สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดของเครื่องยนต์

ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR FUEL INJECTION SYSTEM OF AN ENGINE

นาย วัชรินทร์ คงทรัพย์

นาย วิชุพันธ์ วิจิตรดำเกิง

วพ
ว 384 ช
ย749

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72191
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550

b 11726582
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดของเครื่องยนต์

ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR FUEL INJECTION SYSTEM OF AN ENGINE

นาย วัชรินทร์ คงทรัพย์

นาย วิชุพันธ์ วิจิตรดำเกิง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดของเครื่องยนต์

ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR FUEL INJECTION SYSTEM OF AN ENGINE

ผู้จัดทำ

1.นายวัชรินทร์ คงทรัพย์ รหัสประจำตัว 46010688

2.นายวิชุพันธ์ วิจิตรดำเกิง รหัสประจำตัว 46010701

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดของเครื่องยนต์

นายวัชรินทร์ คงทรัพย์ 46010688
นายวิชุพันธ์ วิจิตรดำเกิง 46010701
ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดของเครื่องยนต์เบนซิน เพื่อนำมาพัฒนาเครื่องยนต์ 400 ซีซี ที่มีระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ให้เป็นระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด ซึ่งควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดย ECU (Electronic Control Unit) จากนั้นจะทำการทดสอบ และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบกันระหว่างระบบการจ่ายน้ำมันทั้งสองระบบว่าเมื่อใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดแล้วมีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์อย่างไร ซึ่งโดยทางทฤษฎีแล้วการควบคุมการจ่ายน้ำมันแบบหัวฉีดจะทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงกว่า สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่า และมีมลพิษจากการเผาไหม้ต่ำกว่าที่ในสภาวะเดียวกัน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงมาเป็นระบบหัวฉีดทำให้เราสามารถควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงได้ และทำให้ประสิทธิภาพทางด้านต่าง ๆ ของเครื่องยนต์สูงขึ้น โดยจากการทดสอบ และนำมาเปรียบเทียบพบว่า กำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 33.73% และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่โหลดการใช้งานปกติจนถึงการใช้งานหนัก (ที่ค่าความดันเฉลี่ยเบรกตั้งแต่ 300 kPa ขึ้นไป) ลดลงประมาณ 7.25 – 27.52% (ขึ้นอยู่กับความเร็ว และโหลดที่ใช้) และยังสามารถลดสามารถลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)ในไอเสียได้ถึง 56 – 96% (ที่ความเร็ว 60 km/hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR FUEL INJECTION SYSTEM OF AN ENGINE

Mr. Watcharin Khongsap 46010688
Mr. Wichuphan Wijitdumkaeng 46010701

Asst. Prof. Dr. Chinda Charoenpornphanich Advisor

Abstract

This research aims to study and design the fuel injection system of an engine. The original carburetor system of 400 cc motorcycle engine was replaced by fuel injection system. The ECU (Electronic Control Unit) for this engine was built and programmed for controlling only fuel injection system. The fuel supply rail, intake and exhaust port were designed and made. The engine performance and emissions of carburetor and injector system were compared. When injector system is adopted, the engine power increases 33.73 % and the brake specific fuel consumption decreases 72.5-27.52 (depends on speed and load). Moreover, it can reduce the amount of CO in the exhaust gas up to 56-96 % at speed of 60 km/h.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอขอบพระคุณอย่างมาก

ทั้งนี้ยังต้องขอขอบคุณ พี่ๆ จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้ความสนับสนุนกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้ และวิธีการใช้โปรแกรมของกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ พี่โอม พี่เอ๋ พี่ยักษ์ พี่ช่า และพี่แขก นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในด้านต่างๆ เพื่อนวิท (วิทวัส และวิทยา) ที่คอยช่วยเหลือ และสนับสนุนในหลาย ๆ อย่าง น้อง ๆ ในชมรม Automotive (โต๊ด ชาย โจ้ บูม เบนซ์ อำ นู โอม เส่ง ก้อน) ที่ช่วยในการจัดสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ และพี่ ๆ เพื่อนๆ อีกหลายคนที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่ทำให้พวกข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา ซึ่งได้เลี้ยงดูพวกข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังคอยให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้าน ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วัชรินทร์ คงทรัพย์
วิชุพันธ์ วิจิตรดำเกิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 3
2.1 การผสมระหว่างอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ 3
2.2 อัตราส่วนผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะต่าง ๆ 5
2.3 ข้อจำกัดในการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ 6
2.4 ข้อดีของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบนซิน 7
บทที่ 3 ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด 9
3.1 ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด 9
3.2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ D-Jetronic หรือ EFI แบบ D 9
3.3 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ L-Jetronic หรือ EFI แบบ L 10
3.4 ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 11
3.5 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง 12
3.6 ส่วนประกอบของระบบประจุอากาศ 16
บทที่ 4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ 19
4.1 ส่วนประกอบของระบบความคุมอิเล็กทรอนิกส์ 19
4.2 ตัวตรวจจับสัญญาณ และหน้าที่ 20
4.3 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ECU 21
4.4 ส่วนประกอบ และหลักการทำงานของ ECU ที่ใช้ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สารมลพิษ 25
5.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC) 25
5.2 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 26
5.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 26
5.4 การบำบัดไอเสีย (AFTERTREATMENT) 26
บทที่ 6 อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 28
6.1 เครื่องยนต์ทดสอบ 28
6.2 อุปกรณ์วัดกำลัง และแรงบิด 32
6.3 อุปกรณ์ในการวัดมลพิษในแก๊สไอเสีย 32
6.4 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 33
6.5 สภาวะการทดลอง 34
6.6 วิธีการทดลอง 36
บทที่ 7 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล 37
บทที่ 8 สรุปผลการทดลอง 46
8.1 สรุปผลการทดลอง 46
8.2 ข้อเสนอแนะ 46
เอกสารอ้างอิง 48
ภาคผนวก 49
ภาคผนวก ก ข้อมูล และการใช้กล่อง ECU 50
ภาคผนวก ข.ค่าที่ได้จากการทดลอง 56
ภาคผนวก ค.การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน
จากท่อไอเสียของรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ 67
ประวัติผู้เขียน 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมของอากาศ
และน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการ 5

6-1 แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์ 28

6-2 แสดงรายละเอียดหัวฉีด 31

6-3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่สภาวะลิ้นไอดีเปิดสุด 34

6-4 สภาวะการทดลองที่ค่าความเร็วเท่ากับ 50 km/hr 34

6-5 สภาวะการทดลองที่ค่าความเร็วเท่ากับ 60 km/hr 35

6-6 สภาวะการทดลองที่ค่าความเร็วเท่ากับ 70 km/hr 36

ข-1 แสดงค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ 57

ข-2 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ 57

ข-3 แสดงค่า Lambda ที่ได้จากการทดสอบ 58

ข-4 แสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิง
แบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 58

ข-5 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิง
แบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 59

ข-6 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 59

ข-7 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 60

ข-8 แสดงอุณหภูมิของไอเสียของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด
ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 60

ข-9 แสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 61

ข-10 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 61

ข-11 กราฟแสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ 62

ข-12 แสดงปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่างๆ 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ข-13 แสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr 63

ข-14 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr 64

ข-15 แสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr 65

ข-16 แสดงปริมาณสารไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2-1 อัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงตามทฤษฎี 3

2-2 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 4

2-3 สมรรถนะทางกำลังงาน 4

2-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของอากาศ
และน้ำมันเชื้อเพลิงต่อส่วนประกอบของไอเสีย 5

2-5 วงจรต่าง ๆ ของคาร์บูเรเตอร์ 6

3-1 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic หรือEFI แบบ D 10

3-2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic หรือEFI แบบ L 10

3-3 ไดอะแกรมการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง 11

3-4 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง 12

3-5 ส่วนประกอบของกรองน้ำมัน 13

3-6 ท่อจ่ายน้ำมันในระบบเชื้อเพลิง 13

3-7 ส่วนประกอบและการทำงานของตัวควบคุมความดัน 14

3-8 หัวฉีดประจำสูบและตำแหน่งการติดตั้ง 15

3-9 โครงสร้างของหัวฉีดประจำสูบ 15

3-10 ตัวอย่างอุปกรณ์ในระบบประจุอากาศของเครื่องยนต์หัวฉีดระบบ EFI แบบ L 16

3-11 เรือนลิ้นเร่งของเครื่องยนต์หัวฉีด 17

3-12 การทำงานของลิ้นเร่งลิ้นเร่ง 17

4-1 แสดงการควบคุมการฉีดพื้นฐาน 19

4-2 โครงสร้างของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสเปิด-ปิด 20

4-3 โครงสร้างของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น 21

4-4 การส่งสัญญาณจุดระเบิด 22

4-5 ส่วนประกอบภายใน ECU และการทำงานของ ECU 23

4-6 การทำงานภายในของ ECU 23

6-1 เครื่องยนต์ฮอนด้า Superfour CB400 cc 28

6-2 ก. หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ 29

6-2 ข. แผนภาพแสดงการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ 29

6-3 กราฟแสดงประสิทธิภาพอากาศที่ความยาวท่อต่าง ๆ 30

6-4 ท่อไอดี 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

6-5 ภาพตัดเต็มของท่อไอดี 31
6-6 หม้อพักไอดี และเรือนลิ้นปีกผีเสื้อ 31
6-7 หัวฉีด Honda wave 125i 31
6-8 แสดงการติดชุดจ่ายเชื้อเพลิง 32
6-9 เครื่องแสดงผลของเครื่องวัดกำลัง และแรงบิด 32
6-10 อุปกรณ์การวัดมลพิษในแก๊สไอเสีย 33
6-11 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 33
7-1 กราฟแสดงค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ 37
7-2 กราฟแสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ 38
7-3 กราฟแสดงค่าLambda ที่ได้จากเครื่องยนต์ 38
7-4 กราฟแสดงค่าความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 39
7-5 กราฟแสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิง คาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 40
7-6 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิง คาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 41
7-7 กราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ คาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 41
7-8 กราฟแสดงอุณหภูมิของไอเสียของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 42
7-9 กราฟแสดงปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ คาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 43
7-10 กราฟแสดงปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ คาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 44
7-11 กราฟแสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ คาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 45
7-12 กราฟแสดงปริมาณของไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ คาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่สภาวะโหลดและความเร็วต่าง ๆ 46
ก-1 โปรแกรมการปรับแต่งการจ่ายเชื้อเพลิง 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก-2 แสดงการทำงานของโปรแกรม..... 52

ก-3 แสดงการปรับตั้งเวลาการฉีด..... 52

ก-4 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Write ECU..... 53

ก-5 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Read ECU..... 53

ก-6 ตำแหน่งที่แสดงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ECU..... 54

ก-7 แสดงตำแหน่งปุ่มกดเพื่อติดตามการทำงานของ ECU..... 54

ก-8 แสดงการติดตามการทำงานของ ECU..... 55

ข-1 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr..... 63

ข-2 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr..... 64

ข-3 กราฟแสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr..... 65

ข-4 กราฟแสดงปริมาณสารไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr..... 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มา

เนื่องจากปัจจุบันทั่วโลกได้ประสบปัญหาด้านราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูง และปัญหาทางด้านปริมาณมลพิษ แต่มนุษย์ก็ยังต้องการพึ่งพายานยนต์เพิ่มขึ้นเสมือนเป็นปัจจัยที่ 6 เพื่อใช้ในการคมนาคม , การขนส่ง , ด้านการเกษตร เป็นต้น จึงจำเป็นต้องหาวิธีเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยการเลือกใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กลงเป็นวิธีการลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงวิธีหนึ่ง แต่เครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กในประเทศไทยยังเป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์อยู่ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงได้ยากและมีการจ่ายเชื้อเพลิงมากเกินความต้องการของเครื่องยนต์ ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ดั้งนั้นจึงต้องมีการพัฒนาระบบการจ่ายเชื้อเพลิงให้เป็นรูปแบบที่ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น โดยให้เป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด เพื่อสามารถควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงได้ดีกว่า ซึ่งการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดนี้จะใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุม และใช้ตัวควบคุมระบบที่เรียกว่า ECU (electronic control unit) และการลดปริมาณมลพิษซึ่งทำได้โดยการปรับปรุงวิธีการจ่ายเชื้อเพลิง , ปรับปรุงห้องเผาไหม้ , ติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยลดมลพิษต่าง ๆ เป็นต้น

อีกทั้งทางภาควิชาได้เข้าร่วมการแข่งขันของสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทยในโครงการ TSAE Auto Challenge 2007 Student Formula โดยมีการกำหนดให้ใช้เครื่องยนต์ที่มีขนาดไม่เกิน800 cc และมีการคิดคะแนนในส่วนของสมรรถนะเครื่องยนต์และการประหยัดน้ำมันในสัดส่วนที่เท่ากัน ซึ่งจากการพิจารณาของทีมแข่งนั้น ได้ลงความเห็นว่าควรเลือกใช้เครื่องยนต์ขนาด 400cc แบบระบบหัวฉีด เพื่อให้ทีมนั้นได้คะแนนตามข้อกำหนดให้มากที่สุด แต่เนื่องจากในประเทศไทยเครื่องยนต์ขนาด 400 cc นั้น มีแต่ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์เท่านั้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ในข้อจำกัดที่เครื่องยนต์ขนาด 400cc มีแต่ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ คณะผู้จัดทำจึงต้องนำเครื่องยนต์ดังกล่าวมาแปลงเป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดแทน และเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์ขนาดเล็กให้มาเป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อติดตั้งระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดในเครื่องยนต์ขนาด 400 cc

1.2.2 เพื่อปรับแต่งเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2.3 เพื่อหาสมรรถนะด้านต่างๆของเครื่องยนต์ ที่ใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดเปรียบเทียบกับระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดมาใช้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตโครงงาน

ขอบเขตของโครงงาน คือ ปรับแต่งเครื่องยนต์ขนาด 400cc ที่ใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดให้มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2007 และนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบกับระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด และการใช้โปรแกรมกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

1.4.2 ทดสอบเครื่องยนต์ด้วยระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์

1.4.3 จัดทำ และติดตั้งระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด และกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับเครื่องยนต์ขนาด 400 cc

1.4.4 ปรับแต่งระยะเวลาในการจ่ายเชื้อเพลิงของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดด้วยกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบสมรรถนะ และไอเสียของเครื่องยนต์

1.4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง และนำมาเปรียบเทียบกับระบบการจ่ายน้ำมันแบบคาร์บูเรเตอร์ เพื่อสรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ขนาดเล็ก เนื่องจากการใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดประหยัดกว่าระบบคาร์บูเรเตอร์

1.5.2 สามารถลดมลพิษจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ที่ปล่อยออกมาเนื่องจากมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น

1.5.3 เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิงจากการที่ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะใช้เชื้อเพลิงได้คุ้มค่า และประหยัดขึ้น

1.5.4 เพื่อสอดคล้องกับกติกาการคิดคะแนนของการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2007 Student Formula ในส่วนของสมรรถนะเครื่องยนต์ และการประหยัดน้ำมันในสัดส่วนที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการเผาไหม้ของเครื่องยนต์

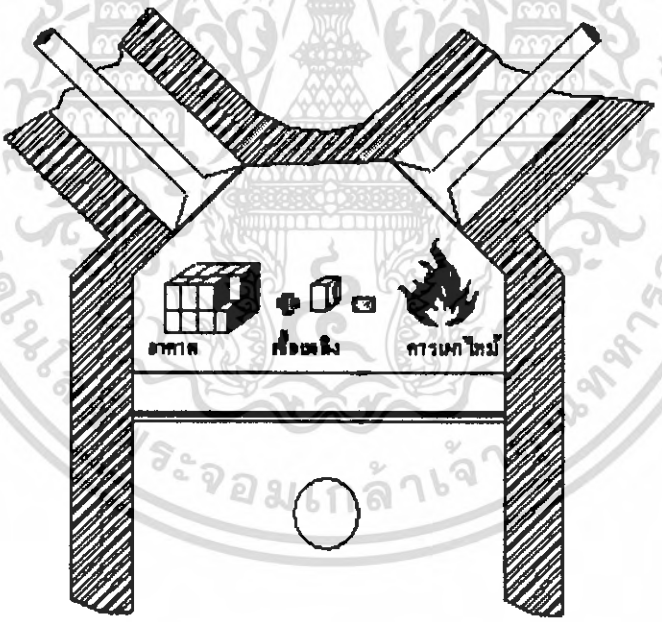
2.1 การผสมระหว่างอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.1.1 อัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงพอดี (Theoretical air-fuel ratio) คือ อัตราส่วนผสมที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยมีค่าอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 14.7:1 โดยน้ำหนัก ซึ่งหมายถึงการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม ผสมกับ อากาศ น้ำหนัก 14.7 กิโลกรัม

2.1.2 อัตราส่วนผสมหนา (Rich mixture) คือ อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณเชื้อเพลิงสูงกว่าอัตราส่วนผสมที่พอดี เช่น 12 : 1 คือ มีอากาศอยู่ 12 ส่วน และเชื้อเพลิง 1 ส่วน โดยมวล

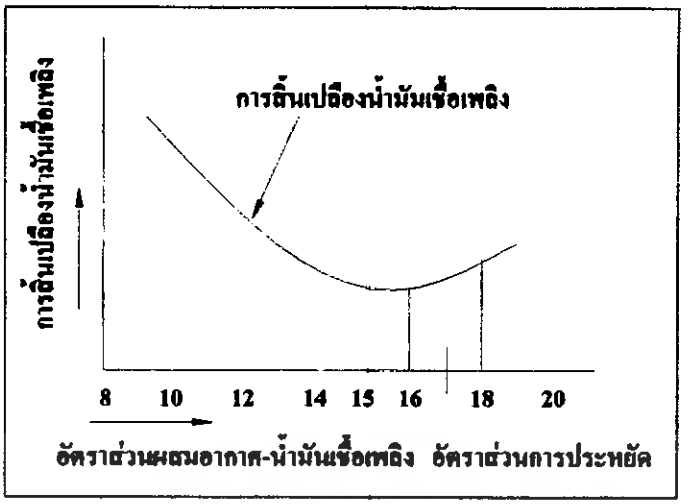
2.1.3 อัตราส่วนผสมบาง (Lean mixture) คือ อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณเชื้อเพลิงต่ำกว่าอัตราส่วนผสมที่พอดี เช่น 18 : 1 คือ มีอากาศอยู่ 18 ส่วน และเชื้อเพลิง 1 ส่วน โดยมวล



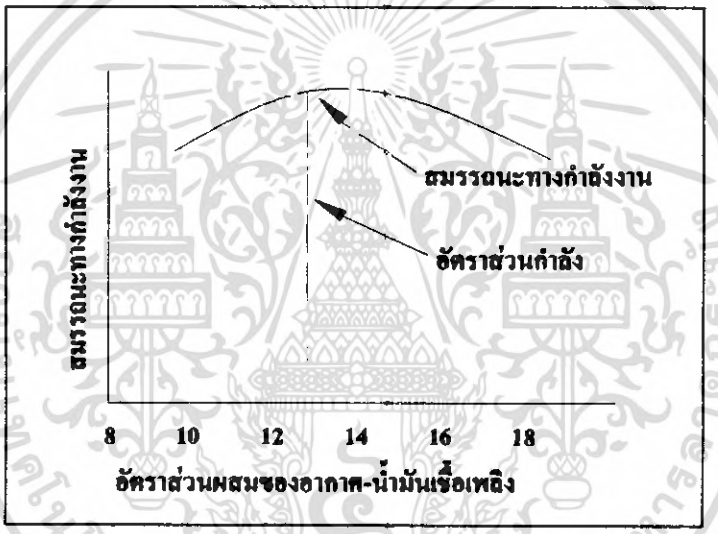
รูปที่ 2-1 อัตราส่วนผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ซึ่งอัตราส่วนผสมต่าง ๆ จะมีผลต่อความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง กำลังของเครื่องยนต์ และปริมาณสารมลพิษของไอเสีย ดังรูปที่ 2-2 จะเห็นได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดจะอยู่ที่ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประมาณ 16 : 1 และจากรูปที่ 2-3 สมรรถนะทางด้านกำลังสูงสุดอยู่ที่ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประมาณ 12-13:1 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



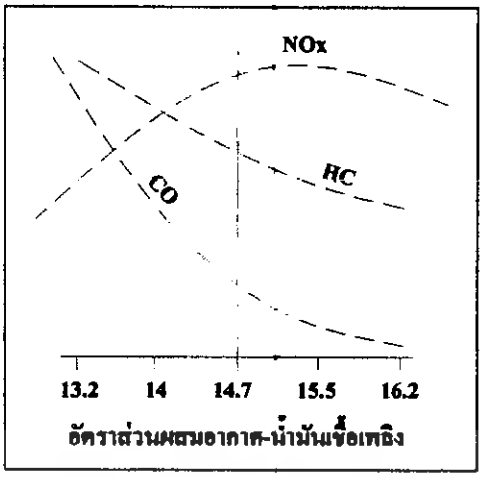
รูปที่ 2-2 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 2-3 สมรรถนะทางกำลังงาน

และจากรูปที่ 2-4 แสดงปริมาณของสารมลพิษต่าง ๆ ในไอเสีย ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีส่วนผสมที่บางปริมาณ CO และ HC จะลดลง ส่วน NO_x จะสูงที่ปริมาณส่วนผสมที่พอดีหรือบางเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงต่อส่วนประกอบของไอเสีย

2.2 อัตราส่วนผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะต่าง ๆ

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการ

สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์	อัตราส่วนผสม
การสตาร์ทเครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์เย็น(ใช้โช๊ก)	2-3 : 1
การสตาร์ทเครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ร้อน	7-8 : 1
ความเร็วรอบเดินเบา (650-750 รอบ/นาที)	8-10 : 1
ความเร็วรอบต่ำ (750-1,000รอบ/นาที)	10-12 : 1
ความเร็วรอบปานกลาง (1,000-2,000 รอบ/นาที)	15-17 : 1
ความเร็วรอบสูง , ภาระหนัก	12-13 : 1

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาวะการทำงานต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้น เพื่อให้มั่นใจได้ว่ามีการจ่ายอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกต้องให้แก่เครื่องยนต์ระบบจ่ายเชื้อเพลิงเบนซินแบบหัวฉีดจึงถูกนำมาใช้แทนระบบจ่ายเชื้อเพลิงเบนซินแบบคาร์บูเรเตอร์

อัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซิน ตามทฤษฎีเท่ากับ 14.7:1 โดยน้ำหนักซึ่งมีค่า แลมบ์ดา (λ :Lambda) = 1

ค่า λ หมายถึง อัตราส่วนของอากาศระหว่างปริมาตรของอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบได้จริงต่อปริมาตรการดูดทางทฤษฎี สูตรในการหาค่า λ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

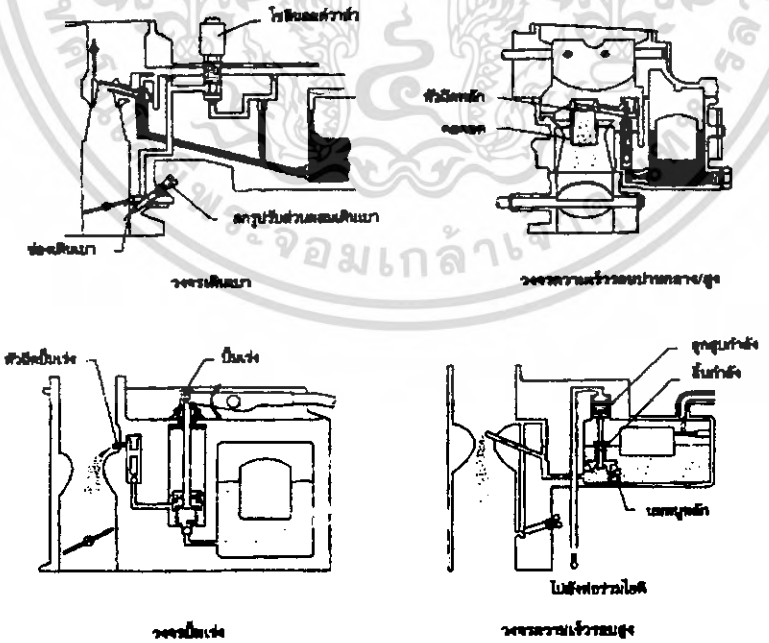
$$\lambda = \frac{\text{ปริมาตรของอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบได้จริง}}{\text{ปริมาณดูดอากาศเข้ากระบอกสูบทางทฤษฎี}}$$

λ = 0.86 (อัตราส่วนผสมที่หนา เท่ากับ 12.6:1 เครื่องยนต์จะให้กำลังงานสูงสุด)

λ = 1.05 (อัตราส่วนผสมบาง เท่ากับ 15.4:1 เครื่องยนต์จะสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด) ส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ได้ดี ควรมีค่า λ = 0.7-1.3 และถ้าปริมาณของอากาศน้อยเกินไป (อัตราส่วนผสมหนา) เชื้อเพลิงจะเผาไหม้ไม่หมดทำให้เกิดไอเสียมาก กำลังของเครื่องยนต์จะตกลง

2.3 ข้อจำกัดในการทำงานของคาร์บูเรเตอร์

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานอยู่ภายใต้สภาวะการทำงานต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามสภาพการขับขี่ของผู้ใช้รถยนต์ ดังนั้นคาร์บูเรเตอร์จึงถูกออกแบบให้มีอุปกรณ์หรือกลไกต่างๆ ประกอบเข้าด้วยกันมากมาย เพื่อให้สามารถจ่ายส่วนผสมของเชื้อเพลิงได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งในรถยนต์บางรุ่นได้นำเอาระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุมการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ เพื่อให้จ่ายส่วนผสมของเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ก็ยังไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตามต้องการได้ เนื่องจากคาร์บูเรเตอร์ยังมีข้อจำกัดในการทำงานอยู่หลายประการ คือ



รูปที่ 2-5 วงจรต่างๆ ของคาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ ที่เป็นกลไกอยู่จำนวนมาก ทำให้การจ่ายเชื้อมีความล่าช้าส่งผลให้การตอบสนองการเร่งไม่ดีเท่าที่ควร

2.3.2 เนื่องจากคาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยวงจรในการจ่ายส่วนผสมหลายวงจร เช่น วงจรความเร็วรอบเดินเบา วงจรความเร็วรอบปกติ วงจรปั๊มเร่ง วงจรความเร็วรอบสูง ฯลฯ ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงวงจรการทำงาน จำเป็นต้องมีการจ่ายส่วนผสมที่หนาไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์สะดุด ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3.3 ประสิทธิภาพในการผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิง จะขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านคอคอด (venturi)ของคาร์บูเรเตอร์ เช่น ในขณะความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วของอากาศจะต่ำ การผสมของอากาศกับน้ำมันจะไม่ค่อยดี (เป็นฝอยละอองได้ไม่ดี)ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3.4 กรณีที่เครื่องยนต์มีคาร์บูเรเตอร์ตัวเดียว ความยาวของท่อไอดีในแต่ละสูบจะไม่เท่ากัน กระบอกสูบที่มีท่อไอดียาวหรือมีความโค้งงอของท่อไอดีมาก จะมีความล่าช้าในการบรรจุส่วนผสม และมีการตกค้างของน้ำมันในท่อไอดีมาก ทำให้ส่วนผสมที่บรรจุเข้าในแต่ละกระบอกสูบไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์

2.3.5 ขณะทำการลดอัตราการเร่งของเครื่องยนต์ลงทันทีทันใด (ปล่อยคันเร่ง) ซึ่งเป็นสภาวะที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง แต่เครื่องยนต์ยังได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงจากทางวงจรความเร็วรอบเดินเบา (เฉพาะในคาร์บูเรเตอร์แบบธรรมดา) และน้ำมันที่ตกค้างติดกับผนังท่อไอดี ซึ่งขณะลิ้นเร่งปิดจะเกิดสุญญากาศในท่อไอดีมาก เนื่องจากความเร็วรอบของเรื่องยนต์ยังสูงอยู่ ทำให้น้ำมันที่ตกค้างอยู่กลายเป็นฝอยละอองถูกดูดเข้ากระบอกสูบ จึงเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3.6 ในขณะที่รถยนต์วิ่งบนถนนที่มีความลาดเอียง ระดับน้ำมันในห้องลูกลอยของคาร์บูเรเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นเหตุให้คาร์บูเรเตอร์จ่ายส่วนผสมของเชื้อเพลิงหนาหรือบางไป จากที่เครื่องยนต์ต้องการ

จากข้อจำกัดในการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ ทำให้มีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์แบบใหม่ที่เรียกว่า "ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง" มาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์

2.4 ข้อดีของระบบฉีดเชื้อเพลิงเบนซิน

2.4.1 มีประสิทธิภาพในการประจุอากาศสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ เพราะเมื่อใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ ปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบจะไม่ถูกขัดขวางโดยท่อ Venturi ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงเบนซิน ที่ท่อร่วมไอดีจะไม่มีคอคอดมาขัดขวางการไหลของอากาศ ทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้ได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้เครื่องยนต์ได้ที่กำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สามารถจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้แน่นอนตลอด ทุกช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ แต่ระบบคาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงได้อย่างแน่นอนทุกช่วงความเร็ว เนื่องจากคาร์บูเรเตอร์มีหลายวงจร ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงวงจรการทำงานจำเป็นจะต้องมีการจ่ายส่วนผสมที่หนาไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์เกิดอาการสะดุด แต่เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงเบนซิน การจ่ายปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและแน่นอนไม่ว่าความเร็วหรือภาวะของเครื่องยนต์จะเป็นเช่นไร

2.4.3 มีการตอบสนองขณะเร่งเครื่องยนต์ได้ดี เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้น ในขณะที่เราเร่งเครื่องยนต์อย่างที่ทันทีทันใด จะทำให้เกิดการสะดุดหรือที่เรียกว่า รอรอบ นั้นเป็นเพราะว่าอากาศจะต้องไหลเข้าห้องเผาไหม้ก่อน น้ำมันจึงจะไหลตามเข้าไปทีหลัง ทำให้ส่วนผสมในช่วงแรกไม่ถูกต้อง

2.4.4 สามารถใช้รถยนต์ที่วิ่งตามถนนที่มีความลาดเอียงได้ดี เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ระดับน้ำมันในห้องลูกลอยจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลาดเอียงของถนน ทำให้การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์ผิดพลาดไป ส่วนในระบบฉีดเชื้อเพลิงเบนซิน น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกสร้างให้มีความดันในระบบ ความลาดเอียงของถนนจึงไม่มีปัญหา

2.4.5 ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้น มีการหมุนน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกดูดและจ่ายเข้าไปในกระบอกสูบทุกครั้ง โดยที่ไม่สนใจว่าเวลาใดควรจะจ่ายน้ำมันหรือเวลาใดไม่ควรจ่ายน้ำมัน เช่นขณะที่เราถอนเท้าจากคันเร่งมาเหยียบเบรก เพื่อชะลอรถหรือหยุดรถ ช่วงนี้เป็นช่วงที่ไม่ต้องการกำลังสำหรับเครื่องยนต์ แต่น้ำมันก็ยังถูกจ่ายออกมา ทำให้สิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง แต่ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงเบนซินแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection system) ช่วงที่ถอนเท้าจากคันเร่งมาเหยียบเบรกไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามน้ำมันจะถูกตัดการจ่ายให้แก่กระบอกสูบ จนกระทั่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ที่กำหนด (ประมาณ 1,000 รอบ/นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องยนต์) การฉีดน้ำมันก็จะเริ่มต้นขึ้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด

3.1 ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด (Fuel Injection System)

หลักการของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด จะใช้หัวฉีด (Injection) ทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี (Intake manifold หรือ Intake tube) โดยปริมาณและช่วงเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะได้มาจากการวิเคราะห์ของ ECU ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ มาจากตัวตรวจจับต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ปริมาณการไหลของอากาศ เป็นต้น ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยทั่วไปจะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

3.1.1 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไก (มีชื่อเรียกว่า K-Jetronic)

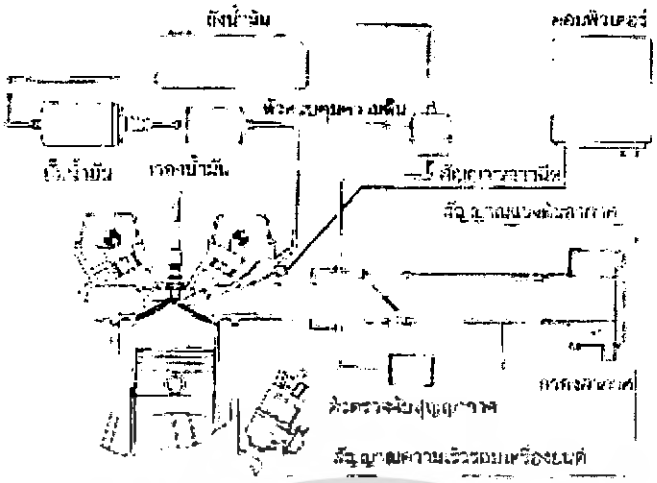
3.1.2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ (มีชื่อเรียกว่า KE-Jetronic)

3.1.3 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (มีชื่อเรียกว่า D-Jetronic และ L-Jetronic)

3.2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ D-Jetronic หรือ EFI แบบ D

ระบบ FEI แบบ D-Jetronic เป็นระบบการฉีดที่มีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด โดยวิธีการวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี ด้วยตัวตรวจจับสุญญากาศแล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งเข้าสู่ ECU เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดของหัวฉีด ที่เหมาะสมกับอากาศที่เข้าสู่กระบอกสูบ โดยมีหลักการดังนี้คือ ขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำลิ้นเร่งจะเปิดให้อากาศไหลผ่านได้น้อยทำให้ความดันของอากาศในท่อไอดีต่ำ (เป็นสุญญากาศมาก) ตัวตรวจจับสุญญากาศ จะส่งสัญญาณไปสู่ ECU เพื่อทำการประมวลผลแล้วสั่งหัวฉีดให้ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย ในทางตรงข้ามหากลิ้นปีกผีเสื้อเปิดให้อากาศไหลเข้ามาก ความดันอากาศในท่อไอดีจะสูงขึ้น (เป็นสุญญากาศน้อยลง) ตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปสู่ ECU เช่นเดิม แต่สัญญาณจะต่างจากเดิม และ ECU จะสั่งฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น

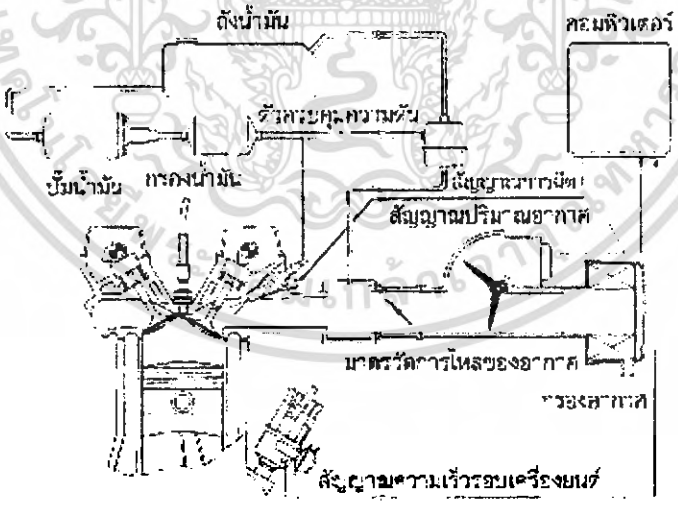
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ D-Jetronic หรือ EFI แบบ D

3.3 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ L-Jetronic หรือ EFI แบบ L

ระบบ EFI แบบ L-Jetronic เป็นระบบที่ใช้ตัววัดปริมาณอากาศที่ไหลในท่อร่วมไอดีแทนตัววัดความดัน เนื่องมาจากปริมาตรกับแรงดันของอากาศมีสัดส่วนแปรผันไม่คงที่แน่นอน ทำให้การวัดปริมาณอากาศจากค่าแรงดันไม่ค่อยเที่ยงตรง ซึ่งเป็นสาเหตุให้ ECU กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสม

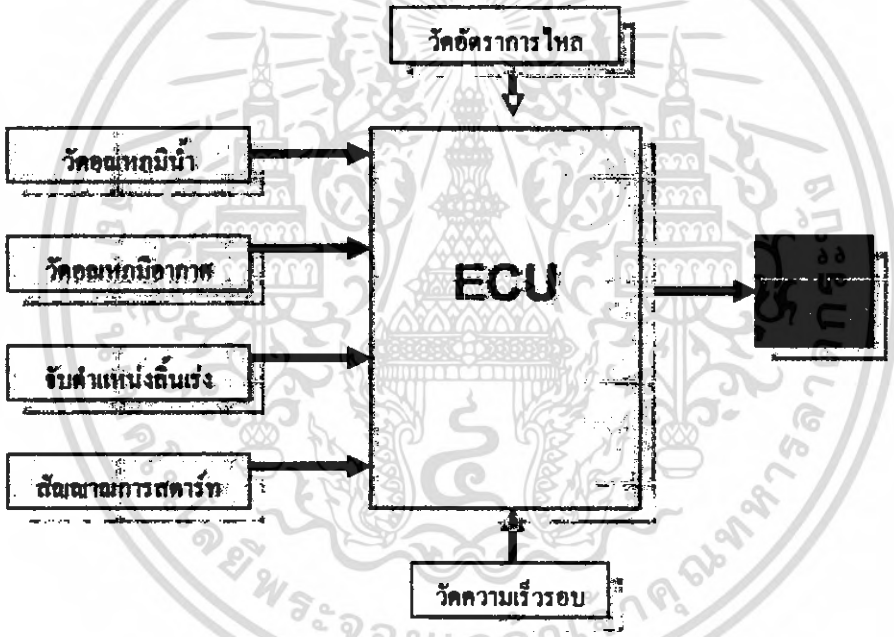


รูปที่ 3-2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ L-Jetronic หรือ EFI แบบ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจากการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะที่ขับขี่จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะการทำงานเหล่านั้นด้วย ซึ่งทำให้อัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ที่ได้จากระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานไม่สามารถตอบสนองการทำงานของเครื่องยนต์ในทุกสภาวะได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากขึ้น เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่หนาเพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์ ดังนั้นในระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด จึงมีอุปกรณ์สำหรับตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่เรียกว่า sensor เป็นตัวส่งข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าไปยัง ECU ให้ทำการปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานต่างๆ ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3-3 ไดอะแกรมการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water temperature sensor) จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิเครื่องยนต์ กล่าวคือ ระยะเวลาในการฉีดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air temperature sensor) จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศ กล่าวคือ ระยะเวลาในการฉีดจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำกว่าค่าที่กำหนด และระยะเวลาในการฉีดจะลดลง เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงกว่าค่าที่กำหนด

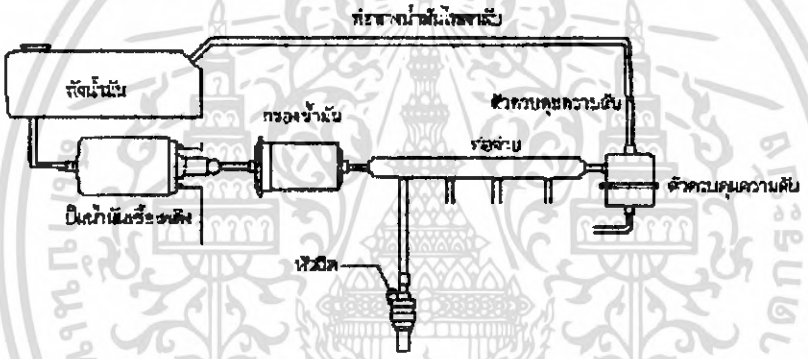
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Starting signal) จะเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งให้คอมพิวเตอร์ทำการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ในขณะเร่งเครื่องยนต์

3.5 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง

ระบบเชื้อเพลิงจะทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้ความดันที่เหมาะสมให้กับหัวฉีดแต่ละชนิด ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ในระบบเชื้อเพลิงประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ คือ 1. ถังน้ำมัน 2. ปั๊มน้ำมัน 3. ตัวกรองน้ำ 4. ท่อจ่ายน้ำมัน 5. ตัวควบคุมความดัน 6. หัวฉีด ดังแสดงในรูปที่ 3-4

การไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ น้ำมันจากถังน้ำมันถูกดูดด้วยปั๊มไฟฟ้า ส่งผ่านกรองน้ำมันเข้าท่อจ่าย แล้วส่งต่อไปยังหัวฉีดของแต่ละสูบ น้ำมันภายในท่อจ่ายน้ำมันจะถูกรักษาความดันไว้ที่ประมาณ 2.5-3 บาร์ (2.5-3 kg/cm^2) ด้วยตัวควบคุมความดัน ถ้าความดันของน้ำมันในระบบสูงเกินไปน้ำมันจะถูกระบายกลับสู่ถังน้ำมันจนความดันน้ำมันลดลงถึงค่าที่กำหนด



รูปที่ 3-4 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง

3.5.1 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pump)

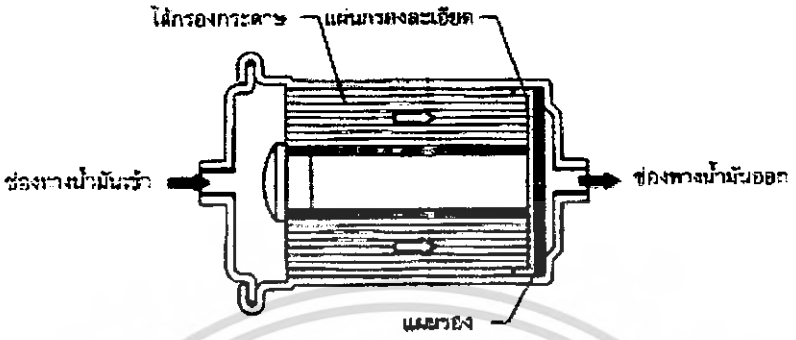
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงมีหน้าที่ดูดน้ำมันจากถังส่งไปยังหัวฉีด ภายใต้ความดันและมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการสูงสุดของเครื่องยนต์ ซึ่งปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด จะมีอยู่ 2 แบบ คือ ปั๊มแบบลูกกลิ้ง (Roller cell pump) และปั๊มแบบใบพัด (turbine pump)

3.5.2 กรองน้ำมัน (Fuel Filter)

กรองน้ำมันมีหน้าที่กรองเอาสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนที่จะส่งไปยังหัวฉีด โดยกรองน้ำมันจะถูกติดตั้งไว้ระหว่างปั๊มน้ำมัน และท่อจ่ายน้ำมันของหัวฉีด ถ้ามีการอุดตันภายในกรองน้ำมันจะทำให้ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบลดลง ซึ่งจะเป็นเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก เดินเบาไม่เรียบ เร่งสะดุด ไม่มีกำลัง หรือสตาร์ทไม่ติด เนื่องจากความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงมีผลต่อปริมาณการฉีดของน้ำมัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดจะน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

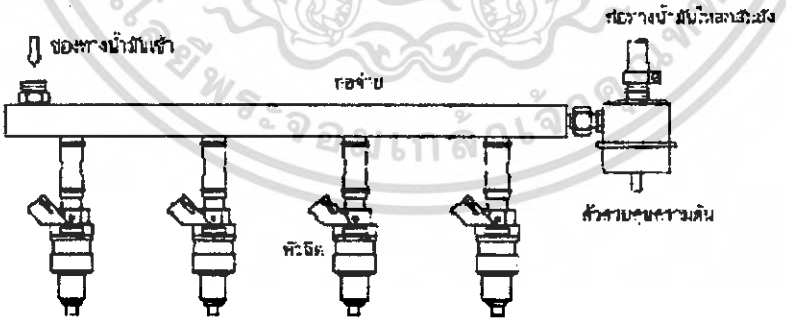
เมื่อความดันลดลง ดังนั้นเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งควรมีการเปลี่ยนกรองน้ำมันใหม่ ซึ่งช่วงเวลาในการเปลี่ยนจะขึ้นอยู่กับสภาพความสกปรกของน้ำมันที่ใช้ สภาพของกรองน้ำมันสามารถตรวจสอบได้จากการวัดค่าความดันของน้ำมันในระบบ



รูปที่ 3-5 ส่วนประกอบของกรองน้ำมัน

3.5.3 ท่อจ่ายน้ำมัน (Distributor Pipe or Fuel Rail)

ท่อจ่ายน้ำมันเป็นอุปกรณ์สำหรับส่งน้ำมันไปยังหัวฉีด ดังแสดงในรูปที่ 3-6 โดยทั่วๆไป ท่อจ่ายจะมีขนาดค่อนข้างโต ทั้งนี้เพื่อให้สามารถจ่ายน้ำมันให้กับหัวฉีดได้ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องยนต์โดยที่ความดันน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลง หากท่อจ่ายมีขนาดเล็กเกินไป เมื่อหัวฉีดทำงานพร้อม ๆ กันอาจทำให้น้ำมันไหลมาไม่ทัน ส่งผลให้ความดันน้ำมันต่ำลงกว่าที่กำหนด ทำให้ปริมาณการฉีดของหัวฉีดลดลงไป แต่อย่างไรก็ตาม ท่อจ่ายน้ำมันมีขนาดเล็กได้ ถ้าปั๊มน้ำมันที่ใช้มีขนาดใหญ่สามารถสร้างอัตราไหลของน้ำมันได้มากพอ



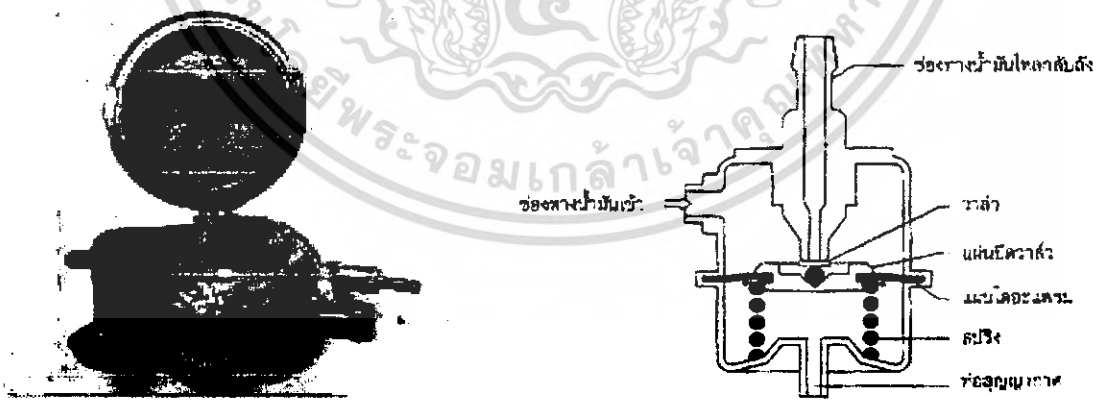
รูปที่ 3-6 ท่อจ่ายน้ำมันในระบบเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ตัวควบคุมความดัน (Pressure Regulator)

ตัวควบคุมความดัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมค่าความแตกต่างระหว่าง ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ กับค่าความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่ตลอดเวลา โดยมีหลักการทำงานดังนี้ น้ำมันจากท่อจ่ายจะไหลเข้าตัวควบคุมความดันทางช่องทางน้ำมันเข้า หากความดันของน้ำมันสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ด้วยแรงดันของสปริง น้ำมันจะดันแผ่นไดอะแฟรมให้ยุบตัวลง แผ่นวาล์วที่ติดกับแผ่นไดอะแฟรมจะเปิดให้น้ำมันไหลออกจากตัวควบคุมความดันทางช่องทางน้ำมันไหลกลับสู่ถัง ทำให้ความดันน้ำมันถูกควบคุมไว้ค่าหนึ่งตามค่าแรงดันของสปริง

จากโครงสร้างและส่วนประกอบของตัวควบคุมความดัน จะเห็นว่าทางห้องด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมจะมีท่อสุญญากาศ สำหรับต่อกับความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์ ขณะเครื่องยนต์ดับความดันอากาศในท่อร่วมไอดีจะเท่ากับความดันบรรยากาศ และเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะมีค่าต่ำลง (มีสุญญากาศมาก) ดังนั้นภายในห้องด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมจะมีสุญญากาศเกิดขึ้นเหมือนในท่อร่วมไอดี ทำให้แผ่นไดอะแฟรมถูกดันให้ยุบตัวที่ความดันต่ำลง เนื่องจากมีแรงดูดจากท่อร่วมไอดีช่วย ณ ตำแหน่งนี้ความดันน้ำมันจะลดต่ำลงตามค่าแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี และถ้ามีการเร่งเครื่องยนต์ (ลิ้นเร่งเปิดกว้าง) และเครื่องยนต์รับภาระหนัก แรงดันของอากาศในท่อไอดีจะเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้ความดันน้ำมันสูงขึ้นตามไปด้วย จากการทำงานนี้จะเป็นการรักษาค่าความแตกต่างของความดันน้ำมันในระบบ กับความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่ตลอดเวลา ในการทำงานของตัวควบคุมความดันจะควบคุมความดันน้ำมันไว้ที่ประมาณ 3 Kg/cm^2 (bar) เหนือความดันของอากาศในท่อร่วมไอดี ดังในรูป

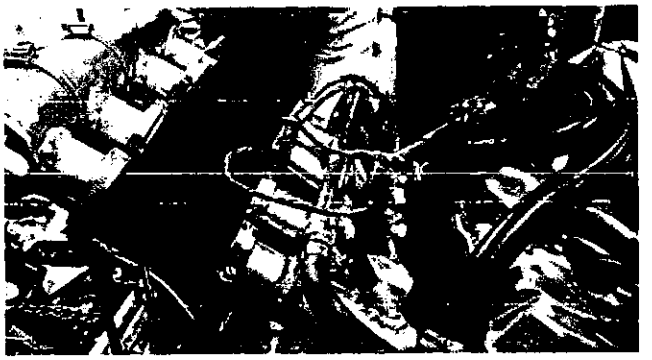


รูปที่ 3-7 ส่วนประกอบ และการทำงานของตัวควบคุมความดัน

3.3.5 หัวฉีดประจำสูบ (Injector)

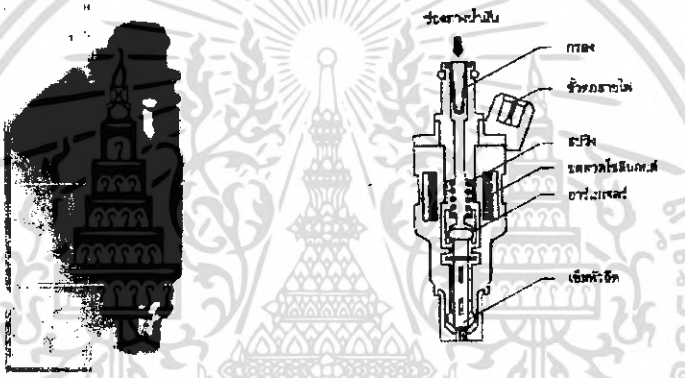
เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีหัวฉีดสูบละ 1 ตัว ติดตั้งไว้ที่บริเวณท่อไอดี ดังในรูปที่ 3-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 หัวฉีดประจำสูบและตำแหน่งการติดตั้ง

หัวฉีดที่ใช้จะเป็นแบบที่บังคับการปิดเปิดลิ้นของหัวฉีดด้วยโซลีนอยด์ไฟฟ้า โดยมีโครงสร้างและส่วนประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 โครงสร้างของหัวฉีดประจำสูบ

หลักการทำงานของหัวฉีด

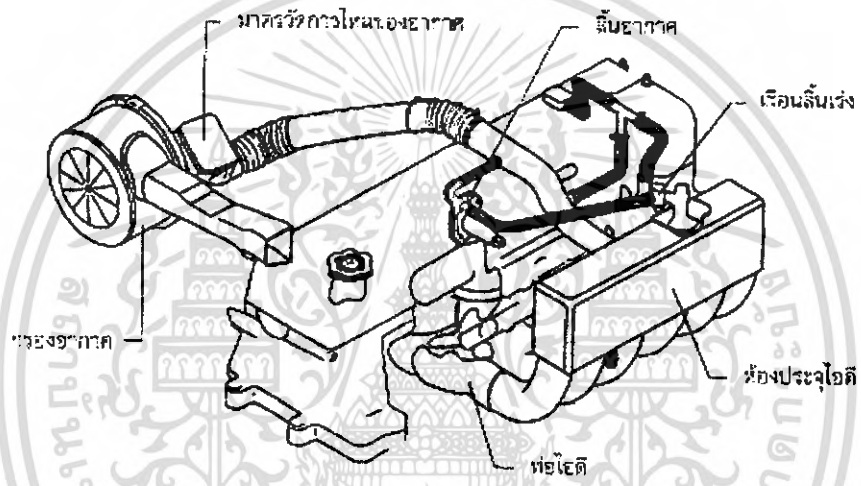
จากรูปที่ 3-9 เมื่อน้ำมันจากท่อจ่ายจะไหลเข้าหัวฉีดโดยผ่านกรองละเอียดที่ช่องทางเข้า ผ่านลงไปยังเข็มหัวฉีดที่ปลายด้านล่างของหัวฉีด ในตำแหน่งที่หัวฉีดยังไม่ทำงาน เข็มของหัวฉีดจะถูกสปริงดันให้แนบสนิทอยู่กับบ่าลิ้นไม่ให้น้ำมันไหลออก เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าจาก ECU ป้อนเข้าขดลวดโซลีนอยด์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดให้ตัวอาร์เมเจอร์ที่อยู่ตรงกลางยกตัวขึ้น เข็มหัวฉีดที่ติดกับตัวอาร์เมเจอร์ก็จะยกตัวขึ้นจากบ่าลิ้น ทำให้น้ำมันซึ่งมีความดันประมาณ 3 บาร์ ถูกฉีดน้ำออกมาจากหัวฉีดในลักษณะของฝอยละออง สำหรับปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดออกมาจะมากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าขดลวดโซลีนอยด์ของหัวฉีด ในการเปิดและปิดของหัวฉีดจะมีความไวสูงมาก ประมาณ 1-1.5 ms (มิลลิวินาที) และเนื่องจากหัวเข็มหัวฉีดมีระยะในการยกตัวน้อยมาก ประมาณ 0.1 mm ดังนั้นในการฉีดของหัวฉีดจึงมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีการอุดตันที่กรองของหัวฉีด หรือมีเขม่าจับที่ปลายหัวฉีด จะทำให้ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดน้อยลง ซึ่งจะเป็นเหตุให้เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบ เร่งไม่ขึ้น ไฟตีกลับ กำลังตก หรือหากมีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปติดขัดบริเวณหน้าสัมผัสของเข็มหัวฉีด จะทำให้เกิดการรั่วของน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะที่หัวฉีดยังไม่ทำงาน ซึ่งจะเป็นเหตุให้เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบ

3.6 ส่วนประกอบของระบบประจุอากาศ

ระบบประจุอากาศของระบบ EFI จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ 1. กรองอากาศ (Air cleaner) 2. มาตรวัดการไหลของอากาศ (Air flow meter) 3. เรือนลิ้นเร่ง (Throttle body) 4. ลิ้นอากาศ (Air valve) 5. ห้องประจุไอดี (Air intake chamber) หรือท่อร่วมไอดี (Intake manifold) และ 6. ท่อไอดี (Intake chamber) ดังรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบประจุอากาศของเครื่องยนต์หัวฉีด

3.6.1 กรองอากาศ (Air Cleaner)

กรองอากาศของเครื่องยนต์หัวฉีดจะทำหน้าที่ กรองฝุ่นละออง หรือสิ่งสกปรกออกจากอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ กรองอากาศควรจะได้รับการเปลี่ยนเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด หรือควรต้องมีการตรวจสอบ และทำความสะอาดอยู่เสมอ เพราะหากกรองอากาศเกิดการอุดตัน จะเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก เดินเบาไม่เรียบ หรืออาจสตาร์ทไม่ติด

3.6.2 มาตรวัดการไหลของอากาศ (Air Flow Meter or Air Flow Sensor)

มาตรวัดการไหลของอากาศ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบ แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีด มาตรวัดการไหลของอากาศที่ใช้ในเครื่องยนต์หัวฉีด ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น

3.6.2.1 แบบแผ่นวัด (flap or vane type)

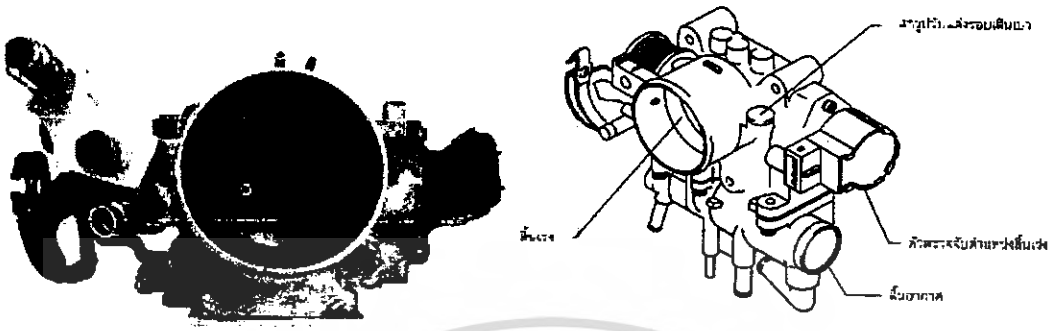
3.6.2.2 แบบขดลวดความร้อน (hot wire type)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.3 แบบคลื่นความถี่ไหลวนคาร์มาน (karman vortex type)

3.6.2.4 แบบแผ่นฟิล์มความร้อน (hot film type)

3.6.3 เรือนลิ้นเร่ง (Throttle Body)



รูปที่ 3-11 เรือนลิ้นเร่งของเครื่องยนต์หัวฉีด

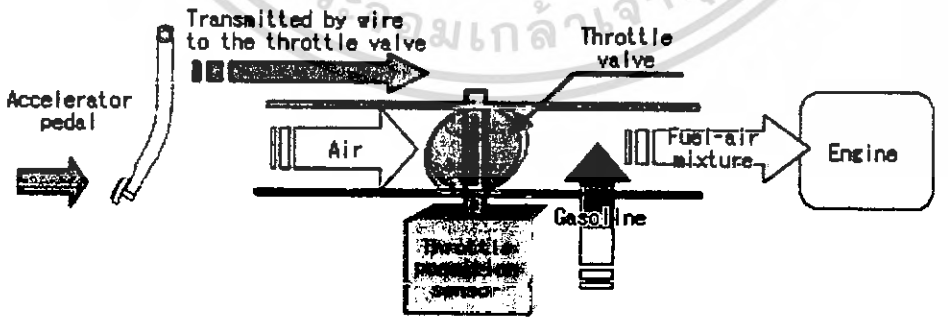
เรือนลิ้นเร่งของเครื่องยนต์หัวฉีดจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ลิ้นเร่ง (Throttle valve) สกรูปรับแต่งรอบเดินเบา (Idle speed adjusting screw) และยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ติดตั้งอยู่ด้วยเช่น ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ลิ้นอากาศ และลิ้นควบคุมความเร็วรอบเดินเบาดังรูปที่ 3-11

3.6.3.1 ลิ้นเร่ง (Throttle Valve)

ลิ้นเร่งมีหน้าที่ควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ ซึ่งเป็นการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์

3.6.3.2 สกรูปรับแต่งรอบเดินเบา (Idle Speed Adjusting Screw)

สกรูปรับแต่งรอบเดินเบาจะทำหน้าที่เปิดช่องทางให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบโดยไม่ผ่านลิ้นเร่ง เนื่องจากขณะเดินเบาเครื่องยนต์ ลิ้นเร่งปิด ดังนั้นจึงต้องมีช่องทางพิเศษหรือช่องทาง Bypass ให้อากาศผ่านเข้ากระบอกสูบ เพื่อให้เครื่องยนต์เดินเบาอยู่โดยไม่ดับ การปรับสกรูให้อากาศไหลผ่านได้มากจะทำให้ความเร็วรอบเดินเบาสูงขึ้น



ภาพที่ 3-12 การทำงานของลิ้นเร่งลิ้นเร่ง

72191
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 ห้องประจุไอดี (Air Intake Chamber)

ห้องประจุไอดีหรือท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์หัวฉีด EFI จะมีหน้าที่ป้องกันการกระเพื่อมของอากาศในระบบ โดยห้องประจุไอดีได้ถูกออกแบบให้มีขนาดใหญ่สามารถบรรจุอากาศได้ปริมาณมาก

เนื่องจากการที่อากาศถูกดูดเข้ากระบอกสูบเป็นช่วงๆ ตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์หากท่อร่วมไอดี มีขนาดเล็กเหมือนเครื่องยนต์ทั่วไป อากาศที่ถูกดูดผ่านระบบประจุอากาศจะมีลักษณะเป็นคลื่น ซึ่งจะมีผลให้ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดเวลา ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีการควบคุมการทำงานด้วยความดันอากาศในท่อร่วมไอดี เช่น ตัวตรวจจับสุญญากาศ ตัวควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง มีการทำงานที่ไม่เที่ยงตรง และการกระเพื่อมของอากาศจะทำให้แผ่นวัดปริมาณอากาศของมาตรวัดการไหลของอากาศเกิดการสั่น ซึ่งมีผลต่อการวัดปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดในระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด โดยมีหลักการเบื้องต้นคือ ECU จะรับสัญญาณที่บอกว่ามีอากาศไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และสัญญาณที่บอกถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ขณะนั้น เพื่อใช้ในการสั่งให้หัวฉีดทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในขณะที่วาล์วไอดีเปิดรับอากาศเข้าในห้องเผาไหม้ ซึ่งระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นี้จะมีส่วนประกอบหลายอย่าง เช่น ECU , ตัวตรวจจับอัตราการไหลของเชื้อเพลิง , ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง เป็นต้น

4.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบฉีด จะประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เพื่อใช้สำหรับควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ซึ่งได้แก่

4.1.1 มาตรวัดการไหลของอากาศ (สำหรับระบบ EFI แบบ L)

4.1.2 ตัวตรวจจับสุญญากาศ (สำหรับระบบ EFI แบบ D)

4.1.3 สัญญาณวัดความเร็วรอบ

4.1.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

4.1.5 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

4.1.6 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

4.1.7 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

4.1.8 ตัวตรวจจับการน็อกของเครื่องยนต์

4.1.9 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 4-1 แสดงการควบคุมการฉีดพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตัวตรวจจับสัญญาณ และหน้าที่

4.1.1 มาตรวัดการไหลของอากาศ ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของอากาศ แล้วส่งสัญญาณไปสู่ ECU เพื่อกำหนดเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด ซึ่งมาตราวัดการไหลของอากาศมีหลายแบบ ได้แก่

4.1.1.1 แบบแผ่นวัด

4.1.1.2 แบบออพติคัล

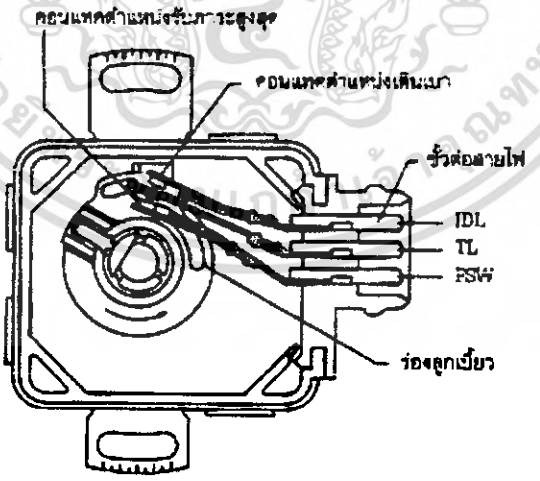
4.1.1.3 แบบขดลวดความร้อน

4.1.1.4 แบบแผ่นฟิล์มความร้อน

4.1.2 ตัวตรวจจับสุญญากาศ ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่ ECU เพื่อกำหนดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด การทำงานทำได้โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันในท่อร่วมไอดีแล้วจะมีผลทำให้แผ่นซิลิคอนบิดตัวทำให้ค่าความต้านทานของแผ่นซิลิคอนเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความดันอากาศ โดยจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำ เมื่อแรงดันในท่อร่วมไอดีต่ำ

4.2.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ทำหน้าที่ในการบอกตำแหน่งของลิ้นเร่งที่เปิดหรือปิดเพื่อเพิ่มหรือลดอัตราการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

4.2.3.1 แบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นจานกลมที่มีร่องโค้งเป็นลูกเบี้ยว มีแกนหมุนไปยังเพลาของลิ้นเร่ง และภายในของร่องลูกเบี้ยวจะมีส่วนปลายของหน้าสัมผัสขั้ว TL สอดอยู่เมื่อแผ่นจานหมุนลูกเบี้ยวจะบังคับให้แผ่นหน้าสัมผัสขั้ว TL เคลื่อนที่ขึ้นหรือลงต่อกับหน้าสัมผัสขั้ว IDL หรือ PSW

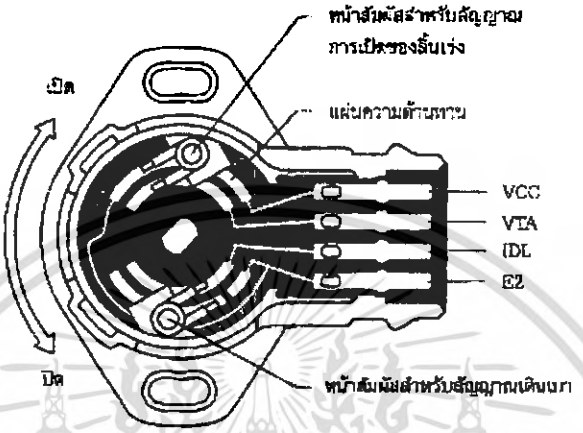


รูปที่ 4-2 โครงสร้างของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-2 เมื่อลิ้นเร่งเปิดขึ้นแผ่นจานจะหมุนทวนเข็มทำให้แผ่น TL เข้าใกล้แผ่น PSW มากขึ้น และกระแสไฟฟ้าก็จะแล่นเข้าแผ่น SPW เพิ่มขึ้น ECU ก็จะสามารถรู้ได้ว่าขณะนี้กำลังเร่งเครื่องอยู่

4.2.3.2 แบบเชิงเส้น ภายในจะประกอบด้วยแผ่นความต้านทาน ชุดหน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบา ชุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดของลิ้นเร่ง และแผ่นวงจร



รูปที่ 4-3 โครงสร้างของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

จากรูปที่ 4-3 ที่ตำแหน่งเดินเบาลิ้นเร่งจะปิด ชุดหน้าสัมผัสเดินเบาจะต่อวงจรระหว่างขั้ว IDL กับ E2 และชุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดของลิ้นเร่งจะต่อที่ปลายของแผ่นความต้านทานของขั้ว VVC กับ VTA ในตำแหน่งนี้ความต้านทานระหว่างขั้ว VCC กับ VTA จะมาก ซึ่งถ้าเป็นตำแหน่งเร่งผลก็จะกลับกัน โดยความต้านทานระหว่างขั้ว VCC กับ VTA จะลดลง

4.2.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ จะทำหน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น โดยถ้าน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิต่ำก็จะเพิ่มเวลาการฉีดให้มากขึ้น

4.2.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ จะทำหน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิอากาศ โดยถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงก็จะมีความหนาแน่นต่ำ มวลก็จะลดลงเมื่อเทียบกับปริมาตรเท่าเดิมทำให้อัตราส่วนผสมเกิน ดังนั้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูง ECU จะสั่งให้หัวฉีดจ่ายเชื้อเพลิงลดลง

4.2.5 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณออกซิเจนที่ท่อไอเสีย โดยอาศัยหลักการการเผาไหม้ในบทที่ 2 ที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ เมื่อมีออกซิเจนเหลือจากการเผาไหม้แสดงว่ามีการผสมที่บางเกินไปควรฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มเข้าไปอีก

4.3 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ECU

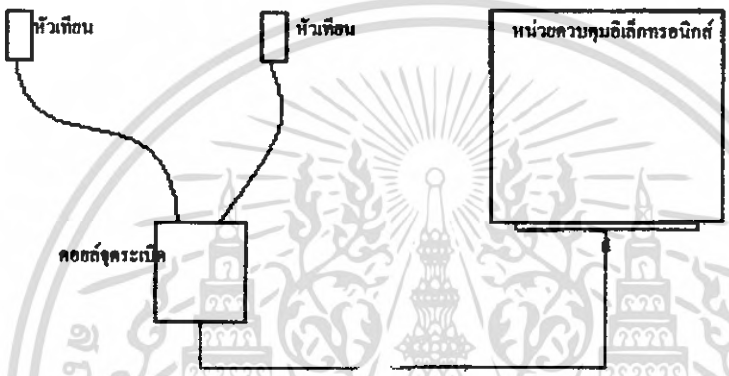
หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหลับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะทำงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการทำงานของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่อยู่เพียง 2 ประการคือ ควบคุมจังหวะการฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด

4.3.1 การควบคุมจังหวะการฉีด

ในระบบการจ่ายเชื้อเพลิงที่เราจัดสร้างขึ้นนั้นมีหลักการทำงานโดย น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดไปผสมกับอากาศในท่อไอดีเป็นจังหวะ ๆ โดยหัวฉีด 2 หัว จะทำการฉีดเชื้อเพลิง 1 ครั้งต่อการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 1 รอบ กล่าวคือ จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ครั้งต่อรอบการทำงานของเครื่องยนต์ 1 รอบ การเริ่มต้นการฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณการจุดระเบิดจากขั้วของคอยล์จุดระเบิด



รูปที่ 4-4 การส่งสัญญาณจุดระเบิด

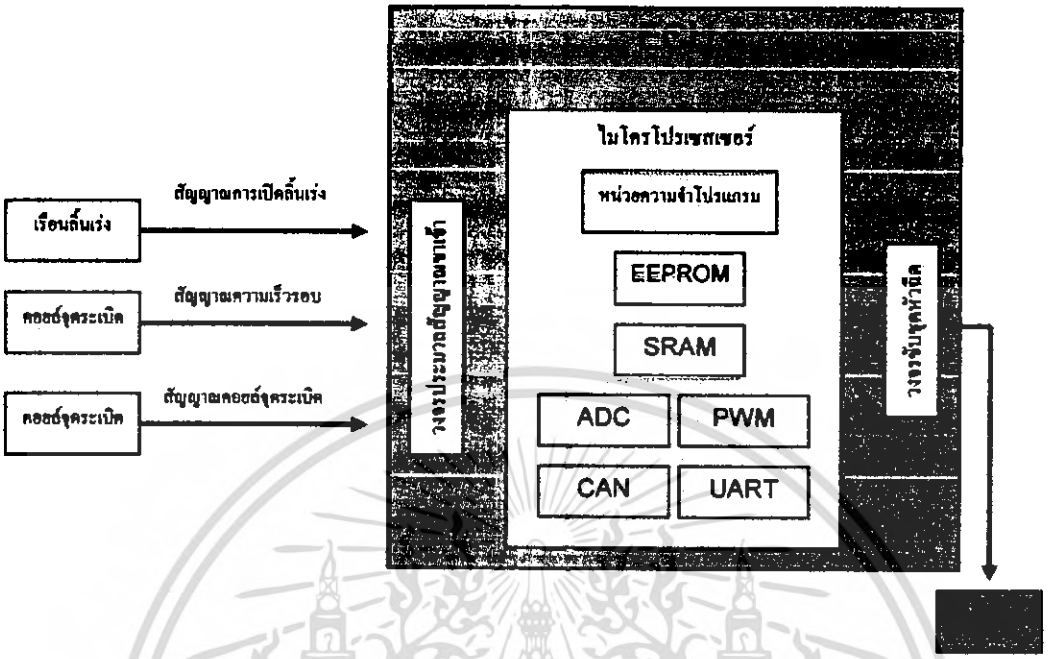
หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะคอยตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดซึ่งมีอยู่ 4 ครั้ง ต่อการหมุนของเครื่องยนต์ 2 รอบ โดยการจุดระเบิดทั้ง 4 ครั้งจะเป็นคำสั่งเริ่มการทำงานของหัวฉีด หัวฉีดจะทำการฉีดพร้อมกันทีละ 2 สูบต่อการจุดระเบิด 1 ครั้ง โดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดหรือการเปิด-ปิดวาล์วไอดี ในกรณีที่มีการฉีดในจังหวะที่ไม่ใช่จังหวะดูด จะไม่มีปัญหาเรื่องน้ำมันตกค้างในท่อไอดี เนื่องจาก 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ใช้เวลาน้อยมาก พร้อมทั้งบริเวณทางเข้าท่อไอดีมีความร้อนสูง ดังนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกไปก่อนก็จะถูกดูดเข้าไปในรอบต่อไป

4.4 ส่วนประกอบ และหลักการทำงานของ ECU ที่ใช้

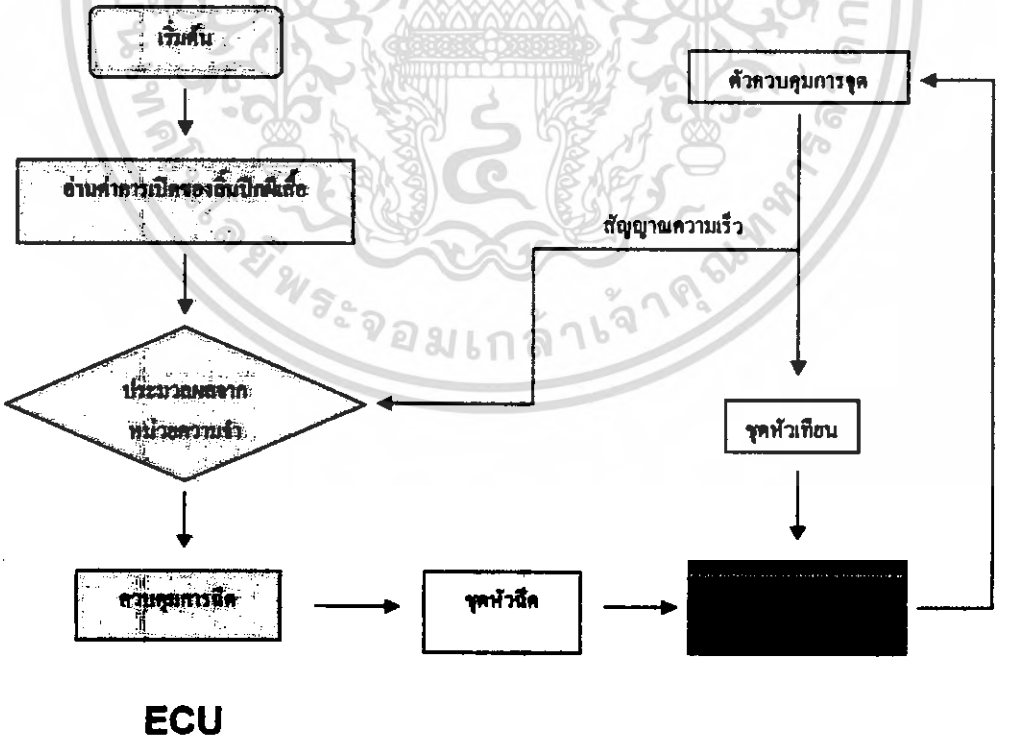
ส่วนประกอบภายใน ECU ที่ใช้ ได้แก่ ไมโครโปรเซสเซอร์ , วงจรประมวลสัญญาณขาเข้า และวงจรขับชุดหัวฉีด ซึ่งสัญญาณการเปิดลิ้นเร่ง , สัญญาณความเร็วรอบ และสัญญาณการจุดระเบิด จะเข้าสู่กล่อง ECU ทางวงจรประมวลสัญญาณขาเข้า จากนั้นจะถูกส่งเข้าไปประมวลผลโดยใช้หน่วยความจำที่เราทำการปรับแต่งระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงที่สภาวะต่าง ๆ ในไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อประมวลผลเสร็จไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะส่งสัญญาณไปยกชุดหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อประมวลผลเสร็จไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะส่งสัญญาณไปยกชุดหัวฉีด โดยผ่านวงจรขับชุดหัวฉีดดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 ส่วนประกอบภายใน ECU และการทำงานของ ECU



รูปที่ 4-6 การทำงานภายในของ ECU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-6 เป็นการแสดงการทำงานของ ECU ซึ่งจะเห็นได้ว่า ECU นั้นจะรับสัญญาณ 2 ค่าเพื่อมาใช้ในการประมวลผล เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของหัวฉีด ส่วนในการจุดระเบิดนั้นจะใช้สัญญาณจากกล่องควบคุมการจุดระเบิดที่ติดมากับตัวเครื่องยนต์เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สารมลพิษ

สารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้มีหลายชนิดที่เป็นสารที่มีอันตรายต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม แต่ปัจจุบันมีการใช้รถยนต์กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในรถยนต์นั้นจะเกิดสารมลพิษมากมาย ได้แก่ HC , CO และ NO_x

5.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้มีสารไฮโดรคาร์บอนปนอยู่ในไอเสีย ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน คือ

5.1.1 การผสมระหว่างเชื้อเพลิง และอากาศที่ไม่ทั่วถึง ทำให้เชื้อเพลิงบางส่วนไม่สามารถจับคู่กับออกซิเจนได้

5.1.2 เปลวไฟบริเวณผนังกระบอกสูบดับลง ทำให้เชื้อเพลิงบริเวณผนังกระบอกสูบไม่ถูกเผาไหม้

5.1.3 เปลวไปดับลงเนื่องจากการขยายตัวของก๊าซ ทั้งในขณะเกิดการเผาไหม้ และในจังหวะทำงานขณะลูกสูบเคลื่อนตัวลงจากศูนย์ตายบน ซึ่งการขยายตัวของก๊าซทำให้อุณหภูมิและความดันภายในกระบอกสูบลดลงทำให้การเผาไหม้ชะลอตัว และเปลวไฟดับลงในช่วงปลายของจังหวะทำงาน จึงเหลือเชื้อเพลิงบางส่วนที่ไม่ถูกเผาไหม้

5.1.4 ไอเสียตกค้างปริมาณสูงก็ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และทำให้เปลวไฟดับลงในช่วงที่ก๊าซขยายตัว สภาวะนี้มักจะเกิดขึ้นขณะโหลดต่ำหรือขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา การป้อนกลับไอเสียในปริมาณสูงก็ทำให้เกิดปัญหานี้เช่นเดียวกัน

5.1.5 มีช่องแคบในห้องเผาไหม้ เกิดขึ้นในจังหวะอัด และช่วงเริ่มต้นของการเผาไหม้ เนื่องจากอากาศ และเชื้อเพลิงภายใต้ความดันสูงจะแทรกเข้าไปในส่วนต่าง ๆ ของห้องเผาไหม้ ทำให้เชื้อเพลิงส่วนนี้ไม่ถูกเผาไหม้

5.1.6 การเปิดซ้อนกันของลิ้น ในช่วงที่ลิ้นไอดี และลิ้นไอเสียเปิดพร้อมกันไอดีสามารถไหลลัดผ่านลิ้นไอเสียไปสู่ท่อร่วมไอเสียได้ ซึ่งจะเกิดการรั่วแบบนี้มากที่รอบเดินเบา และที่ความเร็วต่ำเพราะมีช่วงเวลาที่ลิ้นเปิดซ้อนกันของลิ้นไอดี และลิ้นไอเสียค่อนข้างนาน

5.1.7 การตกค้างของน้ำมันเครื่อง และเขม่าที่ผนังห้องเผาไหม้ ทำให้ไอของน้ำมันเชื้อเพลิงแทรกเข้าไปในเนื้อของคราบสิ่งตกค้างที่ผนังของห้องเผาไหม้ ซึ่งปริมาณการแทรกซึมจะขึ้นอยู่กับความดันของก๊าซในกระบอกสูบ จึงมีค่าสูงสุดในช่วงปลายของจังหวะอัด และช่วงที่เกิดการเผาไหม้ เมื่อลิ้นไอเสียเปิด และความดันในกระบอกสูบลดลง ไอน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผนังกระบอกสูบนี้จึงถูกคายกลับออกมา แล้วเข้าไปร่วมกับไอเสีย ซึ่งจะผ่านออกมาทางท่อไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

จะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องยนต์ทำงานด้วยอัตราส่วนผสมที่หนา หรือมีความเข้มของเชื้อเพลิงสูง เช่น ขณะติดเครื่องยนต์ หรือเร่งเครื่องยนต์ขณะมีโหลด และถึงแม้เครื่องยนต์จะได้อัตราส่วนผสมที่พอดี หรือเจือจางก็อาจเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ ถ้าการคลุกเคล้าของอากาศกับเชื้อเพลิงไม่ดีพอ และเมื่อไม่มีออกซิเจนเพียงพอในการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงบางส่วนจึงไม่ถูกเผาไหม้ และทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์

คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่ได้เป็นสารพิษในไอเสียเท่านั้น การเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไป ดังสมการต่อไปนี้

$$CO + \tfrac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2 + \text{heat} \qquad (1)$$

5.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)

เกิดเนื่องจากการแตกตัวของ N_2 ในอากาศแล้วรวมตัวกับออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ โดยการแตกตัวของ N_2 จะเกิดขึ้นต่อเมื่อมีอุณหภูมิสูง (ประมาณ 2500 – 3000 °C ขึ้นไป) ซึ่งการที่มีส่วนผสมของเชื้อเพลิงพอดี หรือเจือจางนั้นจะทำให้ห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิที่สูง และมีออกซิเจนเหลือจากการเผาไหม้ จึงทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนมากที่สภาวะนี้

5.4 การบำบัดไอเสีย (After treatment)

เมื่อการเผาไหม้สันดาปสิ้นสุดลง สารประกอบในไอดีภายในกระบอกสูบที่ไม่ถูกเผาไหม้ จะทำปฏิกิริยาต่อในจังหวะทำงาน ในช่วงระบายไอเสีย และในช่วงคายไอเสียด้วย 90% ของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ถูกเผาไหม้ จะทำในปฏิกิริยาช่วงเวลานี้ ทั้งในกระบอกสูบส่วนที่ใกล้พอร์ทไอเสีย และภายในพอร์ทไอเสียก่อนถึงท่อร่วมไอเสีย คาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนจำนวนเล็กน้อย จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งช่วยลดปริมาณมลพิษในไอเสียได้ ยิ่งอุณหภูมิไอเสียสูงเท่าใด ก็จะยิ่งมีปฏิกิริยาช่วงที่สองนี้มากขึ้น และช่วยลดมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์ได้ การใช้ส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิงแบบสตอยคิโอเมตริก การความเร็วของเครื่องยนต์สูง การจุดระเบิดให้ล่าลง หรือการใช้อัตราการขยายตัวของก๊าซในกระบอกสูบให้ต่ำ ล้วนช่วยให้ไอเสียมีอุณหภูมิสูงขึ้น

การแปลงไอเสียด้วยความร้อน (Thermal Converters)

ปฏิกิริยาเคมีในช่วงที่สองเกิดขึ้นได้ง่ายและสมบูรณ์กว่า หากมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงมีอุปกรณ์แปลงสภาพไอเสียด้วยความร้อน (Thermal Converters) ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องความร้อนสูงสำหรับให้ไอเสียไหลผ่าน ความร้อนช่วยให้คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนในไอเสียทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

$$CO + \tfrac{1}{2} O_2 \quad \rightarrow \quad CO_2 \qquad (12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในอัตราที่เพียงพอที่อุณหภูมิ 700 °C

$$C_xH_y + z\,O_2 \rightarrow x\,CO_2 + \tfrac{1}{2}\,y\,H_2O \qquad (13)$$

โดย $z = X + \frac{1}{4}\,y$

การลดไฮโดรคาร์บอนด้วยปฏิกิริยานี้ให้ได้ผลต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 600°C เป็นเวลาอย่างน้อย 50 ms คอนเวอร์เตอร์นี้จึงต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอด้วย เพื่อให้มีเวลาในการทำปฏิกิริยาช่วงที่สองนี้ คอนเวอร์เตอร์ความร้อนของเครื่องยนต์จึง มีลักษณะเดียวกับท่อร่วมไอเสีย แต่ถูกขยายเพิ่มปริมาตร และติดตั้งอยู่ใกล้กับพอร์ทไอเสียที่สุด เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และรักษาอุณหภูมิของก๊าซให้สูงเพียงพอสำหรับทำปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

6.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

ใช้เครื่องยนต์ฮอนด้า รุ่น Super four CB400 เป็นเครื่องยนต์ 4 สูบ แบบแถวเรียง ขนาดความจุ 400 cc ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงเป็นแบบคาร์บูเรเตอร์ โดยมีจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ คือ 1-3-4-2

รูปที่ 6-1 เครื่องยนต์ฮอนด้า Super four CB400 cc

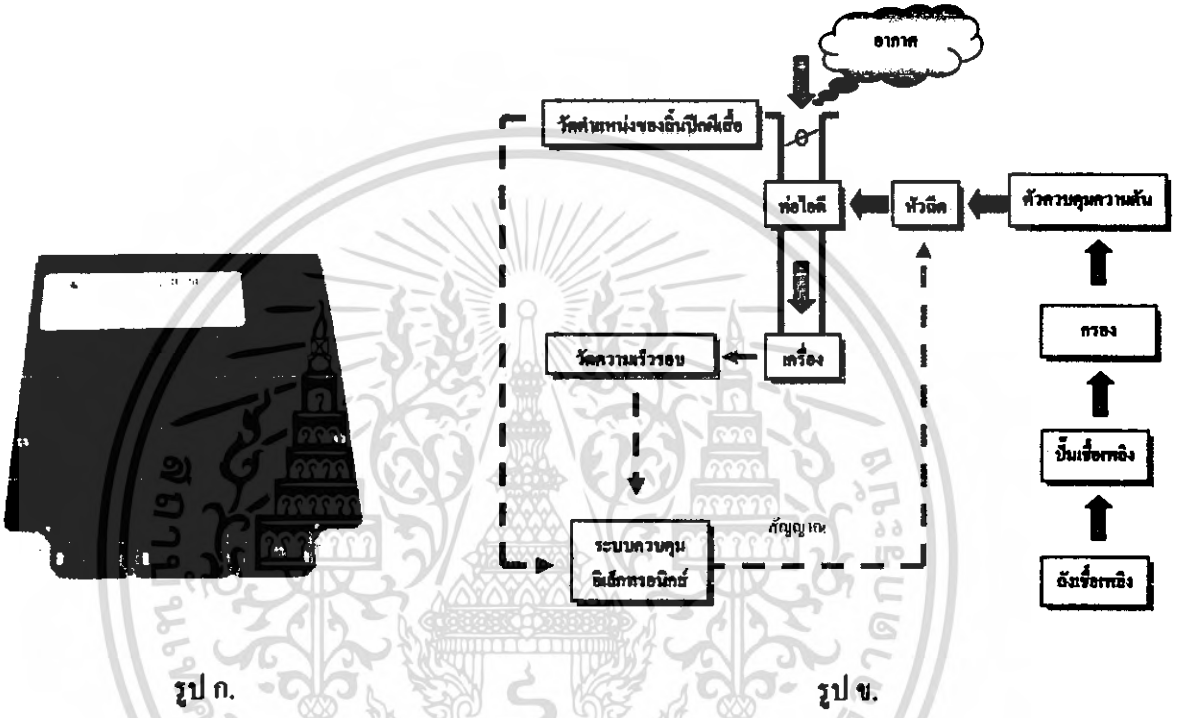
ตารางที่ 6-1 แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์

แบบเครื่องยนต์	4 สูบ DOHC. ระบายความร้อนด้วยน้ำ 4 วาล์วต่อหนึ่งสูบ(NC23E)	
ปริมาตรถูกสูบ	399 cc	
Bore x Stroke	55mm x 42mm	
ระบบส่งกำลัง	6 เกียร์ กับ โซ่	
	เกียร์	อัตราทด
	1	3.307
	2	2.294
	3	1.750
	4	1.421
	5	1.240
	6	1.130
Exhaust System	4 to 1	
Power	52 BHP@11000 rpm	
Torque	30 ft.lb(4kg.m)@9500 rpm	
Compression ratio	11.3 : 1	
Fuel system	Carburetor	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากต้องนำเครื่องยนต์มาพัฒนาระบบจ่ายเชื้อเพลิงให้เป็นระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจึงต้องมีการออกแบบ จัดทำ และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยส่วนประกอบที่ใช้ในระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ได้จัดทำขึ้นมีดังนี้

6.1.1 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่า ECU ซึ่งสนับสนุนโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)



รูป ก. รูป ข.

รูปที่ 6-2 ก. หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU)
ข. แผนภาพแสดงการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

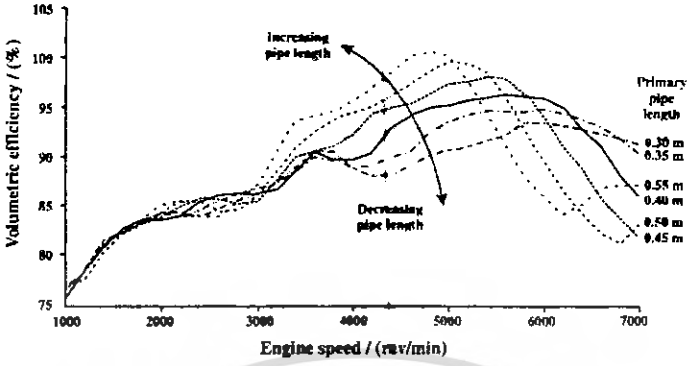
6.1.2 ระบบประจุอากาศ ได้มีการจัดสร้างท่อไอดี และหม้อพักไอดีเพื่อใช้ในการติดตั้งหัวฉีดและต่อท่อแรงดันในหม้อพักไอดีไปสู่ตัวควบคุมแรงดันในรางจ่ายเชื้อเพลิง ซึ่งความยาวของท่อไอดีได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความเหมาะต่อความเร็วของรอบเครื่องยนต์ที่ใช้ และความเร็วของเครื่องยนต์ที่ใช้จะใช้มากที่ประมาณ 5000 rpm ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\frac{(103)\times(12)\times v\times(60)}{(360)\times N\times 2} \quad (1)$$

โดยที่มีค่าคงที่ต่างๆ คือ 103 นั้นมาจาก 77 องศา ATDC ถึง BDC ค่า 12 นั้นคือการเปลี่ยนหน่วยฟุตเป็นนิ้ว ส่วน 360 นั้นคือการทำงานหนึ่งรอบเครื่องยนต์นั้นเท่ากับ 360 องศา และ 2 คือ การวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าออกเส้นทางของคลื่น ซึ่งจากสูตรแทนค่า รอบความเร็วที่ต้องการคือ 5000 รอบต่อนาที ก็จะได้ความยาวของทางเข้าไอดีก่อนเข้าห้องเผาไหม้ คือ 52.7 เซนติเมตร



รูปที่ 6-3 กราฟแสดงประสิทธิภาพอากาศที่ความยาวท่อต่าง ๆ

จากรูปที่ 6-3 จะได้ความยาวที่เหมาะสมคือ 0.50 ถึง 0.55 เซนติเมตร ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรมาก ในความเร็วรอบที่สูง

เนื่องจากท่อที่ออกมาจากหม้อพักไอดีมีความยาว 35 เซนติเมตร และยางที่ติดกับปากเครื่องมีความยาว 5 เซนติเมตร ดังนั้นต้องทำท่อไอดียาว 15 เซนติเมตร และเนื่องจากต้องการให้ความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้นเมื่อไหลผ่านท่อไอดี

เพื่อให้อากาศไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้มากขึ้นจึงทำเป็นท่อที่มีปลายท่อเล็กกว่าต้นท่อ ซึ่งหาความเร็วที่เพิ่มขึ้นของอากาศที่ไหลออกได้จากสมการ

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \qquad (2)$$

โดยให้ ปากทางออกมีขนาด 30.5 มิลลิเมตรและมีมุมเอียง 2°และท่อยาว 150 มิลลิเมตรจะได้ขนาดปากทางเข้า เท่ากับ

$$A_2 = A_1 + 150\tan 2^\circ$$

$$A_2 = 41$$

ดังนั้น หาความเร็วที่เพิ่มขึ้น

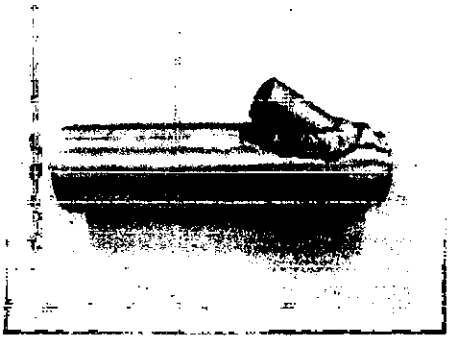
จาก

$$V_2 = \frac{V_1 A_1}{A_2}$$

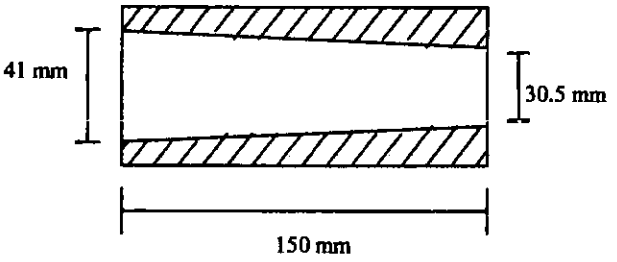
$$V_2 = 1.8V_1$$

ดังนั้นอากาศจะไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้เร็วขึ้น 1.8 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-4 ท่อไอดี

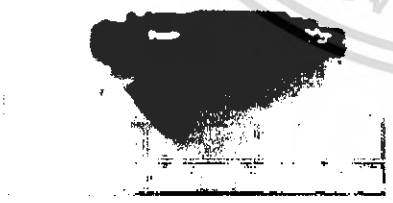


รูป ที่ 6-5 ภาพตัดเต็มของท่อไอดี

รูปที่ 6-6 หม้อพักไอดี และเรือนลิ้นปีกผีเสื้อ

6.1.3 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิง ได้จัดหาหัวฉีดที่มีขนาดเล็กพอเหมาะกับปริมาตรของกระบอกสูบ คือกระบอกสูบ 1 กระบอก มีปริมาตร 100 cc จึงเลือกใช้หัวฉีดของรถจักรยานยนต์ Honda wave 125i ซึ่งเป็นหัวฉีดที่ใช้กับกระบอกสูบที่มีปริมาตร 125 cc

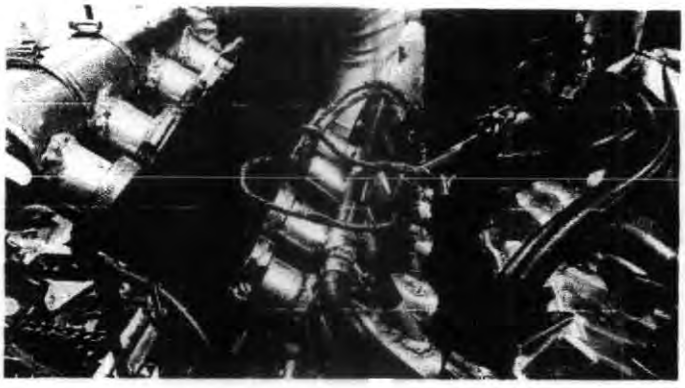
ตารางที่ 6-2 แสดงลายละเอียดหัวฉีด



รูปที่ 6-7 หัวฉีด Honda wave 125i

อัตราการฉีด (แบตเตอรี่ 12 v)	15 cc/10 s
ความดันที่ใช้	294 KPa
ความต้านทานไฟฟ้า	10.2-11.4 โอห์ม
ใช้จำนวน	4 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-8 แสดงการติดชุดจ่ายเชื้อเพลิง

6.2 อุปกรณ์วัดกำลัง และแรงบิด

ใช้ Chassis Dynamometer วัดกำลังจากล้อ ซึ่งผ่านระบบส่งกำลังแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับการออกแบบมา สามารถวัดได้หลายลักษณะ ทั้งกำลังสูงสุดและแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วต่างๆและสามารถกำหนดความเร็วให้คงที่ได้

รูปที่ 6-9 เครื่องแสดงผลของเครื่องวัดกำลังและแรงบิด

6.3 อุปกรณ์การวัดมลพิษในแก๊สไอเสีย

อุปกรณ์ตัวนี้ทำหน้าที่วัดปริมาณแก๊สพิษที่เหลือจากการเผาไหม้ในไอเสียของเครื่องยนต์ สามารถวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนออกไซด์ ค่าแลมด้า วัดปริมาณออกซิเจนในไอเสีย รูปที่ 6-10 เป็นภาพแสดงอุปกรณ์วัดแก๊สพิษในไอเสีย

เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียมีหลักการทำงานดังนี้คือทำการวิเคราะห์แก๊สไอเสียด้วยแสงอินฟราเรด แก๊สตัวอย่างหรือแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ที่ทำการวิเคราะห์จะถูกดูดมาจากท่อไอเสีย ของเครื่องยนต์เข้าสู่ตัวเครื่อง ด้วยหัวฉีดแก๊ส ผ่านไส้กรองและอุปกรณ์ดักน้ำแล้วไหลเข้าสู่ห้องวิเคราะห์ ที่ห้องนี้แสงอินฟราเรดจะส่องผ่านแก๊สไอเสียไปยังหัววัด เพื่อวัดความยาวคลื่นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงอินฟราเรด แก๊สต่างๆที่ปะปนอยู่ในไอเสียจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นที่ต่างกัน โมเลกุลของแก๊สที่มีจำนวนอะตอมเหมือนกัน ($H_2/N_2/O_2$) จะมีผลในการดูดกลืนแสงอินฟราเรด โมเลกุลของแก๊สที่มีจำนวนอะตอมต่างกัน จะดูดกลืนแสงอินฟาเรดที่มีความยาวคลื่นต่างกัน ความมากหรือน้อยของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดจะเป็นตัวแสดงจำนวนมากหรือน้อยของแก๊สชนิดนั้นๆ ที่ปะปนมากับไอเสีย

การวัดกระทำโดยนำส่วนปลายของ Probe สอดเข้าไปในท่อไอเสีย ส่วนปลายของ Probe จะต้องลึกกว่า 30 เซนติเมตร จากปลายของท่อไอเสีย เพื่อการวัดที่แม่นยำ โดยเครื่องจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าทุกๆ 1วินาที ซึ่งสามารถเก็บค่าและ พิมพ์ค่าด้วยตัวของมันเอง

รูปที่ 6-10 อุปกรณ์การวัดมลพิษในแก๊สไอเสีย

6.4 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนี้ทำโดยการจับเวลาเพื่อหามวลของเชื้อเพลิงที่หายไปในเวลา1 นาที แล้วนำไปหาอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงในหน่วย กิโลกรัมต่อวินาที

รูปที่ 6-11 อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 สภาวะการทดลอง

6.5.1 การทดสอบหากำลัง และแรงบิดสูงสุด โดยกำหนดให้ทำการทดสอบที่ความเร็วคงที่ตั้งแต่ 60 – 120 km/h และเหยียบคันเร่งสุด หลังจากนั้นบันทึกค่ากำลัง และแรงบิดสูงสุดในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ตารางที่ 6-3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่สภาวะลิ้นไอดีเปิดสุด

สภาวะที่	ความเร็ว (km/hr)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังเบรก (kW)	แรงบิด (kN)
1	60			
2	70			
3	80			
4	90			
5	100			
6	110			
7	120			

6.5.2 ทดสอบโดยกำหนดให้ความเร็วคงที่ที่ 50 , 60 และ 70 km/hr และกำหนดโหลดเป็น 6 สภาวะด้วยกัน ได้แก่ สภาวะโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกเท่ากับ 100 kPa , 300 kPa , 500 kPa , 700 kPa , 900 kPa และ 1000 kPa โดยการทดสอบจะทำการทดสอบทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด เพื่อนำค่าต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกัน และทำการวิเคราะห์ผลการทดลองของระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 2 ระบบ

ตารางที่ 6-4 สภาวะการทดลองที่ค่าความเร็วเท่ากับ 50 km/hr

สภาวะที่	ความดันเฉลี่ยเบรก (kPa)	กำลังเบรก (kW)	ความเร็ว (km/hr)
1	100	0.5	50
2	300	1.67	
3	500	2.78	
4	700	3.89	
5	900	5	
6	1000	4.88	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-5 สภาวะการทดลองที่ค่าความเร็วเท่ากับ 60 km/hr

สภาวะที่	ความดันเฉลี่ยเบรก (kPa)	กำลังเบรก (kW)	ความเร็ว (km/hr)
1	100	0.667	60
2	300	2.002	
3	500	3.337	
4	700	4.671	
5	900	6.006	
6	1000	5.95	

ตารางที่ 6-6 สภาวะการทดลองที่ค่าความเร็วเท่ากับ 70 km/hr

สภาวะที่	ความดันเฉลี่ยเบรก (kPa)	กำลังเบรก (kW)	ความเร็ว (km/hr)
1	100	0.779	70
2	300	2.336	
3	500	3.893	
4	700	5.45	
5	900	7.007	
6	1000	6.94	

โดยก่อนทำการทดลองจะทำการอุ่นเครื่องยนต์โดยการให้เครื่องยนต์เดินเบาเป็นเวลา 15 นาที เมื่อเริ่มทำการทดลองจะทำการเร่งเครื่องให้ถึงสภาวะที่กำหนด จากนั้นคงสภาวะนั้นไว้ให้ค่าต่าง ๆ อยู่ในสภาวะที่คงที่ จึงเริ่มบันทึกค่าแล้วปล่อยให้เครื่องยนต์กลับสู่สภาวะเดินเบาสักครู่ก่อนที่จะทำการทดลองในสภาวะถัดไป โดยทำการทดลองในทุกสภาวะจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6 วิธีการทดลอง

6.6.1 นำรถ และอุปกรณ์ต่าง ๆ มาติดตั้งบนแท่นทดสอบพร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอุปกรณ์วัดปริมาณมลพิษ

6.6.2 ทำการทดสอบตามสภาวะการทดสอบต่าง ๆ โดยใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ แล้วทำการบันทึกค่า

6.6.3 ทำการทดสอบตามสภาวะการทดสอบต่าง ๆ โดยใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด แล้วทำการบันทึกค่า

6.6.4 นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าทางด้านสมรรถนะ แล้วนำไปเขียนกราฟ

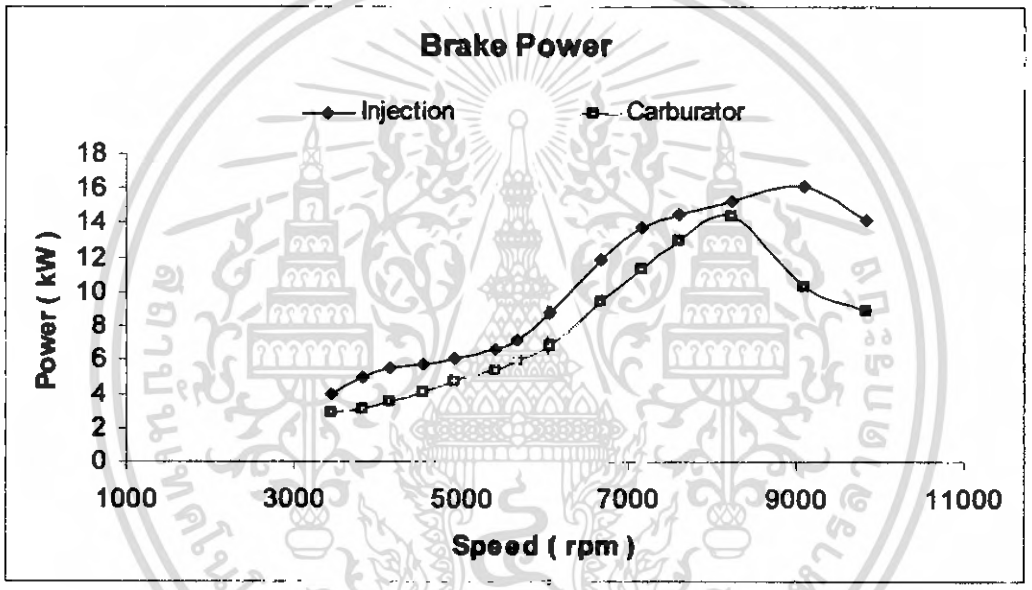
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

จากการออกแบบระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดเพื่อใช้แทนระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์นั้นได้ทำการทดสอบโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็นการศึกษา และการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้มีกำลัง และแรงบิดที่ดีขึ้นกว่าเดิมจากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงว่าประหยัดเชื้อเพลิงกว่าระบบเดิมมากน้อยเพียงใด จากนั้นทำการทดสอบปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นแล้วทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งผลที่ได้มีดังนี้

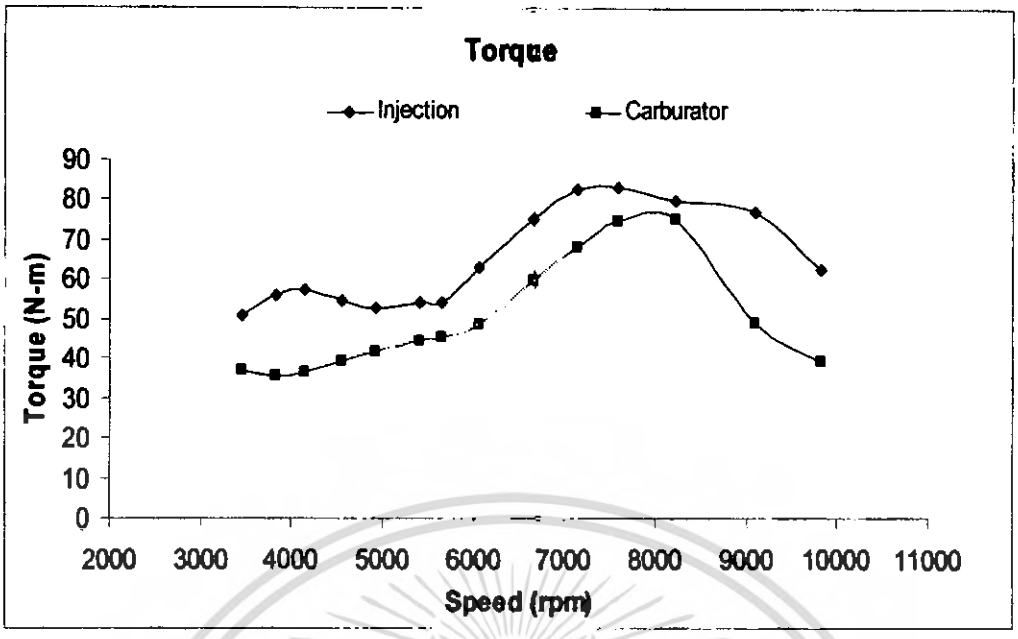
ผลการทดสอบด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์



รูปที่ 7-1 กราฟแสดงค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์

จากรูปที่ 7-1 และ 7-2 จะเห็นได้ว่ากำลัง และแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะสูงกว่าทุกความเร็วรอบโดยมีกำลัง และแรงบิดสูงกว่าประมาณ 33.73 % เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์

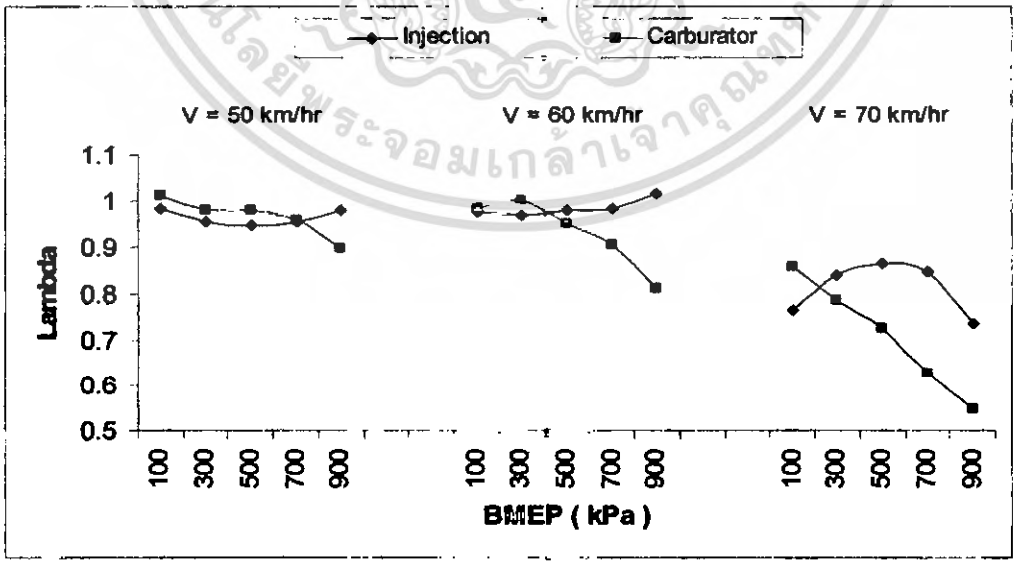
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-2 กราฟแสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์

ค่าแลมด้า (Lambda or Relative air - fuel ratio)

เนื่องจากระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบเดิมนั้น มีการสั่งจ่ายเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงต่ออากาศไม่แน่นอน ซึ่งในช่วงความเร็ว 60-70 Km/hr และที่โหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงจะมีค่าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงต่ออากาศที่สูง (ส่วนผสมหนา) ค่าLambdaต่ำ เมื่อเทียบกับระบบใหม่ ดังรูปที่ 7-3 ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด

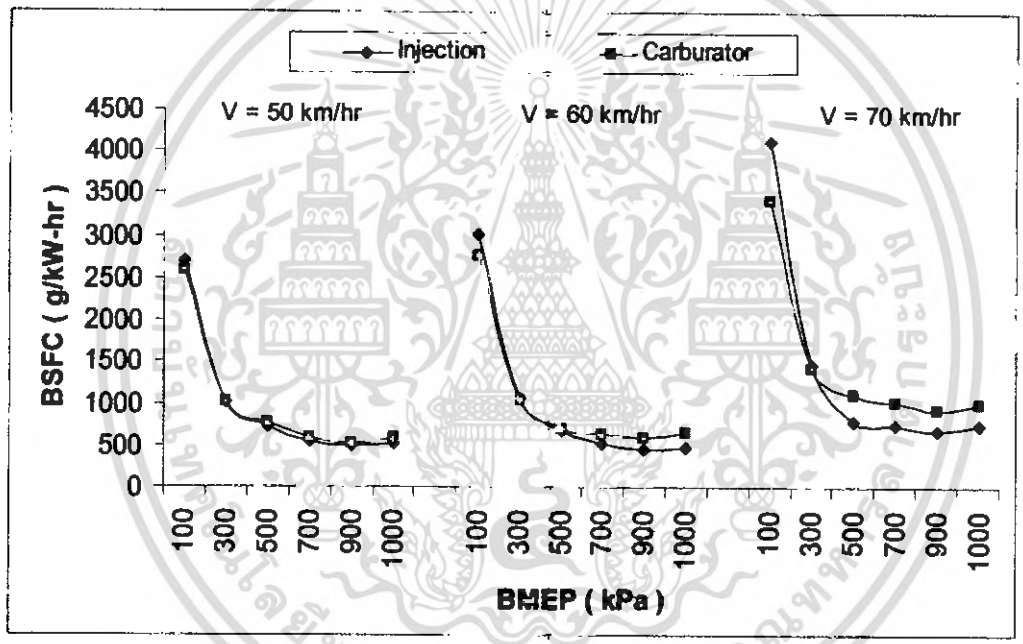


รูปที่ 7-3 กราฟแสดงค่า Lambda ที่ได้จากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก</u> (Brake Specific Fuel Consumption)

จากรูปที่ 7-4 จะเห็นได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะต่ำกว่าเมื่อมีโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 300 kPa ในทุกความเร็วโดยที่ความเร็วเท่ากับ 50 , 60 และ 70 km/hr มีค่าความสิ้นเปลืองต่ำกว่าประมาณ 7.25% , 18.19% และ 27.52% ตามลำดับ แต่ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดนั้นจะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงกว่า เมื่อมีโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกต่ำกว่า 300 kPa (สิ้นเปลืองกว่าประมาณ 4 – 20 %)ในทุกความเร็ว เนื่องมาจากมีการปรับแต่งระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้นานขึ้นในช่วงโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกต่ำกว่า 300 kPa เพื่อให้เครื่องยนต์มีการตอบสนองต่อการเร่งที่ดีขึ้น เพราะในขณะที่เร่งความเร็วนั้นเครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศที่หนากว่าปกติ

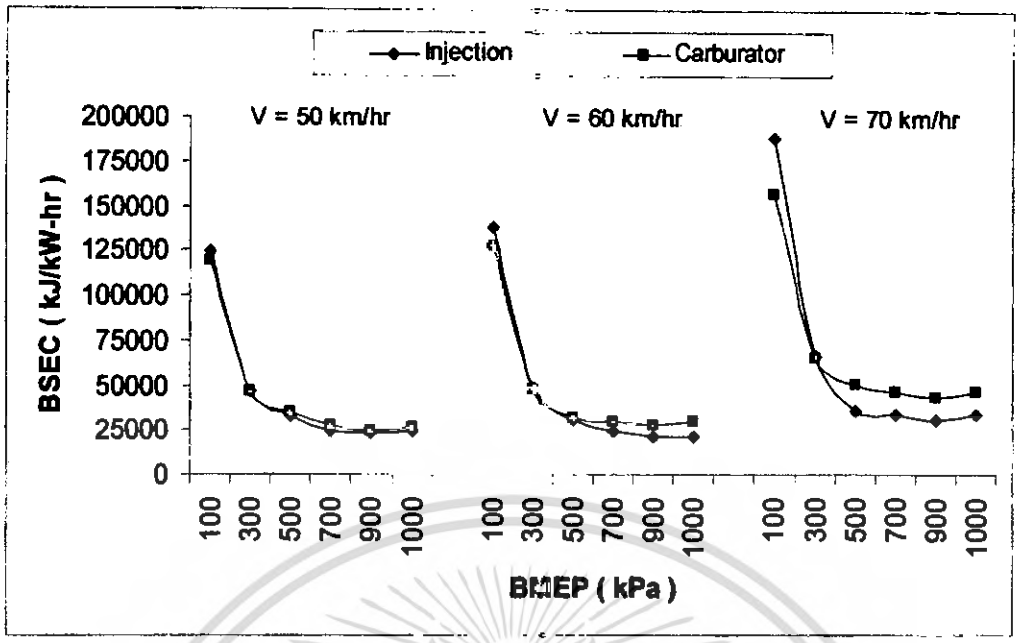


รูปที่ 7-4 กราฟแสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

<u>ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก</u> (Brake Specific Energy Consumption)

ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดนั้นจะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะ (รูปที่ 7-5) ต่ำสุดที่ความเร็วเท่า 60 km/hr และมีโหลดสูงกว่า 300 kPa ขึ้นไป เนื่องมาจากการออกแบบท่อไอดีที่เหมาะสมกับความเร็วที่ความเร็ว 60 km/hr (ประมาณ 5000 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

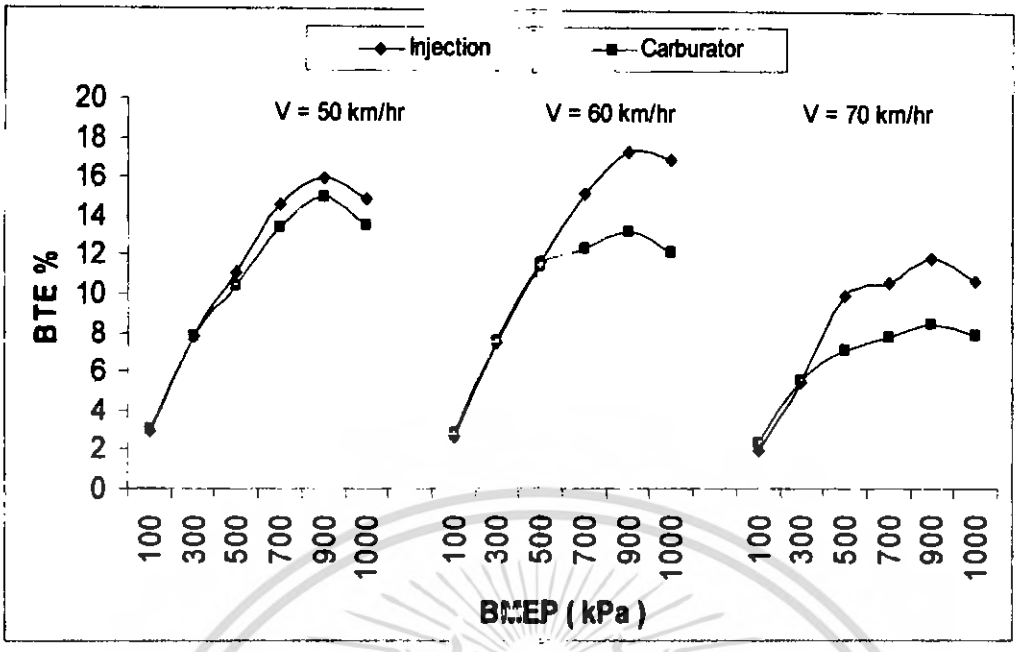


รูปที่ 7-5 กราฟแสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency)

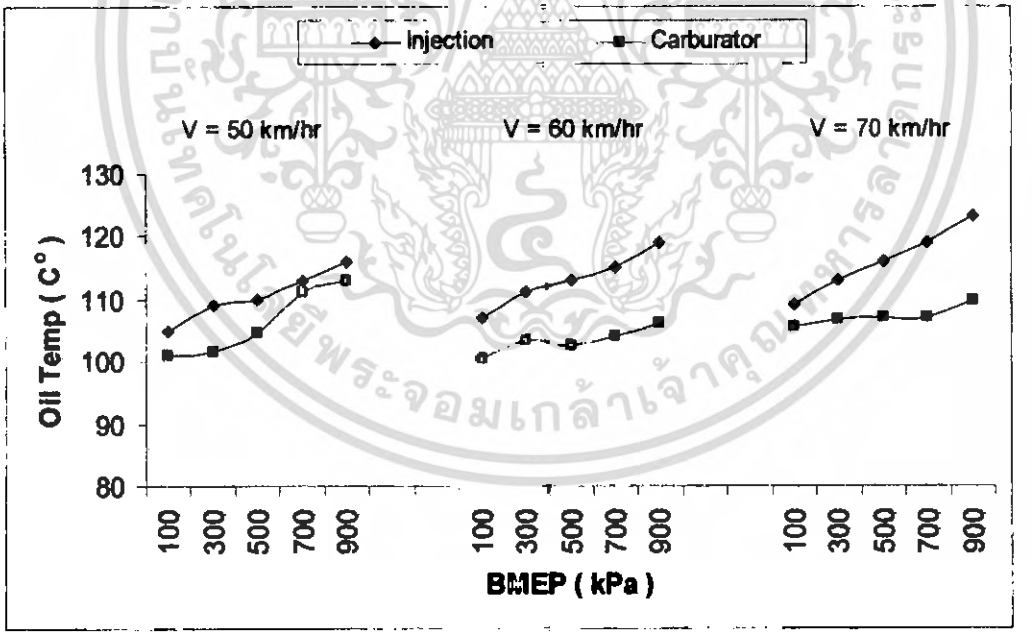
ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ในรูปที่ 7-6 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นจากเดิมเมื่อใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด และเมื่อความเร็วสูงขึ้น (ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มากขึ้น) ที่โหลดสูงขึ้นค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 50 km/hr เป็น 60 km/hr แต่จะตกลงเมื่อความเร็วเป็น 70 km/hr ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีค่าสูงกว่าระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ เมื่อมีโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 300 kPa ที่ความเร็ว 50 km/hr และ 70 km/hr โดยมีค่าสูงกว่าประมาณ 0.63 – 1.35% และ 2.82 -3.38% ตามลำดับ แต่ที่ความเร็ว 60 km/hr ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีค่าสูงกว่าระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อมีโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 500 kPa และมีค่าสูงกว่าประมาณ 0.26 -4.74%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



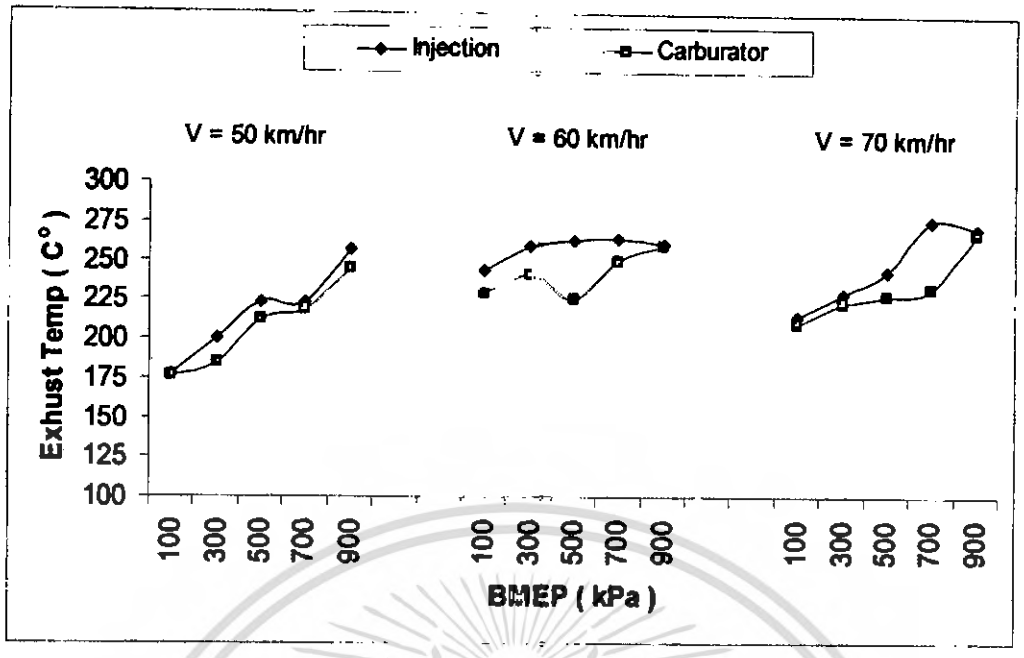
รูปที่ 7-6 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และอุณหภูมิไอเสีย (Exhaust and Oil temperature)



รูปที่ 7-7 กราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-8 กราฟแสดงอุณหภูมิของไอเสียของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

จากรูปที่ 7-7 และรูปที่ 7-8 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง และอุณหภูมิของไอเสีย ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดทุกสถานะ เนื่องมาจากเชื้อเพลิงที่ได้จากระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดนั้นจะมีการกระจาย และคลุกเคล้ากับอากาศได้ดีกว่าทำให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าเมื่อเทียบกับระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์

ผลด้านมลพิษ

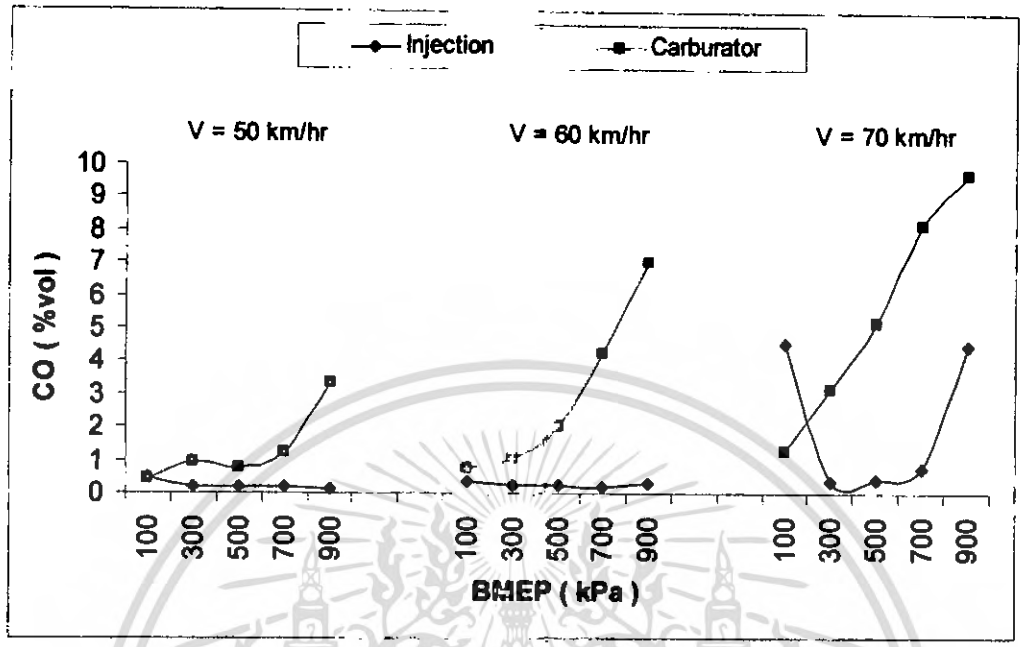
ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงทั้ง 2 ระบบ ซึ่งได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนออกไซด์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันทั้งสองระบบ ผลที่ได้จากกราฟแสดงดังรูปที่ 7-9 ถึง 7-12

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

โดยปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดมีปริมาณน้อยกว่าระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ ตั้งแต่ที่สภาวะโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 200 kPa ในทุก ๆ ความเร็วที่ทำการทดสอบ เนื่องมาจากการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดนั้นจะมีการฉีดเชื้อเพลิงเป็นละอองทำให้เชื้อเพลิงมีการกระจาย และ

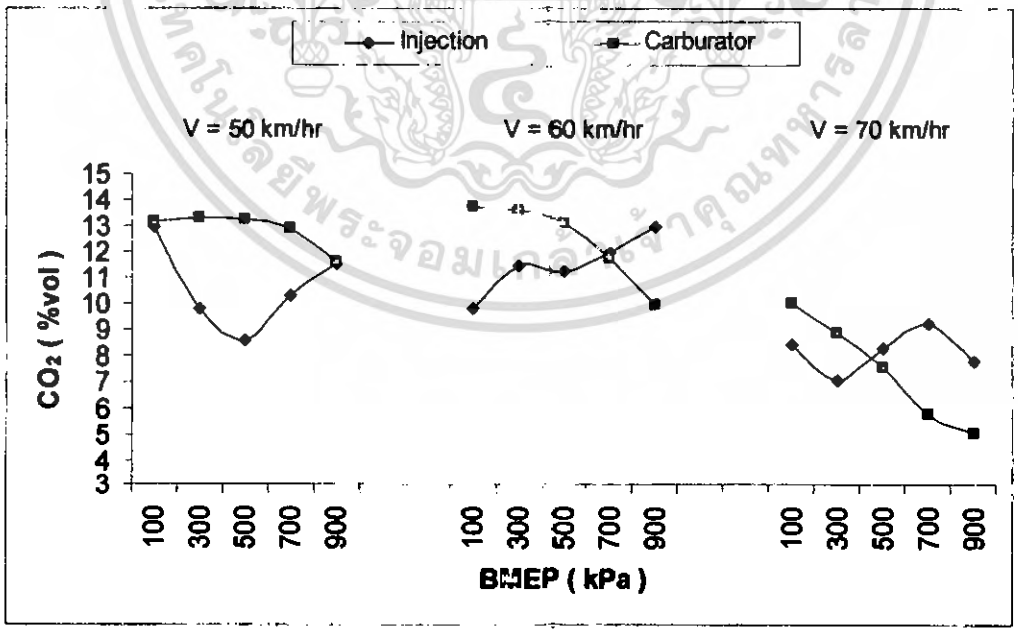
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลุกเคล้ากับอากาศได้ดีกว่าระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า



รูปที่ 7-9 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่างๆ

<u>คาร์บอนไดออกไซด์</u> (CO_2)

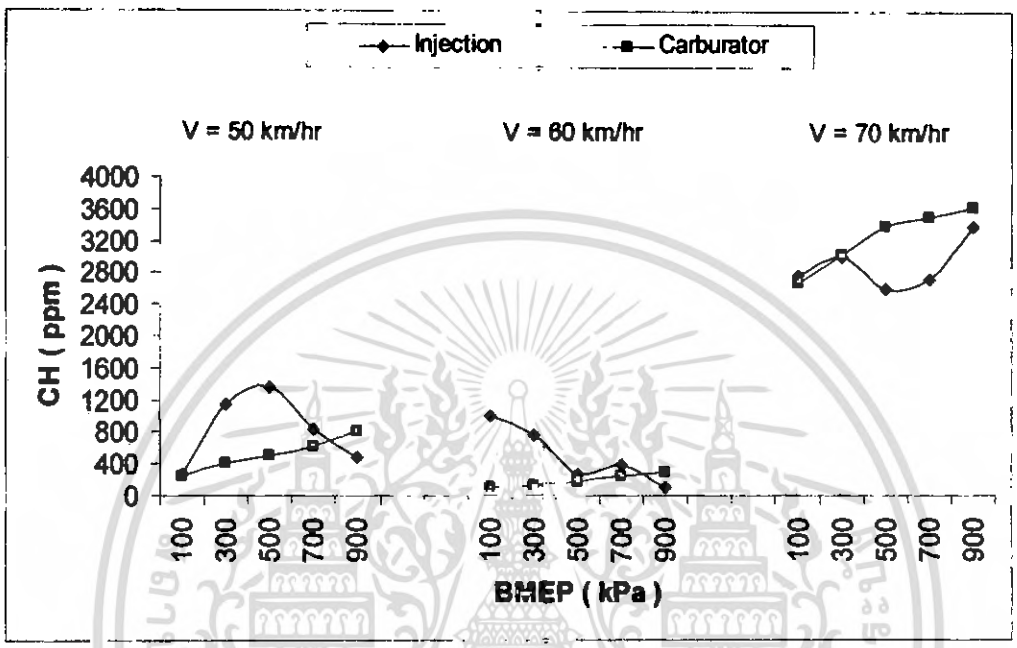


รูปที่ 7-10 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7-10 จะเห็นว่าประมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีค่ามากกว่าที่สภาวะโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 400 kPa ที่ความเร็ว 70 km/hr และที่สภาวะโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 700 kPa ที่ความเร็ว 60 km/hr

ไฮโดรคาร์บอน (HC)

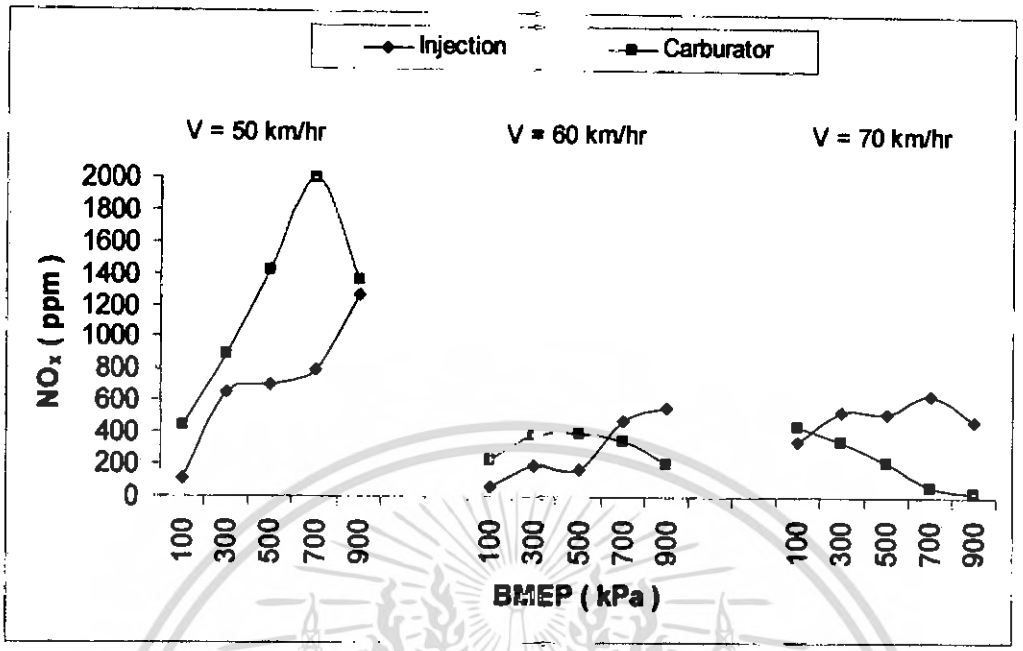


รูปที่ 7-11 กราฟแสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

ที่ความเร็ว 50 และ 60 km/hr ที่สภาวะโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 800 kPa ปริมาณของไฮโดรคาร์บอนในไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์จะมีปริมาณน้อยกว่าระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด เนื่องมาจากลักษณะการฉีดของหัวฉีดซึ่งควบคุมโดย ECU เป็นการฉีดแบบคู่ ซึ่งก็คือมีการฉีด 2 ครั้งในการทำงานของเครื่องยนต์ 1 รอบ ทำให้มีการฉีด 1 รอบที่ไม่เข้าไปในห้องเผาไหม้ในทันที และผ่านไปสู่ท่อไอเสียเลยโดยไม่ได้รับการเผาไหม้ในช่วงจังหวะที่ช่องไอดีกับไอเสียเปิดพร้อมกัน โดยที่ความเร็วรอบต่ำ (ความเร็ว 50 – 60 km/hr) ระยะเวลาในการเปิดพร้อมกันของท่อทั้งสองจะนานกว่าที่ความเร็วรอบสูง (ความเร็ว 70 km/hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)



รูปที่ 7-12 กราฟแสดงปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่างๆ

จากรูปที่ 7-12 สังเกตได้ว่าปริมาณของไนโตรเจนออกไซด์จะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่ออยู่ที่สภาวะโหลดที่สูงขึ้นเมื่อใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด เพราะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เกิดอุณหภูมิสูงทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์มาก แต่ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์จะพบว่าปริมาณไนโตรเจนออกไซด์จะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ที่สภาวะโหลดสูงขึ้นที่ความเร็ว 60 และ 70 km/hr เนื่องมาจากมีการจ่ายเชื้อเพลิงที่หนาในช่วงโหลดต่ำทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ไม่หมด และมีการระบายความร้อนโดยเชื้อเพลิงที่เหลือทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ไม่สูงมาก จึงทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ในจำนวนที่ลดลง แต่ที่ความเร็ว 50 km/hr จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการจ่ายเชื้อเพลิงบางหรือพอดีกับอากาศ (สังเกต และเปรียบเทียบกับค่า Lambda มากกว่าหรือเข้าใกล้ 1 ค่าปริมาณของ NO_x จะสูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดมาใช้ในเครื่องยนต์ขนาดเล็กแทนระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ทำให้สามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และทำให้ประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

จากการทดลองสรุปผลดังนี้

1. ผลทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีสมรรถนะทางด้านแรงบิด และกำลังสูงขึ้นจากเดิม 33.73%

2. ที่โหลดการใช้งานปกติระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด (ที่ค่าความดันเฉลี่ยเบรกเท่ากับ 300 kPa) จะมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่าประมาณ 7.25 – 27.52% (ขึ้นอยู่กับความเร็ว และโหลดที่ใช้)

3. ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีค่าสูงกว่าระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อโหลดมีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 300 kPa ที่ความเร็ว 50 km/hr และ 70 km/hr โดยมีค่าสูงกว่าประมาณ 0.63 – 1.35% และ 2.82 -3.38% ตามลำดับ แต่ที่ความเร็ว 60 km/hr ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะมีค่าสูงกว่าเมื่อมีโหลดที่มีค่าความดันเฉลี่ยเบรกสูงกว่า 500 kPa และมีค่าสูงกว่าประมาณ 0.26 -4.74%

4. ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะทำให้เกิดการคลุกเคล้าระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศได้ดีกว่าระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ทำให้ได้พลังงานจากการเผาไหม้มากกว่าในอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่เท่ากัน (สังเกตจากค่า BSFC และ BTE)

5. การใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดสามารถลดปริมาณ CO ได้ถึง 56 – 96% (ที่ความเร็ว 60 km/hr) ส่วนค่า HC จะเพิ่มขึ้นที่ความเร็ว 50 และ60 km/hr เนื่องมาจากมี HC ผ่านสู่ท่อไอเสียโดยไม่ได้เผาไหม้ในช่วงที่วาล์วไอดี และไอเสียเปิดพร้อมกัน แต่ที่ความเร็ว 70 km/hr HC ลดลงประมาณ 8 – 23% และค่าของ NO_x ที่ ความเร็ว 50 km/hr จะมีปริมาณลดลง 8 – 65% แต่ที่ความเร็ว 60 – 70 km/hr จะมีค่าใกล้เคียงกัน

8.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำวิจัยการสร้างระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจะพบว่าการควบคุมของกล่อง ECU ยังไม่สมบูรณ์ และขาดตัวตรวจจับหลายชนิด อีกทั้งข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยนี้สามารถหาได้ยากมาก เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ เป็นข้อมูลที่ทางบริษัทรถยนต์เป็นผู้คิดค้นจึงไม่ค่อยมีการเผยแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมามากนัก และหนังสือที่มีข้อมูลเรื่องเหล่านี้เป็นหนังสือเฉพาะทางของต่างประเทศ ซึ่งในประเทศไทยหาได้ยาก และมีราคาสูงมาก ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการทำการศึกษาการจัดสร้าง ECU เพิ่มเติมในระยะยาวเพื่อพัฒนาความสามารถของ ECU ให้เพิ่มมากยิ่งขึ้น

2. ห้องสมุดควรมีการจัดหาหนังสือที่เกี่ยวกับความรู้เฉพาะทางเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1.] นพดล เวชวิฐาน , ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

[2.] V Ganesan . Internal Combustion Engine 2nd Ed Internal Edition . McGraw-Hill :Singapore,2004

[3.] Desmond E. Winterbone and Richard J. Pearson Theory of engine manifold design , Professional Engineering Pub, c2002,Lond

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. ข้อมูล และการใช้กล่อง ECU

ข. ค่าที่ได้จากการทดลอง

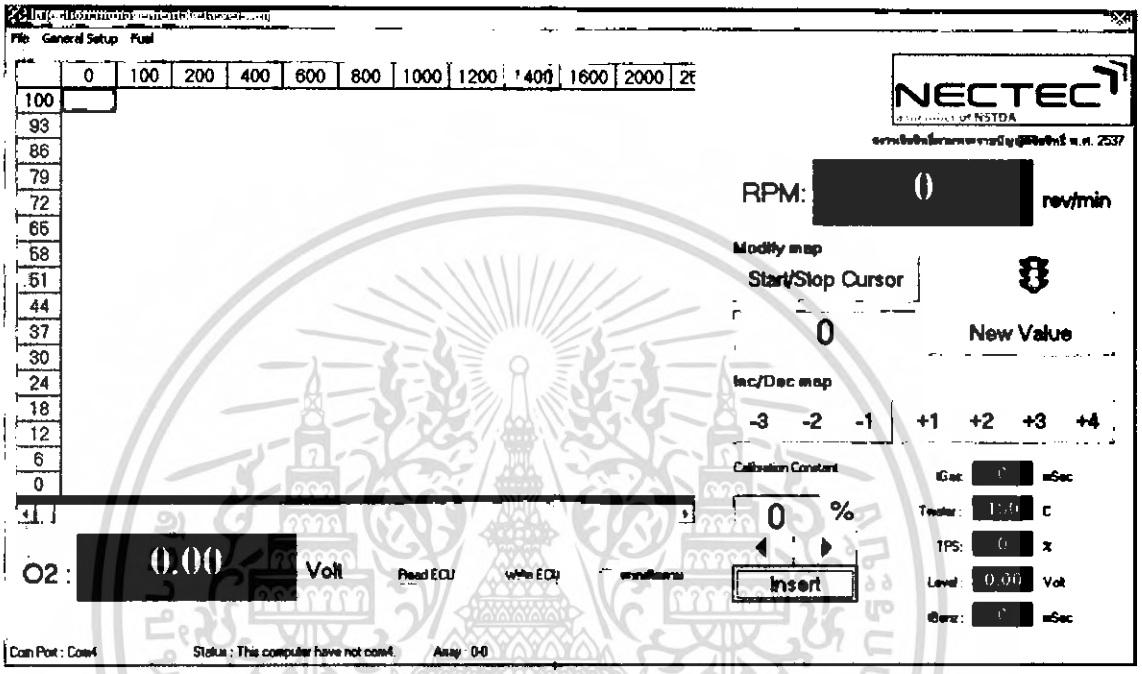
ค. การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน จากท่อไอเสียของรถยนต์ และรถจักรยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ข้อมูล และการใช้กล่อง ECU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

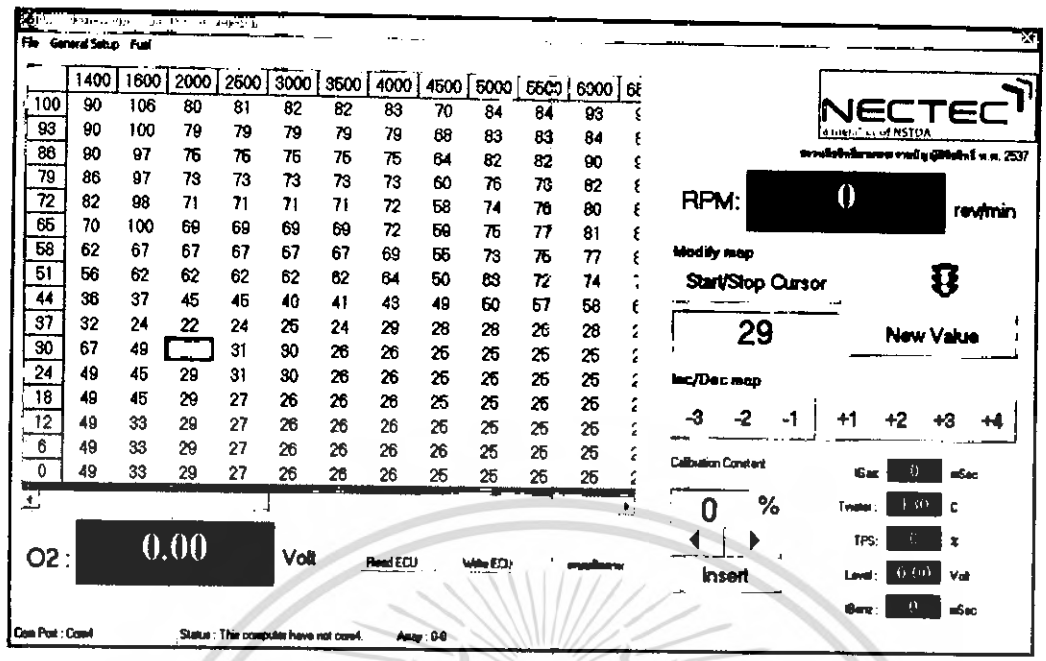
กล่อง ECU กล่องนี้ได้รับสนับสนุนโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซึ่งมีหลักการทำงาน ดังภาพที่ 6-2 ข. โดย กล่อง ECU จะรับสัญญาณเริ่มการฉีดเชื้อเพลิงจากการจ่ายไฟเข้าหัวเทียน (ตามรอบการจุดระเบิด) ของกล่องควบคุมการจุดระเบิด และสัญญาณจากตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ เพื่อมาทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง



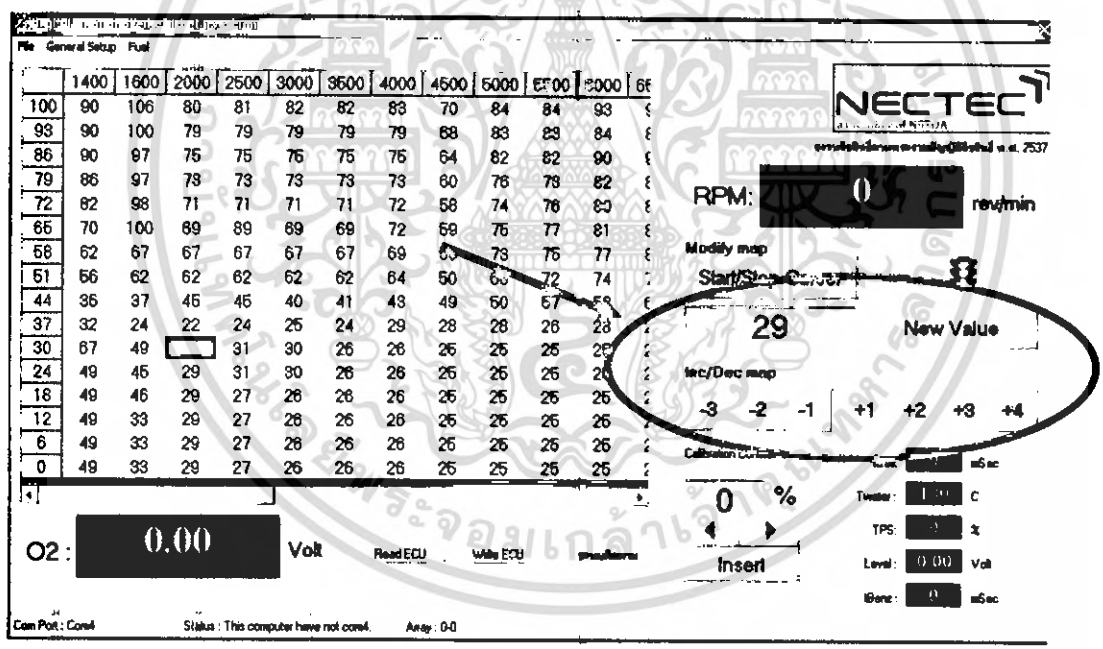
รูปที่ ก-1 โปรแกรมการปรับแต่งการจ่ายเชื้อเพลิง

ในการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดนั้นจะใช้ตาราง ดังภาพที่ ก-1 ในการการสั่งฉีดเชื้อเพลิง โดยแกนแนวนอนจะเป็นแกนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ส่วนแกนแนวตั้งจะเป็นเปอร์เซ็นต์การเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อ ตัวอย่างเช่นเมื่อมีการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ 30% และความเร็วรอบอยู่ที่ 2000 รอบต่อวินาที ดังภาพที่ ก-2 ค่าที่หัวฉีดหัวฉีดจะทำการฉีดก็คือ 2.9 msec ต่อรอบของเครื่องยนต์ เราสามารถปรับตั้งค่าการฉีดได้โดยใช้คำสั่ง start/stop จากนั้นใช้เมาส์คลิ๊กเลือกตำแหน่งที่จะทำการแก้ไข โดยพิมพ์ค่าที่ช่องข้างซ้ายของปุ่ม New Value แล้วคลิ๊กที่ปุ่ม New Value หรือสามารถสั่งลด หรือเพิ่มระยะการฉีดโดยคลิ๊กที่ปุ่ม -3 , -2 , -1 , +1 , +2 , +3 และ +4 ดังภาพที่ ก-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



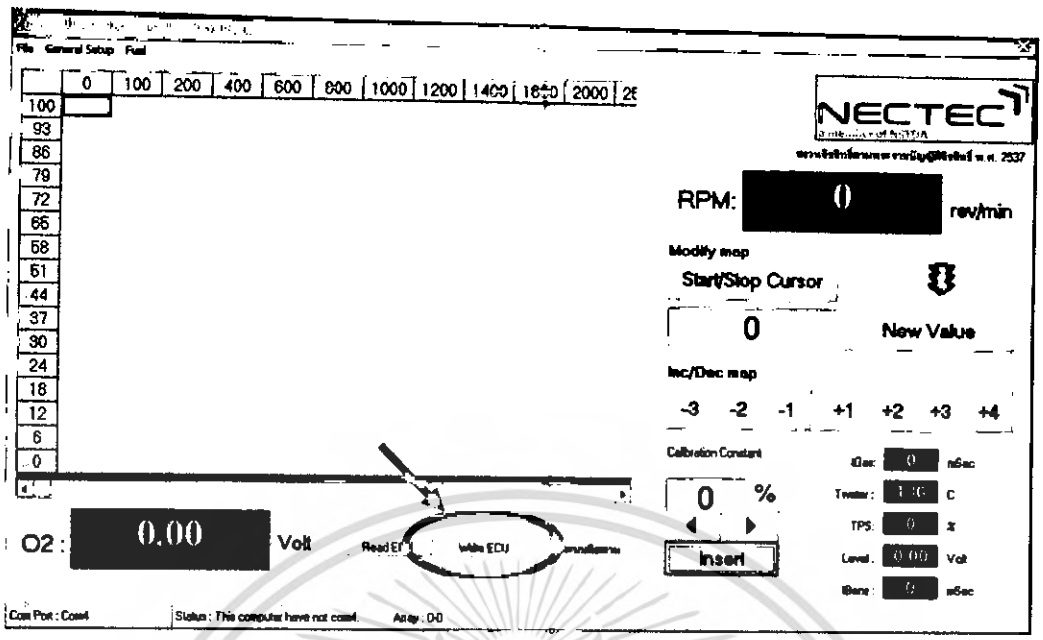
รูปที่ ก-2 แสดงการทำงานของโปรแกรม



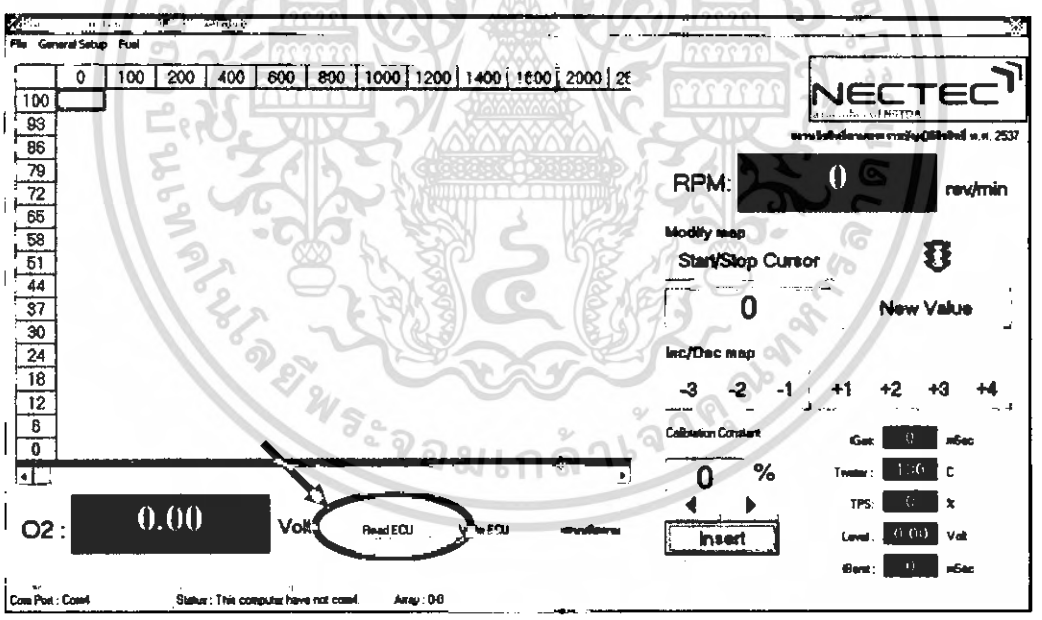
รูปที่ ก-3 แสดงการปรับตั้งเวลาการฉีด

เมื่อเราตั้งค่าต่าง ๆ แล้วเราจะต้องคลิ๊กที่ปุ่ม Write ECU ทุกครั้ง (ดูที่รูปที่ ก-4) เพื่อให้ ECU บันทึกค่าต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ลงในหน่วยความจำของกล่อง ECU และถ้าเราต้องการใช้ข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของ ECU เราสามารถเรียกข้อมูลเหล่านั้นมาโดยใช้คำสั่ง Read ECU ดังรูปที่ ก-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



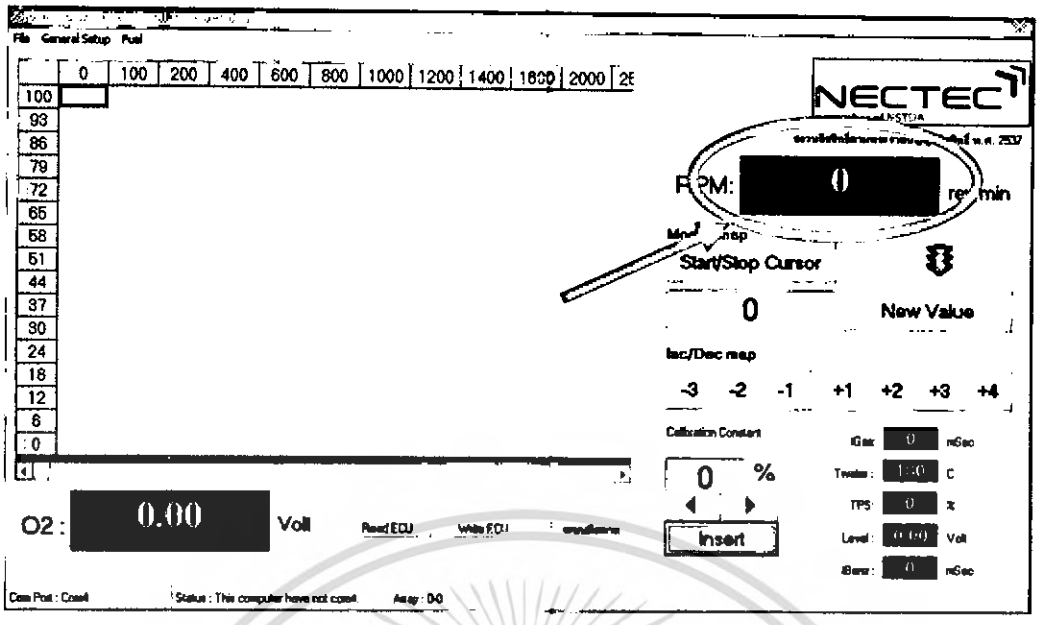
รูปที่ ก-4 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Write ECU



รูปที่ ก-5 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Read ECU

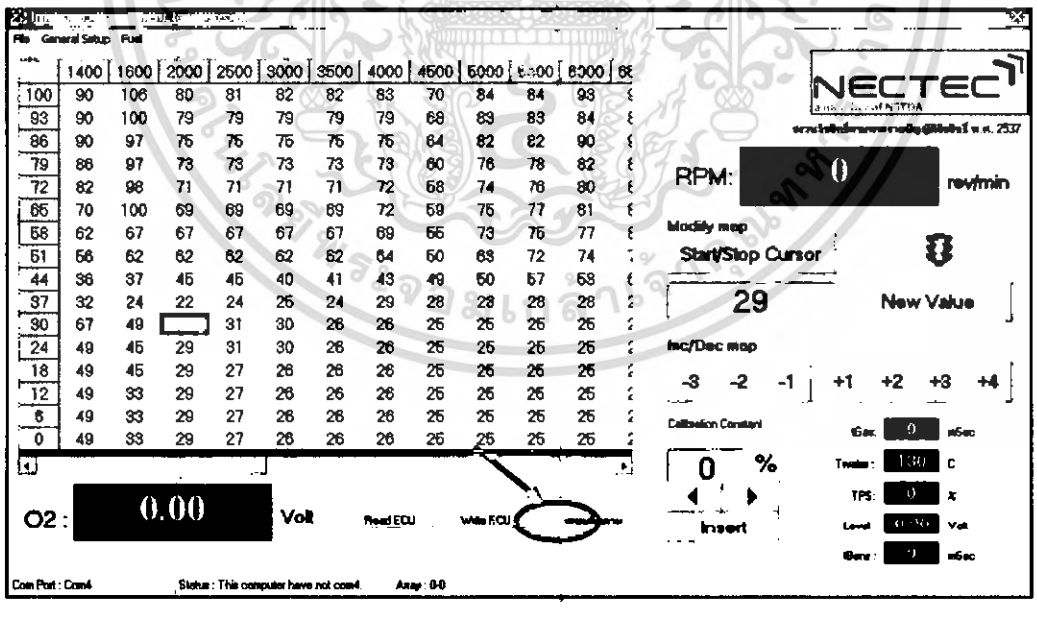
นอกจากนี้โปรแกรมนี้ยังสามารถแสดงค่าของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย โดยจะแสดงค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ออกมาเป็นหน่วยรอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



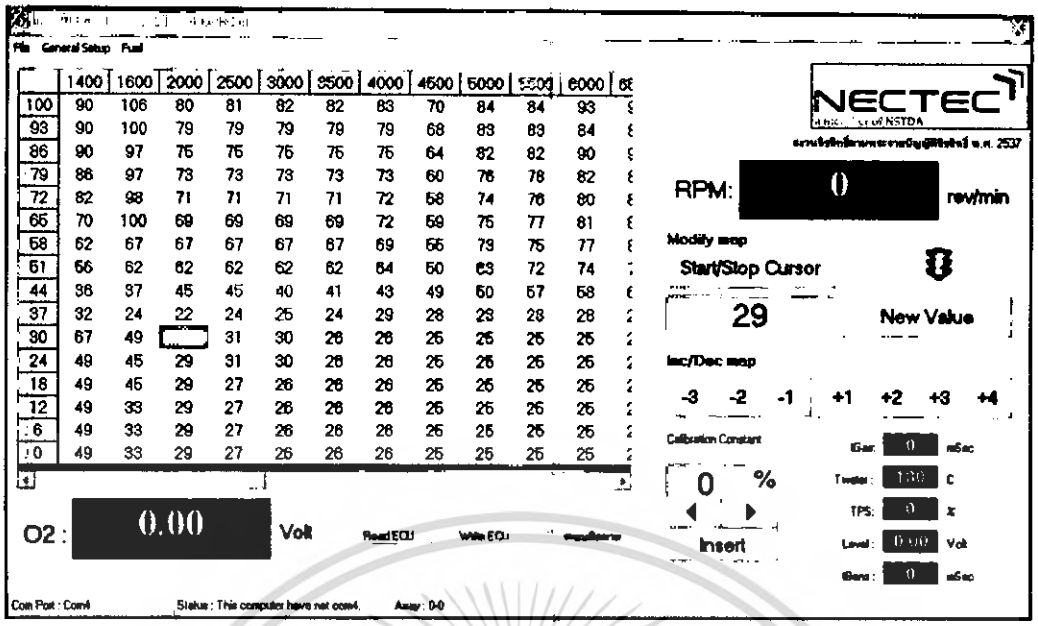
รูปที่ ก-6 ตำแหน่งที่แสดงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ECU

ในการปรับแต่งเครื่องยนต์เราจะสามารถใช้ระบบติดตามการทำงานของ ECU ว่าจะสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเท่าไร โดยกดคลิ๊กที่ปุ่มดังรูปที่ ก-7 โปรแกรมนั้นจะแสดงแถบสีเหลืองค้างไว้ในช่องที่เคยมีการใช้ในการสั่งหัวฉีดให้ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงดังรูปที่ ก-8



รูปที่ ก-7 แสดงตำแหน่งปุ่มกดเพื่อติดตามการทำงานของ ECU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-8 แสดงการติดตามการทำงานของ ECU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ค่าที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 แสดงค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์

Speed (rpm)	Brake Power (kW)	
	Injection	Carburetor
3448	4	2.9
3821	4.9	3.1
4148	5.5	3.5
4545	5.7	4.1
4918	6	4.7
5405	6.6	5.4
5660	7.1	5.9
6061	8.8	6.8
6667	11.8	9.4
7143	13.7	11.3
7595	14.5	13
8219	15.3	14.4
9091	16.1	10.3
9823	14.2	8.9

ตารางที่ ข-2 แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์

Speed (rpm)	Torque (N-m)	
	Injection	Carburetor
3448	50.8	36.8
3821	56	35.4
4148	57.2	36.4
4545	54.3	39.1
4918	52.8	41.3
5405	53.9	44.1
5660	54.1	45
6061	62.9	48.6
6667	75	59.7
7143	82.5	68
7595	82.9	74.4
8219	79.6	74.9
9091	76.7	49.1
9823	62.5	39.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 แสดงค่า Lambda ที่ได้จากการทดสอบ

BMEP (kPa)	Lambda					
	50 km/hr		60 km/hr		70 km/hr	
	Injection	Carburetor	Injection	Carburetor	Injection	Carburetor
100	0.981	1.0105	0.974	0.9825	0.765	0.8565
300	0.955	0.979	0.969	1.001	0.839	0.7865
500	0.945	0.978	0.977	0.951	0.866	0.7265
700	0.955	0.9585	0.981	0.9035	0.847	0.6235
900	0.98	0.895	1.015	0.8125	0.736	0.547

ตารางที่ ข-4 แสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	BSFC (g/kW-hr)	
		Injection	Carburetor
50	100	2700	2586
	300	1016.7	1005.9
	500	712.2	755.3
	700	538.30	586.1
	900	493.8	525.6
	1000	528.6	581.5
60	100	3004.4	2775.1
	300	1047.4	1039.9
	500	672.4	687.7
	700	517	636.4
	900	453.5	593.9
	1000	465.8	648.4
70	100	4112.9	3419.7
	300	1453.7	1425.5
	500	789.1	1102.7
	700	742.0	1011.7
	900	664.4	930.3
	1000	734.8	998.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนจำเพาะเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	BSEC (kJ/kW-hr)	
		Injection	Carburetor
50	100	123822	118594
	300	46628.91	46134.61
	500	32662.88	34642.45
	700	24686.59	26879.38
	900	22645.67	24104.02
	1000	24245.66	26670.22
60	100	137786.3	127266.7
	300	48036.17	47692.57
	500	30839.03	31539.92
	700	23710.53	29188.99
	900	20799.64	27236.53
	1000	21365.36	29735.78
70	100	188620.6	156830.6
	300	66669.76	65374.06
	500	36188.52	50572.05
	700	34028.96	46398.54
	900	30472.98	42666.1
	1000	33701.15	45793.92

ตารางที่ ข-6 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	BTE %	
		Injection	Carburetor
50	100	2.9	3
	300	7.7	7.8
	500	11	10.3
	700	14.5	13.3
	900	15.8	14.9
	1000	14.8	13.4
60	100	2.6	2.8
	300	7.4	7.5
	500	11.6	11.4
	700	15.1	12.3
	900	17.3	13.2
	1000	16.8	12.1
70	100	1.9	2.2
	300	5.3	5.5
	500	9.9	7.1
	700	10.5	7.7
	900	11.8	8.4
	1000	10.6	7.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 แสดงอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	T_{oil} (C°)	
		Injection	Carburator
50	100	105	101
	300	109	101.5
	500	110	104.5
	700	113	111
	900	116	113
60	100	107	100.5
	300	111	103.5
	500	113	102.5
	700	115	104
	900	119	106
70	100	109	105.5
	300	113	106.5
	500	116	107
	700	119	107
	900	123	109.5

ตารางที่ ข-8 แสดงอุณหภูมิของไอเสียของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	$T_{exhaust}$(C°)	
		Injection	Carburetor
50	100	177	175.5
	300	200	184.5
	500	223	212
	700	223	217.5
	900	257	245
60	100	243	228.5
	300	259	241.5
	500	263	225
	700	264	249.5
	900	260	258.5
70	100	214	209.5
	300	229	222.5
	500	243	228
	700	276	232.5
	900	271	268

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 แสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	CO (%vol)	
		Injection	Carburetor
50	100	0.44	0.38
	300	0.18	0.94
	500	0.17	0.77
	700	0.2	1.22
	900	0.11	3.35
60	100	0.33	0.75
	300	0.23	1.05
	500	0.25	2.03
	700	0.2	4.25
	900	0.26	7
70	100	4.54	1.27
	300	0.35	3.17
	500	0.43	5.14
	700	0.73	8.18
	900	4.49	9.7

ตารางที่ ข-10 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	CO_2 (%vol)	
		Injection	Carburetor
50	100	12.9	13.15
	300	9.8	13.3
	500	8.6	13.2
	700	10.3	12.85
	900	11.5	11.55
60	100	9.8	13.7
	300	11.4	13.6
	500	11.2	13.1
	700	11.9	11.7
	900	12.9	9.95
70	100	8.4	10
	300	7.1	8.85
	500	8.3	7.55
	700	9.2	5.8
	900	7.8	5.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 กราฟแสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่าง ๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	HC (ppm)	
		Injection	Carburetor
50	100	262	241.5
	300	1131	410.5
	500	1366	489.5
	700	825	614.5
	900	467	816.5
60	100	993	91
	300	766	119
	500	259	166.5
	700	389	235.5
	900	88	282.5
70	100	2755	2665.5
	300	3000	3016
	500	2596	3384
	700	2707	3501.5
	900	3382	3611.5

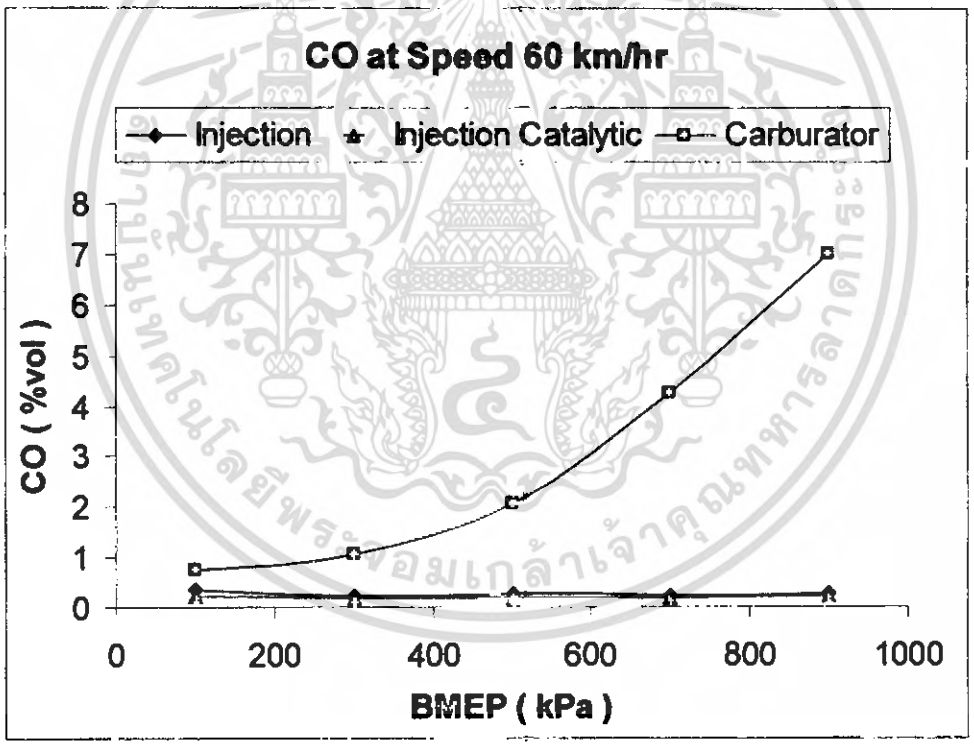
ตารางที่ ข-12 แสดงปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่สภาวะโหลด และความเร็วต่างๆ

Speed (km/hr)	BMEP (kPa)	NO_x (ppm)	
		Injection	Carburetor
50	100	102	433.5
	300	649	883
	500	697	1417
	700	795	1997.5
	900	1263	1358.5
60	100	63	224
	300	195	378
	500	170	385
	700	473	338.5
	900	561	197.5
70	100	341	441
	300	527	348.5
	500	517	209
	700	634	60.5
	900	478	26.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-13 แสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

BMEP (kPa)	CO (%vol)		
	Injection	Injection Catalytic	Carburator
100	0.33	0.225	0.75
300	0.23	0.19	1.05
500	0.25	0.185	2.035
700	0.2	0.17	4.25
900	0.26	0.205	7

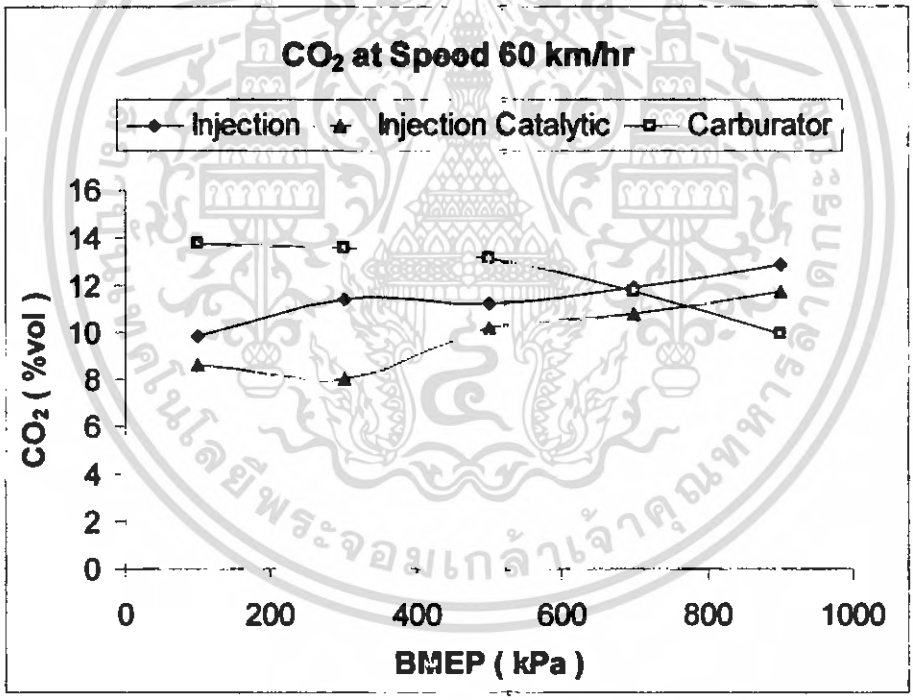


รูปที่ ข-1 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

BMEP (kPa)	CO_2 (%vol)		
	Injection	Injection Catalytic	Carburator
100	9.8	8.65	13.7
300	11.4	8	13.6
500	11.2	10.15	13.1
700	11.9	10.8	11.7
900	12.9	11.75	9.95

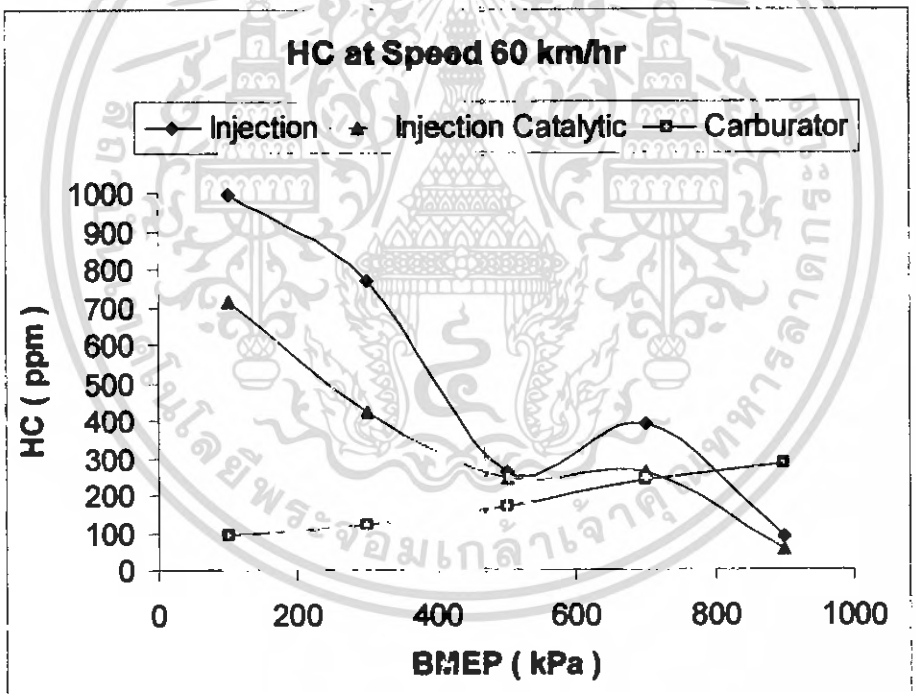


รูปที่ ข-2 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-15 แสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

BMEP (kPa)	HC (ppm)		
	Injection	Injection Catalytic	Carburator
100	993	712.5	91
300	766	421	119
500	259	243	166.5
700	389	258	235.5
900	88	52.5	282.5

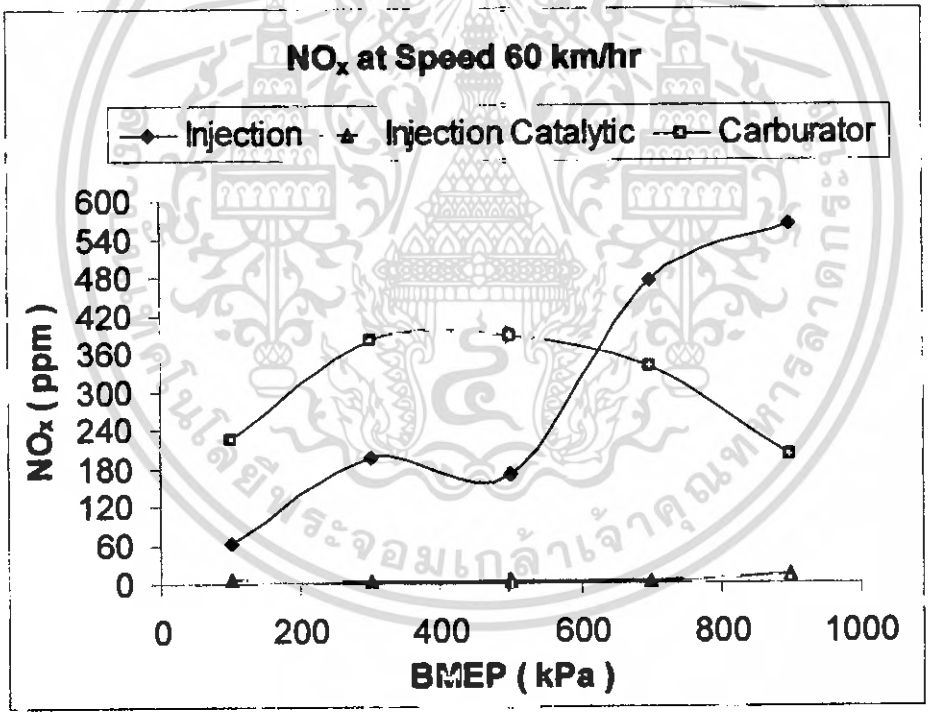


รูปที่ ข-3 กราฟแสดงปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-16 แสดงปริมาณสารไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

BMEP (kPa)	NO_x(ppm)		
	Injection	Injection Catalytic	Carburator
100	63	6.5	224
300	195	4	378
500	170	4	385
700	473	4	338.5
900	561	14	197.5



รูปที่ ข-4 กราฟแสดงปริมาณสารไนโตรเจนออกไซด์ของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่ติดตั้ง Catalytic กับไม่ติดตั้ง ที่ความเร็ว 60 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถยนต์ และรถจักรยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม
เรื่อง การกำหนดค่ามาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน จากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ให้มีการจัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมขึ้นมา และให้โอนภารกิจของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ไปเป็นของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ประกอบกับเป็นการสมควรแก้ไขปรับปรุงค่ามาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน จึงสมควรแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เรื่องการกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แก้ไขโดยมาตรา 114 แห่งพระราชบัญญัติกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติการปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2545 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2540) เรื่องการกำหนดค่ามาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ลงวันที่ 23 มิถุนายนต์ 2540

ข้อ 2 ในประกาศนี้

" รถยนต์ " รถยนต์ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ที่ใช้เครื่องแก๊สโซลีน แต่ไม่รวมถึงรถจักรยานยนต์ รถพ่วง รถบดถนน รถแทรกเตอร์ รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล รถยนต์รับจ้างสามล้อ และรถใช้งานเกษตรกรรม

" เครื่องยนต์แก๊สโซลีน " หมายความว่า เครื่องยนต์ชนิดเผาไหม้ภายในที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน

" เครื่องมือ " หมายความว่า เครื่องวัดระบบนันดีสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด (Non – dispersive Infrared , NDIR) สำหรับใช้วัดปริมาณความเข้มของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสีย ที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.5 โดยปริมาตร และเครื่องวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียที่มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่า 600 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของค่าเทียบเท่านอร์มัล เฮ็กเซน (N - Hexane) หรือเครื่องวัดระบบอันที่มีมาตรฐานเทียบเท่า

" ทาง " หมายความว่า ทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 3 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับกับรถยนต์ที่ใช้ในทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

ข้อ 4 ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์นั่งลักษณะเก๋งไม่เกิน 7 คน ที่จดทะเบียนก่อนตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2536 ไม่ว่ารถดังกล่าวจะจดทะเบียนเป็นรถประเภทใดไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ 4.5 ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(2) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 600 ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ 5 ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์นั่งลักษณะเก๋งไม่เกิน 7 คน ที่จดทะเบียนตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2536 ไม่ว่ารถดังกล่าวจะจดทะเบียนเป็นรถประเภทใดไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ 1.5 ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(2) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ 6 ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียของรถยนต์ประเภทอื่นๆ นอกจากรถยนต์ตามข้อ 4 และ ข้อ 5 ที่จดทะเบียนก่อนวันที่ 1 พฤศจิกายน 2549 ไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ 4.5 ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(2) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 600 ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ 7 ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียของรถยนต์ ที่จดทะเบียนก่อนวันที่ 1 มกราคม 2550 ไม่ว่ารถยนต์ดังกล่าวจะจดทะเบียนเป็นประเภทใด ไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ 0.5 ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(2) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 100 ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

ข้อ 8 วิธีการตรวจวัดค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ตามข้อ 4 ข้อ 5 ข้อ 6 และ ข้อ 7 ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

(1) ปรับเทียบ (Calibrate) เครื่องมือวัดด้วยก๊าซมาตรฐานตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือ

(2) เดินเครื่องยนต์ของรถยนต์ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งาน

(3) ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา ให้สอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียให้ลึกที่สุดตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือ

ในกรณีที่ไม่สามารถสอดหัววัดของเครื่องมือวัดเข้าไปในท่อไอเสีย เพราะติดอุปกรณ์ระงับเสียงให้ใช้ท่อพิเศษต่อปลายท่อไอเสีย แล้วจึงสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อพิเศษที่ต่อเสริมจากปลายท่อไอเสียนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ให้อ่านปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน เมื่อเครื่องมือแสดงผลคงที่ ในกรณีที่เครื่องมือแสดงผลไม่คงที่ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ในระหว่างค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของการวัดในครั้งนั้น

(5) ให้ปฏิบัติตาม (3) และ (4) อีกครั้งหนึ่งแล้วใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดทั้งสองครั้งเป็นเกณฑ์ตัดสิน

ข้อ 9 ให้ทำความสะอาด และเปลี่ยนไส้กรองของเครื่องมือ ตามคู่มือการใช้เครื่องมือของผู้ผลิตนั้นๆ

ข้อ 10 ประกาศนี้ให้บังคับใช้ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

เกษม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550)
เรื่อง การกำหนดค่ามาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน จากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์

โดยที่ได้มีการปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ขึ้นใหม่ จึงเห็นแก่ควรเพิ่มเติมมาตรฐานก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ให้สอดคล้องกับการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ดังกล่าวด้วย อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 แก้ไขโดยมาตรา 114 แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการดอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2545 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้เพิ่มข้อความต่อไปนี้เป็นข้อ 5/1 ของประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ลงวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2548

" ข้อ 5/1 ให้กำหนดมาตรฐานไอเสียของรถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2552 ไว้ดงต่อไปนี้

(1) ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยปริมาตรที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ

(2) ค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 1000 ส่วนในล้านส่วน ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ "

ข้อ 2 ให้ยกเลิกข้อความในข้อ 6 ของประกาศกรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ฉบับลงวันที่ 13 ตุลาคม 2548 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

" ข้อ 6 วิธีการตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ตามข้อ 4 ข้อ 5 และข้อ 5/1 ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

(1) ปรับเทียบ (Calibrate) เครื่องมือวัดด้วยก๊าซมาตรฐานตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตเครื่องมือ

(2) เดินเครื่องยนต์ของรถยนต์ให้อยู่ในอุณหภูมิใช้งานตามปกติ

(3) ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา ให้สอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อไอเสียให้ลึกที่สุดตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ไม่สามารถสอดหัววัดของเครื่องมือวัดเข้าไปในท่อไอเสีย เพราะติดอุปกรณ์ระงับเสียงให้ใช้ท่อพิเศษต่อปลายท่อไอเสีย แล้วจึงสอดหัววัดของเครื่องมือเข้าไปในท่อพิเศษที่ต่อเสริมจากปลายท่อไอเสียนั้น

(4) ให้อ่านปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน เมื่อเครื่องมือแสดงผลคงที่ ในกรณีที่เครื่องมือแสดงผลไม่คงที่ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ในระหว่างค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของการวัดในครั้งนั้น

(5) ให้ปฏิบัติตาม (3) และ (4) อีกครั้งหนึ่งแล้วใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดทั้งสองครั้งเป็นเกณฑ์ตัดสิน "

ข้อ 3 ประกาศนี้ให้บังคับใช้ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

เกษม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวัชรินทร์ คงทรัพย์
วัน-เดือน-ปีเกิด	27 กันยายน พ.ศ. 2526
ที่อยู่	354/9 ซอย10 หมู่ที่ ถ.สุราษฎร์-นาสาร ต.ขุนทะเล อ.เมืองฯ จ.สุราษฎร์ธานี 84100 โทร 077-211063
ประวัติการศึกษา	2540 ปฐมศึกษา โรงเรียนมานิตานุเคราะห์ จ.สุราษฎร์ธานี 2546 มัธยมศึกษา โรงเรียนสุราษฎร์ธานี และเข้าศึกษาต่อ ในระดับอุดมศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีเดียวกัน

ชื่อ-นามสกุล	นายวิชุพันธ์ วิจิตรคำเกิง
วัน-เดือน-ปีเกิด	7 ตุลาคม 2527
ที่อยู่	585 ถ.ราชวิถี เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700 โทร 08-6488-4227
ประวัติการศึกษา	2540 ปฐมศึกษา โรงเรียนทิวไผ่งาม 2546 มัธยมศึกษา โรงเรียนทิวไผ่งาม และเข้าศึกษาต่อ ในระดับอุดมศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้