



ปีการศึกษา 2535

การศึกษามลภาวะของไอเสียเครื่องยนต์แกสโซลีน  
เนื่องจากเครื่องยนต์ขาดการบำรุงรักษาอย่างถูกวิธี

โดย  
นิติเทพ อัครวิเศษ  
ชเนศ ไชยพงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อรรถสรณ์ สุนทรชาติ

ธวัชชัย นาคนิพัฒน์

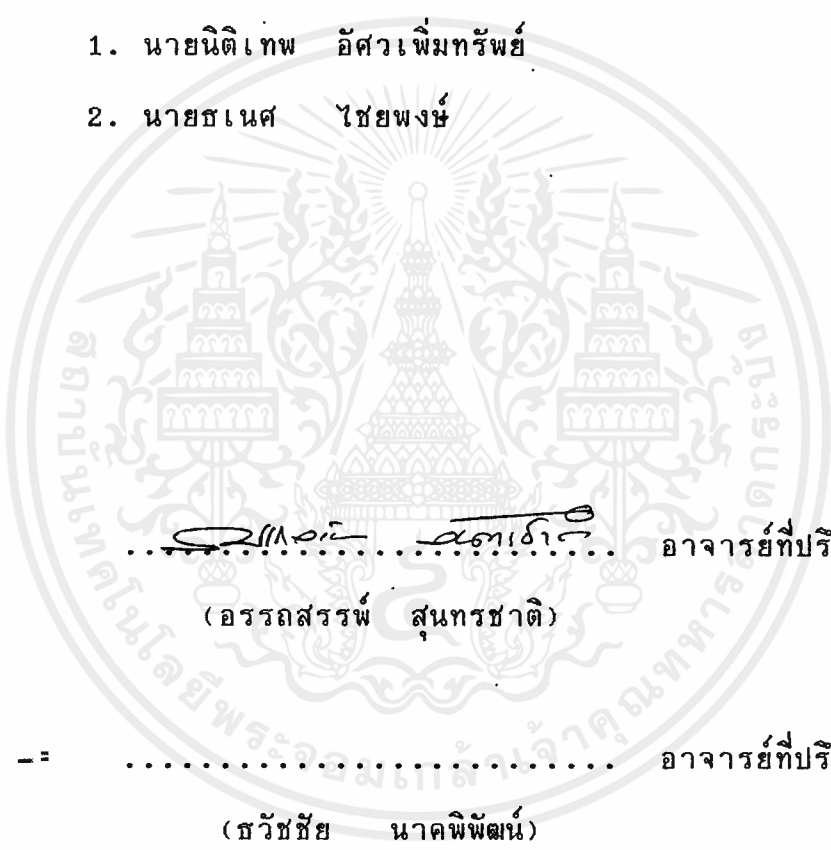
ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง การศึกษามลภาวะของไอเสียรถยนต์ เนื่องจากเครื่องยนต์ขาดการ  
บำรุงรักษาอย่างถูกวิธี

ผู้จัดทำ

1. นายนิติเทพ อัครวิเศษ
2. นายชเนศ ไชยพงษ์



..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อรรถสรณ์ สุนทรชาติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ชวิชัย นาคพัฒนา)

"การศึกษามลภาวะของไอเสียเครื่องยนต์แกสโซลีน  
เนื่องจากเครื่องยนต์ขาดการบำรุงรักษาอย่างถูกวิธี"

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| นายนิติเทพ  | อัคราเพิ่มทรัพย์ * |
| นายชเนศ     | ไชยพงศ์ *          |
| นายอรรถสรพร | สุนทรชาติ **       |
| นายวิชชัย   | นาคพิพัฒน์ **      |

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันปัญหามลพิษในอากาศมีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยปัญหาส่วนใหญ่มาจากไอเสียของรถยนต์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศภายในเครื่องยนต์ ไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์นั้นจะประกอบไปด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $NO_x$ ), ไฮโดรคาร์บอน (HC) ฯลฯ ไอเสียเหล่านี้ถ้ามีในอากาศมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์เรา ถ้าได้รับเข้าไปในปริมาณมาก ๆ และเกิดการสะสมภายในร่างกาย จะทำให้เป็นอันตรายได้ ดังนั้นเพื่อศึกษาถึงการแก้ปัญหาดังกล่าว เราจะศึกษาถึงระบบภายในเครื่องยนต์ที่มีผลต่อการเกิดไอเสีย อันได้แก่ระบบจุดระเบิด และระบบน้ำมันเชื้อเพลิง โดยจะมุ่งเน้นที่ระบบอุปกรณ์ภายในระบบนั้น ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษจากไอเสียรถยนต์ เช่น หัวเทียน, ไส้กรองอากาศ รวมทั้งการตั้งไฟด้วย ซึ่งเราจะแก้ไขโดยการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ไอเสียที่เกิดจากรยนต์มีผลกระทบต่อมลภาวะน้อยที่สุด โดยเราจะศึกษาถึงสภาพไอเสียของเครื่องยนต์ที่สภาพ

70 % เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่สภาพต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลในทางปฏิบัติมาเปรียบเทียบกับทางทฤษฎี เพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไข หรือ เพื่อใช้ในการพิจารณาต่อการบำรุงรักษายนต์อย่างไรในส่วนของระบบจุดระเบิดและระบบน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อที่จะทำให้มีผลกระทบต่อมลพิษน้อยลง

\* นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

\*\* อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

A study gasoline pollution which are maintenanceless

Nititep Assawapamsap\*  
Tanete Chaiyapong\*  
Attason Sunthornchart\*\*  
Thawatchai Narkpipat\*\*

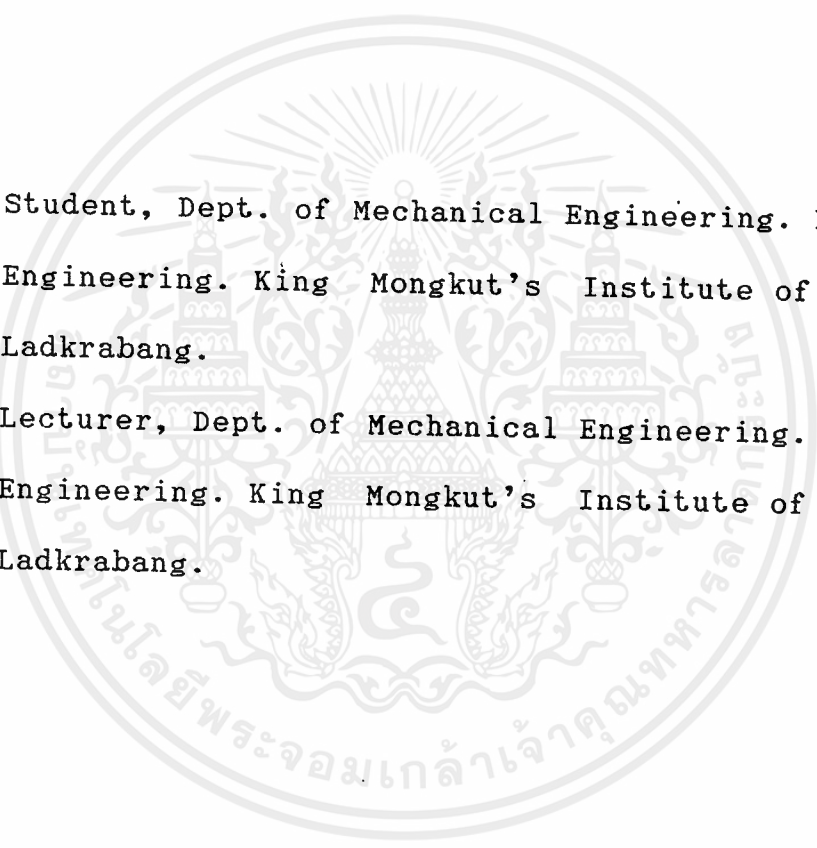
Abstract

Nowadays air pollution is more extremely important for Thailand. An exhaust gas from transported vehicles is the major problem. Carbonmonoxide (CO), Hydrocarbon (HC) and Nitrogenoxide (NO<sub>x</sub>) are the major components of it. If the air has high concentration, it will be a cautious for humen toxic. So, for this study, the system in an engine is to be considered here, that are only fuel system and ignition system. We stress in some implements in these systems that cause air pollution, for example a spark ignition, an air filter etc. Consequently we would be able to improve by reducing the toxic gases in both a standard engine and an used engine. Finally we consider the transported vehicles in

✓

the parts of ignition system and fuel system to reduce the air pollution.

This report is consist of both the theory and experiment which shows good agreement and also the suggestion for future work.

- 
- \* Student, Dept. of Mechanical Engineering. Faculty of Engineering. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
  - \*\* Lecturer, Dept. of Mechanical Engineering. Faculty of Engineering. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

## สารบัญ

| สารบัญ                                | หน้า |
|---------------------------------------|------|
| 1 บทนำ                                | 1    |
| 2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน | 7    |
| 3 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง   | 23   |
| 4 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง        | 27   |
| 5 สรุปผลการทดลอง                      | 38   |
| 6 ข้อเสนอแนะ                          | 39   |
| ภาคผนวก                               | 41   |
| กิตติกรรมประกาศ                       |      |
| เอกสารอ้างอิง                         |      |

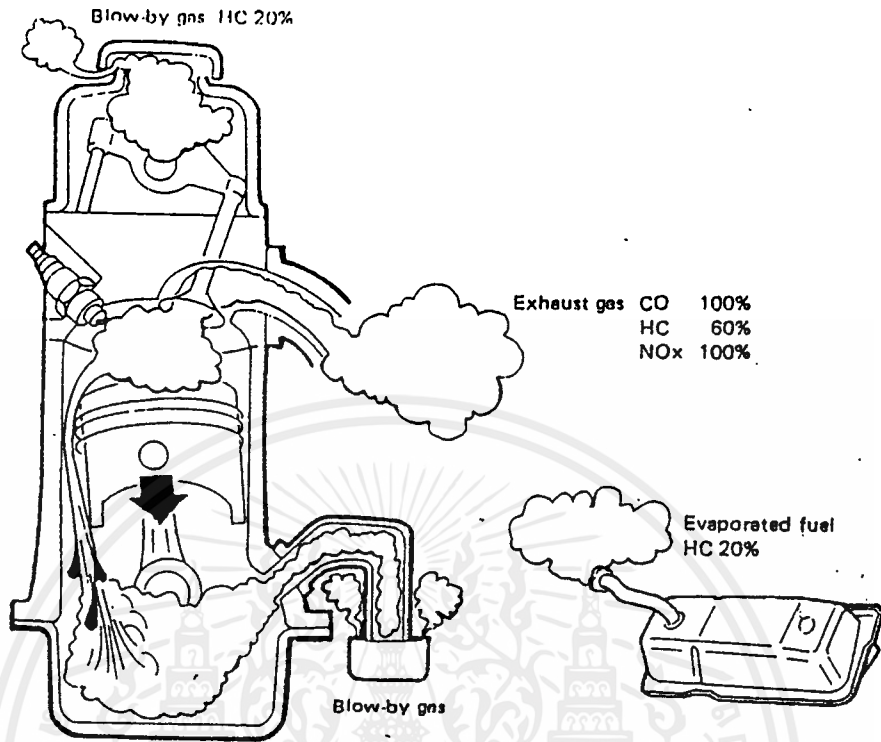
## 1. บทนำ

แหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศที่สำคัญอย่างหนึ่งในกรุงเทพมหานครมาจากไอเสียของยานพาหนะ โดยมลพิษเหล่านั้นได้แก่ แกสคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC), ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO) และฝุ่นละอองซึ่งรวมถึงควันดำด้วย จากผลการวิจัยพบว่าปัจจุบันระดับคาร์บอนมอนอกไซด์และฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครเกินระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตามที่มาตรฐานองค์การอนามัยโลก และของประเทศไทยกำหนดไว้

ในการศึกษานี้จะศึกษาถึง มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์แกสโซลีนเท่านั้น ซึ่งมีแกสที่จะพิจารณา 3 ชนิดด้วยกัน คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ , ไฮโดรคาร์บอน และ ออกไซด์ของไนโตรเจน

### 1.1 มลพิษจากรถยนต์มีแหล่งที่มา 3 แห่ง คือ

- 1) จากท่อไอเสียประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไฮโดรคาร์บอน (HC) และ ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ )
- 2) จากไอที่รั่วไหลมาจากภายในห้องเครื่องยนต์ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC)
- 3) จากไอระเหย มาจากถังน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC)



รูปที่ 1.1 แหล่งที่มาของมลพิษไฮโดรคาร์บอน

ในการศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะไฮโดรคาร์บอนที่ออกมาจากท่อไอเสียเท่านั้น

## 1.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดแก๊สพิษทางท่อไอเสีย

คาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ ส่วนไฮโดรคาร์บอนเกิดจากการระเหยและการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มีเชื้อเพลิงหลงเหลือจากการเผาไหม้ จึงมีไฮโดรคาร์บอน (HC) ปนมาด้วยไฮโดรคาร์บอนออกไซด์ของไนโตรเจนเกิดจากการทำปฏิกิริยาคีรีระหว่าง  $N_2$  กับ  $O_2$  ในห้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงมลพิษและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเก่าที่มีการบำรุงรักษาอย่างดี กับเครื่องยนต์เก่าที่ขาดการบำรุงรักษา โดยเครื่องยนต์เก่ามีสภาพประมาณ 70% ของเครื่องยนต์ใหม่เป็นมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ โดยสมมุติให้เครื่องยนต์ดังกล่าว

- 1) ใช้หม้อกรองอากาศอุดตัน
- 2) มีการตั้งไฟแก่
- 3) มีการตั้งไฟอ่อน
- 4) ใช้หัวเทียนเก่า

### 1.3 ผลกระทบจากไอเสียรถยนต์ต่อสุขภาพ

ผลกระทบจากไอเสียรถยนต์ต่อสุขภาพบางประการจะเห็นได้ชัด เช่น กลิ่นเหม็น การรบกวนทัศนวิสัย การระคายเคืองต่อเยื่อตา การระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ แต่บางประการก็เป็นภัยเงียบที่ประชากรไม่ได้ระวัง

1.3.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นแก๊สพิษที่ก่อให้เกิดอาการที่พบบ่อยที่สุด ไม่มีสีไม่มีกลิ่นและไม่ระคายเคือง พบได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยออกมากับไอเสียรถยนต์ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นพิษต่อร่างกายโดยไปทำให้อวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายขาดออกซิเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมอง และหัวใจ

OSHA ได้กำหนดค่า permissible exposure limit (PEL) สำหรับ ปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 35 ppm ถ้ามนุษย์สูดดมแก๊สนี้ ความเข้มข้น 1000 ppm เป็นเวลาหลายนาที หรือ 1500 ppm สักครู่อาการอาจรุนแรงถึงตายได้

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร่วมกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน 250 เท่า เกิดเป็น Carboxyhemoglobin (COHb) ซึ่งเป็นฮีโมโกลบินที่ขนถ่าย ออกซิเจนไม่ได้ ทำให้ฮีโมโกลบินไม่สามารถจ่ายออกซิเจนให้กับอวัยวะต่าง ๆ ได้ และคาร์บอนมอนอกไซด์ยังขัดขวางการทำงานของระบบไซโตโครม (cytochrome) ภายในเซลล์ทำให้เซลล์ไม่สามารถใช้พลังงาน การเพิ่มแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ขึ้น 6 ppm จะเพิ่ม COHb ขึ้นประมาณ 1% ผลของการรับคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปใน ร่างกายจะขึ้นอยู่กับระดับ COHb ดังตารางที่ 1

อาการทางตาอาจเกิดขึ้นได้แม้ผู้ป่วยจะได้รับ คาร์บอนมอนอกไซด์ เพียงเล็กน้อย และอาการทางสมองถ้าเป็นมากหลังจากผู้ป่วยหายแล้วจะมีความพิการคงเหลือ อยู่

การเป็นพิษเนื่องจากพิษคาร์บอนมอนอกไซด์เรื้อรัง โดยได้รับในปริมาณไม่สูง เป็นระยะเวลานานซึ่งทำให้สมองขาดออกซิเจนหลาย ๆ ครั้ง จะมีการเปลี่ยนแปลงคือ ความจำไม่ดี ซ้ำปลายนิ้ว อารมณ์เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังพบว่า การได้รับแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ ร่วมกับการสูบบุหรี่จะเพิ่มอัตราการตายจากโรคหัวใจ

ตารางที่ 1

| ค่าโดยประมาณของ CO ในอากาศ   | Carboxyhemoglobin(%) | อาการ   |
|------------------------------|----------------------|---|
| น้อยกว่า 35 ppm และสูบบุหรี่ | 5                    | ไม่มี หรือ ปวดศีรษะเล็กน้อย                               |
| 0.005% (50 ppm)              | 10                   | ปวดศีรษะเล็กน้อย<br>เหนื่อยและเจ็บหน้าอก                  |
| 0.01% (100 ppm)              | 20                   | ปวดศีรษะ เหนื่อยเมื่อ<br>ออกกำลังกายปานกลาง               |
| 0.02% (200 ppm)              | 30                   | ปวดศีรษะอย่างรุนแรง<br>อ่อนเพลีย ตกใจง่าย<br>ตาพร่า ตามัว |
| 0.03-0.05% (300-500 ppm)     | 40-50                | ปวดศีรษะ หัวใจเต้น<br>เร็ว หายใจเร็ว<br>สับสน ชิม เป็นลม  |
| 0.08-0.12% (800-1200 ppm)    | 60-70                | หมดสติ (coma) ชัก   |
| 0.19% (1900 ppm)             | 80                   | ตายในเวลาอัน<br>รวดเร็ว                                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ที่เกิดขึ้นในไอเสียรถยนต์ ประกอบด้วยไนโตรเจนออกไซด์ ( $\text{NO}$ ), ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ), ไนโตรเจนไตรออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ), กรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ), ไนโตรเจนเพนตะออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}_5$ )

ออกไซด์ของไนโตรเจน ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจซึ่งสารที่นำมาศึกษาถึงผลเสียต่อสุขภาพบ่อย ๆ คือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยมีพยาธิสภาพเป็นการอักเสบของถุงลม ต่อมาจะมีพังผืดมาแทนที่เรียกว่า Bronchiolitis fibrosa cystica โดยจะเริ่มมีอาการติดเชื้อง่ายกว่าปกติ ออกไซด์ของไนโตรเจน ไม่เพิ่มอุบัติการณ์การเป็นมะเร็ง

1.3.3 ไฮโดรคาร์บอน (HC) มีอันตรายต่อร่างกายไม่มากนักแต่เมื่อทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) และแสงแดดแล้วจะเกิดเป็นหมอก (SMOG) ซึ่งเป็นอันตรายต่อดวงตา, ใบบน และทำให้วัสดุพวกลอยเกิดการเสื่อมสภาพ

## 2. หลักการการทำงานของเครื่องยนต์แกสโซลีน

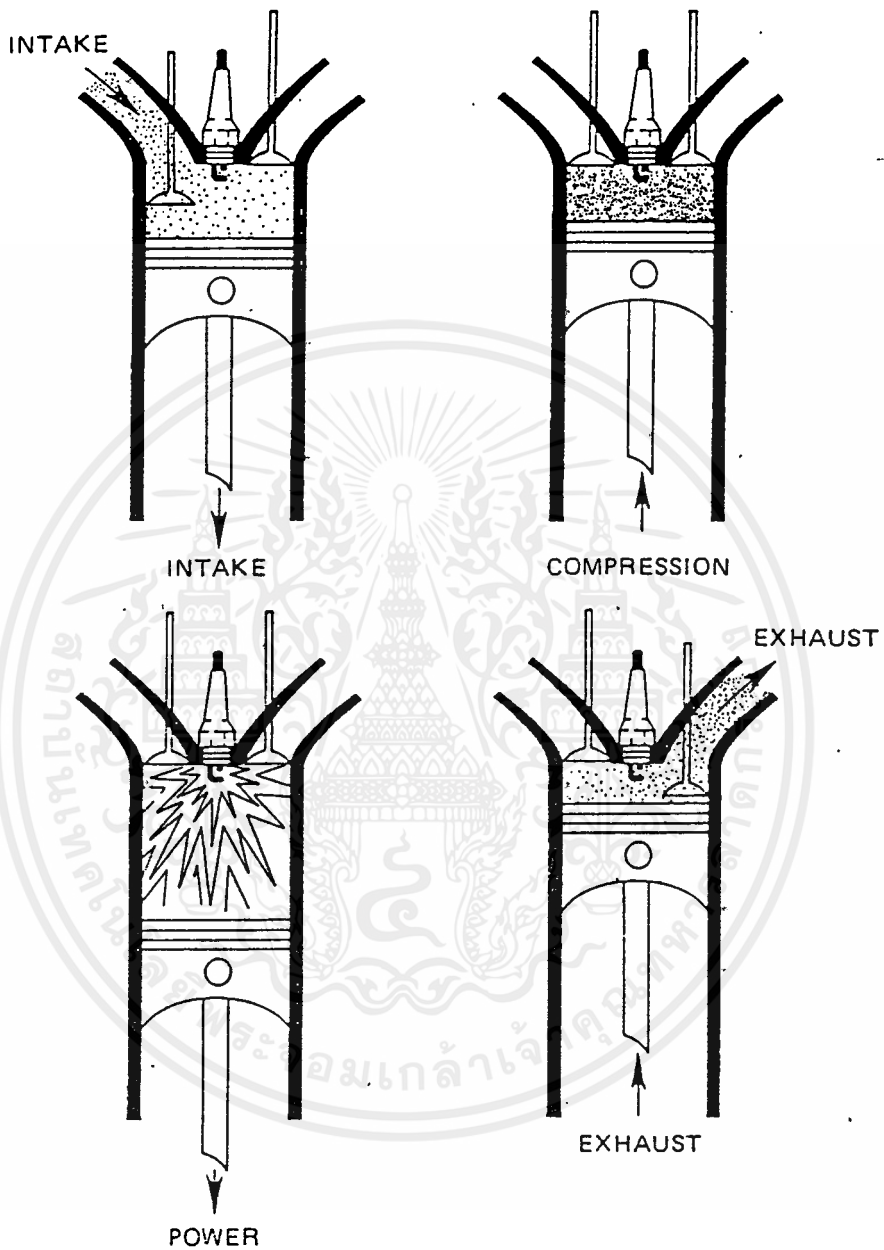
### 2.1 การทำงานของเครื่องยนต์แกสโซลีน

จังหวะดูด ในที่นี้คืออากาศผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงและในจังหวะนี้ลิ้นไอดีจะเปิดให้ประจุเข้า ส่วนลิ้นไอเสียจะปิด และลิ้นไอดีควรจะเปิดก่อนลูกสูบจะถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย เพื่อที่จะทำให้ได้ประจุเพิ่มขึ้น กำลังของเครื่องดีขึ้น

จังหวะอัด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาถึงศูนย์ตายล่างแล้ว ลูกสูบจะต้องเคลื่อนที่เข้าในขณะทีลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิด ประจุจะถูกอัดในช่วงนี้ แกสที่ถูกอัดจะมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งจะช่วยในการเผาไหม้ได้ดีขึ้น

จังหวะระเบิด (จังหวะกำลัง) เนื่องจากอัตราการอัดตัวของประจุไม่สูงมากพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงติดไฟได้ จึงต้องมีเครื่องช่วยติดไฟได้แก่ ประกายไฟจากหัวเทียนเพื่อให้ได้กำลังของเครื่องยนต์ที่ดี จุดติดไฟควรจะเริ่มทีก่อนลูกสูบจะถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย เมื่อลูกเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบนแล้ว แกสที่กำลังเผาไหม้จะผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงหรือออก

จังหวะคาย (จังหวะไล่ไอเสีย) ไอเสียเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ถ้าไล่ออกไม่หมดจะแย่งที่ของไอดี ทำให้กำลังของเครื่องตก ดังนั้นลิ้นไอเสียควรจะปิดหลังจากที่ลูกสูบผ่านศูนย์ตายบน ในจังหวะนี้จะมีลิ้นไอดีและไอเสียเปิดค้างซ้อนกันอยู่ช่วงหนึ่ง เรียกว่าลิ้นเหลื่อม (Valve overlap) จะเห็นว่าจังหวะคายนี้อะไหล่เหลื่อมจะมีไอดีบางส่วนปนออกมากับไอเสีย ทำให้มีไฮโดรคาร์บอน (HC) ออกมากับไอเสียด้วย



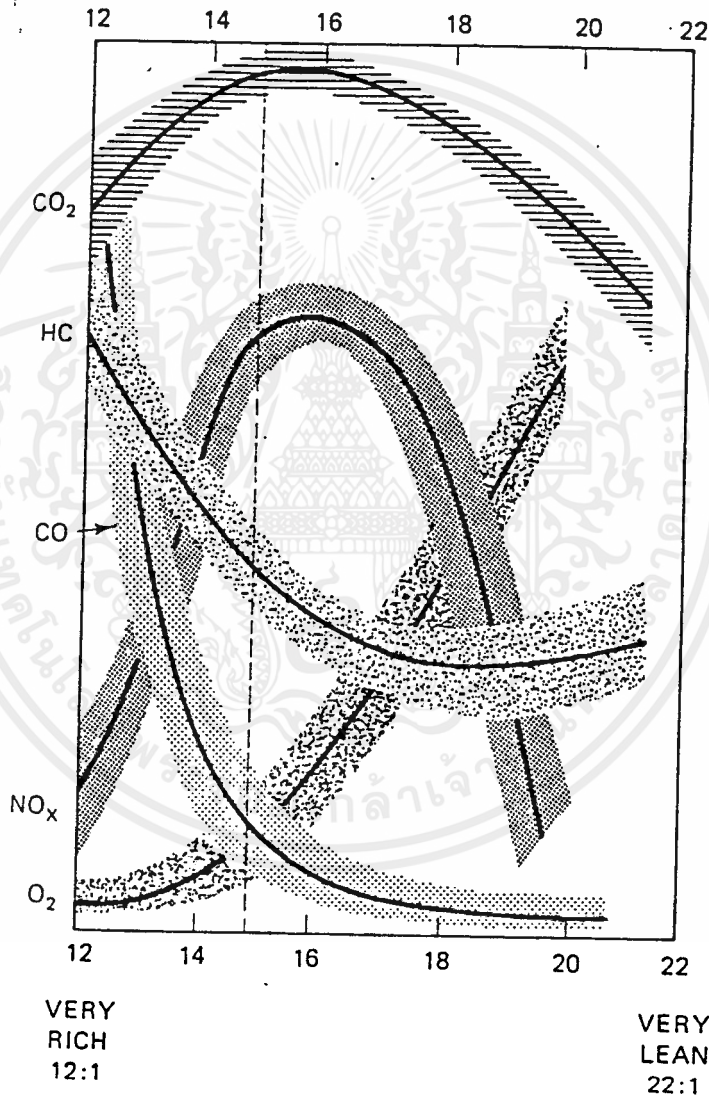
รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



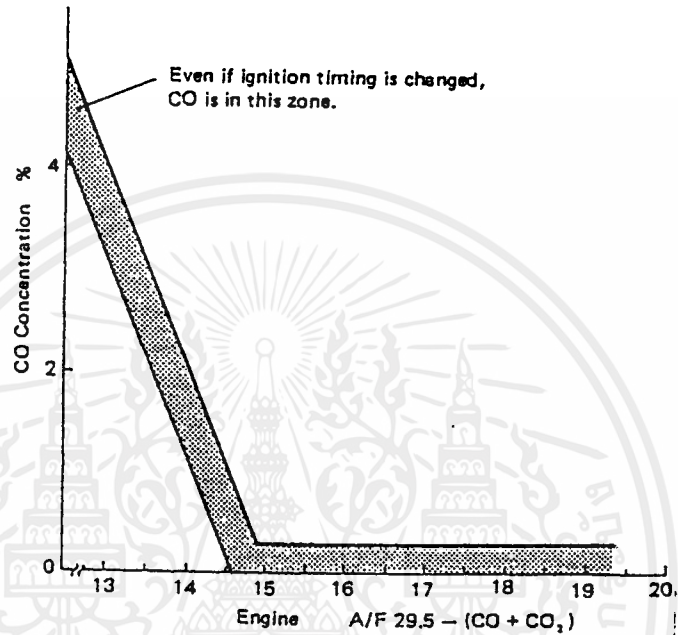
### 2.2 สภาพการทำงานของเครื่องยนต์ที่มีผลต่อการเกิดมลพิษมีดังนี้

1) ผลจากอัตราส่วนของไอดี ทำให้เกิดมลพิษ 3 ชนิด คือ ไฮโดรคาร์บอน(HC), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) ซึ่งมีค่ามากน้อย สัมพันธ์กันดังนี้

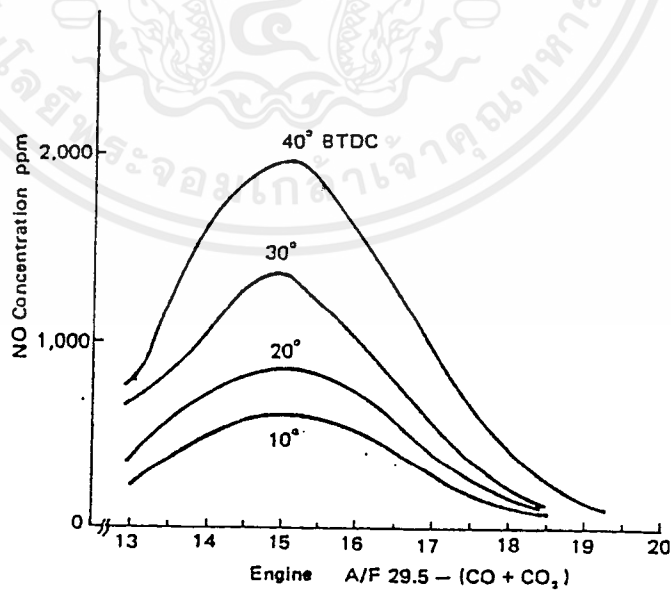


รูปที่ 2.2 แสดงปริมาณแก๊สไอเสียที่อัตราส่วนผสม อากาศ/น้ำมัน

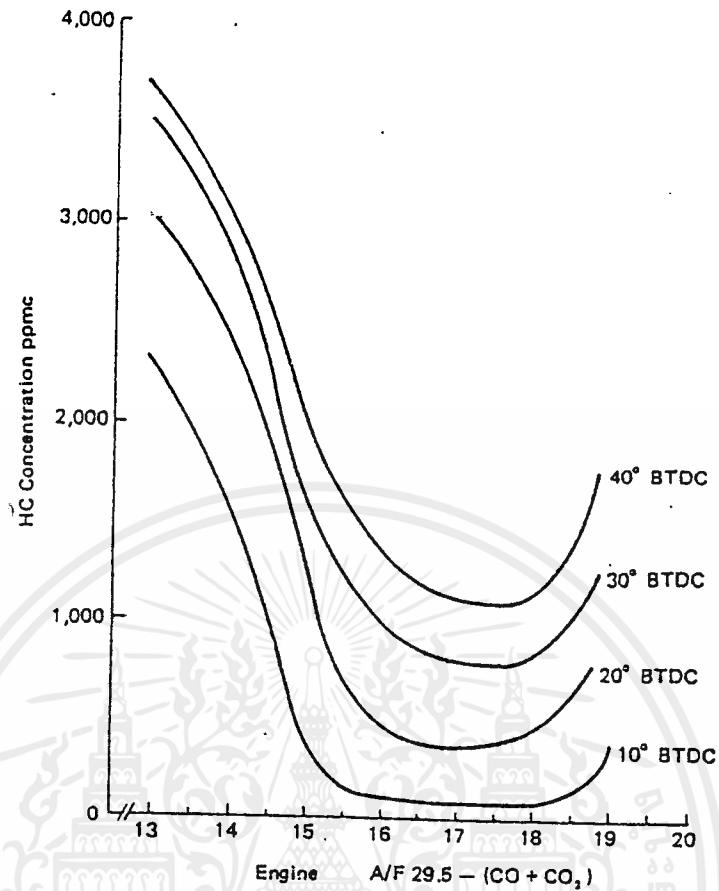
2) ผลจากจังหวะจุดระเบิด มีผลต่อ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) น้อย แต่ทำให้เกิด ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) และไฮโดรคาร์บอน (HC)



รูปที่ 2.3 แสดงปริมาณของ CO ที่องศาจุดระเบิดต่าง ๆ



รูปที่ 2.4 แสดงปริมาณของ NO ที่องศาจุดระเบิดต่าง ๆ

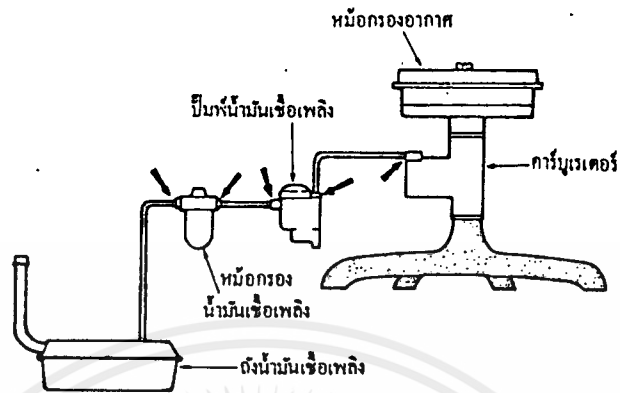


รูปที่ 2.5 แสดงปริมาณของ HC ที่องศาจุดระเบิดต่าง ๆ

## 2.3 ระบบที่สำคัญของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่มีผลต่อมลพิษจากไอเสียมี 2 ระบบที่สำคัญคือ

### 2.3.1 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย

- ถังน้ำมันเชื้อเพลิง
- ท่อทางเดินของน้ำมันเชื้อเพลิง
- กรองน้ำมันเชื้อเพลิง
- ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง
- คาร์บูเรเตอร์
- หม้อกรองอากาศ \*



รูปที่ 2.6 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

ในการศึกษาจะศึกษาถึงระบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีผลต่อมลพิษจากไอเสีย ในกรณีที่เครื่องยนต์ใช้หม้อกรองอากาศอุดตัน (สกปรกมาก) โดยเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นมาตรฐาน

หม้อกรองอากาศ มีหน้าที่กรองฝุ่นละอองออกจากอากาศเพื่อให้ได้อากาศที่สะอาดไปผ่านคาร์บูเรเตอร์เพื่อผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงกลายเป็นไอดีก่อนที่จะเข้าไปในกระบอกสูบ ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- หม้อกรองอากาศแบบแห้ง (Dry type air cleaner)
- หม้อกรองอากาศแบบเปียก (Oil bath air cleaner)

วิธีการบำรุงรักษาหม้อกรองอากาศแบบแห้ง คือจะต้องนำไส้กรองมาทำความสะอาด โดยการเป่าลมสวนทิศทางกับทางเดินของอากาศในขณะที่ใช้งาน ซึ่ง

ควรจะทำทุก ๆ 2500 กิโลเมตร ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้งานหนักควรจะทำ ความสะอาดทุก ๆ 100 ชั่วโมง และถ้าใช้เครื่องยนต์ในที่มีฝุ่นละอองมากควรทำ ความสะอาดทุก ๆ 50 ชั่วโมง ไล้กรองควรจะเปลี่ยนใหม่เมื่อใช้งานครบ 10,000 กิโลเมตร

วิธีการบำรุงรักษาหม้อกรองอากาศแบบเปียก คือจะต้องเปลี่ยนน้ำมัน ทุก ๆ 2500 กิโลเมตร และควรใช้น้ำมันเครื่อง SAE 20 หรือ SAE 30 ส่วน ไล้กรองควรทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำมันแกสโซลีน แล้วเป่าลมให้แห้ง วิธีการประกอบต้องระวังปะเก็นยางหรือแผ่นสีกหรวด ซึ่งกั้นอากาศที่ยังไม่ได้กรองให้ ผ่านไล้กรอง อากาศที่ยังไม่ได้กรองจะต้องไม่มีการรั่วเข้าคาร์บูเรเตอร์

#### ผลของหม้อกรองอากาศตัน

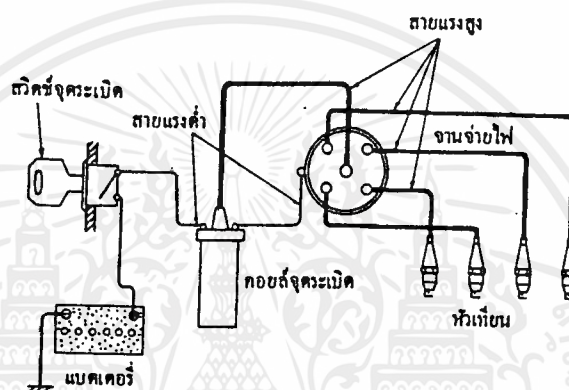
- ทำให้อากาศเข้าเครื่องยนต์ได้ยาก เป็นผลให้ส่วนผสมมากเกินไปเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง
- ทำให้เครื่องยนต์กินน้ำมันมากเกินไป
- เครื่องยนต์เร่งไม่ขึ้น

#### 2.3.2 ระบบจุดระเบิดประกอบด้วย

- ตั๊กกำเนิดพลังงานไฟฟ้า (อาจเป็นระบบประจุไฟ หรือ แบตเตอรี่)
- คอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จานจ่าย
- สวิตช์
- สายไฟแรงต่ำและแรงสูง
- หัวเทียน \*



รูปที่ 2.7 ระบบจุดระเบิด

ในการศึกษาถึงระบบนี้ เราศึกษาถึงมลพิษและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในกรณีของเครื่องยนต์ ตั้งไฟแก่ ตั้งไฟอ่อน และ หัวเทียนเก่า โดยเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นมาตรฐาน

### วิธีตั้งจังหวะไฟจุดระเบิด

อาการที่เกิดขึ้นเนื่องจากจังหวะจุดระเบิดไม่ดี

ถ้าจุดระเบิดส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศเร็วเกินไป นั่นคือในขณะที่ลูกสูบ

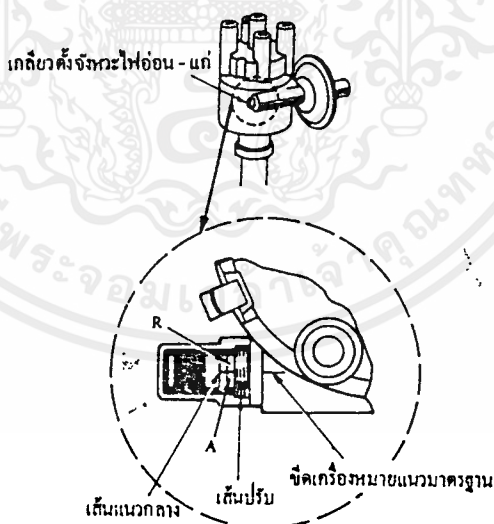
กำลังอัดส่วนพสมอยู่ เครื่องยนต์อาจตีกลับในขณะที่สตาร์ทเครื่องหรือเครื่องยนต์อาจ  
น็อค กำลังตก หรือร้อนจัดเกินควร หรือบางทีถึงกับเสียหายทำให้รถแล่นไม่ได้

ถ้าการจุดระเบิดเข้าเกินไป ความกดดันสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อน  
ที่ลงแล้ว ฉะนั้นจึงไม่ได้ผลสมบูรณ์เต็มที่ซึ่งผลให้เครื่องยนต์กำลังลดลง กินน้ำมันเพิ่ม  
ขึ้นและร้อนจัดเกินควร

### วิธีตั้งจิงหวะจุดระเบิดเป็นการชั่วคราว

จะตั้งจิงหวะจุดระเบิดเป็นการชั่วคราวได้โดยหมุนเกลียวสำหรับตั้งจิงหวะดัง  
แสดงดังในรูป 2.8 ถ้าหมุนเกลียวไปทางด้านที่มีเครื่องหมาย A จิงหวะจุดระเบิด  
จะเร็วขึ้นและถ้าหมุนไปทาง R จิงหวะจะช้าลง

ถึงแม้จะตั้งจิงหวะจุดระเบิดเป็นการชั่วคราวได้ด้วยวิธีนี้ก็ตาม จำเป็นจะต้อง  
เอารถไปให้อู่ตรวจและแก้ไขถ้าหาสาเหตุของการผิดปกติของจิงหวะจุดระเบิดไม่ได้



รูปที่ 2.8 การปรับจิงหวะไฟอ่อน-แก่ ให้เหมาะสม  
กับประเภทน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้

### วิธีตรวจสอบจังหวะจุดระเบิดอย่างง่าย ๆ

ในขณะที่ขับรถด้วยเกียร์สูงสุดด้วยความเร็วประมาณ 20-30 km/hr (บางชนิดประมาณ 40 km/hr) เหยียบคันเร่งเต็มที่ทันที ถ้าเครื่องน็อคเสียงเหมือนโลหะกระทบกันไม่กี่ครั้งแล้วหยุดแล้วกลับเข้าสู่สภาวะปกติ แสดงว่าจังหวะจุดระเบิดดีแล้ว

ถ้าไม่มีเสียงน็อค หมายความว่าจังหวะจุดระเบิดเข้าไ้ และถ้าเสียงน็อคดังมากและเป็นอยู่นาน แสดงว่าจังหวะจุดระเบิดเร็วไป

### หัวเทียน ( Spark plugs)

โครงสร้างหัวเทียน มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ (ดังรูป 2.9)

ฉนวน (Insulator) ส่วนมากทำด้วยกระเบื้องเคลือบ ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟแรงสูงจากคอกซ์หรือจากจานจ่ายร่วลงกราวด์

เชิขหัวเทียนอันกลาง (Center electrode) อยู่ตรงกึ่งกลางของฉนวนอีกทีหนึ่ง เป็นทางผ่านกระแสแรงเคลื่อนสูงจากคอกซ์เพื่อกระโดดข้าม (Jump spark) ช่องว่างไปยังกราวด์ โดยผ่านเชิขหัวเทียนที่ลงกราวด์

เชิขหัวเทียนที่ลงกราวด์ (Ground electrode) รับกระแสแรงเคลื่อนสูงจากการสปาร์คให้ลงกราวด์เพื่อให้ครบวงจร

เปลือกโลหะ (Metal shell) ทำหน้าที่รองรับฉนวนและเชิข

หัวเทียนอันกลางอีกทีหนึ่ง ตัวเปลือกนี้มี เชื้อหัวเทียนลงกราวนด์ติดอยู่ด้วย ที่ ส่วนล่างของตัวเปลือกทำเป็นเกลียวเพื่อขันเข้าไปในรูของฝาสูบ ซึ่งทำเป็นเกลียวไว้เช่นเดียวกัน ตัวเปลือกของหัวเทียนบางแบบ จะทำให้ เชื้อหัวเทียนอันกลางซึ่งมี ฉนวนกันถอดแยกออกได้ โดยทำเป็นปลอกเกลียวอัดรวมกันไว้อีกทีหนึ่ง ตัวเปลือกของหัวเทียนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำให้กระแสแรง เคลื่อนสูงผ่านลงกราวนด์

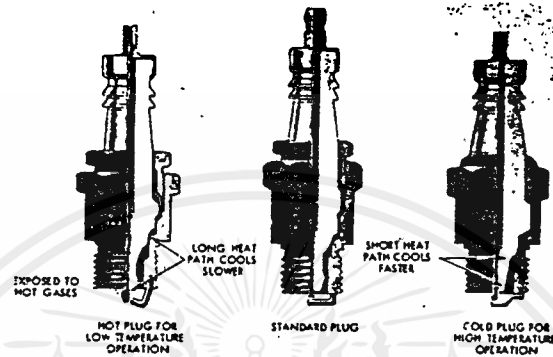
ปะเก็น (Gasket) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แก๊สภายในกระบอกสูบรั่วไหลออกไปภายนอก และยังช่วยระบายความร้อนผ่านออกไปด้วย



รูปที่ 2.9 รูปซ้ายแสดงรูปผ่าของหัวเทียน รูปขวาเป็นรูปผ่าของหัวเทียนที่มีตัวต้านทาน ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของเชื้อหัวเทียนอันกลาง

องค์ประกอบที่มีผลต่อการทำงานของหัวเทียน การออกแบบหัวเทียนเพื่อใช้กับความ ต้องการของเครื่องยนต์แตกต่างกัน สิ่งต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของหัวเทียน

คือความเร็วและภาวะของเครื่องยนต์ , อัตราส่วนของอากาศกับน้ำมัน , อุณหภูมิและชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 การออกแบบหัวเทียนสำหรับใช้กับการทำงานของเครื่องยนต์แต่ละแบบ

หัวเทียนอาจจะชำรุดจากหลายสาเหตุด้วยกัน หัวเทียนต้องทำงานที่อุณหภูมิสูง กำลังดันสูง และแรงเคลื่อนสูง นอกจากจะต้องทนต่อสภาพเหล่านี้แล้ว ยังต้องทำงานที่ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม สีกระเป๋องเคลือบของหัวเทียนจะแสดงว่ามันมีช่วงการระบายความร้อนถูกต้องหรือไม่

ถ้าหัวเทียนทำงานเย็นเกินไปจะมีเขม่าจับอยู่ที่ฉนวนรอบ ๆ เขี้ยวหัวเทียนอันกลาง เนื่องจากหัวเทียนร้อนไม่พอที่จะทำให้เขม่าเหล่านี้หมดไป แม้ว่าช่วงระบายความร้อนของหัวเทียนจะถูกตั้งตามเครื่องยนต์ที่ใช้ ซึ่งอาจเกิดจากส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศหนาเกินไป (เนื่องจากวิธีคิดมากเกินไป , นมหนูในคาร์บูเรเตอร์ลึกรอ ฯลฯ) หรือน้ำมันเครื่องเข้าไปในห้องเผาไหม้มากเกินไป (เนื่องจากแหวนลึกรอ หรือผนังกระบอกสูบลึกรอเป็นรอย , ช่องว่างก้านลิ้นไอดีมากเกินไป ฯลฯ

ถ้าหัวเทียนร้อนเกินไป ที่ฉนวนของหัวเทียนจะมีสีขาวหรือเทาและฉนวนอาจมีรอยพอง หัวเทียนร้อนจะสึกหรอเร็วมากโดยเช็ยหัวเทียนจะใหม่และสึกกร่อน สาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิหัวเทียนสูงเนื่องจากช่วงระบายความร้อนไม่เหมาะสม ถ้ากวดหัวเทียนไม่แน่นตามกำหนดปะเก็นของหัวเทียนจะถูกอัดไม่เต็มที่ ในกรณีเช่นนี้ทางเดินของความร้อนจะติดขัดทำให้หัวเทียนร้อน อากาศเช่นนี้อาจจะเกิดขึ้นได้ถ้าไม่ทำความสะอาดก่อนที่จะกวดหัวเทียนเข้ากับฝาสูบ เพราะฝุ่นละอองจะกั้นทางเดินของความร้อน ดังนั้นผิวหน้าสัมผัส (หัวเทียน และฝาสูบหรือเรือนสูบ) ต้องทำความสะอาดและเรียบเพื่อกันรั่วและให้ทางเดินของความร้อนสะดวก ฉนวนราวเกิดขึ้นจากความไม่ระมัดระวังในการถอดประกอบและการปรับแต่ง เช็ยหัวเทียน

### ลักษณะของหัวเทียนที่ใช้งานและคำแนะนำ

รูป 2.11 แสดงลักษณะของหัวเทียนและสาเหตุที่เกิดขึ้น ( รูป 2.11 ประกอบด้วยรูปย่อย ๆ จำนวน 8 รูป) ดังนี้



รูปที่ 2.11.1 ปกติ (Normal) กระเป๋องเคลือบภายในหัวเทียนจะมีสีน้ำตาล หรือน้ำตาลปนเทา เช็ยหัวเทียนจะสึกเพียงเล็กน้อย ช่วงระบายความร้อนที่ใช้ถูกต้อง (Correct heat range)

คำแนะนำ ให้การบริการหัวเทียนอย่างถูกต้อง และใส่เข้าไปใช้งานอีก ถ้าใช้งานมานานกว่า 15,000 กม. ควรเปลี่ยนหัวเทียนใหม่โดยใช้หัวเทียนเบอร์เดียวกันนี้

รูปที่ 2.11.2 มีคราบเขม่า เขม่าที่เกาะมีลักษณะนิ่ม และแห้ง



คำแนะนำ เขม่าอ่อนแห้ง แสดงว่าส่วนผสมหนา หรือ ประกายไฟที่หัวเทียนอ่อนไป ตรวจสอบว่าหม้อกรองอากาศ ดัน ระดับลูกลอยสูงไป ไข้ค้ำง หรือคอนแทคสีกหรือไม่ ถ้าใช้หัวเทียนที่ร้อนขึ้นอาจช่วยแก้ปัญหา หัวเทียนบอดได้ ชั่วคราว

รูปที่ 2.11.3 มีคราบน้ำมัน (Oil deposits)



คำแนะนำ เกิดเนื่องจากน้ำมันเครื่องขึ้นไปในห้องเผาไหม้ เพราะแหวนลูกสูบกวาดน้ำมันไม่หมดหรือปลอกน้ำ ล้นลวม น้ำมันเครื่องที่ขึ้นไปจะเกาะอยู่ภายในหัวเทียน ทำให้หัวเทียนบอด ถ้าใช้หัวเทียนร้อนขึ้นอาจแก้ปัญหาได้ ชั่วคราว การแก้ปัญหาถาวรจะต้องแก้ที่ต้นเหตุ

รูปที่ 2.11.4 หัวเทียนร้อนเกินไป (Too hot)



กระเบื้องเคลือบจะมีสีขาว มีลักษณะพองและเขียวหัว เทียนจะสึกมาก จะไม่มีเขม่าจับอยู่ที่กระเบื้องเคลือบเลย

คำแนะนำ ตรวจสอบเกี่ยวกับการใช้หัวเทียนร้อนไป ไฟแก่น้ำหล่อเย็น ส่วนผสมบาง ท่อไอดีรั่ว ล้นค้ำง หรือวิ่งทางไกลด้วยความเร็วสูงตลอดเวลา



รูปที่ 2.11.5 เชม่าเกาะเป็นแห่ง ๆ (Splashed deposits) ถ้าปรับแต่งเครื่องยนต์ล่าช้าเกินไป จะทำให้หัวเทียนบอดได้เป็นบางส่วน หลังจากปรับแต่งเครื่องยนต์แล้ว หัวเทียนจะสะอาดและห้องเผาไหม้จะร้อนถึงอุณหภูมิใช้งาน เมื่อร่ว่งด้วยความเร็วสูงคราบของเชม่าที่หัวลูกสูบหรือที่ห้องเผาไหม้จะหลุดออกไปโดนกระเบื้องเคลือบหัวเทียนที่ร้อน จึงเกาะติดเป็นจุด ๆ คำแนะนำ ทำความสะอาดหัวเทียนและปรับแต่งให้ถูกต้อง แล้วใส่เข้าไปใช้งานอีก ถ้าอายุใช้งานต่ำกว่า 15,000 กิโลเมตร



รูปที่ 2.11.6 เชม่าสีเหลืองเป็นมัน (High-speed glazing) เชม่าสีเหลืองเป็นมันแข็งเกิดเนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแรงเครื่องยนต์กระแทก หรือทันทีทันใดอย่างรวดเร็ว ทำให้เชม่าเดิมที่เกาะอยู่ไม่สามารถจะเผาไหม้ ออกไปได้ แต่จะหลอมตัวติดอยู่กับกระเบื้องเคลือบคลุมอยู่ และมีลักษณะเป็นสีไฟฟ้า คำแนะนำ ถ้าพบปัญหานี้ ควรเลือกใช้หัวเทียนเย็นลงอีก 1 ชั้น

รูปที่ 2.11.7 เชม่าพอกจับ (Modifier deposits) เชม่าที่เกาะ จะมีลักษณะร่วนมีสีขาวหรือสีน้ำตาลพอก



อยู่ที่กระเบื้องเคลือบและเขี้ยวหัวเทียน ลักษณะเช่นนี้ เป็นสภาพปกติของน้ำมันเชื้อเพลิงบางยี่ห้อ ซึ่งผสมสารเคมีพิเศษ ทำให้เขม่าที่เกาะมีลักษณะหลุดได้ง่าย เพื่อช่วยลดอาการบอดของหัวเทียน

คำแนะนำ ล้างหัวเทียนใหม่ ปรับแต่งระยะห่างของเขี้ยวหัวเทียนให้ถูกต้องแล้วใส่ใช้งานต่อไป ถ้าจะต้องเปลี่ยนหัวเทียนใหม่ ก็เลือกใช้หัวเทียนที่มีช่วงระบายความร้อนเท่าเดิม



รูปที่ 2.11.8 ชิงจุด (Pre-ignition) เขี้ยวหัวเทียนจะละลายโดยปกติเขี้ยวอันกลางจะละลายก่อนแล้วเขี้ยวลงกราวนด์จะละลายตาม โดยปกติกระเบื้องเคลือบภายในหัวเทียนจะมีสีขาว แต่อาจสกปรกเนื่องจากหัวเทียนบอด หรือมีเขม่าเป็นจุด ๆ เนื่องจากเขม่าที่หัวลูกสูบหรือที่ห้องเผาไหม้กระเด็นไปเกาะเป็นจุด ๆ

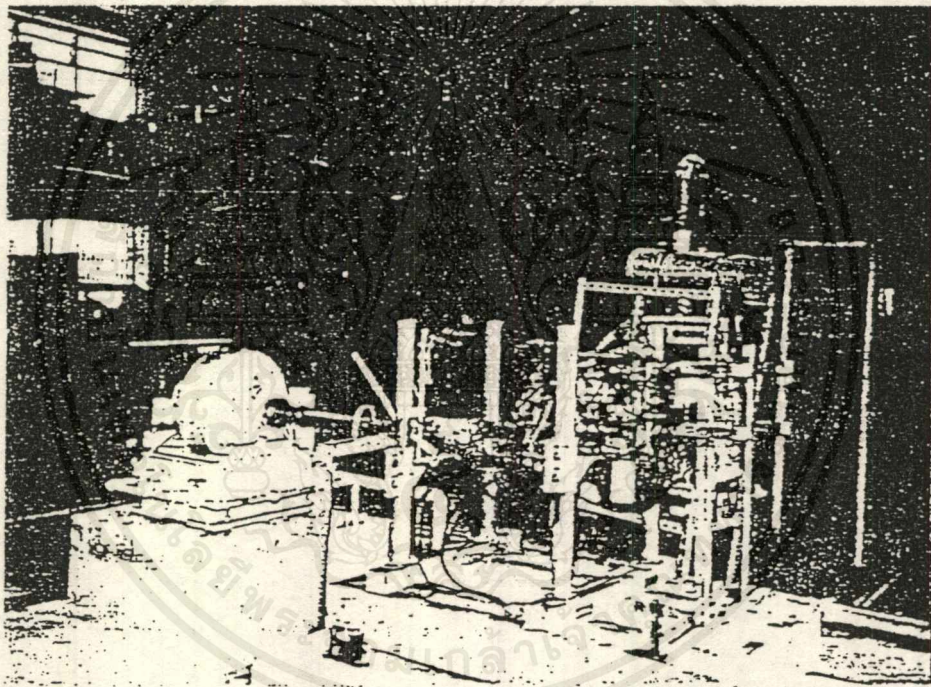
คำแนะนำ หัวเทียนอาจร้อนเกินไป ไฟแก่ ส่วนผสมบาง น้ำหล่อเย็นไม่หมุนเวียน ท่อรวมไอดีรั่ว ขาดน้ำมันหล่อลื่น

### 3. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 เครื่องยนต์ต้นกำลัง เครื่องยนต์เก่าที่มีสภาพความพร้อม ประมาณ 70% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ใหม่ มีรายละเอียดของเครื่องยนต์ คือเครื่องยนต์ NISSAN TWIN PLUG 4 สูบ 1600 C.C.

#### 3.2 Dynamometer

Eddy Current Electric Dynamometer

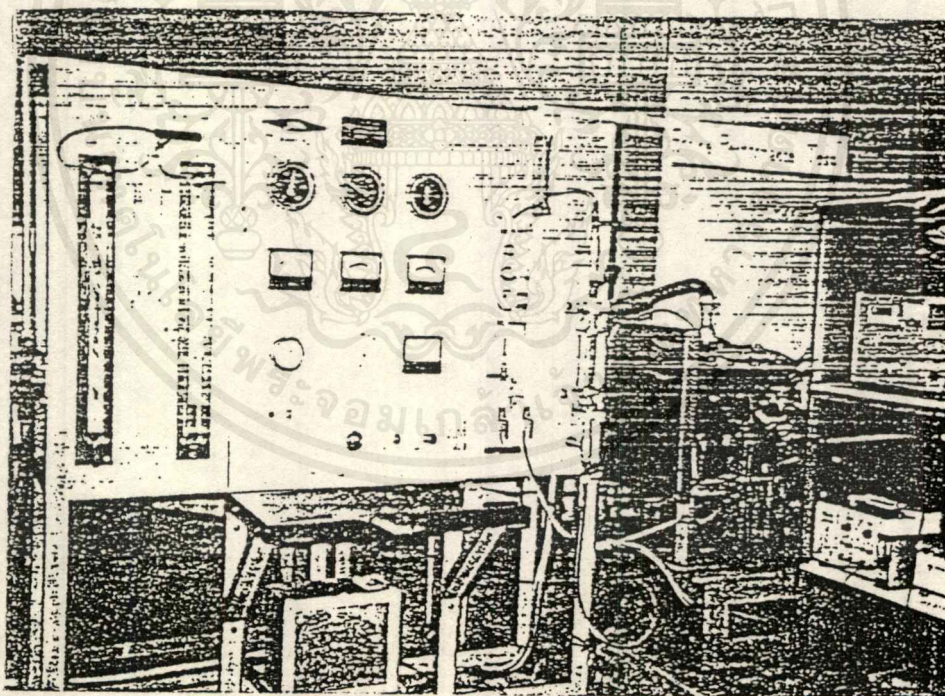


รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องยนต์ต้นกำลังและDynamometer

#### 3.3 แผงเครื่องมือวัดสำหรับทดสอบซึ่งประกอบด้วย

- Oil Thermometer
- Fuel oil Burette

- Fuel oil level gauge
- Water flow meter
- Cooling water inlet thermometer
- Air inlet thermometer
- % Meter for throttle
- Throttle
- Exhaust gas thermometer
- Plug seat thermometer
- Oil pressure gauge
- Cooling water outlet thermometer

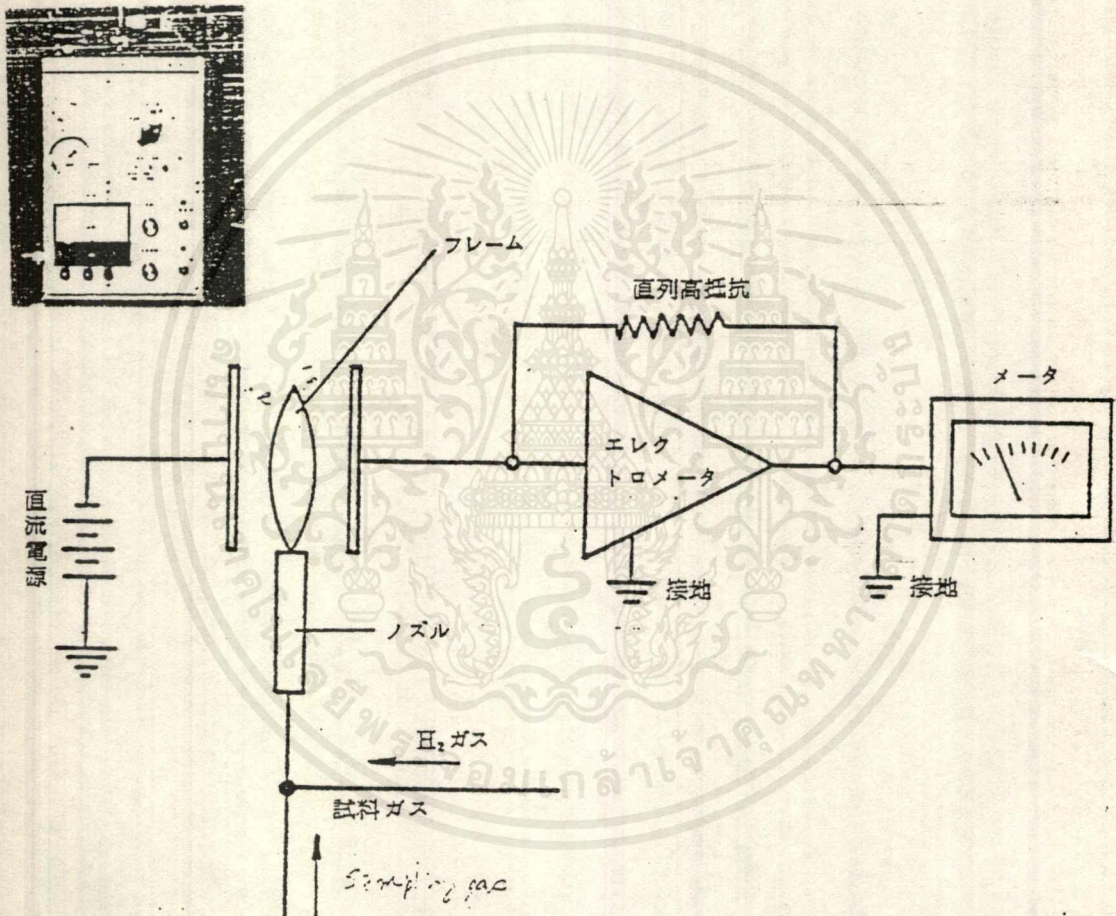


รูปที่ 3.2 แสดงแผงเครื่องมือวัด

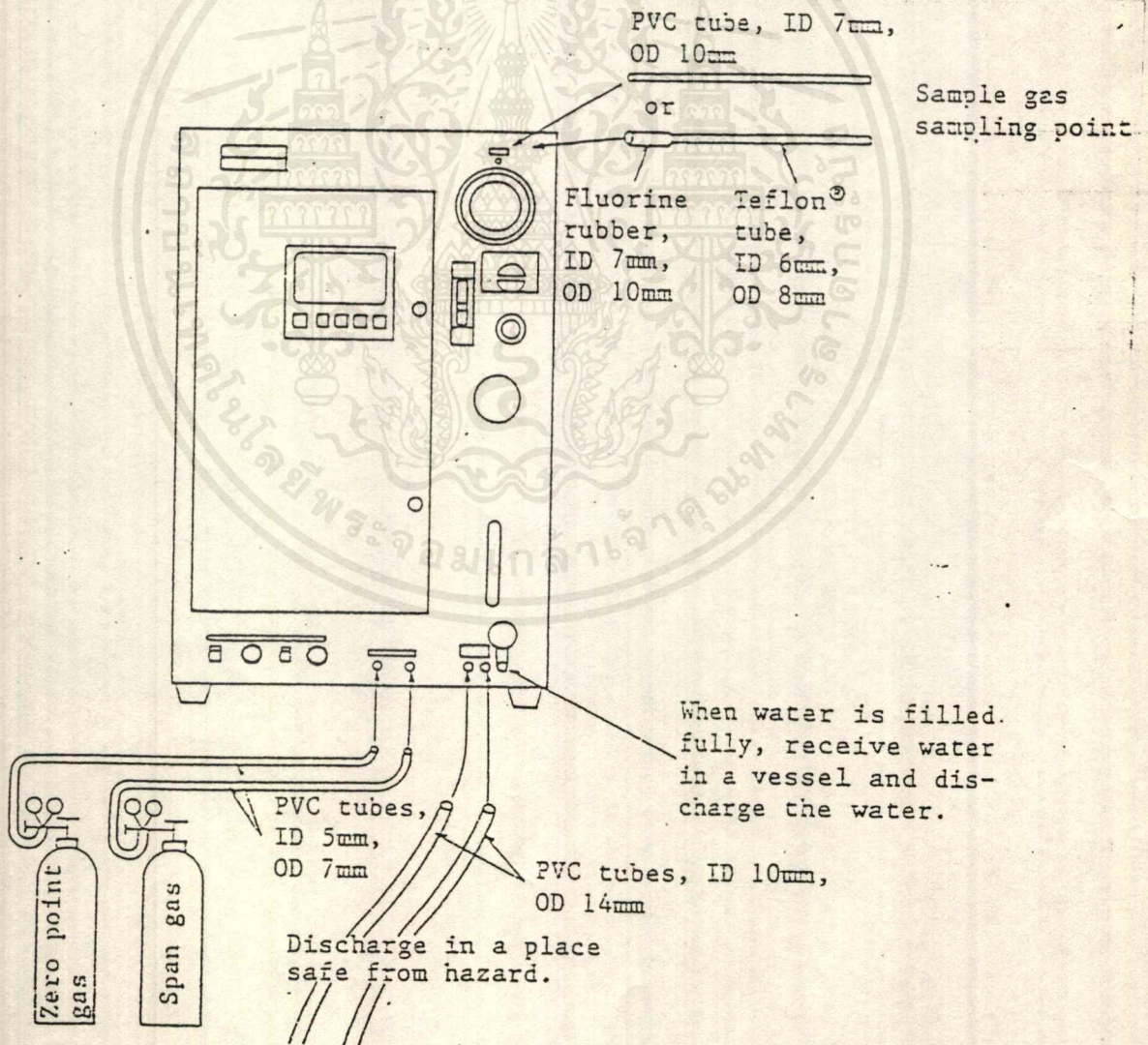
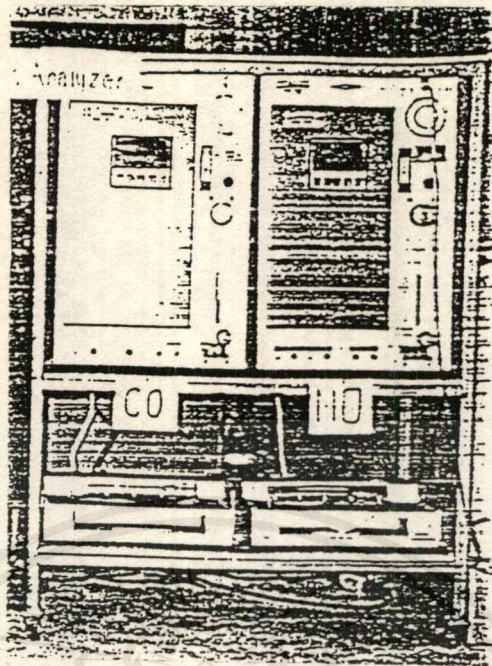
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 เครื่องมือวัดสำหรับวิเคราะห์ไอเสีย

- 1) เครื่องวัดแก๊ส HC แบบ HCM
- 2) เครื่องวัดแก๊ส CO, NO แบบ Infrared gas analyzer  
URA-107



รูปที่ 3.3 HC Gas Analyzer



รูปที่ 3.5 Infrared Continuous Gas Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าเห็นเป็นข้อบ่งชี้หรือการรับประกัน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

##### 4.1 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ก่อนทำการทดลองต้องทำการตรวจเช็คสภาพของเครื่องยนต์ให้สมบูรณ์ก่อน โดยใช้ไส้กรองใหม่, หัวเทียนใหม่, การตั้งไฟถูกต้องตามมาตรฐานของเครื่องยนต์ (16 องศา ก่อนศูนย์ตอนบน) ที่คาร์บูเรเตอร์มีการปรับส่วนผสม อากาศ/น้ำมัน
- 2) ทำการตั้งค่ามาตรฐานเครื่องวัดแก๊ส HC, CO, NO โดยใช้แก๊สมาตรฐานเป็นตัวตรวจสอบ
- 3) ทำการติดเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาทิ้งไว้จนถึงอุณหภูมิทำงานของเครื่องยนต์ประมาณ 70-80 องศา
- 4) ก่อนทำการวัดแก๊ส ต้องต่อแก๊สจากท่อไอเสียเข้ากับเครื่องกรองอากาศ (Gas Sampling unit CFP-301) แล้วจึงนำแก๊สที่ออกจากเครื่องกรองอากาศต่อเข้ากับเครื่องวัดแก๊สอีกที
- 5) ทำการทดลองวัดแก๊ส และวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในขณะที่เครื่องยนต์มีภาระ (Load) ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยเราทำการเร่งเครื่องยนต์ที่ 50% ของสปีดพีลล์ (Throttle) แล้วใส่ภาระจนกระทั่งได้ความเร็วรอบต่าง ๆ และทำการทดลองวัดแก๊สและวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในขณะที่เครื่องยนต์ไม่มีภาระ (No load) ที่รอบเดินเบา (Idle) โดยเราใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้เป็นมาตรฐาน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์ (ขาดการบำรุงรักษา)
- 6) ทำการเปลี่ยนไส้กรองอากาศ เป็นไส้กรองเก่าที่ใช้งานมาแล้วประมาณ 10,000 กม. แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 5

- 7) ทำการเปลี่ยนหัวเทียนเก่าที่ใช้งานมาแล้วประมาณ 10,000 กม. แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 5
- 8) ทำการตั้งไฟที่ 26 องศา ก่อนศูนย์ตายบน (ไฟแก่) แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 5
- 9) ทำการตั้งไฟที่ 6 องศา ก่อนศูนย์ตายบน (ไฟอ่อน) แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 5

#### 4.2 ตารางการบันทึกข้อมูล

##### 4.2.1 การหามาตรฐานของเครื่องยนต์ที่จะนำมาใช้ในการทดลอง

##### 4.2.1.1 หาสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตารางที่ 4.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นมาตรฐาน

| rpm    | Torque<br>(Kg-m ) | Power*<br>(W) | Consumptions<br>(g/hr) | bsfc*    |
|--------|-------------------|---------------|------------------------|----------|
| 800    | T <sub>1</sub>    |               | C <sub>1</sub>         |          |
| 1000   | T <sub>2</sub>    |               | C <sub>2</sub>         |          |
| 1500   | T <sub>3</sub>    |               | C <sub>3</sub>         |          |
| 2000   | T <sub>4</sub>    |               | C <sub>4</sub>         |          |
| *2500* | T <sub>5</sub>    | 1.027TR       | C <sub>5</sub>         | <u>C</u> |
| 3000   | T <sub>6</sub>    |               | C <sub>6</sub>         | 1.027TR  |
| 3500   | T <sub>7</sub>    |               | C <sub>7</sub>         |          |
| 4000   | T <sub>8</sub>    |               | C <sub>8</sub>         |          |

เมื่อ  $W = \text{Break Horse Power (kW)}$

$R = \text{จำนวนรอบของเครื่องยนต์ต่อนาที (rpm)}$

$T = \text{Torque (Kg-m)}$

$C = \text{Consumptions (g/hr)}$

\* การคำนวณหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ( bsfc )

จาก 
$$W = \frac{2\pi R T \times 9.81 \times T}{60} \text{ Watt}$$

$$W = 1.027 \times R \times T \text{ Watt}$$

$$W = 1.027 \times 10^{-3} \times R \times T \text{ kW}$$

จากสูตร

$$\text{bsfc} = \frac{C}{W}$$

$$\text{bsfc} = \frac{C}{1.027 \times R \times T} \text{ g/W-hr}$$

$$\text{bsfc} = \frac{C \times 10^{-3}}{1.027 \times R \times T} \text{ g/kW-hr}$$

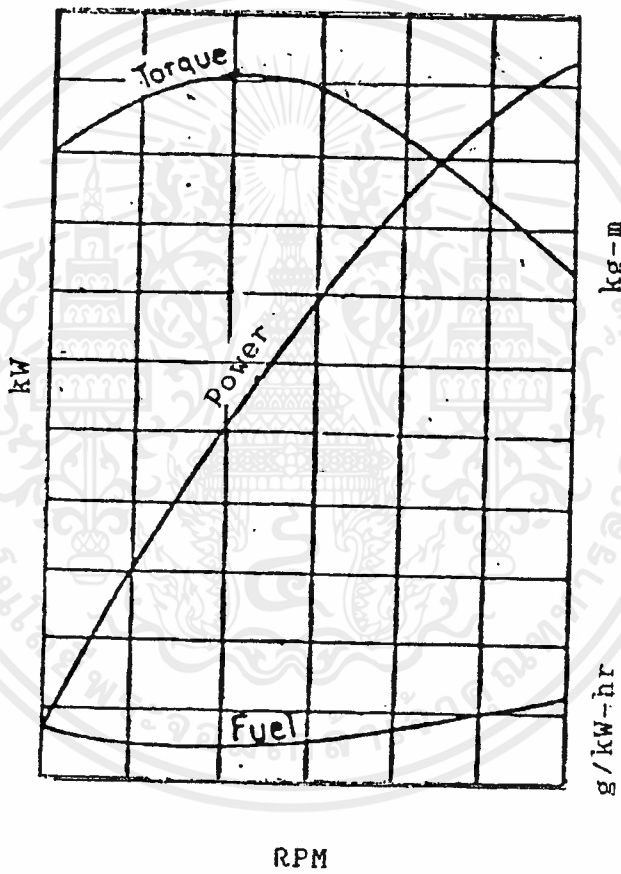
ตัวอย่าง ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm จะได้

$$W = 1.027 \times 10^{-3} \times T_{\text{e}} \times 2500 \text{ kW}$$

$$= 2.5675 T_{\text{e}} \text{ kW}$$

และ 
$$bsfc = \frac{C_s \times 10^{-3}}{1.027 \times T_s \times 2500} \quad g/kW-hr$$

$$= \frac{3.89 \times 10^{-7} \times C_s}{T_s} \quad g/kW-hr$$



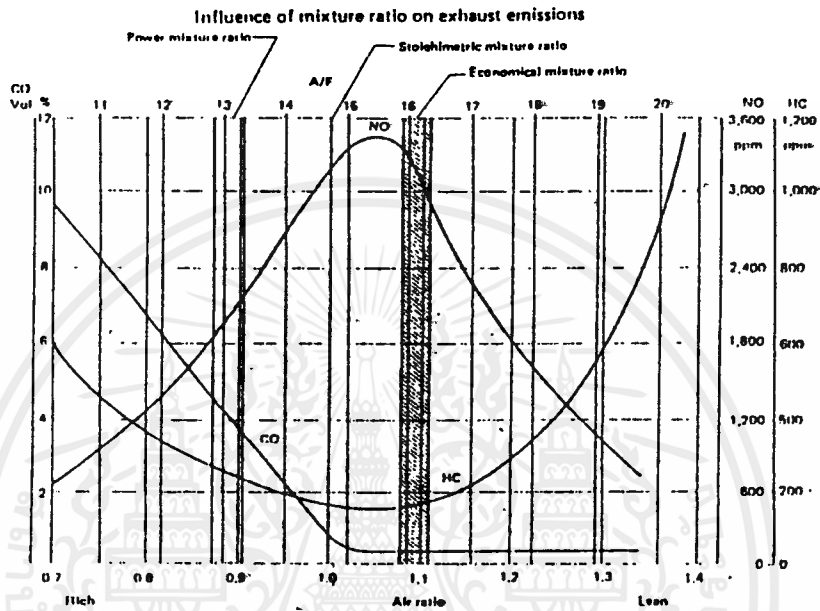
รูปที่ 4.1 แสดง Performance curves ของ เครื่องยนต์มาตรฐาน (ทางทฤษฎี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.2 หาปริมาณแก๊สเสียแต่ละชนิดของเครื่องยนต์มาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 ปริมาณแก๊ส HC, CO และ NO ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์มาตรฐาน

| ความเร็วรอบ<br>(RPM) | ปริมาณHC<br>ppm) | ปริมาณCO<br>(% Vol) | ปริมาณNO<br>(ppm) |
|----------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| 800                  | $x_1$            | $y_1$               | $z_1$             |
| 1000                 | $x_2$            | $y_2$               | $z_2$             |
| 1500                 | $x_3$            | $y_3$               | $z_3$             |
| 2000                 | $x_4$            | $y_4$               | $z_4$             |
| 2500                 | $x_5$            | $y_5$               | $z_5$             |
| 3000                 | $x_6$            | $y_6$               | $z_6$             |
| 3500                 | $x_7$            | $y_7$               | $z_7$             |



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแก๊สแต่ละชนิด (ทางทฤษฎี)

4.2.2 หาปริมาณแก๊ส CO, HC, NO และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในสภาพต่าง ๆ

## 4.2.2.1 ที่ Idle และไม่มีภาระงาน

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแก๊ส HC, CO, NO และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สภาพต่าง ๆ ที่ Idle และไม่มีภาระงาน

| สภาพของเครื่องยนต์ | ปริมาณHC (ppm) | ปริมาณCO (% Vol) | ปริมาณNO (ppm) | การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (g/kW-hr) |
|--------------------|----------------|------------------|----------------|---|
| a                  | $x_1$          | $y_1$            | $z_1$          | $m_1$                                   |
| b                  | $x_2$          | $y_2$            | $z_2$          | $m_2$                                   |
| c                  | $x_3$          | $y_3$            | $z_3$          | $m_3$                                   |
| d                  | $x_4$          | $y_4$            | $z_4$          | $m_4$                                   |
| e                  | $x_5$          | $y_5$            | $z_5$          | $m_5$                                   |

หมายเหตุ ความเร็วรอบเดินเบาในที่นี้มีค่าเท่ากับ 800 รอบ

a หมายถึง เครื่องยนต์มาตรฐาน

b หมายถึง เครื่องยนต์ที่ใช้ไส้กรองอากาศเก่า

c หมายถึง เครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนเก่า

d หมายถึง เครื่องยนต์ที่ตั้งไฟอ่อน

e หมายถึง เครื่องยนต์ที่ตั้งไฟแก่

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.3 ค่า  $x_1, y_1, z_1$  และ  $m_1$  ควรมีค่าน้อยกว่า  $x, y, z$  และ  $m$  อื่น ๆ ตามลำดับ

#### 4.2.2.2 ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.4 ปริมาณแก๊ส HC, CO, NO และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่ใส่กรองอากาศเก่า ใช้งานมาแล้วประมาณ 10,000 กม.

| ความเร็วรอบ<br>(RPM) | Torque<br>(Kg-m) | ปริมาณHC<br>(ppm) | ปริมาณCO<br>(% Vol) | ปริมาณNO<br>(ppm) | การสิ้นเปลืองน้ำมัน<br>เชื้อเพลิง<br>(g/kW-hr) |
|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--|
| 1000                 | $T_1$            | $x_1$             | $y_1$               | $z_1$             | $m_1$  |
| 1500                 | $T_2$            | $x_2$             | $y_2$               | $z_2$             | $m_2$  |
| 2000                 | $T_3$            | $x_3$             | $y_3$               | $z_3$             | $m_3$  |
| 2500                 | $T_4$            | $x_4$             | $y_4$               | $z_4$             | $m_4$  |
| 3000                 | $T_5$            | $x_5$             | $y_5$               | $z_5$             | $m_5$  |
| 3500                 | $T_6$            | $x_6$             | $y_6$               | $z_6$             | $m_6$  |

ตารางที่ 4.5 ปริมาณแก๊ส HC, CO, NO และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่  
ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่หิวเทียบเท่าใช้งาน  
มาแล้วประมาณ 10,000 กม.

| ความเร็วรอบ<br>(RPM) | Torque<br>(Kg-m) | ปริมาณHC<br>(ppm) | ปริมาณCO<br>(% Vol) | ปริมาณNO<br>(ppm) | การสิ้นเปลืองน้ำมัน<br>เชื้อเพลิง<br>(g/kW-hr) |
|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--|
| 1000                 | $T_1$            | $x_1$             | $y_1$               | $z_1$             | $m_1$  |
| 1500                 | $T_2$            | $x_2$             | $y_2$               | $z_2$             | $m_2$  |
| 2000                 | $T_3$            | $x_3$             | $y_3$               | $z_3$             | $m_3$  |
| 2500                 | $T_4$            | $x_4$             | $y_4$               | $z_4$             | $m_4$  |
| 3000                 | $T_5$            | $x_5$             | $y_5$               | $z_5$             | $m_5$  |
| 3500                 | $T_6$            | $x_6$             | $y_6$               | $z_6$             | $m_6$  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณแก๊ส HC, CO, NO และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่  
ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลไพอ่อนที่ 6 องศา  
ก่อนศูนย์ตายบน

| ความเร็วรอบ<br>(RPM) | Torque<br>(Kg-m) | ปริมาณHC<br>(ppm) | ปริมาณCO<br>(% Vol) | ปริมาณNO<br>(ppm) | การสิ้นเปลืองน้ำมัน<br>เชื้อเพลิง<br>(g/kW-hr) |
|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--|
| 1000                 | $T_1$            | $x_1$             | $y_1$               | $z_1$             | $m_1$  |
| 1500                 | $T_2$            | $x_2$             | $y_2$               | $z_2$             | $m_2$  |
| 2000                 | $T_3$            | $x_3$             | $y_3$               | $z_3$             | $m_3$  |
| 2500                 | $T_4$            | $x_4$             | $y_4$               | $z_4$             | $m_4$  |

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแก๊ส HC, CO, NO และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่  
ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ตั้งไฟแก้ที่ 26 องศา  
ก่อนศูนย์ตายบน

| ความเร็วรอบ<br>(RPM) | Torque<br>(Kg-m) | ปริมาณHC<br>(ppm) | ปริมาณCO<br>(% Vol) | ปริมาณNO<br>(ppm) | การสิ้นเปลืองน้ำมัน<br>เชื้อเพลิง<br>(g/kW-hr) |
|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--|
| 1000                 | $T_1$            | $x_1$             | $y_1$               | $z_1$             | $m_1$  |
| 1500                 | $T_2$            | $x_2$             | $y_2$               | $z_2$             | $m_2$  |
| 2000                 | $T_3$            | $x_3$             | $y_3$               | $z_3$             | $m_3$  |
| 2500                 | $T_4$            | $x_4$             | $y_4$               | $z_4$             | $m_4$  |
| 3000                 | $T_5$            | $x_5$             | $y_5$               | $z_5$             | $m_5$  |
| 3500                 | $T_6$            | $x_6$             | $y_6$               | $z_6$             | $m_6$  |

ค่าปริมาณแก๊สทั้ง 3 ชนิดจากผลการทดลองและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง  
ที่เครื่องยนต์มาตรฐาน (ตารางที่ 4.2) ควรมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแก๊ส  
ชนิดเดียวกันในเครื่องยนต์สภาพต่าง ๆ (จากตารางที่ 4.4-4.7)

## 5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองจะได้รับความสัมพันธ์ของแก๊สไฮโดรคาร์บอน, คาร์บอนมอนอกไซด์, ไนโตรเจนออกไซด์ ต่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์ กับรูปแสดง Performance Curve ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

เมื่อพิจารณาถึงผลการทดลองจะเห็นว่ากรณีที่นำเอาเครื่องยนต์มีสภาพประมาณ 70% มาเป็นเครื่องยนต์ทดสอบ และนำข้อมูลมาเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบ ควรจะมีค่าของแก๊สไฮโดรคาร์บอน, คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์น้อยกว่าเครื่องยนต์นี้ในสภาพที่ใช้หัวเทียนเก่า หรือไส้กรองสกปรก หรือการตั้งไฟที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากเครื่องยนต์สภาพต่าง ๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ และเมื่อพิจารณาทางด้านกำลังของเครื่องยนต์กับค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (bsfc) ถ้าเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นมาตรฐานให้กำลังของเครื่องยนต์มากกว่า และค่า bsfc น้อยกว่าเครื่องยนต์นี้ในสภาพที่ใช้หัวเทียนเก่า หรือไส้กรองสกปรก หรือการตั้งไฟที่ไม่เหมาะสม จะเป็นผลสนับสนุนในการพิจารณาถึงความสมควรที่จะบำรุงรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพที่ดี เพื่อกระทบต่อมลพิษทางอากาศน้อยที่สุดและยังเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงอีกด้วย

## 6. ข้อเสนอแนะ

### การซ่อมบำรุงยานยนต์

หลังจากยานยนต์ผ่านการใช้งานทั้งระยะทางและช่วงเวลาหนึ่ง ย่อมต้องการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง และปรับสภาพของเครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่บกพร่อง การทำความสะอาดอุปกรณ์ การปรับแต่งกลไกควบคุมการทำงานให้ถูกต้องเหมาะสม เช่น ไล่กรองอากาศต้องปราศจากฝุ่นละออง และควรเปลี่ยนเมื่อครบกำหนด เช่นเดียวกับหัวเทียน นอกจากนี้ระบบจุดระเบิดควรจะถูกตั้งตามกำหนด การซ่อมบำรุงยานยนต์นี้ โดยทั่วไปแล้วเจ้าของอาจจะทำบางส่วนหรือใช้บริการจากสถานบริการต่าง ๆ แต่การซ่อมบำรุงยานยนต์ในประเทศไทยยังมีได้ค่านึงถึงปัญหามลพิษจากยานยนต์เลย ดังนั้นการควบคุมปัญหามลพิษจากยานยนต์ในการซ่อมบำรุงยานยนต์ ต้องกำหนดและควบคุมโดยหน่วยงานของรัฐไว้ ดังนี้

1. การกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจมลพิษทางอากาศ ภายหลังจากการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์
2. การส่งเสริมสนับสนุน ทั้งทางวิชาการ ตลอดจนการฝึกอบรมการปฏิบัติงาน ในการตรวจมลพิษทางอากาศจากยานยนต์ต่อภาคเอกชนที่ดำเนินกิจการสถานให้บริการซ่อมบำรุงยานยนต์

### การใช้งานยานยนต์

เจ้าของหรือผู้ขับขี่ยานยนต์ มีบทบาทมากในการควบคุมมลพิษจากยานยนต์ ในเรื่องการดูแลรักษายานยนต์ การซ่อมบำรุงยานยนต์ อุปกรณ์และทัศนคติในการขับขี่ยานยนต์ การใช้งานยานยนต์ให้เหมาะสมต่อขนาดและสภาพของยานยนต์ การดัดแปลงยานยนต์ให้ตรงกับรสนิยมของตนเองเหล่านี้ เป็นต้น หากการใช้งานยานยนต์

ของผู้ขับขี่ มิได้คำนึงถึงปัญหามลพิษจากยานยนต์แล้ว ปัจจุบันนี้จะมีผลต่อปัญหามลพิษอย่างมาก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมการขนส่งทางบก กรมตำรวจ แต่ส่วนที่สำคัญที่สุดคือ ความร่วมมือจากประชาชนหรือหน่วยงานทั้งภาครัฐบาลและเอกชนในการดูแลยานยนต์ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตลอดเวลา ซึ่งจะสามารถลดความรุนแรงของปัญหาลงได้อย่างดีและรวดเร็ว



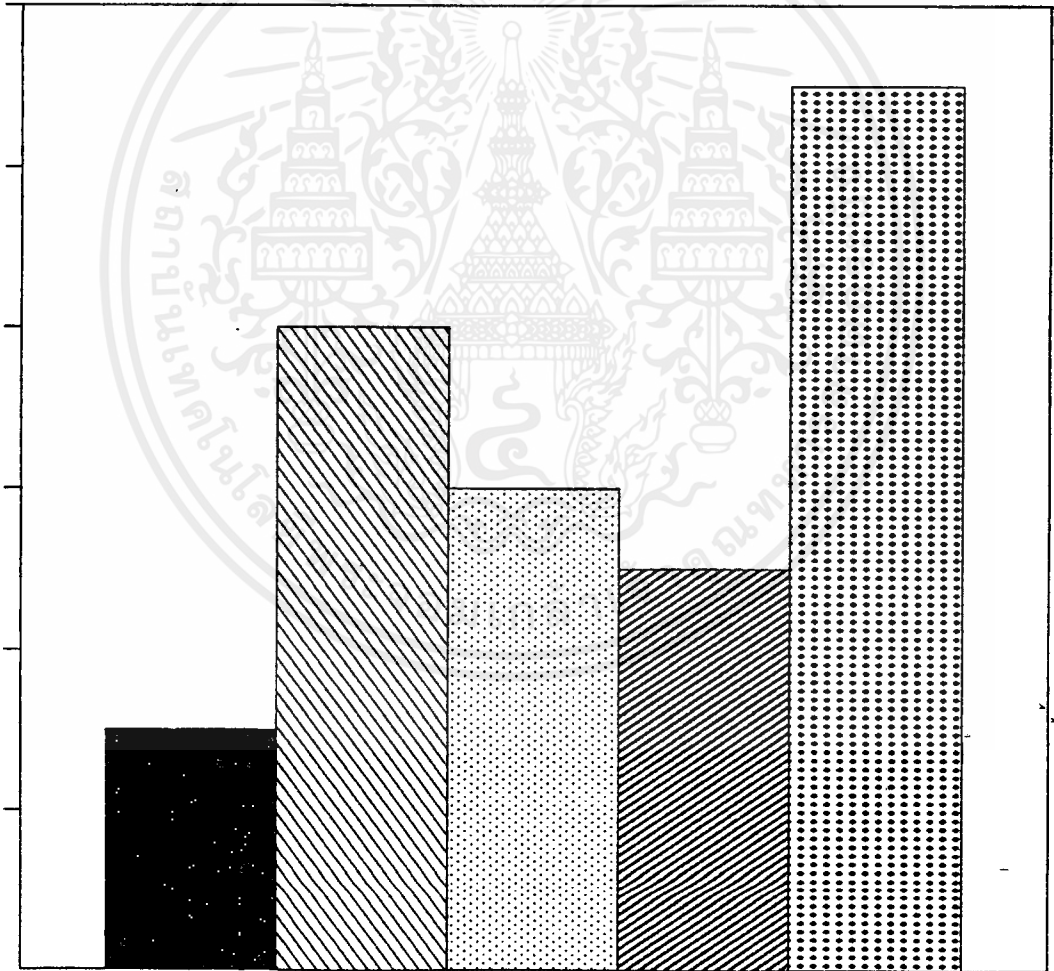
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก

ตัวอย่างแสดงการเปรียบเทียบปริมาณของแก๊ส CO, NO และ HC เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป ของเครื่องยนต์สภาพไส้กรองอากาศเก่า, หัวเทียนเก่าและการตั้งไฟไม่เหมาะสม (ใช้เครื่องยนต์ที่มีการขัดข้อง เนื่องจาก Torque ไม่ลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มถึงที่ระดับหนึ่ง )

แผนภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส CO ที่ Idle ของเครื่องยนต์สภาพต่าง ๆ

(% Vol)



RPM

standard

old filter

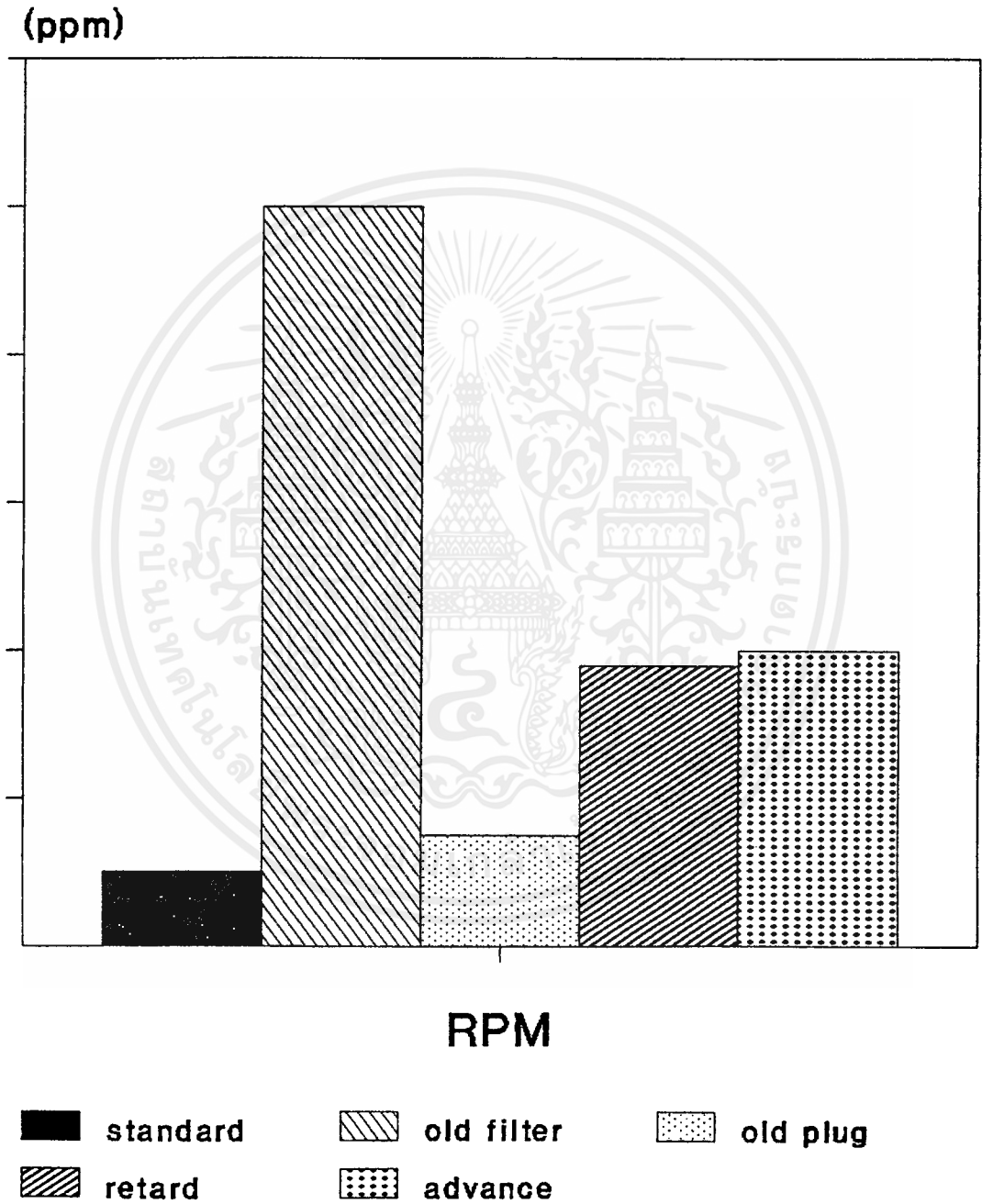
old plug

retard

advance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

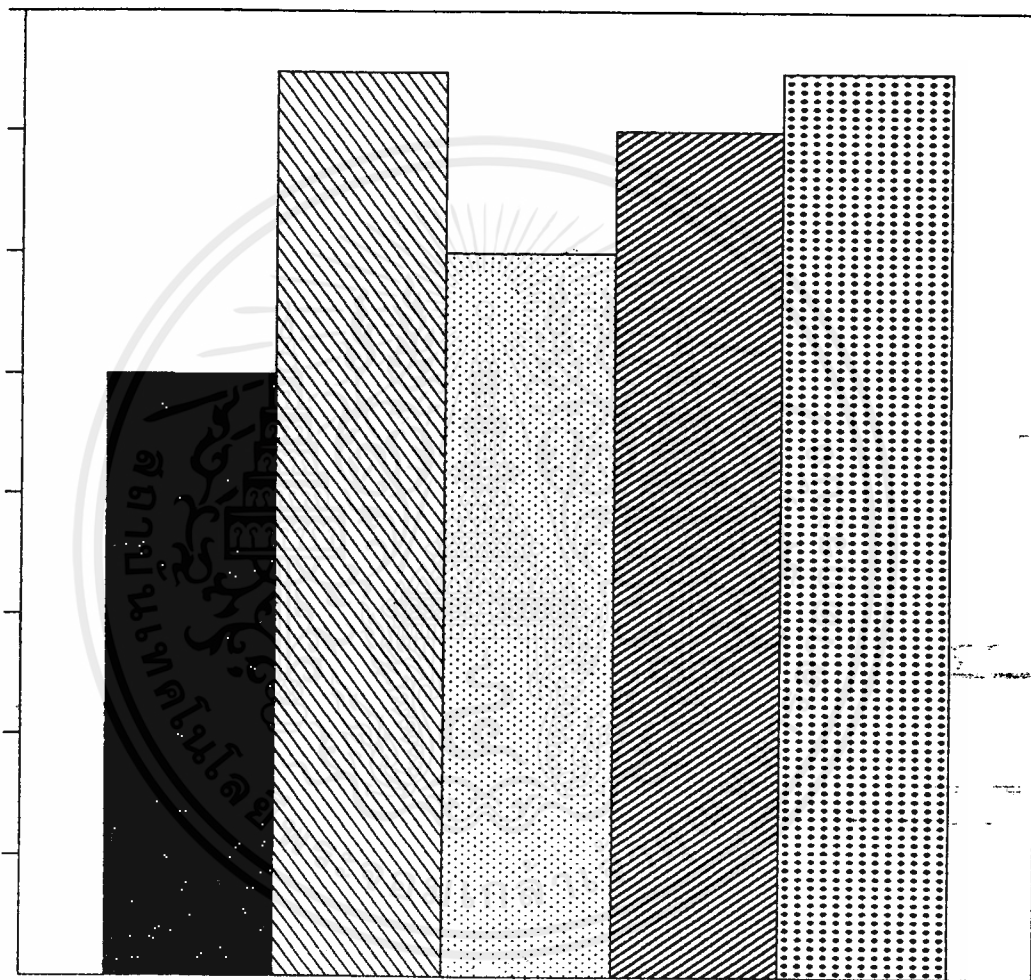
แผนภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส NO ที่Idle ของเครื่องยนต์  
 สภาพต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส HC ที่ Idle ของเครื่องยนต์  
 สภาพต่าง ๆ

(ppm)



RPM

■ standard

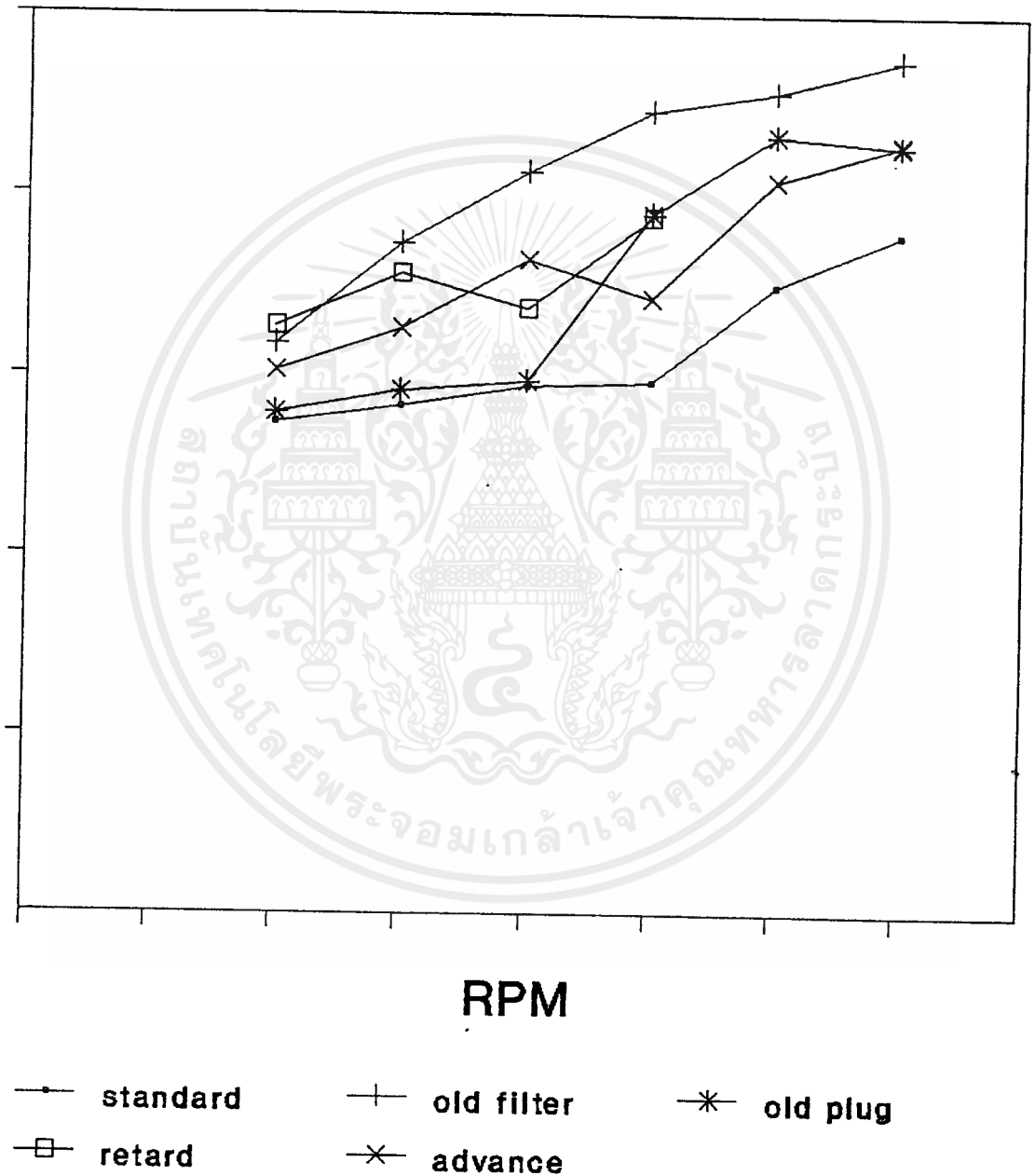
▨ old filter

▤ old plug

▩ retard

▥ advance

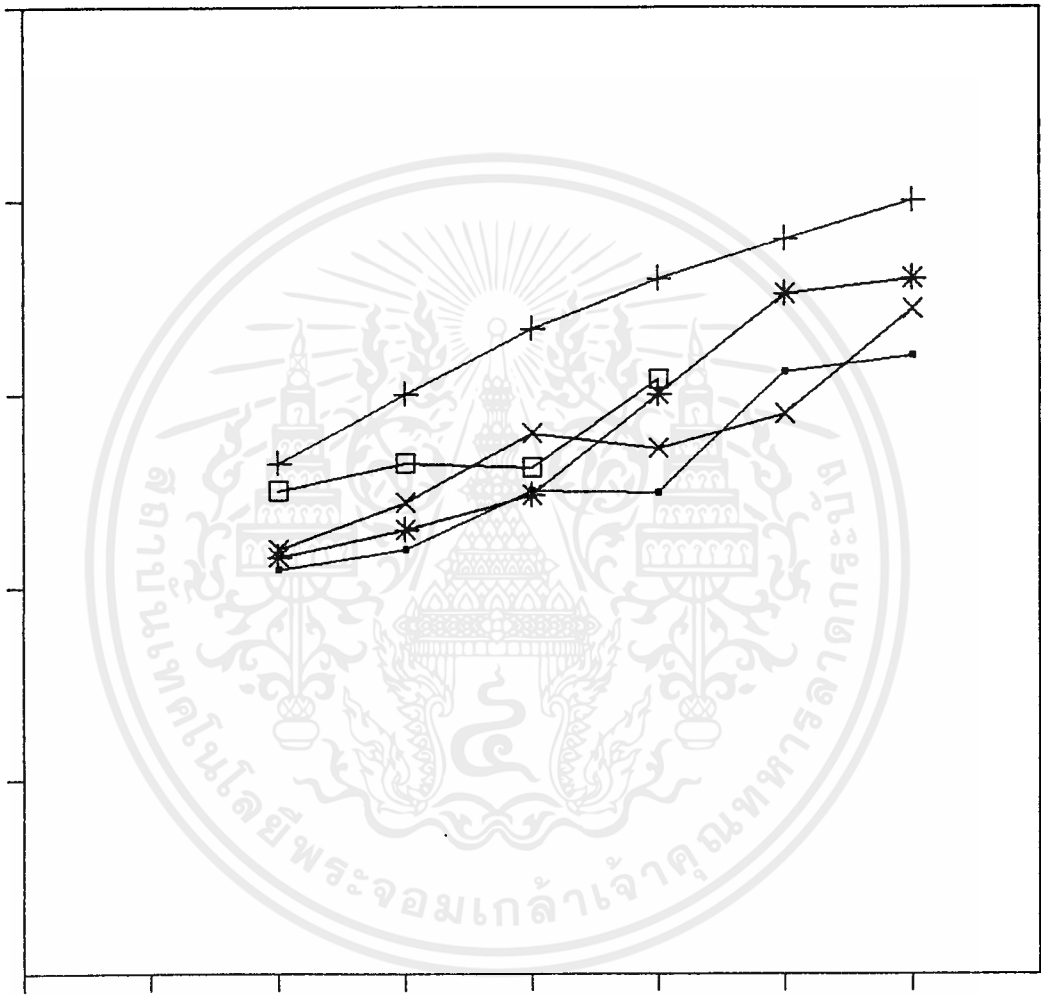
แผนภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส CO ที่ความเร็วรอบเปลี่ยน  
ไปของเครื่องยนต์สภาพต่าง ๆ  
(% Vol)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส NO ที่ความเร็วรอบเปลี่ยน  
ไปของเครื่องยนต์สภาวะต่าง ๆ

(ppm)



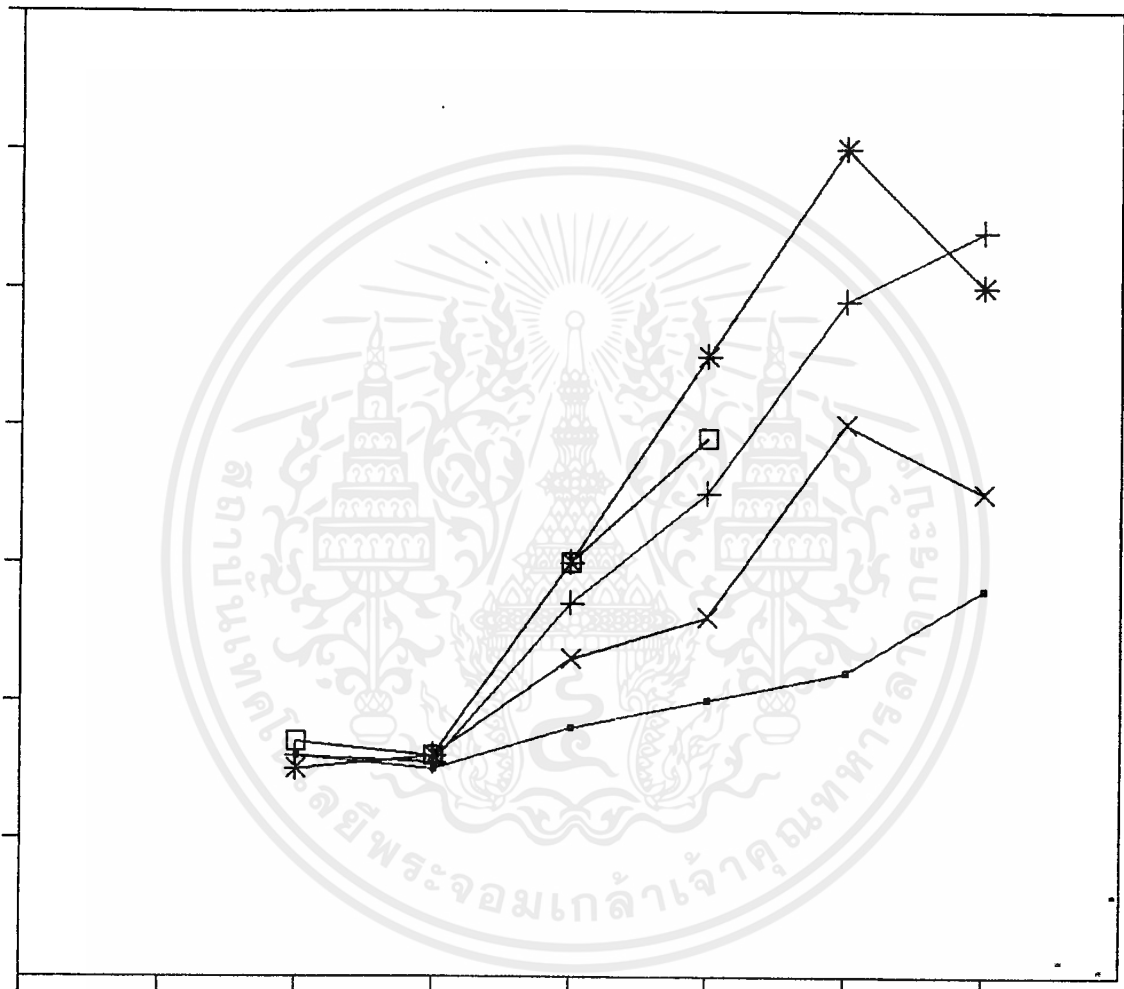
RPM

- +— standard
- +— old filter
- \*— old plug
- retard
- x— advance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส HC ที่ความเร็วรอบเปลี่ยน  
ไปของเครื่องยนต์สภาพต่าง ๆ

Thousands(ppm)



RPM

- standard
- +— old filter
- \*— old plug
- retard
- x— advance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

1. ขอขอบพระคุณ อาจารย์อรรถสรณ์ สุนทรชาติ , อาจารย์วัชชัย นาคพัฒนา  
ดร. มงคล วงศ์โรจน์ ที่ให้ค่าปรึกษาโดยตลอด
2. ขอขอบคุณพี่พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ช่วยเหลือและให้ค่าปรึกษาด้วยดีตลอดมา
3. ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การเอื้อเฟื้อ

นายนิติเทพ อัครวิเศษ  
นายชเนศ ไชยพงษ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. หลาบ รับสิริ, "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน", มิถุนายน 2528
2. อัมพร ภักดีชาติ, "ไฟฟ้ารถยนต์", กันยายน 2530
3. พงศ์ศักดิ์ วรสุนทรโรสถ, โอะซามุ อิราโอะ, "เทคนิคการใช้รถยนต์", องค์การตำราครูสภา
4. วิศวกรรมสาร, "ผลกระทบจากไอเสียรถยนต์ต่อสุขภาพ", ปีที่ 45 เล่มที่ 12 ธันวาคม 2535
5. ศิริ ดวงมาลัย, "การควบคุมมลภาวะจากไอเสียรถยนต์", กรกฎาคม 2535
6. กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, "รายงานคุณภาพอากาศริมเส้นทางจราจรในกรุงเทพมหานคร", ตุลาคม 2532, บทที่ 5
7. Larry W. Carley, Bob Freudenberg, "The Mechanic's Guide to Electronic Emission Control and Tune-Up, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey