ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิ...

การศึกษาการจ่ายเชื้อเพลิงและการติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรถฟอร์มูล่า

Study and installation electronics fuel injection system for student formula

นายมงคล ศรีนวลขำ

นายวรรณเฉลิม สาตร์สูข

นายเอกลักษณ์ แรมนิล

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ............/............/............
เลขทะเบียน..............................
15093879 0.2
ปร.
ม114ก
2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิจัย

หัวข้อโครงงานวิจัย	:	การศึกษาการจ่ายเชื้อเพลิงและการติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรถฟอร์มูล่า
ผู้ดำเนินงานวิจัย	:	นายมงคล ศรีนวลขำ รหัสประจำตัว 48361073
		นายวรรณเฉลิม สาตร์สุข รหัสประจำตัว 48363879
		นายเอกลักษณ์ แรมนิล รหัสประจำตัว 48364234
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	:	อ. ปองพันธ์ โอทกานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	:	อ. สิทธิโชค ผูกพันธุ์
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	:	2551

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

....ประธานกรรมการ

(อ. ปองพันธ์ โอทกานนท์)

....กรรมการ

(ผศ.ดร. กุลยา กนกจารุวิจิตร)

....กรรมการ

(ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

หัวข้อโครงงาน	**:**	การศึกษาการจ่ายเชื้อเพลิงและการติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรถฟอร์มูล่า
ผู้ดำเนินโครงงาน	**:**	นายมงคล ศรีนวลขำ รหัสประจำตัว 48361073 นายวรรณเฉลิม สาตร์สุข รหัสประจำตัว 48363879 นายเอกลักษณ์ แรมนิล รหัสประจำตัว 48364234
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	**:**	อ. ปองพันธ์ โอทกานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	**:**	อ. สิทธิโชค ผูกพันธุ์
สาขาวิชา	**:**	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	**:**	2551

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการทำงาน ติดตั้งระบบตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor) การติดตั้งระบบกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) และทำการปรับแต่ง (tune up) กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับรถฟอร์มูล่า เพื่อใช้ในการเข้าร่วมการแข่งขันในรายการ Auto Challenge 2009 Student Formula โดยรถฟอร์มูล่าใช้เครื่องยนต์ Kawasaki ZX 6R 4 สูบ ขนาด 636 ซีซี แบบหัวฉีด และใช้กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทที่ใช้งานเดี่ยว (stand alone) ยี่ห้อ Haltech รุ่น E6X โดยรถฟอร์มูล่านี้ต้องการปรับแต่งกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ส่งผลให้เครื่องยนต์นั้นมีแรงบิดและกำลังมากที่สุด สามารถทำได้โดยปรับอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซฮอร์ 95 ให้อยู่ที่ 12.5 : 1 และทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซฮอร์ 95 ที่เผาไหม้สมบูรณ์ในทางทฤษฎีให้อยู่ที่ 14.23 : 1

Project name	:	Study and installation electronics fuel injection system for student formula		
Name	:	Mr. Mongkon	Seenuankum	ID 48361073
		Mr. Wanchalerm	Satsuk	ID 48363879
		Mr. Ekkalak	Ramnin	ID 48364234
Project Advisor	:	Mr. Pongpun	Othaganont	
Project Advisor Shares	:	Mr. Sitichoke	Pookpun	
Department	:	Mechanical Engineering		
Academic Year	:	2008		

Abstract

These projects consist of study and install sensors, Electronic Control Unit (ECU) and tune up engine for student formula. And this car participated in the Auto Challenge 2009 Student Formula. The car consists of Kawasaki ZX 6R 4 cylinders 636 cc displacement engine and Electronic Control Unit is a stand alone type Haltech E6X. For the competition this car was tuned for maximum torque and maximum power by adjusting air fuel ratio to 12.5 : 1 that is richer than stoichiometry with gasohol 95 . And stoichometry for gasohol 95 is 14.23 : 1 and it was done by calculation .

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดีโดยความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่านด้วยกัน ทางผู้จัดทำขอถือโอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการแนะนำในการทำโครงงาน ตลอดจนวิธีการต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ช่วยเสนอแนะแนวทางที่ดีในการวางแผนการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี มหาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่สนับสนุนในด้านงบประมาณ

ขอขอบพระคุณครูช่างประเทือง โมรารายที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในด้านการใช้เครื่องมือ ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการตลอดจนอำนวยความสะดวกทางด้านต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ร้าน ECU Shop ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเทคนิคให้คำปรึกษาในเรื่องเครื่องยนต์ การติดตั้งและการปรับแต่งกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลชั้นปีที่ 4 ทุกคน รวมทั้งสมาชิกของชมรมยานยนต์ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและคอยให้กำลังใจในการทำงานเสมอมา

นายมงคล ศรีนวลขำ
นายวรรณเฉลิม สาตร์สุข
นายเอกลักษณ์ แรมนิล

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิจัย	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญรูปตาราง	ญ
ลำดับสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงาน	3
1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 งบประมาณที่ใช้	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	5
2.2 หลักการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ	6
2.3 หลักการทำงานของกล่อง ECU	13
2.4 หลักการทำงานของหัวฉีดและการควบคุมกำหนดระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	16
2.5 หลักการทำงานของจานจ่าย	18
2.6 หลักการทำงานของคอยล์	19
บทที่ 3 วิธีการติดตั้งระบบ	20
3.1 การติดตั้งระบบ เซนเซอร์ sensor	20
3.2 การติดตั้งชุดหัวฉีด	24
3.3 การติดตั้งระบบจานจ่าย	24

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 การติดตั้งสายไฟของระบบเซนเซอร์เข้ากับกล่อง ECU E6X	27
3.5 การออกแบบท่อรวมไอดี	33
บทที่ 4 วิธีการคำนวณและผลการทดลอง	34
4.1 วิธีการคำนวณ	34
4.2 ผลการทดลอง	43
บทที่ 5 วิเคราะห์สรุปผล และปัญหา	48
5.1 วิเคราะห์การทดลอง	48
5.2 แนวทางการทำวิจัยในอนาคต	49
5.3 สรุปผลการทดลอง	49
5.4 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค	49
5.5 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	50
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก การตั้งค่าและปรับแต่ง	56
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง	73
ภาคผนวก ค วงจรการต่อระบบสายไฟของกล่อง Haltech รุ่น E6X	76
ประวัติผู้ทำโครงงาน	78

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	6
รูปที่ 2.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	7
รูปที่ 2.3 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	7
รูปที่ 2.4 ค่าของความต้านกับอุณหภูมิอากาศ	7
รูปที่ 2.5 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี	8
รูปที่ 2.6 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี	8
รูปที่ 2.7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง	9
รูปที่ 2.8 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง	9
รูปที่ 2.9 ค่าของแรงดันไฟฟ้ากับองศาเปิดของลิ้นเร่ง	9
รูปที่ 2.10 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน	11
รูปที่ 2.11 การทำงานของตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน	11
รูปที่ 2.12 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	12
รูปที่ 2.13 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	12
รูปที่ 2.14 ค่าของความต้านกับอุณหภูมิอากาศ	12
รูปที่ 2.15 กล่อง ECU Haltech รุ่น E6X พร้อมสายติดตั้ง	14
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของหัวฉีดไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.17 คาบเวลาและแสดงเวลา ปิด-เปิดที่เท่ากัน	17
รูปที่ 2.18 คาบเวลาและแสดงเวลา ปิด-เปิดที่ไม่เท่ากัน	17
รูปที่ 2.19 จานจ่าย	18
รูปที่ 2.20 การทำงานของจานจ่าย	18
รูปที่ 2.21 คอยล์	19
รูปที่ 2.22 วงจรไฟฟ้าคอยล์	19
รูปที่ 3.1 การติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศเข้ากับท่อร่วมไอดี	20
รูปที่ 3.2 การติดตั้ง ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีเข้ากับท่อร่วมไอดี	21
รูปที่ 3.3 การติดตั้ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เครื่องยนต์	22
รูปที่ 3.4 การติดตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนเข้ากับท่อไอเสีย	23
รูปที่ 3.5 การติดตั้งชุดหัวฉีด	24
รูปที่ 3.6 การติดตั้งชุด camshaft ไอดีและไอเสีย	25

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 การติดตั้งจานจ่ายเข้ากับ camshaft 25
รูปที่ 3.8 สายไฟที่ออกมาจากจานจ่าย 26
รูปที่ 3.9 ปลั๊กสำหรับเสียบกับกล่อง ECU 27
รูปที่ 3.10 ปลั๊กสำหรับเสียบกับกล่อง ECU ที่ทำการต่อสายไฟแล้ว 27
รูปที่ 3.11 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ 28
รูปที่ 3.12 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของ ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี 28
รูปที่ 3.13 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 29
รูปที่ 3.14 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน 30
รูปที่ 3.15 ช่องเสียบสายของหัวฉีด 31
รูปที่ 3.16 สายไฟจากคอยล์ 31
รูปที่ 3.17 การตรวจเช็คสายของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง 32
รูปที่ 3.18 ท่อร่วมไอดีที่ทำการออกแบบ 33
รูปที่ 4.1 แนวโน้มระหว่างอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง
เทียบกับเปอร์เซ็นต์ของแรงบิด 43
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอัตราส่วนปริมาณ
อากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) 45
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดัน 47
รูปที่ 5.1 ชุดครัชท์สตาร์ทแบบทางเดียว 50
รูปที่ 5.2 รูสลัก (pin) วิธีการแก้ไข 51
รูปที่ 5.3 การถอดเครื่องเพื่อเช็คการรั่วของวาล์ว 51
รูปที่ 5.4 การถอดเครื่องเพื่อเช็คการรั้ววาล์ว 52
รูปที่ 5.5 หัวฉีดเดิมที่ติดมากับเครื่องยนต์ 636 ซีซี 52
รูปที่ 5.6 หัวฉีดรถยนต์ MITSUBISHI 2000 ซีซี 53
รูปที่ ก.1 การเลือกฟังก์ชัน Main Setu 58
รูปที่ ก.2 การตั้งค่าหลักของโปรแกรม 58
รูปที่ ก.3 การ calibration ลิ้นเร่ง 59
รูปที่ ก.4 การส่องไฟเพื่อตั้งองศาจุดระเบิด 61
รูปที่ ก.5 ตำแหน่งองศาการจุดระเบิด 61

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.6 การตั้งองศาการจุดระเบิดจากจานจ่าย 61
รูปที่ ก.7 การตั้งองศาการจุดระเบิดจากโปรแกรม 62
รูปที่ ก.8 วิธีการ Set function 63
รูปที่ ก.9 วิธีการตั้งค่าการเปิดปิดของฉีดน้ำมันของหัวฉีด 64
รูปที่ ก.10 การเลือกฟังก์ชัน PWM and Digital Output Option 65
รูปที่ ก.11 ฟังก์ชัน PWM and Digital Output Option 66
รูปที่ ก.12 การตั้งอุณหภูมิเพื่อสั่งการทำงานของพัดลม 66
รูปที่ ก.13 การเลือกฟังก์ชัน เป็น Shift light 67
รูปที่ ก.14 หน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องยนต์และเซนเซอร์ 68
รูปที่ ก.15 การเลือกฟังก์ชัน การปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิง 69
รูปที่ ก.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโหลดกับระยะเวลาการเปิดของหัวฉีดที่รอบต่างๆ 69
รูปที่ ก.17 การเลือกฟังก์ชัน การตั้งองศาการจุดระเบิด 71
รูปที่ ก.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างองศาการจุดระเบิดกับระยะเวลาการเปิดของหัวฉีด 71
รูปที่ ค.1 วงจรการต่อระบบสายไฟของกล่อง ECU Haltech รุ่น E6X 77

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการทำงานของ ECU ที่ได้รับจากเซนเซอร์ 15
ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนเชื้อเพลิงก่อนเข้าห้องเผาไหม้ และหลังเข้าห้องเผาไหม้ 38
ตารางที่ 4.2 ผลค่าอุณหภูมิที่ทำการสมมติเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ทำการคำนวณ 40
ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F Ratio) 44
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลผลการทดลองก่อนทำการปรับแต่ง 73
ตารางที่ ข.2 ข้อมูลผลการทดลองหลังทำการปรับแต่ง 74

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
H_{reac}	ค่าความร้อนของสารตั้งต้น	J
H_{prod}	ค่าความร้อนของสารผลิตภัณฑ์	J
R_u	ค่าคงที่ของอากาศ	J/kmol·K
N_{reac}	จำนวนโมลโมเลกุลของสารตั้งต้น	kmol
N_{prod}	จำนวนโมลโมเลกุลของสารผลิตภัณฑ์	kmol
T_{in}	อุณหภูมิของเชื้อเพลิงก่อนเข้าห้องเผาไหม้	K
T_{ad}	อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ในอุดมคติ	K
A/F	อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง	-
m_{fuel}	มวลโมเลกุลเชื้อเพลิง	kg
m_{fuel}	มวลโมเลกุลอากาศ	kg
ϕ	อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงที่การเผาไหม้ 100 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับการเผาไหม้จริง	-
$\bar{h}^{o}_{f}$	ค่าความร้อนเทียบกับโมลโมเลกุล	J/kmol
Q_{reac}	การถ่ายเทความร้อน	J
Q^{o}_{reac}	อัตราการถ่ายเทความร้อน	J/s
hp	แรงม้า	แรงม้า

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงหลักที่มีสำคัญอย่างมากต่อเครื่องยนต์ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในปัจจุบันก็ลดน้อยลง แต่ความต้องการที่จะใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นยิ่งสูงขึ้น ทำให้อัตราของราคาน้ำมันสูงขึ้นความต้องการของผู้ใช้รถบนถนนและโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้วรถที่มีเครื่องยนต์ขนาดเล็กหรือรถจักรยานยนต์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเป็นรถแบบระบบเดิม คือ มีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และแบบใหม่ คือ ระบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์มีข้อเสียเปรียบกว่าระบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้

โดยการควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์นั้น จะมีคอคอดเป็นตัวควบคุมการไหลของอากาศเข้าภายในกระบอกสูบซึ่งจะทำให้น้ำมันนั้นถูกดูดเข้าไปพร้อมกับอากาศ เมื่อมีการเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ มุมเปิดของลิ้นเร่งในคาร์บูเรเตอร์เปิดมากขึ้น ทำให้อากาศไหลเข้ามากขึ้น จึงทำให้ปริมาณน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนผสมกับอากาศนั้นมากขึ้น ในบางครั้งปริมาณส่วนผสมของไอดีภายห้องเผาไหม้ไม่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงเมื่อเทียบกับความเร็วรอบนั้นๆ เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรคาร์บอนมากในไอเสียเกิดเป็นมลพิษ ทั้งยังสิ้นเปลืองปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้น

ส่วนการควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่มีระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) จะจ่ายเชื้อเพลิงที่มีขนาดโมเลกุลเล็กมาก ๆ ทำให้เชื้อเพลิงมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากขึ้น นอกจากนี้สามารถที่จะจ่ายเชื้อเพลิงที่มีความแม่นยำในการทำงานทุกสภาวะ โดยอัตราส่วนผสมของไอดีที่แต่ละสูบของเครื่องยนต์นั้นจะมีปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากแต่ละสูบนั้นมีหัวฉีดโดยเฉพาะที่ถูกควบคุมด้วย ECU ทำให้ปริมาณไอเสียจากการเผาไหม้ที่ได้ลดลง ลดมลภาวะทางอากาศ อีกทั้งยังเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถที่จะเปรียบเทียบและเห็นข้อแตกต่างระหว่างข้อดีและเสียของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงทั้ง 2 แบบ กลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้เคยเข้าร่วมการแข่งขันในโครงการรถประหยัดเชื้อเพลิง(Honda Econo Power Contest 2007-2008) และ TSAE Auto Challenge 2008 Formula Student โดยรถ Formula ที่ใช้เข้าร่วมแข่งขันนั้นเป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ ทางทีมได้ประสบปัญหาในด้านการกำหนดปริมาณเชื้อเพลิง เนื่องจากข้อกำหนดทางการแข่งได้กำหนดให้ตัว Restrictor ซึ่งเป็นตัวที่ทำหน้าที่กำหนดปริมาณอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ไม่ให้มากเกิน นอกจากนี้กล่องที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ นี้เป็นกล่องที่สามารถปรับแต่งได้ จึงสามารถที่จะพัฒนาให้มีสมรรถนะดีขึ้นไป ดังนั้นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดจึงเหมาะสมกับรถ Formula สำหรับการแข่งขันในครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ติดตั้งและวางระบบการจ่ายเชื้อเพลิงที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์กับรถฟอร์มูล่า

1.2.2 ศึกษาสภาวะและตัวแปรที่มีผลต่อการปรับแต่งในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

1.2.3 เพื่อ ศึกษาตัวตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ (Sensor) มีดังนี้

- 1.2.3.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ
- 1.2.3.2 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี
- 1.2.3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
- 1.2.3.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง
- 1.2.3.5 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน

1.2.4 เพื่อศึกษาวิธีการปรับแต่งของกล่องควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ของการฉีดเชื้อเพลิงอย่างละเอียด

1.2.5 ทำการปรับแต่งกล่องควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์กับรถฟอร์มูล่าให้เครื่องยนต์มีกำลังสูงสุด

1.3 ขอบเขตของงาน

1.3.1 ศึกษาหลักการทำงานของ เซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ และกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

1.3.2 ทำการติดตั้งวางระบบของเซนเซอร์ ชนิดต่างๆ และกล่องควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับรถฟอร์มูล่า

1.3.3 ศึกษาการติดตั้งและวางระบบของสายไฟในระบบของเครื่องยนต์

1.3.4 ปรับแต่งกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.6 ทำการสรุปผล

1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	2551-2552								
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.4.1 ประชุมตั้งเป้าหมายและตั้งข้อกำหนด	→								
1.4.2 ศึกษาหาข้อมูลตามทฤษฎี	→	→							
1.4.3 จัดทำ proposals		→	→	→	→				
1.4.4 ศึกษาหาข้อมูลในรายละเอียดต่างๆ				→	→	→			
1.4.5 ติดตั้งและวางระบบกล่องควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์						→	→		
1.4.6 ปรับแต่ง turn กล่องควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์							→	→	
1.4.7 ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลตรงตามเป้าหมาย							→	→	
1.4.8 ทำการวิเคราะห์และสรุปผล								→	→
1.4.9 จัดทำปริญญานิพนธ์								→	→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้จัดวางระบบของกล่องควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เข้ากับรถฟอร์มูล่าได้อย่างสมบูรณ์

1.5.2 เข้าใจหลักการทำงานของระบบเซนเซอร์ และกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่สภาวะต่าง ๆ

1.5.3 เข้าใจถึงตัวแปรที่มีผลต่อการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

1.5.4 การปรับแต่งกล่องควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เครื่องยนต์ของรถฟอร์มูล่ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.5.5 นำรถเข้าแข่งขันรายการ Auto Challenge 2009 Student Formula

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 กล่อง ECU (Haltech รุ่น E6X)	60,000	บาท
1.6.2 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน	1,500	บาท
1.6.3 ติดตั้งจานจ่ายไฟ	3,400	บาท
1.6.4 คอยล์	1,000	บาท
รวม	**65,900**	**บาท**

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ [8]

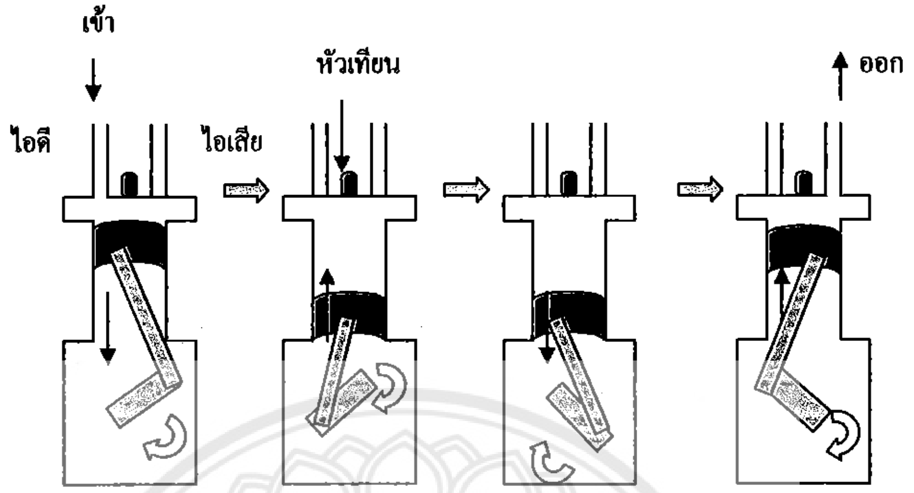
เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์อากาศไหลผ่านกรองอากาศ ซึ่งมีหน้าที่ กรองฝุ่นละออง จากนั้นอากาศไหลผ่านลิ้นเร่ง (Throttle Body) โดยลิ้นเร่งนั้นเป็นตัวควบคุมปริมาณของอากาศที่ไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่อมุมการเปิดของลิ้นมากขึ้น ปริมาณอากาศที่ไหลเข้ามาก และถ้ามุมการเปิดของลิ้นลดลง ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าก็ลดลงตามลำดับ โดยอากาศที่ไหลผ่านลิ้นเร่งเข้ามาที่บริเวณท่อร่วมประจุไอดี โดยมีตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เพื่อส่งข้อมูลไปยัง ECU และ ECU ได้ทำการประมวลผล และที่บริเวณท่อร่วมประจุไอดีนั้นมีตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี มีหน้าที่วัดความดันที่ท่อร่วมประจุไอดีก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่ออากาศเข้ามาทำการผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดออกมาจากหัวฉีด แล้วเข้าสู่ห้องเผาไหม้ กล่อง ECU ก็สั่งให้หัวเทียนจุดระเบิดโดยรับสัญญาณมาจากจานจ่าย จากนั้นเครื่องยนต์เริ่มการทำงาน โดยมีหลักการทำงานดังนี้

2.1.1 จังหวะดูด ลิ้นไอดีเปิด ลูกสูบซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์ตายบน (ด้านบนสุดของกระบอกสูบ) เลื่อนลงดูดไอดีเข้าไปในกระบอกสูบ ดังรูป 2.1 (ก)

2.1.2 จังหวะอัด ลิ้นไอดีปิดลูกสูบซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์ตายล่าง (ด้านล่างสุดของกระบอกสูบ) เลื่อนขึ้นอัดไอดีให้มีปริมาตรเล็กลงทำให้เกิดความร้อน ดังรูป 2.1 (ข)

2.1.3 จังหวะระเบิด (เผาไหม้) หัวเทียนจุดประกายไฟทำให้ไอดีที่ถูกอัดให้ร้อนอยู่แล้วเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรง ดันลูกสูบซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์ตายบนถูกดันเลื่อนลง ดังรูป 2.1 (ค)

2.1.4 จังหวะคาย ลิ้นไอเสียเปิดลูกสูบซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์ตายล่างเลื่อนขึ้นเพื่อขับไล่ไอเสียซึ่งเกิดตามภาพข้างล่างนี้เลย ดังรูป 2.1 (ง)



รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ [8]

และเมื่อเครื่องยนต์เริ่มการทำงาน เกิดไอเสียและถูกปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย ไอเสียที่ถูกปล่อยออกมานั้น ถูกตรวจจับโดยตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนว่ามีปริมาณออกซิเจนมากหรือน้อย และทำการส่งข้อมูลไปยังกล่อง ECU เพื่อประมวลผล และทำการสั่งจ่ายเชื้อเพลิงที่เหมาะสมเพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพ

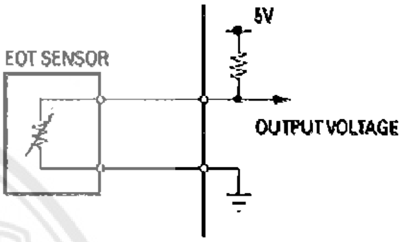
2.2 หลักการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor)

ตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) มีหน้าที่ ตรวจจับความเปลี่ยนแปลงต่างๆ แล้วส่งข้อมูลเข้าไปที่กล่องECU จากนั้นกล่อง ECU ก็จะนำข้อมูลที่ได้รับไปประมวลผล เพื่อหาปริมาณการฉีดและจังหวะในการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุด ตัวตรวจจับสัญญาณหลักๆที่จำเป็น ประกอบด้วยตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ ดังนี้

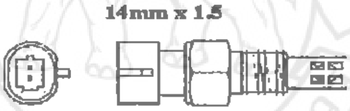
2.2.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Inlet air temperature sensor)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศเป็นตัวต้านทานปรับตามอุณหภูมิ (เทอร์มิสเตอร์) ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศและจะเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและส่งสัญญาณไฟฟ้าเข้า ECU เพื่อควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 2.3 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ[1]



Temp to Resistance Value Approx		
°F	°C	Ω
210	100	185
160	70	450
100	38	1,800
70	20	3,400
40	4	7,500
20	-7	13,500
0	-18	25,000
-40	-40	100,700

รูปที่ 2.4 ความต้านเทียบกับอุณหภูมิอากาศ[5]

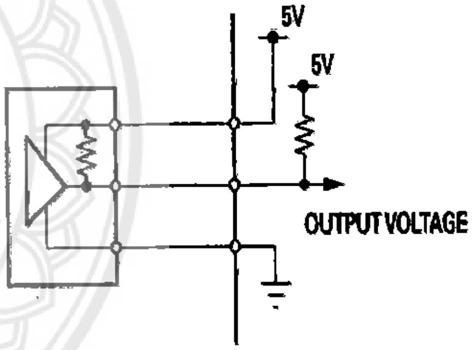
จากหลักการของระบบ ปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบจะเป็นข้อมูลให้กล่อง ECU คำนวณระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้ส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี แต่เมื่ออุณหภูมิของอากาศไม่คงที่จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้การจ่ายส่วนผสมผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีตัวตรวจจับอุณหภูมิของอากาศก่อนที่เข้าเครื่องยนต์ ตรวจจับอุณหภูมิของอากาศแล้วส่งข้อมูลให้กับกล่อง ECU เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไป

คำนวณหาปริมาณอากาศที่แท้จริงแล้วสั่งจ่ายเชื้อเพลิงในปริมาณที่เหมาะสมกับปริมาณอากาศ ในขณะนั้น กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของอากาศต่ำ กล่อง ECU จะสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมาก (หัวฉีดเปิดนาน) ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูง หมายความว่า ความหนาแน่นของอากาศน้อย กล่อง ECU สั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย (หัวฉีดปิดเร็ว)

2.2.2 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (MAP sensor : Manifold Absolute Pressure Sensor)

ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ ตรวจวัดแรงดันภายในรวมของท่อไอดี ภายในเซนเซอร์ มีแผ่นซิลิคอน โดยเปลี่ยนค่าความต้านทานการโก่งตัวของแผ่นซิลิคอนให้เปลี่ยนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าและส่งสัญญาณเข้ากล่อง ECU เพื่อควบคุมปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด

รูปที่ 2.5 ตัวตรวจจับความดัน ในท่อไอดี



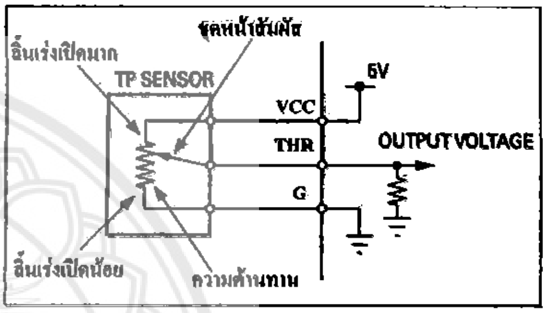
รูปที่ 2.6 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี [1]

กล่าวคือ ถ้าความดันภายในท่อไอดีสูง กล่องควบคุม ECU จะสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมาก เพราะมีปริมาณอากาศมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าความดันในท่อไอดีต่ำ กล่องควบคุม ECU จะสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยเพราะปริมาณอากาศน้อย เช่น เมื่อเครื่องยนต์รับภาระมาก มุมการเปิดของลิ้นเร่งมากขึ้น อากาศเข้ามารวมที่ท่อรวมประจุไอดีมาก และความดันภายในท่อไอดีนั้นมากขึ้น เครื่องยนต์จำเป็นต้องการปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่มากขึ้น เพื่อต้องการรักษารอบของเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาวะที่คงที่

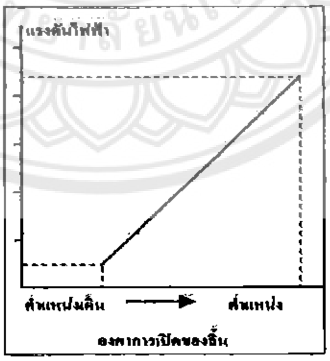
2.2.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor)

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งมีลักษณะเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ ตัวตรวจวัดองศาการปิดเปิดของตำแหน่งลิ้นเร่ง ก็ทำการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามองศาที่เปลี่ยนไปของลิ้นเร่ง โดยมีความต่างศักย์ไฟฟ้าไหลผ่าน และส่งข้อมูลไปยัง ECU เพื่อทำการประมวลผล

รูปที่ 2.7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง



รูปที่ 2.8 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง [3]



รูปที่ 2.9 ค่าของแรงดันไฟฟ้าเทียบกับองศาเปิดของลิ้นเร่ง[3]

ที่ตำแหน่งลิ้นเร่งปิดสุดชุดหน้าสัมผัสสัญญาณ การเปิดลิ้นเร่งต่อที่ส่วนปลายของแผ่นความต้านทานในตำแหน่งนี้ความต้านทานมาก ทำให้ไฟที่จ่ายมาจากขั้ว VCC 5 โวลต์ ดังรูปที่ 2.8 ไหลผ่านความต้านทานมาก จึงทำให้แรงดันไฟฟ้ากลับไปที่กล่อง ECU ที่ขั้ว THR น้อย (0.5 โวลต์) ในตำแหน่งนี้กล่อง ECU สั่งให้หัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย เมื่อบิดคันเร่งมากขึ้น ชุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดลิ้นเร่ง เคลื่อนที่เข้าหาขั้ว VCC มากขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC กับขั้ว THR ลดลงแรงดันไฟฟ้าที่กล่อง ECU ที่ขั้ว THR มากขึ้น เป็นผลให้กล่อง ECU สั่งจ่ายน้ำมันมากขึ้นจนลิ้นเร่งเปิดสุดความต้านทานน้อยที่สุดทำให้ไฟไหลกลับไปที่กล่อง ECU ได้มากที่สุด (4.5 - 5 โวลต์) [1] ดังรูปที่ 2.8

2.2.4 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor)

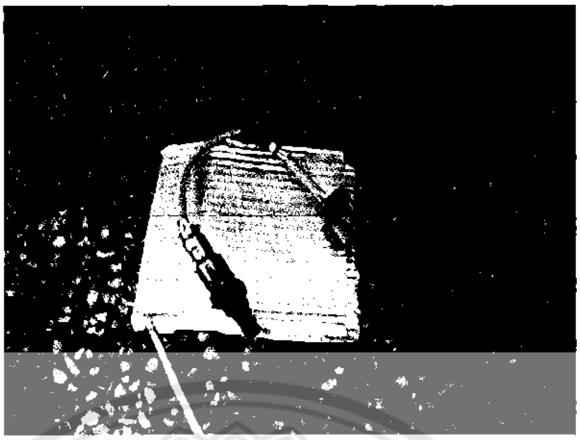
ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่วัดค่าของออกซิเจนในไอเสียที่ท่อไอเสีย เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าการเผาไหม้นั้นสมบูรณ์หรือไม่ และทำการส่งสัญญาณกลับไปยัง ECU เพื่อเพิ่มหรือลดการจ่ายน้ำมันA/F หรือ AFR ก็มาจากคำว่า Air Fuel Ratio คือ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง ซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้การสันดาปหรือการระเบิดในกระบอกนั้นสมบูรณ์ที่สุดคือ คือ 14.7 : 1 นั่นคือ มวลอากาศ 14.7 กรัม ต่อมวลน้ำมัน 1 กรัม [1]

ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนเป็นตัวอุปกรณ์วัดตัวแรกที่กล่อง ECU ใช้ในการควบคุมการจ่ายน้ำมัน เพื่อไม่ให้น้ำมันหนาหรือบางเกินไป ตัวออกซิเจนเซนเซอร์นี้ทำงานอยู่ตลอดเวลาในลักษณะระบบปิด (Closed loop) โดยการประมวลผลที่ได้เป็นการเพิ่มหรือลดระยะเวลาการฉีดจ่ายน้ำมันในห้องเผาไหม้ (การควบคุมปริมาณน้ำมัน เป็นการเพิ่มหรือลดระยะเวลาการฉีด เพราะค่าอัตราการไหลและความดันของน้ำมันคงโดยมาจากปั๊มติ๊ก และ regulator แล้ว) โดย ECU จะยึดหลักการ คือให้ประหยัดและให้กำลังสูงสุดซึ่งในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานนั้นดังรูปที่ 2.11 ตัวกล่อง ECU มีการรับสัญญาณมาจาก ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนว่าค่าของออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ มีค่ามากหรือว่าน้อยเกินไปหรือไม่ คือ

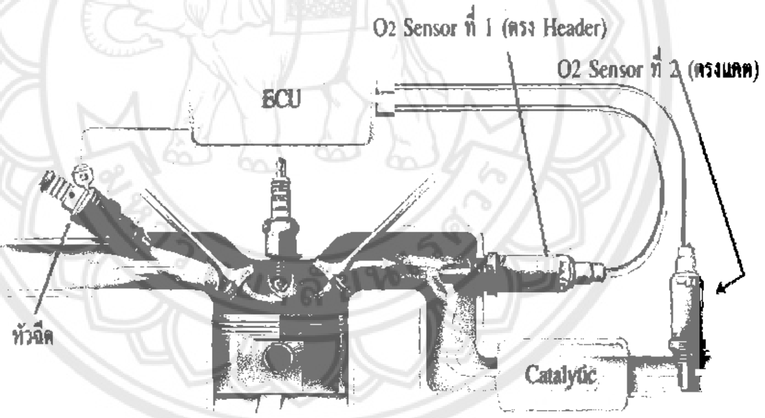
2.2.4.1 ออกซิเจนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้มากไป จะแสดงว่ามีการจ่ายน้ำมันที่น้อยไป (บาง) หรือ A/F มากกว่า 14.7 [2]

2.2.4.2 ออกซิเจนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้น้อยไป จะแสดงว่ามีการจ่ายน้ำมันที่มากไป (หนา) หรือ A/F น้อยกว่า 14.7 [2]

ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนโดยส่วนมากจะทำการติดตั้งบริเวณที่ไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์ โดยอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ไกลจากเครื่องยนต์มาก



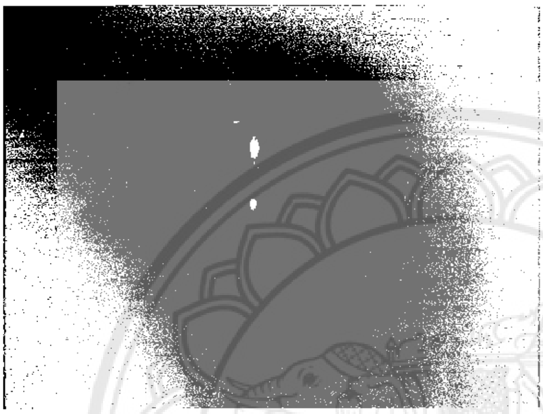
รูปที่ 2.10 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor)



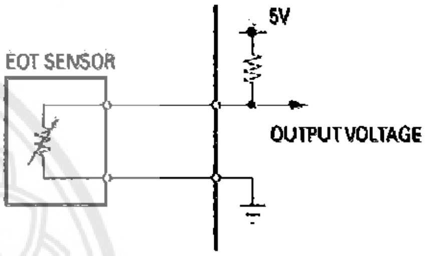
รูปที่ 2.11 การทำงานของตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor)[6]

2.2.5 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Coolant temperature sensor)

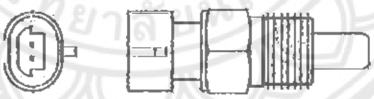
ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่เข้าไปหล่อเย็นวนในเสื้อสูบตัวตรวจจับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเป็นเทอร์มิสเตอร์ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นและเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานและส่งสัญญาณไฟฟ้าเข้า ECU เพื่อควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.12 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 2.13 วงจรไฟฟ้าตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น [3]



Temp to Resistance Value Approx

°F	°C	Ω
210	100	165
160	70	450
100	38	1,800
70	20	3,400
40	4	7,500
20	-7	13,500
0	-18	25,000
-10	-40	100,700

รูปที่ 2.14 ความต้านกับอุณหภูมิอากาศ[5]

ตัวตรวจจับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นประกอบด้วยความต้านทานแบบมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบ มีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นถูกนำไปใช้เปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าส่งเข้ากล่อง ECU เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ขณะนั้น ถ้าเครื่องยนต์เย็นความต้านทานมาก ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวเซนเซอร์มาก กล่อง ECU สั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมาก และเมื่อเครื่องยนต์ทำงานจนอุณหภูมิสูงขึ้น ความต้านทานลดลงทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวเซนเซอร์น้อย กล่อง ECU สั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้น้อยลง ทั้งนี้ก็เพื่อความเหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 2.14

2.3 หลักการทำงานของกล่อง ECU (Engine Control Unit)

กล่อง ECU โดยทั่วไป ทำหน้าที่เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ที่คอยประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากตัวเซนเซอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง แล้วก็จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมหัวฉีดให้เปิด-ปิด และสั่งการจุดระเบิดไปยังคอยล์จุดระเบิด ทำให้ปริมาณอากาศกับปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนผสมที่ถูกต้องตามทฤษฎี จึงเกิดมลพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง โดยกล่อง ECU สมารถจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

2.3.1 ประเภทของกล่อง ECU

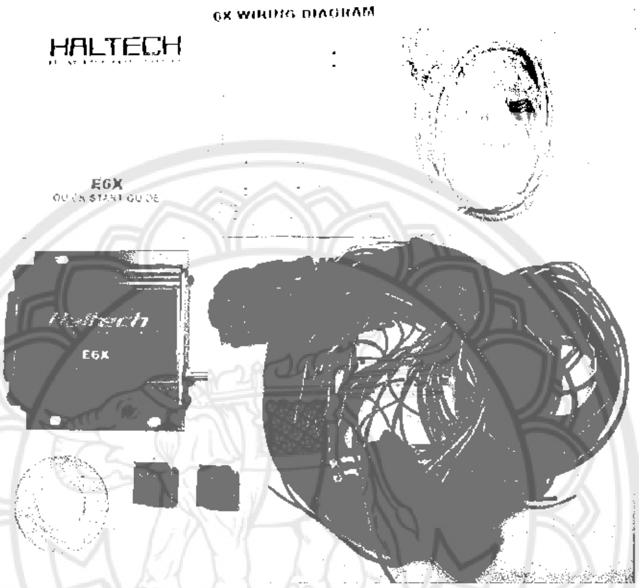
2.3.1.1 กล่องมาตรฐาน (standard) กล่องชนิดนี้ทำการติดตั้งกับรถยนต์ที่ออกมาจากโรงงานรถยนต์เครื่องยนต์หัวฉีดกล่องชนิดนี้ไม่สามารถทำการปรับแต่ง (Tune up) ได้ เพราะทางโรงงานที่ผลิตได้ทำการตั้งโปรแกรมการสั่งจ่ายเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ของรุ่นนั้นโดยเฉพาะ

2.3.1.2 กล่องดัดแปลง (Modify) กล่องชนิดนี้มีลักษณะการเหมือนกับกล่องแบบมาตรฐาน คือ ไม่สามารถปรับแต่งไปจากเดิมได้ แต่ต่างกันที่กล่องนี้สามารถที่ทำการเขียนโปรแกรมข้อมูลขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับ Hardware ที่เปลี่ยนเข้าไปในเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น กล่องชนิดนี้ทำการปรับแต่ง ไม่ได้

2.3.1.3 กล่องที่สามารถปรับแต่ง(Tune up) ได้ สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ

- แบบต่อพ่วงกล่องมาตรฐาน (Piggyback) การทำงานของกล่องชนิดนี้รับข้อมูลที่ทำการประมวลผลจากกล่อง ECU เดิมมาประมวลผลใหม่ให้สั่งจ่ายเชื้อเพลิงมากขึ้นและองศาการจุดระเบิดเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น

- แบบใช้งานเดี่ยว (Stand alone) กล่องชนิดนี้สามารถทำการปรับแต่งได้และสามารถปรับแต่งได้หลายแบบแล้วแต่ยี่ห้อและคุณสมบัติของกล่องยี่ห้อนั้นๆ ดังรูปที่ 2.15 โดยนำกล่อง ECU ชนิดนี้ไปติดตั้งกับรถฟอร์มูล่า



รูปที่ 2.15 กล่อง ECU Haltech รุ่น E6X พร้อมสายติดตั้ง [5]

2.3.2 การทำงานของ ECU ที่ได้รับจากเซนเซอร์

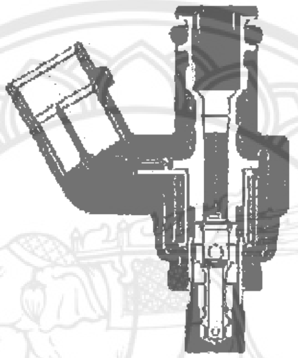
Input	ECU	Output
ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	ควบคุมการฉีดน้ำมัน	หัวฉีด
ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี	ระบบการป้องกันการทำงานบกพร่อง	ระบบการป้องกันการทำงานบกพร่อง
ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	ควบคุมการจุดระเบิด	คอยล์จุดระเบิด
ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง	ควบคุมการทำงานของปั๊มเชื้อเพลิง	ปั๊มเชื้อเพลิง
ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน	ระบบอื่น ๆ	พัดลมระบายความร้อน ปั๊มเชื้อเพลิง ไฟแสดงบอกเวลาการเข้าเกียร์

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการทำงานของ ECU ที่ได้รับจากเซนเซอร์

2.4 หลักการทำงานของหัวฉีดและการควบคุมระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

2.4.1 หลักการทำงานของหัวฉีด

หัวฉีดมีวาล์วไฟฟ้า(โซลินอยด์วาล์ว) และควบคุมการปิดด้วยแรงดันของสปริงของหัวฉีด โดยที่หัวฉีดนั้นมีแรงดันไฟฟ้าไหลเข้าอยู่ตลอดเวลา และได้รับสัญญาณ ground จากกล่อง ECU เมื่อวงจรไฟฟ้าครบวงจรทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดจึงทำให้เกิดแรงแม่เหล็กดึงเข็มหัวฉีดขึ้น ทำให้น้ำมันที่มีแรงดันอยู่ไหลออกมาจากหัวฉีดดังรูปที่ 2.16



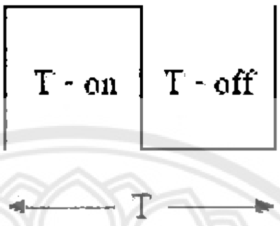
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของหัวฉีดไฟฟ้า [3]

2.4.2 การควบคุมกำหนดระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

- การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเบื้องต้นเซนเซอร์เป็นตัวตรวจวัดและส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยัง ECU โดย ECU บันทึกและประมวลผลข้อมูลออกมาในรูปสัญญาณ Pulse-Width Modulation (PWM)

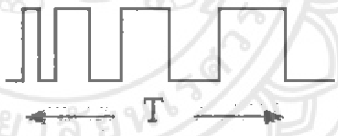
    - Pulse-Width Modulation (PWM) คือ สัญญาณทางไฟฟ้าที่ออกมาจาก ECU และส่งไปควบคุมการเปิด - ปิดของหัวฉีด กล่าวคือ เมื่อ ECU ได้รับสัญญาณทางไฟฟ้าจาก sensor จากนั้น ECU นำสัญญาณที่ได้จาก sensor มาประมวลผลออกมาในรูปของสัญญาณ PWM จ่ายเป็นกระแสไฟฟ้าไปยังหัวฉีด

● เปอร์เซ็นต์ Duty Cycle คือ เปอร์เซ็นต์ที่แสดงเวลาปิด - เปิดของสัญญาณ ใน 1 คาบเวลาและใน 1 คาบเวลานั้นคิดเป็น 100% Duty Cycle เช่น 50% Duty Cycle ใน 1วินาที เป็นเวลา T – on 0.5 วินาที (เวลาการเปิดของหัวฉีด) และ T – off 0.5 วินาที (เวลาการปิดของหัวฉีด) ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงคาบเวลาและแสดงเวลา ปิด-เปิดที่เท่ากัน[4]

และช่วงเปอร์เซ็นต์ Duty Cycle ของ T – on และ T – off ที่ไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงคาบเวลาและแสดงเวลา ปิด-เปิดที่ไม่เท่ากัน[4]

- การฉีดเชื้อเพลิงในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ ในขณะสตาร์ทเรื่องยนต์ ECU ได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ตำแหน่งที่ลูกสูบและสัญญาณจากเซนเซอร์ลำดับการจุดระเบิด การฉีดเชื้อเพลิงถูกฉีดได้อย่างถูกต้อง

- การตัดน้ำมันเชื้อเพลิง หน้าที่ของ ECU นอกจากทำหน้าที่ควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วยังทำหน้าที่ตัดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะที่ความเร็วของรอบเครื่องสูงเกินไปแล้วในขณะถอนคันเร่ง ทำให้เครื่องยนต์ประหยัดน้ำมันขึ้น

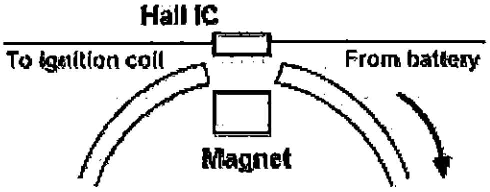
- การฉีดเชื้อเพลิงในขณะเร่งความเร็ว เมื่อลิ้นเร่งเปิดทำให้หัวฉีดในแต่ละลูกสูบฉีดน้ำมันพร้อมกันซึ่งทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นไปตามโหลดของเครื่องยนต์ในขณะนั้น

2.5 หลักการทำงานของจานจ่าย

จานจ่ายมีลักษณะเป็นเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของลูกสูบว่าอยู่ที่ตำแหน่งใดของกระบอกสูบโดยจานจ่ายส่งสัญญาณออกมา 2 สัญญาณได้แก่ สัญญาณ Home และ Trigger โดยสัญญาณ Home จะเป็นสัญญาณที่ส่งไปยังกล่อง ECU ให้รับรู้ว่าลูกสูบที่ 1 กำลังจะเข้าที่ตำแหน่ง (BTDC) และสัญญาณ Trigger จะเป็นสัญญาณที่ส่งไปยังกล่อง ECU เพื่อทำการประมวลผลสั่งการจุดระเบิดตามจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์

โดยจานจ่ายสามารถทำการปรับตั้งองศาการจุดระเบิดได้ กล่าวคือ ปรับตั้งให้สั่งการจุดระเบิดก่อนหรือหลังขององศาการจุดระเบิดตามจังหวะเดิมของเครื่องยนต์ การปรับจานจ่ายถ้าหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทำให้การจุดระเบิดจุดหลังจังหวะเดิมเรียกว่าไฟอ่อนถ้าหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ทำให้การจุดระเบิดจุดก่อนจังหวะเดิมเรียกว่าไฟแก่ ถ้าทำการตั้งจานจ่ายไม่ตรงกับองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสม ทำให้องศาการจุดระเบิดผิดไปทำให้มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์ กล่าวคือ แรงม้าหรือประสิทธิภาพลดลง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์หรืออาจทำให้เครื่องยนต์เสียหาย [7]

รูปที่ 2.19 จานจ่าย

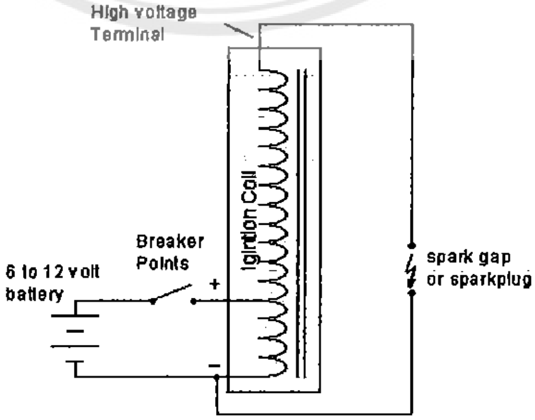


รูปที่ 2.20 การทำงานของจานจ่าย [7]

2.6 หลักการทำงานของคอยล์

คอยล์ ทำหน้าที่เช่นเดียวกับหม้อแปลง เพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำจาก 12 โวลต์ เป็นเคลื่อนไฟแรงสูงถึง 18,000 - 25,000 โวลต์ เพื่อให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าทำการจุดประกายไฟที่บริเวณเขี้ยวหัวเทียนเพื่อใช้ในการจุดระเบิด ภายในคอยล์ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิพันด้วยลวดทองแดงขนาดใหญ่ทับขดลวดทุติยภูมิประมาณ 150-300 รอบ ส่วนขดลวดทุติยภูมิพันด้วยลวดทองแดงขนาดเล็กโดยพันรอบแกนเหล็กอ่อนประมาณ 20,000 รอบ มีกระดาษบางคั่นอยู่ระหว่างขดลวดทั้งสองเพื่อป้องกันการลัดวงจร ปลายด้านหนึ่งของขดลวดปฐมภูมิจะต่ออยู่กับขั้วบวก ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับขั้วลบ สำหรับขดลวดทุติยภูมิต่อปลายด้านหนึ่งเข้ากับขดลวดปฐมภูมิทางขั้วบวกอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับขั้วไฟแรงสูง [9]

รูปที่ 2.21 คอยล์



รูปที่ 2.22 วงจรไฟฟ้าคอยล์ [9]

บทที่ 3
วิธีการติดตั้งระบบ

การติดตั้งระบบการทำงานต่าง ๆ ภายในรถฟอร์มูล่า นั้นประกอบไปด้วย ระบบเซนเซอร์ ระบบจานจ่าย ระบบชุดหัวฉีด การออกแบบท่อร่วมไอดี และการติดตั้งสายไฟของระบบหัวฉีดกล่อง ECU ยี่ห้อ Haltech E6X เข้ากับเครื่องยนต์

3.1 การติดตั้งระบบเซนเซอร์ (Sensor)

การติดตั้งระบบของเซนเซอร์นั้นควรจำเป็นต้องทำการติดตั้งให้ถูกต้อง เพื่อสัญญาณที่ตรวจจับได้นั้นมีความถูกต้องทำให้กล่อง ECU สามารถที่สั่งการทำงานให้กับเครื่องยนต์นั้นมีประสิทธิภาพตามดังที่ต้องการได้ โดยเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งนั้น ได้แก่ ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน ซึ่งวิธีการติดตั้งนั้นสามารถทำได้ดังนี้

3.1.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Inlet Air Temperature sensor)

รูปที่ 3.1 การติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศเข้ากับท่อร่วมไอดี

วิธีการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

การติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ สามารถทำได้โดยทำการติดตั้งที่บริเวณท่อประจุร่วมไอดี โดยต้องติดตั้งในจุดที่อากาศไหลได้สะดวก ไม่ควรติดตั้งตรงจุดที่ขวางทางการไหลของอากาศในขณะเครื่องยนต์ทำงาน เพราะจะทำให้อากาศเกิดการไหลที่ไม่ราบเรียบ ในที่นี้ได้ทำการติดไว้ด้านข้างของท่อประจุไอดี โดยทำการเจาะและฝังเข้าไปบริเวณที่อากาศไหลผ่านเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เพื่อที่วัดอุณหภูมิของอากาศก่อนที่ไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ดังรูปที่ 3.1 โดยเซนเซอร์นี้เป็นเซนเซอร์ของรถยนต์ DAIHATSU MIRA

3.1.2 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (MAP sensor : Manifold Absolute Pressure Sensor)

ตัวตรวจจับความดันใน
ท่อไอดี

รูปที่ 3.2 การติดตั้ง ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีเข้ากับท่อร่วมไอดี

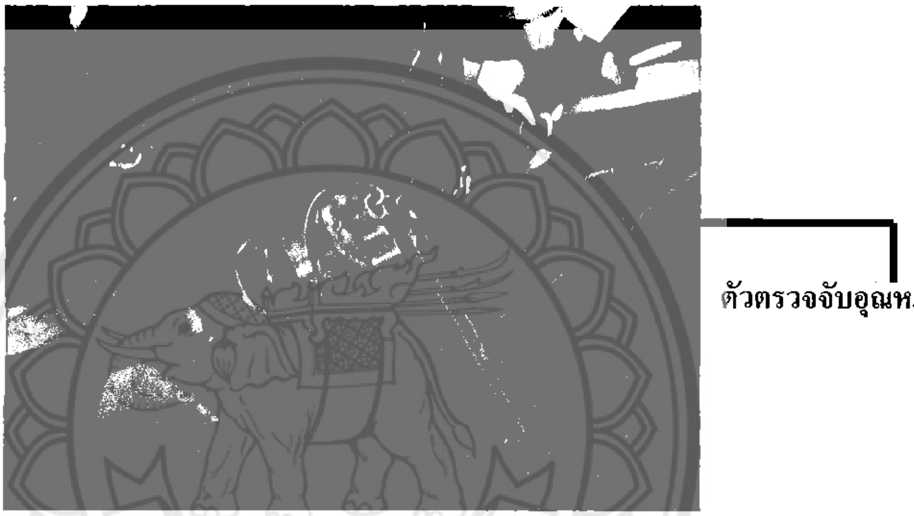
วิธีการติดตั้งตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี

วิธีการติดตั้งตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี สามารถทำได้โดยทำการเจาะท่อไอดีบริเวณส่วนท่อตรงของท่อไอดี ก่อนที่ถึงส่วนที่แยกออกเป็น 4 ส่วน ที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เพื่ออ่านความดันของรอบเครื่องที่โหลดต่างๆ โดยกล่อง ECU สั่งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงตามโหลดของรอบเครื่องที่ได้รับจาก ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีและให้ความดันที่ ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีอ่านได้มีค่าได้แม่นยำที่สุด ดังรูปที่ 3.2 รูที่เจาะนั้นมีขนาด 6 มิลลิเมตร และทำการฝังท่อพลาสติก 3 ทาง ที่มีลักษณะเหมือนตัว T ซึ่งเป็นท่อพลาสติกด้านล่างฝังอยู่กับท่อไอดี และที่ปลายอีกทั้ง 2 ต่อเข้าตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีและตัว

ปรับความดันน้ำมัน(Regulator) ดังรูปที่ 3.2 โดย เซนเซอร์นี้เป็นเซนเซอร์ของรถยนต์ รุ่น TOYOTA SULUNA 1600 ซีซี.

หมายเหตุ ในการติดตั้งตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีนั้น ควรที่ไม่ให้มีรอยรั่วเพื่อไม่ให้ความดันที่วัดได้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

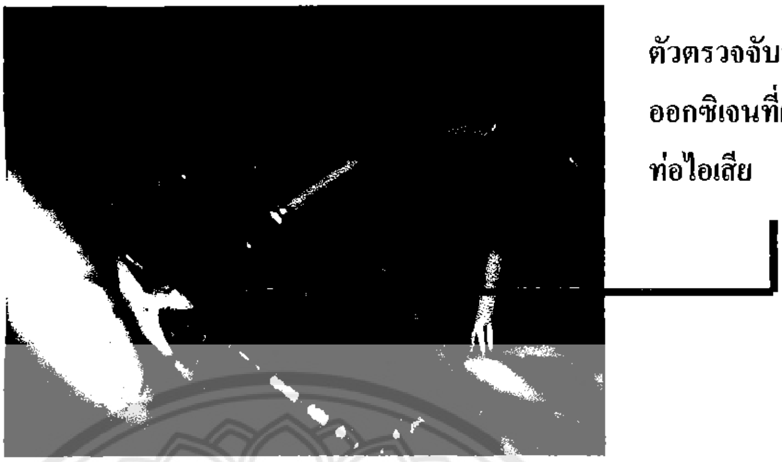
3.1.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Coolant Temperature sensor)



รูปที่ 3.3 การติดตั้ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เครื่องยนต์

การติดตั้ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ติดตั้งไว้ตรงที่ทางเข้าของน้ำหล่อเย็นก่อนเข้าเสื้อสูบของเครื่องยนต์เพื่อให้วัดค่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ ถ้าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นมากเกินไป กล่อง ECU สั่งให้พัดลมหม้อน้ำทำงานเพื่อระบายความร้อนในที่นี้ใช้เซนเซอร์ที่ติดกับเครื่องยนต์มา

3.1.4 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor)



ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ฝังลงไปในท่อไอเสีย

รูปที่ 3.4 การติดตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนเข้ากับท่อไอเสีย

วิธีการติดตั้งตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน

การติดตั้งตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนติดตั้งไว้ที่ท่อรวมของท่อไอเสียเพื่อวัดปริมาณ ค่าออกซิเจนที่ออกมาจาก การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ทั้ง 4 สูบ และส่งสัญญาณกลับไปที่กล่อง ECU เพื่อประเมินการฉีดจ่าย น้ำมันและอากาศ ให้เผาไหม้ได้อย่างเหมาะสม

ในที่นี้ติดตั้งไว้ที่บริเวณที่ห่างจากท่อร่วมไอเสียเล็กน้อยเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง และตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนชนิดนี้มีตัวทำความร้อน (Heater) ในการอุ่นตัวมันเอง เพื่อการวัดค่าที่แม่นยำ จึงสามารถติดห่างจากท่อร่วมไอเสียได้เข้าไป ดังรูปที่ 3.4 โดย ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนนี้เป็นตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนของรถยนต์ HONDA JAZZ

3.2 การติดตั้งชุดหัวฉีด

รูปที่ 3.5 การติดตั้งชุดหัวฉีด

วิธีการติดตั้งชุดหัวฉีด

สามารถทำได้โดยติดตั้งกับท่อเล็กที่แยกออกมาจากท่อร่วมประจุไอดีทั้งหมด 4 ท่อ โดยท่อนี้ได้ทำการออกแบบเพื่อสำหรับการติดตั้งชุดหัวฉีดโดยเฉพาะ ดังรูปที่ 3.5 โดยหัวฉีดนั้นเป็นของรถยนต์ MITSUBISHI 2000 ซีซี แต่รางของหัวฉีดนั้นเป็นของเดิมที่ติดมากับเครื่องยนต์ KAWASAKI รุ่น ZX 636 ข้อสำคัญคือ ในการติดตั้งนั้นชุดหัวฉีดต้องมีความมั่นคงแข็งแรง ไม่เกิดการรั่วของน้ำมันเชื้อเพลิง และที่รางของหัวฉีดนั้นมีท่อยางไว้สำหรับต่อกับตัวปรับความดันน้ำมันเชื้อเพลิง (Regulator) ให้คงที่

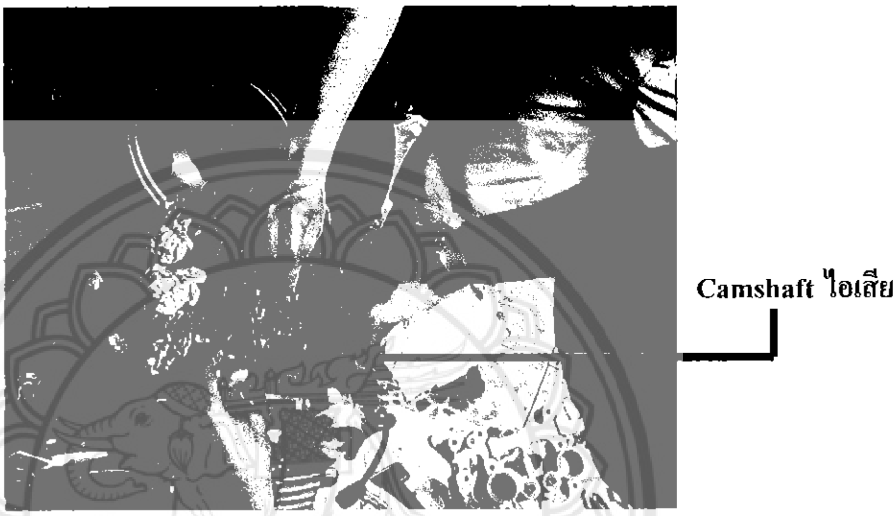
3.3 การติดตั้งระบบจานจ่าย

วิธีการติดตั้งชุดของจานจ่าย

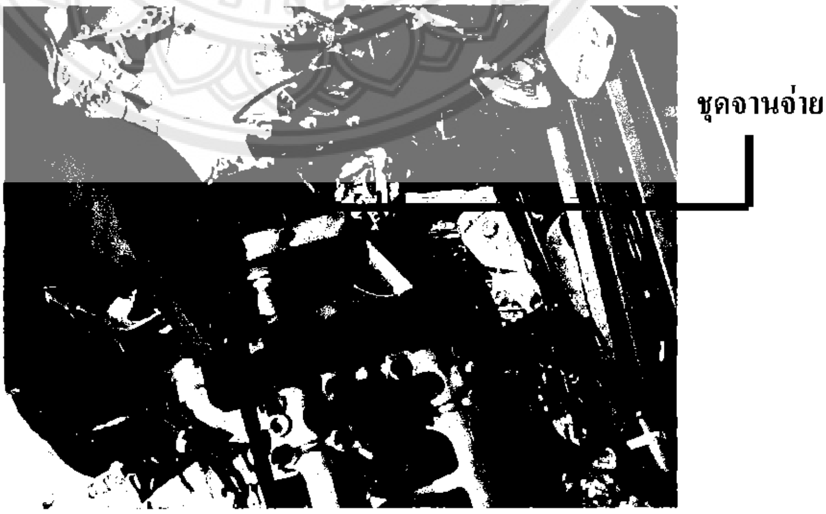
การติดตั้งชุดจานจ่ายสามารถทำได้โดยทำการกลึงเจาะแกนเพลาลูกเบี้ยว (Camshaft) ด้านไอเสีย จากนั้นกลึงชุดเสื้อของจานจ่ายที่เป็นอะลูมิเนียม และเชื่อมยึดติดกับเสื้อสูบของเครื่องยนต์ดังรูปที่ 3.6 จากนั้นนำจานจ่ายที่เตรียมไว้มาสวมเข้ากับเสื้อของจานจ่ายและทำการยึดติดกับแกนเพลาลูกเบี้ยวที่ได้ทำการเจาะรูเตรียมไว้แล้ว จากนั้นทำการประกอบประกับยึดลูกเบี้ยวและฝาของเสื้อเครื่องยนต์ให้เรียบร้อย ดังรูปที่ 3.7 โดยจานจ่ายนี้เป็นของรถยนต์ MITSUBISHI LANSER และข้อจำกัดของการติดตั้งจานจ่าย คือ ต้องมีการยึดที่แน่น ไม่เคลื่อนจากตำแหน่งเดิม เพราะว่าถ้าหากจานจ่ายหมุนเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิม องศาไฟจุดระเบิดที่

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จ่ายให้กับเครื่องยนต์อ่อนหรือแก่ ต่างกันไป ถ้าองศาไฟจุดระเบิดอ่อน ทำให้เครื่องยนต์ไม่มีกำลัง และถ้าหากองศาไฟจุดระเบิดแก่เกินไป ทำให้เครื่องยนต์นั้นมีเสียงดัง จนถึงขั้นเครื่องยนต์น็อกได้ และข้อจำกัดอีกอย่าง คือ บริเวณรอยต่อระหว่างจานจ่ายกับเสื้อของจานจ่ายนั้นจะมีน้ำมันเครื่องไหลออกมา จึงควรที่จะใส่ซิลเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำมันเครื่อง



รูปที่ 3.6 การติดตั้งชุด camshaft ไอดีและไอเสีย



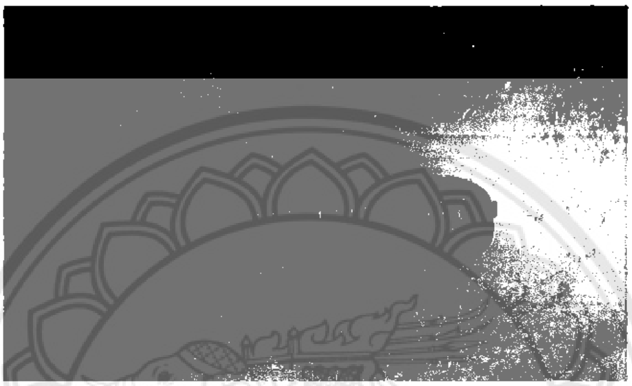
รูปที่ 3.7 การติดตั้งจานจ่ายเข้ากับ camshaft

รูปที่ 3.8 สายไฟที่ออกมาจากจานจ่าย

สัญญาณจากจานจ่ายจะมีสัญญาณเข้า (Home) กับสัญญาณสั่งการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ (Trigger) ออกมาสัญญาณ Home เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังกล่อง ECU ให้รู้ว่าลูกสูบที่ 1 กำลังจะเข้าที่ตำแหน่ง (BTDC) และสัญญาณ Trigger เป็นสัญญาณสั่งการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ สายไฟที่จานจ่ายมี 4 สาย ดังรูปที่ 3.8 คือ สาย Home ,Trigger, ground 2 เส้น สามารถใช้มัลติมิเตอร์ในการตรวจเช็คได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตรวจวัดที่ 2 สาย แล้วหมุนจานจ่ายให้ครบ 1 รอบ ถ้าค่าความต้านทานเปลี่ยน 1 ครั้งแสดงว่าเป็นสัญญาณของ Home และถ้าค่าความต้านทานเปลี่ยน 4 ครั้งแสดงว่าเป็นสัญญาณ Trigger โดยสัญญาณของ Home ต่อเข้ากับช่องที่ 13 ของกล่อง ECU สัญญาณของ Trigger ต่อเข้ากับช่องที่ 6 ของปลั๊กเสียบกล่อง ECU และ ground ต่อเข้ากับช่อง 26 ของกล่องECU ซึ่งสายสัญญาณกับ ground สามารถ สลับกันได้[5]

3.4 การติดตั้งสายไฟของระบบเซนเซอร์เข้ากับกล่อง ECU Haltech E6X

การติดตั้งสายไฟของระบบเซนเซอร์เข้ากับกล่อง ECU นั้นสามารถทำได้โดยต่อสายไฟจากเซนเซอร์แต่ละชนิดมายังปลั๊กเสียบ ดังรูปที่ 3.10 และอีกด้านหนึ่งของปลั๊กมีช่องสำหรับเสียบต่อกับกล่อง ECU ซึ่งการเสียบหรือถอด สามารถทำได้อย่างสะดวกดังรูปที่ 3.9

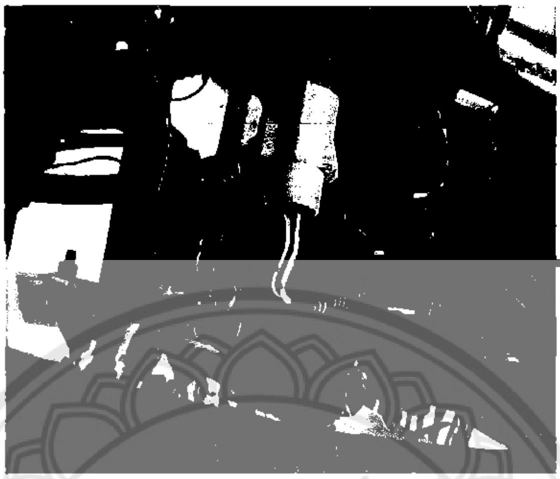


รูปที่ 3.9 ปลั๊กสำหรับเสียบกับกล่อง ECU

รูปที่ 3.10 ปลั๊กสำหรับเสียบกับกล่อง ECUและช่องที่ทำการต่อสายไฟ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.4.1ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Inlet Air Temperature sensor)



สายไฟออกจาก
เซนเซอร์ และ
ต่อไปยัง กล่อง
ECU

รูปที่ 3.11 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

สายหนึ่งเป็น ground แล้วต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 26 และอีกสายหนึ่งเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าออกมาต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 29[5] โดยสายทั้ง 2 สายสามารถสลับกันได้

3.4.2ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี MAP sensor (Manifold Absolute Pressure Sensor)

สายไฟออกจากเซนเซอร์
และต่อไปยัง กล่อง ECU

รูปที่ 3.12 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของ ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี

ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี มีทั้งหมด 3 สายสามารถใช้มัลติมิเตอร์ในการตรวจหาได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตรวจเช็คทีละ 2 สาย พร้อมกับดูคสายตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีไปด้วยถ้าตรวจวัดแล้วค่าความต้านทานไม่เปลี่ยนแสดงว่า 2 สายนี้เป็น สายไฟเข้า กับสาย ground อีกสายหนึ่ง เป็นสายสัญญาณเข้ากล่อง ECU แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดโดยสายหนึ่งต่อเข้ากับสายสัญญาณถ้าวัดค่าความต้านทานได้มากแสดงว่าเป็นสายไฟเข้าและถ้าวัดค่าความต้านทานได้น้อยแสดงว่าเป็นสาย ground ซึ่งสายหนึ่งจะเป็น ground แล้วต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 26 อีกสายหนึ่งจะเป็นไฟที่ผ่านความต้านทานทางไฟฟ้าออกมาต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 11 และอีกสายหนึ่งเป็นสายไฟเข้า 5 V ซึ่งจะต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 18 [5]

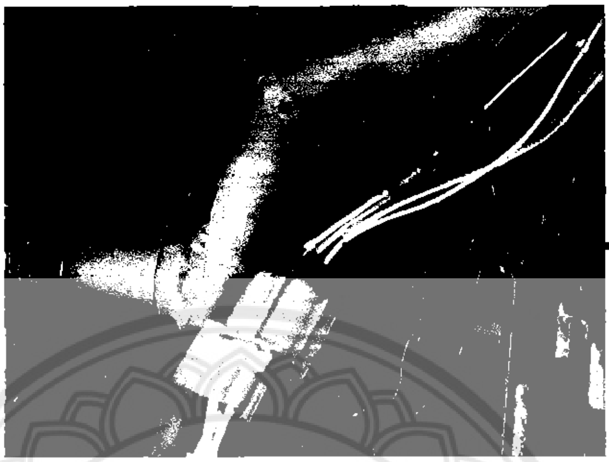
3.4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Coolant Temperature sensor)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ 3.13 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

ซึ่งสายหนึ่งเป็น ground แล้วจะต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 26 อีกสายหนึ่งเป็นไฟที่ผ่านความต้านทานทางไฟฟ้าออกมาต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 30 [5] ซึ่งสายทั้ง 2 สายสามารถสลับกันได้

3.4.4 ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor)



สายไฟออกจากเซนเซอร์ และ ต่อไปยัง กล่อง ECU

รูปที่ 3.14 สายสำหรับต่อกับกล่อง ECU ของตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน

ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนมีทั้งหมด 4 สาย โดย 2 สายแรกเป็นสัญญาณตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน และอีก 2 สายเป็นตัวทำความร้อน (Heater) เพื่ออุ่นตัวมันเอง สามารถใช้มัลติมิเตอร์ในการตรวจหาสายทั้ง 4 สาย ได้ โดยใช้ไฟเผาให้ความร้อนที่ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนแล้วใช้มัลติมิเตอร์ตรวจวัดที่ละ 2 สาย ถ้า 2 สายไหนมีความต้านทานเปลี่ยนแปลงแสดงว่า 2 สายนั้นเป็นสายสัญญาณของเซนเซอร์ และอีก 2 สายที่เหลือจะเป็นตัวทำความร้อน โดยสายสัญญาณเซนเซอร์ สายหนึ่งจะเป็น ground แล้วต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 26 อีกสายหนึ่งเป็นสัญญาณความต้านทานทางไฟฟ้าที่ออกมาจากตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อเข้ากับปลั๊กช่องที่ 2 ซึ่งสายทั้ง 2 สายสามารถสลับกันได้ และอีก 2 สายเป็น Heater เป็นกระแสไฟเข้า 12 V หนึ่งสายและสาย ground ซึ่งสายทั้ง 2 สายสามารถสลับกันได้[5]

3.4.5 หัวฉีด (Injector)

ที่สำหรับเสียบสายไฟที่ส่งเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าออกมาจากกล่อง ECU

รูปที่ 3.15 รางและชุดของหัวฉีด

สายไฟของหัวฉีดแต่ละหัวฉีดมี 2 สาย ซึ่งสายทั้ง 2 สายสามารถสลับกันได้โดยสายหนึ่งจะเป็นสายไฟเข้า 12 V เข้าอยู่ตลอดเวลาและอีกสายหนึ่งจะเป็นสายที่มาจากกล่อง ECU ซึ่งสัญญาณที่ออกจากกล่อง ECU จะเป็น ground เพื่อสั่งเปิด-ปิดหัวฉีดเมื่อครบวงจร โดยหัวฉีดที่ 1-4 สัญญาณ ground ที่ออกมาจากกล่อง ECU ต่อออกจากช่องที่ 19-22 ของปลั๊กตาม ลำดับ[5]

3.4.6 คอยล์

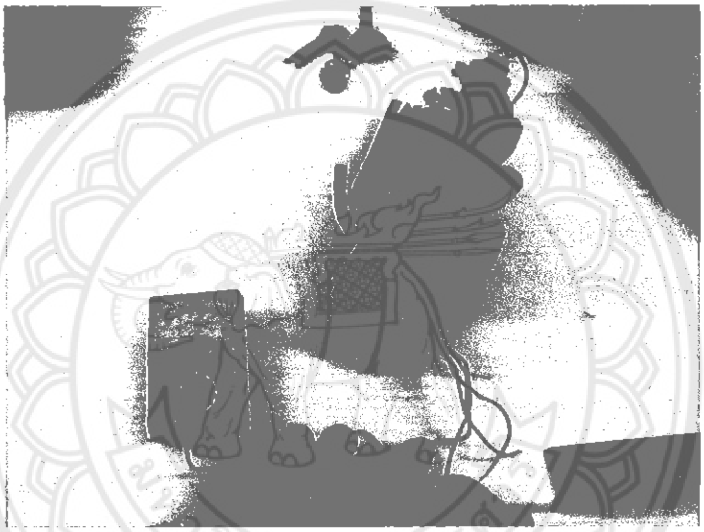
สายไฟออกจากคอยล์และต่อไปยัง กล่อง ECU

รูปที่ 3.16 สายไฟจากคอยล์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เป็นตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ออกจากกล่อง ECU ให้สูงขึ้นเพื่อส่งไปยังหัวเทียนให้จุดประกายไฟในการจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยสายไฟที่ต่อกับคอยล์แต่ละตัวมีสายหนึ่งต่อลง ground ทิ้งไว้และอีกสายหนึ่งเป็นสัญญาณต่อเข้ากับกล่อง ECU โดยคอยล์ตัวที่ 1 จะต่อเข้ากับช่องที่ 35 ของปลั๊กเพื่อจุดระเบิดสูบที่ 2 ,3 และคอยล์ตัวที่ 2 ต่อเข้ากับช่องที่ 36 ของปลั๊กเพื่อจุระเบิดสูบที่ 1,4 ซึ่งสายทั้ง 2 สายที่ต่อเข้ากับคอยล์แต่ล่ะตัวสามารถสลับกันได้ [5]

3.4.7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor)



รูปที่ 3.17 การตรวจเช็คสายของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

สายที่ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งมีทั้งหมด 3 สาย คือ สายไฟเข้า สาย ground และสายสัญญาณ ซึ่งสามารถใช้มัลติมิเตอร์ในการตรวจเช็คได้ดังรูปที่ 3.18 ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจเช็คทีล่ะ 2 สายโดยทำการเปิด/ปิด ลิ้นเร่งไปด้วย ถ้าความต้านทานไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าเป็นสายไฟเข้ากับสาย ground และอีกสายหนึ่งก็จะเป็นสายสัญญาณ ทำการใช้มัลติมิเตอร์ตรวจเช็คโดยปิดลิ้นเร่งไว้โดยสายหนึ่งของมัลติมิเตอร์ต่อกับสายสัญญาณ ถ้าวัดได้ค่าความต้านทานมากแสดงว่าเป็นสายไฟเข้าและถ้าวัดได้ค่าความต้านทานน้อยแสดงว่าเป็น ground โดยสายไฟเข้าจะต่อเข้ากับช่อง 18 ของปลั๊ก สาย ground ต่อเข้ากับช่อง 26 ของปลั๊ก และสายสัญญาณต่อเข้ากับช่อง 31 ของปลั๊ก

3.5 การออกแบบท่อรวมไอดี

ในการออกแบบท่อรวมไอดี อ้างอิงตามทฤษฎีการออกแบบตัว Restrictor จากการเข้าร่วมฟังการบรรยายในการออกแบบรถ Formula student 2009 กล่าวคือ ตามหลักทฤษฎีองศาการเอียงของตัว Restrictor เอียง 15 องศา เมื่อเทียบกับแนวระดับแต่ในการแข่งขัน Formula student ในประเทศญี่ปุ่นทีมที่มีประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ดีที่สุดองศาการเอียงของตัว Restrictor จะเอียงอยู่ที่ 7 องศาเมื่อเทียบกับแนวระดับ ทั้งนี้จึงได้ทำการออกแบบและจัดทำตามทีมที่มีประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ดีที่สุดของประเทศญี่ปุ่นมาใช้กับเครื่องยนต์ของรถ Formula student 2009 ที่จัดทำขึ้น

รูปที่ 3.18 ท่อร่วมไอดีที่ทำการออกแบบ

บทที่ 4

วิธีการคำนวณและผลการทดลอง

4.1 วิธีการคำนวณ

4.1.1 วิธีการคำนวณหาอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง (Air fuel ratio)

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ขนาดเล็กส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซลีน (Gasoline) แต่รถฟอร์มูล่าที่ใช้ในการแข่งขัน ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซฮอล์ 95 (Gasohol 95) เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย ว่ารถฟอร์มูล่าทุกคันที่เข้าร่วมการแข่งขันในรายการ TSAE Auto Challenge 2009 Student Formula ต้องใช้เชื้อเพลิงที่เป็นแก๊สโซฮอล์ 95 โดยแก๊สโซฮอล์ 95 ประกอบด้วย แก๊สโซลีน 90 เปอร์เซ็นต์ และเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์

สามารถเขียนเป็นสมการทางเคมีได้ดังนี้

$$\text{แก๊สโซฮอล์ 95} = 0.9\,C_{8.26}H_{15.5} + 0.1\,C_2H_5OH$$ [9]

- สมดุลสมการทางเคมีที่ Stoichiometry

สารตั้งต้น(เชื้อเพลิง) | สารตั้งต้น(อากาศ) | สารผลิตภัณฑ์

$$\underbrace{0.9C_{8.26}H_{15.5} + 0.1C_2H_5OH}_{\text{สารตั้งต้น(เชื้อเพลิง)}} + \underbrace{a(O_2 + 3.76N_2)}_{\text{สารตั้งต้น(อากาศ)}} \rightarrow \underbrace{bCO_2 + cH_2O + dN_2}_{\text{สารผลิตภัณฑ์}} \quad \text{........(4.1)}$$

ทำสมดุลสมการทางเคมี จะได้

N_2 : $3.76a = d$ ....(4.2)

C : $0.9(8.26) + 0.1(2) = b$; $b = 7.834$

H : $0.9(15.5) + 0.1(6) = 2c$; $c = 7.275$

O_2 : $a = 11.22$

แทน a ลงใน(4.2) จะได้

$d = 42.19$

นำค่าตัวแปรแทนลงใน(4.1)จะได้

$$0.9C_{8.26}H_{15.5} + 0.1C_2H_5OH + 11.172\,(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow 7.634\,CO_2 + 7.375\,H_2O + 42\,N_2$$

.... (4.3)

โดยการสมดุลสมการเคมีในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง สมมติให้มีการเผาไหม้ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ มีส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ ประกอบด้วย น้ำ (H_2O) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ไม่เหลือ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และก๊าซออกซิเจน (O_2) หรือก๊าซอื่น ๆ ดังสมการที่ (1)

- **คำนวณหาอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) ที่ Stoichiometry**

A/F = มวลโมเลกุลอากาศ / มวลโมเลกุลเชื้อเพลิง

$$A / F = \frac{m_{air}}{m_{fuel}} \qquad .... (4.4)$$

$$= \frac{11.1729\,[(32) + (3.76 \times 28)]kg_{air}}{0.9[(12 \times 8.26) + (1 \times 15.5)] + 0.1[(12 \times 2) + (1 \times 5) + (16 \times 1) + (1 \times 1)]kg_{fuel}}$$

= 14.23 kg air / kg fuel

การเผาไหม้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ของแก๊สโซฮอล์ 95 ได้อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเท่ากับ 14.23 kg air / kg fuel

4.1.2 คำนวณหา Equivalence ratio (ϕ)

$$\phi = \frac{(A/F)_{stoich}}{(A/F)_{actual}} \qquad \text{..........(4.5)}$$

A/F_{actual} จะมีค่าเท่ากับ 12.5 โดยวัดได้จากการทดลอง เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (4.5)

จะได้

$$\phi = \frac{14.23}{12.5}$$
$$= 1.1384$$

จากการคำนวณหา ϕ อยู่ในเงื่อนไข ที่มีปริมาณเชื้อเพลิงเกิน ($\phi > 1$; Rich combustion) เนื่องจากในการแข่งขันรถฟอร์มูล่า นั้นต้องการกำลังของเครื่องยนต์ที่สูง จึงต้องมีอัตราส่วนผสมปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงต่ำกว่าทางทฤษฎี

- **สมดุลสมการทางเคมีที่การเผาไหม้จริง**

$$0.9C_{8.26}H_{15.5} + 0.1C_2H_5OH + a(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow bCO_2 + cH_2O + dN_2 + eCO$$

..........(4.6)

จาก $\phi = 1.1384$

ทำการสมดุลสมการ จะได้

$$a_{actual} = \frac{a_{stoic}}{\phi} = \frac{11.22}{1.1384} = 9.86$$; (a คือ ค่าจำนวนโมลโมเลกุลของอากาศ)

N_2 : 9.86(3.76) = d ; d = 37.06

C : $0.9(8.26) + 0.1(2) = b + 0 + e$

$7.634 = b + 0 + e$ ....(4.7)

H : $0.9(15.5) + 0.1(6) = \frac{c}{2}$

$7.275 = 0 + 0.5c + 0$ ....(4.8)

O : $0.1 + a(2) = \frac{b}{2} + c + e$

$19.82 = 0.56 + c + e$ ....(4.9)

จาก (4.7) ,(4.8) และ (4.9) จะได้

b = 4.728

c = 14.55

e = 2.91

แทนลงใน (4.6) จะได้

$$0.9C_{8.26}H_{15.5} + 0.1C_2H_5OH + 9.86(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow 4.728CO_2 + 14.55H_2O + 37.07N_2 + 2.91CO$$

............(4.10)

เนื่องจากในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นแบบปริมาตรคงที่ (Constant – volume) การหาอุณหภูมิในอุดมคติในห้องเผาไหม้ (Adiabatic frame temperature) จึงใช้สมการ ดังนี้

$$H_{reac} - H_{prod} - Ru\left(N_{reac}T_{in} - N_{prod}T_{ad}\right) = 0$$ [9]

.........(4.11)

จากสมการที่ (4.11) ต้องทำการสมมติค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ในอุดมคติ (T_{ad}) โดยค่าค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่เริ่มทำการสมมติเริ่มที่ 2000 K โดยสามารถหาค่าความร้อน ($\overline{h}^{o}{}_{f}$:Heat of formation) ได้ดังนี้

สูตรทางเคมี	ชนิดของสาร	จำนวนโมลโมเลกุล (kmol)	$\overline{h}^{o}{}_{f@298K}$ $(kJ/kmol)$	$\overline{h}^{o}(T)-\overline{h}^{o}{}_{f}(298)_{@2000K}$ $(kJ/kmol)$
$C_{8.26}H_{15.5}$	แก๊สโซลีน	114.8	-208500	-
C_2H_5OH	เอทานอล	46.07	-277690	-
CO	คาร์บอนมอนนอกไซด์	28	-110541	56737
CO_2	คาร์บอนไดออกไซด์	44	-393546	91420
H_2O	น้ำ	18	-241845	72805
N_2	ไนโตรเจน	28	0	56130
O_2	ออกซิเจน	32	0	-

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนเชื้อเพลิงก่อนเข้าห้องเผาไหม้ ($\overline{h}^{o}{}_{f}$) และหลังเข้าห้องเผาไหม้ ($\overline{h}^{o}(T)-\overline{h}^{o}{}_{f}(298)$)

4.1.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่สมมติ

- **คำนวณหาค่าความร้อนจากสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์**

จากสมการที่ (4.11) จะได้

$$H_{reac} = \sum_{reac} N_i \overline{h_i}$$

$$= 0.9(-208500) + 0.1(-277690) + 9.86(0) + 37.07(0)$$

$$= -215419 \quad kJ$$

$$H_{prod} = \sum_{prod} N_i \overline{h_i}$$

$$= 4.728(-393546+91420)+14.55(-241845+72805)+37.07(0+56130)+$$
$$2.91(-110541+56737)$$

$$= -1966607.53 \quad kJ$$

- **คำนวณหาจำนวนโมลเลกุลของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์**

สารตั้งต้น			สารผลิตภัณฑ์		
$C_{8.26}H_{15.5}$	0.9	kmol	CO_2	4.728	kmol
C_2H_5OH	0.1	kmol	CO	2.91	kmol
O_2	9.86	kmol	N_2	37.07	kmol
N_2	37.07	kmol	H_2O	14.55	kmol

$$\sum N_{reac} = 47.93 kmol \qquad \sum N_{prod} = 59.19 kmol$$

แทนลงใน (4.11) จะได้

$$T_{ad} = \frac{H_{prod} - H_{reac} + RuN_{reac}T_{in}}{R_u N_{prod}}$$

$$= \frac{[-196607.538 - (-215419) + (8.315 \times 47.93 \times 298)]kJ}{(8.315 \times 59.19)kJ/K}$$

= **-3313.56 K**

จากนั้นทำการสมมติค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่อุดมคติแล้วทำการคำนวณตามข้างต้น แล้วค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้นั้น ต้องมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิที่สมมติ โดยผลสรุปเป็นดังตาราง ที่ 4.2

จำนวนครั้ง	T(K)	Tad (K)
1	2000	-3313.56
2	3000	1880.01
3	3500	4476.79
4	3300	3438.08
5	3200	2918.72
6	3250	3178.4
7	3260	3230.34
8	**3265**	**3246.3**
9	**3267**	**3266.69**
10	**3267.1**	**3267.2**
11	3267.2	3267.73

ตารางที่ 4.2 ผลค่าอุณหภูมิที่ทำการสมมติเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ทำการคำนวณ

จากตารางค่าอุณหภูมิที่ทำการสมมติเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ทำการคำนวณ มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ที่ 3267.1 K

4.1.3 คำนวณหากำลังของเครื่องยนต์ ($\overset{o}{Q}_{reac}$)

การคำนวณหากำลังของเครื่องยนต์ คือ การนำการถ่ายเทความร้อนจากห้องเผาไหม้ (Q_{reac}) คูณกับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง ($\overset{o}{m}_{fuel}$)

$$\overset{o}{Q}_{reac} = \overset{o}{m}\, Q_{reac} \qquad \text{.......................(4.12)}$$

โดยอัตราการไหลของเชื้อเพลิงนั้นสามารถหาได้โดยถอดชุดหัวฉีดมาทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และจับเวลา ค่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่วัดได้อยู่ที่ประมาณ 0.05 kg/s

จาก $\quad Q_{reac} = -215419$ kJ/kmol of gasohol

Gasohol $= 0.9C_{8.26}H_{15.5} + 0.1C_2H_5OH$

$= 0.9(114.8) + 0.1(46.07)$

$=$ **107.927 kg/kmol**

จะได้ $\quad Q_{reac} = \dfrac{-215419}{107.927}$

$=$ **-1995.97 kJ/kg** (คายความร้อน)

แทนค่าลงในสมการที่ (8) จะได้

$\overset{o}{Q}_{reac} = 1995.97(0.05)$

$= 99.8$ kJ/s

= 99.8 kW

1 hp = 0.746 kW

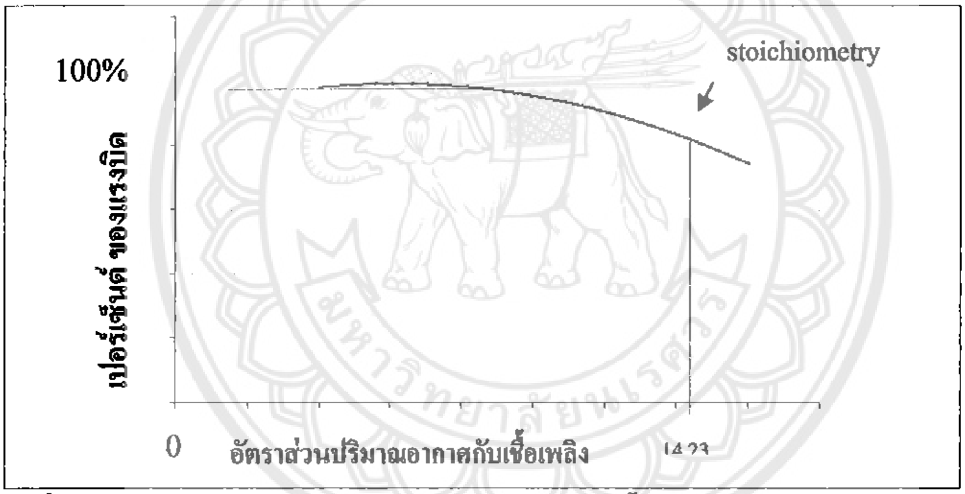
จะได้กำลังของเครื่องยนต์ $= \dfrac{99.8}{0.746}$

= 133.8 hp

กำลังของเครื่องยนต์ที่คำนวณได้นั้น เป็นกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ในอุดมคติใช้เพื่อเปรียบเทียบว่ากำลังของเครื่องยนต์ไม่สามารถที่มากกว่านี้ได้ เนื่องจากการทำงานของเครื่องยนต์จริงนั้นต้องมีการสูญเสีย (Loss) เช่น การสูญเสียที่ระบบชุดเกียร์ กระบอกสูบ น้ำมันเครื่อง ชุดลูกปืน ระบบส่งกำลัง ระบบเบรก ยาง เป็นต้น ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ที่แท้จริงนั้น ต้องน้อยกว่า 133.8 แรงม้า และวิธีวัดกำลังของเครื่องยนต์ที่ดีที่สุด คือ การนำเครื่องยนต์ทดสอบกับเครื่องไดนาโมมิเตอร์

4.2 ผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์แรงบิดของเครื่องยนต์ ในการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 ที่ต้องการแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 เปอร์เซ็นต์ จำเป็นต้องขึ้นไดนาโมมิเตอร์ เพื่อให้ได้ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์สูงสุด อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) อยู่ที่ 14.23 (stoichiometry) ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการลดอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) ลงโดยการปรับแต่งให้กล่อง ECU สั่งจ่ายเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเพื่อให้เครื่องยนต์มีแรงบิดเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการลดอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) ลงไปถึงค่าหนึ่ง ทำให้ได้แรงบิดของเครื่องยนต์อยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ (ค่าของแรงบิดสูงสุด) และเมื่อทำการลดอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) ลงไป (สั่งจ่ายเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น) ทำให้แรงบิดของเครื่องยนต์ลดลง



รูปที่ 4.1 แนวโน้มระหว่างอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของแรงบิด

จากการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงในรถฟอร์มูล่า มีการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรถวิ่งบนถนน ซึ่งทำการปรับแต่งให้กล่อง ECU อ่านค่าจากตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนขณะกดคันเร่ง (เปิดลิ้นเร่ง) ให้มีค่าใกล้เคียงกับ 900 – 945 มิลลิโวลต์ มากที่สุดซึ่งอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงอยู่ที่ 12.5 : 1 เพื่อให้เครื่องยนต์มีอัตราเร่งที่ต่อเนื่องและได้กำลังแรงบิดที่สูงสุดจากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลขณะรถวิ่งบนถนนแล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อปรับแต่งน้ำมัน เพื่อให้คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลจากกล่อง ECU แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์

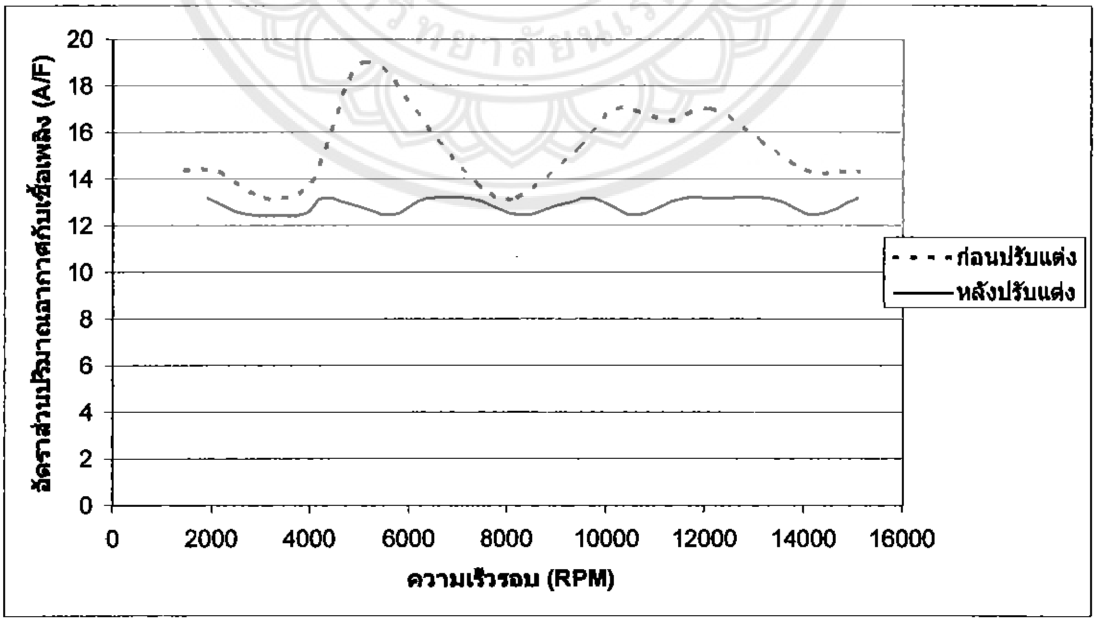
จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า อัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิง เปอร์เซ็นต์แรงบิดและค่าคุณสมบัติ โดยข้อมูลที่แสดงดังในตารางนี้ สามารถที่ทำการเปรียบเทียบได้ เช่น เมื่อต้องการคุณสมบัติที่ประหยัด อัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงอยู่ที่ ~ 15 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนอยู่ที่ 90-135 มิลลิโวลต์ และเปอร์เซ็นต์แรงบิดอยู่ที่ 95 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากรถฟอร์มูล่าที่นำไปทำการแข่งขันต้องการสมรรถนะที่สูงและแรงบิดสูงสุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องปรับแต่งอัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงต้องปรับให้อยู่ที่ 12.5 โดยค่าของตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนในตารางอยู่ที่ 0 – 1 โวลต์ และตารางนี้ใช้เพื่ออ้างอิงในการปรับแต่ง

แรงดันไฟฟ้า (mV)	อัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิง	เปอร์เซ็นต์แรงบิด(%)	คุณสมบัติ
>945	<12	<98	ส่วนผสมมากเกินไป
900-945	~12.5	100	ส่วนผสมมากกว่า(ปรับแต่ง)
855-900	~13.2	99	ส่วนผสมมาก(ปรับแต่ง)
810-855	13.8	98	ส่วนผสมที่ดี
540-810	14.3	98	ส่วนผสมที่ดี
225-540	14.4	97	ส่วนผสมที่ดี
180-225	14.7	97	ส่วนผสมในอุดมคติ (ปกติ)
135-180	~15	96	ส่วนผสมที่ดี
90-135	~15.3	95	ประหยัด
45-90	15.4-18	74-94	ส่วนผสมน้อย
<45	>18	?	ส่วนผสมน้อยมาก

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F Ratio) [12]

จากรูปที่ 4.2 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) ที่วัดได้จากตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน โดยทำการทดลองก่อนการปรับแต่งและหลังการปรับแต่ง ก่อนปรับแต่งค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงแกว่งขึ้นลง แต่เมื่อปรับแต่งแล้วสังเกตได้ว่ากราฟราบเรียบขึ้น กล่าวคืออัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงค่อนข้างจะคงที่

ก่อนการปรับแต่งช่วงรอบเครื่องยนต์ 3000 rpm และ 8000 rpm อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงที่วัดได้จากตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 12:1 – 12.5:1 แสดงว่ากล่อง ECU สั่งจ่ายเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศอยู่ในช่วงที่ให้แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ที่ดีโดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.3 และกราฟก่อนการปรับแต่งสูงขึ้น ในช่วงความเร็วรอบที่ 5000 rpm และช่วงความเร็วรอบ 10000 rpm – 13000 rpm เพราะว่า กล่อง ECU สั่งจ่ายเชื้อเพลิงน้อยทำให้อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง สูงทำให้แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ลดลง ดูตารางที่ 4.3 โดยที่ความเร็วรอบค่าอื่นๆที่ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนตรวจวัดค่า ได้ค่าของอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง ขึ้น หรือลงไม่คงที่นั้น หมายความว่าอัตราการสั่งจ่ายเชื้อเพลิงไม่เหมาะสมกับปริมาณของอากาศ ที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ ดังนั้นควรทำการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงในช่วงที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงสูงกว่า 12:1 – 12.5:1

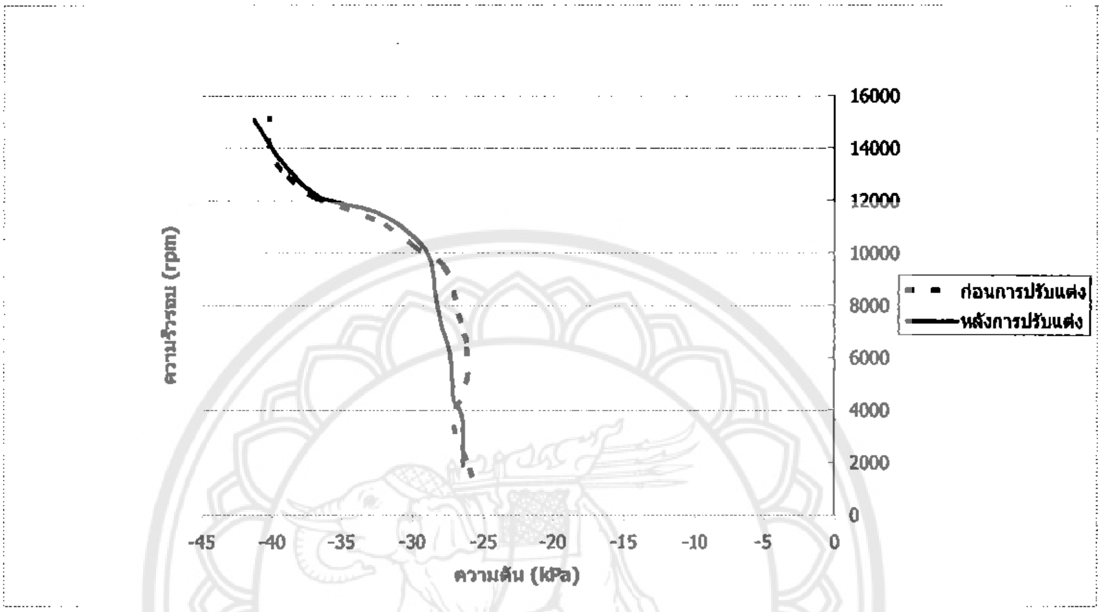


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F)

โดยการเพิ่มปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงให้มากขึ้นและช่วงที่อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงต่ำกว่า 12:1 – 12.5:1 ทำการลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงให้มากเพื่อให้ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนตรวจวัดค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง ให้ได้อยู่ในช่วง 12:1 – 12.5:1 และคงที่ในทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพื่อให้ได้แรงบิดสูง อัตราเร่งและกำลังของเครื่องยนต์ที่ดีและต่อเนื่องดีขึ้น และหลังการปรับแต่งมีการแกว่งของกราฟน้อยกว่าก่อนการปรับแต่ง กล่าวคือ ค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงที่วัดได้จากตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจนหลังการปรับแต่ง มีค่าค่อนข้างคงที่ที่ 12:1- 12.5:1 สำหรับทุกๆความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยได้แรงบิด อัตราเร่งและกำลังของเครื่องยนต์ที่ดีและต่อเนื่องโดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดัน โดยวัดได้บริเวณท่อร่วมไอดีมีค่าติดลบ เนื่องจากเป็นความดันจากการดูดอากาศของเครื่องยนต์ โดยกราฟก่อนการปรับแต่งช่วงความเร็วรอบ 1400 rpm ถึง 9400 rpm ความดันเปลี่ยนแปลงไม่ต่อเนื่อง แสดงว่าปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้กำลังแรงบิดและอัตราเร่งของเครื่องยนต์มีความไม่ต่อเนื่อง ส่งผลทำให้เครื่องสะดุด และกราฟหลังการปรับแต่งช่วงความเร็วรอบ 2000 rpm ถึง 9600 rpm พบว่า ความดันเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง แสดงว่า ปริมาณอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้กำลังแรงบิดและอัตราเร่งของเครื่องยนต์มีความต่อเนื่องดีขึ้นเมื่อเทียบกับกราฟก่อนการปรับแต่ง เส้นกราฟก่อนการปรับแต่งช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 9400 rpm ถึง 12000 rpm ความดันเปลี่ยนแปลงมาก กล่าวคือ ผลต่างของความดันมาก โดยเป็นช่วงที่มีอัตราเร่งของเครื่องยนต์ที่เร็วและกำลังแรงบิดของเครื่องยนต์สูงสุด แสดงว่าเมื่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์เร็วขึ้น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงเร็ว แสดงว่าปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้มาก เส้นกราฟหลังการปรับแต่งช่วงความเร็วรอบที่ 10,000 rpm ถึง 12,000 rpm ความดันเปลี่ยนไปมาก กล่าวคือ ผลต่างของความดันมาก หมายความว่า เป็นช่วงที่มีอัตราเร่งของเครื่องยนต์ที่เร็วและกำลังแรงบิดของเครื่องยนต์สูงสุด เพราะว่าเมื่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์เร็วขึ้น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงเร็วทำให้เครื่องยนต์ต้องการปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้มากและรวดเร็ว โดยสังเกตได้จากเส้นของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นไปอย่างมีความต่อเนื่อง หมายถึงเครื่องยนต์มีอัตราเร่งที่ดีและเร็วขึ้นสมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้นแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกราฟก่อนการปรับแต่ง และกราฟก่อนการปรับแต่งช่วงความเร็วรอบ 13000 rpm ถึง 15000 rpm ความดันไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่า ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้คงที่ ทำให้กำลังแรงบิดของเครื่องยนต์ลดลงและมีอัตราเร่งที่ช้า กราฟหลังการปรับแต่งช่วงความเร็วรอบ 12000 rpm ถึง 15000 rpm การเปลี่ยนแปลงความดันน้อยกว่าช่วงความเร็วรอบที่

10,000 rpm ถึง 12,000 rpm แสดงว่า กำลังแรงบิดของเครื่องยนต์เริ่มลดลง แต่ความดันเปลี่ยนแปลงไปค่อนข้างต่อเนื่อง หมายถึงอัตราเร่งยังมีความต่อเนื่องที่ดีอยู่เมื่อเทียบกับกราฟก่อนการปรับแต่ง



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดัน

บทที่ 5
วิเคราะห์สรุปผล และปัญหา

5.1 วิเคราะห์การทดลอง

จากการศึกษาการจ่ายเชื้อเพลิงและทำการติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ในรถฟอร์มูล่าพบว่า ระบบหัวฉีดหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) สามารถควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ได้ดีมีประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องยนต์สูง โดยการปรับแต่งเครื่องยนต์ต้องมีการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิดให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้ การปรับแต่งรถฟอร์มูล่านั้นเป็นการปรับแต่งเพื่อใช้ในการเข้าร่วมการแข่งขันจึงต้องการกำลังแรงบิดและอัตราเร่งที่สูงซึ่งกล่าวคือ ในการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงต้องต่ำกว่าในทางทฤษฎี ในทางทฤษฎีที่เผาไหม้สมบูรณ์ของน้ำมันแก๊ซโซฮอล์ 95 อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงมีค่า 14.23 : 1 วิธีการปรับแต่งให้ได้แรงม้าและแรงบิดที่สูงสุด ต้องทำการปรับแต่งบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ซึ่งไดนาโมมิเตอร์สามารถบอกให้ทราบถึงแรงม้าและแรงบิดของเครื่องยนต์ว่ามีค่าเท่าใด แต่เนื่องจากการทดลองไม่มีเครื่องไดนาโมมิเตอร์ ดังนั้นการปรับแต่งจึงต้องอ้างอิงจากตารางที่ 4.3 การปรับแต่งให้ได้แรงบิดที่ 100 เปอร์เซ็นต์โดยค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงจะอยู่ที่ 12.5 : 1 เพื่อให้ได้สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สูงสุด

5.2 แนวทางการทำวิจัยในอนาคต

ในการพัฒนาสมรรถนะของรถฟอร์มูล่าให้สูงสุดได้โดยการปรับแต่งเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์เพราะเชื้อเพลิงที่ใช้ในการแข่งขันเป็นแก๊ซโซฮอล์ 95 ซึ่งอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงมีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน 91 และ 95 ทั่วไป โดยปรับแต่งบนเครื่อง ไดนาโมมิเตอร์ เพราะได้ค่าแรงม้าและแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์และค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงของแก๊ซโซฮอล์ 95 ที่ให้แรงบิดสูงสุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการนำรถฟอร์มูล่าขึ้นทดสอบบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการปรับแต่งมาสร้างเป็นตารางดังตารางที่ 4.3 เพื่อ เป็นข้อมูลในการปรับแต่งเมื่อใช้เชื้อเพลิงเป็นแก๊ซโซฮอล์ 95 ได้ และสามารถใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซไอเสีย (Gas Analysis) มาทำการตรวจวัดที่อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงของแก๊ซโซฮอล์ 95 ที่ให้แรงบิดสูงสุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ว่ามีก๊าซชนิดใดเหลือจากการเผาไหม้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางทฤษฎีในส่วนของสมการการเผาไหม้

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากการนำข้อมูลก่อนปรับแต่งและหลังการปรับแต่งที่ได้จากกล่อง ECU มาทำการวิเคราะห์พบว่า เมื่อทำการปรับแต่งแล้วสมรรถนะของเครื่องยนต์มีแนวโน้มที่สูงขึ้นโดยสังเกตได้จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับแต่งกับหลังการปรับแต่งดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 เมื่อนำรถเข้าร่วมการแข่งขันพบว่าในส่วนของการแข่งขัน Dynamic Event คือ การแข่งขันทดสอบสมรรถนะของรถซึ่งการจากแข่งขันได้ลำดับที่ 6 จากทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันทั้งหมด 34 ทีม

5.4 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค

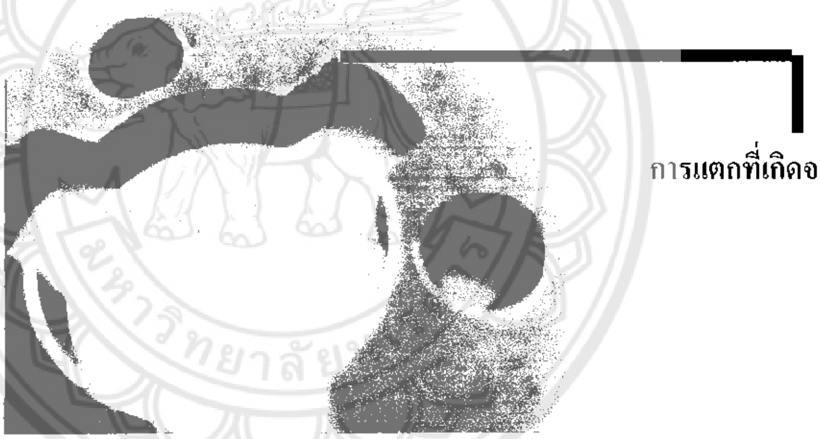
วิธีการปรับเครื่องยนต์ให้มีสมรรถนะที่สูงได้นั้นจะต้องศึกษาองค์ประกอบดังนี้

5.4.1 ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมของกล่อง ECU Haltech E6X โดยละเอียด

5.4.2 ศึกษาความรู้เพิ่มเติมในส่วนทางด้านยานยนต์ หลักการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้และ ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์โดยละเอียด

5.5 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

5.5.1 เครื่องยนต์ตีกลับ (Back Engine) ปัญหานี้เกิดจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ผิดจังหวะการจุดระเบิด กล่าวคือ เมื่อเริ่มการสตาร์ทเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติดและเกิดการตีกลับในทิศทางตรงกันข้ามของการหมุนของเครื่องยนต์ทำให้ ชุดครัชท์สตาร์ทแบบทางเดียว (Clutch –assy-one way) เกิดความเสียหายเพราะเกิดการกระแทก ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งเกิดจากการตั้งจานจ่ายไม่ถูกต้องทำให้องศาการจุดระเบิดจุดผิด คือ เครื่องยนต์จุดระเบิดก่อนที่ลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด (BTDC) และ กำลังของมอเตอร์สตาร์ทต้านแรงอัดจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ไม่ได้จึงทำให้เครื่องยนต์ตีกลับ



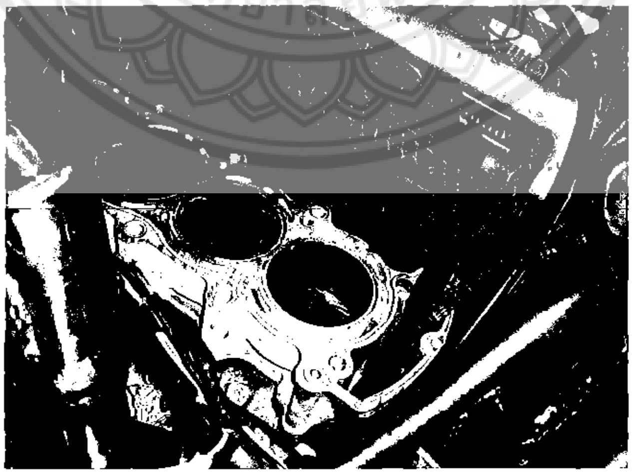
รูปที่ 5.1 ชุดครัชท์สตาร์ทแบบทางเดียว

<u>แนวทางการแก้ไข</u>

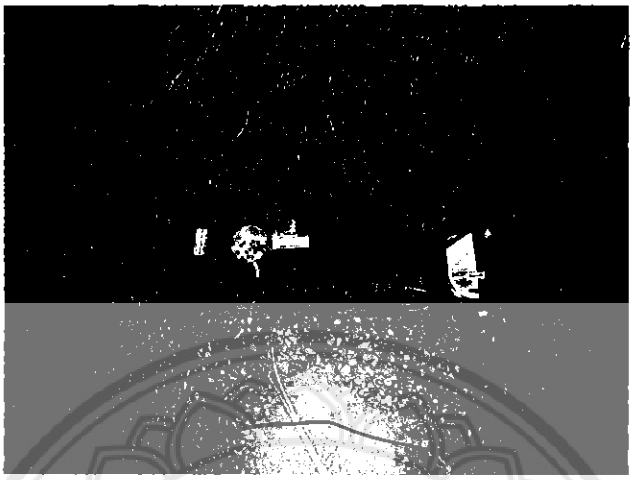
- ทำการหมุนจานจ่ายส่องดูองศาการจุดระเบิดให้ตำแหน่งที่ไฟส่องออกมาตรงกับจุด BTDC
- ทำการถอดชุดครัชท์สตาร์ทแบบทางเดียวทำการขัดและขัดรูสลัก (pin) ดังรูปที่ 5.2 เพื่อให้รูสลัก เคลื่อนที่ได้โดยไม่ติดขัด

รูปที่ 5.2 รูสลัก (pin)วิธีการแก้ไข

5.5.2 เนื่องจากเครื่องยนต์สตาร์ทติดยากจึงได้ทำการวัดแรงอัดกระบอกสูบของเครื่องยนต์ซึ่งวัดได้ 130 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) พบว่าแรงอัดต่ำกว่า 156 – 225 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ที่ 350 rpm ตามมาตรฐานของเครื่องยนต์ Kawasaki รุ่นZX636 จึงได้ถอดฝาสูบของเครื่องยนต์ดังรูปที่ 5.3 - 5.4 เพื่อออกมาเช็คการรั่วของวาล์ว พบว่าวาล์วไอดีกับวาล์วไอเสียรั่ว [5]



รูปที่ 5.3 การถอดเครื่องเพื่อเช็คการรั่วของวาล์ว



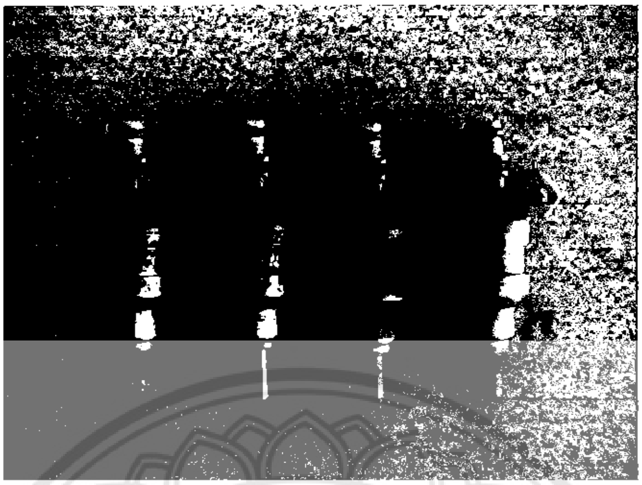
รูปที่ 5.4 การถอดเครื่องเพื่อเช็คการรั่วของวาล์ว

<u>แนวทางการแก้ไข</u>

- ทำการบดวาล์วเพื่อให้บ่าวาล์วกับวาล์วแนบกันสนิท

5.5.3 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงไม่เพียงพอจึงทำให้การสตาร์ทเครื่องยนต์ติดยาก เนื่องจากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ (เครื่องยนต์เย็น) จึงต้องฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากในตอนเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์

รูปที่ 5.5 หัวฉีดเดิมที่ติดมากับเครื่องยนต์ 636 ซีซี



รูปที่5.6 หัวฉีดรถยนต์รุ่น MITSUBISHI 2000 ซีซี

<u>แนวทางการแก้ไข</u>

ทำการเปลี่ยนหัวฉีดเครื่องยนต์ จากหัวฉีดเดิมที่ติดรถมาซึ่งมีขนาดเครื่องยนต์ 636 ซีซี ดังรูปที่ 5.5 เป็นของรถยนต์ซึ่งมีขนานเครื่องยนต์ 2000 ซีซี ของรถยนต์ MITSUBISHI 2000 ซีซี ดังรูปที่ 5.6 เมื่อเทียบหัวฉีดของเดิมกับหัวฉีดของรถยนต์พบว่าเวลาการฉีดเท่ากันแต่ปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกมาของเครื่องยนต์ 2000 ซีซี นั้นมากกว่า

บรรณานุกรม

[1]วิทยา เจียรสุวรรณ และประสานพงษ์ หารเรือนชีพ.(2541)**ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช. เอ็น. กรุ๊ป จำกัด

[2]สง่า ธนกิจจารุ.(2543) **คู่มือระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน**. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์ การพิมพ์.

[3] **ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์.** 2003. [2008,12,04] .(Internet).
แหล่งที่มา : www.aphonda.co.th

[4] Pulse-Width Modulation (PWM). 2003. (Internet). [2008,12,06]
แหล่งที่มา : www.tsae.or.th

[5] กล่อง ECU . 2007 . (Internet). [2009,02,06]
แหล่งที่มา : www.haltech.com

[6] ออกซิเจน sensor. 2007 . (Internet). [2009,02,06]
แหล่งที่มา : http://ch008.spaces.live.com

[7] อานจ่าย. 2006 . (Internet). [2009,02,06]
แหล่งที่มา : www.alaiyon.com

[8] หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ .2003.(Internet). [2009,03,06]
แหล่งที่มา : www.gang_diary.th.gs/web-g/net/

[9]Stephen R. Turns .(1993). ***An Introduction to Combustion***. Concept and Applications (second edition). McGraw-Hill , New York.

[10]Yunus A. Cengel and Michael A. Boles.(2006). ***Thermodynamics An Engineering Approach***(Fifth edition in SI units). McGraw-Hill , Singapore.

[11] คุณสมบัติแก๊สโซฮอล์ .2005.(Internet). [2009,03,22]
แหล่งที่มา : http://exmba.nisit.ku.ac.th

[12] ตารางออกซิเจนเซนเซอร์ .200.(Internet). [2009,03,25]
แหล่งที่มา : www.gasthai.com

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ก

การตั้งค่าและปรับแต่ง

ภาคผนวก ก
การตั้งค่าและปรับแต่ง

ก่อนการสตาร์ทเครื่องยนต์ต้องทำการตั้งค่าต่างๆให้ตรงกับเครื่องยนต์และชนิดของเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งกับเครื่องยนต์ รวมทั้งสัญญาณที่ออกจากกล่อง ECU เพื่อสั่งการทำงานที่ฟังก์ชั่นต่างๆ เช่น สั่งการทำงานของพัดลมระบายความร้อนน้ำหล่อเย็น ปั๊มเชื้อเพลิง แล้วจึงทำการสตาร์ทเครื่องยนต์เพื่อปรับแต่ง (Tune up) การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิด ในการตั้งค่าและปรับแต่งใช้โปรแกรม HalwinX_V1_26 ซึ่งติดมากับกล่อง ECU Haltech รุ่น E6X ทำการ Download ได้ที่ www.haltech.com

ของคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม HalwinX_V1_26 ได้

ความต้องการต่ำสุด (Minimum Requirements)

Windows 95 release 2, Windows 98, Windows 2000

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 233 MHz
- กราฟิก (VGA colour display) 800x600
- หน่วยความจำรอง (memory) 4 MB
- พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 10 MB

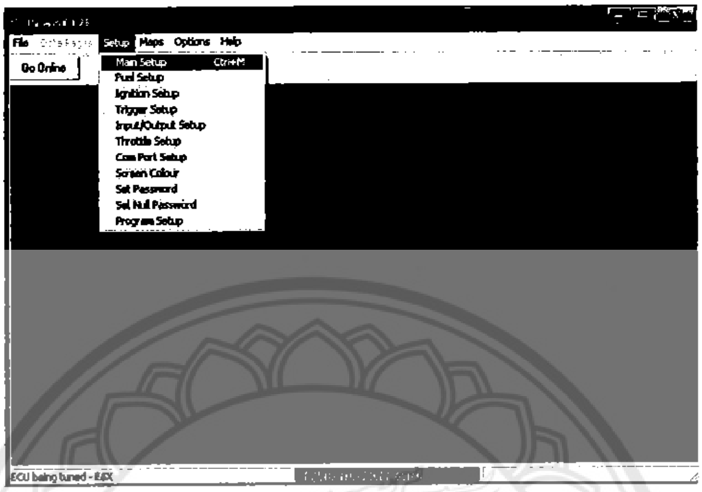
Windows XP

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 500MHz
- กราฟิก (VGA colour display) 1024x768
- หน่วยความจำรอง (memory) 16 MB
- พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 10 MB

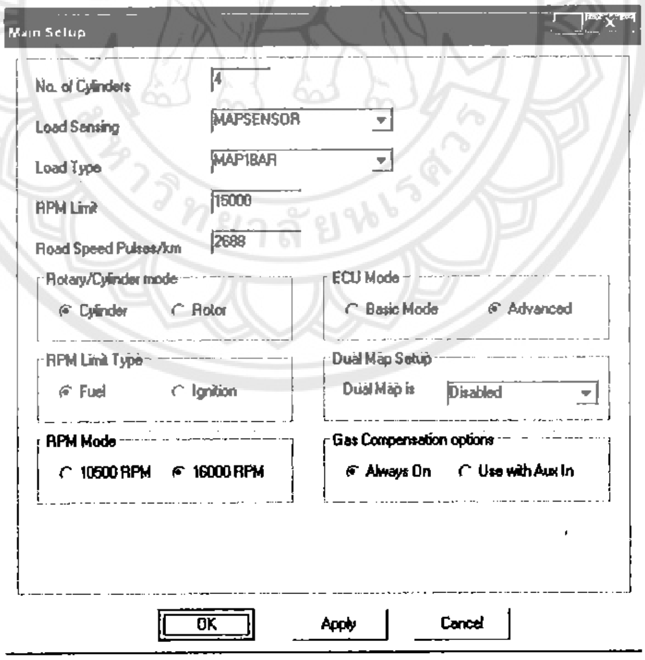
ก.1 การตั้งค่าหลัก (Main Setup)

การตั้งค่าหลักคือการกำหนดข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับเครื่องยนต์

เลือก Setup >> Main Setup



รูปที่ ก.1 การเลือกฟังก์ชั่น Main Setu



รูปที่ ก.2 การตั้งค่าหลักของโปรแกรม

ก.1.1 กำหนดจำนวนลูกสูบเป็น 4 ลูบสูบ

ก.1.2 กำหนด load Sensing เป็น MAPSENSOR เพราะ load ของเครื่องยนต์อยู่ความดันรวมของ อากาศที่ท่อประจุรวมไอดี

ก.1.3 กำหนด Load Type เป็นชนิด MAP1BAR เพราะเป็น MAPsensor ของเครื่องยนต์ธรรมดาไม่ใช่ของเครื่องยนต์เทอร์โบ

ก.1.4 ตั้งขีดจำกัด (Limit) รอบเครื่อง (RPM Limit) ไว้ที่ 16000 rpm

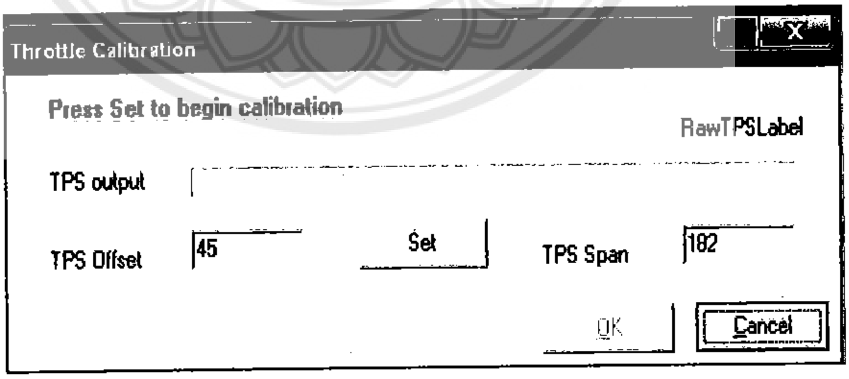
ก.1.5 เลือกการตัดระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (RPM Limit Type) เมื่อรอบเครื่องสูงกว่าที่กำหนดไว้

ก.1.6 เลือก ECU Mode ที่ โหมด Advanced เพราะว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ที่กล่อง ECU haltech E6x ไม่มีข้อมูลจึงต้องตั้ง ค่าใหม่ทั้งหมด

ก.2 ทำการ calibration ลิ้นเร่ง

การ calibration ลิ้นเร่งคือการตั้งค่าของลิ้นเร่งให้มีการให้มีการปิด/เปิดอยู่ที่ 0 – 100 เปอร์เซ็นต์ในโปรแกรมเพราะลิ้นเร่งแต่ละยี่ห้อมีค่าความต้านทานที่ต่างกัน

เลือก Setup >> Calibration Setup



รูปที่ ก.3 การ calibration ลิ้นเร่ง

ก.2.1 ที่ตำแหน่งลิ้นเร่งปิดสุด (Zero Throttle) ให้กด set หนึ่งครั้ง

ก.2.2 บิดลิ้นเร่งไปที่ตำแหน่งลิ้นเร่งเปิดสุด (Full Throttle) ให้กด set และ กด ok

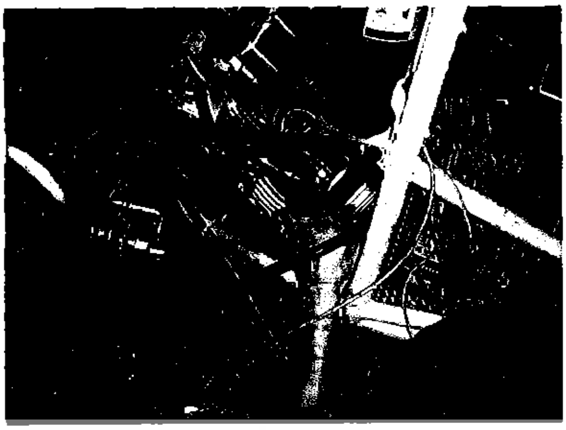
ก.3 ตั้งองศาการจุดระเบิด (Trigger angle) ก่อนสตาร์ทเครื่องยนต์

ทำการส่องไฟดูตำแหน่งการจุดระเบิด (Timing light) ที่ตัวตรวจจับสัญญาณที่เพลาข้อเหวี่ยง (Crank position sensor) เพื่อทำการตั้งองศาการจุดระเบิด (set up trigger angle) ให้สั่งจุดระเบิดที่ตำแหน่งลูกสูบลูกที่ 1 และ 4 อยู่ที่ตำแหน่งสูงสุด Base top dead center (BTDC) ดังรูปที่ 4.6 โดยการตั้งองศาการจุดระเบิดสามารถทำได้ 2 วิธีการคือ การตั้งองศาการจุดระเบิดที่จานจ่าย และการตั้งองศาการจุดระเบิดที่ Program โดยตั้งองศาการจุดระเบิดก่อนการสตาร์ทเครื่องยนต์ทำได้โดยการนำแคล้มมิเตอร์มาตรวจจับสัญญาณจุดระเบิดของสายหัวเทียนสายที่ 1 และเมื่อเราทำการสตาร์ทเครื่องยนต์โดยใช้มอเตอร์สตาร์ทหมุนเครื่องยนต์ ไฟที่ส่องออกมาจะเป็นจังหวะเดียวกับการสั่งจุดระเบิดของลูกสูบ 1 และ 4 โดยจะเห็นได้จากการส่องไฟดูตำแหน่งการจุดระเบิดที่ตัวตรวจจับสัญญาณที่เพลาข้อเหวี่ยงซึ่งไฟที่ส่องออกมาจะส่องที่ตำแหน่ง 1 4 เสมอ จึงต้องทำการตั้งจานจ่ายจนสังเกตไฟที่ส่องออกมาฉายที่ตำแหน่ง 1 4 ตรงกับตำแหน่ง (BTDC) ของเครื่องยนต์

ก.3.1 การตั้งองศาการจุดระเบิดที่จานจ่าย

วิธีการตั้งจานจ่าย

- ถ้าไฟที่ส่องออกมาฉายแสงที่ตำแหน่งก่อน(BTDC)แสดงว่าเกิดการจุดระเบิดก่อนจังหวะเดิม (ไฟแก่) ต้องทำการหมุนจานจ่ายไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเพื่อให้องศาการจุดระเบิดจุดที่ตำแหน่งลูกสุบลูกที่1และ4 ที่ตำแหน่งสูงสุด (BTDC)
- ถ้าไฟที่ส่องออกมาฉายแสงที่ตำแหน่งหลัง (BTDC) แสดงว่าเกิดการจุดระเบิดหลังก่อนจังหวะเดิม (ไฟอ่อน) ต้องทำการหมุนจานจ่ายไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้องศาการจุดระเบิดจุดที่ตำแหน่งลูกสูบลูกที่ 1 และ 4 ที่ตำแหน่งสูงสุด (BTDC)



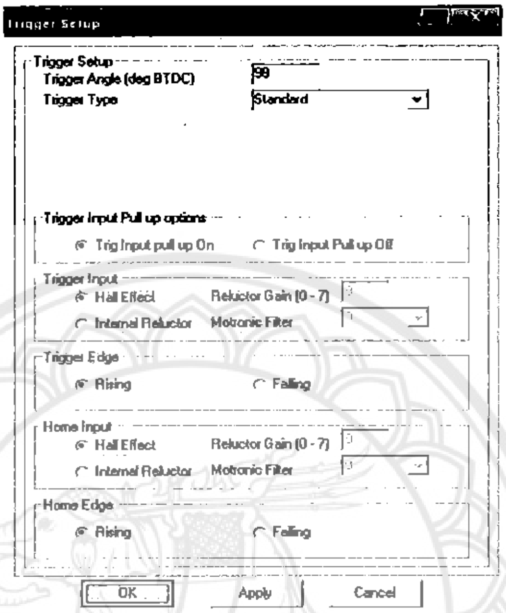
รูปที่ ก.4 การส่องไฟเพื่อตั้งองศาจุดระเบิด

รูปที่ ก.5 ตำแหน่งองศาการจุดระเบิด

รูปที่ ก.6 การตั้งองศาการจุดระเบิดจากจานจ่าย

ก.3.2 การตั้งองศาการจุดระเบิดที่ Program

เลือก Setup >> Trigger Setup



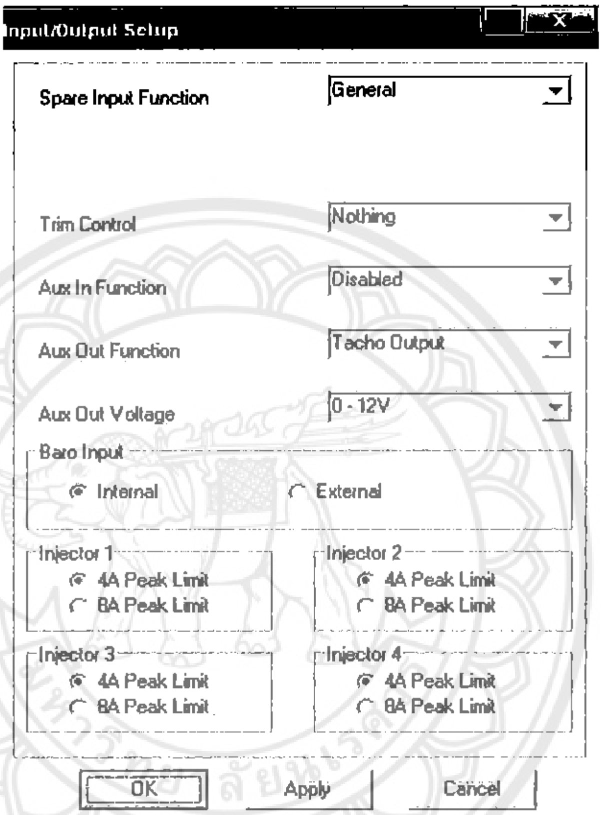
รูปที่ ก.7 การตั้งองศาการจุดระเบิดจากโปรแกรม

- ถ้าไฟที่ส่องออกมาฉายแสงที่ตำแหน่งก่อน(BTDC) แสดงว่าเกิดการจุดระเบิดก่อนจังหวะเดิม (ไฟแก่) ต้องทำลดองศาการจุดระเบิด (Trigger angle) เพื่อให้องศาการจุดระเบิดจุดที่ตำแหน่งลูกสูบลูกที่ 1 และ 4 ที่ตำแหน่งสูงสุด (BTDC)
- ถ้าไฟที่ส่องออกมาฉายแสงที่ตำแหน่งหลัง(BTDC) แสดงว่าเกิดการจุดระเบิดหลังจังหวะเดิม (ไฟอ่อน) ต้องทำการเพิ่มองศาการจุดระเบิด (Trigger angle) เพื่อให้องศาการจุดระเบิดจุดที่ตำแหน่งลูกสุบลูกที่1และ4 ที่ตำแหน่งสูงสุ (BTDC)

ก.4 วิธีการตั้งค่า function

เลือก Setup >> Input/Output Setup

คือการกำหนดแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าของหัวฉีดและสัญญาณเข้าและออกที่ต้องการ



รูปที่ ก.8 วิธีการ Set function

- เลือก spare in function เป็นแบบ General (ทั่วไป)

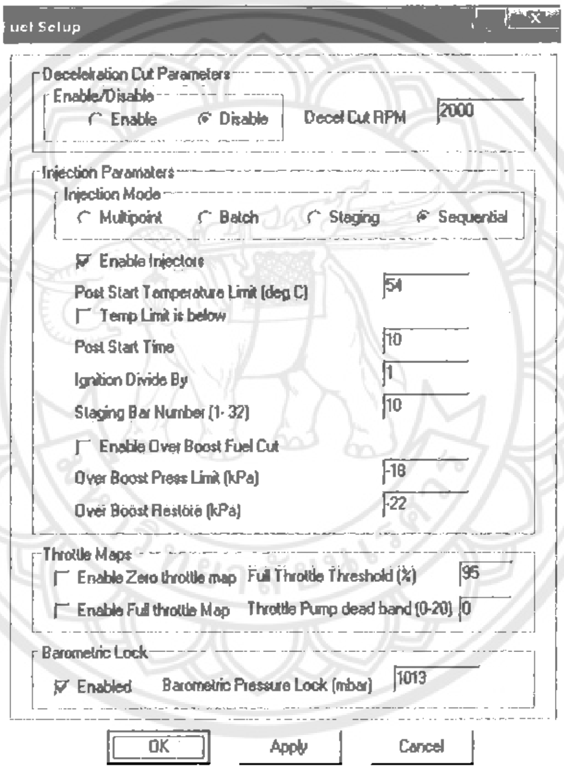
- เลือก Aux out voltage เป็น 0 – 12 V เพราะพัดลมระบายความร้อนหม้อน้ำ, หลอดไฟที่แสดงเวลาขณะเข้าเกียร์ (shift light) จะทำงานที่ 12 V

- เลือก injector 1 , injector 2, injector 3, injector 4 เป็น 4 A Peak Limit เพราะว่าหัวฉีดจะเปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้าที่ 4 แอมป์

ก.5 วิธีการตั้งค่าการเปิดปิดของฉีดน้ำมันของหัวฉีด

เลือก Setup >> Fuel Setup

การเปิด/ ปิดการฉีดน้ำมันสามารถทำได้โดยการเลือกที่ Enabla injectors เพราะว่าตอนทำการสตาร์ทเครื่องยนต์นานๆและเครื่องยนต์ไม่ติดอาจเป็นเพราะน้ำมันท่วมสามารถเลือดปิดน้ำมันเพื่อไล่น้ำมันที่ค้างอยู่ในกระบอกสูบออกเพื่อไม่ให้น้ำมันท่วมหัวเทียน (หัวเทียนเปียก)

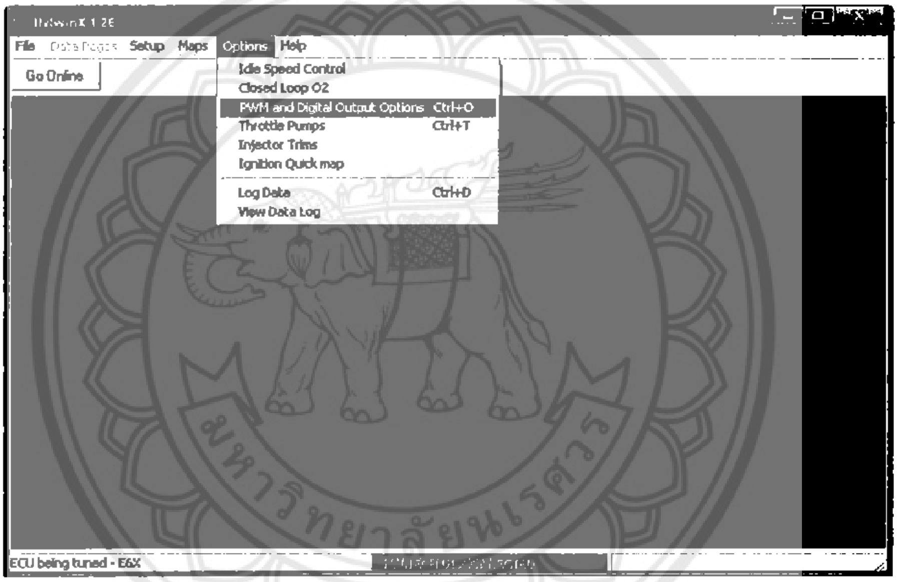


รูปที่ ก.9 วิธีการตั้งค่าการเปิดปิดของฉีดน้ำมันของหัวฉีด

ก.6 ทำการตั้งค่าอื่น ๆ ที่ต้องการให้ ECU สั่งการทำงาน

การเลือกฟังก์ชันสั่งการทำงานของพัดลมระบายความร้อนน้ำหล่อเย็น สัญญาณไฟเตือนเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ถึงรอบที่ได้กำหนดไว้

เลือก Options >> PWM and Digital Output Option



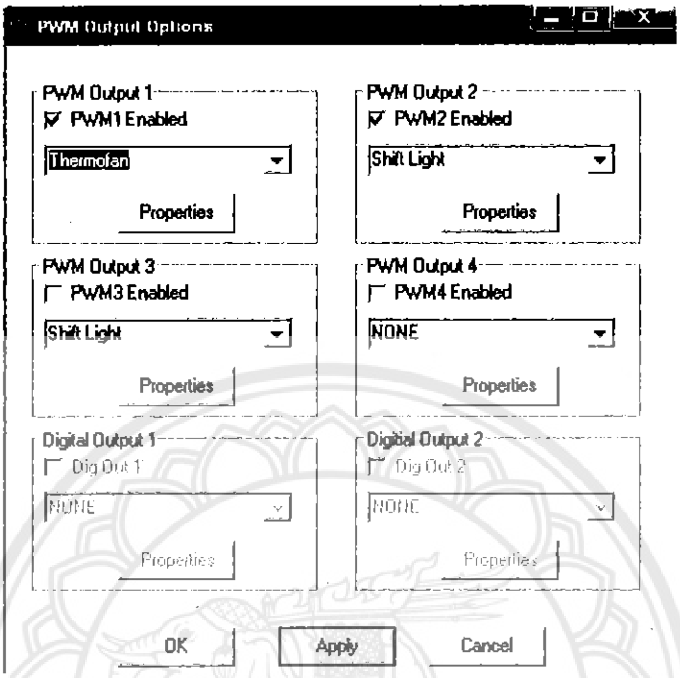
รูปที่ ก.10 การเลือกฟังก์ชัน PWM and Digital Output Option

ก.6.1 Thermo fan

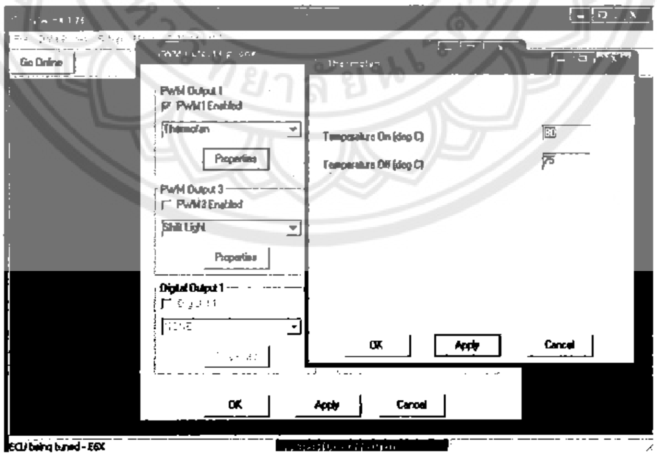
ทำการเลือกฟังก์ชันที่ต้องการให้กล่องทำงาน เลือกเป็น Thermo fan คือให้กล่อง ECU สั่งการทำงานของพัดลม ดังรูป ก.11

เลือก PWM1 Enabled เป็น Thermo fan >> เลือก Properties

โดยตั้งให้พัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และหยุดทำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ ดังรูป ก.12



รูปที่ ก.11 ฟังก์ชัน PWM and Digital Output Option

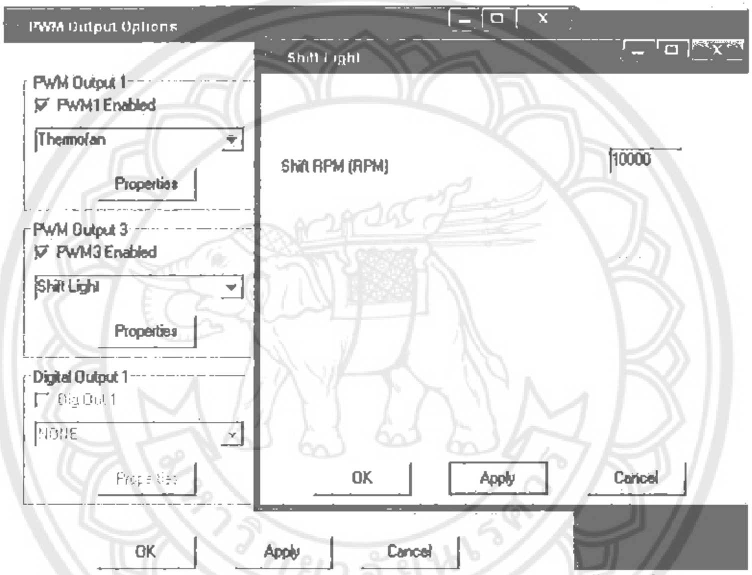


รูปที่ ก.12 การตั้งอุณหภูมิเพื่อสั่งการทำงานของพัดลม

ก.6.2 Shift light

สัญญาณ Shift light จะเป็นสัญญาณแสดงไฟออกมาเมื่อถึงรอบเครื่องยนต์ที่กำหนด โดยกำหนดจากการดูความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ได้แรงม้าและแรงบิดสูงสุด

ทำการเลือกฟังก์ชัน เป็น Shift light และเลือกให้แสดงไฟเมื่อถึงรอบที่ต้องเปลี่ยนเกียร์ เลือก PWM3 Enabled เป็น Thermo fan >> เลือก Properties โดยทำการตั้งไว้ที่ 10,000 RPM เพื่อให้รู้ว่ารอบเครื่องยนต์ถึงที่รอบ 10,000 RPM



รูปที่ ก.13 การเลือกฟังก์ชัน เป็น Shift light

ก.7 การแสดงผลต่าง ๆ ของกล่องECU จากเซนเซอร์ที่ได้ติดตั้งไว้ภายในเครื่องยนต์

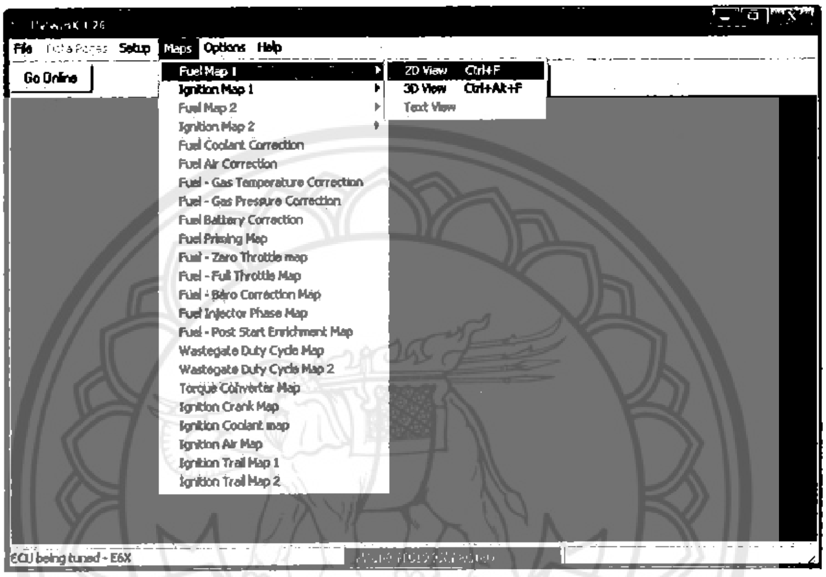
รูปที่ ก.14 หน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องยนต์และเซนเซอร์

เมื่อทำการเปิดโปรแกรม จากนั้นเลือก data pages ข้อมูลที่ได้จะแสดงบนหน้าจอ แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ ประกอบด้วย รอบเครื่องยนต์ , ภาระของเครื่องยนต์จากตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (MAP sensor) , องศาการจุดระเบิด ,เวลาการสั่งฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ,ตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor) , เปอร์เซ็นต์การเปิดลิ้นเร่ง , อุณหภูมิของอากาศ , อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นดังรูปที่ ก.14 จะทำให้รู้ถึงความสัมพันธ์ที่จุดทำงานต่างๆของเครื่องยนต์ และสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์โดยดูข้อมูลจากเซนเซอร์ ต่างๆ ที่กล่อง ECU ได้รับสัญญาณมาจากเซนเซอร์

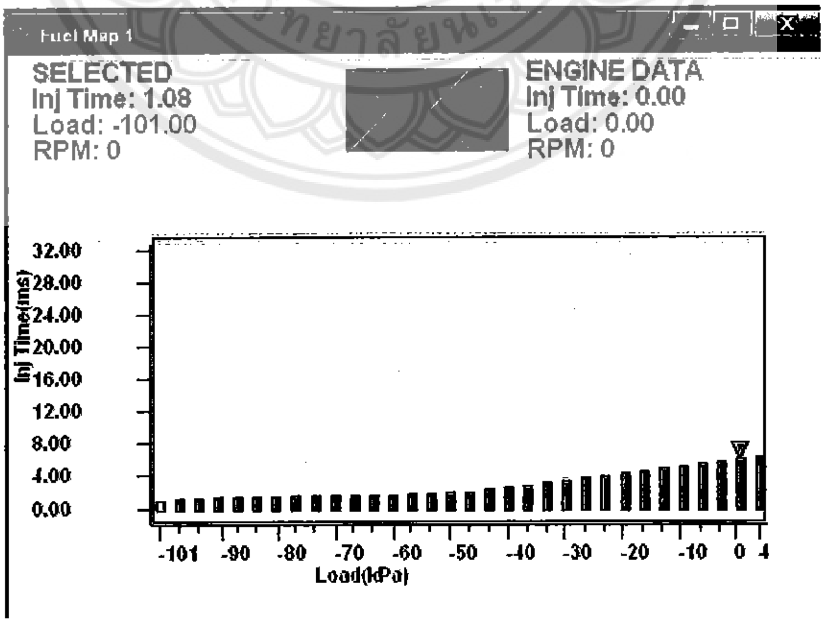
ก.8 ปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิง

ทำการปรับแต่งน้ำมันเพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ โดยดูจากค่าตัวตรวจจับปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2 sensor) ให้มีค่าใกล้เคียง 900- 945 มิลลิโวลต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงอยู่ประมาณ 12.5 ต่อ 1 เพื่อให้ได้ แรงบิดสูงสุด

เลือก Maps >> Fuel Map1 >> 2D View



รูปที่ ก.15 การเลือกฟังก์ชัน การปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ ก.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโหลดกับระยะเวลาการเปิดของหัวฉีดที่รอบต่างๆ

วิธีการปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงต้องปรับแต่งตามความเร็วรอบเครื่องยนต์กับโหลดที่เครื่องยนต์ได้รับมา ทั้งนี้ทั้งนั้น เครื่องยนต์จะต้องได้รับโหลดภาระจึงต้องขึ้นปรับแต่งบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ หรือปรับแต่งขณะรถวิ่งบนถนนเพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูงสุด

ก.8.1 สัญลักษณ์แสดงหน้าต่างของการปรับน้ำมัน

- สามเหลี่ยม ชี้ที่ตำแหน่งโหลดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้รับอยู่ขณะนั้น
- แถบสีเหลือง เป็นแถบของการปรับแต่งสามารถทำได้โดยกดลูกศรขึ้นเพื่อเพิ่มน้ำมันและกดลูกศรลงเพื่อลดน้ำมัน
- แถบสีน้ำเงิน แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่จะฉีดให้กับเครื่องยนต์ที่โหลดต่างๆ

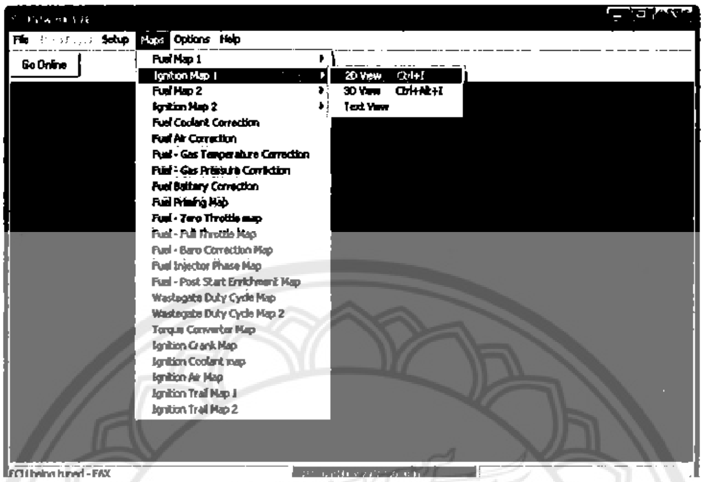
ก.8.2 การปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิง

- กดลูกศรซ้ายขวาเพื่อเลือกโหลดที่ต้องการจะปรับแต่ง
- กดลูกศรขึ้นเพื่อเพิ่มน้ำมันและกดลูกศรลงเพื่อลดน้ำมัน
- กด N เพื่อเลือกเพิ่มรอบเครื่องที่ต้องการจะปรับแต่ง
- กด P เพื่อเลือกลดรอบเครื่องที่ต้องการจะปรับแต่ง
- ถ้าปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงมากเกินไปจะทำให้เครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก
- ถ้าปรับแต่งน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยเกินไป จะทำให้เครื่องยนต์เร่งไม่ขึ้น สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง น้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้บางเกินไปทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงชิงจุดระเบิดก่อนที่หัวเทียนจุดระเบิด

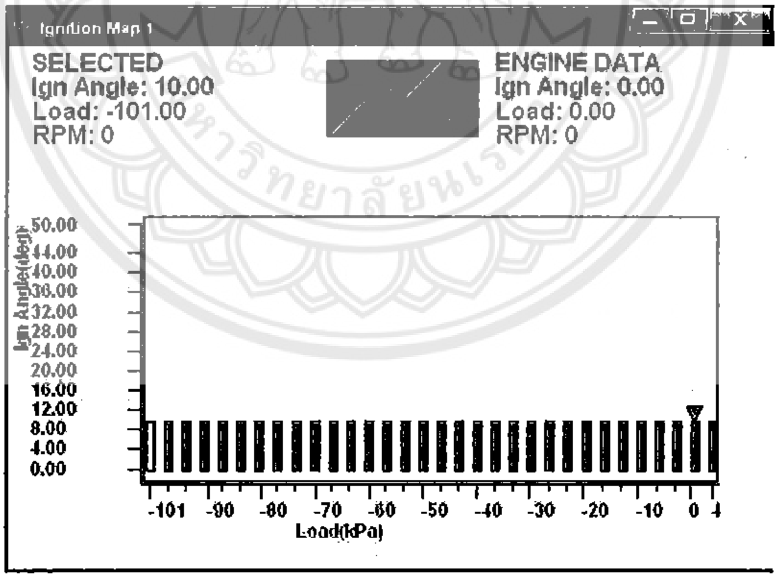
ก.9 วิธีการตั้งองศาการจุดระเบิดหลังจากสตาร์ทเครื่องยนต์

การตั้งองศาการจุดระเบิดถ้าตั้งไฟอ่อนเกินไป (จุดระเบิดหลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านจุดสูงสุด) ทำให้เครื่องยนต์เร่งไม่ขึ้น เครื่องยนต์ไม่มีกำลังและถ้าตั้งไฟแก่เกินไป (จุดระเบิดก่อนที่ลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านจุดสูงสุด) ทำเครื่องยนต์ร้อนเกินไปและเครื่องยนต์อาจลูกสูบติดได้ (เครื่องยนต์น็อก)

เลือก Maps >> Ignition Map1 >> 2D View



รูปที่ ก.17 การเลือกฟังก์ชัน การตั้งองศาการจุดระเบิด



รูปที่ ก.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างองศาการจุดระเบิดกับระยะเวลาการเปิดของหัวฉีด

ก.9.1 สัญลักษณ์การตั้งองศาการจุดระเบิด

- สามเหลี่ยม ชี้ตรงโหลดที่รอบเครื่องได้รับอยู่ขณะนั้น
- แถบสีเหลือง เป็นแถบของการตั้งองศาการจุดระเบิดสามารถทำได้โดยกดลูกศรขึ้นเพื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิดและกดลูกศรลงเพื่อลดองศาการจุดระเบิด
- แถบสีน้ำเงิน แสดงถึงองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ที่โหลดต่างๆ

ก.9.2 การตั้งองศาการจุดระเบิด

- กดลูกศรซ้ายขวาเพื่อเลือกโหลดที่ต้องการตั้งองศาการจุดระเบิด
- กดลูกศรขึ้นเพื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิดและกดลูกศรลงเพื่อลดองศาการจุดระเบิด
- กด N เพื่อเลือกเพิ่มรอบเครื่องที่ต้องการตั้งองศาการจุดระเบิด
- กด P เพื่อเลือกลดรอบเครื่องที่ต้องการตั้งองศาการจุดระเบิด

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการทดลองก่อนทำการปรับแต่งและหลังทำการปรับแต่ง

MAP	A/F	RPM
-25.647	14.400	1443.137
-26.059	14.300	2133.330
-26.882	13.200	3074.510
-26.882	13.800	4015.686
-26.059	19.000	5082.353
-26.059	15.600	6588.235
-26.471	13.800	7341.176
-26.882	13.200	8219.607
-27.706	15.300	9474.510
-29.765	17.000	10227.451
-32.647	16.500	11294.117
-36.765	17.000	12109.804
-39.235	15.600	13113.726
-40.059	14.400	14054.902
-40.059	14.300	15184.313

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลผลการทดลองก่อนทำการปรับแต่ง

MAP	A/F	RPM
-26.471	13.2	1882.25
-26.523	12.5	2698.04
-26.587	12.5	3827.45
-27.052	13.2	4329.41
-27.257	12.5	5584.31
-27.496	13.2	6345.85
-27.971	13.2	7213.17
-28.349	12.5	8312.43
-28.706	13.2	9625.80
-29.765	12.5	10541.37
-32.647	13.2	11545.10
-36.765	13.2	12172.55
-39.045	13.2	13312.38
-40.295	12.5	14214.08
-41.243	13.2	15087.16

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลผลการทดลองหลังทำการปรับแต่ง

MAP : แรงดันที่วัดได้จากตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (kPa)

A/F : อัตราส่วนปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิง

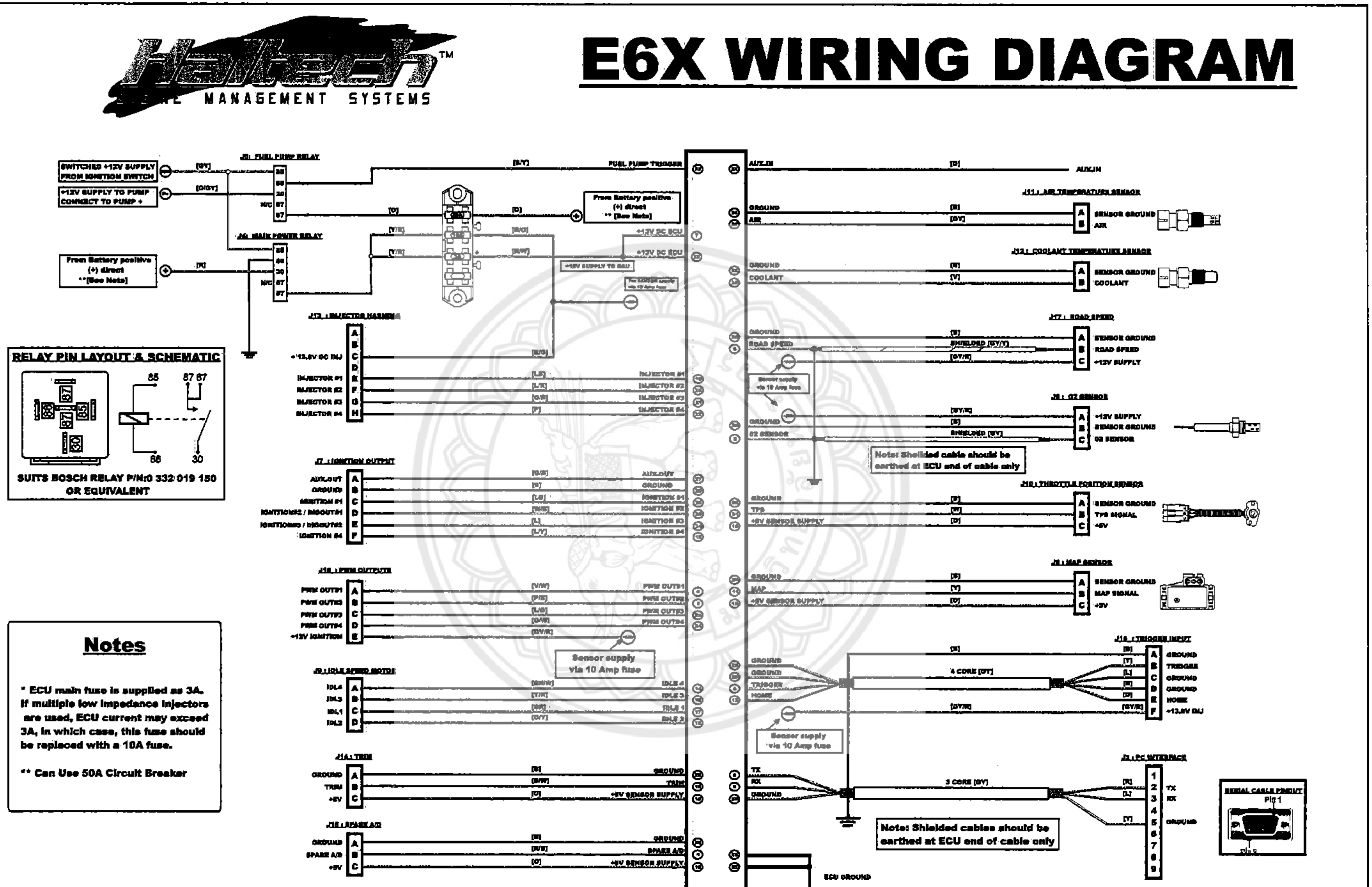
RPM : ความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ภาคผนวก ค

วงจรการต่อระบบสายไฟของกล่อง ECU Haltech รุ่น E6X

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E6X WIRING DIAGRAM



Notes

* ECU main fuse is supplied as 3A. If multiple low impedance injectors are used, ECU current may exceed 3A, in which case, this fuse should be replaced with a 10A fuse.

** Can Use 50A Circuit Breaker

LEGEND - WIRE COLOUR:

B = BLACK BR = BROWN LG = LIGHT GREEN G = GREEN GY = GREY LB = LIGHT BLUE L = BLUE O = ORANGE P = PINK R = RED V = VIOLET Y = YELLOW

WHEN TWO COLOURS ARE USED IN A WIRE BY THE ALPHABETICAL CODE, THE FIRST LETTER INDICATES THE BASIC WIRE COLOUR, THE SECOND COLOUR INDICATES THE COLOUR OF THE STRIPE.

E6X MAIN HARNESS ELECTRICAL	
HALTECH, SYDNEY AUSTRALIA	
DATE: 5TH NOVEMBER 2008	
REV A	SHEET 1 OF 1

ประวัติผู้ทำโครงงาน

นายมงคล ศรีนวลขำ

เกิดเมื่อ วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2529

บ้านเลขที่ 494 หมู่ 4 ต. เนินมะปราง อ. เนินมะปราง จ.พิษณุโลก 65190

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนเนินมะปรางศึกษาวิทยา ต. เนินมะปราง อ. เนินมะปราง จ.พิษณุโลก

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเนินมะปรางวิทยา ต. เนินมะปราง อ. เนินมะปราง จ.พิษณุโลก

นายวรรณเฉลิม สาตร์สุข

เกิดเมื่อ วันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2529

บ้านเลขที่ 57 หมู่ 1 ต. เตาปูน อ.แก่งคอย จ.สระบุรี 18110

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนแก่งคอย ต.แก่งคอย อ.แก่งคอย จ.สระบุรี

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนแก่งคอย ต.แก่งคอย อ.แก่งคอย จ.สระบุรี

นายเอกลักษณ์ แรมนิล

เกิดเมื่อ วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529

บ้านเลขที่ 8 หมู่ 11 ต. ตากออก อ.บ้านตาก จ.ตาก 63120

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนบ้านตากประชาวิทยาคาร ต. ตากออก อ.บ้านตาก จ.ตาก

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนบ้านตากประชาวิทยาคาร ต. ตากออก อ.บ้านตาก จ.ตาก