



เครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ
NATURAL GAS INJECTION ENGINE

โดย



ร.ท.
๗ ๖๖ ๑
๒๕๔๔

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 45998
วัน, เดือน, ปี 27 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒๗/๒/๒๕๔๖

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|---------------|-----------------|--------------|----------|
| 1. นายฉัตรชัย | มานะศรี | รหัสประจำตัว | 42015342 |
| 2. นายเฉลิมชล | สังข์ชม | รหัสประจำตัว | 42015344 |
| 3. นายสกนธ์ | เพียรพนัสศักดิ์ | รหัสประจำตัว | 42015371 |



เครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ

นายฉัตรชัย	มานะศรี	42015342
นายเฉลิมชล	สังข์ชม	42015344
นายสกันธ์	เพียรพนัสลัก	42015371
ดร. จินดา	เจริญพรพาณิชย์	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า น้ำมันดิบ หรือ ปิโตรเลียม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน และเชื้อเพลิง ที่มีปริมาณการนำไปใช้มากที่สุดในโลกกำลังลดลงอย่างรวดเร็ว และราคาเพิ่มสูงขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากประชากรโลกที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งคาดการณ์ว่าแหล่งพลังงานดังกล่าวอาจหมดไปในไม่ช้านี้ จึงมีความพยายามที่จะหาพลังงานมาทดแทน ซึ่งก๊าซธรรมชาติอัด (Compresses natural gas) เป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้ในรถยนต์ แทนเชื้อเพลิงอย่างก๊าซโซลีน และ น้ำมันดีเซล เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ อาทิ เช่น ราคาถูก สามารถหาคู่พบได้ภายในประเทศ และ มลพิษที่ออกมากับไอเสียน้อยกว่า ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยในครั้งนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเนื้อหาโดยรวม กล่าวถึง การนำก๊าซธรรมชาติอัดมาใช้ในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน ซึ่งได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆของก๊าซธรรมชาติอัด และหลักการทำงานของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีนเพื่อเป็นแนวทางในการตัดแปลงจาก ระบบที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซโซลีน มาใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด และจะได้นำกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (Wolf 3D) มาใช้ในการปรับตั้งพารามิเตอร์(Parameter) ต่างๆ ให้ตรงกับความต้องการของเครื่องยนต์ เมื่อเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซอัดได้อย่างเหมาะสม รวมถึงการสังเกตลักษณะของสเปรย์ของก๊าซธรรมชาติอัดที่เกิดขึ้นที่ความดันต่างๆ ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ อีกทั้งปริมาณของมลพิษที่ปนออกมากับไอเสียจากนั้นจึงทำการเก็บค่าต่างๆ นำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

Natural Gas Injection Engine

Chatchai Manasri
 Chaleamchol Sungchom
 Skon Peanpanusak
 Dr. Chinda Charoenphonphanich Advisor

ABSTRACT

As it is well known nowadays that petroleum, the most worldwide exploited energy source/ fuel, is rapidly decreasing in its quantity but increasing in its price due to the multiplying rate of global population. Since such energy source is predicted to vanish soon, several efforts have been made to find a replacing energy. An alternative is compressed natural gas, which can replace the automobile fuels like gasoline and diesel. This new fuel offers several advantages such as low price, domestically available, scarcely emitting polluting exhaust. Said advantages inspire the theme of this research.

This thesis presents a total substance featuring following aspects : applying the compressed natural gas with the gasoline injection engine ; studying the attributes of the compressed natural gas ; and function principle of the gasoline injection engine. This thus sets possible an adaptation from the existing gasoline consuming system. Moreover, an engine function control box (Wolf 3D) will be installed to keep the parameter functioning in favor of the engine whose demand is now adjusted for the compressed natural gas. Not only that, constant observation was made at the spray of compressed natural gas arising at variable pressure and may impact the automobile efficiency as well as the polluting emission. Then the various values were gathered and compared with those of gasoline fuel in order to use the data of which for a further development of a higher engine efficiency.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดี หากมิได้รับการช่วยเหลือและร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึง ซึ่งเป็นบุคคลที่สำคัญอย่างมากที่ทำให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นได้ ก็คือ ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ ให้กำลังใจ ตลอดจนชี้แนะแนวทางแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยดีเสมอมา รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาชี้แนะ และให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งข้าพเจ้าทุกคนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้าทุกคนมีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งอุปการะเลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ ให้ความรัก ความเอาใจใส่ ในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าทุกคนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณนี้ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 เชื้อเพลิงก๊าซ	3
2.1 ก๊าซชีวมวล	3
2.2 ก๊าซชีวภาพ	3
2.3 ก๊าซธรรมชาติ	3
2.4 แนวโน้มการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในประเทศไทย	8
2.5 มาตรฐานของถังบรรจุก๊าซธรรมชาติอัด	9
บทที่ 3 ระบบเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีน	13
3.1 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์	13
3.2 ระบบเชื้อเพลิง	18
3.3 ระบบประจุอากาศ	22
3.4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	28
บทที่ 4 ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ	34
4.1 ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	34
4.2 ระบบจุดระเบิด	36
4.3 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	37
4.4 การสังเกตลักษณะสเปิร์กของก๊าซธรรมชาติที่ความดันต่างๆ	41
บทที่ 5 วิธีการทดสอบและการคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องยนต์	43
5.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	43
5.2 อุปกรณ์การทดสอบ	45

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์	48
บทที่ 6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	51
6.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีน	51
6.2 ผลการทดลองจากการวัดค่าไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีน	53
6.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ	54
6.4 ผลการทดลองจากการวัดค่าไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ	55
6.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีนกับหัวฉีด ก๊าซธรรมชาติ	56
6.6 การเปรียบเทียบไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีนกับหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ	57
บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง	59
7.1 สรุปผลการทดลอง	59
7.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติกับเชื้อเพลิงต่างๆ	7
2.2 ข้อดีข้อเสียของการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดกับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน	7
2.3 ขนาดของตัวถังบรรจุก๊าซ	12
5.3 ตาราง HCและCO ปริมาตร ตามที่กฎหมายกำหนดของประเทศสหรัฐอเมริกา	49



สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
2.1 แหล่งก๊าซธรรมชาติใต้ดิน	4
2.2 แหล่งก๊าซธรรมชาติใต้ทะเล	4
2.3 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติในระยะแรก	5
2.4 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติเมื่อมีโรงงานปิโตรเคมี	5
3.1 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์	13
3.2 ตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีด	13
3.3 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic	14
3.4 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic	15
3.5 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน	16
3.6 การเพิ่มระยะการฉีด	16
3.7 ส่วนประกอบของระบบ D-Jetronic	17
3.8 ส่วนประกอบของระบบ L-Jetronic	18
3.9 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง	18
3.10 ป้อนไฟฟ้า	19
3.11 ส่วนประกอบของกรองน้ำมัน	19
3.12 ท่อจ่ายน้ำมันในระบบเชื้อเพลิง	20
3.13 ตัวควบคุมความดัน	20
3.14 กราฟแสดงการควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง	21
3.15 หัวฉีดประจำสูบ	21
3.16 ส่วนประกอบของตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง	22
3.17 ส่วนประกอบของระบบประจุอากาศในระบบหัวฉีดแบบ L-Jetronic	22
3.18 การไหลของอากาศในระบบประจุอากาศ	23
3.19 มาตรการไหลของอากาศแบบใช้แผ่นวัด	23
3.20 มาตรการไหลของอากาศในระบบประจุอากาศ	24
3.21 ส่วนประกอบมาตรการไหลของอากาศ	24
3.22 หลักการวัดปริมาณอากาศของมาตรการไหลของอากาศ	25
3.23 เรือนลิ้นเร่ง	25
3.24 ตำแหน่งของสกรูปรับแต่งรอบเดินเบา	26
3.25 ลิ้นอากาศในระบบประจุอากาศ	27
3.26 ห้องบรรจุไอดี	27

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
3.27 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	28
3.28 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	28
3.29 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง	29
3.30 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัส ปิด-เปิด	29
3.31 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสแบบเชิงเส้น	30
3.32 ตัวตรวจจับสัญญาณ	30
3.33 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	31
3.34 ส่วนประกอบของสวิตช์ความร้อนเวลา	31
3.35 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	32
3.36 สัญญาณการจุดระเบิด	33
4.1 การทำงานโดยรวมของระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ	34
4.2 วงจรการใช้ก๊าซ CNG กับหัวฉีด	34
4.3 การไหลของก๊าซธรรมชาติอัดผ่านชุดควบคุมความดัน	35
4.4 ชุดควบคุมความดัน	35
4.5 การทำงานของระบบจุดระเบิด	36
4.6 กล้องควบคุมการทำงาน WOLF 3D	37
4.7 ส่วนประกอบของ WOLF 3D	38
4.8 การแสดงผลบนจอมอนิเตอร์ของแฮนคอนโทรลเลอร์	38
4.9 ค่าต่างๆที่อ่านได้จากแฮนคอนโทรลเลอร์	38
4.10 แสดงการรับสัญญาณ INPUT ,OUTPUT ของ WOLF 3D	39
4.11 เซ็นเซอร์อุณหภูมิอากาศ	39
4.12 เซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง 1	39
4.13 เซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง 2	40
4.14 เซ็นเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	40
4.15 ขนาดของ CANK ANGLE PLATE	40
4.16 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์องศาการจุดระเบิด	41
4.17 ตำแหน่งการติดตั้งออกซิเจนเซ็นเซอร์	41
4.18 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันหัวฉีด 0.5 bar ที่เวลาต่างๆ	41
4.19 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันหัวฉีด 1.0 bar ที่เวลาต่างๆ	42
4.20 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันห้องเผาไหม้ 0.5 bar ที่เวลาต่างๆ	42
4.21 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันห้องเผาไหม้ 1.0 bar ที่เวลาต่างๆ	42

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
5.1 เครื่องวัดไอเสีย	46
5.2 การติดตั้งเครื่องยนต์กับไดนาโมมิเตอร์	46
5.3 การใส่น้ำหนักให้สมดุลกับโหลดขณะทำการวัดประสิทธิภาพ	47
5.4 การวัดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน	48
6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (Torque) กับ ความเร็วรอบ (RPM)	51
6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power (กำลัง) กับ ความเร็วรอบ (RPM)	52
6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างTorque กับ ความเร็วรอบ (RPM) ที่ ลื่นเร่ง (Throtte) ต่างๆ	52
6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power กับ ความเร็วรอบ (RPM) ที่ Throtte ต่างๆ	53
6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ O ₂ , CO ₂ กับ ความเร็วรอบ (RPM)	53
6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ ความเร็วรอบ (RPM)	54
6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ ความเร็วรอบ (RPM)	54
6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O ₂ กับ ความเร็วรอบ (RPM) ที่ความดันต่างๆ	55
6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO ₂ กับ ความเร็วรอบ (RPM) ที่ความดันต่างๆ	55
6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างCO กับ ความเร็วรอบ (RPM) ที่ความดันต่างๆ	56
6.11 กราฟเปรียบเทียบระหว่าง Torque ของเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนกับก๊าซธรรมชาติ	56
6.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ ความเร็วรอบ (RPM)	57
6.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O ₂ กับ ความเร็วรอบ (RPM)	57
6.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO ₂ กับ ความเร็วรอบ (RPM)	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันปิโตเลียมซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีอัตราการใช้บริโภคมากที่สุดในโลกกำลังลดลงอย่างรวดเร็ว และคาดว่าจะหมดไปในเวลาอันไม่ช้านี้ จึงมีความพยายามที่จะนำเอาเชื้อเพลิงอื่นๆ มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน

และเนื่องจากลักษณะการใช้พลังงานในประเทศไทยยังจำเป็นต้องพึ่งพาน้ำมันดิบจากต่างประเทศจำนวนมาก จากสถิติที่ผ่านมา ไทยต้องสั่งนำมันดิบเข้ามาประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ใช้ทั้งหมดภายในประเทศ

ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันในอนาคตได้ ทั้งนี้เพราะก๊าซธรรมชาติอัดมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีหลายประการ และยังเป็นทรัพยากรที่จุดพบได้ในประเทศด้วย ซึ่งปัจจุบันทางการปิโตเลียมแห่งประเทศไทยได้มีโครงการติดตั้งระบบสำหรับใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิง ให้แก่รถแท็กซี่ที่วิ่งอยู่ตามแนวท่อก๊าซ เพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่งการติดตั้งดังกล่าวเป็นการติดตั้งระบบที่ใช้การจ่ายก๊าซแบบคาร์บูเรเตอร์ ดังนั้นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจึงไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

จากแนวคิดดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นของการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งจะได้นำระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ในการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์มากขึ้น และมลพิษที่ออกมาน้อยกว่า แล้วจากนั้นจะได้ทำการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อนำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด มาใช้ในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.2.2 เพื่อลดมลพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดการเผาไหม้จึงมีมลพิษน้อยมาก
- 1.2.3 เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนเป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิง แล้วทำการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป
- 1.2.4 เพื่อความประหยัด เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดมีราคาถูกกว่าก๊าซโซลีนมาก ดังนั้นหากหันมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด จะเป็นการลดต้นทุนในส่วนนี้ลงได้มาก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยจะได้นำเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน มาใช้ในการคิดแปลงให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติได้ ระบบต่างๆของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยน อาทิ เช่น ระบบจ่ายเชื้อเพลิง ระบบการจุดระเบิด ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น เมื่อได้ดัดแปลงส่วนต่างๆ

ในข้อต้นแล้วก็จะทำการทดลองใช้กับก๊าซธรรมชาติ และปรับแต่งเครื่องยนต์ให้ราบเรียบที่สุด พร้อมทั้งเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ต้องป้อนให้กับเครื่องยนต์ควบคู่กันไปด้วย ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการนำก๊าซธรรมชาติอัดมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และทำการทดสอบประสิทธิภาพและมลพิษที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไป

1.4 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงการนี้จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาคุณสมบัติต่างๆของก๊าซธรรมชาติอัด เพื่อที่จะได้รู้ถึงข้อดี ข้อเสีย ความคุ้มค่าในการนำมาใช้ในเครื่องยนต์แทนเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน รวมถึงศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้พื้นฐานอันดับแรกในการทำวิจัยครั้งนี้

จากนั้นเมื่อได้ศึกษารายละเอียดต่างๆในข้างต้นมาพอสมควรแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ การวิเคราะห์ว่าจะต้องทำการดัดแปลงส่วนใดบ้างของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน ซึ่งระบบที่จะได้ทำการดัดแปลง อาทิ เช่น ระบบจ่ายเชื้อเพลิง ระบบจุดระเบิด ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อการดำเนินงานต่างๆในขั้นต้นได้ระดับหนึ่งแล้ว จากนั้นจะทำการทดสอบ ประสิทธิภาพ และมลพิษของระบบหัวฉีดก๊าซโซลีนเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ จากนั้นจะทำการติดตั้งระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ แล้วปรับเครื่องยนต์ให้ทำงานได้อย่างราบเรียบ ซึ่งในกระบวนการนี้จะได้มีการศึกษาระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ควบคู่กันไปด้วย พร้อมทั้งเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมกับก๊าซธรรมชาติ อาทิ เช่น เวลาในการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด องศาในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำงานสัมพันธ์กับความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์ในขณะนั้น

หลังจากทำการเก็บค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วก็จะทำการทดสอบประสิทธิภาพ และ มลพิษ ของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับ ระบบที่ใช้ก๊าซโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งผลที่ได้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์ต่อไป

บทที่ 2

เชื้อเพลิงก๊าซ

เชื้อเพลิงก๊าซ (gaseous) หมายถึง ก๊าซทุกชนิดที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งก๊าซแต่ละชนิดจะให้ความร้อนจากการเผาไหม้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ฯลฯ

ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติ นอกจากนี้ก็สามารถได้จากกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น พวกก๊าซสังเคราะห์ หรืออีกทางหนึ่งอาจจะเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตสิ่งอื่นและได้ก๊าซมาโดยไม่ตั้งใจ เช่น ก๊าซที่ได้จากการถลุงเหล็ก เป็นต้น

ก๊าซที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป บางชนิดมีส่วนประกอบคล้ายกันแต่มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ก๊าซชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติอัด ก๊าซน้ำมัน และก๊าซที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ เป็นต้น

2.1 ก๊าซชีวมวล

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

2.2 ก๊าซชีวภาพ (bio-gas)

ก๊าซที่เกิดจากการหมักและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (organic substance) เช่น มูลสัตว์ประเภทต่างๆ ตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น วัชพืชและเศษอาหาร

2.3 ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas)

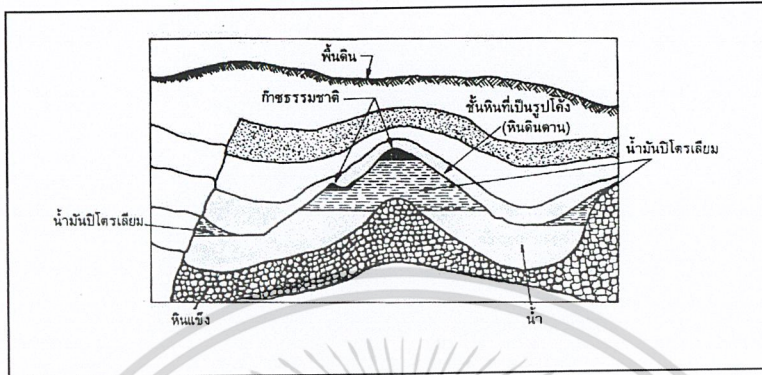
เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง โดยที่ธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุลเช่นเดียวกับน้ำมัน ธาตุสองชนิดนี้จะรวมตัวกันในสัดส่วนของอะตอมที่แตกต่างกันและให้สารประกอบที่ต่างกันด้วย เช่น มีเทน ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน 1 อะตอมกับ ไฮโดรเจน 4 อะตอม

ก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้จากแหล่งต่างๆ ของโลกอาจจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนล้วนๆ หรืออาจจะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ปะปนอยู่บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแหล่งก๊าซธรรมชาติแต่ละแห่งเป็นสำคัญ แต่โดยทั่วไปแล้วก๊าซธรรมชาติจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนในสัดส่วน 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปและมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่นปะปนอยู่ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีก๊าซประเภทอื่นเจือปนอยู่ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น

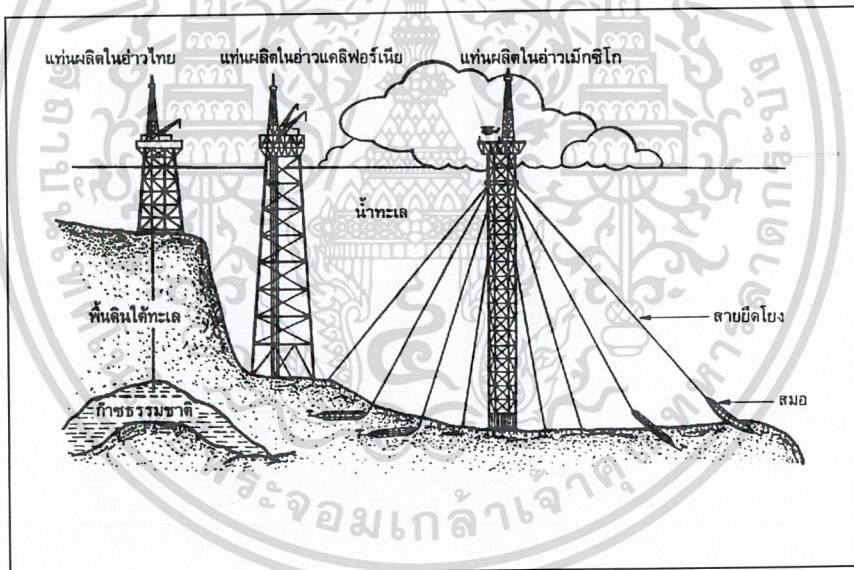
2.3.1 แหล่งกำเนิดก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติส่วนใหญ่จะอยู่ใต้พื้นดินลงไป ซึ่งอาจจะอยู่กับแหล่งน้ำมันดิบ หรืออาจถูกกักเก็บในแหล่งที่เป็นก๊าซล้วนๆ หรืออาจจะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ปะปนอยู่บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม

ล่อมของแหล่งก๊าซธรรมชาติแต่ละแห่งเป็นสำคัญ แต่โดยทั่วไปแล้วก๊าซธรรมชาติจะประกอบไปด้วยก๊าซมีเทนในสัดส่วน 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปและมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่นปะปนอยู่ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีก๊าซประเภทอื่นเจือปนอยู่ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แหล่งก๊าซธรรมชาติใต้พื้นดิน



รูปที่ 2.2 แหล่งก๊าซธรรมชาติใต้ทะเล

2.3.2 ชนิดของก๊าซธรรมชาติ

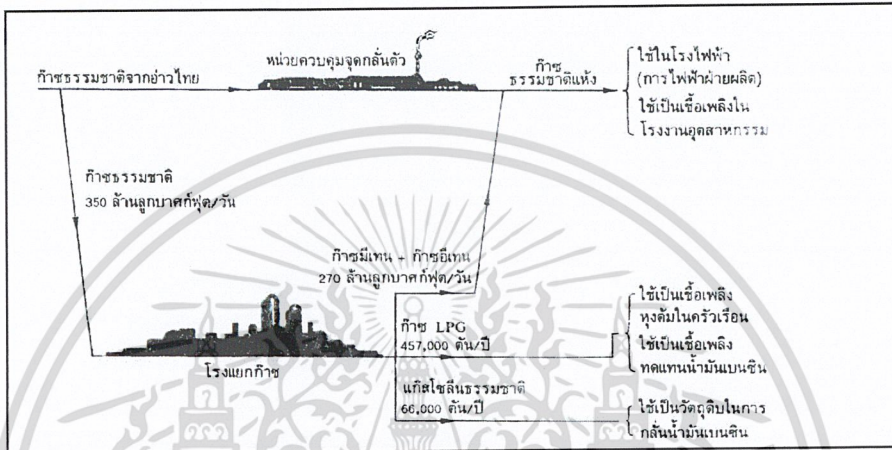
ก๊าซธรรมชาติแบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆ ได้ 2 ชนิดคือ ก๊าซธรรมชาติแห้ง (dry natural gas) และก๊าซธรรมชาติชื้นหรือเปียก (wet natural gas)

2.3.2.1 ก๊าซธรรมชาติแห้ง มีส่วนประกอบของก๊าซมีเทนและก๊าซอีเทน แต่มีปริมาณของก๊าซมีเทนมากกว่า มีสถานะเป็นไอหรือก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทพาราฟิน (lighter paraffin hydrocarbon) ก่อนนำไปใช้งานต้องมีการแยกสารมลทิน (impurity) ออกเสียก่อน

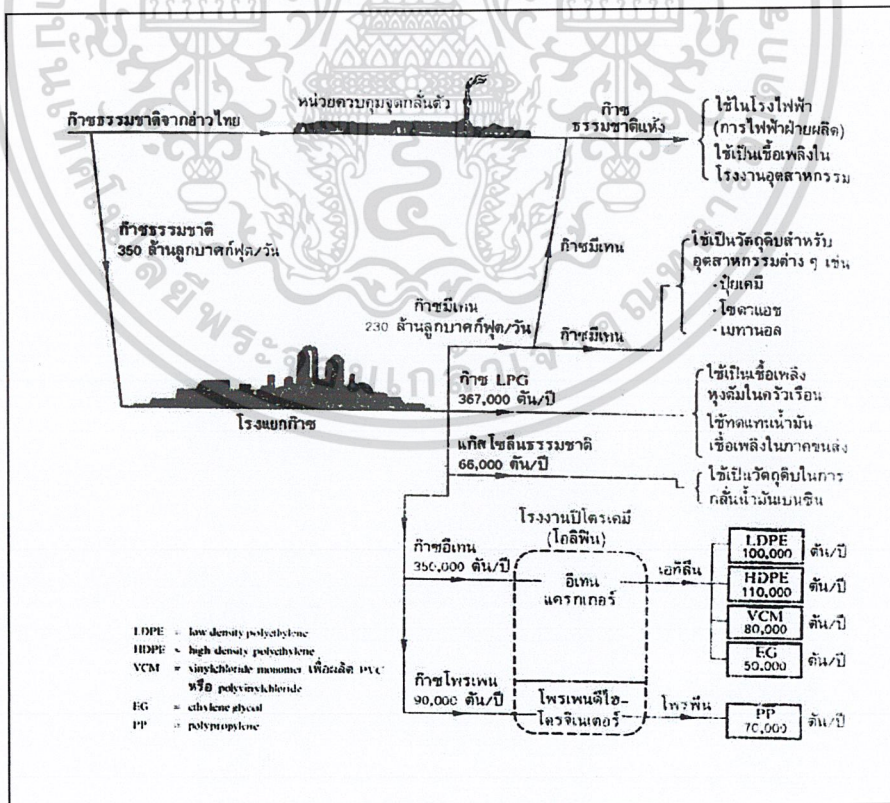
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 ก๊าซธรรมชาติชั้น

ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก (heavier paraffin hydrocarbon) คือ ประกอบด้วย โพรเพน และบิวเทน และอาจมีสารประกอบอย่างอื่นบ้าง เช่น เพนเทน เฮกเซน และเฮปเทน ก๊าซชนิดนี้จะมีสถานะเป็นไอหรือก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเช่นเดียวกับก๊าซแห้ง แต่สามารถทำให้กลั่นตัวเป็นของเหลวได้โดยลดความดันลงให้เหลือเพียง 70 ปอนด์ / ตารางนิ้ว แล้วแยกออกจากก๊าซธรรมชาติอัดใส่ถังเป็นก๊าซธรรมชาติเหลว (LPG)



รูปที่ 2.3 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติในระยะแรก



รูปที่ 2.4 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติเมื่อมีโรงงานปิโตรเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3 ก๊าซธรรมชาติอัด

เป็นก๊าซที่แยกออกมาจากก๊าซธรรมชาติประเภทก๊าซธรรมชาติแห้ง มีส่วนประกอบของมีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีอีเทน โพรเพน บิวเทน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ และอาจมีคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และสารอื่นๆ เจือปนบ้างเล็กน้อย เนื่องจากก๊าซมีเทนมีน้ำหนักเบากว่าอากาศ และเบากว่าโพรเพนและบิวเทนมาก ดังนั้นจึงต้องเก็บก๊าซธรรมชาติอัด หรือ CNG (compressed natural gas) ไว้ในถังที่สามารถรับความดันก๊าซได้สูงกว่า 2400 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรือ ประมาณ 163 เท่าของความดันบรรยากาศ ซึ่งเมื่อนำความดันไปเปรียบเทียบกับความดันในถังก๊าซ LPG แล้ว จะเห็นว่าการใช้ก๊าซ CNG จะต้องใช้ความดันสูงกว่าประมาณ 8 เท่า จึงเป็นสาเหตุให้ไม่มีผู้นิยมใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบหลักเป็นมีเทนในกระบวนการอุตสาหกรรมและยานพาหนะทั่วไป

ถึงแม้ในถังจะมีความดันสูงมากแต่ก๊าซ CNG ก็ยังคงสภาพความเป็นก๊าซอยู่ได้ ดังนั้นเมื่อนำออกมาใช้จึงสะดวกและมีสภาพเป็นไอได้ดีกว่าก๊าซหุงต้ม (LPG) เพราะเมื่อก๊าซ LPG ถูกอัดอยู่ในถังจะมีสภาพเป็นของเหลว และจะมีสภาพเป็นไอเมื่อปล่อยออกมาสู่บรรยากาศภายนอก ดังนั้นสภาพเป็นไอของก๊าซ CNG จึงดีกว่า หากนำก๊าซ CNG มาใช้กับรถยนต์จะต้องใช้ถังสำหรับเก็บก๊าซ CNG ที่มีคุณสมบัติทนความดันสูงๆ ได้จึงจะสามารถบรรจุก๊าซ CNG ได้มาก

ในต่างประเทศได้มีการนำเอาก๊าซ CNG มาใช้กับรถยนต์มานานแล้ว สำหรับประเทศไทยก็ได้มีการทดลองนำเอาก๊าซ CNG มาใช้กับรถประจำทาง นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลอง และวิจัยถึงความเหมาะสมที่จะนำเอาก๊าซ CNG มาใช้กับรถยนต์ในอนาคตด้วย

การที่ก๊าซ CNG มีกลิ่นฉุนเพราะได้มีการเติมสารเมอร์แคปเทนลงไป เพื่อจะได้ทราบจากกลิ่นเมื่อมีการรั่วจากถังหรืออุปกรณ์ต่างๆ ได้โดยง่าย ก๊าซ CNG ต่างกับน้ำมันเบนซินตรงที่เป็นก๊าซไม่ใช่ของเหลว จึงทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และสะอาดกว่า เกิดเขม่าน้อยกว่า และไม่มีตะกั่วในไอเสีย เนื่องจากก๊าซ CNG มีค่าออกเทนสูงกว่าโดยไม่ต้องเติมสารตะกั่ว มีอุณหภูมิจุดติดไฟสูงถึง 704 องศาเซลเซียส ดังนั้นโอกาสที่จะทำให้เกิดการชิงจุดก่อนในเครื่องยนต์จึงไม่มี อย่างไรก็ตามการใช้ก๊าซ CNG กับรถยนต์ก็อาจจะทำให้ประสิทธิภาพและอัตราความเร็วลดลงไปกว่าเดิมเล็กน้อย เนื่องจากค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่ำกว่าเบนซินและก๊าซ LPG เมื่อคิดเทียบจากปริมาตร (ที่มีสภาพเป็นไอ) เท่ากัน

เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกับน้ำมันและก๊าซหุงต้ม (LPG) แต่วิธีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

คุณสมบัติของก๊าซ CNG

1. สถานะปกติมีสภาพเป็นก๊าซ
2. ก๊าซธรรมชาติอัดมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าอากาศ จึงมีคุณสมบัติเบากว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อก๊าซรั่วออกมา จึงกระจายไปในบรรยากาศอย่างรวดเร็ว
3. ค่าออกเทน โดยทั่วไปจะสูงกว่า 120 จึงสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในรถยนต์ได้เป็นอย่างดี
4. ก๊าซธรรมชาติ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน จึงเติมกลิ่นลงไปเพื่อให้รู้ว่ามีอาการรั่วเกิดขึ้น

5. เป็นก๊าซที่ไม่มีพิษ แต่ถ้าอยู่ในส่วนผสมของอากาศมาก จะทำให้สภาวะอากาศในขณะนั้นเกิดการขาดออกซิเจน

คุณสมบัติ	เบนซิน	ดีเซล	LPG	CNG
สถานะปกติ	ของเหลว	ของเหลว	ก๊าซ	ก๊าซ
ความหนาแน่น	0.73	0.83	0.64	0.14
จุดเดือด	25 - 100	150 - 360	-50 - 0	-162
ความร้อนจำเพาะ	43.5	42.5	46.1	47.7
อุณหภูมิระเบิดในอากาศ	220	220	400	540
ช่วงติดไฟ ค่าสูง	8	6.5	15	15
อากาศ (% ปริมาตร) ค่าต่ำ	0.6	0.6	1.5	5
อากาศที่ใช้ในการสันดาป	14.8	14.5	15.5	17.2
ค่าออกเทน	91		105	120

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติอัดกับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ข้อดี	ข้อเสีย
<p>1. ประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จากข้อมูลของประเทศไทย พบว่า ราคาของก๊าซธรรมชาติอัดเมื่อเทียบกับค่าสมมูลความร้อนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร จะมีราคาถูกกว่าประมาณ 50 %</p> <p>2. ลดค่าบำรุงรักษาและเพิ่มอายุเครื่องยนต์ เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสถานะก๊าซ จึงเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ไม่มีเขม่าเกาะที่ลูกสูบและไม่มีเขม่าไปรวมตัวกันที่น้ำมันเครื่อง จากสถิติพบว่าสามารถยืดอายุน้ำมันเครื่องได้ 15000 กิโลเมตร / ครั้ง และยืดอายุเครื่องยนต์ได้ถึง 2 เท่า</p> <p>3. ลดมลภาวะ เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดสามารถเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และในเชื้อเพลิงไม่มีสารตะกั่วเจือปน ดังนั้นจึงช่วยลดมลพิษได้ถึง 90 %</p> <p>4. เครื่องยนต์เดินเรียบและติดเครื่องง่ายกว่าขณะ</p>	<p>1. จำกัดดีในระยะเวลาวิ่ง เมื่อเทียบปริมาตรความจุของก๊าซธรรมชาติอัดกับน้ำมันเบนซินที่ปริมาตรเดียวกัน น้ำมันเบนซินเมื่อกลายเป็นไอจะมีปริมาณมากกว่าก๊าซ ธรรมชาติอัด ซึ่งถ้าต้องการให้รถยนต์วิ่งได้ระยะทางเท่ากับเมื่อใช้น้ำมัน จะต้องเพิ่มถังบรรจุก๊าซ ธรรมชาติอัดให้มากขึ้น</p> <p>2. จำกัดช่องว่างในการบรรทุกน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากต้องการใช้ถังบรรจุก๊าซเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติม จึงเป็นการเพิ่มน้ำหนักแก่ตัวรถ ทำให้เสียพื้นที่ในการบรรทุกของด้วย</p> <p>3. ปัญหาความสะดวกในการหาแหล่งเติมก๊าซธรรมชาติอัดเนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีระบบท่อก๊าซมากพอ จึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการตั้งสถานีบริการตามแนวท่อ นอกจากนี้สถานบริการแบบแม่กับลูกต้องมีเงินลงทุนสูง ผู้ลงทุนจำเป็นต้องคำนึงความคุ้มทุน จึงอาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ติดตั้งแปลงรถในการหาสถานีเติมก๊าซ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>อากาศเย็น เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดมีสถานะเป็น ก๊าซจึงทำให้สามารถติดเครื่องได้ดีกว่า เพราะเครื่องยนต์ไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนในการอุ่นเครื่อง นอกจากนี้ค่าออกเทนของก๊าซธรรมชาติอัดยังสูงกว่า ซึ่งมีผลในการป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์ได้</p> <p>5.มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆออกแบบมาเพื่อให้มีความทนทานต่อความดันสูง และในกรณีที่ก๊าซรั่ว ก๊าซธรรมชาติมีคุณสมบัติเบากว่าอากาศจึงกระจายสู่บรรยากาศแทนที่ขังตัวอยู่ในที่ต่ำเหมือนเชื้อเพลิงต่างๆ นอกจากนี้ช่วงการติดไฟของก๊าซธรรมชาติอัดอยู่ในช่วง 5-15% โดยปริมาตรและอุณหภูมิประมาณ 1200 องศาฟาเรนไฮต์ถ้าเป็นน้ำมันเบนซินจะมีค่าประมาณ 0.6-8 % ที่ 800 องศาฟาเรนไฮต์</p>	<p>4.กำลังเครื่องยนต์ลดลง10-15% เนื่องจากค่าความร้อนของก๊าซธรรมชาติเมื่อเทียบเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงจะต่ำกว่าประมาณ 10-15 %</p> <p>5.ค่าตัดแปลงและราคาอุปกรณ์ค่อนข้างสูง เนื่องจากจำเป็นต้องใช้วัสดุที่ทนความดันสูงและมีมาตรฐาน ความปลอดภัย ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆยังหายาก จึงทำให้ราคาตัดแปลงค่อนข้างสูงด้วย</p>
--	---

ตารางที่ 2.2 ข้อดีข้อเสียของการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดกับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน

2.4 แนวโน้มการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในประเทศไทย

เนื่องจากลักษณะการใช้เชื้อเพลิงในประเทศไทยยังจำเป็นต้องพึ่งพาน้ำมันดิบจากต่างประเทศจำนวนมาก จากสถิติที่ผ่านมา ประเทศไทยยังต้องสั่งน้ำมันดิบเข้ามาประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ใช้ทั้งหมดในประเทศ และในจำนวนนี้ภาคการขนส่งเป็นภาคที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากที่สุด จึงได้มีการพัฒนาหาเชื้อเพลิงอื่นๆเพื่อทดแทนน้ำมัน เช่น การนำก๊าซหุงต้มมาใช้ในรถยนต์ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งกำลังอยู่ในขั้นศึกษาและทดสอบอยู่ และคาดว่าจะสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันในอนาคตได้ ทั้งนี้เพราะก๊าซธรรมชาติอัดมีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีหลายประการ และก๊าซธรรมชาติอัดยังเป็นเชื้อเพลิงที่ขุดพบในประเทศไทยด้วย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและทดสอบการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดโดยใช้รถขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ (ขสมก) ในเขตการเดินรถแถวสำโรง ปู่เจ้าสมิงพราย โดยทำการเก็บข้อมูลและทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ก๊าซธรรมชาติกับรถยนต์โดยสาร ขสมก สำหรับการปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท) มีโครงการที่จะทดลองใช้ก๊าซธรรมชาติอัดกับรถยนต์หรือกลุ่มรถยนต์ที่วิ่งใช้งานอยู่ตามแนวท่อก๊าซธรรมชาติด้วย

อย่างไรก็ตาม การใช้ก๊าซธรรมชาติเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์นั้นอาจมีลักษณะแนวโน้มจำเพาะบางประการ คือ

1. ลักษณะของการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในรถยนต์มุ่งที่จะพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล

2. แนวทางการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในรถยนต์นั้น ในขั้นต้นจะเริ่มเฉพาะในเขตกรุงเทพฯ และบริเวณตามแนวท่อก๊าซธรรมชาติผ่าน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการตั้งสถานีบริการก๊าซธรรมชาติอัดตามแนวท่อซึ่งมีการลงทุนต่ำ สำหรับในเขตกรุงเทพฯ ชั้นในนั้นอาจมีการลงทุนตั้งสถานีบริการก๊าซธรรมชาติอัดระบบแม่กับลูก ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคในการวางท่อที่ยังจะต้องพิจารณาถึงระบบผังเมืองและการจราจรด้วย อย่างไรก็ตามการที่จะตั้งสถานีบริการระบบใดนั้นคงต้องมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมและการลงทุน เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะและแนวทางการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในรถยนต์

3. การใช้ก๊าซธรรมชาติอัดในรถยนต์นั้นเหมาะกับหน่วยงานที่มีรถยนต์เป็นกลุ่มๆ จำนวนมากๆ เช่น ขสมก องค์การโทรศัพท์ กฟผ เทศบาล หรือ บขส. เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเติมก๊าซธรรมชาติอัดภายหลังการใช้งานประจำวัน

4. ด้านการเปลี่ยรถยนต์มาใช้ก๊าซธรรมชาติอัด ในปัจจุบันอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดัดแปลงยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้มีราคาแพง และเสียเวลาในการขนส่ง อย่างไรก็ตามถ้ามีการใช้ก๊าซธรรมชาติอัดทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงแพร่หลายขึ้น อุปกรณ์ต่างๆ อาจจะมีราคาถูกลงกว่าปัจจุบัน

5. ในแง่ของรัฐบาล อาจจะต้องให้การสนับสนุนหรือส่งเสริมให้ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดมากขึ้นเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง โดยอาจช่วยเหลือด้านเงินทุนในการดัดแปลง หรือช่วยเหลือในรูปแบบของการลดภาษีให้แก่รถยนต์ที่ดัดแปลงมาใช้ก๊าซธรรมชาติอัด

2.5 มาตรฐานของถังบรรจุก๊าซธรรมชาติอัด

ถังที่ใช้บรรจุก๊าซธรรมชาติสำหรับรถ NGV โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลัก ๆ คือถังที่ทำด้วย เหล็กหรือ อลูมิเนียม และถังที่ทำด้วยพลาสติกและเสริมด้วยวัสดุใยแก้ว แต่เนื่องจากถังบรรจุก๊าซมักมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก จึงมีการพัฒนาเพื่อให้น้ำหนักเบาลงและมีความทนทานมากขึ้น

2.5.1 ชนิดของถังบรรจุก๊าซธรรมชาติอัด

ชนิดที่ 1 ทำด้วยเหล็ก หรือ อลูมิเนียม

ชนิดที่ 2 ทำด้วยเหล็ก หรือ อลูมิเนียม และหุ้มด้วยวัสดุใยแก้ว 5/ หรือเส้นใยคาร์บอน 6/ ล้อม รอบด้วยถัง

ชนิดที่ 3 ทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมที่บางกว่าชนิดที่ 2 และหุ้มด้วยวัสดุใยแก้วหรือเส้นใยคาร์บอนตลอดตัวถัง

ชนิดที่ 4 ทำด้วยแผ่นพลาสติกและหุ้มด้วยวัสดุใยแก้วและเส้นใยคาร์บอนผสมกัน

ชนิดแรกจะมีน้ำหนักมากที่สุด แต่ต้นทุนต่ำสุด ส่วนชนิดที่ 3 และ 4 มีน้ำหนักเบาที่สุด แต่ต้นทุนค่อนข้างสูงกว่า

2.5.2 การรับรองมาตรฐานของถังบรรจุก๊าซธรรมชาติอัด

การรับรองมาตรฐานของถังบรรจุก๊าซมีหน่วยงานทั้งที่เป็นภาครัฐและหน่วยงานอาสาสมัครเข้ามาดำเนินการ ได้แก่มาตรฐาน NGV2, FMVSS 304, CAS B-51 Part 2 และ ISO/DIS 11439 เป็นต้น

NGV 2 เป็นมาตรฐานของหน่วยงานอาสาสมัครของสหรัฐอเมริการับรอง โดย The American National Standards Institute เมื่อเดือนสิงหาคม 2535 มาตรฐานในส่วนนี้เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบและตรวจสอบคุณภาพของถังเพื่อการรับประกันคุณภาพ

FMVSS 304 เป็นกฎระเบียบที่ออกโดย The U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (Dot- NHTSA) เนื่องจากในช่วงที่ผ่านมาอุตสาหกรรมผลิตรถ NGV ประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพของถังซึ่งเกิดรอยแตกและทำให้เกิดการรั่วของก๊าซ หน่วยงานดังกล่าวจึงได้ออก มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับรถ NGV ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2539 โดยกฎระเบียบนี้กำหนด ให้มีการทดสอบคุณภาพของถังบรรจุก๊าซเพื่อความปลอดภัย การทดสอบจะครอบคลุมในเรื่องของการระเบิด รอบการใช้งาน การถูกไฟไหม้ และการรั่วซึม

CAS B-51 Part 2 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศแคนาดาที่กระจายอำนาจให้ท้องถิ่นรับรองมาตรฐานของถังบรรจุก๊าซ

ISO/DIS 11439 พัฒนามาจาก ISO TC 58/SC 3/WG 17 โดยคณะกรรมการซึ่งอยู่ภายใต้ the international Association of Natural Gas Vehicles ในช่วงกว่าสามปีที่ผ่านมา คณะกรรมการของ ISO /DIS 11439 , NGV 2 และ CAS B-51 Part 2 ได้มีการปรับประสานมาตรฐานให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานที่จำเป็นต้องมีการทดสอบ โดยครอบคลุมถึงสภาพการใช้งาน การรับประกันคุณภาพ การทดสอบวัสดุที่ใช้ การทดสอบการผลิต

2.5.3 การทดสอบคุณสมบัติของถัง ดังนี้

1. สภาพการใช้งาน (Service Conditions)

ได้กำหนดมาตรฐานการออกแบบ การทดสอบ และความปลอดภัยของถังให้มีอายุการใช้งานไม่เกิน 20 ปี ที่ระดับแรงดัน 200-240 บาร์ (200- 240 เท่า ของบรรยากาศ) ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (หรือเท่ากับ 3000 – 3600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ณ อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮท์) และกำหนดให้ถังบรรจุก๊าซต้องมีการตรวจสอบทุก ๆ 3 ปี หรือหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ

2. การรับประกันคุณภาพ (Quality Assurance)

เกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการทดสอบและตรวจสอบสภาพของถัง เพื่อให้ผู้ผลิตถังได้ตามมาตรฐานการออกแบบและทดสอบซึ่งส่วนใหญ่จะควบคุมดูแลโดยหน่วยงานของรัฐและมีคณะกรรมการ NGV 2 เป็นผู้กำหนดแนวทางปฏิบัติในด้านนี้ทั้งนี้ผู้ผลิตซึ่งมีระบบตรวจสอบคุณภาพจะต้องมีการลงทะเบียนให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO 9001-9002 เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบและทดสอบการผลิต หรืออาจจ้างผู้ตรวจสอบอิสระเข้ามาทำหน้าที่ตรวจสอบและทดสอบระบบคุณภาพ ของผู้ผลิตเป็นระยะ ๆ โดยผู้ตรวจสอบจะต้องให้การรับรองว่าวัสดุที่ใช้และการออกแบบเป็นไปตามมาตรฐาน ที่กำหนด

3. วัสดุและการทดสอบ วัสดุที่ใช้ (Materials and Material Testing)

ตัวถังบรรจุก๊าซที่เป็นถังชั้นนอกและถังชั้นใน ต้องทำด้วยเหล็กหรืออลูมิเนียม ซึ่งได้รับการทดสอบแล้วว่ามีความแข็งแรง ทนต่อแรงกระแทกและการผุกร่อน ในส่วนที่เสริมด้วยเส้นใย ต้องทำจากเส้นใยคาร์บอนและเส้นใยแก้วตามสัดส่วนที่กำหนด ซึ่งทดสอบแล้วว่าทนต่อแรงระเบิดได้ นอกจากนี้เรซินที่ใช้ครอบต้องเป็นวัสดุพลาสติก ที่ทำให้อ่อนตัวได้โดยใช้ความร้อน โดยคุณสมบัติเดิมไม่เปลี่ยนแปลง (Thermoplastic) หรือเป็นพลาสติกชนิดที่ถูกความร้อนครั้งหนึ่งแล้วก็หมดคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Thermosetting plastic)

4. การทดสอบการผลิต (Batch and Production Testing)

เป็นการสุ่มตัวอย่างในการ ผลิตแต่ละครั้ง เพื่อทดสอบให้มั่นใจว่าในการผลิตถังบรรจุก๊าซแต่ละครั้ง มีการออกแบบ และทำตัวถังเหมือนกันทุกครั้ง หรือความคงที่ในกระบวนการผลิต โดยไม่มีการปรับลดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการผลิต การทดสอบจะรวมถึงการขยายตัวของถังชั้นนอกและถังชั้นใน การเคลื่อนที่ การรั่ว ความสมดุลของของเหลว การระเบิด และระยะเวลาการใช้งานให้แน่ใจ

5. การทดสอบคุณสมบัติของถัง (Qualification Testing)

เป็นการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าการออกแบบถังบรรจุก๊าซจะมีความปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน โดยจะมีการทดสอบเมื่อมีการออกแบบถังใหม่หรือมีการปรับปรุงถังที่ใช้งานอยู่แล้ว

2.5.4 การทดสอบคุณสมบัติของถังมีหลายวิธี

1. การทดสอบการระเบิด (Burst)

เพื่อให้มั่นใจว่าการออกแบบถังมีพื้นฐานที่สมบูรณ์และมีการเสริมเส้นใยตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

2. การทดสอบรอบการใช้งานในสภาพบรรยากาศ (Ambient Cycling)

เป็นการทดสอบการรั่ว หรือการแตกร้าวของถัง โดยทดสอบรอบการใช้งาน ณ ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

3 การทดสอบการไหม้ไฟ (Bonfire)

เป็นการทดสอบโดยนำถังบรรจุก๊าซไปวางไว้ในกองไฟ ณ ระดับแรงดันใช้งานที่ 25 % และ 100 % เพื่อตรวจสอบการออกแบบ และการติดอุปกรณ์ลดแรงดันของถังที่เหมาะสม

4. การทดสอบการทนต่อการแตกร้าว (Flaw Tolerance)

เป็นการใช้เครื่องจักรทดสอบภายนอกของถังเพื่อตรวจสอบความคงทนต่อการแตกร้าวของถัง

5. การทดสอบการตกจากที่สูง (Drop)

เป็นการทดสอบปล่อยถังตกมาจากที่สูงตามแนวนอนที่ระดับความสูง 3 เมตร ลงบนพื้นคอนกรีต และตาม แนวตั้งที่ระดับความสูง 1.8 เมตร เพื่อตรวจสอบความรั่วหรือรอยแตก ซึ่งเป็นผลมาจากการตกลงมาจากที่สูง

6. การทดสอบโดยใช้ปืนยิง (Gunfire)

เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของถังโดยใช้อาวุธปืน ขนาดลำกล้อง 30 มิลลิเมตร มีความเร็วของวิถีการยิงที่ 850 เมตร ต่อวินาที ซึ่งพบว่าไม่มีผลทำให้ถังเสียหายแต่อย่างใด

เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำมันรถ NGV จึงควรมีถังบรรจุก๊าซติดตั้งที่รถ ประมาณ 2-4 ถังเพื่อให้สามารถวิ่งได้ระยะทางเกินกว่า 250 ไมล์ หรือมากกว่า 400 กิโลเมตร โดยประมาณและเนื่องจากถังบรรจุก๊าซมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมากจึงเป็นปัญหาหลักของรถ NGV ถึงแม้ว่าในปัจจุบันได้มีการพัฒนาถังบรรจุก๊าซใช้น้ำหนักเบาลง แต่ก็ยังมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมากกว่าถังน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป โดยมีขนาดและน้ำหนักแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิตแต่ละรายเทียบขนาดของถังกับปริมาตรความจุเป็นน้ำหรือก๊าซ หรือน้ำมันเบนซินให้เห็นความจุที่ต่างกันตามปริมาตร ความหนาแน่นได้ดังนี้

ขนาดถัง (นิ้ว) เท่ากับก๊าซโซลีน (ลิตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความจุน้ำ (ลิตร)	ความจุก๊าซ (ลบ.ฟ.)
13.7*35 15.5	27.2	55.5	504
13.7*40 18.1	30.9	64.8	592
13.7*45 20.8	34.5	74.4	681
13.7*55 26.2	42.2	93.8	857
15.7*35 20.3	33.1	72.3	661
15.7*52 32.5	49	116.2	1063
15.7*55 34.7	51.7	123.9	1133

ตารางที่ 2.3 ขนาดของถังบรรจุก๊าซ

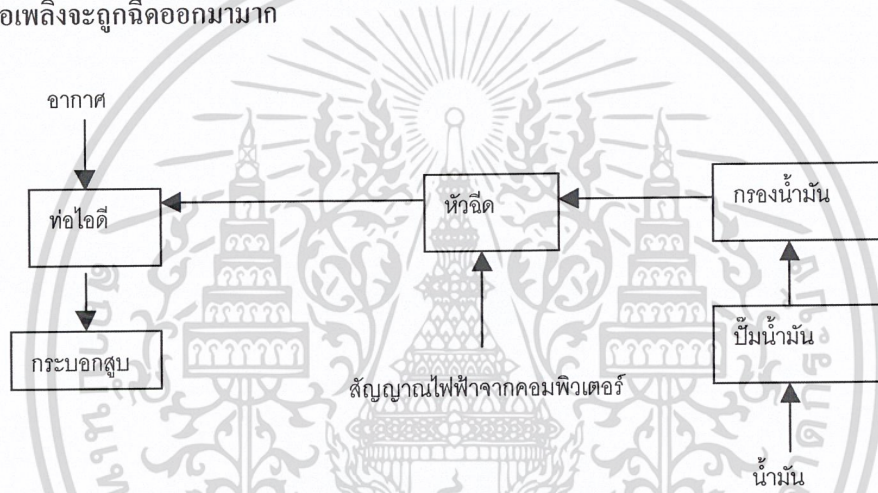
บทที่ 3

เครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน

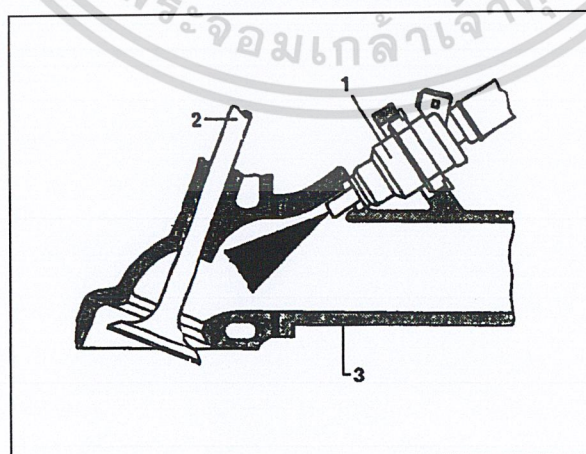
3.1 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection System)

3.1.1 หลักการเบื้องต้นของระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง อิเล็กทรอนิกส์

น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกส่งไปยังหัวฉีด (Injector) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณท่อร่วมไอดี (Intake tube) ของแต่ละสูบ โดยใช้ปั๊มไฟฟ้า เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (Injection signal) จากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าหัวฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีกำลังดันประมาณ 2.5 บาร์ จะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศภายในท่อไอดี เพื่อบรรจุเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมา นี้ จะมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนไฟฟ้าเข้าหัวฉีด กล่าวคือ ถ้ามีสัญญาณไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าหัวฉีดนาน ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดออกมามาก



รูปที่ 3.1 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์



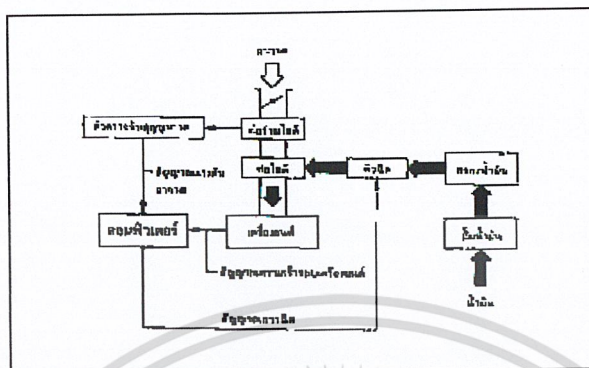
1. หัวฉีด
2. ลินไอดี
3. ท่อไอดี

รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีด

3.1.2 ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันมากในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

3.1.2.1 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ D-Jetronic



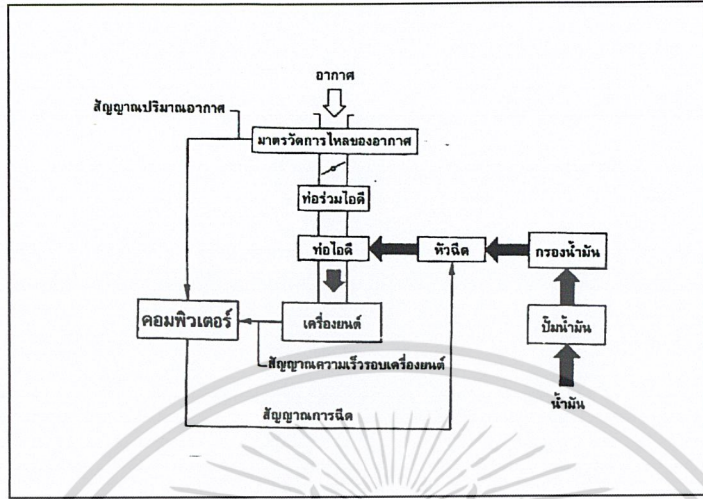
รูปที่ 3.3 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D - Jetronic

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic เป็นระบบฉีดที่มีการควบคุมระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ด้วยวิธีการวัดแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดที่เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ กล่าวคือ เมื่ออากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาก คอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น ตัวอย่าง เช่น ขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลินปีกเร่ง จะเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ (เป็นสัญญาณมาก) ตัวตรวจจับสัญญาณสุญญากาศ (Vacuum sensor) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับแรงดันอากาศในท่อร่วมไอดีขณะนั้น ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง และในทางตรงกันข้าม หากลิ้นเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาก (ขณะเร่งเครื่องยนต์) ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะสูงขึ้น (เป็นสัญญาณน้อย) ตัวตรวจจับสัญญาณสุญญากาศจะส่งสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น

3.1.2.2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ L-Jetronic

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic เป็นระบบฉีดที่พัฒนามาจากแบบ D-Jetronic ซึ่งมีการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบจากแรงดันอากาศในท่อร่วมไอดี แต่เนื่องจากปริมาณกับแรงดันของอากาศมีสัดส่วนแปรผันกันไม่คงที่แน่นอน ทำให้การวัดปริมาณอากาศจากค่าแรงดันไม่ค่อยเที่ยงตรง จึงเป็นเหตุให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขาดความเที่ยงไปด้วย สำหรับในระบบฉีดแบบ L-Jetronic นี้ จะทำการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่กระบอกสูบโดยตรง โดยใช้มาตรวัดการไหลของอากาศ (Air flow meter) ตัวตรวจวัดปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้า

กระบอกสูบ แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

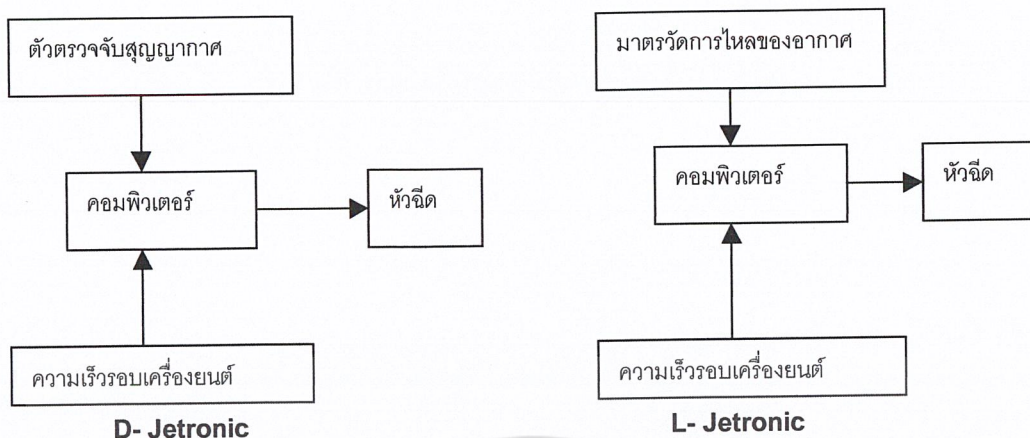


รูปที่ 3.4 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L - Jetronic

3.1.3 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

จากหลักการเบื้องต้นของระบบฉีดแบบ D-Jetronic และแบบ L-Jetronic จะเห็นได้ว่า ในระบบฉีดแบบ D-Jetronic ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด จะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากค่าแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนในระบบฉีดแบบ L-Jetronic ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด จะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศ และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ระยะเวลาในการฉีดแบบ L-Jetronic ของหัวฉีดที่ได้จากการควบคุมทั้งสองแบบนี้จะเรียกว่า ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic injection time) ซึ่งเป็นระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

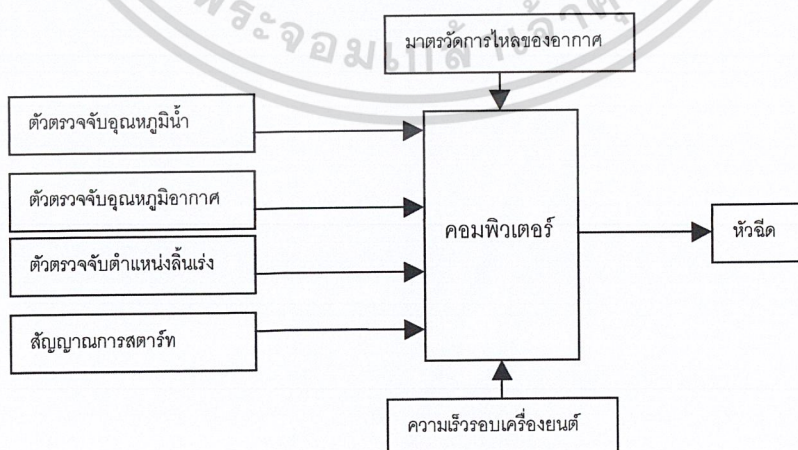
จากการควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะเป็นข้อมูลในการคำนวณปริมาณอากาศต่อรอบการทำงานของเครื่องยนต์ พร้อมทั้งยังเป็นตัวกำหนดจังหวะและการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกต่อจากขั้วลบของคอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) หรือที่ขั้วงานจ่ายของเครื่องยนต์ (สำหรับระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา)



รูปที่ 3.5 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

3.1.4 การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานอยู่ภายใต้สภาวะต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ทำให้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะการทำงานเหล่านั้นด้วยซึ่งเป็นเหตุให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ที่ได้จากระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน ไม่สามารถตอบสนองการทำงานของเครื่องยนต์ในทุกสภาวะได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากขึ้น เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่หนาเพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์ ด้วยเหตุนี้ ในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะมีอุปกรณ์สำหรับตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่เรียกว่า SENSOR เป็นตัวส่งข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์ ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานต่างๆที่เกิดขึ้น



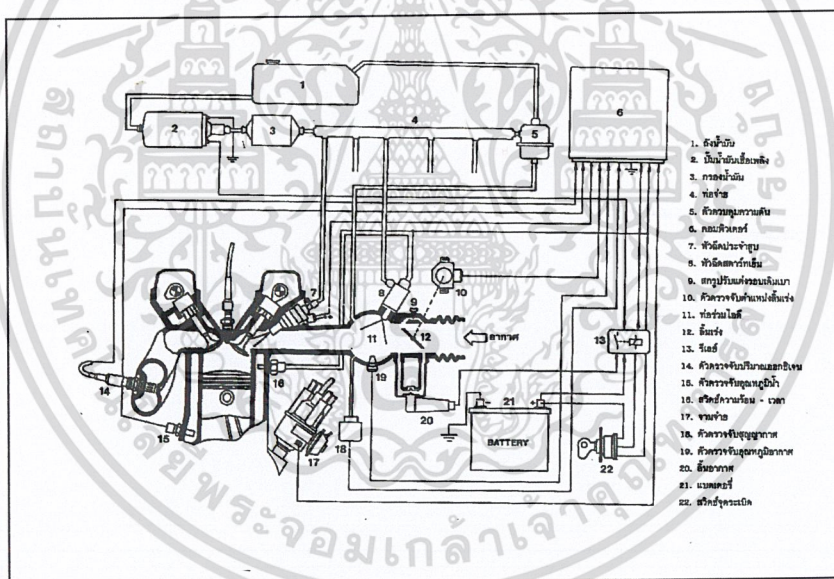
รูปที่ 3.6 การเพิ่มระยะในการฉีด

จากรูปที่ 3.6 จะมีสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์ (Starting signal) จากขั้ว St. ของสวิตช์จุดระเบิด (ignition switch) และตัวตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์(sensor) อีก 3 ตัว เป็นตัวส่งข้อมูลทางไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจากระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

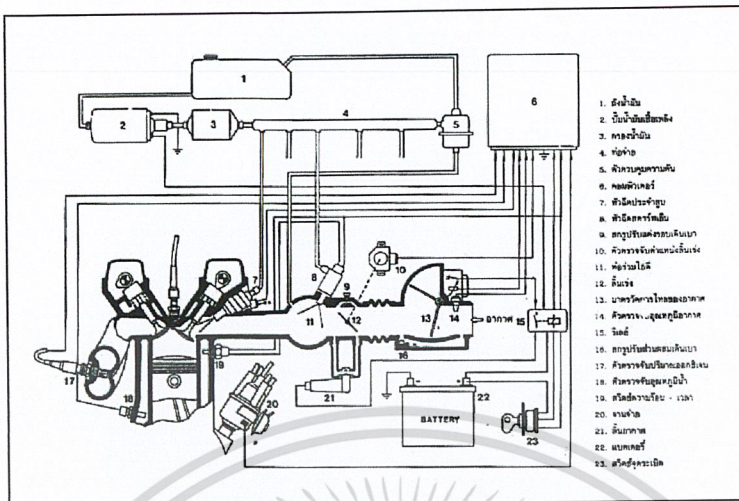
- ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor)
- ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)
- ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)
- สัญญาณการสตาร์ท (Starting signal)

3.1.5 ส่วนประกอบของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

- 1.ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)
- 2.ระบบประจุอากาศ(Air Induction System)
- 3.ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของระบบฉีดแบบ D- Jetronic



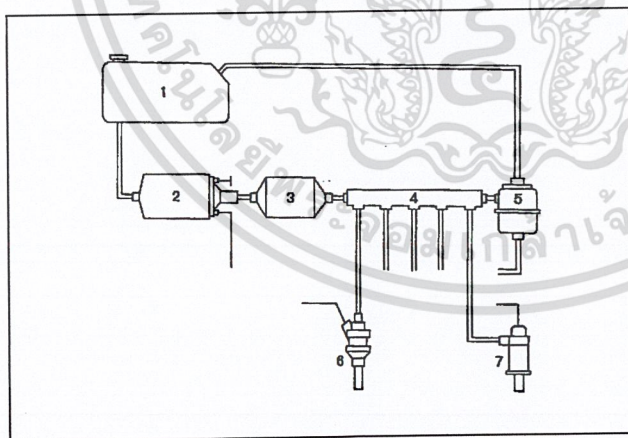
- 1. ถังน้ำมัน
- 2. ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง
- 3. กรองน้ำมัน
- 4. ท่อจ่าย
- 5. ตัวควบคุมความดัน
- 6. คอมพิวเตอร์
- 7. หัวฉีดประจำสูบ
- 8. หัวฉีดสตาร์ทเย็น
- 9. สวิตช์ปรับความดัน
- 10. หัวตรวจวัดตำแหน่งลิ้น
- 11. หัววัดไอดี
- 12. ลิ้นเร่ง
- 13. นวาทรีของไหลสองทาง
- 14. หัวตรวจอุณหภูมิอากาศ
- 15. ลิ้นดี
- 16. สวิตช์ปรับความดัน
- 17. หัวตรวจวัดปริมาณออกซิเจน
- 18. หัวตรวจอุณหภูมิไอน้ำ
- 19. ไส้ลดความเร็ว - เรล
- 20. จานจ่าย
- 21. ลิ้นอากาศ
- 22. แบตเตอรี่
- 23. หัวฉีดอะไหล่

รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของระบบฉีดแบบ L- Jetronic

3.2 ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)

3.2.1 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง

ระบบเชื้อเพลิงจะทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้ความดันที่เหมาะสม ให้กับหัวฉีดในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ในระบบเชื้อเพลิงประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญ คือถังน้ำมัน ป้อน้ำมัน กรองน้ำมัน ท่อจ่ายน้ำมัน ตัวควบคุมน้ำมัน ตัวควบคุมความดัน หัวฉีดประจำสูบ หัวฉีดสตาร์ทเย็น (Cold start injector)



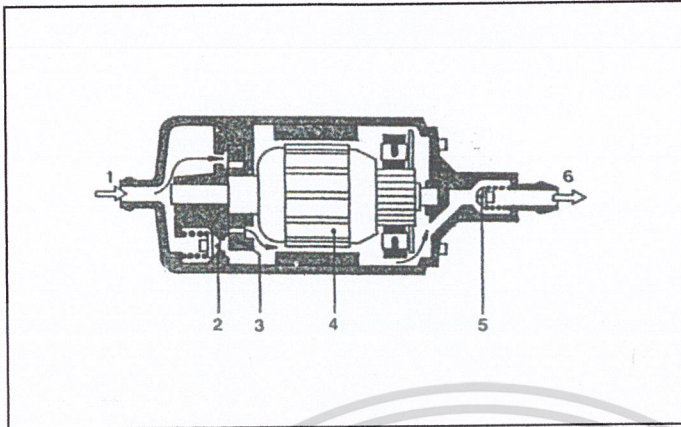
- 1. ถังน้ำมัน
- 2. ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง
- 3. กรองน้ำมัน
- 4. ท่อจ่าย
- 5. ตัวควบคุมความดัน
- 6. หัวฉีด
- 7. หัวฉีดสตาร์ทเย็น

รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง

3.2.2 ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel pump)

ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงมีหน้าที่ป้อนน้ำมันจากถังส่งไปยังหัวฉีดและหัวฉีดสตาร์ทเย็น ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการสูงสุดของเครื่องยนต์ ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง ในระบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

อิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นปั๊มแบบลูกกลิ้ง (Roller Cell pump) หรือในเครื่องยนต์บางรุ่นอาจเป็นแบบใบพัด ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะได้รับกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้า

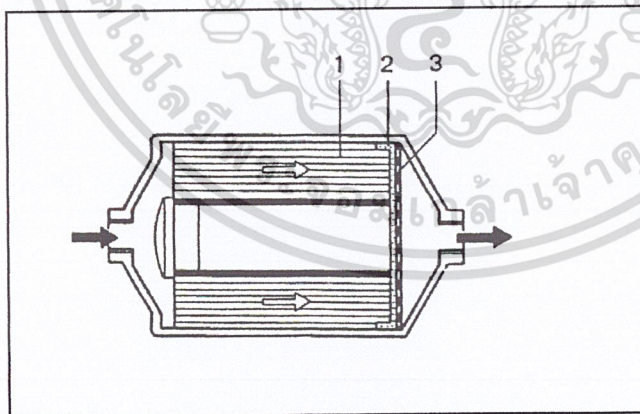


1. ช่องทางน้ำมันเข้า
2. ลิ้นระบายความดัน
3. ปั๊มลูกกลิ้ง
4. อาร์เมเจอร์
5. ลิ้นกั้นกลับ
6. ช่องทางน้ำมันออก

รูปที่ 3.10 ปั๊มไฟฟ้า

3.2.3 กรองน้ำมัน (Fuel filter)

กรองน้ำมันมีหน้าที่กรองเอาสิ่งสกปรกต่างๆออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง ก่อนที่จะส่งไปยังหัวฉีด โดยถูกติดตั้งไว้ทางด้านช่องทางน้ำมันออกของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง กรองน้ำมันหากมีการอุดตันจะทำให้ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบลดลง ซึ่งจะเป็นเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก เดินเบาไม่เรียบ เร่งสะดุด ไม่ค่อยมีกำลัง หรือสตาร์ทไม่ติด ทั้งนี้เพราะความดันเชื้อเพลิงมีผลต่อปริมาณของน้ำมันที่ถูกฉีด กล่าวคือ ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดจะน้อยลงเมื่อความดันลดลง สำหรับช่วงเวลาในการเปลี่ยนนั้นขึ้นอยู่กับสภาพสกปรกของน้ำมันที่ใช้ ดังนั้น จึงควรมีการเปลี่ยนกรองน้ำมันอยู่เสมอ

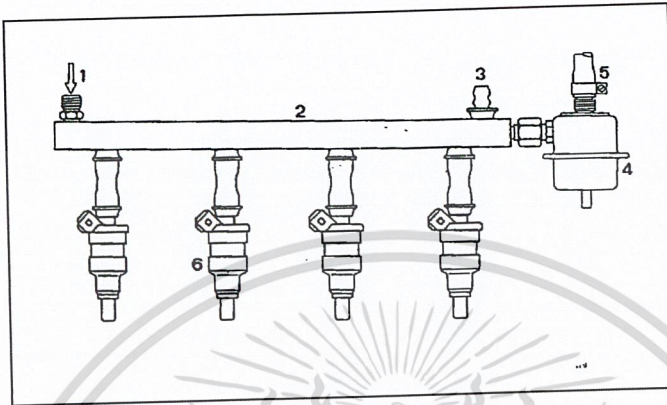


1. ใต้กรองกระดาษ
2. แผ่นกรองละเอียด
3. แผ่นรอง

รูปที่ 3.11 ส่วนประกอบของกรองน้ำมัน

3.2.4 ท่อจ่ายน้ำมัน (Distributor pipe or Fuel rail)

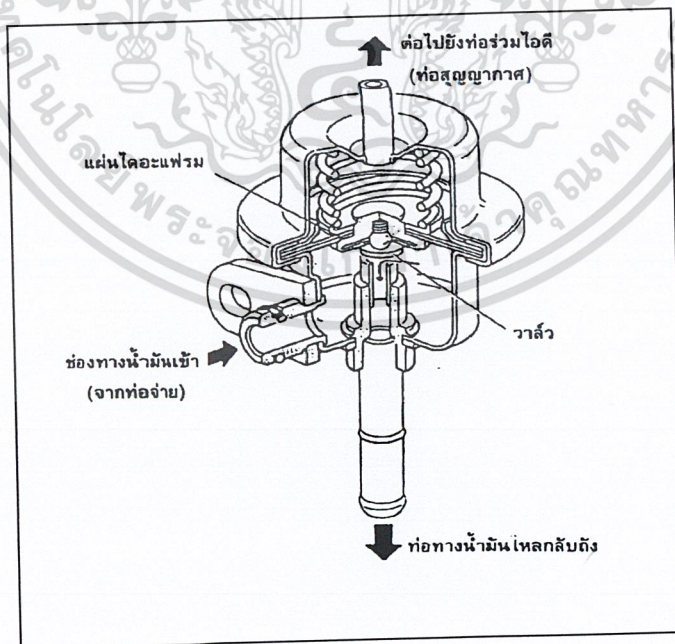
ท่อจ่ายน้ำมันอุปกรณ์สำหรับส่งน้ำมันไปยังหัวฉีดโดยทั่วไปท่อจ่ายจะมีขนาดค่อนข้างโต เพื่อให้สามารถจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการฉีดในแต่ละรอบการทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ความดันของน้ำมันเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากน้ำมันไหลไม่ทันขณะมีการฉีด



- 1. น้ำมันเข้า
- 2. ท่อจ่าย
- 3. ข้อต่อท่อทางน้ำมันไปหัวฉีดสตาร์ทเย็น
- 4. ตัวควบคุมความดัน
- 5. ท่อทางน้ำมันไหลกลับลงถึง
- 6. หัวฉีด

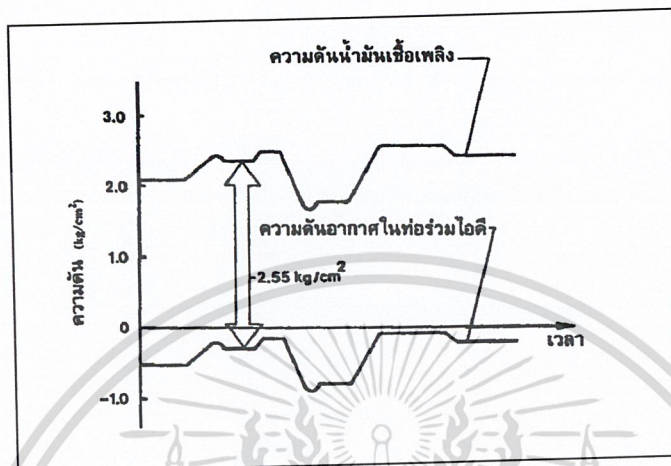
รูปที่ 3.12 ท่อจ่ายน้ำมันในระบบเชื้อเพลิง

3.2.5 ตัวควบคุมความดัน(Pressure regulator)



รูปที่ 3.13 ตัวควบคุมความดัน

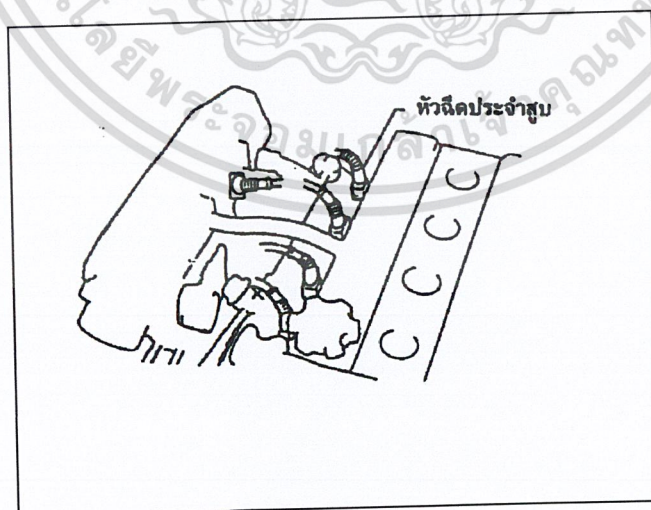
ตัวควบคุมความดัน เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมค่าความแตกต่างระหว่างความดันเชื้อเพลิงในระบบ กับความดันอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่ ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมให้เปลี่ยนแปลงไปตามความดันของอากาศในท่อร่วมไอดี โดยที่ค่าความแตกต่างของความดันทั้งสองไม่มีการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.14 กราฟแสดงการควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง

3.2.6 หัวฉีดประจำสูบ (Injector)

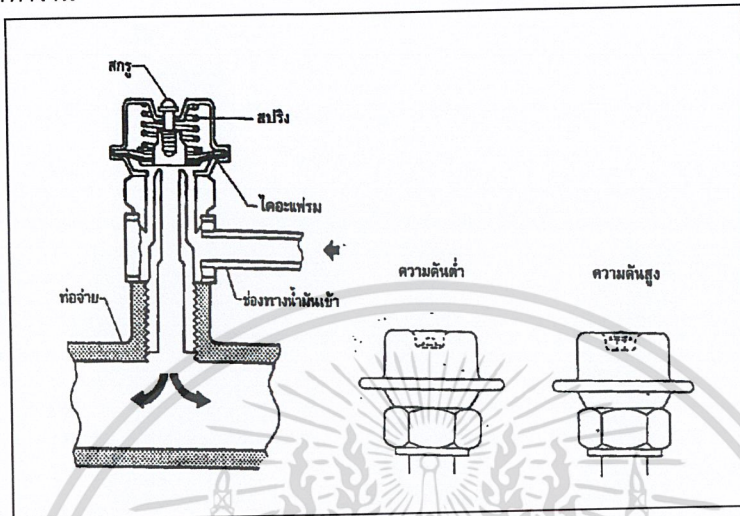
เครื่องยนต์มีหัวฉีดสูบละ 1 ตัว สำหรับทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี หัวฉีดที่ใช้นี้เป็นหัวฉีดแบบแม่เหล็กไฟฟ้า บังคับการเปิดลิ้นของหัวฉีดด้วยโซลินอยด์ไฟฟ้า โดยได้รับสัญญาณไฟฟ้ามาจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) หรือ คอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.15 หัวฉีดประจำสูบ

3.2.7 ตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel pulsation damper)

ในเครื่องยนต์บางรุ่นจะมีตัวกันกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิงติดตั้งไว้ที่ท่อจ่ายน้ำมัน (Distributor pipe) ตัวกันกระเพื่อมจะทำหน้าที่ป้องกันความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบลดต่ำกว่าค่ากำหนดในขณะหัวฉีดทำงาน

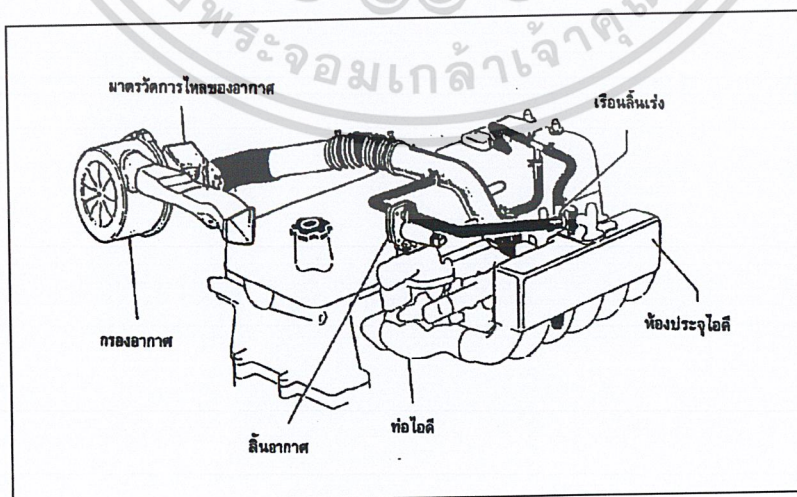


รูปที่ 3.16 ส่วนประกอบของตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3 ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)

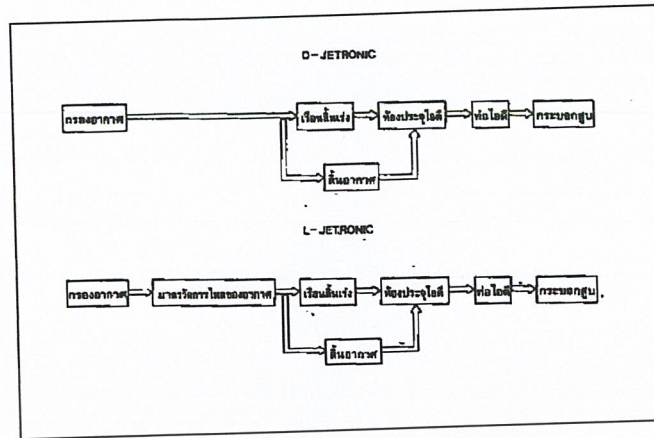
3.3.1 ส่วนประกอบของระบบประจุอากาศ

ระบบประจุอากาศของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ คือ กรองอากาศ (Air cleaner) มาตรวัดการไหลของอากาศ (Air flow meter) เรือนลิ้นเร่ง (Throttle body) ลิ้นอากาศ (Air valve) ห้องประจุไอดี (Air intake chamber) หรือ ท่อร่วมไอดี (Intake manifold) และท่อไอดี (Intake tube)



รูปที่ 3.17 ส่วนประกอบของระบบประจุอากาศในระบบหัวฉีดแบบ L-Jetronic

การไหลของอากาศ (Air flow)



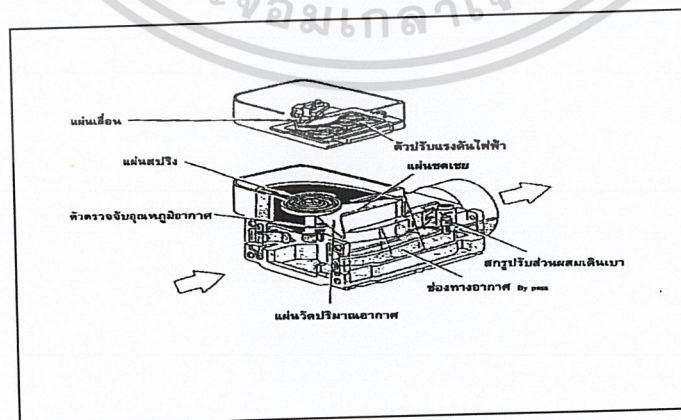
รูปที่ 3.18 การไหลของอากาศในระบบประจุอากาศ

3.3.2 กรองอากาศ

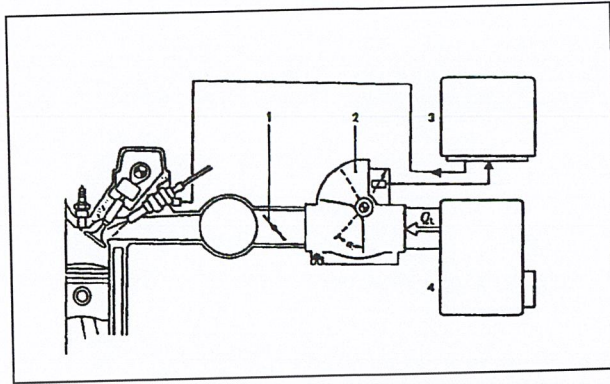
กรองอากาศในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำหน้าที่เหมือนกับกรองอากาศของเครื่องยนต์ต่างๆไป คือ กรองฝุ่นละออง ที่สกปรกออกจากอากาศที่บรรจุอยู่ในกระบอกสูบ กรองอากาศควรจะต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด หรือ ควรต้องมีการตรวจสอบทำความสะอาดอยู่เสมอ เพราะหากกรองอากาศเกิดการอุดตันจะเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก เดินเบาไม่เรียบ หรือ อาจสตาร์ทไม่ติด

3.3.3 มาตรการวัดการไหลของอากาศ

มาตรการวัดการไหลของอากาศ จะทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบ แล้วเปลี่ยนเป็น สัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic injection time) ของหัวฉีด มาตรการวัดการไหลของอากาศที่ใช้ในระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์นี้ จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ แต่ในขั้นต้นนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะแบบใช้แผ่นวัด (Flap type) เนื่องจากเป็นแบบพื้นฐานที่มีการใช้ในรถยนต์ทั่วไป



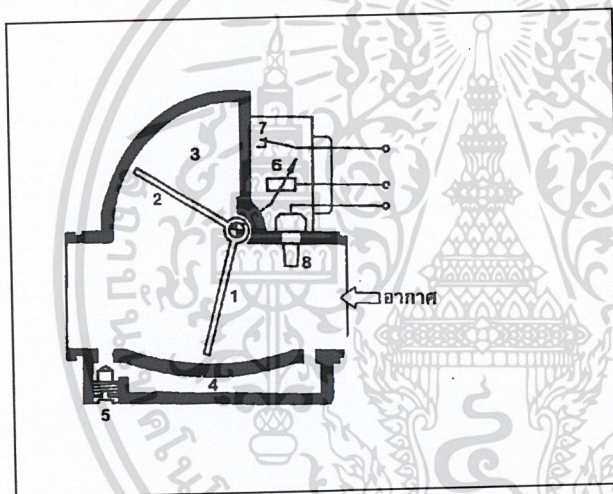
รูปที่ 3.19 มาตรการวัดการไหลของอากาศแบบใช้แผ่นวัด



1. ลินแรง
2. มาตรวัดการไหลของอากาศ
3. คอมพิวเตอร
4. กรองอากาศ

รูปที่ 3.20 มาตรวัดการไหลของอากาศในระบบประจุกอากาศ

มาตรวัดการไหลของอากาศ หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวตรวจจับการไหลของอากาศ ภายในมาตรวัดการไหลของอากาศจะประกอบด้วยอุปกรณ์ทางกลและอุปกรณ์ทางกลและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังรูป

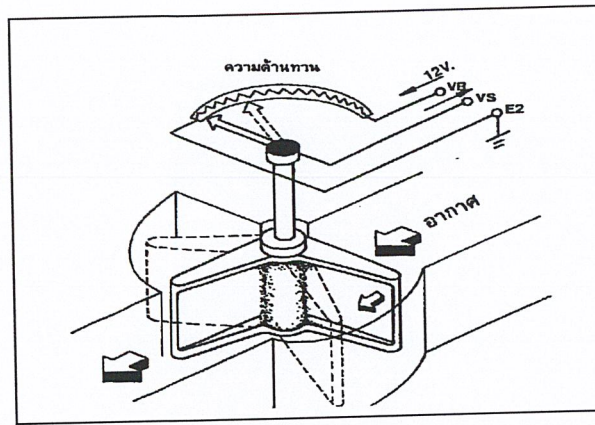


1. แผ่นวัดปริมาณอากาศ
2. แผ่นขดเชย
3. ห้องป้องกันการสั้นของแผ่นวัด
4. ช่องทางอากาศ By pass
5. สกรูปรับส่วนผสมเดินเบา
6. ตัวปรับแรงดันไฟฟ้า
7. สวิตช์ขั้วน้ำมันเชื้อเพลิง
8. ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

รูปที่ 3.21 ส่วนประกอบมาตรวัดการไหลของอากาศ

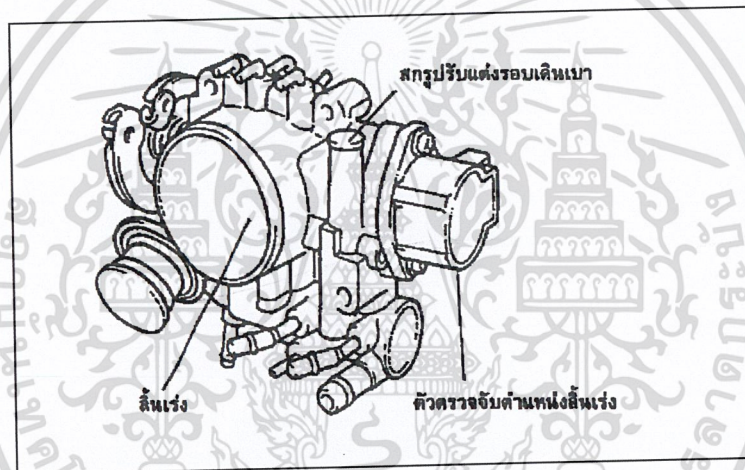
3.3.3.1 หลักการวัดปริมาณอากาศของมาตรวัดการไหลของอากาศ

การวัดปริมาณการไหลของอากาศจะอาศัยแรงที่เกิดจากการไหลของอากาศที่ถูกดูดเข้าในการบอกระดับ เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน อากาศจะถูกดูดผ่านแผ่นวัด (Sensor flap) ของมาตรวัดการไหลของอากาศแรงจากการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศจะดันให้แผ่นวัดหมุนไป สำหรับมุมที่แผ่นวัดหมุนไปนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบ ซึ่งจะถูกกำหนดโดยการเปิดของลื่นแรงและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ หากอากาศถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบมาก แผ่นวัดก็จะหมุนไปเป็นมุมกว้างขึ้น และในการหมุนของแผ่นวัดนี้จะมีสปริงคอยดันให้แผ่นวัดหมุนคืนกลับเมื่อปริมาณอากาศลดลง จากการหมุนของแผ่นวัดที่สัมพันธ์กับปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบ จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยตัวปรับแรงดันไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยชุดความต้านทานที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไปตามมุมการหมุนของแผ่นวัดปริมาณอากาศ



รูปที่ 3.22 หลักการวัดปริมาณอากาศของมาตรวัดการไหลของอากาศ

3.3.4 เรือนลินเร่ง



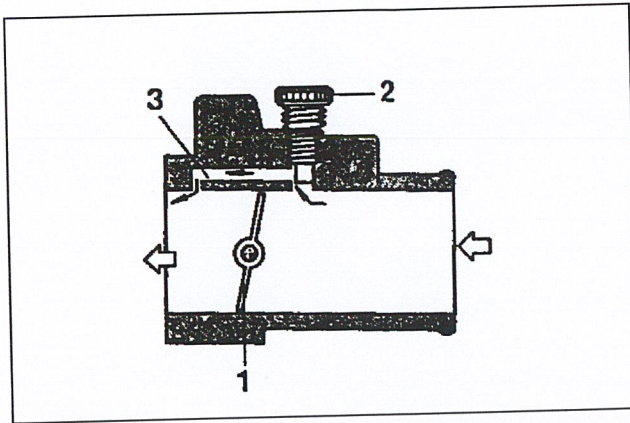
รูปที่ 3.23 เรือนลินเร่ง

เรือนลินเร่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ

1. ลิ้นเร่ง
2. สกรูปรับตั้งรอบเดินเบา
3. ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

3.3.4.1 ลิ้นเร่ง

ลิ้นเร่งมีหน้าที่ควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ ซึ่งจะเป็นการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์เหมือนกับลิ้นเร่งของคาร์บูเรเตอร์



1. ลิ้นเร่ง
2. สกรูปรับแต่งรอบเดินเบา
3. ช่องทางอากาศ By-pass

รูปที่ 3.24 ตำแหน่งของสกรูปรับแต่งรอบเดินเบา

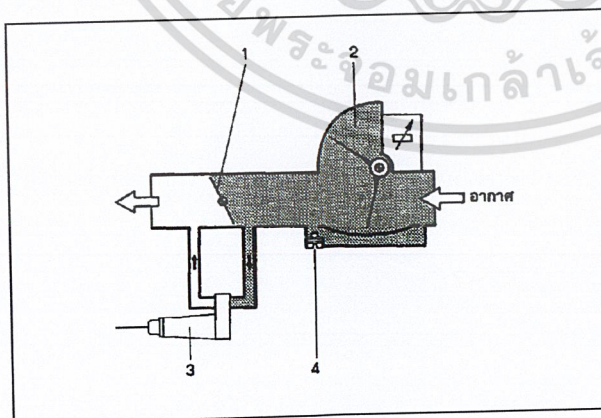
3.3.4.2 สกรูปรับแต่งรอบเดินเบา (Idle speed adjust screw)

สกรูปรับแต่งรอบเดินเบาจะทำหน้าที่เปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบ โดยไม่ต้องผ่านเรือนลิ้นเร่ง เนื่องจากขณะเดินเบาเครื่องยนต์ ลิ้นเร่งปิด จึงจำเป็นต้องมีช่องทางพิเศษให้อากาศไหลผ่านเข้ากระบอกสูบ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถเดินเบาอยู่ได้โดยไม่ต้องดับ หากสกรูเปิดให้อากาศไหลผ่านได้มาก ความเร็วรอบเดินเบาก็จะสูงขึ้น และในทางตรงกันข้าม ถ้าสกรูเปิดให้อากาศไหลผ่านได้น้อย ความเร็วรอบก็จะลดลง ดังนั้นในการปรับแต่งรอบเดินเบาของเครื่องยนต์สามารถปรับได้ที่สกรูตัวนี้

3.3.4.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

สำหรับรายละเอียดของตัวตรวจจับลิ้นเร่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อ ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

3.3.5 ลิ้นอากาศ (Air valve)

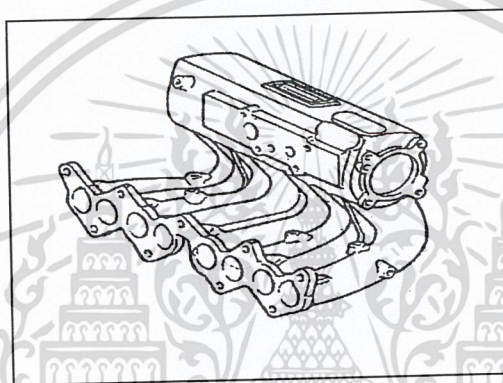


1. ลิ้นเร่ง
2. สกรูปรับแต่งรอบเดินเบา
3. ช่องทางอากาศ By-pass

รูปที่ 3.25 ลิ้นอากาศในระบบประจุอากาศ

ลิ้นอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มความเร็วรอบเดินเบาเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากขณะที่เครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำจะมีความฝืดสูง ซึ่งเป็นผลทำให้เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบหรือเกิดการสะดุดจนดับไป ดังนั้นเพื่อเป็นการเอาชนะความฝืดที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มความเร็วรอบเดินเบาให้สูงขึ้นกว่าปกติ ในการเพิ่มความเร็วรอบจะทำได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ ซึ่งถ้าหากเป็นการเร่งเครื่องยนต์ตามปกติ ก็จะใช้วิธีเหยียบคันเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น แต่ในขณะที่เดินเบาเครื่องยนต์อยู่ในสถานะที่ไม่มีการเหยียบคันเร่ง เครื่องยนต์จะได้รับอากาศเพิ่มขึ้นทางช่องทางที่ต่อคร่อมลิ้นเร่งเอาไว้ โดยมีลิ้นอากาศคอยควบคุมปริมาณของอากาศที่เข้ากระบอกสูบให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ในขณะนั้น

3.3.6 ห้องประจุไอดี



รูปที่ 3.26 ห้องบรรจุไอดี

3.4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

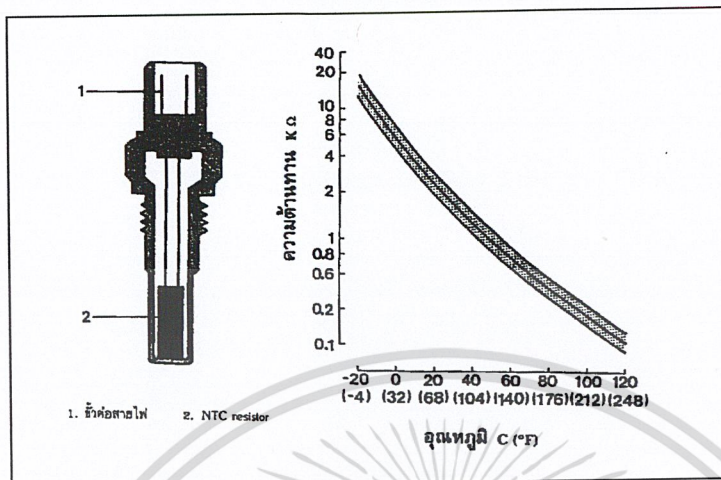
3.4.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญ คือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor) ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum sensor) ตัวตรวจจับการไหลของอากาศ (Air flow sensor) สวิตซ์ความร้อน-เวลา (Thermo-time switch) หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control unit :ECU)

3.4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำจะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางออกของน้ำหล่อเย็นที่ตัวเครื่องยนต์ ภายในตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ ประกอบด้วยตัวต้านทานแบบมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบ ที่เรียกว่า NTC resistor (NTC ย่อมาจาก Negative temperature coefficient) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จากคุณสมบัติของ NTC resistor จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของสัญญาณ

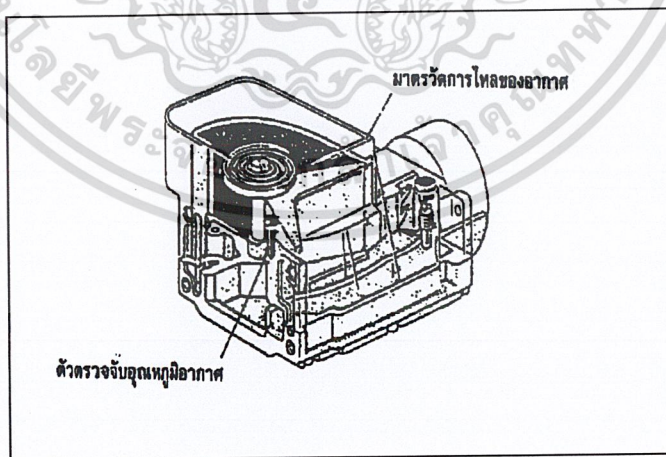
คอมพิวเตอรืเพื่อทำการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์



รูปที่ 3.27 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

3.4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)

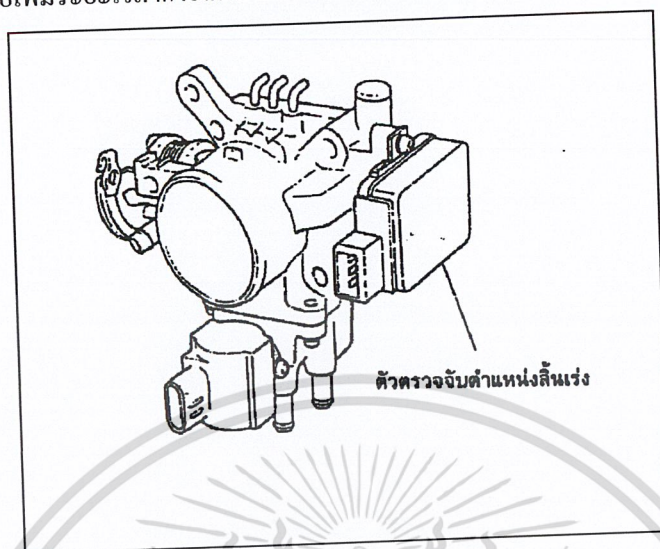
ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางอากาศเข้ากระบอกสูบ เช่น ที่กรองอากาศ, ภายในตัวมาตรวัดการไหลของอากาศ (Air flow meter) หรือที่ห้องประจุไอดี ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ จะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอรืเพื่อปรับระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.28 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

3.4.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)

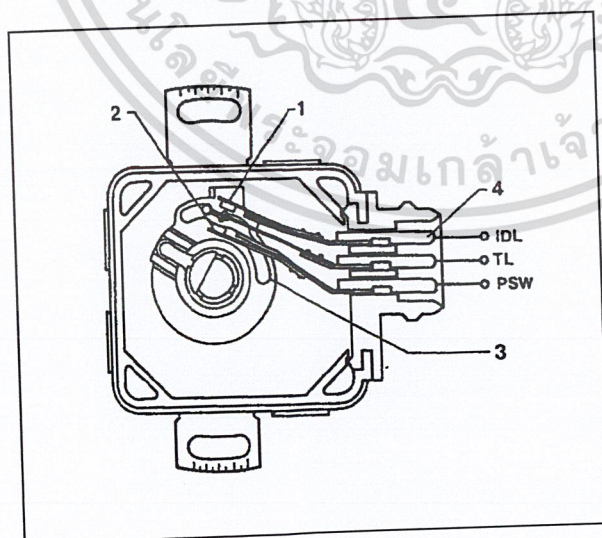
ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะทำหน้าที่บอกตำแหน่งเปิดลิ้นเร่ง ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด



รูปที่ 3.29 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งที่ใช้ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะอยู่ด้วยกันหลายแบบ โดยจะแตกต่างกันที่รูปร่างภายนอกและ โดยจะแตกต่างกันที่รูปร่างภายนอกและโครงสร้างภายในตามแต่บริษัทผู้สร้าง แต่โดยทั่วไปแล้วจะทำหน้าที่และการทำงานคล้ายคลึงกัน ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงเพียง 2 แบบ

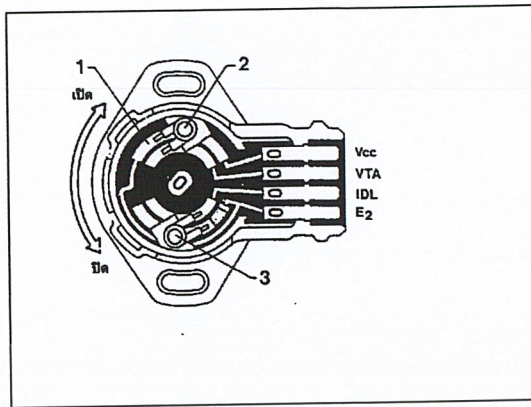
3.4.4.1 แบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด (on-off type)



1. คอนแทคตำแหน่งเดินเบา
2. คอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุด
3. ร่องลูกเบี้ยว
4. ขั้วต่อสายไฟฟ้า

รูปที่ 3.30 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด

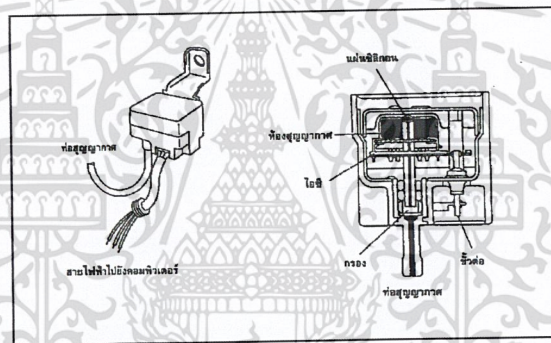
3.4.4.2 แบบเชิงเส้น (linear type)



- 1.ตัวต้านทาน
- 2.หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณการเปิดของลิ้นเร่ง
- 3.หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา

รูปที่ 3.31 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

3.4.5 ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum sensor)



รูปที่ 3.32 ตัวตรวจจับสุญญากาศ

ตัวตรวจจับสุญญากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีด

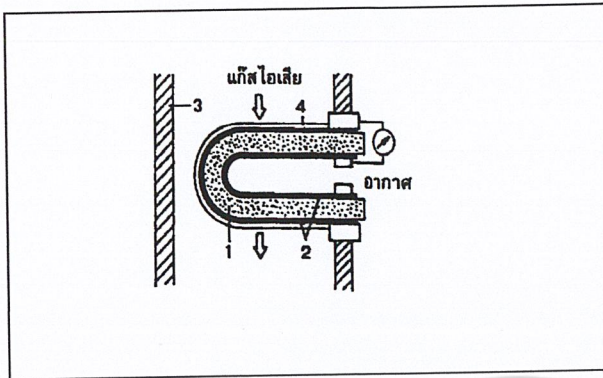
3.4.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor or Lambda sensor)

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณออกซิเจน (O_2) ในไอเสียของเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้ทำการปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนมีเซรามิกชนิดพิเศษที่ทำจากเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) ฉาบผิวด้วยแผ่นแพลตตินัม (Platinum plate) ที่มีลักษณะเป็นจูปรูไนไว้ทั้งด้านในและนอก ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์ ให้แผ่นแพลตตินัมที่ฉาบอยู่ทางนอกของเซรามิกได้สัมผัสกับไอเสีย ส่วนแผ่นแพลตตินัมทางด้านในของเซรามิกจะต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับปกป้องตัวเซรามิก จะเป็นท่อโลหะที่มีช่องให้แก๊สไอเสียผ่านไปยังแผ่นแพลตตินัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

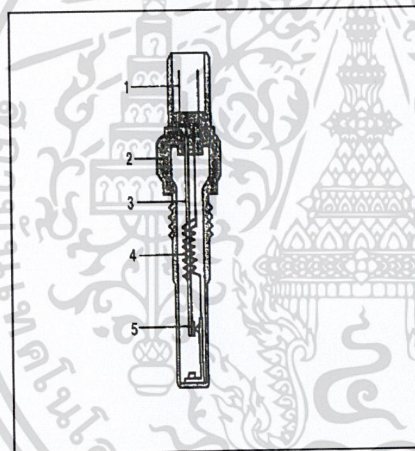
แผ่นพลาสติกและเซรามิกได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของเล็กๆ ที่ปนอยู่ในแก๊สไอเสียกระทบกับตัวเซรามิก



1. เซรามิก
2. แผ่นพลาสติก
3. ท่อไอเสีย
4. ปลอกป้องกันเซรามิก

รูปที่ 3.33 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

3.4.7 สวิตซ์ความร้อน-เวลา (Thermo-time switch)



1. ขั้วต่อสายไฟ
2. ตัวสวิตซ์
3. แผ่นไบเมทัล
4. ขดลวดความร้อน
5. คอนแทค

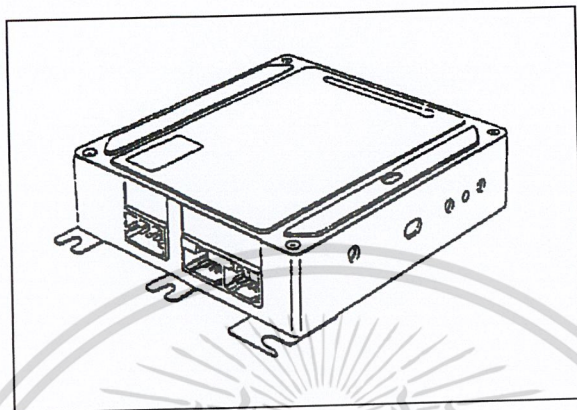
รูปที่ 3.34 ส่วนประกอบของสวิตซ์ความร้อนเวลา

สวิตซ์ความร้อน-เวลา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสตาร์ทเย็นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมามากเกินไปจนเกิดความจำเป็นจนเกิดอาการน้ำมันท่วม และป้องกันไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง

สวิตซ์ความร้อน-เวลา จะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ภายในตัวสวิตซ์ประกอบด้วยแผ่นโลหะไบเมทัล (Bimetal) พันด้วยขดลวดความร้อน (Heating winding) 2 ขด และที่ส่วนปลายของแผ่นไบเมทัล จะเป็นคอนแทค (contact) สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็น

3.4.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control unit :ECU)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้ส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ ภาวะการทำงานต่างๆ

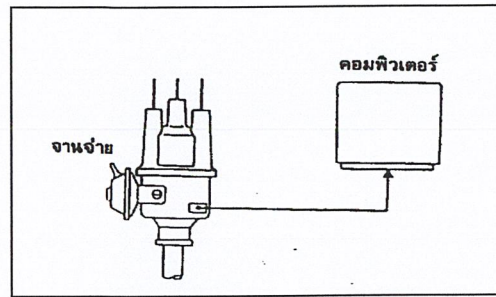


รูปที่ 3.35 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ตัวความต้านทาน ไคโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ และไดโอด ฯลฯ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นิยมเรียกว่า “คอมพิวเตอร์” เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ ๆ ในปัจจุบัน ได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวลผลข้อมูล ที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ (sensor) หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นแรกๆ จะมีหน้าที่อยู่เพียง 2 ประการใหญ่ๆ คือควบคุมจังหวะการฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ระบบฉีดที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบนี้ จะเรียกว่า “ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา” สำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาให้มีหน้าที่การทำงานหลายอย่างเพิ่มขึ้นจากเดิม เช่น ควบคุมการจุดระเบิด ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง วินิจฉัยข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบที่มีหน้าที่หลายๆ อย่างนี้ จะมีชื่อต่างๆ กันเช่น TCCS ,ECCS ,MOTRONIC

3.4.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีด

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดีเป็นช่วงๆ ซึ่งโดยทั่วไปหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้ง ต่อการหมุนของเพลลาข้อเหวี่ยง 1 รอบ จังหวะการฉีดและการเริ่มต้นฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณ ไฟฟ้าจากขั้วงานจ่ายหรือที่ขั้วลบของคอยล์จุดระเบิด



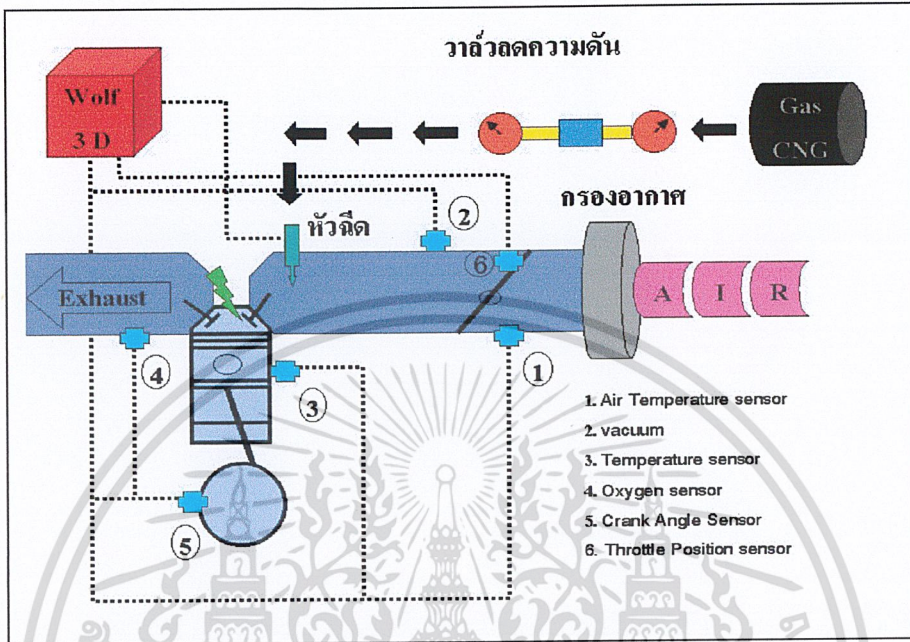
รูปที่ 3.36 สัญญาณการจุดระเบิด

คอมพิวเตอรจะคอยตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular pulse) หลังจากนั้นสัญญาณนี้ซึ่งมีอยู่ 4 ช่วงคลื่นในเครื่องยนต์ 4 สูบ และ 6 ช่วงคลื่นในเครื่องยนต์ 6 สูบ จะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดเหลือเพียง 2 ช่วงคลื่นสำหรับนำไปควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ครั้ง

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดทั้ง 2 ครั้งจะกระทำโดยไม่ว่ากันถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการเปิดเปิดของลิ้นไอดี กล่าวคือ หัวฉีดทุกตัวจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงพร้อมกัน กรณีที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมาในขณะที่ลิ้นไอดีปิด ฝอยละอองของน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีและจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบพร้อมกับอากาศในจังหวะดูดของรอบการทำงานต่อไป แม้ว่าฝอยละอองของน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีก็ตาม แต่จะไม่มีปัญหาเรื่องฝอยละอองน้ำมันร่วมตัวกันเป็นหยด เพราะใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์มีระยะเวลาที่น้อยมาก พร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดเข้าไปนั้นมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง

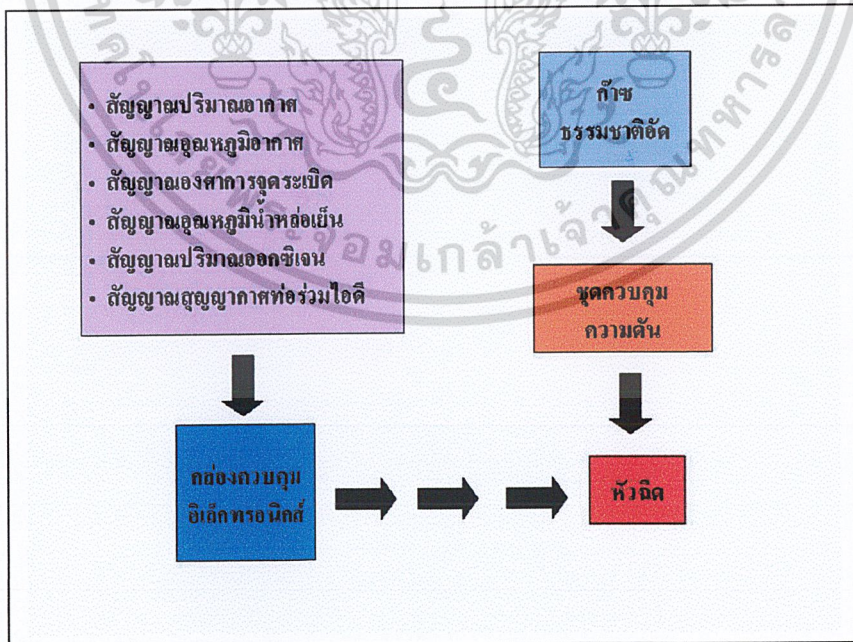
บทที่ 4

ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ

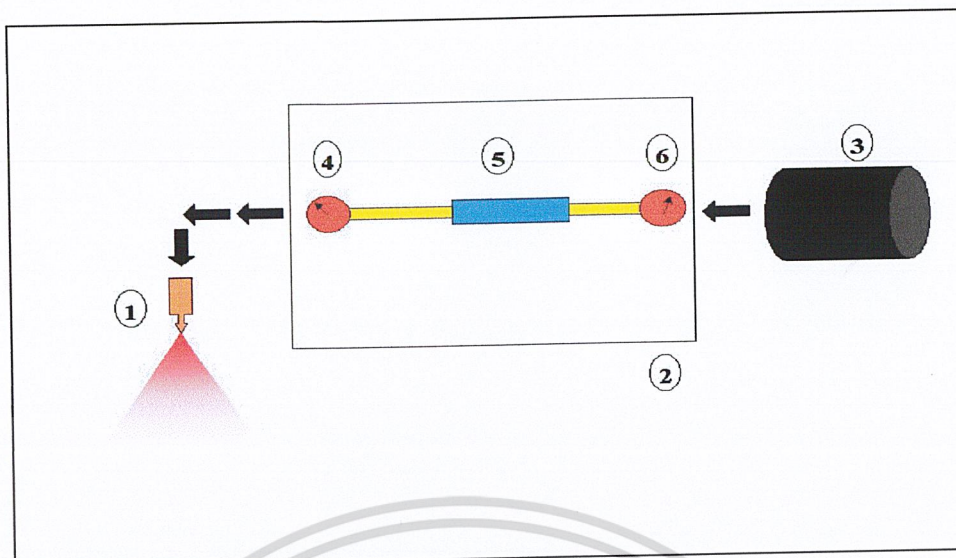


รูปที่ 4.1 การทำงานโดยรวมของระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ

4.1 ระบบจ่ายเชื้อเพลิง

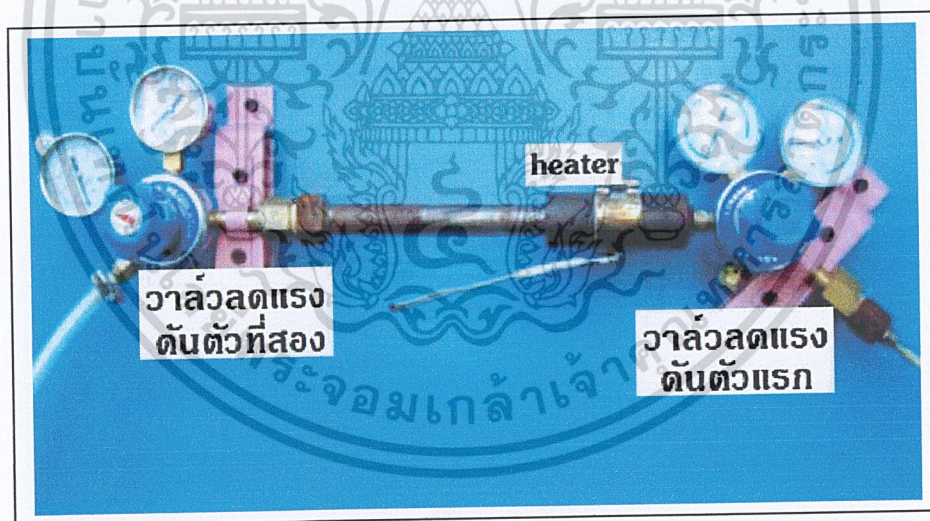


รูปที่ 4.2 วงจรการใช้ก๊าซCNGกับหัวฉีด



1. หัวฉีด CNG 2. ชุดจ่ายก๊าซ 3. ถังก๊าซ CNG
4. วาล์วลดความดันตัวที่ 2 5. Heater 6. วาล์วลดความดันตัว 1

รูปที่ 4.3 การไหลของก๊าซธรรมชาติอัดผ่านชุดควบคุมความดัน



รูปที่ 4.4 ชุดควบคุมความดัน

หลักการทํางาน

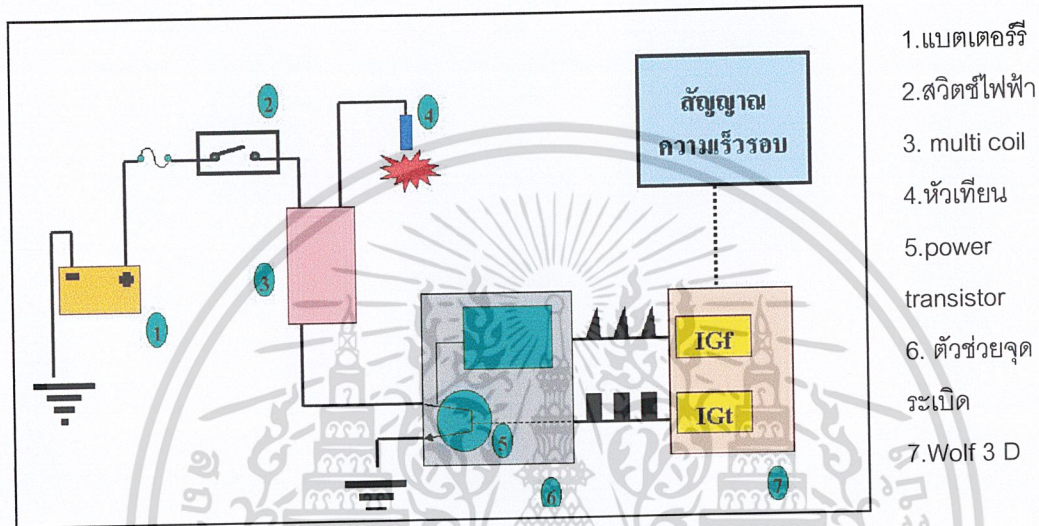
ก๊าซธรรมชาติอัดจากถังความดันสูง (ประมาณ 200 บาร์) จะผ่านชุดควบคุมความดัน ซึ่งชุดควบคุมความดันนี้ประกอบไปด้วย วาล์วลดความดันสองตัว โดยวาล์วลดความดันสูง (High pressure regulator) จะลดความดันลงเหลือประมาณ 15 – 20 บาร์ จากนั้นจะผ่านวาล์วลดความดันต่ำ (Low pressure regulator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งลดความดันช่วงที่สองลงให้เหลือประมาณ 0.5 – 1.5 บาร์ โดย Wolf 3D จะรับสัญญาณจาก ตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ จากนั้น Wolf 3D จะคำนวณระยะเวลาการฉีดที่เหมาะสม ส่งสัญญาณไปยังหัวฉีดเปิดตามระยะเวลาที่เหมาะสมต่อความต้องการของเครื่องยนต์

เนื่องจากเวลาในการฉีดของหัวฉีด ขึ้นอยู่กับการเปิดของลิ้นไอดี และจังหวะการจุดระเบิดเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อป้อนให้กับ Wolf 3D ก่อน ซึ่งการคำนวณจะได้กล่าวในไว้ในหัวข้อต่อไป

4.2 ระบบจุดระเบิด



รูปที่ 4.5 การทำงานของระบบจุดระเบิด

หลักการทำงาน

เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับสัญญาณมุมเพลาคือหัวเข็มที่ได้ทำการตัดแปลงจะส่งสัญญาณมุมการเคลื่อนที่ของข้อเหวี่ยงมายัง Wolf 3 D จากนั้น Wolf 3 D จะทำการคำนวณของสภาวะจุดระเบิดที่เหมาะสม แล้วส่งสัญญาณการจุดระเบิด (IGt) มายังตัวช่วยจุดระเบิด (Ignitor) ในลักษณะของคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (pulse) เป็นจังหวะๆ สัมพันธ์กับของสภาวะจุดระเบิดของแต่ละสูบ

เมื่อตัวช่วยจุดระเบิดได้รับสัญญาณ (IGt) จาก Wolf 3 D แล้ว เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Power transistor) จะทำการตัดกระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดมาลงที่กราวด์ ทำให้เกิดการยุบตัวของเส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้าแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ในขณะที่มีการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น แล้วส่งสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGf) กลับไปยัง Wolf 3 D เพื่อให้ Wolf 3 D ทราบว่ามีจุดระเบิดเกิดขึ้น หากไม่มีสัญญาณ (IGf) ป้อนกลับเข้า Wolf 3 D ด้วยเหตุใดก็ตาม Wolf 3 D จะหยุดการฉีดเชื้อเพลิงทันทีเพื่อป้องกันการตกรังของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ

ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วถ้าขรรถมาติดัด จะมีองศาการจุดระเบิดมากกว่าเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนประมาณ 8 – 10 องศา ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนองศาการจุดระเบิดเพื่อให้เหมาะสมกับภาวะและสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์

4.3 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

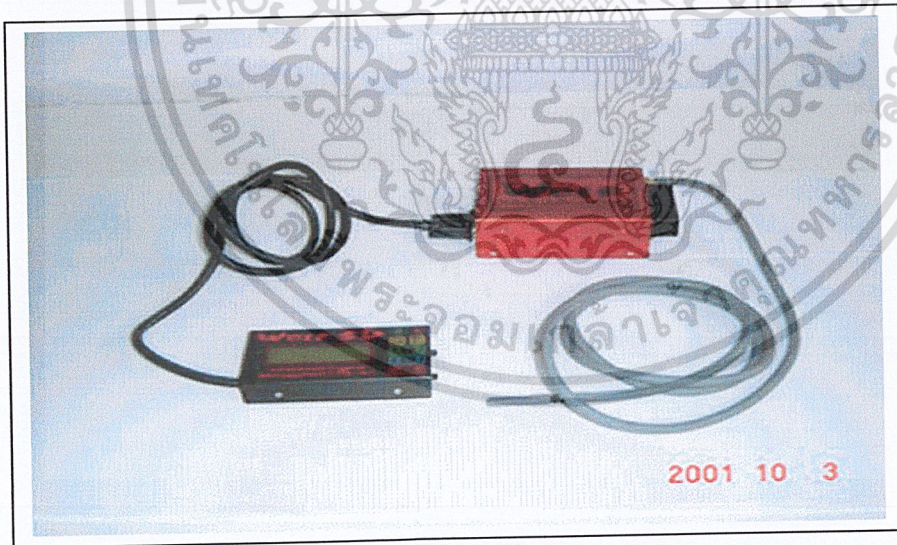
4.3.1 Wolf 3 D

เป็นหนึ่งในกล่องควบคุมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยสามารถใช้ในการปรับพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อป้อนให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในขณะนั้น อาทิ เช่น เวลาในการฉีด เชื้อเพลิง องศาการจุดระเบิด โดยปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ แอนด์คอนโทรลเลอร์ของวูล์ฟ 3 ดี (Wolf 3 D Hand Controller) ซึ่งประกอบไปด้วยสองส่วนสำคัญ

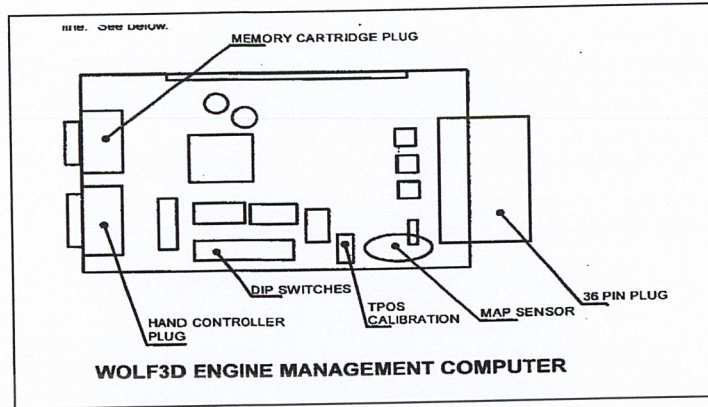
1. **ไพรมารี (Primarily)** ใช้ในการป้อนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ของเครื่องยนต์ นอกเหนือจากส่วนของอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ (External Computer : PC)

2. **เซคันดารี (Secondary)** แสดงถึงภาระการใช้งานของเครื่องยนต์ในขณะนั้น ทั้งที่เป็นตัวเลขและกราฟ จากข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ อินพุต (input) ที่ป้อนเข้าไป เช่น ความเร็วรอบ อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น มุมการเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อ ส่วนเอาพุต (output) ที่ออกมาคือ เวลาในการฉีด และ องศาการจุดระเบิด จะแสดงให้เห็น ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับค่าได้ในหน่วยวินาที

วูล์ฟ 3 ดี สามารถใช้กับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ , เครื่องยนต์ที่มีการอัดอากาศเพิ่ม , เครื่องยนต์เทอร์โบ , ซูเปอร์ชาร์จ , เครื่องยนต์ 4,6,8 สูบ , เครื่องยนต์โรตารี วูล์ฟ 3 ดี มีความยืดหยุ่นในการจ่ายเชื้อเพลิง โดยการจ่ายเชื้อเพลิงจะแปรผันไปตามจังหวะการฉีดของหัวฉีด และสามารถใช้งานที่ต้องการการจ่ายเชื้อเพลิงสูงๆ สำหรับการจุดระเบิดที่ใช้งานจ่าย (distributor) หรือ มัลติคอล์ย (Multicoil) จะใช้ร่วมกับ อิเล็กทรอนิกส์นอลอินชัันแอมพลิฟายเออร์ (External Ignition Amplifiers)



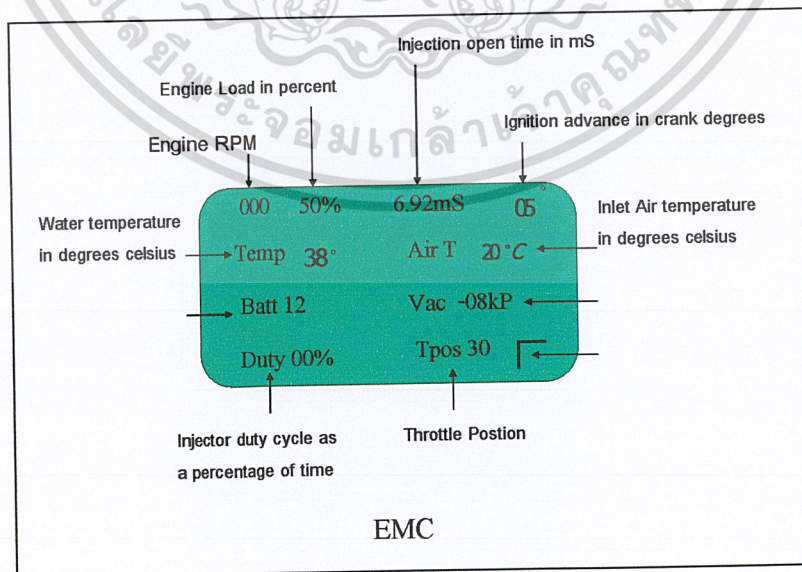
รูปที่ 4.6 กล่องควบคุมการทำงาน Wolf 3D



รูปที่ 4.7 ส่วนประกอบของ Wolf 3 D

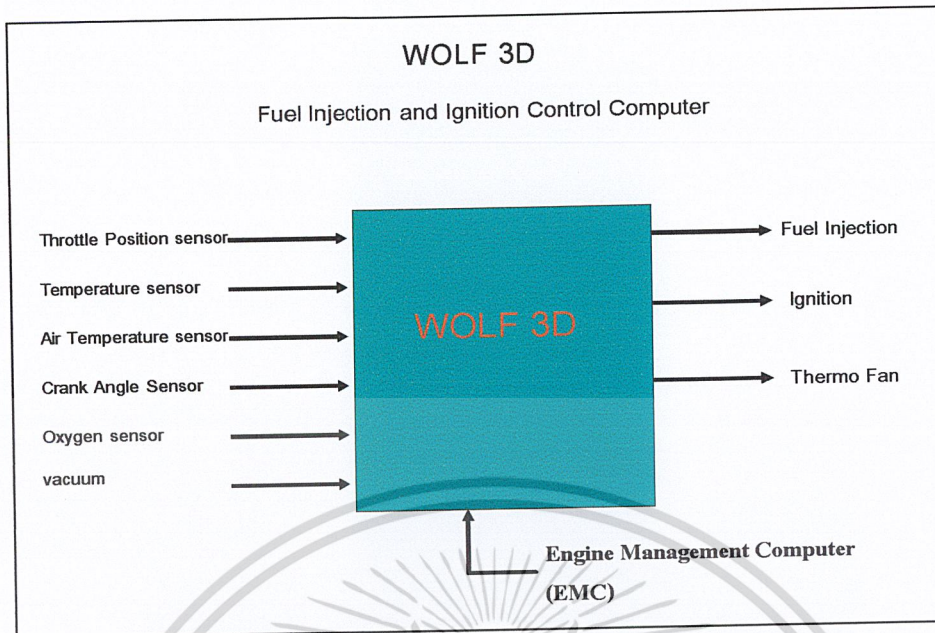


รูปที่ 4.8 การแสดงผลบนมอนิเตอร์ของเซนคอนโทรลเลอร์

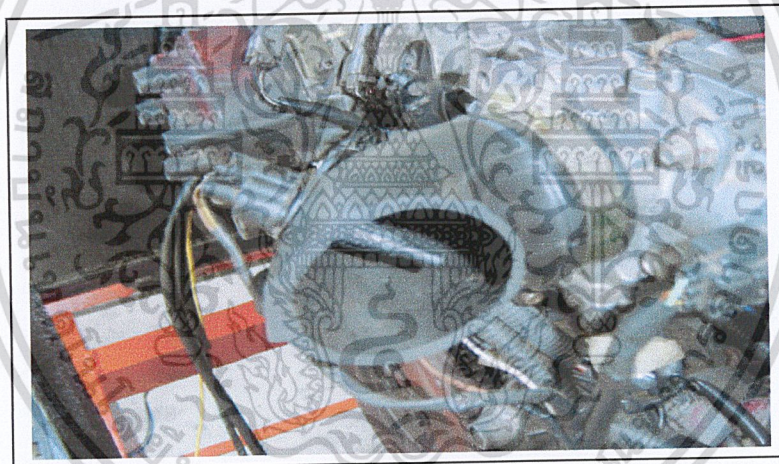


รูปที่ 4.9 ค่าต่างๆที่อ่านได้จากเซนคอนโทรลเลอร์

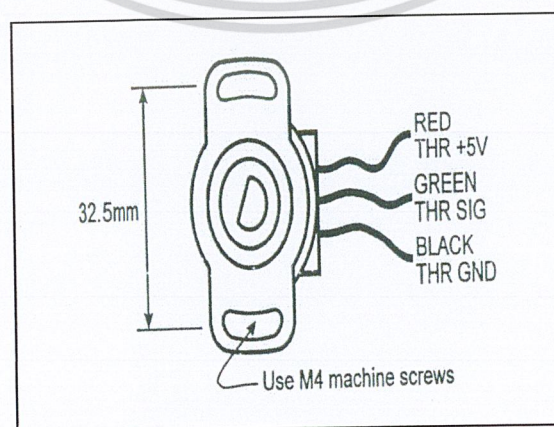
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการรับสัญญาณ INPUT, OUTPUT ของ Wolf 3D

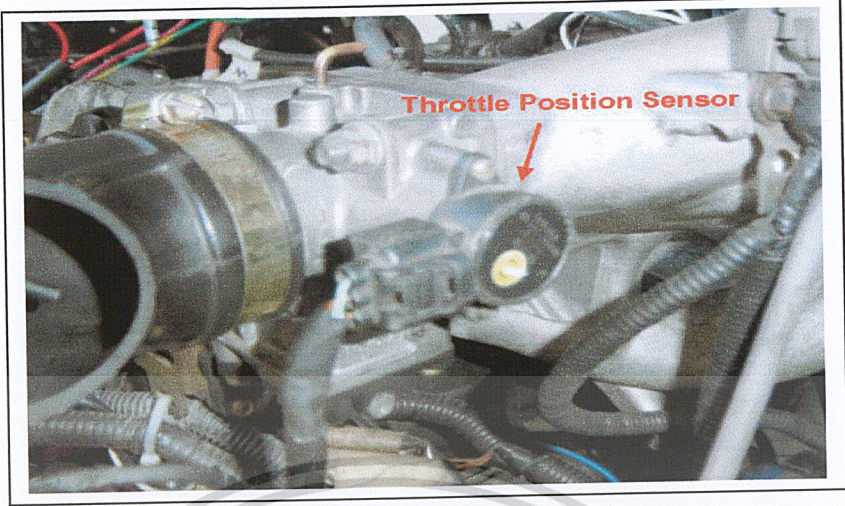


รูปที่ 4.11 เซ็นเซอร์อุณหภูมิอากาศ

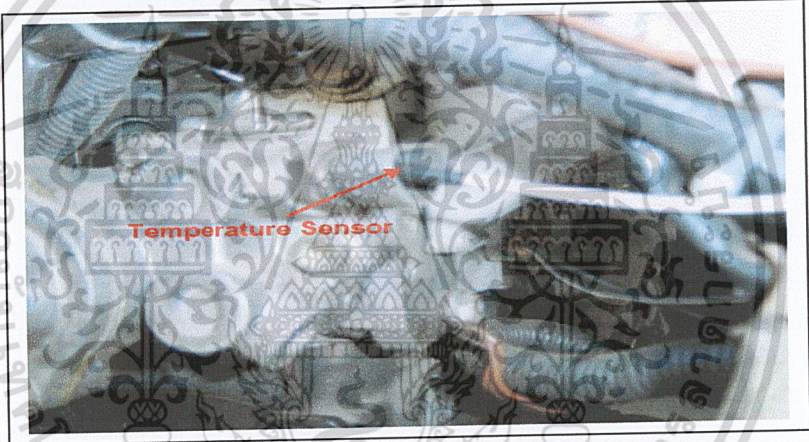


รูปที่ 4.12 เซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง

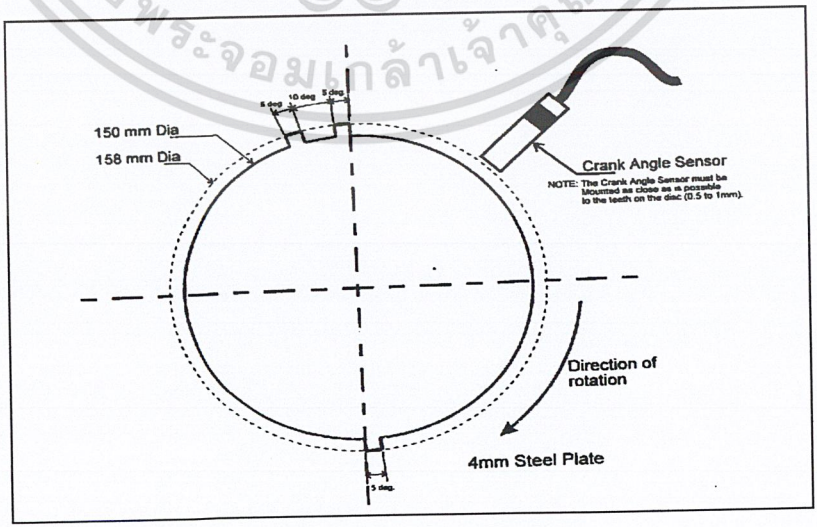
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 เซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง

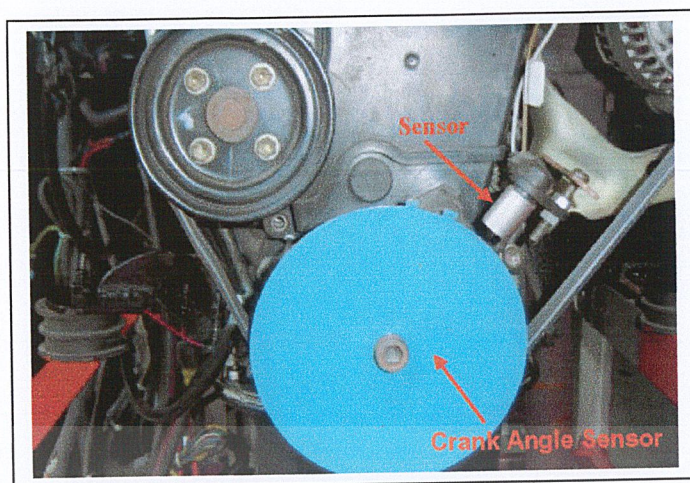


รูปที่ 4.14 เซ็นเซอร์อุณหภูมิหล่อเย็น

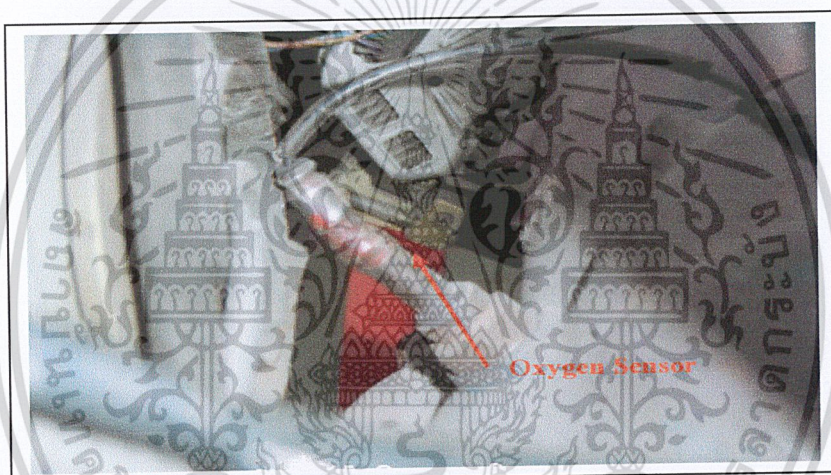


รูปที่ 4.15 ขนาดของ Crank Angle Plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

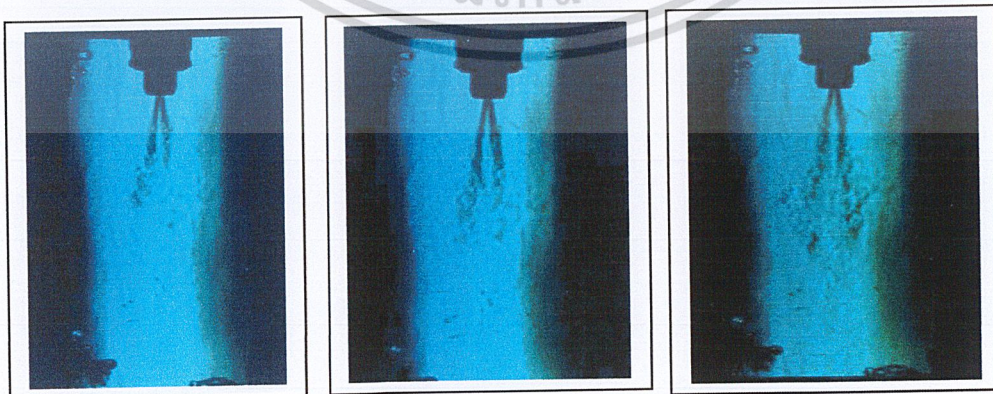


รูปที่ 4.16 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์องศาการจลนวัต



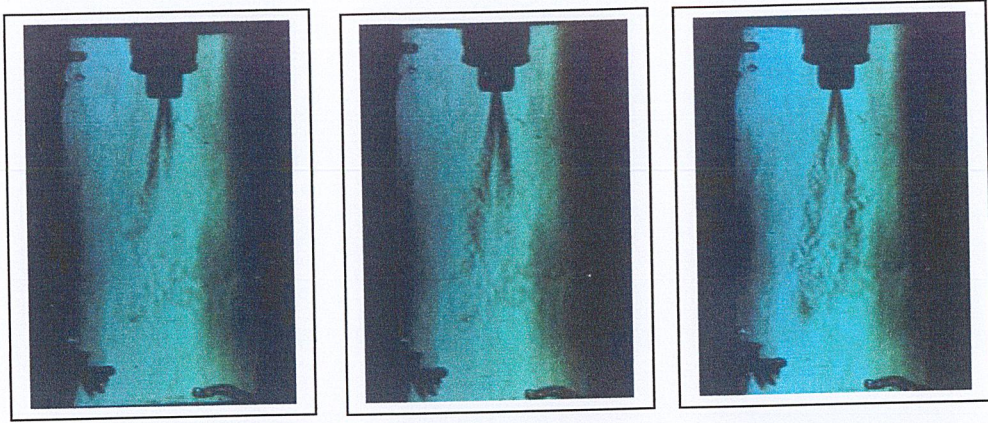
รูปที่ 4.17 ตำแหน่งการติดตั้งออกซิเจนเซ็นเซอร์

4.4 การสังเกตลักษณะสเปรย์ของก๊าซธรรมชาติที่ความดันต่างๆ

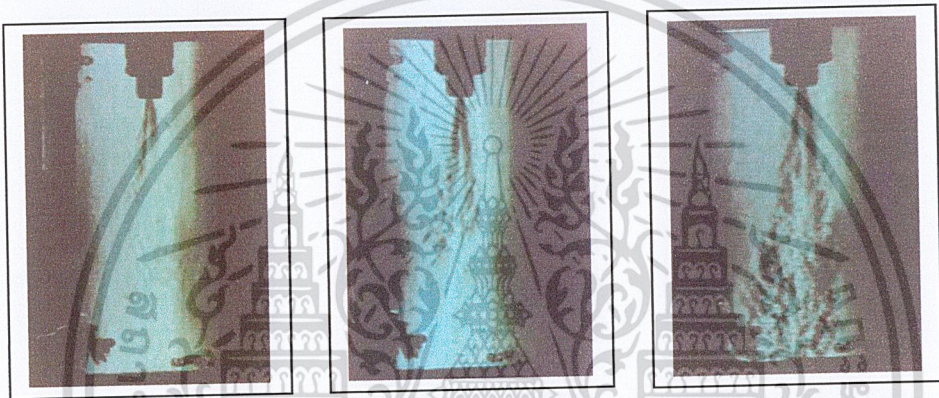


รูปที่ 4.18 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันหัวฉีด 0.5 bar ที่เวลาต่างๆ

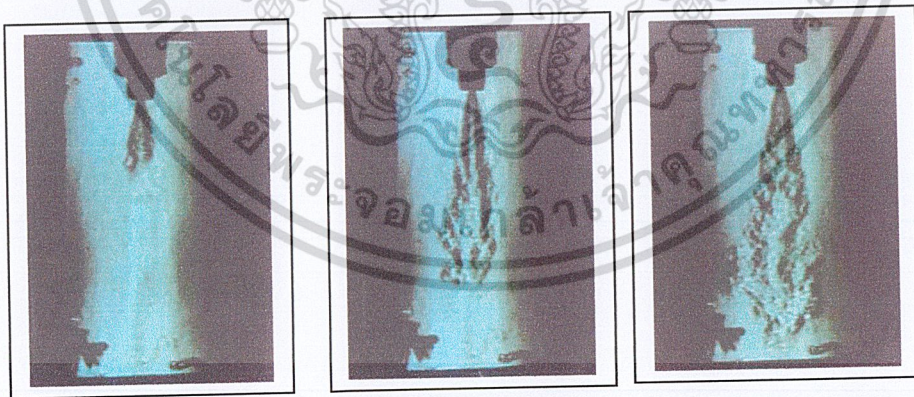
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันหัวฉีด 1.0 bar ที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 4.20 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันห้องเผาไหม้ 0.5 bar ที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 4.21 ลักษณะของสเปรย์ที่เกิดขึ้นที่ความดันห้องเผาไหม้ 1.0 bar ที่เวลาต่างๆ

บทที่ 5

วิธีการทดลองและการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องยนต์

5.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เพื่อหาค่ากำลังงานที่เกิดขึ้น ณ จุดต่างๆภายในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลอง ไปสร้างความสัมพันธ์ จะทำให้ทราบผลที่เกิด ณ สภาพต่างๆ ของเครื่องยนต์ดังกล่าวก่อนที่จะทำการทดลอง ควรจะทราบทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก่อน ซึ่งได้แก่

กำลังงานที่ได้ (Power, P)

กำลังงานที่เพล (Break Power, \dot{W}_b)

$$\dot{W}_b = 2 \pi NT \quad (5.1)$$

กำลังงานในกระบอกสูบ (Indicate Power, \dot{W}_i)

$$\dot{W}_i = \frac{\dot{W}_b}{\eta_m} \quad (5.2)$$

กำลังงานความความฝืด (Friction Power, \dot{W}_f)

$$\dot{W}_f = \dot{W}_i - \dot{W}_b \quad (5.3)$$

เมื่อ N = ความเร็วรอบ (Engine speed)

T = แรงบิด (Toque)

η_m = ประสิทธิภาพเชิงกล (Mechanical efficiency)

อัตราส่วนระหว่าง อากาศต่อเชื้อเพลิง (Air-Fuel ratio, A/F)

$$AF = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (5.4)$$

เมื่อ \dot{m}_a = อัตราการไหลของมวลอากาศ (Mass flow rate of air)

\dot{m}_f = อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง (Mass flow rate of fuel)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency)

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}}{m_f Q_{HV} \eta_c} \quad (5.5)$$

เมื่อ \dot{W} = กำลังงาน(Power)

\dot{m}_f = อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง(Mass flow rate fuel)

Q_{HV} = ค่าความร้อนของน้ำมัน(Heating value of fuel)

η_c = ประสิทธิภาพของห้องเผาไหม้(Combustion efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency)

$$\eta_v = \frac{n \dot{m}_a}{\rho_a V_d N} \quad (5.6)$$

เมื่อ \dot{m}_a = อัตราการไหลของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ (Steady-state flow of air into the engine)

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ (Density evaluated at atmospheric condition outside the engine)

V_d = ปริมาตรการขจัด(Displacement Volume)

N = ความเร็วรอบ(Engine Speed)

แรงบิด (Torque, T)

$$2\pi T = w_b = (bmep)V_d / n \quad (5.7)$$

เมื่อ w_b = กำลังงานที่เพลาค่อการหมุน 1 รอบ(Break work of one revolution)

V_d = ปริมาตรการขจัด(Displacement volume)

n = จำนวนการหมุน ต่อ จังหวะ(Number of revolution)

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption, SFC)

$$sfc = \dot{m}_f / \dot{w} \quad (5.8)$$

เมื่อ \dot{m}_f = อัตราการไหลของอากาศเข้าเครื่องยนต์ (Rate of fuel flow into engine)

\dot{w} = กำลังงานของเครื่องยนต์ (Engine power)

ประสิทธิภาพ (Efficiency, η)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency)

$$\eta_t = \dot{w} / \dot{m}_f Q_{HV} \eta_c \quad (5.9)$$

ประสิทธิภาพเชิงกล (Mechanical Power)

$$\eta_m = (\eta_t)_b / (\eta_t)_i \quad (5.10)$$

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric efficiency)

$$\eta_v = \dot{m}_a / \rho_a V_d N \quad (5.11)$$

เมื่อ \dot{w} = Power

\dot{m}_f = Mass flow rate of fuel

Q_{HV} = Heating value of fuel

\dot{m}_a = Mass of air into the engine

V_d = Displacement volume

N = Engine speed

5.2 อุปกรณ์การทดสอบ

5.2.1 ข้อมูลเฉพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องยนต์แบบ	เบนซินแถวเรียง 4 สูบ รหัส 4A-FE
ระบบเพลาราวลิ้น	4 วาล์วต่อสูบ (DOHC) ขับด้วยสายพาน
บล็อกเสื้อสูบ/ฝาสูบ	อลูมิเนียมอัลลอย / เหล็กหล่อ
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ	78.7 มม.
ระยะช่วงชักลูกสูบ	77.0 มม.
ปริมาตรความจุกระบอกสูบ	1498 ซี.ซี.

อัตราส่วนการอัด	9.8:1
ระบบอัดอากาศ	ไม่มี
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ แบบมัลติพอยท์ ควบคุมด้วยระบบ TCCS
ระบบจุดระเบิด	ระบบอิเล็กทรอนิกส์ไร้หน้าทองขาว ควบคุมด้วยระบบ TCCS
แรงม้าสูงสุด	74 KW ที่ 5600 RPM
รอบการทำงานสูงสุด	14.0 Kg-m (137 Nm) ที่ 4400 RPM
อัตราส่วนแรงม้าต่อ ลิตร	66.75 PS-DIN : ลิตร

5.2.2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียอินฟราเรดก็สามารถใช้ในการตรวจสอบควบคุมไอเสียของรถยนต์ จุดประสงค์ของระบบควบคุมไอเสียก็เพื่อลดปริมาณ CO , HC และ Nox ในก๊าซไอเสีย การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ ให้สอดหัวปีกอับเข้าไปในท่อไอเสีย หัวปีกอับจะดูดก๊าซไอเสียบางส่วนเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ และจะแสดงปริมาณ มาตรฐาน 2 ชุด HC และ CO ที่มีอยู่ในก๊าซ ไอเสีย มาตรฐาน HC แสดงปริมาณ HC เป็นส่วนในล้านส่วน (PPM) มาตรฐาน CO แสดงปริมาณ CO เป็นเปอร์เซ็นต์ ดังในรูปแสดงปริมาณ HC และ CO ที่ยอมให้มีได้ในก๊าซ ไอเสียตามรุ่นของรถยนต์ ในปีต่างๆ ซึ่งกำหนดตามกฎหมายของประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 5.1 เครื่องวัดไอเสีย

5.2.3 ไดนาโมมิเตอร์

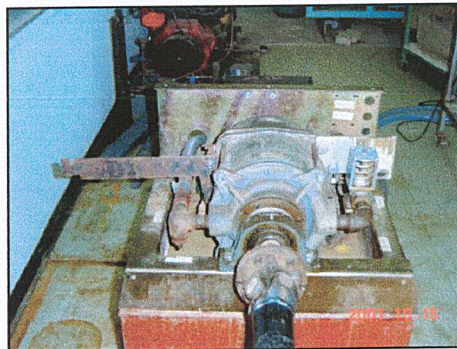
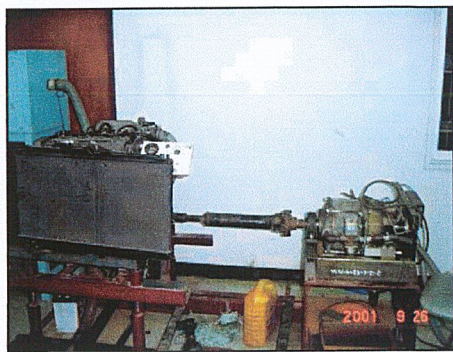
การติดตั้งไดนาโมมิเตอร์

1. ติดตั้งไดนาโมมิเตอร์บนราง บนพื้นราบ ที่มีฐานมั่นคงแข็งแรง
2. ถ้าต้องการเพิ่มความสูงของไดนาโมมิเตอร์ให้เท่ากับความสูงของเครื่องยนต์ ให้ใช้ฐานรองซึ่งทำด้วยเหล็ก
3. ยึดโบลท์ที่ฐานให้แน่น และไม่สามารถหลุดระหว่างปฏิบัติงานได้

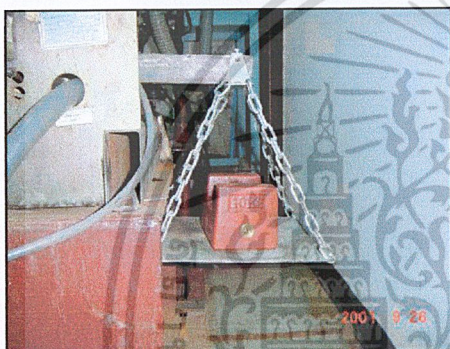
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตรวจสอบว่าเครื่องยนต์, เพลาและไดนาโมมิเตอร์ อยู่ตรงแนวกันหรือไม่



รูปที่ 5.2 การติดตั้งเครื่องยนต์กับไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 5.3 การใส่น้ำหนักให้สมดุลกับโหลดขณะทำการวัดประสิทธิภาพ

การควบคุม (Operation)

การเตรียมการก่อนติดเครื่องยนต์

- ตรวจสอบแต่ละส่วนของเครื่องยนต์ ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์
- ตรวจสอบปริมาณน้ำมันหล่อลื่นในห้องเพลาข้อเหวี่ยง
- ตรวจสอบน้ำมันเชื้อเพลิง

การสตาร์ทและการควบคุม

- เปิดลิ้นถ้าน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดสวิตช์ และสตาร์ทด้วยสวิตช์โดยมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
- ปรับลิ้นปีกผีเสื้อ เดินเครื่องที่ไม่มีภาระและที่ความเร็วรอบต่ำในเวลาประมาณ 1-2 นาที ตรวจสอบว่าไม่มีปัญหาในเรื่องความดันน้ำมันหล่อลื่นและส่วนอื่นๆ จะเดินเครื่องยนต์ในสภาพที่ไม่มีภาระจนกระทั่งแต่ละส่วนของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิใช้งาน

การหยุดเครื่องยนต์

- ควบคุมเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ ประมาณ 2-3 นาที แล้วจึงปิดสวิตช์
- ปิดก๊อกถ้าน้ำมันเชื้อเพลิง

รุ่นปีของรถยนต์	ไฮโดรคาร์บอน (HC)	คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)
1967และก่อนหน้า	300-500 ppm	2.5-3.0%
1968-1969	200-300 ppm	2.0-2.5%
1970-1972	150-250 ppm	1.5-2.5%
1973-1974	100-200 ppm	1.0-1.5%
1975-1978	50-100 ppm	0.5-1.0%
1979-ปัจจุบัน	50 ppm	0.0-0.5%

ตารางที่ 5.1 ปริมาตร HC และ CO ตามกฎหมายกำหนดของประเทศสหรัฐอเมริกา

5.3.3 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์

- ตรวจสอบรายการต่างๆ ก่อนทำการทดลอง เช่น
 - ข้อมูลเกี่ยวกับบรรยากาศ อันได้แก่
 - ความดันของบรรยากาศ
 - อุณหภูมิ
 - ความชื้น
 - น้ำมันเชื้อเพลิง
 - ความถ่วงจำเพาะ
 - ค่าออกเทนนิมเบอร์
 - ค่าความร้อนจำเพาะ
- เดินเครื่องยนต์
- หลังจากเดินเครื่องยนต์จนถึงอุณหภูมิใช้งานภายใต้สภาพไม่มีภาระแล้ว ให้เปิดลิ้นเร่งสูงสุดแล้วค้างตำแหน่งไว้
- เมื่อเครื่องยนต์เดินรอบคงที่ ทำการเพิ่มโหลดไดนาโมมิเตอร์เพื่อให้รอบเครื่องยนต์ตกมายังรอบที่จะทำการวัด
- ทำการวัดความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง โดยการปิดลิ้นจ่ายน้ำมันจากถังและใช้น้ำมันจากหลอด แก้ว โดยการวัดปริมาตรประกอบกับเวลา ทำการทดลองในสภาพดังกล่าวประมาณ 2 นาที โดยไม่ต้องปรับแต่งอุปกรณ์ใดๆทั้งสิ้น
- อ่านข้อมูลต่างๆ จากชุดประกอบการทดลอง และทำการบันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูล
- ทำการทดลองซ้ำเป็นครั้งที่ 2 ณ ความเร็วเดิม
- หลังจากทำการทดลองที่ความเร็วรอบเดิมแล้ว ให้เพิ่มโหลดอีกทำให้รอบตกที่ความเร็วรอบตามที่ต้องการ ทำการทดลองเช่นนี้เรื่อยๆ ไปจนกว่าจะครบตามเป้าหมายที่วางไว้

- ปิดลื่นน้ำหล่อเย็น และถ่ายน้ำทิ้ง

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์

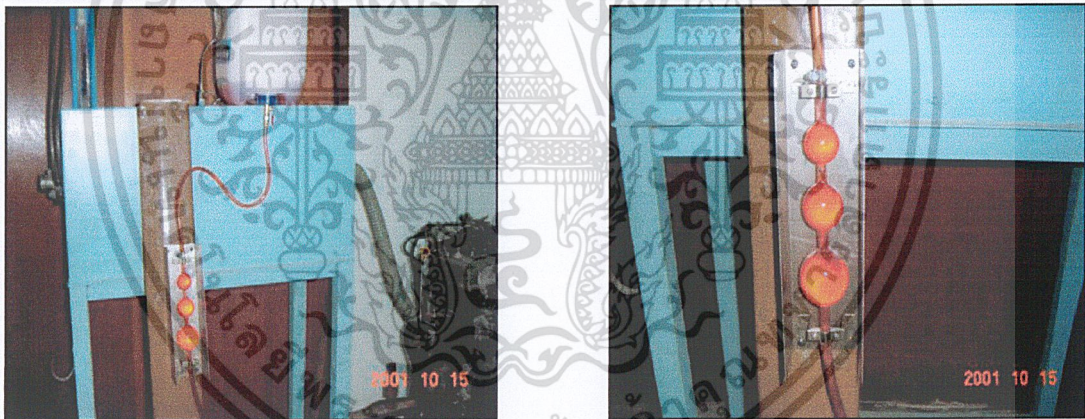
ไดนาโมมิเตอร์แบบใช้น้ำ (Fluid Dynamometer)

หลักการทำงาน

เมื่อเราต่อเครื่องยนต์เข้ากับ ไดนาโมมิเตอร์แบบใช้น้ำ เมื่อเครื่องยนต์หมุนจะทำให้เพลลาที่ต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์หมุนไปด้วย เมื่อเราใส่โหลด คือใส่น้ำเข้าไปในไดนาโมมิเตอร์ จะทำให้เกิดความหนืดขึ้นในตัวไดนาโมมิเตอร์ โดยอาศัยการทำงานของ ใบพัดโรเตอร์ (Rotor) และสเตเตอร์ (Stator) ร่วมกัน ในการเบรกการหมุนของเครื่องยนต์ ยิ่งเราใส่น้ำเข้าไปมากก็จะทำให้เกิดโหลดมากขึ้นตามทำให้แกนของไดนาโมมิเตอร์เกิดการเหวี่ยงตัว เกิดการไม่สมดุล เมื่อเราเอาน้ำหนักใส่ไปที่แกนของไดนาโมมิเตอร์ให้สมดุล เราก็จะได้ น้ำหนักที่รอบนั้น นำไปคำนวณหาค่า ทอร์กได้จากสูตรข้างต้น

5.3.1 การวัดปริมาณเชื้อเพลิง

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สามารถหาได้จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในหน่วยปริมาตรหรือหน่วยน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยเวลาเชื้อเพลิงที่ใช้มีปริมาตรตามขนาดของกระเปาะที่สร้าง เช่น 30,50,100 การใช้งานเราอาจจะเปิดก๊อกเลือกใช้ตามขนาดของกระเปาะ



รูปที่ 5.4 การวัดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ (ก๊าซโซลีน)

5.3.2 วิธีการวัดไอเสีย

ในการวัด ไอเสียนั้นต้องทำการวัดพร้อมกับทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์บนไดนาโมมิเตอร์ เมื่อเครื่องยนต์เดินรอบที่ต้องการ จากนั้นปล่อยให้รอบเครื่องยนต์คงที่แล้วจึงทำการวัดไอเสีย

1. นำหัววัดใส่เข้าไปในท่อไอเสียไม่ต้องมาก
2. ปล่อยให้วาล์วปิดเพื่อให้เครื่องยนต์เดินที่รอบคงที่
3. กดปุ่มตรงที่เครื่องวัดไอเสีย
4. เครื่องจะทำการวัดค่าและค่าต่างๆจะแสดงผล
5. กดปุ่มเพื่อทำการพิมพ์ค่า

9. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ต้องการนำไปเขียนกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ต่อไป

หลังจากการตรวจสอบและเดินเครื่องยนต์ตามขั้นตอนของการควบคุม และพร้อมที่จะทำการทดลอง ลงมือทำการทดลองพร้อมทั้งจดข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อที่จะได้นำค่าเหล่านี้ไปคำนวณและดำเนินการไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

ข้อมูลที่ทำให้การเก็บค่าในการทดสอบ

การวัดและบันทึกข้อมูล

ทอร์ค ($N \cdot m$)

ความเร็วรอบ (r.p.m.)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ($gm/KW \cdot h$)

อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ($^{\circ}C$) และความดัน (kg/cm^2)

อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย ($^{\circ}C$)

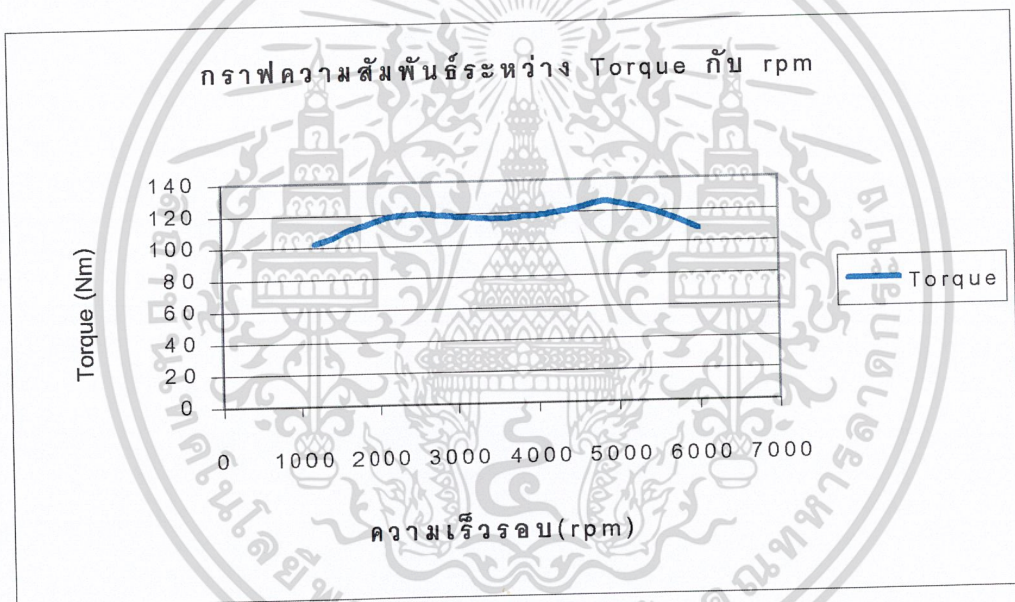


บทที่ 6

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

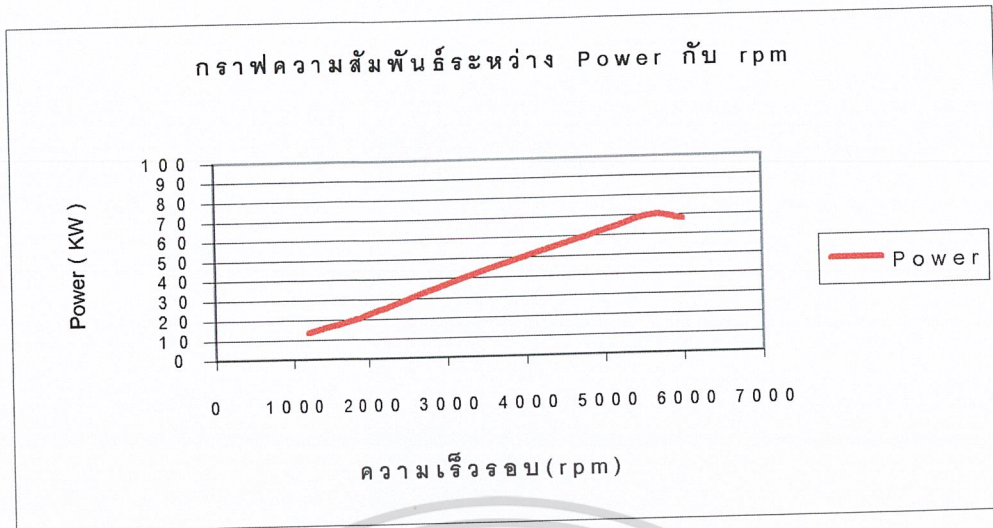
การทดสอบประสิทธิภาพของประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะเริ่มจากการวัด แรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ และ ไอเสียที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีน เพื่อเก็บเป็นข้อมูลพื้นฐาน จากนั้นเมื่อได้ทำการตัดแปลงมาเป็นระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติแล้ว จึงทำการวัด แรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ และไอเสียที่เกิดขึ้น แล้วนำผลที่ได้จากการวัดมาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากระบบหัวฉีดก๊าซโซลีน ซึ่งผลต่างๆ ที่ได้จะได้นำเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการพัฒนาเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดก๊าซธรรมชาติต่อไป

6.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีน



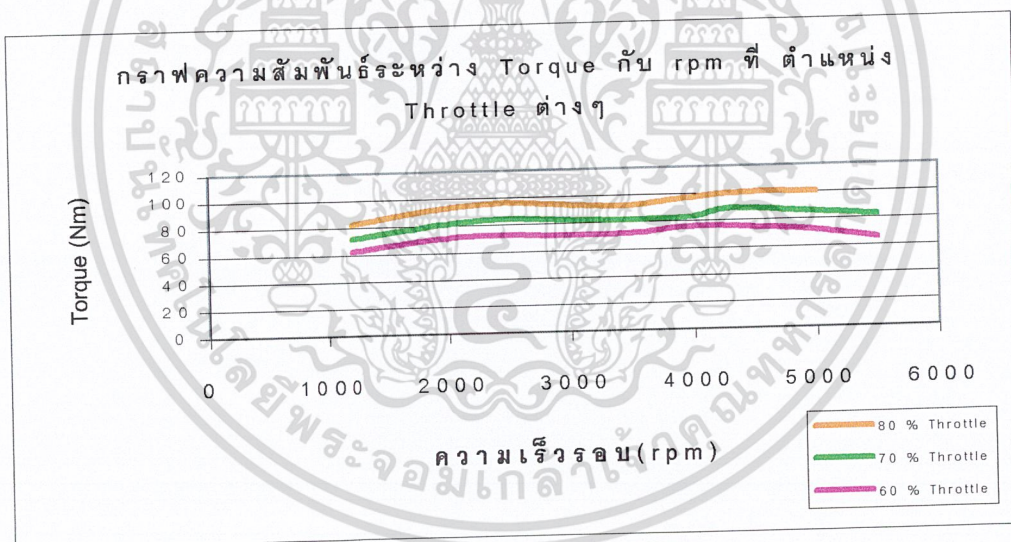
รูปที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ rpm

จากรูปที่ 6.1 เป็นกราฟมาตรฐานของเครื่องยนต์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์กับความเร็วยรอบ จะสังเกตเห็นว่ากำลังของเครื่องยนต์จะแปรผันตรงกับ ความเร็วยรอบ เมื่อความเร็วยรอบสูงขึ้นกำลังของเครื่องยนต์ ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งก็จะสูงสุดที่ค่าๆหนึ่งซึ่งในที่นี้จะสูงสุดที่ประมาณ 5600 รอบต่อนาที ถ้าเราเร่งให้สูงกว่านั้นกำลังก็จะตกลง



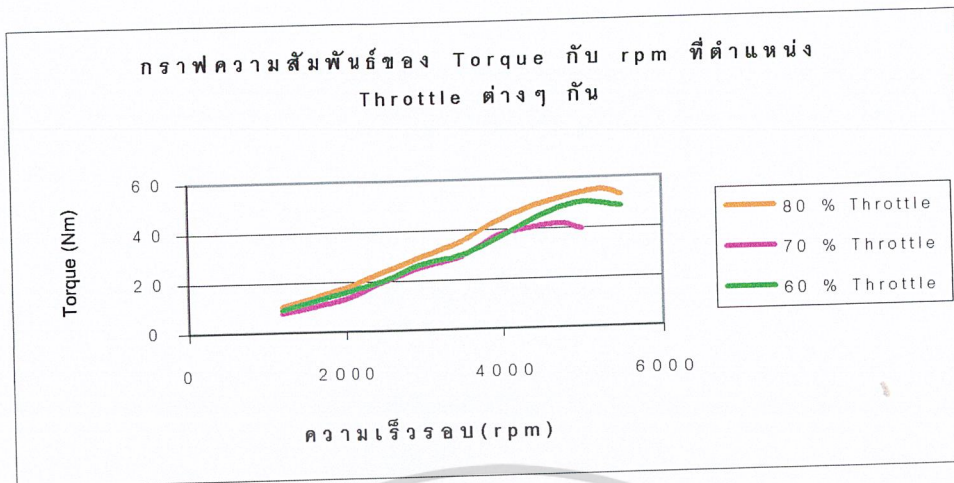
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power กับ rpm

จากที่รูปที่ 6.2 เป็นกราฟมาตรฐานของเครื่องยนต์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิดของเครื่องยนต์กับความเร็วยรอบ จากกราฟสังเกตได้ว่าแรงบิดของเครื่องยนต์จะขึ้นลงและสูงสุดที่รอบๆหนึ่งคือประมาณ 4800 รอบต่อนาที จากนั้นเมื่อรอบสูงขึ้นแรงบิดก็จะต่ำลงตามกราฟ



รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ rpm ที่ตำแหน่ง throttle

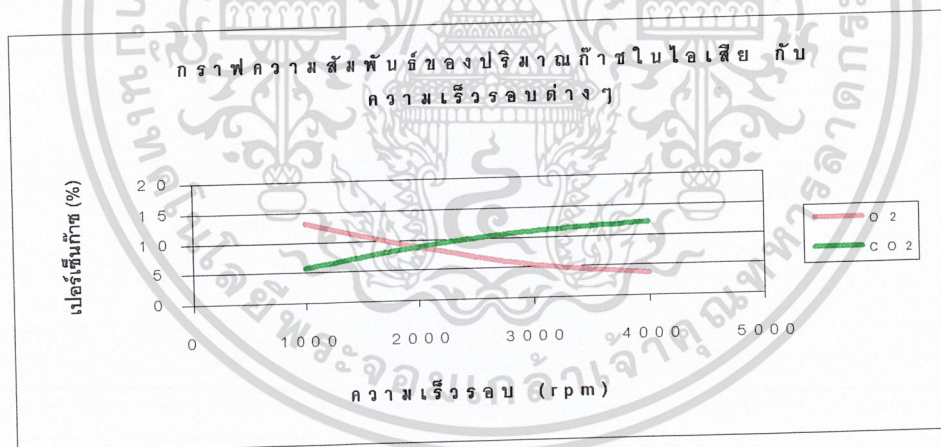
จากรูปที่ 6.3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิดของเครื่องยนต์ กับ ความเร็วยรอบที่การเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อที่ตำแหน่งต่างๆ จากเครื่องที่ใช้ทดสอบจริง โดยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าแรงบิดสูงสุดของแต่ละตำแหน่งของการเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อที่ต่างกัน จะให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่รอบต่างกันออกไป ซึ่งแนวโน้มของกราฟเป็นไปในแนวทางเดียวกับกราฟมาตรฐาน



รูปที่ 6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power กับ rpm ที่ตำแหน่ง throttle ต่างๆ

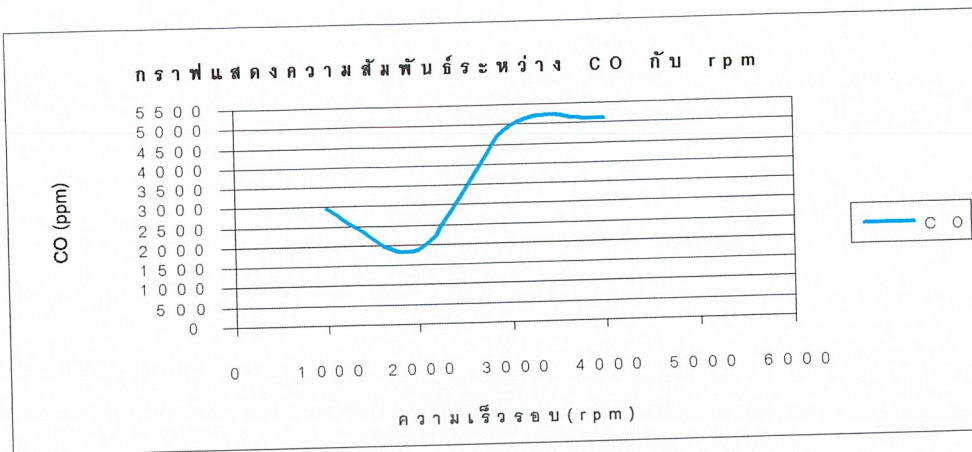
จากรูปที่ 6.4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังของเครื่องยนต์ กับ ความเร็วรอบที่การเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อที่ตำแหน่งต่างๆ จากเครื่องที่ใช้ทดสอบจริง โดยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน ซึ่งจะเห็นว่า กำลังสูงสุดของแต่ละตำแหน่งของการเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อที่ต่างกันจะให้ จะให้กำลังสูงสุดที่รอบต่างกันออกไป ด้วย ซึ่งสัมพันธ์กับ ค่าแรงบิดที่วัดได้ และมีแนวโน้มตาม กราฟมาตรฐานที่ได้แสดงไว้

6.2 ผลการทดลองจากการวัดค่าไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีน



รูปที่ 6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ O₂, CO₂ กับ rpm

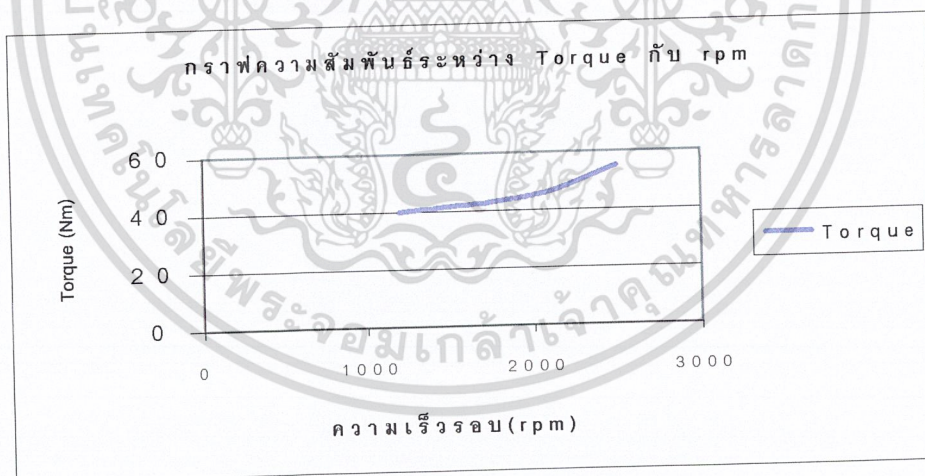
จากรูปที่ 6.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า ออกซิเจน ในช่วงแรกจะเหลือออกมากับไอเสียมาก และ ค่อยๆ ลดลงเมื่อรอบสูงขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อรอบสูงขึ้นความต้องการของเชื้อเพลิงในการผสมกับอากาศมากขึ้น ออกซิเจนที่ออกมาจึงค่อยๆ ลดลงในรอบที่สูงขึ้น ส่วน คาร์บอนไดออกไซด์นั้นแปรผกผันกับออกซิเจน โดยสิ้นเชิง คือ เมื่อรอบสูงขึ้น ปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาก็เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการมากขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ rpm

จากรูปที่ 6.6 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง คาร์บอนมอนอกไซด์กับความเร็วนรอบ จะเห็นได้ว่า คาร์บอนมอนอกไซด์จะต่ำสุดในช่วง 2000 รอบต่อนาที และสูงขึ้นเมื่อรอบสูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งคาดว่า การเผาไหม้จะสมบูรณ์ที่สุดในช่วง 2000 รอบต่อนาที ส่วนช่วงที่ประมาณ 1000 รอบต่อนาที เป็นช่วงที่เครื่องยนต์ ต้องการส่วนผสมที่หนา จึงเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์มาก และในช่วงที่สูงขึ้นเครื่องยนต์ต้องการปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้น ปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจึงมากขึ้นตามไปด้วย

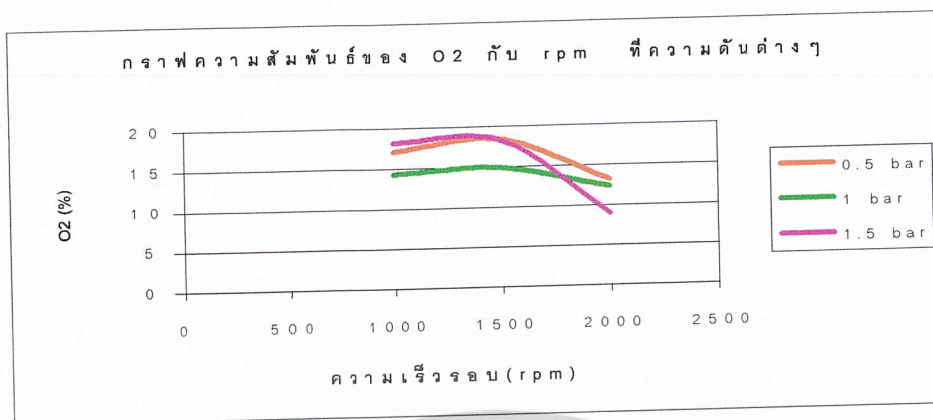
6.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ rpm

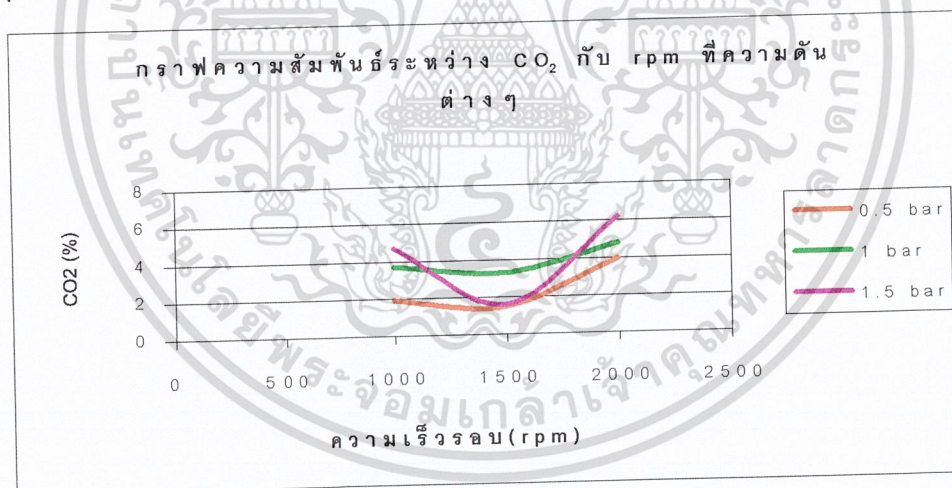
จากรูปที่ 6.7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กับ ความเร็วนรอบ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง จากกราฟจะเห็นได้ว่า แรงบิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามรอบที่สูงขึ้น ซึ่งในขณะนี้ยังไม่อาจวิเคราะห์ถึงแนวโน้มต่อไปได้อย่างชัดเจนเนื่องจากเครื่องยนต์สามารถเร่งได้สูงสุดที่ประมาณ 2500 รอบต่อนาที ทั้งนี้เนื่องจากติดปัญหาหลายประการ ซึ่งจะได้มีการพัฒนาต่อไป

6.4 ผลการทดลองจากการวัดค่าไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซธรรมชาติ



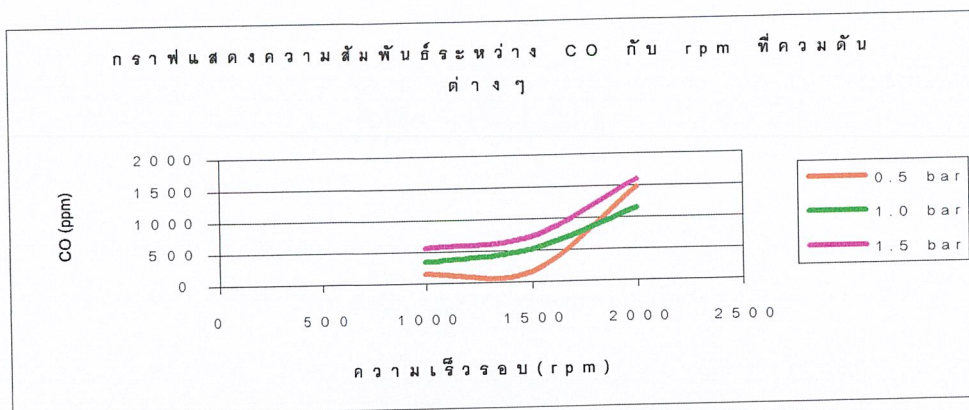
รูปที่ 6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O₂ กับ rpm ที่ความดันต่างๆ

จากรูปที่ 6.8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจน กับ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ความดันต่างๆกัน ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ความดันต่างกันปริมาณออกซิเจนที่ออกมาจะมีปริมาณที่แตกต่างกันไปด้วยแต่แนวโน้มของกราฟจะมีลักษณะเดียวกันและจะสังเกตได้ว่าจะต่ำที่สุดที่ 1500 รอบต่อนาที ซึ่งอาจเป็นช่วงที่สมรรถนะที่สุดและความดันที่เหมาะสมที่สุดน่าจะอยู่ที่ความดันประมาณ 1 บาร์ ซึ่งให้ค่า ออกซิเจนออกมาน้อยที่สุด



รูปที่ 6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO₂ กับ rpm ที่ความดันต่างๆ

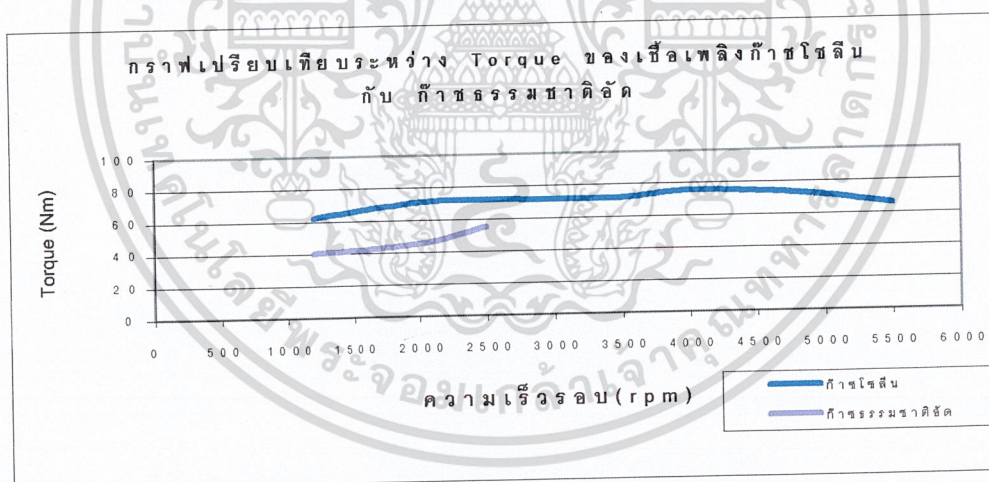
จากรูปที่ 6.9 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ กับ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ความดันต่างๆกัน ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ความดันต่างกันปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจะมีปริมาณที่แตกต่างกันไปด้วยแต่แนวโน้มของกราฟจะมีลักษณะเดียวกันและจะสังเกตได้ว่าจะต่ำที่สุดที่ 1500 รอบต่อนาที ซึ่งอาจเป็นช่วงที่สมรรถนะที่สุดและความดันที่เหมาะสมที่สุดน่าจะอยู่ที่ความดันประมาณ 0.5 บาร์ ซึ่งให้ค่า คาร์บอนไดออกไซด์ออกมาน้อยที่สุด



รูปที่ 6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ rpm ที่ความดันต่างๆ

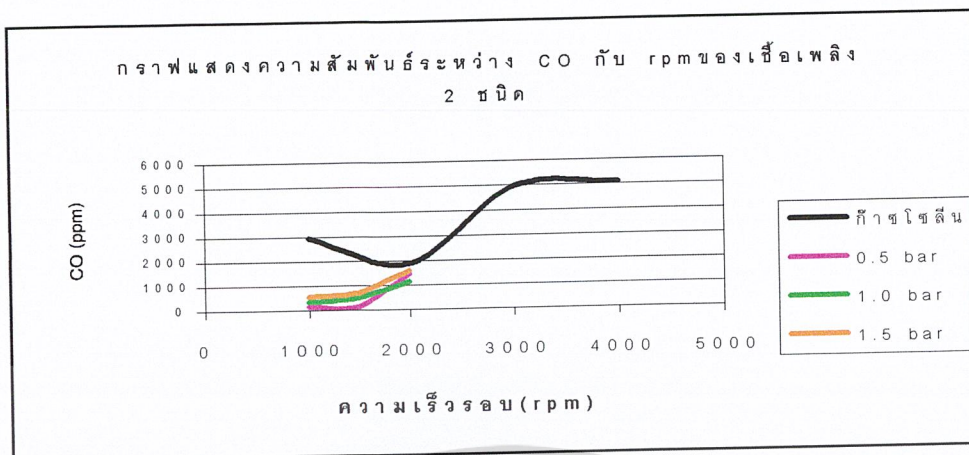
จากรูปที่ 6.10 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์ กับ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ความดันต่างๆกัน ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ความดันต่างกันปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจะมีปริมาณที่แตกต่างกันไปด้วยแต่แนวโน้มของกราฟจะมีลักษณะเดียวกันและจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าที่ 1500 รอบต่อนาที ซึ่งอาจเป็นช่วงที่สมบูรณ์ที่สุดและความดันที่เหมาะสมที่สุดน่าจะอยู่ที่ความดันประมาณ 0.5 บาร์ ซึ่งให้ค่า คาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาน้อยที่สุด

6.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์หัวฉีดก๊าซโซลีนกับหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ



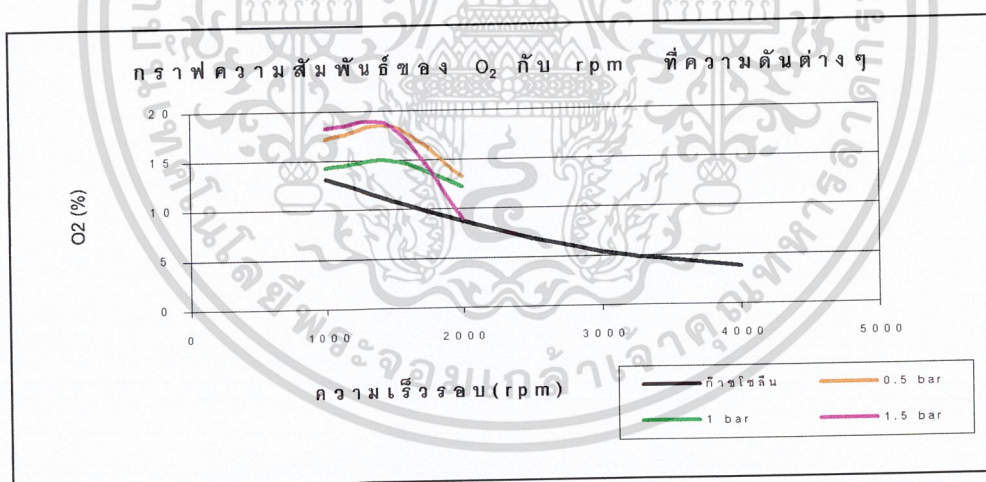
รูปที่ 6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ rpm

จากรูปที่ 6.11 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กับ ความเร็วรอบ ของเชื้อเพลิง ก๊าซโซลีนและก๊าซธรรมชาติอัดเปรียบเทียบกัน ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า จากการเฉลี่ยค่าแรงบิดที่วัดได้ในช่วง 2500 รอบต่อนาที ค่าแรงบิดเมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซโซลีนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากความเสียเปรียบในเรื่องของ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบในรูปของก๊าซ



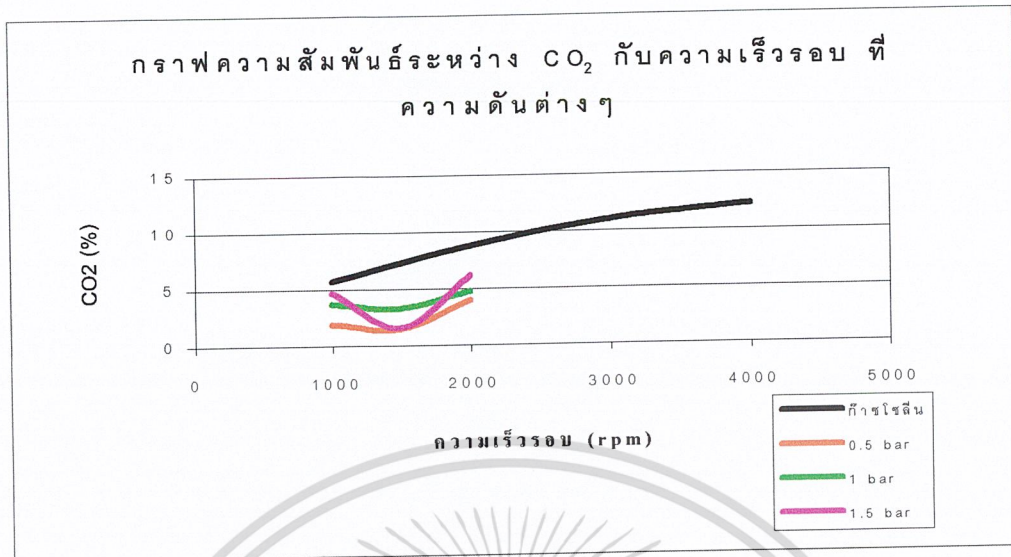
รูปที่ 6.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ rpm

จากรูปที่ 6.12 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง คาร์บอนมอนอกไซด์ กับ ความเร็วรอบ ของเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน กับ เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด ซึ่งจากกราฟจะสังเกตได้ว่า คาร์บอนไดออกไซด์ ของก๊าซธรรมชาติอัดจะต่ำกว่าของก๊าซโซลีนมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนประกอบทางเคมีที่ต่างกันคือ ก๊าซธรรมชาติอัดมีส่วนประกอบของคาร์บอนน้อยกว่า ส่วนประกอบทางเคมีของก๊าซโซลีน อีกทั้ง ก๊าซธรรมชาติอัดอยู่ในรูปของก๊าซจึงผสมกับอากาศได้ดีกว่าก๊าซโซลีน ทำให้เผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า



รูปที่ 6.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O_2 กับ rpm

จากรูปที่ 6.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจน กับ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ของเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนและก๊าซธรรมชาติอัด เปรียบเทียบกัน จากกราฟจะเห็นได้ว่า ปริมาณออกซิเจนที่ออกมาที่ไอเสียเมื่อใช้ ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิงมีมากกว่า ปริมาณออกซิเจนที่ออกมาจากไอเสียในกรณีที่ใช้ก๊าซโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ก๊าซธรรมชาติอัดอยู่ในรูปของก๊าซ และมีอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันมากกว่า (A/F ratio) ก๊าซโซลีน ปริมาณ ออกซิเจนจึงหลงเหลือออกมามากกว่า



รูปที่ 6.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CO₂ กับ ความเร็วรอบ (rpm)

จากรูปที่ 6.14 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ กับ ความเร็วรอบ ของเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน กับ ก๊าซธรรมชาติอัดเปรียบเทียบกัน ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า คาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาเมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติอัด จะต่ำกว่า เมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซโซลีน แสดงถึงการเผาไหม้ที่มีสมบูรณ์กว่าของก๊าซธรรมชาติอัด ทั้งนี้เนื่องมาจากสถานะที่เป็นก๊าซและ ส่วนประกอบทางเคมี ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ ก๊าซโซลีน

บทที่ 7

สรุปผลการทดลอง

7.1 สรุปผลการทดสอบ

1. การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีน ณ ตำแหน่งที่ลิ้นเร่งเปิด 80 % พบว่าทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะดีกว่าและค่า CO ก็ต่ำด้วย เมื่อเทียบกับตำแหน่งลิ้นเร่งเปิดที่ 60 % และ 70 %
2. เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ให้ไอเสียที่เป็นพิษออกมาน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซโซลีนเป็นเชื้อเพลิง
3. การดัดแปลงเครื่องยนต์จากระบบก๊าซโซลีน มาเป็นระบบก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) จะต้องมีการควบคุมระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงนานขึ้นและองศาการจุดระเบิดจะต้องมากกว่าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนประมาณ 10-15 องศา
4. หัวฉีดของระบบเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ จะต้องมีความดันผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดใหญ่กว่าหัวฉีดของระบบเชื้อเพลิงก๊าซโซลีน เพื่อจะได้ปริมาณเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ได้มาก เพราะก๊าซมีสถานะเป็นก๊าซ
5. ในการลดความดันของก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) จากถังในสถานะก๊าซ ที่ความดัน 200 bar ให้เหลือประมาณ 1 bar เพื่อจ่ายให้แก่หัวฉีด จะต้องใช้อุปกรณ์ลดความดันที่ให้อัตราการไหล เพียงพอกับเครื่องยนต์ต้องการ และสามารถอุณหภูมิก๊าซให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมเพราะเมื่อ ลดความดันลงอย่างทันทีทันใด อุณหภูมิของก๊าซจะลดลงตามไปด้วย ซึ่งอุณหภูมิที่ลดต่ำลงมากนี้ ทำให้เกิดน้ำแข็งจับตัวที่บริเวณอุปกรณ์ลดความดันมีผลทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ และอาจดับในที่สุด
6. ความดันในการฉีดของหัวฉีดควรใช้ค่าที่เหมาะสม จากการทดลองนี้จะเห็นว่าความดันที่เหมาะสมอยู่ในช่วงความดันระหว่าง 0.5 บาร์ถึง 1 บาร์ ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดมลพิษน้อยที่สุดเนื่องจากลักษณะการกระจายตัวของก๊าซในช่วงความดันนี้ กระจายตัวได้ดี จึงผสมกับอากาศได้ดีการเผาไหม้จึงค่อนข้างที่จะสมบูรณ์กว่าความดันในช่วงอื่น ทำให้มลพิษที่ออกมาน้อยกว่า
7. เมื่อดัดแปลงมาใช้ก๊าซธรรมชาติอัด เครื่องยนต์สามารถเร่งได้สูงสุดที่ประมาณ 2500 รอบต่อนาที ซึ่งยังไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ หรือเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆกับ เชื้อเพลิงก๊าซโซลีนได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะได้พัฒนาต่อไปอีก
8. การทดลองในครั้งนี้ได้ใช้ฮีตเตอร์เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิที่ลดต่ำลงเนื่องจากลดความดันซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากความเย็นที่ลดลงนั้นแปรผันไปตามภาระของเครื่องยนต์ด้วย แต่ปริมาณความร้อนที่ ฮีตเตอร์ให้กับอุปกรณ์ลดความดันนั้นมีค่าคงที่ ทำให้อุณหภูมิของก๊าซที่เข้าสู่เครื่องยนต์นั้น ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องยนต์

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในระบบจ่ายก๊าซนั้นควรใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงที่ให้อัตราการไหลที่เพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดความดันของก๊าซธรรมชาติอัดโดยเฉพาะ (Regulator pressure) หรือวาล์วลดความดันที่ให้อัตราการไหลที่มาก
2. เมื่อก๊าซธรรมชาติอัด (CNG) ลดความดันอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิต่ำลงทำให้เกิดเป็นน้ำแข็งบริเวณอุปกรณ์ลดความดันการทำให้ก๊าซธรรมชาติอัดอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม ควรใช้น้ำหล่อเย็นจากเครื่องยนต์มาเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติอัดในขณะที่เย็นตัวเนื่องจากการลดความดัน ซึ่งอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นนั้นจะแปรผันไปตามภาระของเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด
3. การใช้หัวฉีดก๊าซธรรมชาติมาแทนการใช้หัวฉีดก๊าซโซลีนนั้นจะต้องจ่ายไฟให้หัวฉีดก๊าซCNG มากกว่าก๊าซโซลีน จึงทำการดัดแปลงโดยใช้ RELAY มาแทนการส่งสัญญาณไปยังหัวฉีดCNG แทนแต่เมื่อเครื่องยนต์เดินรอบสูงๆความถี่ในการส่งสัญญาณไปยังหัวฉีด RELAY จะเกิดการหน่วงขึ้นทำให้การส่งสัญญาณไม่ได้ตามความต้องการของเครื่องยนต์จึงควรเปลี่ยนเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ เพราะมีความเที่ยงตรงสูงกว่าRELAY
4. ระบบจุดระเบิดที่ใช้ในการทดลองครั้งนั้นเป็นแบบ Dual coil ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ได้ผ่านการใช้งานมาพอสมควร ซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานอาจจะลดต่ำลง อีกทั้งสายหัวเทียนที่ใช้เริ่มมีการชำรุดเสียหาย ขั้วหลวมบ้างซึ่งอาจทำให้การจ่ายไฟไปสู่หัวเทียนไม่สะดวก และเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบหรืออาจเร่งไม่ขึ้นในรอบที่สูงๆ ในที่นี้ถ้าเป็นไปได้ขอแนะนำให้มีการเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด
5. ควรมีการบันทึกค่าองศาการจุดระเบิด ในแต่ละภาระของเครื่องยนต์ที่ต่างกัน ซึ่งเป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เป็นอย่างมาก

บรรณานุกรม

- [1] การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย : “ CNG ก๊าซธรรมชาติอัดในรถยนต์ ”, การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย , กรุงเทพมหานคร . 2540
- [2] การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย : “ การใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ” , งานวิจัยและพัฒนาปี 2536, ศูนย์วิจัยและพัฒนาการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. 2536
- [3] บุญธรรม ภัทรารุณกุล : “ เครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สโซลีน ” , ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) , กรุงเทพมหานคร . 2539
- [4] นภคด เวชวิฑูณ : “ เครื่องยนต์หัวฉีด EFI ” , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , พิมพ์ครั้งที่ 1 . 2535
- [5] วิทยา เจียรสุวรรณ , ประสานพงษ์ หาเรือนชัย : “ เครื่องยนต์หัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ” , ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) , กรุงเทพมหานคร
- [6] อุตสาหกรรม จิรากร , เชื้อ ชูชา : “ INTERNAL COMBUSTION ENGINE ” , ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) , กรุงเทพมหานคร
- [7] ประเสริฐ เทียนนิมิตร , ขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์ : “ เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น ” , ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) , กรุงเทพมหานคร
- [8] Will w. Pulkrabek : “ Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine ” , Prentice. Hall. INC
- [9] คู่มือการใช้ WOLF 3D