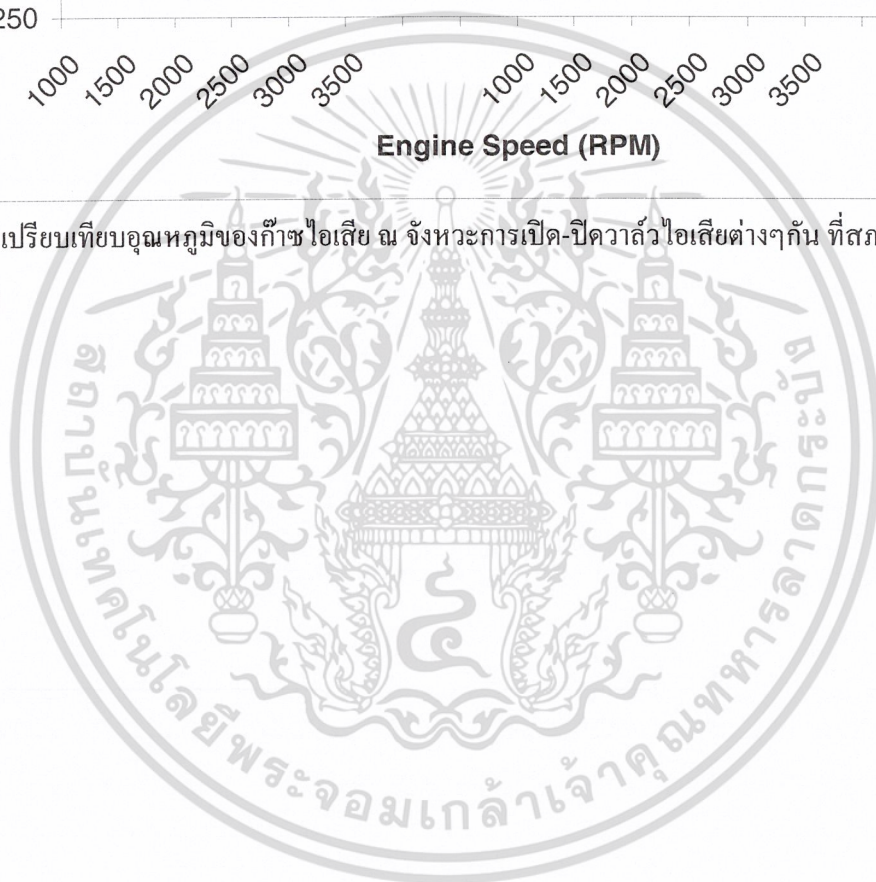
รูปที่ 6.17 เปรียบเทียบปริมาณ NOx ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ

ที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐานจะทำให้เกิดปริมาณ NOx สูงมาก ซึ่งเมื่อทำการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียแล้วจะสังเกตเห็นว่าปริมาณ NOx ลดลงอย่างมาก ซึ่งที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° จะมีปริมาณ NOx ต่ำที่สุดในทุกๆสภาวะการทดสอบ เนื่องจากการปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลงนั้นทำให้เกิดวาล์ว Overlap มากขึ้น เป็นเหตุให้ก๊าซไอเสียที่ย้อนกลับไปที่ห้องไอคิมมีปริมาณสูงขึ้น โดยเข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้เกิดการเกิด NOx ลดลงตามไปด้วย

จากเปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซไอเสียพบว่าที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° จะทำให้เกิดก๊าซไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงสุด ทั้งนี้จะมีสาเหตุมาจากการเกิดวาล์ว Overlap เพราะก๊าซไอเสียที่ไหลย้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีปริมาณมาก ทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นในห้องเผาไหม้มีปริมาณสูงขึ้น กอปรกับการที่เชื้อเพลิงมีเวลาในการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้นานขึ้น โดยจะสังเกตได้ว่าที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียมาตรฐานมีอุณหภูมิของก๊าซไอเสียต่ำที่สุด



รูปที่ 6.18 เปรียบเทียบอุณหภูมิของก๊าซไอเสีย ณ จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียต่างๆกัน ที่สภาวะภาระคงที่ต่างๆ



บทที่ 7

สรุปผลการทดสอบ

7.1 สรุปผลการทดลอง

จากข้อมูลต่างๆที่ได้ทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น การปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลง 9° นั้นส่งผลให้เครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบโดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีประสิทธิภาพสูงที่สุดรวมทั้งมลพิษในก๊าซไอเสียก็ลดลงด้วย ทั้งนี้สามารถสรุปผลการทดลองแต่ละสถานะได้ดังนี้

7.1.1 จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9°

เมื่อปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 9° แล้ว กำลัง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะดีขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากไฮโดรคาร์บอนนั้นถูกเผาไหม้มากขึ้นสังเกตได้จากปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในก๊าซไอเสียนั้นลดลง จึงส่งผลให้กำลังของเครื่องยนต์ดีขึ้นแต่ปริมาณ NO_x ที่ลดลงนั้นเกิดจากช่วงของ Valve overlap นั้นมีมากขึ้น ไอเสียบางส่วนจึงไหลย้อนกลับเข้ามาในท่อไอดีและจะไปแทนที่ไอดีบางส่วนที่จะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ปริมาณของ Oxygen ที่สามารถสันดาปได้จึงน้อยลง ปริมาณ NO_x ก็ลดลงตามไปด้วย

7.1.2 จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียเร็วขึ้น 9°

จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียที่เร็วขึ้น 9° ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิผลที่ดีขึ้นเช่นเดียวกัน และ NO_x ในก๊าซไอเสียมีปริมาณลดลง ทั้งนี้มีผลมาจากช่วงของ Valve overlap นั้นน้อยลงกว่าเดิมการไหลย้อนของไอเสียนั้นก็ลดลงตามไปด้วย แต่ปริมาณ Hydrocarbon และ Carbonmonoxide ในก๊าซไอเสียกลับเพิ่มขึ้นเป็นเพราะเวลาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้นั้นมีน้อยลงกว่าเดิม ทำให้เกิดการเผาไหม้ขึ้นนอกห้องเผาไหม้ค่าอุณหภูมิไอเสียจึงเพิ่มขึ้นด้วย

7.1.3 จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18°

ที่จังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียช้าลง 18° เป็นผลให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ก็ลดลงด้วย ทั้งๆที่ Hydrocarbon และ NO_x ในก๊าซไอเสียลดลง เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อ วาล์วไอเสียเปิด-ปิดช้าลงมากขึ้นแล้วช่วงของ Valve overlap ก็มากขึ้นด้วยการไหลย้อนของไอเสียผ่านวาล์วไอดีก็มากขึ้นด้วย ทำให้ปริมาณอากาศที่มี Oxygen ที่สามารถสันดาปได้นั้นเข้ามาน้อยลงเมื่ออากาศเข้าห้องเผาไหม้น้อยลงแล้ว ปริมาณ Nitrogen ในอากาศที่จะเข้าสู่ห้องเผาไหม้นั้นจึงลดลงด้วย NO_x ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นก็ลดลง

7.2 ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้เป็นการศึกษาทดลองที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ ผู้ที่จะทำการทดลองนั้นจึงต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์บ้าง เมื่อเครื่องยนต์เกิดมีสิ่งผิดปกติขึ้นแล้วจะสามารถวิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้อย่าง

รวดเร็ว อนึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ในการนั้นมีควมจุ 1,500 ซีซี ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่มีความจุสูงพอสมควร สำหรับการทดลองส่งผลให้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติที่เตรียมไว้นั้นถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว รวมทั้งถังบรรจุก๊าซนั้นสามารถบรรจุก๊าซธรรมชาติได้เพียง 12-13 กิโลกรัมการทดลองในแต่ละสภาวะจึงต้องใช้ก๊าซธรรมชาติหลายถัง

7.3 ปัญหาในการทดลอง

ในช่วงแรกของการทดลองนั้นมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องยนต์ไม่มากนัก การแก้ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์จึงใช้เวลามากสำหรับวิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังไม่มีข้อมูลที่แน่นอนเกี่ยวกับเครื่องยนต์มากนักจึงเกิดปัญหาต่างๆตามมา เมื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับเครื่องยนต์ได้แล้วก็ต้องเจอกับระเบียบที่ค่อนข้างเข้มงวดกับเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอีก ซึ่งระเบียบที่ทาง บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) นั้นกำหนดขึ้นสำหรับการขอเติมก๊าซธรรมชาตินั้นใช้เวลามากในการดำเนินการเพื่อให้ได้รับอนุญาตให้เติมได้

7.4 งานที่นํ่าจะทำต่อไปในอนาคต

เครื่องยนต์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองนั้นควรที่จะมีความจุน้อยลงอาจจะใช้เครื่องยนต์สูบเดียว เพราะว่าเชื้อเพลิงที่เตรียมไว้นั้นจะสามารถใช้ได้นานขึ้นจึงไม่ต้องเสียเวลาในการทำเรื่องขออนุญาตเติมก๊าซธรรมชาติบ่อยครั้ง เมื่อใช้เครื่องยนต์สูบเดียวแล้วก็น่าจะเปลี่ยนอุปกรณ์วัดกำลังของเครื่องยนต์ให้มีขนาดเล็กลงได้อีกซึ่งส่งผลถึงค่าใช้จ่ายต่างๆที่จะลดลงด้วย