สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

THE CONTROL OF FUEL INJECTION AND IGNITION IN SPARK IGNITION ENGINE BY PERSONAL COMPUTER

นายทรงฤทธิ์ ธานินทร์ธนารักษ์
นายธีรพัฒน์ ชมภูคำ
นายภูวดล คำหอม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42442
วัน, เดือน, ปี 23 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

THE CONTROL OF FUEL INJECTION AND IGNITION IN SPARK IGNITION ENGINE BY PERSONAL COMPUTER

โดย

นายทรงฤทธิ์ ธานินทร์ธนารักษ์

นายธีรพัฒน์ ชมภูคำ

นายภูวดล คำหอม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

THE CONTROL OF FUEL INJECTION AND IGNITION IN SPARK IGNITION ENGINE BY PERSONAL COMPUTER

ผู้จัดทำ

1. นาย ทรงฤทธิ์ ธานินทร์ธนารักษ์ รหัสประจำตัว 40010264
2. นายธีรพัฒน์ ชมภูคำ รหัสประจำตัว 40010335
3. นายภูวดล คำหอม รหัสประจำตัว 40010570

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

นายทรงฤทธิ์ ธานินทร์ธนารักษ์ 40010264
นายธีรพัฒน์ ชมภูคำ 40010335
นายภูวดล คำหอม 40010570
ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการควบคุมการฉีดและการจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) โดยศึกษาการทำงานของ Wolf 3D ซึ่งเป็นชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์มาตรฐาน(Electronic Control Standard)ที่ควบคุมการฉีดและการจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งในการวิจัยได้ทำการสร้างชุดจำลองสัญญาณเซนเซอร์(Sensor)แล้วป้อนสัญญาณเซนเซอร์ นั้นเข้า Wolf 3D แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้เป็นฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์(Personal Computer) จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดด้วยคอมพิวเตอร์ แล้วจัดทำชุดจำลองควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE CONTROL OF FUEL INJECTION AND IGNITION IN SPARK IGNITION ENGINE BY PERSONAL COMPUTER

Songrit Thaninthanarak

Teerapat Chompookham

Phuwadon Chmhom

Dr. Chinda Charoenphonphanich Advisor

Education Year 2000

ABSTRACT

This project investigates and controls fuel injection and ignition of gasoline engine controlled by an Electronic Control Unit (ECU). By study about Wolf 3D operation is fuel injection and ignition control computer. The model sends signal sensor to the Wolf 3D Then, the result is data base in personal computer and the fuel injected and ignition controller was built program and model of fuel injection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากบุคคลท่านต่าง ๆ เหล่านี้ ดังนั้นคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านต่าง ๆ เหล่านี้เป็นอย่างมาก

1. บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา
2. อาจารย์พงศักดิ์ คำมูล ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านเครื่องยนต์ คำสั่งสอนและคำแนะนำสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานเป็นอย่างมาก
3. คุณมณฑา เทียมเมือง สำหรับคำปรึกษาทางด้านเทคนิคต่าง ๆ
4. พี่ฮาร์ด ผู้เป็นที่ปรึกษาทางด้านความรู้เกี่ยบกับรถยนต์
5. นายแจ็ค นายแดง นายเฟียส นายหนึ่ง น้องเล้ง สำหรับความช่วยเหลือในด้านเครื่องมือการทำวงจร และคำแนะนำดี ๆ หลายอย่าง
6. เพื่อนนิ่มสำหรับความช่วยเหลือด้านเครื่องพริ้นเตอร์
7. ฝ่ายขอบรมบริษัท ISUZU สำหรับคำปรึกษาด้านอุปกรณ์การทำชุดจำลอง
8. และที่สำคัญมาก คือ เพื่อน ๆ ทุกคนและอาจารย์ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนเป็นอย่างดี

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

นายทรงฤทธิ์ ธานินทร์ธนารักษ์
นายธีรพัฒน์ ชมภูคำ
นายภูวดล คำหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
สารบัญกราฟ	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ	3
2.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์	3
2.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด	4
2.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ	5
2.3.1 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบเอลเจ็ทโทรนิค (D – Jetronic)	5
2.3.2วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบเอลเจ็ทโทรนิค (D – Jetronic)	7
2.4 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์	8
2.5 วงจรควบคุมการจุดระเบิด	9
บทที่ 3 ระบบจุดระเบิด	11
3.1 ชนิดของระบบจุดระเบิด	11
3.2 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด	11
3.3 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด	12
3.4 จานจ่ายจุดระเบิด	12
3.5 วงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิของระบบจุดระเบิด	13
3.6 ข้อดีของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	14
3.7 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	14
3.8 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	16
3.9 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปิกอัป	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	20
4.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	20
4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor)	20
4.2.1 การทำงานของตัวตรวจนับอุณหภูมิน้ำ	21
4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)	22
4.3.1 การทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิของอากาศ	22
4.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)	23
4.4.1 แบบหน้าสัมผัสปิด – เปิด (On- Off Type)	24
4.4.2 แบบเชิงเส้น (Linear Type)	27
4.5 ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum)	28
4.5.1 การทำงานของตัวตรวจจับสุญญากาศ	29
4.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor or Lambda sensor)	30
4.6.1 การทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	31
4.7 สวิตช์ความร้อน-เวลา (Thermo – time switch)	33
4.7.1 การทำงานของสวิตช์ความร้อน – เวลา	33
4.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU)	35
4.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีด	36
4.8.2 การควบคุมระยะเวลาในการฉีด	37
4.8.3 การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage correction)	38
4.8.4 การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel cut)	38
บทที่ 5 การสั่งงานทางพอร์ตขนาน	40
5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตขนาน	40
5.1.1 ทำไมถึงเลือกใช้งานพอร์ตขนาน	40
5.1.2 ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน	41
5.1.3 การนำพอร์ตขนานไปใช้งาน	41
5.1.4 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual BASIC	41
5.2 การติดต่ออุปกรณ์อินพุตอย่างง่าย	43
5.2.1 P – BOARD บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน	44
5.2.2 การขับอุปกรณ์เอาต์พุตกระแสสูง	46
5.2.3 การใช้ไอซีขับ	47
5.2.4 การควบคุมรีเลย์โดยใช้ ULN2003	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2.5 EX – 06 บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง 48

5.3 การติดต่อพอร์ตขนานกับระบบบัส I^2C 48

5.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C 49

5.3.2 หลักการของบัส I^2C 50

5.3.3 หลักการทำงานบนบัส I^2C 52

บทที่ 6 แนวคิดของโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 54

6.1 โครงสร้างของโปรแกรม 54

6.1.1 ส่วนการรับสัญญาณอนาลอก(Analog) จากภายนอก 54

6.1.2 ส่วนประมวลผลข้อมูล 54

6.1.3 ส่วนการส่งสัญญาณการควบคุม 54

6.2 ลักษณะของโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 61

6 .3 วิธีการใช้งานโปรแกรม 62

6.4 การทำงานของโปรแกรม 63

บทที่ 7 แนวทางและการออกแบบวงจรจำลองสัญญาณ (Sensor Simulation) 72

7.1 รายละเอียดบางส่วนของการใช้งานชุด WOLF 3D ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดจำลองสัญญาณ 72

7.2 วงจรที่สร้างขึ้น 74

บทที่ 8 วิธีการทดลองและผลการทดลอง 78

8.1 อุปกรณ์การทดลอง 78

8.2 วิธีการทดลอง 78

8.2.1 วิธีการทดลองช่วงที่ 1 78

8.2.2 วิธีการทดลองช่วงที่ 2 80

8.3 ผลการทดลอง 81

8.3.1 ผลการทดลองช่วงที่ 1 81

8.3.2 ผลการทดลองช่วงที่ 2 87

บทที่ 9 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 90

9.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 90

9.2 สรุปผลการทดลอง 90

9.3 ข้อเสนอแนะ 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. Source Code ของโปรแกรมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 92

ภาคผนวก ข. ชุดจำลองการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 144

บรรณานุกรม 147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
8-1 Standard injection (Water Temp = 80 °C, Air Temp = 40 °C)	80
8-2 Standard Ignition (Water Temp = 80 °C, Air Temp = 40 °C)	80
8-3 แสดง Injection Time ในที่อุณหภูมิน้ำ 20° C	81
8-4 แสดง Injection Time ในที่อุณหภูมิน้ำ 40° C	82
8-5 แสดง Injection Time ในที่อุณหภูมิน้ำ 60 ° C	82
8-6 แสดง Injection Time ในที่อุณหภูมิน้ำ เท่ากับหรือมากกว่า 80° C	83
8-7 แสดง องศาการจุดระเบิดของ Wolf 3D (Degree Ignition < degree >)	83
8-8 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของ Air temperature	87
8-9 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของ Water temperature	87
8-10 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของ %Load	88
8-11 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของความเร็วรอบ(RPM)	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้าที่
2-1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์	3
2-2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด	4
2-3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบเอลจีโทรนิค (L-Jetronic)	5
2-4 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON)	6
2-5 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท	6
2-6 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน	7
2-7 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 4A-GE	8
2-8 วงจรสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์	9
2-9 วงจรสัญญาณความเร็วรอบในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE	9
2-10 วงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE	10
3-1 ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	11
3-2 ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	12
3-3 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายที่ใช้ทองขาว	13
3-4 วงจรปฐมภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	13
3-5 วงจรทุติยภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว	14
3-6 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	15
3-7 การเปรียบเทียบวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์	15
3-8 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายแบบหนึ่งของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์	16
3-9 การผ่านของฟันรีลักเตอร์บนคอยล์ปีกอัป	17
3-10 วงจรปฐมภูมิจะถูกเปิดออกและจะเกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในวงจรทุติยภูมิในขณะที่ฟันของรีลักเตอร์เริ่มเคลื่อนที่ออกห่างจากแนวของคอยล์ปีกอัป	18
4-1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	20
4-2 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	21
4-3 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	21
4-4 ตัวตรวจจับอุณภูมิอากาศ	22
4-5 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ	23
4-6 กราฟแสดงการปรับส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มความหนาตามอุณหภูมิอากาศ	23
4-7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง	24
4-8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสปิด– เปิด (On – Off Type)	24
4-9 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบปิด – เปิด	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
4-10 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะเดินเบา	27
4-11 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะใช้งานปกติ	28
4-12 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะรับภาระสูงสุด	28
4-13 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น (Linear Type)	28
4-14 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น	28
4-15 ตัวตรวจสุญญากาศ	29
4-16 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสุญญากาศ	29
4-17 ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสุญญากาศในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A – GE	30
4-18 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	31
4-19 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	32
4-20 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ BOSCH	32
4-21 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	33
4-22 ส่วนประกอบสวิตช์ความร้อน – เวลา	33
4-23 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน – เวลา ขณะอุณหภูมิต่ำ	34
4-24 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน – เวลา ขณะแผ่นไบเมทัล ได้รับความร้อน	34
4-25 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	35
4-26 การสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีด	36
4-27 ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์	37
4-28 การสร้างสัญญาณการฉีดของคอมพิวเตอร์	38
5-1 แสดงบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนานหรือ P – Board	44
5-2 วงจรสมบรูณ์ของ P – Board บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน	46
5-3 การจัดขาไอซีเบอร์ ULN2003	47
5-4 EX – 06 บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง	48
5-5 วงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C	49
5-6 การต่อพ่วงอุปกรณ์ระบบบัส I^2C ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากัน	50
5-7 การต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขาสัญญาณของอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C เพื่อลดสัญญาณรบกวน	50
5-8 ไดอะแกรมแสดงสถานะต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C	51
5-9 รูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์บนระบบบัส I2C	52
5-10 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต ของระบบบัส I2C	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
6-1 แสดงลำดับการจุดระเบิดและการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	54
6-2 แสดงลำดับการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	55
6-3 แสดงลำดับการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	56
6-4 แสดงแนวคิดในการเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเปิดวาล์วไอดี กับองศาการจุดระเบิด	57
6-5 แสดงโครงสร้างของโปรแกรม	61
6-6 แสดงหน้าจอในส่วนการปรับแต่งเวลาการฉีดน้ำมัน	61
6-7 แสดงหน้าจอทำงานหลักของโปรแกรม	62
6-8 แสดงหน้าจอยืนยันการทำงาน	63
6-9 แสดงการทำงานหลักของโปรแกรม	64
6-10 แสดงการทำงานของโหมดการฉีดน้ำมันอย่างเดียว	65
6-11 แสดงการทำงานของโหมดการจุดระเบิดอย่างเดียว	66
6-12 แสดงการทำงานของโหมดการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิด	67
6-13 แสดงการทำงานของกรณี Injection time >((H-M)/6N)*1000	68
6-14 แสดงการทำงานของกรณี Injection time < = ((H-M)/6N)*1000	69
6-15 แสดงการทำงานของกรณี H = M	70
6-16 แสดงการทำงานของกรณี H < M	71
7- 1 แสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของ Wolf 3D	73
7- 2 แสดงพอร์ตการเชื่อมต่อจอแสดงผลของ Wolf 3D RPM Sensor / Ignition Pickup	74
7- 3 แสดงวงจร Water Temperature Sensor	74
7- 4 แสดงวงจร Air Temperature Sensor	74
7- 5 แสดงวงจร TPS Sensor	75
7- 6 แสดงวงจร RPM Sensor	75
7- 7 แสดงวงจร Oxygen Sensor	75
7- 8 แสดงลักษณะการต่อค่า R10K	76
7- 9 แสดงลักษณะการต่อกับ Wolf 3D	76
7- 10 แสดงวงจร F / V	77
8-1 แสดงแผนผังจัดวางอุปกรณ์การทดลอง	78
8-2 แสดงแผนผังการปรับค่าตัวแปรต่างๆ	79
8-3 แสดงแผนผังจัดวางอุปกรณ์การทดลอง	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้าที่
8-1	แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ Water Temperature = 20 °C	74
8-2	แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ Water Temperature = 40 °C	74
8-3	แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ Water Temperature = 60 °C	75
8-4	แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ Water Temperature มากกว่าเท่ากับ 80 °C	75
8-5	แสดงองศาการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบ(RPM)ต่างๆ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีระบบการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดเชื้อเพลิงด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ จะมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดและจุดระเบิดเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากว่าชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ มีข้อจำกัดในการปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานที่ต้องการ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานต่างๆนั้น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์

เดิมข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์นั้นได้มีการศึกษาการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โดยทำการศึกษาการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 4เอ-จีอี(TOYOTA 4A-GE) โดยทำการทดลองแปรภาระโหลดของเครื่องยนต์ หาข้อมูลนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แล้วสร้างชุดจำลองหัวฉีดที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งมีพื้นฐานบนไมโครคอรโทรลเลอร์ 8051 กับ รหัสแอสกี(ASCII) ที่ส่งออกทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยการออกแบบโปรแกรมจะเป็นการทำงานแบบเปิด (2542, ฐิติคม,ณัฐจิตและรณชัย)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการทำงานของตัวจัดการทำงานของเครื่องยนต์ของวูลฟ์ 3 ดี(Engine Management Computer WOLF 3D) ซึ่งเป็นชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งซึ่งปรับค่าได้ ใช้เป็นอุปกรณ์ทดลองมาตรฐานในการหาค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์โดยมีการสร้างชุดจำลองสัญญาณอินพุทของสัญญาณความเร็วรอบ สัญญาณอุณหภูมิน้ำ สัญญาณปริมาณออกซิเจน สัญญาณอุณหภูมิอากาศและสัญญาณตำแหน่งลิ้นเร่ง และนำไปติดตั้งเข้ากับวูลฟ์ 3 ดี จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้จากวูลฟ์ 3 ดี (Wolf 3D) เก็บไว้เป็นฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(Personal Computer) แล้วสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานอย่างเดียวกับการทำงานของวูลฟ์ 3 ดี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมการทำงานต่อไปในอนาคต แล้วยังวิธีการหนึ่งในการนำไปพัฒนาเครื่องยนต์ โดยการนำเอาการสั่งงานผ่านพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเมื่อเทียบคุณสมบัติการใช้งานและคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมสั่งงานแล้วการสั่งงานผ่านพอร์ตขนานเป็นรูปแบบหนึ่งที่เหมาะนำมาใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก(ระบบฉีดน้ำมันและระบบจุดระเบิด) เพื่อควบคุมและรับสัญญาณข้อมูล แต่ก็ต้องพิจารณาข้อมูลทางด้านเทคนิคของการสั่งงานในรูปแบบนี้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานของระบบควบคุมการฉีดน้ำมันด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ECU)

2.เพื่อจัดทำการสร้างชุดควบคุมการทำงานของการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และจัดสร้างชุดจำลองสัญญาณเซนเซอร์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ให้มีความง่ายต่อการใช้งาน

4.โปรแกรมที่ทำการเขียนนั้นมีความสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรมต่อไปในอนาคตเนื่องจากใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้นั้นเป็นภาษาพื้นฐานที่ง่ายต่อการเข้าใจ

5.โปรแกรมที่ทำการใช้งานนั้นเป็นระบบปิด โดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะทำการควบคุมการทำงานต่างๆเอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของวูลฟ์ 3 ดี ซึ่งชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้นั้นมีโหมดการทำงานภายในหลายโหมดด้วยกัน สำหรับในการวิจัยนี้เลือกโหมดการควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประเภท 4 สูบ ไม่มีการใช้เทอร์โบชาร์ต ซึ่งในการวิจัยนั้นได้ทำงานทดลองเพื่อหาข้อมูลภายในของวูลฟ์ 3 ดี เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมควบคุม โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมนั้นใช้ภาษาวิชวลเบสิกเวอร์ชั่น 6 (Visual Basic 6.0) เนื่องจากภาษาวิชวลเบสิกนี้มีรูปแบบการเขียนที่ตอบสนองต่อการทำงานได้ดี และมีรูปแบบที่ง่ายในการศึกษาสำหรับผู้ที่สนใจ

โปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดที่ทำการเขียนขึ้นนั้นมีความง่ายต่อการใช้งาน และมีลักษณะการควบคุมที่มีลักษณะเป็นระบบปิด ซึ่งโปรแกรมจะทำควบคุมการทำงานเองโดยไม่ต้องอาศัยการป้อนค่าจากภายนอก

1.4 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงงานนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งก็มีเรื่องหลัก ๆ อยู่ 4 เรื่องด้วยกัน คือ การศึกษาการทำงานของวูลฟ์ 3 ดี(Wolf 3D) ทฤษฎีการควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน การใช้งานพอร์ตขนานและอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก และการใช้งานโปรแกรมวิชวลเบสิก ซึ่งมีรายละเอียดดังในบทที่ 2, 3, 4 และ 5 ส่วนความรู้ทางด้านโปรแกรมวิชวลเบสิกนั้นขอละไว้ในที่นี้เนื่องจากสามารถทำการศึกษาได้จากหนังสือการเขียนโปรแกรมทั่วไป จากนั้นก็จะนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษาทั้งหมดมาออกแบบวงจรจำลองสัญญาณต่างๆซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 7

จากนั้นก็จะเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยบทที่ 6 จะกล่าวถึงองค์ประกอบโดยรวมและแนวคิดในการเขียนโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาและยังอธิบายไปถึงรูปแบบการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม ส่วนรายละเอียดในบทที่ 8 จะกล่าวถึงวิธีการทดลองและผลการทดลอง

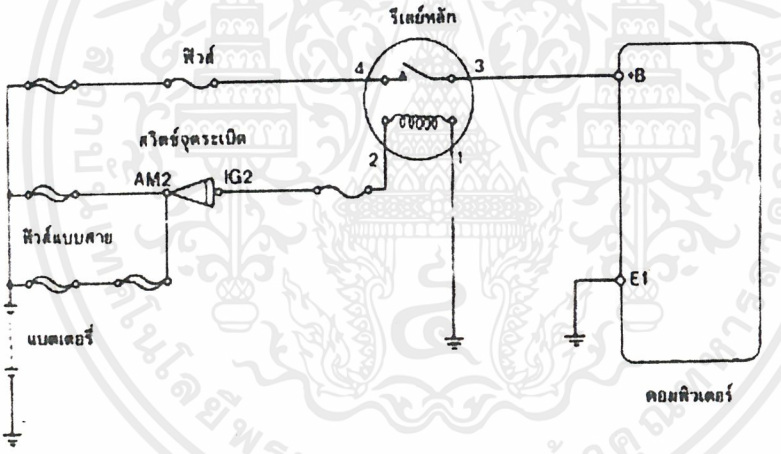
สำหรับบทที่ 9 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายก็จะเป็นการสรุปการทำงาน ผลที่ได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้ และแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้เพิ่มเติม และแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ
(Control Circuit)

ในการควบคุมการทำงานของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ให้ทำการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่พอเหมาะกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์นั้น จะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ หา โดยสามารถแยกออกเป็นวงจรย่อย ๆ จะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ที่สำคัญหลายวงจรคือ วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด วงจรไฟฟ้าควบคุมปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง วงจรไฟฟ้าลิ้นอากาศ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีดสตาร์ทเย็น วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณเซนเซอร์ (Sensor) ต่าง ๆ วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์ วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ วงจรควบคุมการจุดระเบิด ฯลฯ

2.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2-1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เข้าคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-1 โดยมีรีเลย์หลัก (EFI Main Relay) เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

การทำงาน

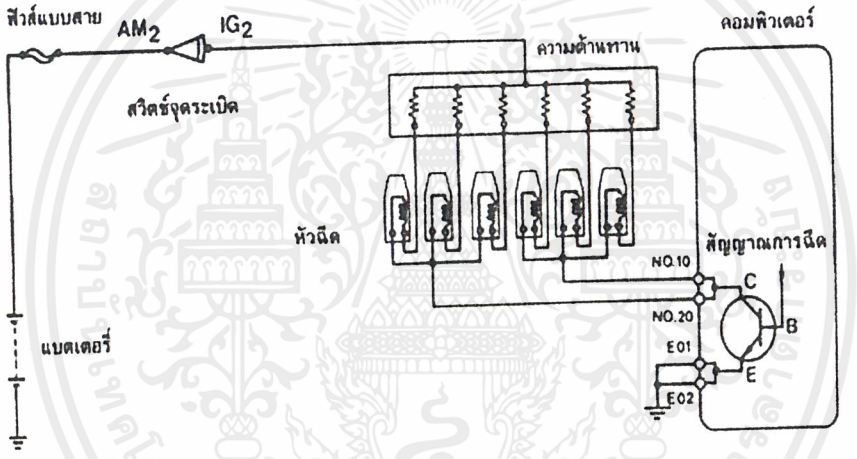
เมื่อบิดสวิตช์จุดระเบิด (Ignition Switch) ไปตำแหน่งเปิด (ON) ขั้ว AM_2 และ IG_2 ของสวิตช์จะต่อถึงกันกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์ทางขั้วหมายเลข 2 และมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้วหมายเลข 1 ทำให้รีเลย์หลักทำงาน (คอนแทครีเลย์ต่อขั้วหมายเลย 3 และ 4 เข้าด้วยกัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านหน้าคอนแทคของรีเลย์หลักเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว + B และเมื่อทำการบิดสวิตช์จุดระเบิดกลับมาอยู่ในตำแหน่งปิด (OFF) เช่น ตอนดับเครื่องยนต์ กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกตัด ทำให้รีเลย์หลักหยุดทำงาน(หน้าคอนแทคแยกจากกัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับคอมพิวเตอร์ก็จะถูกตัด

2.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

จากวงจรไฟฟ้า หัวฉีดแต่ละตัวจะต่อกันแบบขนาน แล้วต่ออนุกรมกับตัวความต้านทานแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายผ่านฟิวส์ สวิตช์จุดระเบิด ตัวความต้านทาน และขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ตามลำดับ แล้วมาเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว NO. 10 และ NO. 20 เพื่อมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E_{01} และ E_{02} ในการมาลงกราวด์ของกระแสไฟฟ้าในวงจรหัวฉีดจะต้องผ่านตัวทรานซิสเตอร์ (Power Transistor) ที่อยู่ภายในหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านมาลงกราวด์ครบวงจรได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (สัญญาณการฉีด) ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2-2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

การทำงาน

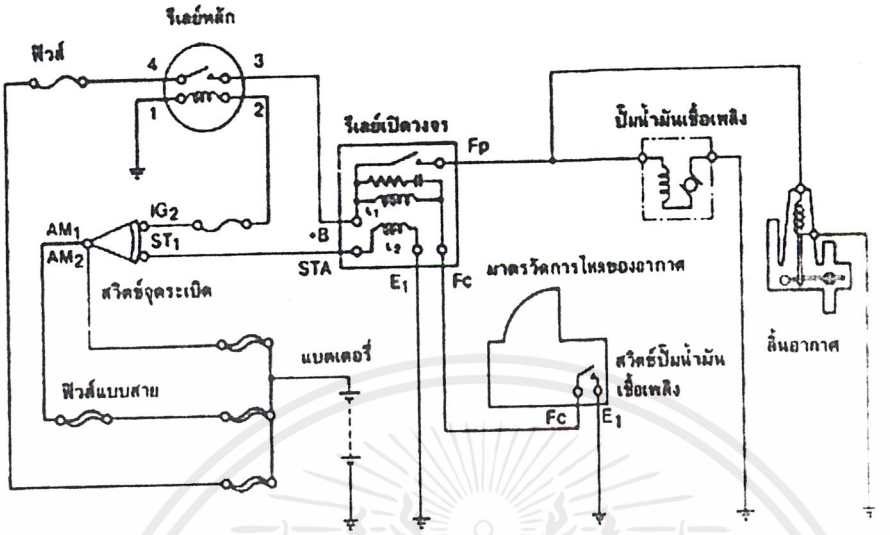
เมื่อบิดสวิตช์จุดระเบิดมาอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านตัวความต้านทานและขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด มายังขั้ว NO. 10 และ NO. 20 เพื่อรอลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E_{01} และ E_{02} ในตำแหน่งนี้ไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดจะยังไม่สามารถลงกราวด์ครบวงจรได้ เนื่องจากยังไม่มีสัญญาณการฉีดจากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์มีการหมุน) คอมพิวเตอร์จะสร้างสัญญาณการฉีดออกมา ทรานซิสเตอร์ก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านจากขา C ออกทางขา E มาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E_{01} และ E_{02} หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา สำหรับระยะเวลาในการฉีดจะนานเท่าไรนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของสัญญาณการฉีดจากคอมพิวเตอร์

จากวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดจะเห็นว่า มีตัวความต้านทานต่ออนุกรมไว้กับขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ตัวความต้านทานนี้จะมีหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดไหม้เนื่องจากมีกระแสไหลผ่านมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ

2.3.1 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบเอลเจ็ทโทรนิค (L – Jetronic)



รูปที่ 2-3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค (L-Jetronic)

ในวงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบแอลเจ็ทโทรนิค(L-Jetronic) จะมีรีเลย์เปิดวงจร (Circuit Opening Relay) และสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pump Switch) สำหรับทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

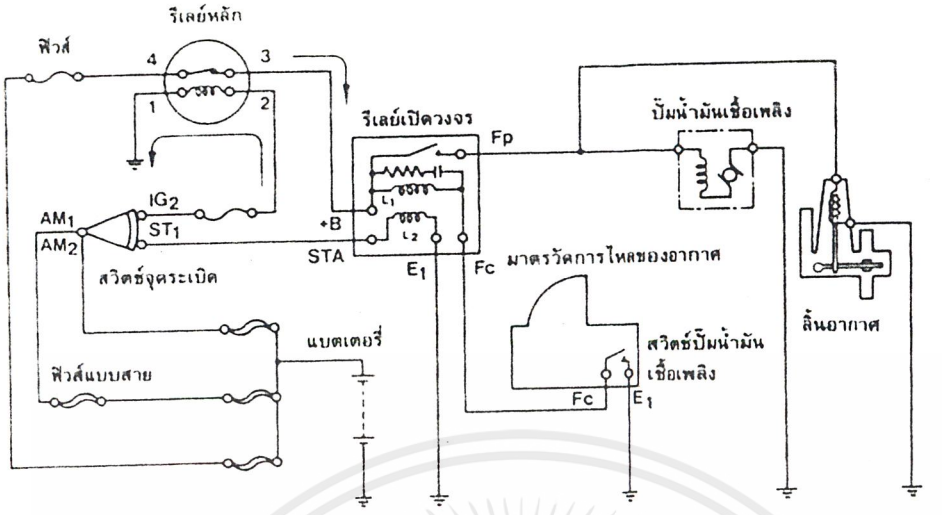
การทำงาน

1. เมื่อบิดสวิตช์จุดระเบิดไปอยู่ที่ตำแหน่งเปิด (ON) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ถูกจ่ายออกทางขั้ว IG_2 ของสวิตช์ ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์หลัก ทำให้รีเลย์หลักต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังรีเลย์เปิดวงจร (ที่ขั้ว +B ในตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรยังไม่ทำงานหน้าคอนแทคแยกออกจากกัน) เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L_1 ยังไม่สามารถแยกจากกัน ดังนั้น จึงยังไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงได้

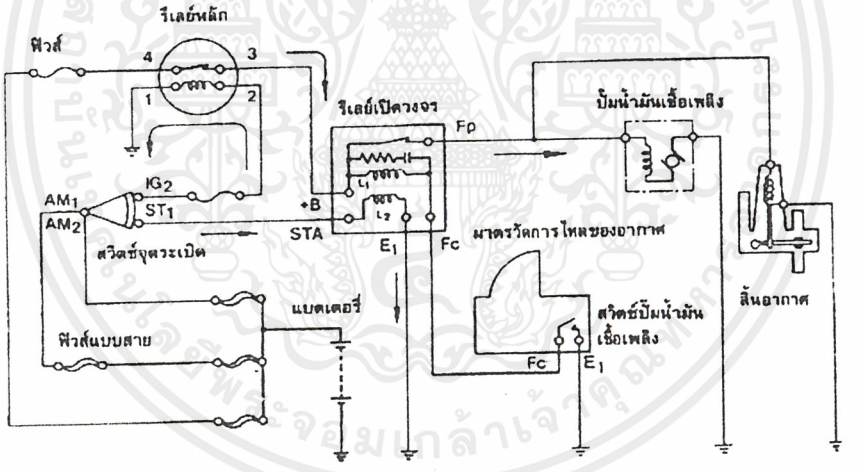
2. เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ (สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายออกทางขั้ว ST_1 ป้อนเข้าขดลวด L_2 ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E_1 ทำให้รีเลย์เปิดวงจรทำงาน(หน้าคอนแทคต่อกัน) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะถูกจ่ายไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทางขั้ว Fp ของรีเลย์เปิดวงจร

3. ขณะเครื่องยนต์ทำงาน สวิตช์จุดระเบิดจะกลับมาอยู่ในตำแหน่ง ON ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวด L_2 ถูกตัดลง แต่ตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรจะยังทำงานต่อไปได้ เนื่องจากขณะเครื่องยนต์ทำงาน (มีอากาศไหลแผ่นวัดของมาตรวัดการไหลของอากาศ) หน้าคอนแทคของสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมาต่อกัน ทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L_1 มาลงกราวด์ที่ขั้ว E_1 ได้ ดังนั้น ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะยังทำงานต่อไปตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



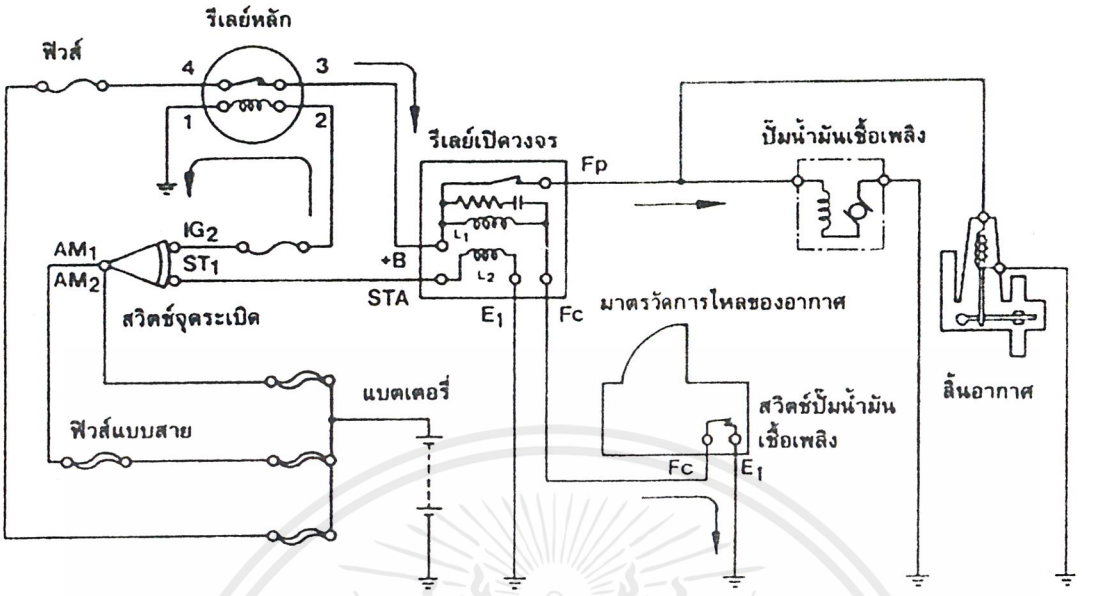
รูปที่ 2-4 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON)



รูปที่ 2-5 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท

จากการทำงานดังกล่าว จะเห็นว่าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน แต่เมื่อเครื่องยนต์เกิดดับลง (ไม่มีอากาศไหลผ่านแผ่นวัดของมาตรวัดการไหลของอากาศ) หน้าคอนแทคของสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด L_1 ของรีเลย์เปิดวงจร ไม่สามารถลงกราวด์ครบวงจรได้ รีเลย์เปิดวงจรจะหยุดทำงาน การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มก็จะยุติลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน

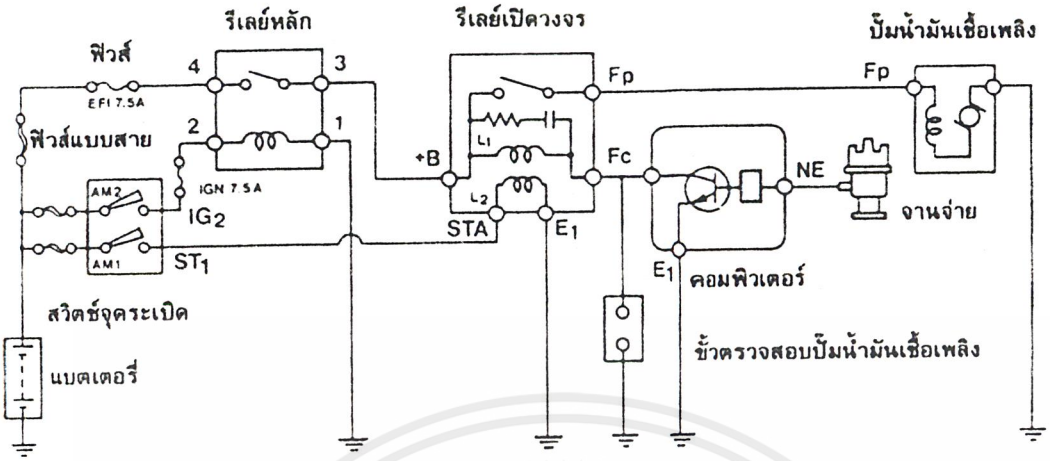
2.3.2 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบดีเจ็ทโทรนิค (D – Jetronic)

เนื่องจากในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบดีเจ็ทโทรนิคไม่มีมาตรวัดการไหลของอากาศเหมือนกับระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค เช่น ในเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-GE , 3S-FE , 2E-E การทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2-7

จากรูปจะเห็นว่า วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบดีเจ็ทโทรนิค จะไม่มีสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเหมือนในระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค วงจรไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรจะถูกต่อไปยังขั้ว Fc ของคอมพิวเตอร์เพื่อรอลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E_1 ซึ่งการลงกราวด์ครบวงจรของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc นี้จะถูกควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์แทนการใช้สวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการทำงานนั้นส่วนใหญ่จะเหมือนกับระบบฉีดแบบแอลเจ็ทโทรนิค แต่จะแตกต่างกันก็ตรงที่การควบคุมการลงกราวด์ของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจร

ในการควบคุมการลงกราวด์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์นั้น ทรานซิสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc มาลงกราวด์ที่ขั้ว E_1 ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าบอกสภาวะการหมุนของเครื่องยนต์ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ (สัญญาณไฟฟ้าบอกสภาวะการหมุนจะมาจากตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่อยู่ภายในจานจ่าย) หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ ก็คือ หากเครื่องยนต์ทำงาน (มีการหมุน) ทรานซิสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E_1 สำหรับขั้วตรวจสอบปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีไว้สำหรับตรวจสอบการทำงานของปั๊มในขณะที่เครื่องยนต์ดับ ในการตรวจสอบจะทำได้โดยต่อขั้วทั้งสองถึงกันซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด L_1 ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ครบวงจรได้ รีเลย์เปิดวงจรก็จะต่อวงจรไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 4A-GE

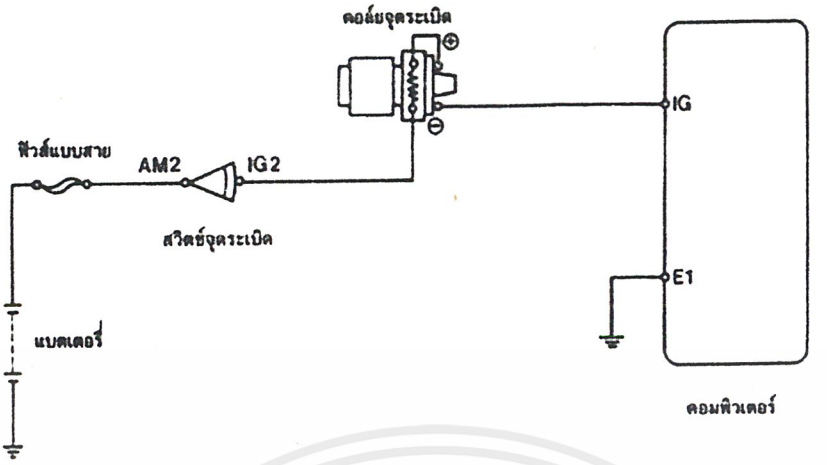
2.4 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา (Conventional EFI) สัญญาณไฟฟ้าบอกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ จะต่อจากขั้วลบของคอยล์จุดระเบิดหรือที่ขั้วจานจ่าย ไปยังขั้ว IG ของคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2-8

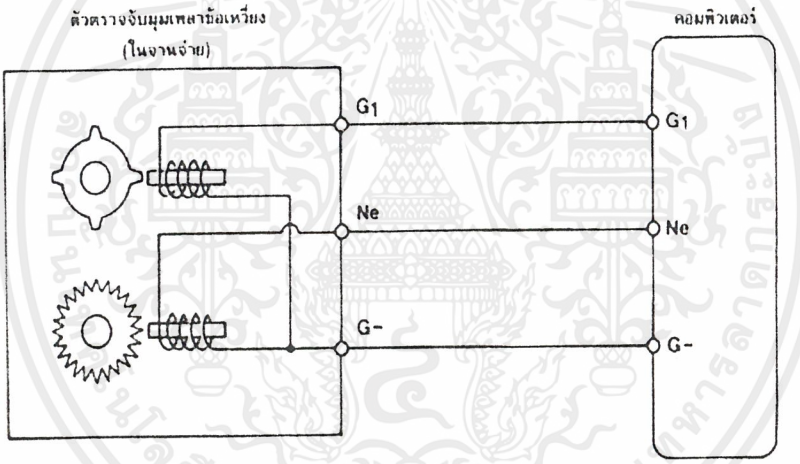
สำหรับในเครื่องยนต์ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ (TCCS หรือ ECCS) เช่น เครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE 1G-GE, 3S-GE เครื่องยนต์ NISSAN รุ่น CA18ET, RB20E, VG30E สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะต่อจากตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยง (Crank angle sensor) ที่ติดตั้งอยู่ภายในจานจ่ายดังตัวอย่างในรูปที่ 2-9

จากวงจรในรูปที่ 2-9 คอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์จากขดลวดของตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่ติดตั้งอยู่ภายในจานจ่าย สัญญาณมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์จะมี 2 สัญญาณ คือ สัญญาณ Ne และสัญญาณ G ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์หมุน 2 รอบ) จะมีสัญญาณ G เกิดขึ้น 4 ครั้ง และสัญญาณ Ne 24 ครั้ง สัญญาณ G จะถูกใช้สำหรับพิจารณาจังหวะในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและกำหนดจังหวะการจุดระเบิด ส่วนสัญญาณ Ne จะใช้สำหรับตรวจจับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และมุมของเพลาข้อเหวี่ยง เพื่อใช้ในการคำนวณระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีด (Basic injection time) และองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้น (Basic Ignition advance angle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 วงจรสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์



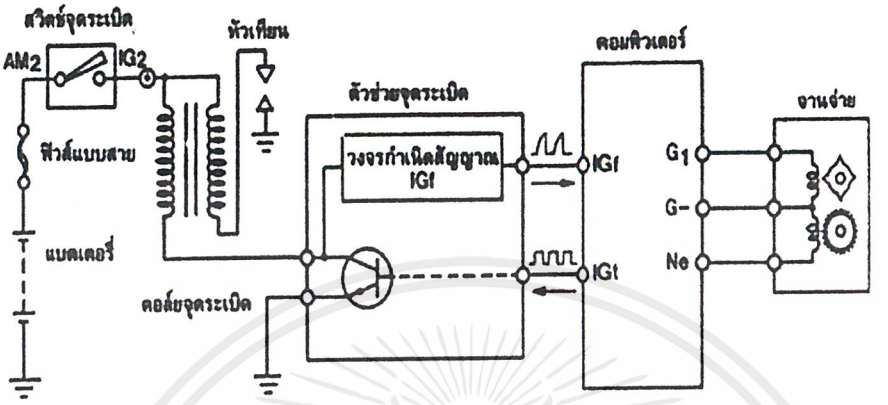
รูปที่ 2-9 วงจรสัญญาณความเร็วรอบในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

2.5 วงจรควบคุมการจุดระเบิด

ในเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) แบบธรรมดา การควบคุมการจุดระเบิดไม่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ เป็นระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (ใช้หน้าทองขาว) หรือแบบอิเล็กทรอนิกส์เหมือนเครื่องยนต์ทั่ว ๆ ไปสำหรับในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นใหม่ๆ ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ แบบ TCCS หรือ ECCS ระบบจุดระเบิดจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ 4A-GE กระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดที่จะมาลงกราวด์ จะถูกควบคุมโดยทรานซิสเตอร์ (Power transistor) ที่อยู่ภายในตัวช่วยจุดระเบิด (Igniter)



รูปที่ 2-10 วงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

การทำงาน

เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่อยู่ภายในจานจ่าย จะส่งสัญญาณมุมการเคลื่อนที่ของเพลาข้อเหวี่ยงมายังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสม แล้วส่งสัญญาณการจุดระเบิด(IGt) มายังตัวช่วยจุดระเบิดในลักษณะของคลื่นสี่เหลี่ยม(pulse) เป็นจังหวะ ๆ สัมพันธ์กับองศาการจุดระเบิดของแต่ละสูบ

เมื่อตัวช่วยจุดระเบิดได้รับสัญญาณ IGt จากคอมพิวเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำการตัดกระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดที่มาลงกราวด์ ทำให้เกิดการยุบตัวของเส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้าแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ในขณะที่การเหนี่ยวนำเกิดขึ้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวช่วยจุดระเบิดจะทำการตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดที่เกิดขึ้น แล้วส่งสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGf) กลับไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าได้มีการจุดระเบิดขึ้น หากไม่มีสัญญาณยืนยันการจุดระเบิดป้อนกลับเข้าคอมพิวเตอร์ด้วยเหตุใดก็ตามคอมพิวเตอร์จะหยุดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทันที เพื่อป้องกันการตกค้างของน้ำมันภายในกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระบบจุดระเบิด

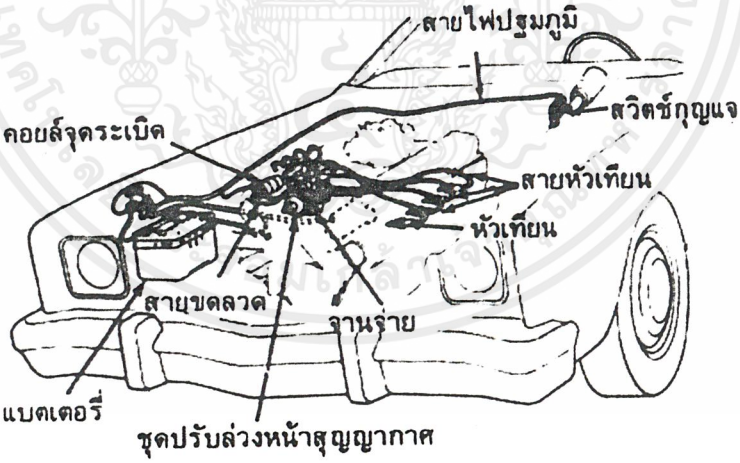
3.1 ชนิดของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดเป็นระบบที่ให้ประกายไฟในการจุดระเบิดเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ประกายไฟต้องร้อนเพียงพอต่อการเริ่มเผาไหม้ส่วนผสมเมื่อประกายไฟอ่อน (ความร้อนไม่เพียงพอ) หรือเกิดประกายไฟไม่ถูกต้องตามเวลาที่เหมาะสม ความดันที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีค่าไม่สูงสุด ดังนั้นการเกิดประกายไฟที่หัวเทียนจะต้องมีความเข้มข้นและตรงต่อเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้กำลังสูงสุด ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงลดปริมาณก๊าซพิษในไอเสีย และไม่เกิดการเผาไหม้ผิดปกติ

โดยทั่วไปแล้วระบบจุดระเบิดมี 2 แบบ คือแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์ ถึงแม้ว่าโครงสร้างและการทำงานของทั้ง 2 แบบแตกต่างกัน แต่หน้าที่อย่างเดียวกัน หน้าที่ก็คือผลิตไฟฟ้าแรงดันสูงและจ่ายไปตามหัวเทียนต่าง ๆ ด้วยไทมิ่งที่เหมาะสม

3.2 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด

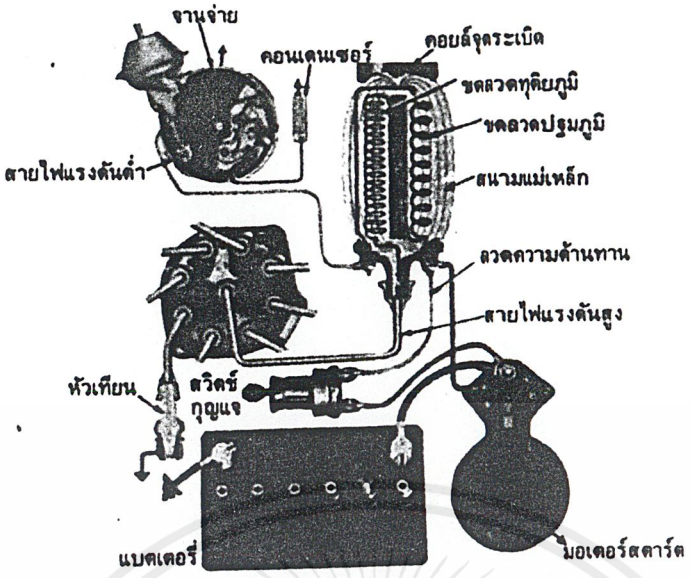
ระบบจุดระเบิด ทำให้เกิดประกายไฟสำหรับจุดระเบิดส่วนผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง ประกายไฟจะเกิดขึ้นเมื่อใกล้สิ้นสุดจังหวะอัด ส่วนผสมจะเผาไหม้และเกิดความดันสูงกระทำกับลูกสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง



รูปที่ 3-1 ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

ระบบจุดระเบิดที่มีกลไกซึ่งเปลี่ยนแปลงไทมิ่งของการจุดระเบิดให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์เดินเบา ประกายไฟจะเกิดตรงตำแหน่งก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึง TDC เพียงเล็กน้อยเท่านั้นของจังหวะอัด แต่เมื่ออัตราความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ประกายไฟจะเกิดขึ้นล่วงหน้า เพื่อให้ส่วนผสมมีเวลานานเพียงพอต่อการเริ่มเผาไหม้ ซึ่งจะได้ความดันสูงสุดเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึง TDC และเริ่มเคลื่อนที่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

ในขณะที่วาล์วผีเสื้อเปิดบางส่วน ส่วนผสมที่เข้ากระบอกสูบมีจำนวนน้อย ส่วนผสมจำนวนน้อยที่ถูกอัดตัวในจังหวะอัด และการเผาไหม้จะเกิดขึ้นช้าลงเมื่อเริ่มการจุดระเบิดแล้ว ดังนั้นระบบจุดระเบิดจึงมีกลไกอีกอย่างหนึ่งในการปรับไทมิ่งจุดระเบิดให้เกิดขึ้นล่วงหน้าตามสภาพการทำงานดังกล่าว

3.3 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดประกอบด้วย แบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์ (ต้นกำเนิดของกำลังไฟฟ้า) สวิตช์กุญแจ จานจ่าย คอยล์จุดระเบิด หัวเทียนและสายไฟ ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ด้วย จานจ่ายและคอยล์ทำงานร่วมกันเพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าต่ำจากแบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์เป็นแรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อการเกิดประกายไฟหัวเทียนในห้องเผาไหม้แรงดันไฟฟ้าสูงนั้นอาจมีค่าสูงสุดถึง 47,000 โวลต์หรือมากกว่านี้ ซึ่งรูปที่ 3-2 จะแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบจุดระเบิดแบบทองขาว ระบบนี้เป็นระบบเก่าที่ใช้กันมานานหลายปีแล้ว แต่ปัจจุบันได้มีระบบใหม่มาใช้แทนคือ ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

3.4 จานจ่ายจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากประกอบด้วย จานจ่ายจุดระเบิด (Ignition distributor) ดังแสดงในรูปที่ 3-3

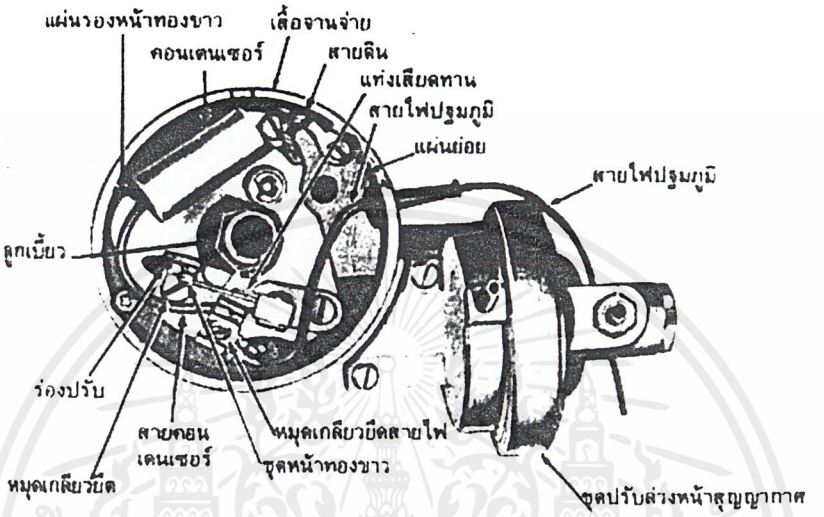
หน้าที่ของจานจ่ายจุดระเบิดได้แก่

1. จานจ่ายมีหน้าทองขาว (contact points) หรือทรานซิสเตอร์ (transistor) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ในการตัดและต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรปฐมภูมิ ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในคอยล์จุดระเบิด
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังหัวเทียนต่าง ๆ โดยการหมุนของโรเตอร์ในฝาครอบจานจ่ายโดยการจุดระเบิดของหัวเทียนเป็นไปตามลำดับการจุดระเบิดของแต่ละกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จานจ่ายมีกลไกในการปรับไทมิ่งจุดระเบิดให้เกิดขึ้นล่วงหน้าหรือหน่วงให้ช้าลง โดยกลไปปรับล่วงหน้าสุญญากาศและกลไกปรับล่วงหน้าทางกล (พบในระบบจุดระเบิดแบบทองขาวทั้งหมดและแบบอิเล็กทรอนิกส์บางชนิด)

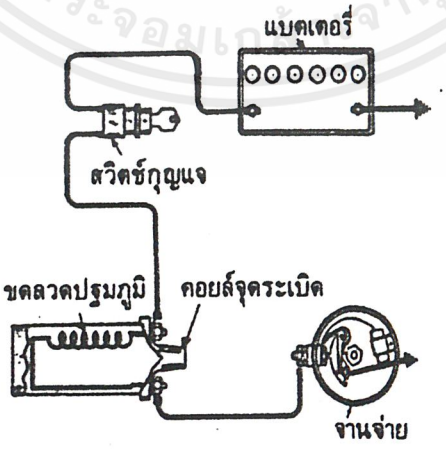
เมื่อใช้ไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ จะไม่มีกลไกปรับล่วงหน้าในจานจ่าย จานจ่ายเป็นเพียงจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังหัวเทียนต่าง ๆ เท่านั้น ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากไม่มีจานจ่าย



รูปที่ 3-3 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายที่ใช้ทองขาว

3.5 วงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิของระบบจุดระเบิด

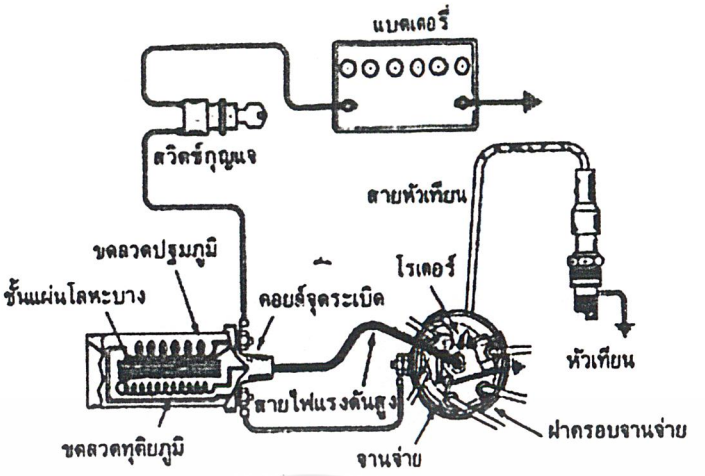
ระบบจุดระเบิดมีวงจรไฟฟ้าแยกเป็น 2 วงจร ได้แก่ วงจรปฐมภูมิ (Primary circuit) หรือวงจรไฟแรงต่ำและวงจรทุติยภูมิ (Secondary circuit) หรือวงจรไฟแรงสูง วงจรไฟแรงต่ำหรือวงจรปฐมภูมิประกอบด้วย แบตเตอรี่ แอมมิเตอร์ สวิตช์กุญแจ รีซิสเตอร์ (ตัวความต้านทาน) ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด หน้าทองขาวและคอนเดนเซอร์ ตัวถังหรือโครงรถยนต์และสายไฟในวงจรปฐมภูมิ



รูปที่ 3-4 วงจรปฐมภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

วงจรทุติภูมิประกอบด้วย ขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด ฝาครอบจานจ่ายและโรเตอร์ สายหัวเทียน หัวเทียน และตัวถังหรือโครงรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 วงจรทุติยภูมิในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

เมื่อสวิตช์กุญแจอยู่ที่ตำแหน่ง ON จะมีกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านวงจรปฐมภูมิกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิคอยล์และหน้าทองขาว (หน้าทองขาวปิด) ลงสู่สายดินและกลับสู่แบตเตอรี่ ลูกเบี้ยวซึ่งติดตั้งบนเพลาจานจ่ายทำให้หน้าทองขาวเปิดและปิดสลับกัน มุมการหมุนของลูกเบี้ยวที่ทำให้หน้าทองขาวยังคงปิดอยู่นั้นเรียกว่า มุมปิดหน้าทองขาว (Dwell angle)

3.6 ข้อดีของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

ในปัจจุบันเครื่องยนต์จำนวนมากใช้ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (electronic ignition system หรือ EIS) ซึ่งมักจะเรียกว่า การจุดระเบิดโซลิดสเตต (solid - state ignition หรือ SSI)ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะใช้ทรานซิสเตอร์และเซมิคอนดักเตอร์ทำหน้าที่แทนหน้าทองขาว

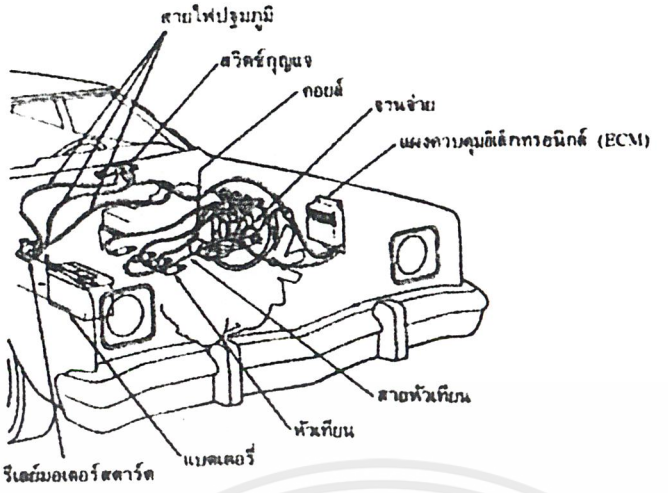
เมื่อไม่มีหน้าทองขาวที่จะสึกหรอและไม่มีการปรับและการเปลี่ยน จึงทำให้การบริการของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์น้อยลง นอกจากนี้ ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะให้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าระบบจุดระเบิดแบบทองขาว สิ่งนี้สำคัญมากเพราะว่าแรงดันไฟฟ้าสูงจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีขึ้นเมื่อส่วนผสมบาง ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูงในวงจรทุติยภูมิมักเรียกว่า ระบบจุดระเบิดพลังงานสูง (high – energy ignition หรือ HEI)

วงจรทุติยภูมิของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ใช้สายไฟที่มีฉนวนหนากว่าระบบจุดระเบิดแบบทองขาว ดังนั้นสายไฟแรงดันสูงจะมีขนาด 8 mm ในขณะที่แบบทองขาวใช้ขนาด 7 mm ฉนวนทำด้วยสารประกอบซิลิคอน ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดีสำหรับไฟแรงดันสูง

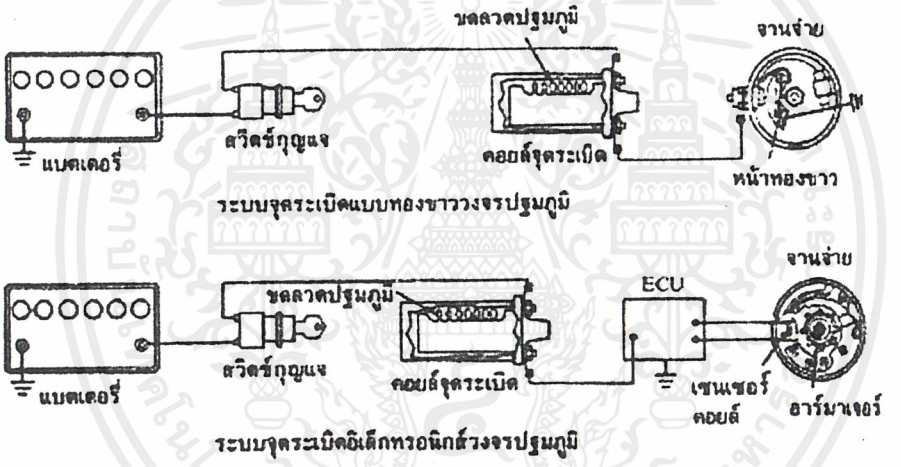
3.7 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

ทั้ง 2 ระบบประกอบด้วยแบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์ สวิตช์กุญแจ จานจ่ายจุดระเบิดคอยล์จุดระเบิด สายไฟ และหัวเทียน แต่ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic control หรือ ECU) หรือแผงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic control module หรือ EMC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3-7 การเปรียบเทียบวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์

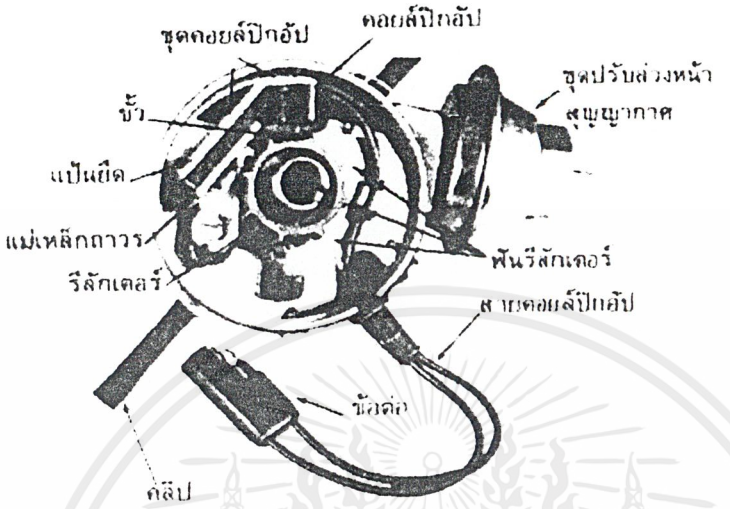
ในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ จานจ่ายจะมีอุปกรณ์ซึ่งสร้างสัญญาณกระตุ้นและส่งเข้าสู่ ECU เพื่อเปิดวงจรปฐมภูมิ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าที่ในวงจรปฐมภูมิหยุดไหล สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบคอยล์จุดระเบิดจะสลายตัว ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่สูงซึ่งจะส่วนผ่านสายไฟแรงสูง โรเตอร์และฝาครอบจานจ่ายไปยังหัวเทียนในแต่ละกระบอกสูบ

ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ส่วนมาก (ทั้งแบบทองขาวและแบบอิเล็กทรอนิกส์) เป็นระบบจุดระเบิดแบบเหนี่ยวนำ (inductive ignition system) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามการเปิดและปิดวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์อาจแตกต่างกันไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 3-8 แสดงจานจ่ายอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปซึ่งถอดฝาครอบออก ชุดคอยล์ปิกอัปประกอบด้วยแม่เหล็กถาวะและคอยล์ซึ่งพันรอบแท่งโลหะซึ่งเรียกว่า ขั้ว



รูปที่ 3-8 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในจานจ่ายแบบหนึ่งของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

รีลักเตอร์มีลักษณะคล้ายเฟืองและยึดติดกับส่วนบนของเพลาจานจ่าย คล้ายกับลูกเบี้ยวของจานจ่ายที่ใช้ทองขาว รีลักเตอร์ทำด้วยเหล็กและมีจำนวนฟันเท่ากับจำนวนกระบอกสูบ ฟันของรีลักเตอร์จะมีระยะช่องว่างเล็กน้อยห่างจากชุดคอยล์ปิดอัป ดังนั้นชิ้นส่วนทั้งสองจะไม่สัมผัสกัน

รีลักเตอร์ไม่ใช่แม่เหล็ก เมื่อฟันของรีลักเตอร์เข้าสู่แม่เหล็ก ฟันของรีลักซ์เตอร์จะเป็นส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กดีกว่าอากาศโดยรอบ สิ่งนี้จะทำให้รีลักแตนซ์ (reluctance) ลดลง ซึ่งรีลักซ์แตนซ์ก็คือความต้านทานการไหลของเส้นแรงแม่เหล็กไปตามเส้นทางแม่เหล็ก

แม่เหล็กถาวรในชุดคอยล์ปิกอัปสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้มต่ำ สนามแม่เหล็กนี้ผ่านขดลวดของคอยล์ปิดอัปซึ่งพันโดยรอบขั้ว (ดูรูปที่ 3-9 (ก)) สนามแม่เหล็กนี้ค่อนข้างอ่อนเมื่อระยะช่องว่างระหว่างขั้วกับฟันของรีลักเตอร์มีขนาดกว้าง

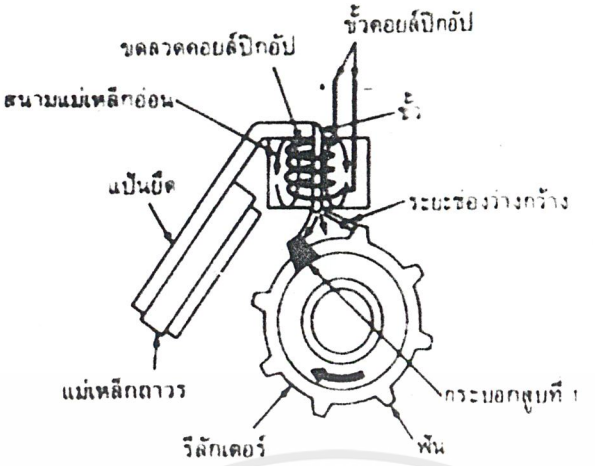
ในขณะที่ฟันของรีลักเตอร์เข้าใกล้คอยล์ปิดอัป ระยะช่องว่างนั้นลดลง เส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กจะดีขึ้น (ดูรูปที่ 3-9 (ข)) ในขณะความเข้มของสนามแม่เหล็กรอบคอยล์ปิกอัปเริ่มเพิ่มขึ้น การเปลี่ยน (การเพิ่ม) ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบวกที่ขั้วหนึ่งของขั้วคอยล์ปิดอัป

แรงดันไฟฟ้าบวกจะเข้มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งฟันของรีลักเตอร์อยู่ตรงกันข้ามกับขั้วในตำแหน่งนี้จะมีระยะช่องว่างระหว่างฟันของรีลักเตอร์น้อยที่สุด

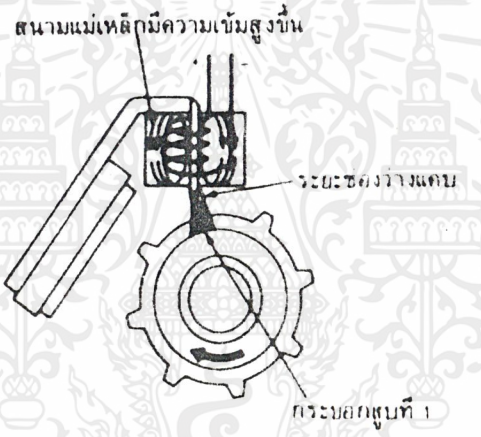
หลังจากที่ฟันของรีลักเตอร์เคลื่อนที่ผ่านขั้วไปแล้ว ระยะช่องว่างนั้นจะเพิ่มขึ้น (ดูรูปที่ 3.15 (ค) สิ่งนี้ทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์ปิกอัปเริ่มลดลงหรือสลายตัวการลดลงของความเข้มสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าลงที่ขั้วเดิมของคอยล์ปิกอัปแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นสัญญาณป้อนเข้าสู่ ECU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

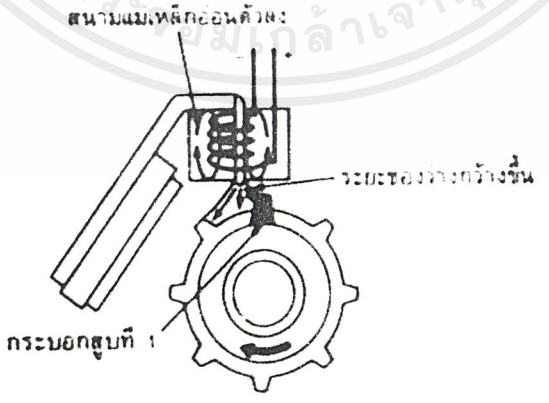
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



(ก) ช่องว่างของอากาศต่อต้านสนามแม่เหล็ก



(ข) ความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นจะเหนี่ยวนำได้แรงดันไฟฟ้าบวก



(ค) ความเข้มสนามแม่เหล็กอ่อนลงจะเหนี่ยวนำได้แรงดันไฟฟ้าลง

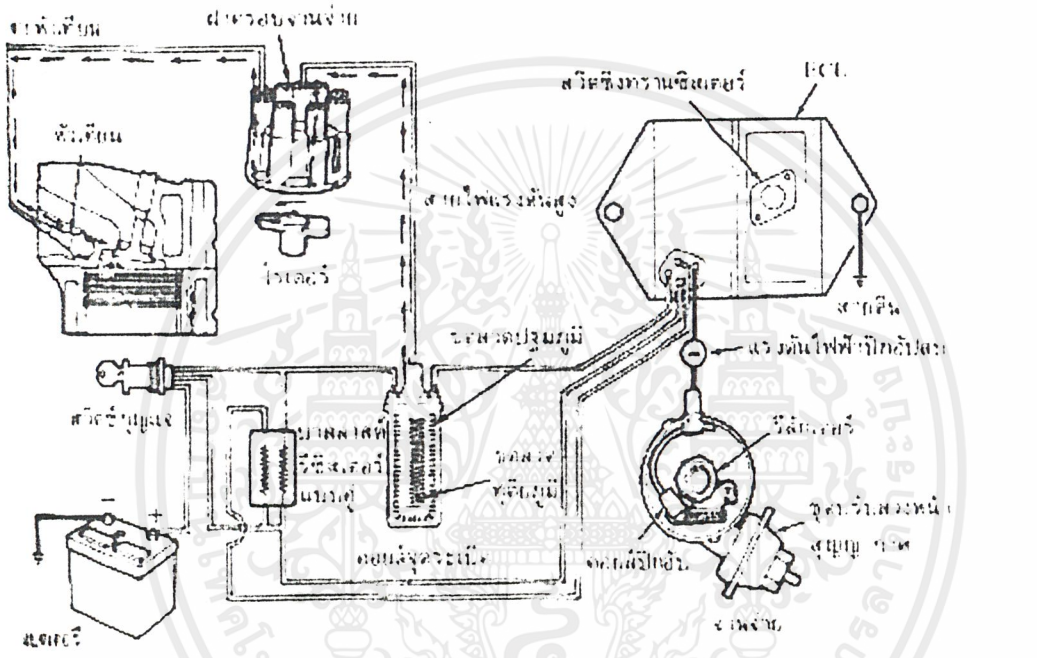
รูปที่ 3-9 การผ่านของฟันรีลักเตอร์บนคอยล์ปิกอัป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42442

3.9 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปิกอัป

แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในคอยล์ปิกอัปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสนามแม่เหล็ก (อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง) จะไม่มีแรงดังไฟฟ้าเกิดขึ้นถ้ารีลักเตอร์ไม่เคลื่อนที่ การเพิ่มขึ้นหรือการลดลงของสนามแม่เหล็กในขณะที่ฟันรีลักเตอร์เคลื่อนที่เข้าใกล้และออกห่างจากขั้วจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบวกและลบสลับที่ขั้วของคอยล์ปิกอัป แรงดันไฟฟ้านี้จะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสัญญาณสวิตช์ ซึ่งจะมีผลทำให้ ECU ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดและหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งจะเกิดขึ้นสลับกัน



รูปที่ 3-10 วงจรปฐมภูมิจะถูกเปิดออกและจะเกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในวงจรทุติยภูมิในขณะที่ฟันของรีลักเตอร์เริ่มเคลื่อนที่ออกห่างจากแนวของคอยล์ปิกอัป

แรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเกิดขึ้นในคอยล์ปิกอัปเรียกว่า แรงดันไฟฟ้าปิกอัป (pickup vlotage) แรงไฟฟ้านี้มีค่าน้อยแต่เป็นสัญญาณที่มีความเที่ยงตรงสูงที่ป้อนเข้าสู่ ECU ซึ่ง ECU จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดตราบเท่าที่สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปิกอัปมีค่าเป็นบวก ในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดและผ่าน ECU ลงสู่สายดิน ซึ่ง ECU จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิลงสู่สายดิน จนกระทั่งมีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าลบจากคอยล์ปิกอัป

เมื่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ ECU จะหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดปฐมภูมิ(วงจรเปิด) ดูรูปที่ 3-9 ในขณะนี้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ECU ลงสู่สายดิน จึงมีผลทำให้สนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์จุดระเบิดสลายตัว สิ่งนี้จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในขดลวดทุติยภูมิของคอยล์ ซึ่งทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟ หลักการเช่นเดียวกันกับวงจรทุติยภูมิของระบบจุดระเบิดแบบทองขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บาลลาสต์รีซิสเตอร์แบบคู่ (dual – ballast resistor) ดังแสดงในรูปที่ 3-9 นั้น จะทำหน้าที่รักษากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรปฐมภูมิให้มีค่าคงที่ถึงแม้ว่ารอบเครื่องยนต์จะเปลี่ยนแปลงก็ตาม สิ่งนี้จะทำให้ประกายไฟที่หัวเทียนมีความแรงสม่ำเสมอ กระแสไฟฟ้าจะไม่ผ่านรีซิสเตอร์ในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพราะว่าต้องการให้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ป้อนเข้าสู่คอยล์จุดระเบิดได้เต็มที่ ทำให้มั่นได้ว่าจะเกิดประกายที่มีความแรงมากเพียงพอต่อการสตาร์ต

ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์แบบอื่นใช้ฮอลล์เอฟเฟ็กต์เซนเซอร์ (Halll – effect sensor) แทนการใช้คอยล์ปิกอัป

ข้อสังเกต ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากไม่ใช้รีซิสเตอร์ปฐมภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
(Electronic Control System)

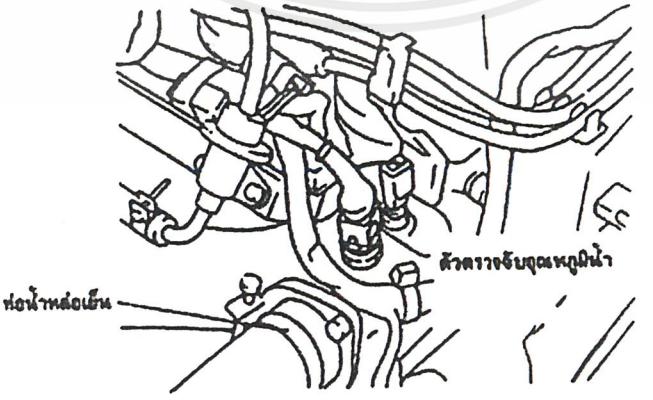
4.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญคือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor) ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum sensor) ตัวตรวจจับการไหลยากาศ (Air folw sensor) สวิตซ์ร้อน – เวลา (Thermo – time switch) หรือสวิตซ์ควบคุมเวลาการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น และหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) หรือคอมพิวเตอร์

4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water thermo sensor)

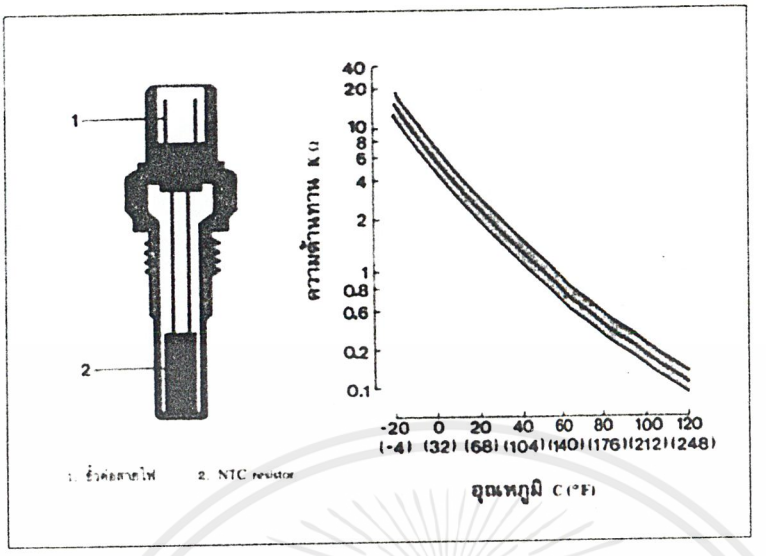
ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำจะติดตั้งไว้บริเวณช่องทางออกของน้ำหล่อเย็นที่ตัวเครื่องยนต์ ภายในตัวตรวจจอุณหภูมิน้ำ ประกอบด้วยตัวความต้านทานแบบมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบ ที่เรียกว่า NTC resistor (NTC ย่อมาจาก Negative temperature coefficient) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จากคุณสมบัติ NTC resistor จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของสัญญาณไฟฟ้า สำหรับป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์

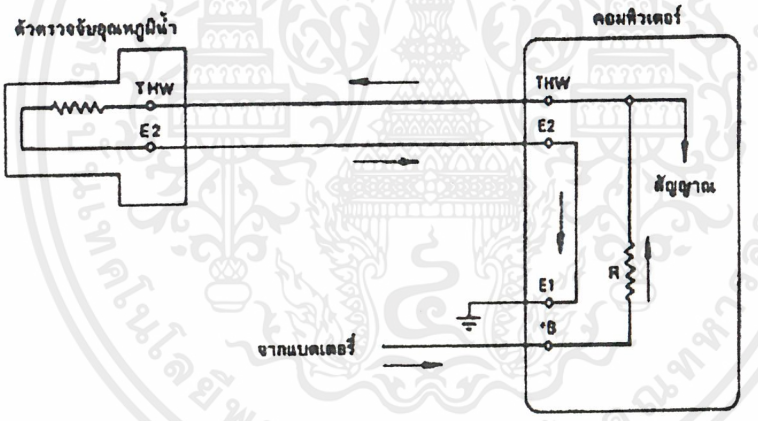


รูปที่ 4-1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 4-3 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

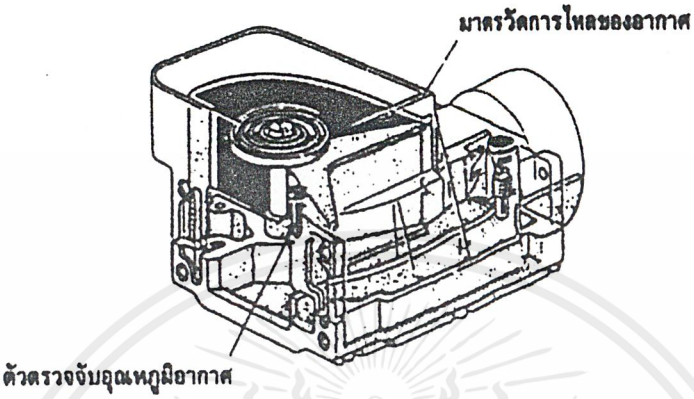
4.2.1 การทำงานของตัวตรวจนับอุณหภูมิน้ำ

จากวงจรไฟฟ้าในรูป แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ป้อนเข้าที่ขั้ว +B ของคอมพิวเตอร์ แล้วไหลผ่านตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมาลงกราวด์ที่ขั้ว E1 ขณะน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ ค่าความต้านทานของ NTC resistor จะเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้ว THW และ E2 สูงขึ้น สัญญาณแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงหนาขึ้นและเมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสูงขึ้น ค่าความต้านทานของ NTC resistor จะต่ำลง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้ว THW และ E2 ก็จะลดลง ทำให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงและกลับเข้าสู่ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน เมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงถึงค่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงก็ต่อเมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อขึ้นต่ำกว่าค่าที่กำหนดในเครื่องยนต์แต่ละรุ่น เช่น ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นต้น

4.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)



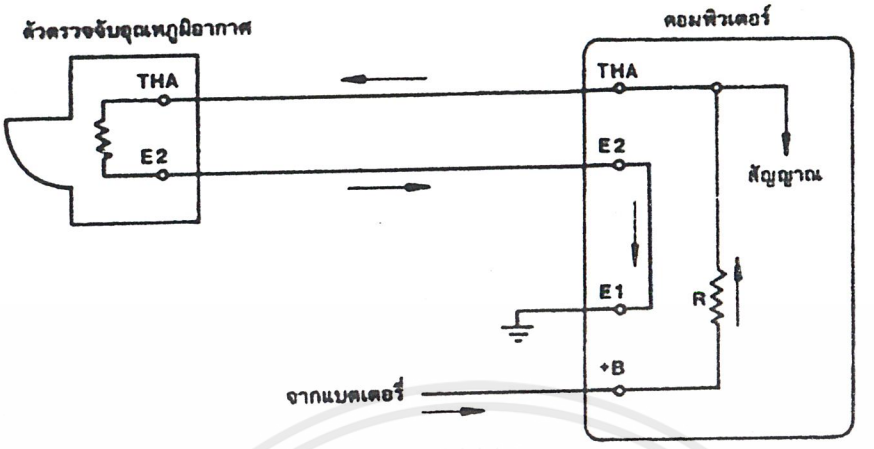
รูปที่ 4-4 ตัวตรวจจับอุณภูมิอากาศ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางอากาศเข้ากระบอกสูบ เช่น ที่กรองอากาศภายในตัวมาตรวัดการไหลของอากาศ (Air Flow Meter) หรือที่ห้องประจุไอดี ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป จากหลักการของระบบฉีดปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์คำนวณหาระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี แต่ด้วยเหตุที่อุณหภูมิของอากาศมีค่าไม่คงที่ ทำให้น้ำหนักต่อปริมาตรของอากาศ (ความหนาแน่น) เปลี่ยนไป คือจะมีน้ำหนักต่อปริมาตรน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักอากาศนี้ จึงเป็นเหตุให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ได้จากการฉีดของหัวฉีดมีค่าของเชื้อเพลิงหนาขึ้น และในทางตรงกันข้าม ส่วนผสมของเชื้อเพลิงจะบาง เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลง ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำ และลดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น

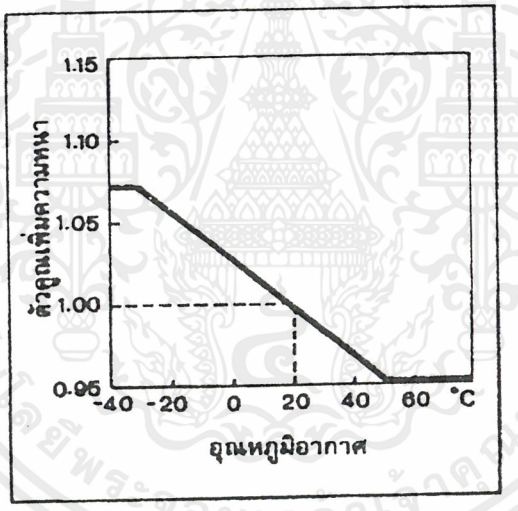
4.3.1 การทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิของอากาศ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะมีโครงสร้างและการทำงานเหมือนกับตัวตรวจอุณหภูมิน้ำ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 20 °C และลดเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 20 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4-6 กราฟแสดงการปรับส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มความหนาตามอุณหภูมิอากาศ

4.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)

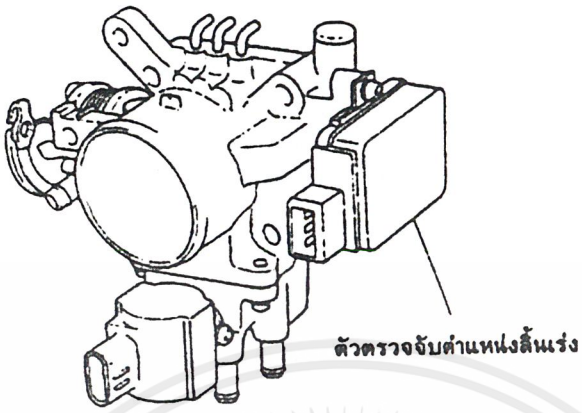
ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะทำหน้าที่บอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง (บอกสภาวะการรับภาระของเครื่องยนต์) ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งที่ใช้ในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบโดยจะแตกต่างกันที่รูปร่างภายนอกและโครงสร้างภายในแต่บริษัทผู้สร้าง แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีหน้าที่และการทำงานคล้ายคลึงกันในขั้นต้นจะขอกล่าวถึงเพียง 2 แบบ ซึ่งเป็นของเครื่องยนต์โตโยต้าคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

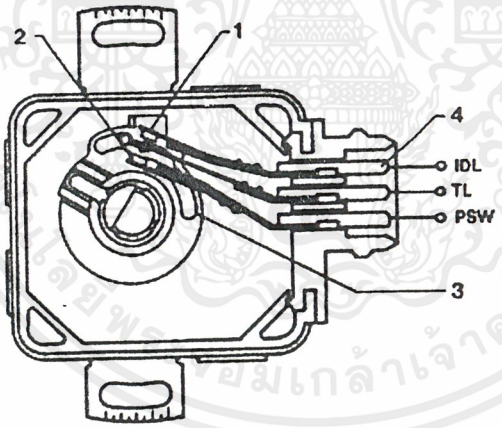
1.) แบบหน้าสัมผัสเปิด – ปิด (On – Off Type)

2.) แบบเชิงเส้น (Linear Type)



รูปที่ 4-7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

4.4.1 แบบหน้าสัมผัสปิด – เปิด (On- Off Type)

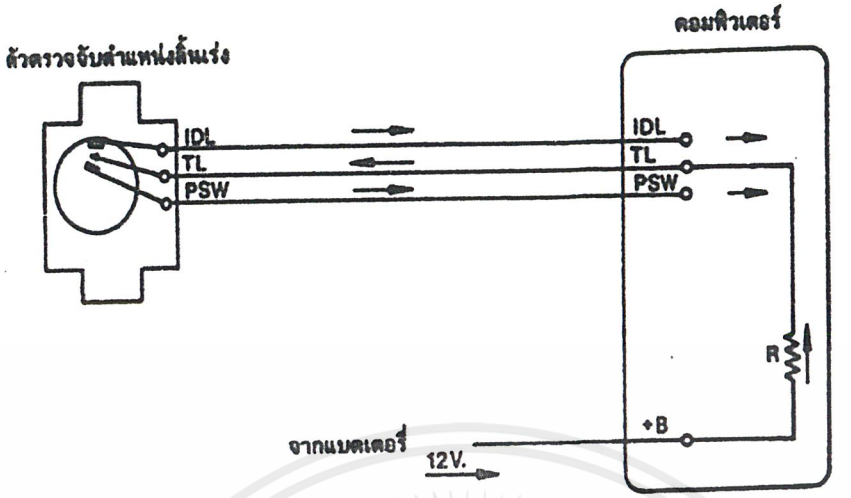


1. คอนแทคตำแหน่งเดินเบา 2. คอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุด 3. ร่องลูกเบี้ยว 4. ขั้วต่อสายไฟ

รูปที่ 4-8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสปิด – เปิด (On – Off Type)

ภายในตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะเป็นสวิตช์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้า สวิตช์นี้จะทำงานด้วยร่องลูกเบี้ยว (Guide cam) ที่หมุนไปพร้อมกับเพลาของลิ้นเร่ง คือ เมื่อลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งปิด คอนแทคตำแหน่งเดินเบาจะสัมผัสกัน (ขั้ว TL และ IDL จะต่อถึงกัน) และในตำแหน่งที่ลิ้นเร่งเปิดกว้าง ร่องลูกเบี้ยวจะบังคับให้คอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุดสัมผัสกัน (ขั้ว TL และ PSW ต่อถึงกัน)

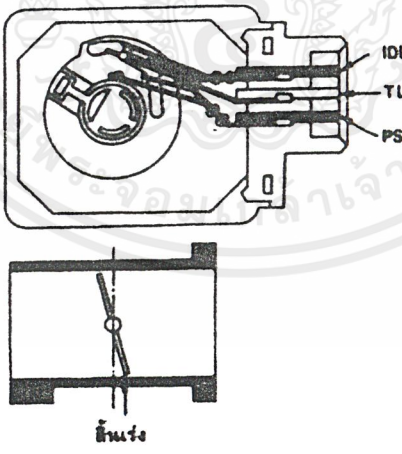
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-9 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบปิด – เปิด

การทำงานของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสเปิด – ปิด

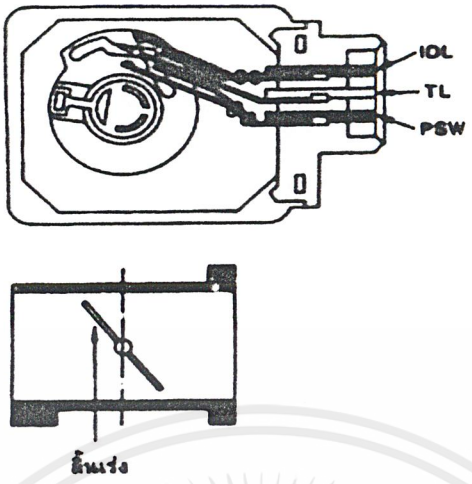
ตำแหน่งเดินเบา ลิ้นเร่งจะปิดหรือเปิดเพียงเล็กน้อยหน้าคอนแทคตำแหน่งเดินเบา (Idle point) จะสัมผัสกัน แรงดันไฟฟ้าจากขั้ว TL จะไหลผ่านไปยังขั้ว IDL ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาวะเดินเบาเครื่องยนต์ และทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ทันทีทันใด



รูปที่ 4-10 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะเดินเบา

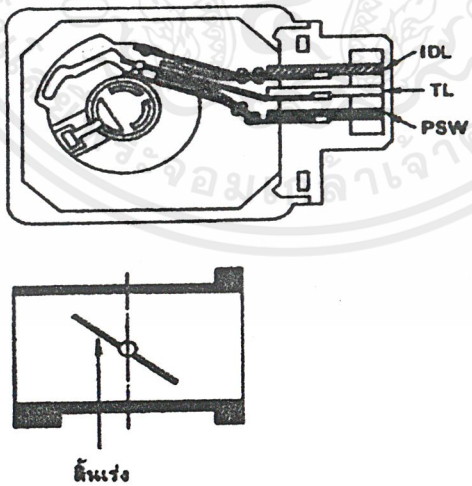
ตำแหน่งใช้งานปกติ (Part Load) ลิ้นเร่งเปิดกว้างขึ้นแต่ยังไม่เต็มที่ ในสภาวะนี้จะไม่มีการต่อกันของหน้าคอนแทคตำแหน่งเดินเบาหรือคอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุด (Power point) ดังนั้น ในตำแหน่งนี้จะไม่มีสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้ากับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะใช้งานปกติ

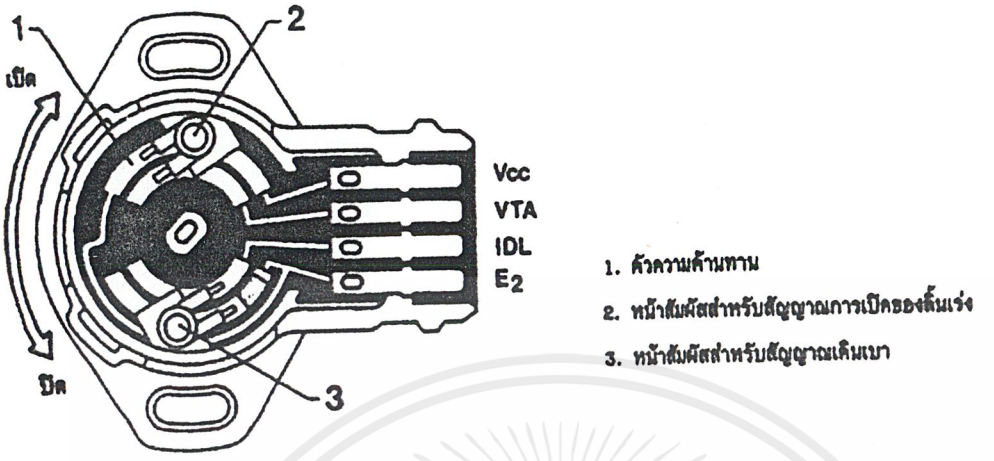
ตำแหน่งรับภาระสูงสุด **(Full Load)** ลิ้นเร่งเปิดประมาณ 50° - 60° จากตำแหน่งปิด หน้าคอนแทกตำแหน่งรับภาระสูงสุดจะสัมผัสกัน ทำให้แรงดันไฟฟ้าจากขั้ว TLL ไหลผ่านไปยังขั้ว PSW ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อบอกตำแหน่งรับภาระสูงสุดของเครื่องยนต์สัญญาณไฟฟ้านี้ จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่หนาขึ้นตามความต้องการของเครื่องยนต์



รูปที่ 4-12 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะรับภาระสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 แบบเชิงเส้น (Linear Type)



รูปที่ 4-13 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น (Linear Type)

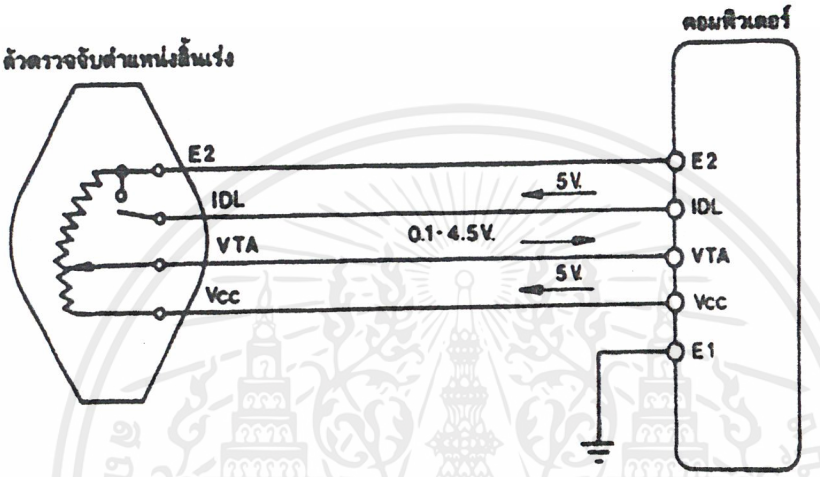
การทำงานตัวตรวจตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบนี้จะประกอบด้วยแผ่นเลื่อน 2 ตัว (หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา และสัญญาณมุมการเปิดของลิ้นเร่ง) แผ่นเลื่อน 2 ตัวนี้จะหมุนเคลื่อนไปพร้อมกับลิ้นเร่ง โดยแผ่นเลื่อนหมายเลข 2 สัมผัสไปบนตัวความต้านทานที่ต่อระหว่างขั้ว VCC และ E_2 เมื่อลิ้นเร่งเปิด แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ดังแสดงในรูปที่ 4-13) ซึ่งมีผลทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และขั้ว VTA เปลี่ยนแปลงไป(ลดลง) จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และขั้ว VTA ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งจะถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณไฟฟ้าบอกตำแหน่งของลิ้นเร่งให้กับคอมพิวเตอร์ สำหรับแผ่นเลื่อนหมายเลข 2 (หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา) ในขณะเครื่องยนต์เดินเบา (ลิ้นเร่งปิด) แผ่นเลื่อนจะต่อวงจรระหว่างขั้ว IDL และ E_2 เมื่อเร่งเครื่องยนต์ขึ้นเล็กน้อย แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทำให้ขั้ว IDL และ E_2 ไม่ต่อถึงกัน ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นวงจรที่ขั้ว IDL ถูกทำให้ขาดวงจรไว้ เมื่อแผ่นเลื่อนหมุนเลยไป ขั้ว IDL และ E_2 ก็ขาดวงจรจากกัน แต่เมื่อเครื่องยนต์กลับมาอยู่ในตำแหน่งเดินเบา แผ่นเลื่อนจะกลับมาต่อขั้ว IDL และ E_2 อีก จากการตัดและต่อวงจรระหว่างขั้ว IDL และ E_2 จะนำไปใช้สำหรับบอกสภาวะเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะลดความเร็วรอบเครื่องยนต์อย่างทันทีทันใด เช่น ขณะทำการเบรค

จากวงจรไฟฟ้ารูปที่ 4-14 แรงดันไฟฟ้าประมาณ 5 V. จากคอมพิวเตอร์ จะป้อนเข้าที่ขั้ว VCC และ IDL ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ในตำแหน่งเครื่องยนต์เดินเบา ลิ้นเร่งปิด หน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบาจะต่อขั้ว IDL และ E_2 ทำให้ไฟฟ้าจากขั้ว IDL ลงกราวด์ที่ขั้ว E_2 นี้ จะเป็นการบอกตำแหน่งเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ สำหรับที่ขั้ว VTA ในตำแหน่งเดินเบาจะมีแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพียงเล็กน้อย (ประมาณ 0.1 V) และเมื่อทำการเร่งเครื่องยนต์ หน้าคอนแทคสัญญาณเดินเบาจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดออก ไฟฟ้าจากขั้ว IDL จะไม่ลงกราวด์ที่ขั้ว E_2 ทำให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าเครื่องยนต์ไม่ได้อยู่ในสภาวะเดินเบาส่วนหน้าคอนแทคสัญญาณการเปิดของลิ้นเร่งจะหมุนเลื่อนไปบนแผ่นความต้านทาน ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และ VTA มีค่าลดลง กล่าวคือ เมื่อมุมการเปิดของลิ้นเร่งเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานจะมีค่าน้อยลง ซึ่งมีผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว VTA มีค่าเพิ่มขึ้นตามมุมการเปิดของลิ้นเร่ง จากประมาณ 0.1 V. ขณะลิ้นเร่งปิด จนถึงประมาณ 4.5 V เมื่อลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว VTA นี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาวะการเร่งเครื่องยนต์



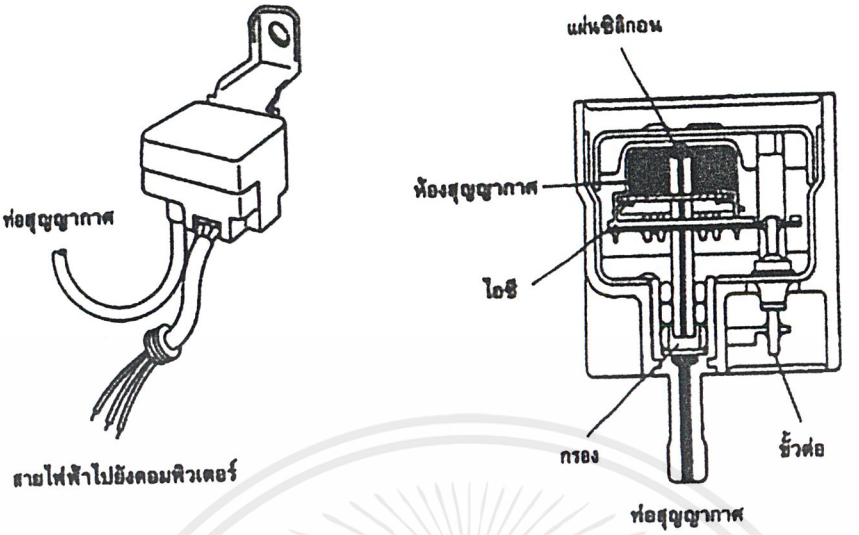
รูปที่ 4-14 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

หมายเหตุ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบนี้มีใช้ในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE, 1G–GE, 3S–GE ฯลฯ

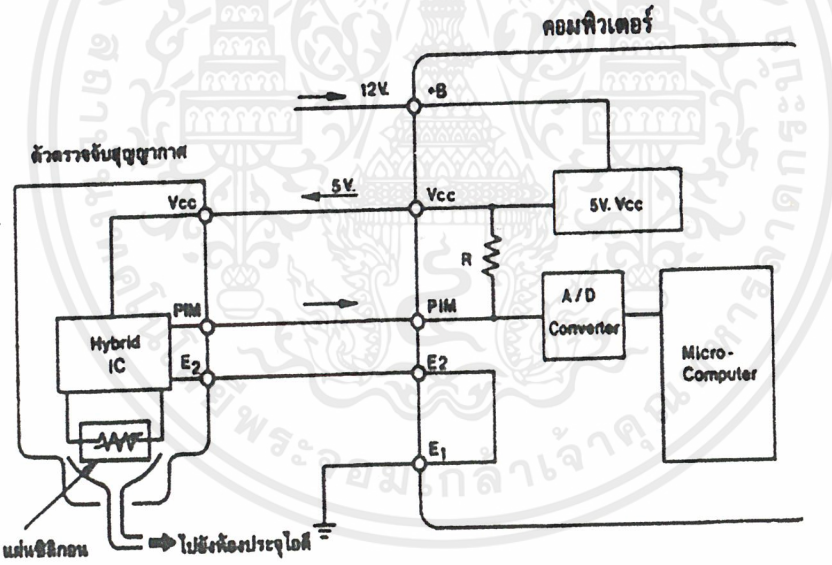
4.5 ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum)

ตัวตรวจจับสุญญากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อรวมไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic Infection Time) ของหัวฉีดภายใน ตัวตรวจจับสุญญากาศจะประกอบด้วย ตัวต้านทานความร้อน (Resistor) ที่ทำจากแผ่นซิลิกอนต่อวงจรไฟฟ้ารวมกับตัวไอซี (IC) แผ่นซิลิกอนจะถูกต่อกับปลายท่อสุญญากาศที่ต่อมาจากท่อรวมไอดีของเครื่องยนต์ เพื่อทำการตรวจวัดแรงดันของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ขณะเครื่องยนต์ทำงาน แผ่นซิลิกอนจะมีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันของอากาศที่กระทำกับแผ่นซิลิกอน สำหรับตัวไอซีจะทำหน้าที่เปลี่ยนความต้านทานของแผ่นซิลิกอนเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันของอากาศจากท่อร่วมไอดีที่กระทำกับแผ่นซิลิกอน กล่าวคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจะสูง เมื่อแรงดันของอากาศในท่อไอดีสูง (เป็นสุญญากาศน้อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-15 ตัวตรวจสุญญากาศ



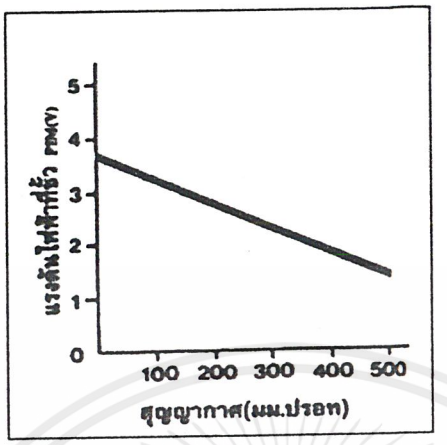
รูปที่ 4-16 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสุญญากาศ

4.5.1 การทำงานของตัวตรวจจับสุญญากาศ

จากวงจรไฟฟ้า ตัวตรวจจับสุญญากาศ จะได้รับแรงดันไฟฟ้าคงที่ประมาณ 5 V จากขั้ว Vcc ของคอมพิวเตอร์ ในตำแหน่งที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลิ้นเร่งปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อยแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ (เป็นสุญญากาศมาก) ตัวตรวจจับสุญญากาศจะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่มีค่าต่ำ ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว PIM คอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวตรวจจับสุญญากาศ หากลิ้นเร่งปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น แรงดันของอากาศในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่วมไอดีจะสูงตัวตรวจจับสุญญากาศจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น



รูปที่ 4-17 ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสุญญากาศในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A – GE

4.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor or Lambda sensor)

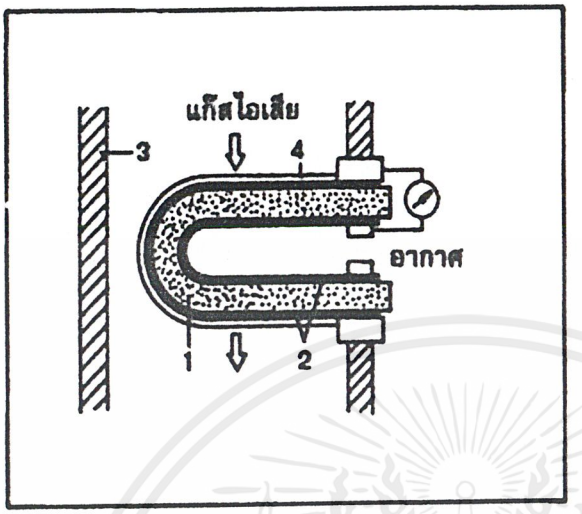
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณออกซิเจน ในแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทำให้การกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14. 7: 1)

ในขณะเครื่องยนต์ทำงานอยู่ในสภาวะปกติ เครื่องยนต์จะต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่เป็นการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ คอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงาน (Sensor) ต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมที่ได้จากการควบคุมของคอมพิวเตอร์นี้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงจากค่า 14. 7: 1 ได้เนื่องจากสาเหตุของความบกพร่องหรือความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์การทำงานในระบบ การเบี่ยงเบนของอัตราส่วนผสมนี้ สามารถตรวจได้โดยการวัดปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบหนา การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ เนื่องจากอากาศมีน้อยทำให้ปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสียมีน้อย และในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบบางปริมาณออกซิเจนในท่อไอเสียจะมาก จากปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสียได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิคชนิดพิเศษที่ทำจาก เซอโคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) ฉาบด้วยผิวแผ่นพลาตินั่ม (Platinum plate) ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนไว้ทั้งด้านในและด้านนอก แสดงดังรูป 4-18 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์ ให้แผ่นพลาตินั่มที่ฉาบอยู่ด้านนอกของเซอรามิคได้สัมผัสกับแก๊สไอเสีย ส่วนแผ่นพลาตินั่มทางด้านในของเซอรามิคจะต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับปลอกป้องกันตัวเซอรามิค จะเป็นท่อโลหะที่มีช่องให้แก๊สไอเสียผ่านไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นพลาตินั่มและเซอรามิคได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็กๆ ที่ปนอยู่ในแก๊สไอเสียกระทบกับตัวเซอรามิค



1. เซรามิค
2. แผ่นพลาตินั่ม
3. ท่อไอเสีย
4. ปลอกป้องกันเซอรามิค

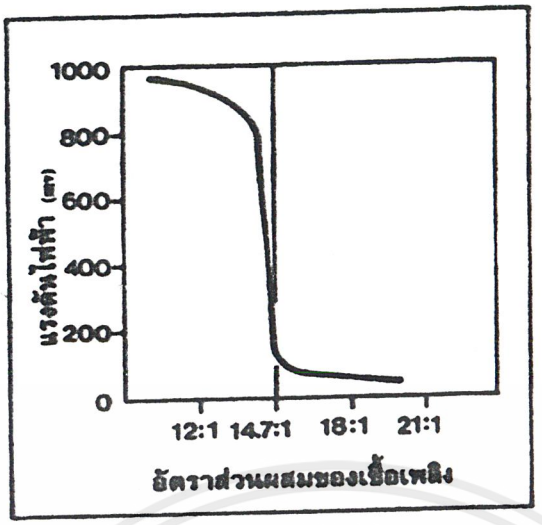
รูปที่ 4-18 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

4.6.1 การทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

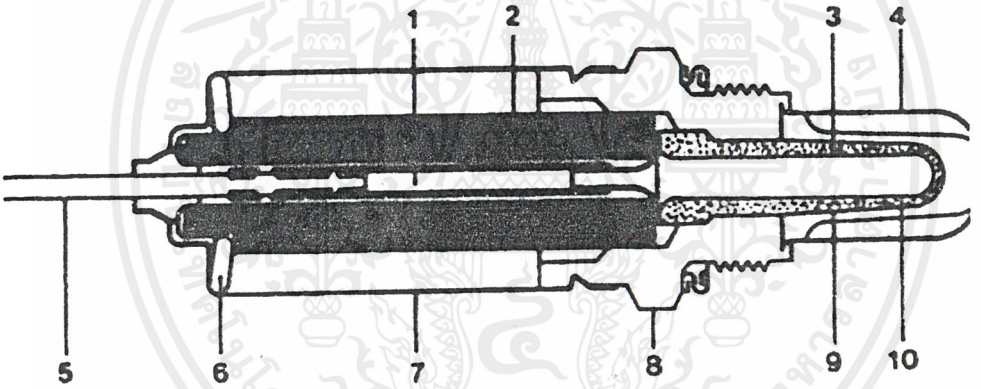
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะเปรียบเสมือนแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่มีการจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณออกซิเจนที่ได้รับจากแก๊สไอเสีย ในการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะอาศัยความแตกต่างของจำนวนอิเล็กตรอนระหว่างแผ่นพลาตินั่มที่ฉาบไว้ทั้งสองด้านของเซอรามิค และการเป็นตัวนำทางไฟฟ้าของเซอรามิค เมื่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนได้รับออกซิเจนจากแก๊สไอเสีย แผ่นพลาตินั่มจะมีอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้น โดยแผ่นพลาตินั่มในส่วนที่ต่อกับบรรยากาศภายนอก ซึ่งได้รับออกซิเจนจำนวนมาก จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมาก ส่วนแผ่นพลาตินั่มที่สัมผัสกับแก๊สไอเสียจะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นน้อย สำหรับเซอรามิคนั้นเมื่อได้รับออกซิเจนและความร้อนจากแก๊สไอเสียจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทางไฟฟ้าทำให้การถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นที่แผ่นพลาตินั่มทั้งสอง ดังนั้น หากมีการต่อแผ่นพลาตินั่มทั้งสองเข้าด้วยกันเป็นวงจรจะทำให้มีกระแสไหล

จากการทำงานดังกล่าว จะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ประมาณ 100-900 mV โดยแปรผันไปตามปริมาณออกซิเจนในแก๊สไอเสีย ซึ่งมีผลมาจากค่าอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ (ดังรูป 4-19) หากอัตราส่วนผสมหนาขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเข้าใกล้ 900 mV และจะลดต่ำลงเข้าใกล้ 100 mV เมื่ออัตราส่วนผสมบางลง (ค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนนี้จะเชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนมีอุณหภูมิสูงถึง 350 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซอรามิคจะมีความต้านทานสูงเมื่ออุณหภูมิต่ำ) จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้นี้ จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-19 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน



1. จุดต่อสัญญาณไฟฟ้า
2. วัสดุป้องกันเซอรามิค
3. เซอรามิค
4. ปลอกป้องกันเซอรามิค
5. สายสัญญาณ
6. สปริง
7. ปลอกป้องกัน
8. ตัวเรือน(-)
9. แผ่นพลาตินั่ม(-)

รูปที่ 4-20 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ BOSCH

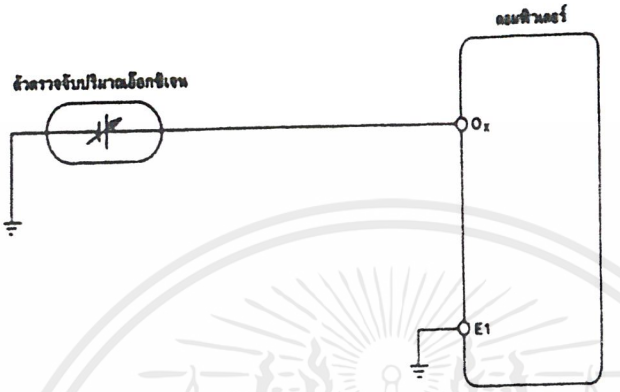
ในการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีผลต่อการปรับอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง เฉพาะตอนที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่ในสภาวะปกติ และอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงมีการเบี่ยงเบนไปจากอัตราส่วนผสมตามทฤษฎีไม่มากนัก

หมายเหตุ ในเครื่องยนต์บางรุ่นจะไม่มีตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สวิตซ์ความร้อน-เวลา (Thermo – time switch)

สวิตซ์ความร้อน – เวลา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวฉีดสตาร์ทเย็นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมามากเกินความจำเป็นจนเกิดความอาการน้ำมันท่วม และป้องกันไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง

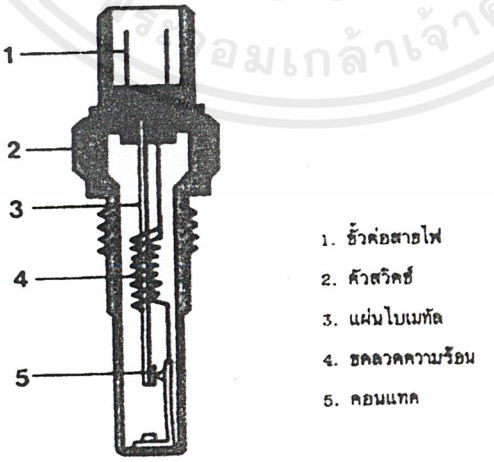


รูปที่ 4-21 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

สวิตซ์ความร้อน – เวลา จะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ภายในสวิตซ์ประกอบด้วยแผ่นโลหะไบเมทัล (Bimetal) พันด้วยขดลวดความร้อน (Heating winding) 2 ขด และที่ส่วนปลายของแผ่นไบเมทัล จะเป็นคอนแทค (contact) สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็น

4.7.1 การทำงานของสวิตซ์ความร้อน – เวลา

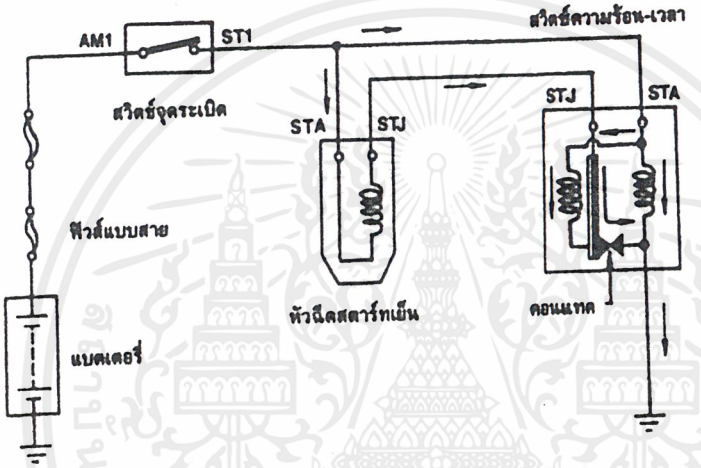
สวิตซ์ความร้อน – เวลา จะทำงานด้วยความร้อนจากเครื่องยนต์และความร้อนจากขดลวด ความร้อนที่ได้รับกระแสไฟฟ้ามาจากขั้วสตาร์ท (ST.) ของสวิตซ์จุดระเบิด (Ignition switch) ในการทำงาน สวิตซ์ความร้อน – เวลาจะต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับหัวฉีดสตาร์ทเย็น ดังรูป 4-23



รูปที่ 4-22 ส่วนประกอบสวิตซ์ความร้อน – เวลา

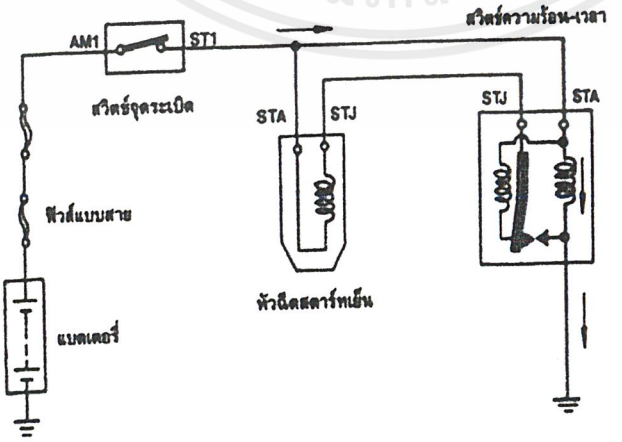
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ หน้าคอนแทคของสวิตช์ความร้อน – เวลาจะปิด เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ กระแสไฟฟ้าจากขั้วสตาร์ทของสวิตช์จุดระเบิดจะไหลเข้าขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีดสตาร์ทเย็น มาลงกราวด์ครบวงจรที่หน้าคอนแทคของสวิตช์ความร้อน – เวลา หัวฉีดสตาร์ทเย็นก็จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา และในเวลาเดียวกันนี้กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าขดลวดความร้อนทั้ง 2 ขด ของสวิตช์ความร้อน – เวลา มาลงกราวด์ที่ตัวสวิตช์ (Housing) ซึ่งยึดติดกับตัวเครื่องยนต์ ทำให้แผ่นไบเมทัลมีอุณหภูมิสูงขึ้น หากเครื่องยนต์ยังสตาร์ทไม่ติดและสวิตช์จุดระเบิดยังอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท แผ่นไบเมทัลจะร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดการโก่งตัวทำให้คอนแทคที่ปลายแผ่นไบเมทัลแยกออกจากกัน วงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็นจะถูกตัด ไม่สามารถลงกราวด์ได้ครบวงจร การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะหยุดลง และเมื่อคอนแทคแยกออกจากกันแล้วจะเหลือขดลวดความร้อนอีกขดหนึ่งที่ยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ดังรูป 4-24 เพื่อป้องกันไม่ให้คอนแทคกลับมาต่อกันอีก



รูปที่ 4-23 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน – เวลา ขณะอุณหภูมิต่ำ

ในกรณีขณะสตาร์ท เครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง คอนแทคของสวิตช์ความร้อน – เวลา จะแยกออกจากกันเร็วขึ้นเนื่องจากแผ่นไบเมทัลได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์อยู่แล้ว ทำให้ระยะเวลาของการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็นน้อยลงนอกจากนี้ หากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนด เช่น 35 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4-24 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน – เวลา ขณะแผ่นไบเมทัลได้รับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(อุณหภูมินี้ขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์ในแต่ละรุ่น) คอนแทคของสวิตช์ความร้อน – เวลา จะแยกออกจากกันตั้งแต่ยังไม่ได้สตาร์ทเครื่องยนต์ ดังนั้น เมื่อทำการสตาร์ทก็ไม่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจากหัวฉีดสตาร์ทเย็น จากการทำงานของสวิตช์ความร้อน – เวลา ดังกล่าวข้างต้นจะเป็นการควบคุมไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาเกินความจำเป็น และควบคุมไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง

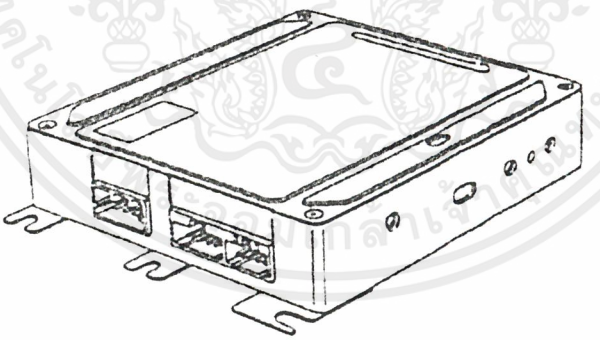
หมายเหตุ สวิตช์ความร้อน – เวลา (Thermo – time switch) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สวิตช์ควบคุมเวลาในการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น (Cold start injection time switch)

4.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่างๆ

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ตัวต้านทาน ไดโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ และไอซี ฯลฯ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นี้นิยมเรียกกันว่า "คอมพิวเตอร์" เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบันได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ (Sensor)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นแรกๆ จะมีหน้าที่อยู่เพียง 2 ประการใหญ่คือ ควบคุมจังหวะการฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ระบบฉีดที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ แบบนี้จะเรียกว่า "**ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา**"(Conventional EFI)



รูปที่ 4-25 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

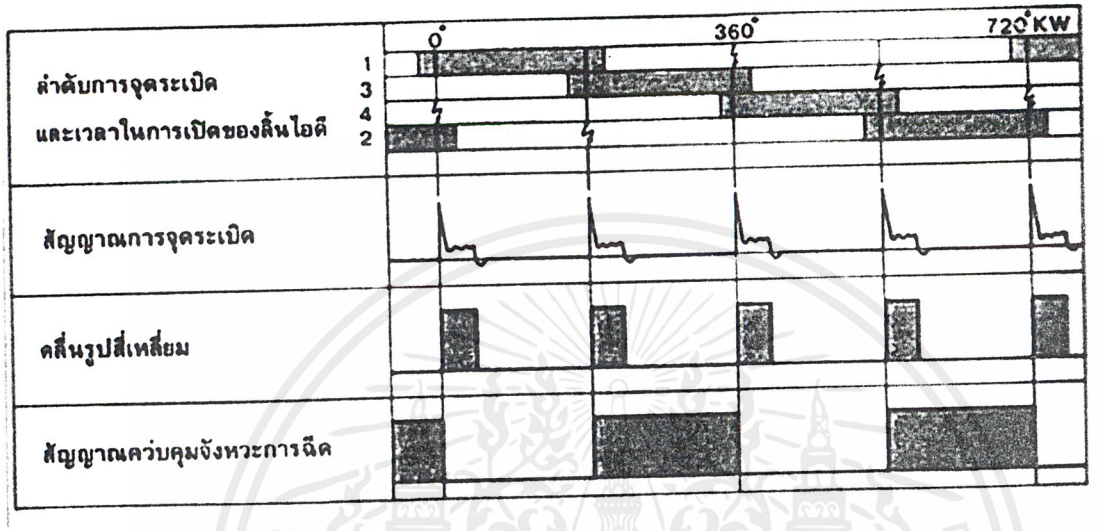
สำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาให้มีหน้าที่การทำงานหลายอย่างเพิ่มขึ้นจากเดิมเช่น ควบคุมการจุดระเบิด ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง วินิจฉัยข้อบกพร่องของอุปกรณ์ในระบบ ฯลฯ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบที่มีหน้าที่หลายๆ อย่างนี้ จะมีชื่อต่าง ๆ กันตามบริษัทผู้ผลิต เช่น TCCS, ECCS, MOTRONIC เป็นต้น

ในเบื้องต้นจะขอกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีด

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับ อากาศในท่อไอดี เป็นช่วง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้ง ต่อการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 1 รอบ จังหวะการฉีด และการเริ่มต้นการฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากขั้วจานจ่าย หรือที่ขั้วลบของคอล์ยจุดระเบิด



รูปที่ 4-26 การสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีด

คอมพิวเตอร์จะคอยจับสัญญาณการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอล์ยจุดระเบิด แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular pulse) หลังจากนั้นสัญญาณนี้ซึ่งมีอยู่ 4 ช่วงคลื่น ในเครื่องยนต์ 4 สูบ และ 6 ช่วงคลื่น ในเครื่องยนต์ 6 สูบ จะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดลงเหลือเพียง 2 ช่วงคลื่น สำหรับนำไปควบคุมการฉีดน้ำมันเชื่อเพลิงของหัวฉีด ดังรูป 4-26 ดังนั้น ใน 1 รอบของการทำงานของเครื่องยนต์จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพียง 2 ครั้ง

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดทั้ง 2 ครั้ง จะกระทำโดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการปิดเปิดของตำแหน่งลิ้นไอดี กล่าวคือ หัวฉีดทุกตัวจะกระทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงพร้อมกัน กรณีที่น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมาในขณะที่ลิ้นไอดีปิดฝอยละอองน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดี และถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบพร้อมกับอากาศในจังหวะดูดของรอบการทำงานต่อไปแม้ว่าฝอยละอองน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีก็ตาม แต่จะไม่มีปัญหาเรื่องฝอยละอองน้ำมันรวมตัวกันเป็นหยด เพราะว่าใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์มีระยะเวลาน้อยมาก พร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดเข้าไปนั้นมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง

4.8.2 การควบคุมระยะเวลาในการฉีด

การควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย

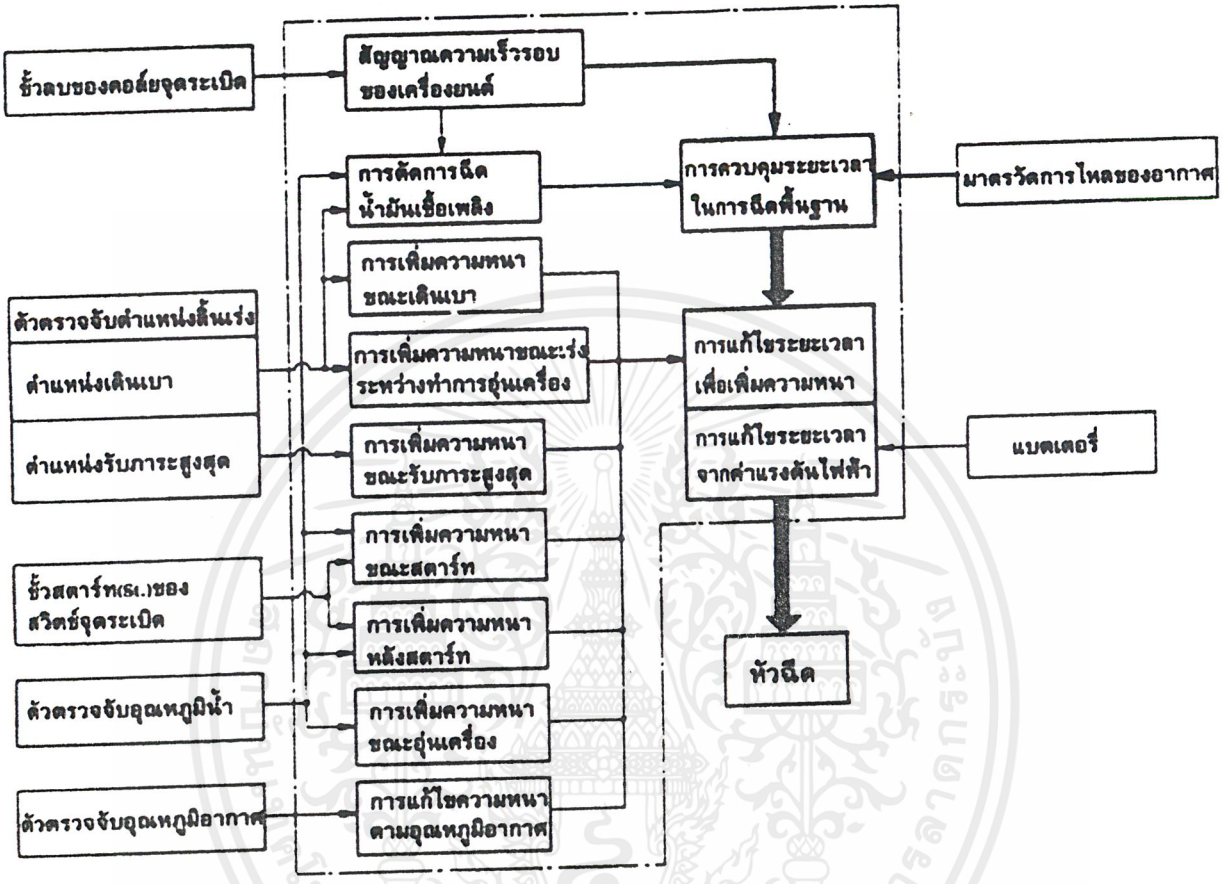
1.) การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic injection time control)

2.) การแก้ไขระยะเวลาในการเพิ่มความหนาของเชื้อเพลิง (Enrichment correction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage correction)

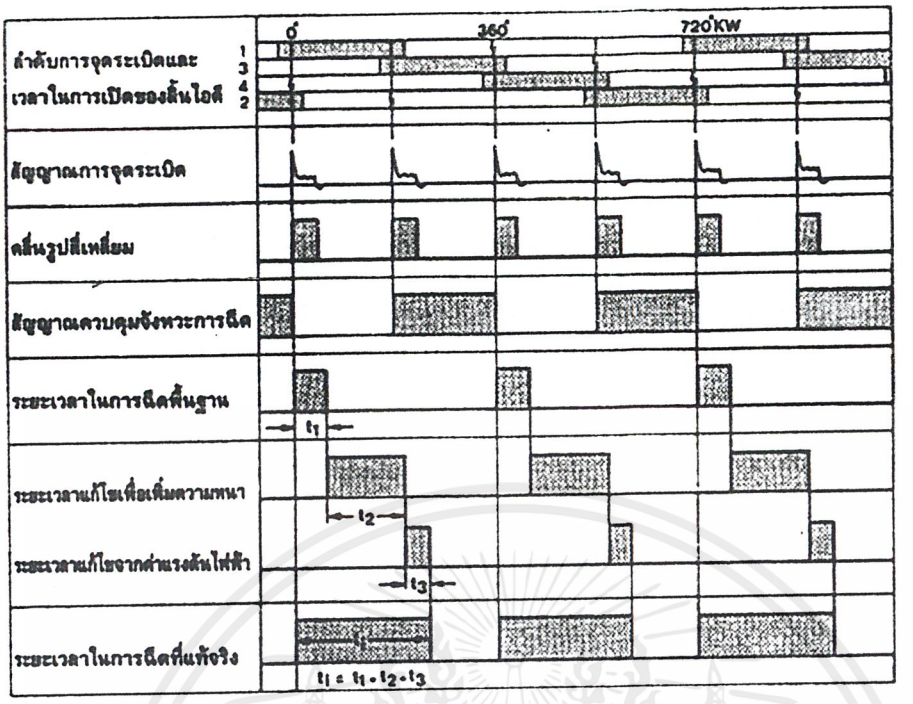
4.) การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel cut)



รูปที่ 4-27 ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์

จากการควบคุมระยะเวลาในการฉีดในรูป 4-27 คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (ระยะเวลาของสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้าหัวฉีด) จากสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศ หลังจากนั้นระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจะถูกขยายให้มีช่วงเวลาที่ยาวขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาของอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้นขณะนั้น โดยคอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงาน (sensor) ต่างๆ สุดท้ายระยะเวลาในการฉีดที่ได้จากากรควบคุมข้างต้น จะถูกแก้ไขให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่งเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าแรงดันปกติ (12 V) ดังนั้นระยะเวลาในการฉีดที่แท้จริงของหัวฉีดที่กำหนดด้วยคอมพิวเตอร์จะเท่ากับ **ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนา + ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้า** ดังรูป 4-28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-28 การสร้างสัญญาณการฉีดของคอมพิวเตอร์

4.8.3 การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage correction)

ตามที่เคยกล่าวมาแล้วในเรื่องการทำงานของหัวฉีดว่า ในการเปิดของเข็มหัวฉีดจะมีความไวสูงมากแต่อย่างไรก็ตาม การเปิดของเข็มหัวฉีดก็ยังมีความล่าช้าอยู่ โดยเฉพาะเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำลงทั้งนี้เพราะว่าการเปิดของเข็มหัวฉีดนั้นขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยด์ ดังนั้น หากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีดลดลง ก็จะมีผลให้การเปิดของเข็มหัวฉีดช้าเกินไป ซึ่งความล่าช้าที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสั้นลงกว่าที่ได้จากการคำนวณของคอมพิวเตอร์ (ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนา) ด้วยเหตุนี้คอมพิวเตอร์จึงมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดให้ยาวขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าปกติ และหากแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่าปกติ ระยะเวลาที่แก้ไขจะลดลง

4.8.4 การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel cut)

คอมพิวเตอร์จะทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดใน 2 กรณีด้วยกันคือ

1.) ขณะลดความเร็วรอบลงทันทีทันใด เช่น ขณะทำการเบรค หรือขับรถลงจากที่สูง ซึ่ง เป็นสภาวะที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง คอมพิวเตอร์จะทำการตัดสัญญาณไฟฟ้า ที่ป้อนเข้าหัวฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (ตำแหน่งเดินเบา) และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ กล่าวคือ หากเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูง และลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเดินเบา คอมพิวเตอร์จะตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด สำหรับความเร็วรอบของการตัดการฉีดนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น หากน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิต่ำ คอมพิวเตอร์จะตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความเร็วรอบสูงขึ้น เพื่อป้องกันการกระพือของเครื่องยนต์ และเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบลดลง หรือต่ำกว่าที่กำหนด หรือคอนแทค ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดินเบาของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเปิด การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดจะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาวะนี้ จะทำให้ลดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.) เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินกำหนด คอมพิวเตอร์จะทำการเปรียบเทียบความเร็วของเครื่องยนต์ที่ได้รับกับค่าความเร็วรอบที่ไว้ในหน่วยความจำ หากความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงถึงค่าที่กำหนด คอมพิวเตอร์จะทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด เพื่อป้องกันไม่ให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินไป และเมื่อความเร็วรอบลดลง หัวฉีดจะกลับมาทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไปตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสั่งงานทางพอร์ตขนาน

5.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตขนาน

การประมวลผลข้อมูลเพื่องานควบคุมนั้น สิ่งแรกจะต้องมีส่วนสัญญาณอินพุต ซึ่งอาจจะมาจากตัวตรวจจับต่างๆผ่านวงจรภาคหน้าเพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณอินพุตให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลอินพุตถูกส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไปยังภายนอกผ่านอุปกรณ์เอาต์พุท ซึ่งอาจจะเป็นการส่งออกไปยังจอภาพ หรือส่งออกไปยังจุดเชื่อมต่ออื่น ๆ เพื่อควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตต่อไป

การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกทั้งส่วนของภาคอินพุตและภาคเอาพุทต์ สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- เชื่อมต่อผ่านทางการ์ดอินพุตเอาต์พุต ซึ่งใช้วิธีการเสียบหรือติดตั้งการ์ดลงในสล็อตภายในเครื่องคอมพิวเตอร์
- เชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม
- เชื่อมต่อผ่านพอร์ตขนาน
- เชื่อมต่อผ่านระบบมาตรฐานอื่น ๆ เช่น พอร์ต USB (Universal Serial Bus), พอร์ต SCSI หรือ พอร์ต GAME เป็นต้น

5.1.1 ทำไมถึงเลือกใช้งานพอร์ตขนาน

เมื่อเปรียบเทียบการใช้งานการ์ดอินพุตเอาท์พุตที่ต้องติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วพอร์ตขนานมีข้อได้เปรียบหลายประการดังนี้

ในด้านความปลอดภัย การที่ต้องถอดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์ออกมาเพื่อเสียบการ์ดเชื่อมต่อลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับส่วนอื่น ๆ ของคอมพิวเตอร์ได้ ถ้าผู้ใช้ไม่มีความชำนาญหรือเกิดการต่อวงจรที่ผิดพลาด

ในด้านการเข้ากันได้กับคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ การเชื่อมต่อโดยใช้การ์ดที่เสียบลงสล็อตไม่สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันได้ทุกรุ่น ยกตัวอย่าง คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก จะไม่มีสล็อตเสียบแต่มีที่เสียบการ์ด PCMCIA แทนในขณะที่พอร์ตขนานจะมีติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องทั้งนี้เพื่อใช้ในการติดต่อกับเครื่องพิมพ์

ข้อจำกัดด้านพื้นที่ คอมพิวเตอร์บางเครื่องมีการเสียบการ์ดเชื่อมต่อตัวอื่น ๆ อยู่แล้ว อาทิการ์ดเสียง การ์ดโมเด็ม เป็นต้น จนไม่มีสล็อตเหลือพอสำหรับการเสียบการ์ดเชื่อมต่อเพิ่มเติม

ความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อมต่อทางพอร์ตขนานสามารถทำได้ง่าย เพียงต่อสายสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ DB –25 ของพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนช่องสัญญาณอินพุตเอาต์พุต พอร์ตขนานมีจำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุตมากเพียงพอที่จะนำไปใช้งานต่าง ๆ และยังสามารถขยายให้มีจำนวนพอร์ตเพิ่มขึ้นได้ โดยพอร์ตขนานปกติมีจำนวนขาเอาพุต 12 ขา และขาอินพุต 5 ขา

ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลกับพอร์ตขนาน มีความเร็วเท่ากับการติดต่อกับระบบบัสโดยตรง และมีความเร็วมากกว่าการติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม

อะไหล่และชิ้นส่วนประกอบ คอนเน็กเตอร์และสายเชื่อมต่อต่าง ๆ ของการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตขนานหาได้ง่ายและราคาไม่แพง หรือจะสร้างขึ้นเองก็สามารถทำได้ง่ายดาย

จากคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นทำให้พอร์ตขนานเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อควบคุมหรือรับสัญญาณข้อมูล นอกจากนั้นหากนำคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมง่ายๆ ผ่านระบบปฏิบัติการวินโดว์ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก(Visual Basic) ก็จะสามารถสร้างระบบการเชื่อมต่อที่สมบรูณ์และใช้งานง่ายได้ไม่ยาก

5.1.2 ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน (Parallel port) สาเหตุที่มีชื่อนี้ เนื่องจากการถ่ายทอดข้อมูลของพอร์ตนี้เป็นแบบขนาน สำหรับชื่อเรียกอีกชื่อของพอร์ตขนานคือ พอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer port) เนื่องจากพอร์ตนี้ใช้สำหรับต่อเครื่องพิมพ์นั่นเอง

ด้วยการถ่ายทอดข้อมูลแบบขนานนี้เอง ทำให้พอร์ตขนานมีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลสูงกว่าการถ่ายทอดข้อมูลแบบอนุกรมประมาณ 8-10 เท่า และการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นพอร์ตขนานจึงสามารถรองรับถ่ายทอดข้อมูล 8 บิต ได้โดยไม่ต้องต่อส่วนเพิ่มเติมใด ๆ

5.1.3 การนำพอร์ตขนานไปใช้งาน

สำหรับพอร์ตขนานแบบมาตรฐาน ผู้ใช้งานสามารถนำพอร์ตอินพุต 5 บิต (พอร์ต Status) พอร์ตเอาต์พุต 4 บิต (พอร์ต Control) และพอร์ตเอาต์พุตอีก 8 บิต (พอร์ต Data) ไปใช้งานได้โดยตรง โดยที่ 4 บิตของพอร์ตเอาต์พุตหรือพอร์ต Control นั้นสามารถดัดแปลงให้ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตขนาด 4 บิตได้ด้วย ดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถนำสัญญาณจากพอร์ตขนานที่มีมากถึง 17 เส้นไปใช้งานในการควบคุมโดยใช้ระดับสัญญาณ TTL

5.1.4 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนาน

พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์จะมีลักษณะเช่นเดียวกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตตัวอื่น ๆ คือเมื่อต้องการติดต่อจะต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการติดต่อด้วย แอดเดรสของพอร์ตขนาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่ง คือ แอดเดรสของรีจิสเตอร์ Data รีจิสเตอร์ Status และ รีจิสเตอร์ Control โดยแอดเดรสนี้จะอยู่ทั้งหมด 3 ชุด สำหรับพอร์ตขนาน 3 ชุด คือ LPT1, LPT2 และ LPT3 เมื่อต้องการติดต่อกับพอร์ตขนานในตำแหน่งใดก็ให้ส่งค่าข้อมูลออกไปที่พอร์ตขนานในตำแหน่งนั้น ๆ ยกตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วย QBASIC เพื่อส่งค่าลอจิก "1" ออกไปทุกบิตของพอร์ต Data ของ LTP1 จะต้องเขียนโปรแกรม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUT &H378, &HFF

โดยที่

เครื่องหมาย &H ที่แสดงนั้นหมายถึงตัวเลขฐานสิบหก

คำสั่ง OUT เป็นการส่งค่าข้อมูลออกเอาต์พุตของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ค่า 378 เป็นแอดเดรสของรีจิสเตอร์ Data สำหรับ LPT1

ค่าข้อมูล FF เป็นข้อมูลฐานสิบหก ซึ่งหมายถึงการให้บิตทุกบิตของรีจิสเตอร์ Data มีลอจิกเป็น "1" นั่นเอง

ส่วนการอ่านค่าจากพอร์ตขนานมายังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต Status ของ LPT1 สามารถเขียนโปรแกรมด้วย QBASIC ได้ดังนี้

Temp = INP (&H379)

โดยที่

คำสั่ง INP(_) เป็นคำสั่งสำหรับการอ่านค่าข้อมูล

ค่า 379 เป็นตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์ STATUS สำหรับ LPT1 ในตัวเลขฐานสิบหก

ตัวแปร Temp เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บข้อมูลที่อ่านได้จากพอร์ตขนาน

5.1.5 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual BASIC

การเขียนโปรแกรมด้วย Visual BASIC ชุดคำสั่งส่วนใหญ่จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับ QBASIC แต่ Visual BASIC จะไม่มีคำสั่งสำหรับการติดต่อกับพอร์ตโดยตรงคือ คำสั่ง Inp( ) และคำสั่ง OUT เหมือนกับ QBASIC ดังนั้นเพื่อให้สามารถติดต่อกับพอร์ตขนานได้จึงจำเป็นต้องเพิ่มโปรแกรมบางตัวเข้าไปโดยโปรแกรมที่เพิ่มเข้าไปนี้จะอยู่ในรูปของ DLL (Dynamic Linked Library)

ไฟล์ DLL นี้จะมีอยู่ 2 ไฟล์คือ inpout.dll และ inpout32.dll โดย inpout.dll นั้นใช้สำหรับระบบปฏิบัติการ 16 บิต หรือวินโดวส์ 3.1 นั่นเอง ส่วน inpout32.dll จะใช้สำหรับระบบปฏิบัติการที่เป็น 32 บิตซึ่งก็คือวินโดวส์ 95 หรือวินโดวส์ 98

สำหรับตำแหน่งที่ใช้เก็บไฟล์ inpout.dll หรือ inpout32.dll นั้นจะต้องเก็บไว้ที่ไดเรกทรอรี SYSTEM ซึ่งอยู่ภายในไดเร็กทรอรีที่เก็บโปรแกรมวินโดวส์ โดยส่วนใหญ่จะมีชื่อเป็น Windows

การกำหนดค่าในโปรแกรมเพื่อเรียกใช้งานไฟล์ DLL มีรูปแบบการกำหนดค่าดังนี้สำหรับระบบปฏิบัติการ 16 บิต

```
Declare Function Inp% Lib "InpOut.DLL" Alias "Inp16" (ByVal PortAddress%)
Declare Sub Out Lib "InpOut.DLL" Alias "Out16" (ByVal PortAddress%, ByVal ByteToWrite%)
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีการใช้งานโปรแกรมทั้ง 2 ระบบปฏิบัติการ สามารถเพิ่มเติมคำสั่ง IF เข้าไปเพื่อตรวจสอบระบบปฏิบัติการก่อนที่จะเลือกใช้งาน DLL ตัวที่ต้องการ โดยสามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
#If Win32 Then
'Declare Inp and Out for port I/O
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
#Else
Declare Function Inp Lib "InpOut.DLL" (ByVal Port%) As Integer
Declare Sub Out Lib "InpOut.DLL" (ByVal Port%, ByVal Value%)
#End If
```

แต่การกำหนดในสองรูปแบบหลังนี้จะสามารถใช้งานได้กับ Visual BASIC จึงไม่รวมคำสั่ง Inp และคำสั่ง Out ไว้ในโปรแกรม Visual BASIC เนื่องจากว่าการเขียนและการอ่านข้อมูลไปยังพอร์ตหรือหน่วยความจำโดยตรงนั้นอาจทำให้เกิดมีปัญหาแฮงก์หรือทำงานผิดพลาดได้และ Visual BASIC เป็นระบบปฏิบัติการที่ทำงานบนวินโดวส์ซึ่งมีการทำงานแบบมัลติทาร์สกิ้ง (multitasking) มีโปรแกรมหลาย ๆ ตัวทำงานอยู่พร้อมกัน ดังนั้นเมื่อเกิดความเสียหายกับโปรแกรมตัวหนึ่งก็อาจจะส่งผลให้โปรแกรมที่ทำงานอยู่ทั้งหมดเสียหายได้ นอกจากนี้การเขียนข้อมูลโดยตรงไปยังพอร์ต อาจจะไปทับซ้อนกับโปรแกรมอื่น ๆ ที่มีการเขียนข้อมูลไปยังพอร์ตเช่นเดียวกัน ส่งผลให้โปรแกรมทำงานผิดพลาด

สำหรับวินโดวส์ 95 นอกจากจะสามารถใช้งาน DLL ในการติดต่อกับพอร์ตโดยตรงแล้ว ยังสามารถใช้งานโปรแกรมประเภท Visual Device Driver (Vxd) ในการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต โดย Vxd จะตัดปัญหาเรื่องการเข้าถึงพอร์ตพร้อมกันของโปรแกรมหลาย ๆ ตัวได้ แต่สำหรับโปรแกรมสั้น ๆ เช่น โปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตปกติซึ่งไม่มีการติดต่อกับพอร์ตอยู่ตลอดเวลา คำสั่ง Inp และ Out ใน DLL ก็ยังทำงานได้ดีและมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายกว่า

5.2 การติดต่ออุปกรณ์อินพุตอย่างง่าย

จากทฤษฎีที่กล่าวข้างต้น สามารถแบ่งรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนานออกได้เป็น 3 รีจิสเตอร์ คือ

1. รีจิสเตอร์ Data ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต
2. รีจิสเตอร์ Status ทำหน้าที่เป็นอินต์พุต
3. รีจิสเตอร์ Control ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต

ดังนั้นถ้าผู้ใช้งานต้องการส่งค่าออกเอาต์พุตก็จะต้องใช้รีจิสเตอร์ Data หรือรีจิสเตอร์ Control ส่วนถ้าต้องการรับค่าจากอินพุต ผู้ใช้งานต้องใช้รีจิสเตอร์ Status ในการอ่านค่าอินพุต การจะอ้างอิงรีจิสเตอร์แต่ละตัวนั้น ผู้ใช้งานจะต้องใช้ตำแหน่งแอดเดรสเป็นตัวอ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้ว Visual BASIC ไม่มีคำสั่ง OUT เหมือนกับ QBASIC ดังนั้นเพื่อให้ Visual BASIC สามารถคำสั่งนี้ได้จำเป็นต้องเพิ่มไฟล์ INPOUT32.BAS เข้าไปใน PROJECT ของ Visual BASIC ที่กำลังใช้งานอยู่ โดยต้องทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ไปที่เมนู Project เรียกคำสั่ง Add File แล้วเพิ่มไฟล์ INPOUT32.BAS ลงไปใน Project ที่หน้าต่าง ๆ Project จะปรากฏไฟล์ INPOUT32.BAS

2.เมื่อเลือกชี้ที่ไฟล์ INPOUT32.BAS แล้วใช้คำสั่ง View Code เพื่อดูรายละเอียดภายในของไฟล์ INPOUT32.BAS

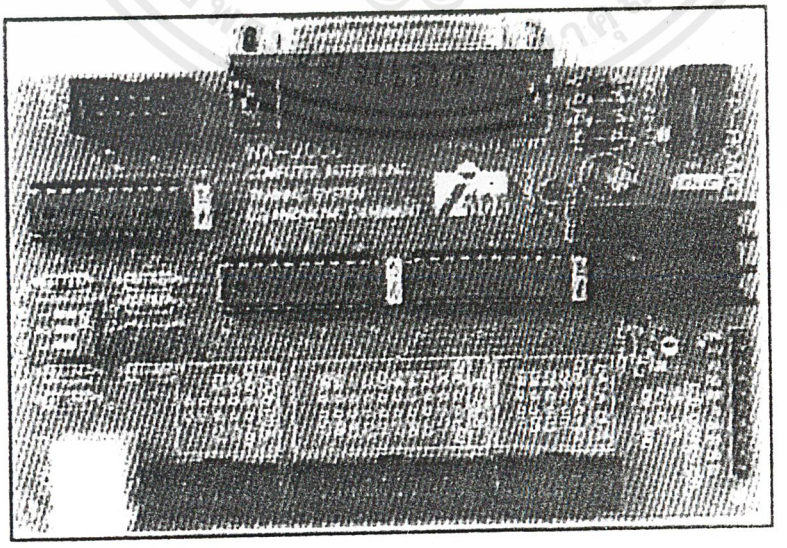
3.สำหรับไฟล์ INPOUT32.BAS นั่นจะไปกำหนดคำสั่ง INP และ OUT ให้กับ Visual BASIC โดยจะต้องมีไฟล์ inpout32.dll บรรจุอยู่ในไดเรกทรอรี SYSTEM อยู่ก่อนแล้ว

4. เมื่อถึงขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานสามารถใช้คำสั่ง INP และคำสั่ง OUT ในโปรแกรมเพื่อรับและส่งค่ากับพอร์ตขนานได้แล้ว

5.2.1 P – BOARD บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน

วงจร P – BOARD แสดงในรูปที่ 5-1 โดยเริ่มจากคอนเน็กเตอร์ K002 แบบ DB – 25 ตัวเมียอันเป็นจุดที่ใช้เชื่อมต่อพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้รับการจัดสรรออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. **พอร์ต DATA** มีตำแหน่งอยู่ที่ขา 2 ถึงขา 9 ใช้ทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุต สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งเข้าสู่ไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 เพื่อขยายกระแสให้กับขาเอาต์พุต D0 – D7 ทั้ง 8 ขา นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดกับพอร์ตขนานอีกด้วยเอาต์พุตจากไอซี 74HC541 จะส่งออกไปยังคอนเน็กเตอร์ P – BUS โดยคอนเน็กเตอร์ DATA BUS และ P – BUS จะใช้ประโยชน์ในการเชื่อมต่อกับบอร์ด EX – SERIES ซึ่งเป็นบอร์ดอุปกรณ์อินพุตเอาพุต มีทั้งสิ้น 8 บอร์ดสำหรับทำการทดลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 5-1 แสดงบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนานหรือ P – Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **พอร์ต Control** ใช้ตำแหน่งขา 1, 14, 16 และขา 17 ทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุตเช่นกันโดยต่อเข้ากับไอซี 74HC541 เพื่อทำหน้าที่ขยายกระแสและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับพอร์ตขนาน แล้วต่อสายเอาต์พุตไปเข้าคอนเน็กเตอร์ CONTROL จะเห็นได้ว่าใช้เฉพาะสาขา C0 – C3 เท่านั้น พร้อมกันนั้นยังส่งต่อไปรวมกันที่คอนเน็กเตอร์ P – BUS ด้วย

นอกจากนี้พอร์ต Control ยังถูกใช้งานเพื่อเป็นขาเอาต์พุตสำหรับการติดต่อสื่อสานด้วยระบบบัสแบบ I^2C ด้วย โดยจะใช้ขา C1 ในการสร้างสัญญาณ SCL (สัญญาณนาฬิกา) และขา C0 ในการสร้างสัญญาณ SDA (ส่งข้อมูล) โดยใช้ขา S7 ซึ่งอยู่ในส่วนของพอร์ต Status รับข้อมูลจาก SDA การใช้งานระบบบัส I^2C จะเลือกผ่านดิปสวิตซ์ เนื่องจากต้องการให้สามารถใช้งานขาพอร์ต Control และพอร์ต Status ในงานปกติได้ เมื่อไม่มีการใช้งาน ระบบ I^2C

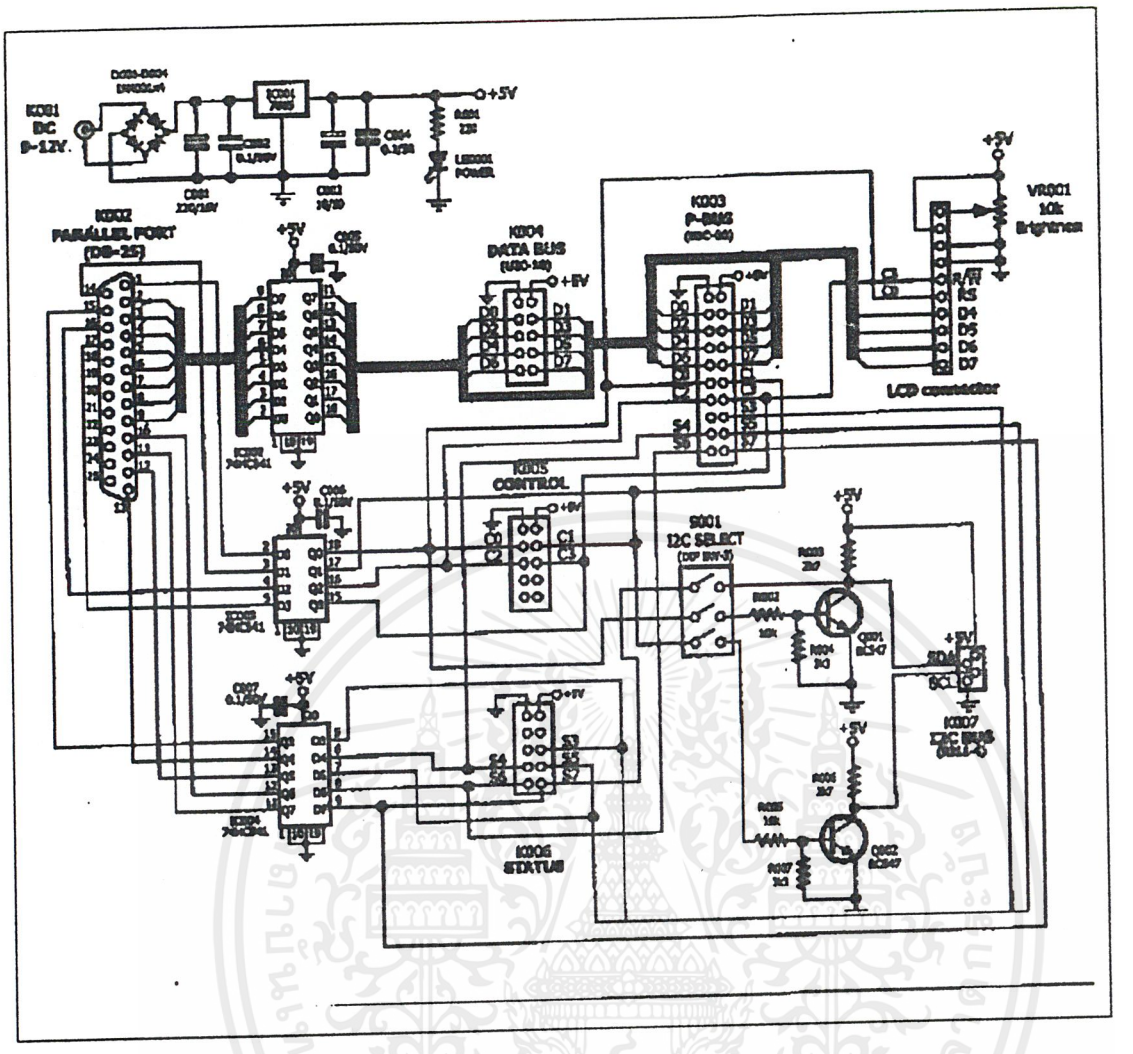
วงจรของส่วนเชื่อมต่อระบบบัส I^2C ของ P – Board จะใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อในลักษณะคอลเล็กเตอร์เปิด ซึ่งในช่วงที่ไม่ได้ป้อนลอจิก "1" ให้ ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน และเอาต์พุตของขา SDA และ SCL จะมีลอจิก "1" จากตัวต้านทานพลูอัปค่า 2.7 $k\Omega$ ที่ต่อเอาไว้ ซึ่งจะเรียกสภาวะนี้ว่า **บัสว่าง** และเมื่อต้องการติดต่อกับ บัส I^2C จะต้องป้อนลอจิก "1" ให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน และให้เอาต์พุตของบัส I^2C ออกมาเป็น "0" เนื่องจากทรานซิสเตอร์จะทำการลัดวงจรขาเอาต์พุตลงกราวน์

3. พอร์ต Status ใช้ตำแหน่งขา 15, 13, 12, 10 และ 11 ของพอร์ตขนาน โดยขาเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นขาอินพุต ดังนั้นไอซีบัฟเฟอร์ที่นำมาต่อด้วยจะเป็นการรับสัญญาณอินพุตจากภายนอกและส่งสัญญาณไปให้กับพอร์ตขนาน ซึ่งตรงกันข้ามกับ 2 พอร์ตแรก โดยไอซีบัฟเฟอร์ที่ใช้ยังเป็นเบอร์ 74HC541 ส่วนอินพุตของพอร์ต Status จะต่อเชื่อมกับคอนเน็กเตอร์ Status ที่มีการจัดขาตามมาตราฐาน UIC – 10 เช่นกัน โดยใช้งานเพียง 5 ตำแหน่งเท่านั้นคือ S3, S4, S5, S6 และ S7 โดยที่ขา S7 ทำหน้าที่เป็นขาอินพุตให้กับบัส I^2C ด้วย โดยขาของพอร์ต Status ทั้งหมดหลังจากผ่านบัฟเฟอร์แล้วจะไปรวมกันอยู่ที่คอนเน็กเตอร์ P – BUS

นอกจากนี้ P – Board ได้เตรียมคอนเน็กเตอร์สำหรับเชื่อมต่อกับโมดูล LCD แบบอักขระขนาด 16 ตัวอักษร 1 หรือ 2 บรรทัดเอาไว้ โดยกำหนดโหมดการติดต่อกับโมดูล LCD เป็นแบบ 4 บิต ซึ่งใช้สายสัญญาณ D4 – D7 จากพอร์ต Data จะต่อเข้ากับขา D4 – D7 ของโมดูล LCD ส่วนขา C0 ของพอร์ต Control จะต่อเข้ากับขา E ของโมดูล LCD ขา C3 ของพอร์ต Control จะต่อเข้ากับขา RS ของโมดูล LCD และเนื่องจากการติดต่อกับโมดูล LCD จะเป็นการเขียนข้อมูลไปอย่างเดียว ดังนั้นขา R/W ของโมดูล LCD จึงไม่ต้องใช้งานขานี้ให้ต่อลงกราวด์

P – Board ใช้ไฟเลี้ยงจากภายนอกป้อนเข้ามาทางแจ็กอะแดปเตอร์ ผ่านไดโอด ซึ่งต่อกันในลักษณะบริดจ์เพื่อจัดขั้วของไฟเลี้ยงบน P – Board ใหม่ จากนั้นจะส่งผ่านไปยังวงจรเรกูเลเตอร์เพื่อแปลงแรงดันให้เท่ากัน +5V สำหรับเป็นไฟเลี้ยงอุปกรณ์บนบอร์ด และเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรต่อพ่วงต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกันผ่านคอนเน็กเตอร์ P – BUS , DATA BUS และบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-2 วงจรสมบูรณ์ของ P – Board บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน

5.2.2 การขับอุปกรณ์เอาต์พุตกระแสสูง

โดยความสามารถพื้นฐานของพอร์ตขนานแล้ว ไม่สามารถนำไปขับอุปกรณ์เอาต์พุตโดยตรงได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านความสามารถในการจ่ายกระแส ดังนั้นถ้าต้องการนำเอาพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ไปขับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องมีวงจรบัฟเฟอร์ทำหน้าที่จ่ายกระแสให้เพียงพอแก่ความต้องการของอุปกรณ์เอาต์พุตนั้น อย่างไรก็ตามในส่วนของวงจรบัฟเฟอร์นั้นก็มีขีดความสามารถในการจ่ายกระแสได้ระดับหนึ่งเท่านั้น กรณีที่ต้องการจ่ายพลังงานสูงจะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันและกระแสสูงโดยเฉพาะ เรียกอุปกรณ์เหล่านี้ว่า อุปกรณ์ขับ หรือไดรเวอร์ เชื่อมโยงทางแสดงหรือออปโต้คัปเปอร์ (opto – coupler) สำหรับโหลดที่ต้องการกระแสสูงมาก ๆ ทำให้ต้องมีการแยกระบบกราวด์ของระบบคอมพิวเตอร์ออกจากวงจรเอาต์พุต เพื่อลดสัญญาณรบกวนและป้องกันการของแรงดันและกระแสสูงที่อาจเข้ามาทำความเสียหายแก่พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

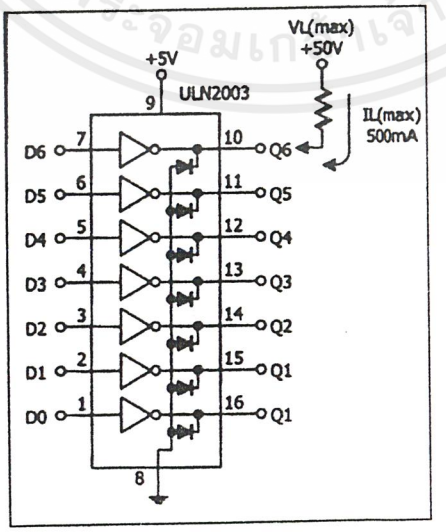
5.2.3 การใช้ไอซีขับ

ไอซีที่ใช้ในการขับโหลดกระแสสูงมักจะมีวงจรทางเอาต์พุตเป็นแบบคอลเล็กเตอร์เปิด ทำให้สามารถใช้กับแรงดันไม่ต่ำกว่า 30 V ขึ้นอยู่กับไอซีในแต่ละเบอร์ สำหรับไอซีขับหรือไอซีไดรเวอร์ที่ยกมาอธิบายคือ เบอร์ ULN2003 เป็นไอซีอินเวอร์เตอร์ไดรเวอร์ ภายในบรรจุอินเวอร์เตอร์เกต 7 ตัว สำหรับรายละเอียดของ ULN2003 มีดังนี้

ULN2003 มีรูปแบบการจัดขาและวงจรภายในแสดงในรูปที่ 5-3 ภายใน ULN2003 บรรจุอินเวอร์เตอร์เกตแบบคอลเล็กเตอร์เปิด 7 ตัว สามารถใช้กับแรงดันได้สูงสุด +50 V กระแสเอาต์พุตสูงสุดในแต่ละขาเท่ากับ 500 mA ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจ่ายกระแสของแหล่งจ่ายไฟด้วย นอกจากนั้นยังต่อไดโอดป้องกันแรงดันย้อนกลับจากอุปกรณ์เอาต์พุตที่มีโครงสร้างเป็นขดลวดไว้ที่ทุกขาเอาต์พุตได้ทันที ซึ่งในชุดทดลอง NX – 2000 โดย บอร์ด EX – 06 ซึ่งเป็นบอร์ดขับรีเลย์จะใช้ไอซีเบอร์ ULN2003 ตัวนี้เป็นอุปกรณ์หลัก

5.2.4 การควบคุมรีเลย์โดยใช้ ULN2003

สามารถทำได้อย่างง่าย ๆ ต่อขาพอร์ต Data บิตใดบิตหนึ่งมาเข้าที่ขาอินพุตของ ULN2003 ส่วนที่เอาต์พุตของ ULN2003 ให้ต่อเข้ากับขาขดลวดของรีเลย์ขาใดขาหนึ่ง ส่วนอีกขาที่เหลือให้ต่อกับไฟเลี้ยงขดลวดรีเลย์ เหตุผลที่ต้องต่อแบบนี้เนื่องจากหากต้องการขับรีเลย์ให้ทำงานโดยไม่สร้างภาระให้แก่วงจรจ่ายไฟเลี้ยงของพอร์ตขนานควรต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับรีเลย์แยกต่างหาก เมื่อเป็นเช่นนี้จึงต้องกำหนดให้ ULN2003 ทำการจ่ายกระแสในลักษณะกระแสซิงก์ (sink current) กอรปกับภายใน ULN2003 เป็นอินเวอร์เตอร์หรือนอตเกต เมื่อต้องการสั่งให้รีเลย์ทำงานต้องส่งข้อมูล “1” มาที่อินพุตของ ULN2003 ก็จะเกิดการกลับลอจิกเป็น “0” ทำให้เกิดการครบวงจร มีกระแสไฟฟ้าไหลจากแหล่งจ่ายไฟของรีเลย์ผ่านขดลวดรีเลย์มาครบวงจรที่ขาเอาท์พุตของ ULN2003 ซึ่งในขณะนี้เป็นลอจิก “0” สามารถเทียบเป็นกราวด์ได้ เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดรีเลย์ได้ รีเลย์ก็จะทำงาน

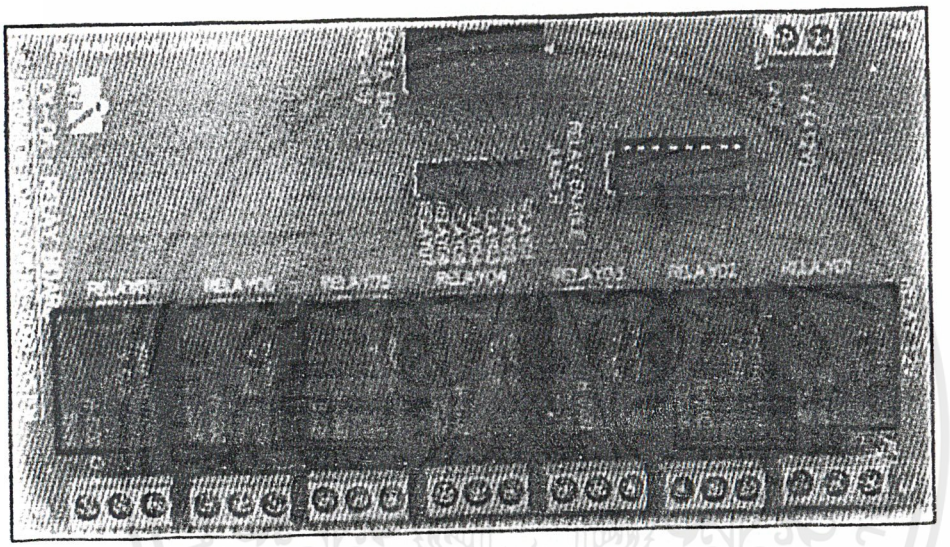


รูปที่ 5-3 การจัดขาไอซีเบอร์ ULN2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 EX – 06 บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง

สำหรับในชุดทดลอง NX – 2000 มีบอร์ดต่อพ่วงสำหรับทดลองการขับรีเลย์อยู่คือ EX – 06 บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง โดยบนบอร์ดจะมีรีเลย์ให้ใช้งานมากถึง 7 ตัว ใช้ไอซี ULN2003 ในการขับโดยวงจรของบอร์ด EX – 06 ทำหน้าที่เป็นวงจรขับโดยถ้าผู้ใช้งานต้องการใช้งานรีเลย์ตัวใดก็ให้ใช้จั๊มเปอร์ต่อไปในตำแหน่งนั้น การควบคุมรีเลย์ให้ทำงานสามารถใช้พอร์ต DATA หรือ พอร์ต CONTROL ก็ได้ ถ้าใช้งานพอร์ต DATA ขาที่ใช้ในการควบคุมจะใช้ขา D0 – D6 เนื่องจากว่ามีรีเลย์ทั้งหมด 7 ตัว สำหรับพอร์ต Control ที่มีขาเอาต์พุต 4 ขา ก็สามารถขับรีเลย์ได้เพียง 4 ตัวเท่านั้น คือ รีเลย์ตัวที่ 1-4 โดยต้องพิจารณาการกลับสถานะลอจิกของบิตต่าง ๆ ภายในพอร์ต Control ด้วย



รูปที่ 5-4 EX – 06 บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง

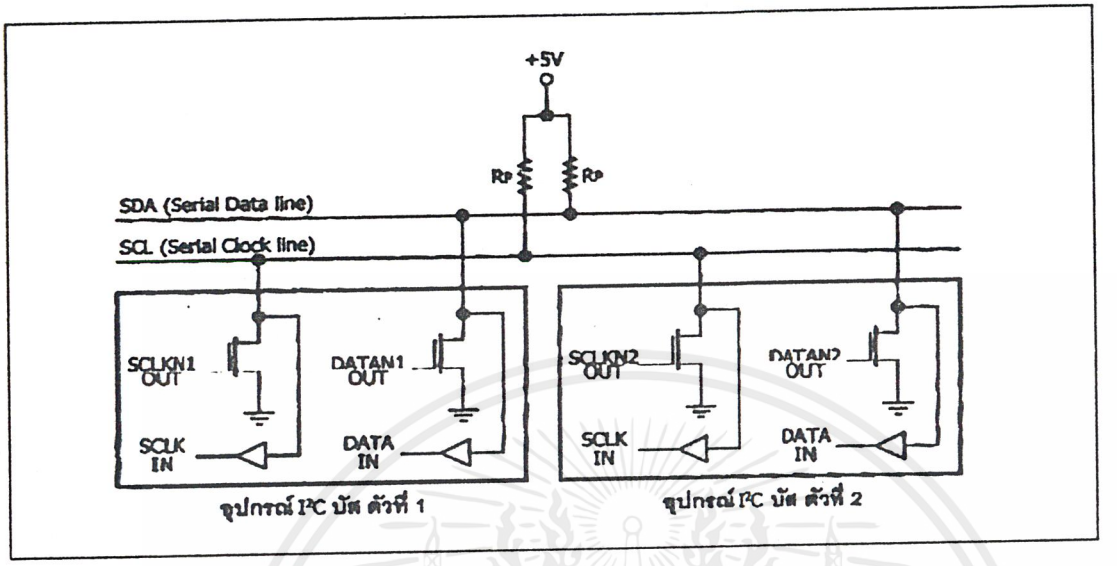
หัวใจของบอร์ดนี้คือ ULN2003 ซึ่งเป็นไอซีอินเวอร์เตอร์ไดรเวอร์ 7 ตัว ขาอินพุตทั้งหมดต่อกับจั๊มเปอร์ JP601 – JP607 เพื่อใช้ในการเลือกว่าต้องการควบคุมรีเลย์ตัวใด โดย JP601 ใช้เลือกติดต่อกับรีเลย์ RY601 หรือรีเลย์ตัวที่ 1 เรียงลำดับไปจนถึง JP607 ใช้เลือกการติดต่อกับ RY607 หรือรีเลย์ตัวที่ 7 อีกด้านหนึ่งของจั๊มเปอร์จะต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ DATA BUS เพื่อเชื่อมต่อกับ P – Board เพื่อควบคุมต่อไป

5.3 การติดต่อพอร์ตขนานกับระบบบัส I^2C

I^2C ย่อมาจาก **Inter – IC Communication** หมายถึง การติดต่อสื่อสารได้ระหว่างไอซี โดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ (Philips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อสั่งงานและควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือสายข้อมูล อีกเส้นหนึ่งคือสายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส PC ทำได้ง่ายมาก เพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือตัวพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดอุปกรณ์แต่ละตัว จะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกว่าเป็นทางการว่า **สายข้อมูล** หรือ **SDA (Serial Data Line)** ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า **สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรม** หรือ **SCL (Serial Clock Line)**



รูปที่ 5-5 วงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C

5.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

สาย SDL และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (bi -directional line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพลูอัปกับแรงดัน +5 V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาท์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิด (Open – drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (Open – collector)

อัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส I^2C สูงถึง 100 กิโลเมตรต่อวินาทีในโหมดปกติ (Standard Mode) และสูงถึง 400 กิโลเมตรต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (fast mode) อุปกรณ์ที่ ต่อร่วมกันอยู่บนบัส I^2C จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้น

ระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 แบบ คือ 7 บิต (7- bit addressing) หรือ 10 บิต (10 – bit addressing)

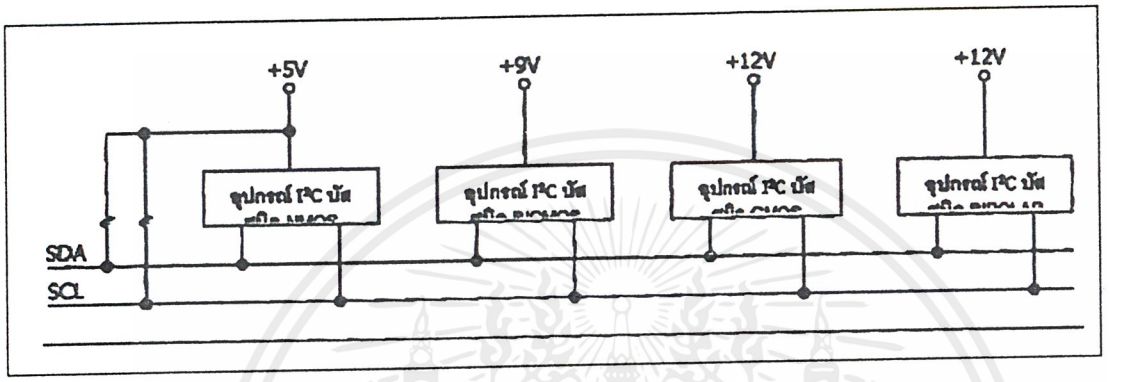
ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I^2C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I^2C ตัวหนึ่งอาจใช้เลี้ยง +5 V ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12 V การต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกันกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทานพลูอัป (R_p) เข้ากับแรงดัน +5 V ไว้ด้วยเสมอ

ในกรณีที่อาจมีแรงดันไฟกระชากขนาดใหญ่ปะปนเข้ามาในบัส I^2C ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้องต้านทานอนุกรมกับ SDA และ SCL เรียกว่า RS ก่อนต่อเข้าสู่บัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

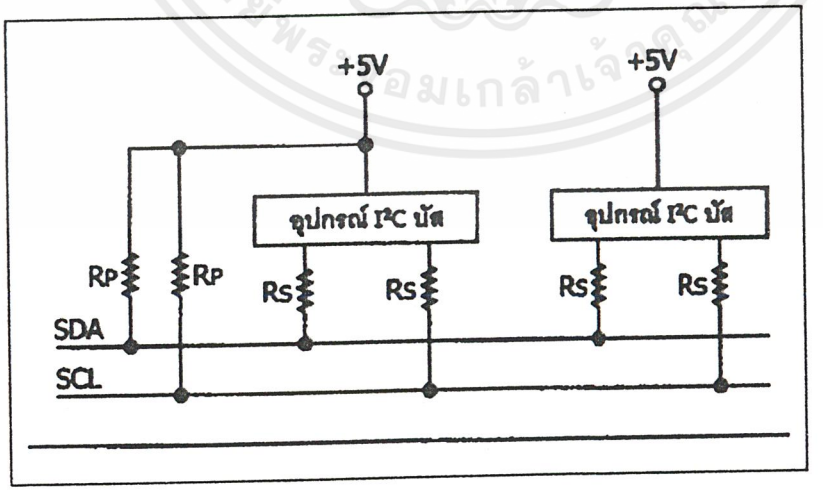
5.3.2 หลักการของบัส I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือ เรียกว่า **โปรโตคอล** (Protocol) เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่ และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะขออธิบายลักษณะ หน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2C เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส I^2C ต่อไป



รูปที่ 5-6 การต่อพ่วงอุปกรณ์ระบบบัส I^2C ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากัน

อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า **ตัวส่ง** (Transmitter) อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูล เรียกว่า **ตัวรับ** (receiver) ในอุปกรณ์บนบัส I^2C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่งบางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับเพียงอย่างเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส I^2C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (Master) อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (Slave)



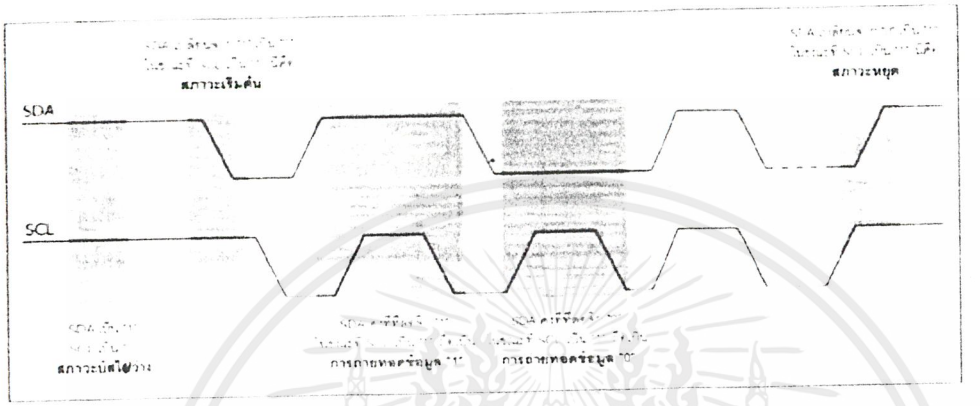
รูปที่ 5-7 การต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขาสัญญาณของอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C เพื่อลดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนด 2 ประการที่สำคัญของการติดต่อบนบัส I^2C คือ

(1) การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

(2) ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะลอจิกเป็นสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน



รูปที่ 5-8 ไดอะแกรมแสดงสถานะต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C

สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C มีด้วยกัน 5 สภาวะ ดังนี้

(1) **บัสว่าง (Bus not busy)** สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสภาวะลอจิกบน SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่นั่นหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

(2) **เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล (Start data transfer)** เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า *สภาวะเริ่มต้น (START)*

(3) **หยุดการถ่ายทอดข้อมูล (stop data transfer)** เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูงในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า *สภาวะหยุด (STOP)*

(4) **ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (data valid)** สภาวะนี้เกิดขึ้นถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่า เป็น " 0 " หรือ " 1 " ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

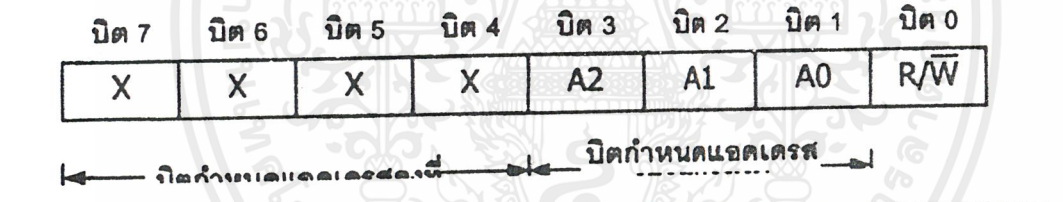
(5) **รับรู้ข้อมูล (Acknowledge)** เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิต เรียกว่า *บิตรับรู้ (Acknowledge bit)* มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา เพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างอิงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

5.3.3 หลักการทำงานบนบัส I^2C

ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างอิงถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต หรือ 10 บิต ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่นานมากใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมาก

กว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้อ้างถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลกันต่อไป

ดังนั้นหัวใจสำคัญในอันดับแรกของการทำงานบนบัส I^2C คือการอ้างอิงถึงอุปกรณ์แต่ละตัวต่อไปนี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างอิงทั้ง 2 รูปแบบ



รูปที่ 5-9 รูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C

การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7 – bit addressing)

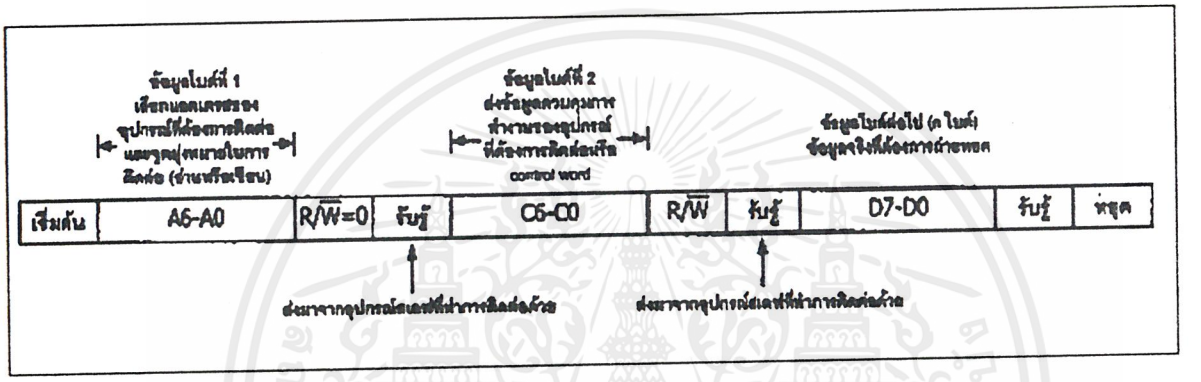
ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแอดเดรสในรูปที่ 5-9 ใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผลิต ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิตเป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0 –A2 ของอุปกรณ์สเลฟตัวนั้น ๆ หากบิต LSB เป็น “0” หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านจากอุปกรณ์สเลฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (Control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ตมีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็นอินพุตบิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการข้อมูลควบคุมเพื่อกำหนดให้ทกงานเป็นวงจร ADC หรือ DAC เป็นต้น

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (data)

หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลยังคงสามารถดำเนินต่อไปได้ ในรูปที่ 5-10 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต ของระบบบัส I^2C



รูปที่ 5-10 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต ของระบบบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
แนวคิดของโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิด ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

6.1 โครงสร้างของโปรแกรม

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

6.1.1 ส่วนการรับสัญญาณอนาลอก(Analog) จากภายนอก

ในส่วนนี้ใช้บอร์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เป็นตัวจับสัญญาณที่เข้ามาจากภายนอก โดยสัญญาณที่รับเข้ามาจากภายนอกซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อที่คอมพิวเตอร์สามารถนำค่าสัญญาณมาใช้ในการประมวลผล ในการที่จะเลือกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ได้ถูกต้อง โดยสัญญาณที่รับเข้ามาประกอบไปด้วย สัญญาณอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น สัญญาณอุณหภูมิอากาศ สัญญาณเปอร์เซ็นต์โหลด สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสัญญาณปริมาณออกซิเจน

6.1.2 ส่วนประมวลผลข้อมูล

เมื่อได้ข้อมูลเบื้องต้นจากส่วนการรับสัญญาณอนาลอกแล้ว ส่วนประมวลผลจะนำข้อมูลดังกล่าว มาเปรียบเทียบกับตารางข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อหาเวลาในการฉีดน้ำมัน (Injection Time) และองศาการจุดระเบิด (Degree Ignition) เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการควบคุม

6.1.3 ส่วนการส่งสัญญาณการควบคุม

ก่อนที่จะกล่าวถึงแนวทางในการควบคุม จะกล่าวในส่วนของทฤษฎี และสมการที่เกี่ยวข้องเบื้องต้น โดยการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ จะทำการจุดระเบิดเรียงตามลำดับ ดังนี้คือ 1 , 3 , 4 และ 2 ซึ่งจะสัมพันธ์กับการฉีดน้ำมันดังนี้คือ จะทำการจ่ายที่ 4 , 2 , 1 และ 3

สูบ 1
ระเบิด
คาย
ดูด
อัด
0°

สูบ 2
คาย
ดูด
อัด
ระเบิด
180°

สูบ 3
อัด
ระเบิด
คาย
ดูด
360°

สูบ 4
ดูด
อัด
ระเบิด
คาย
180°

รูปที่ 6-1 แสดงลำดับการจุดระเบิดและการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะสังเกตได้ว่าการทำงานของลูกสูบแต่ละสูบ จะทำงานค้วยองศาที่ต่างกัน 180° ซึ่งสามารถที่จะคิดเป็นเวลาที่แตกต่างกันได้ดังนี้

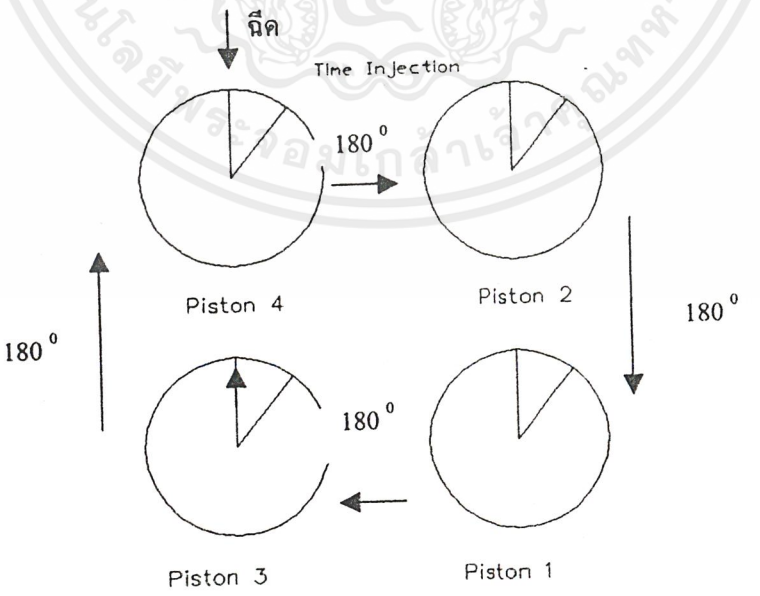
ที่ความเร็วรอบ	N rpm		เท่ากับ	N/60	reps
ที่ความเร็วรอบ	N/60	รอบ	ใช้เวลาในการหมุนครบรอบ	1	วินาที
ที่ความเร็วรอบ	1	รอบ	ใช้เวลาในการหมุนครบรอบ	60/N	วินาที
ใน	1	รอบของการทำงาน จะเท่ากับ		360^{0}	
หมุนครบ	360^{0}		ใช้เวลาในการหมุนครบรอบ	60/N	วินาที
หมุนไป	1^{0}		ใช้เวลาในการหมุน	60/(360N)	วินาที
			หรือเท่ากับ	1/6N	วินาที
ถ้าทำงานต่างกัน	180^{0}		ใช้เวลาในการทำงาน	180/6N	วินาที
			หรือเท่ากับ	30/N	วินาที
			หรือเท่ากับ	(30 / N)*1000	มิลลิวินาที

หมายเหตุ เมื่อ N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ หน่วย รอบต่อนาที

ดังนั้นสมการพื้นฐานเบื้องต้นคือ (30/ N)*1000 หน่วย มิลลิวินาที

จากสมการเบื้องต้นและลำดับของการฉีดน้ำมันและจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทำให้เกิดแนวทางในการควบคุม 3 ส่วนดังนี้คือ

6.1.3.1 การควบคุมการฉีดน้ำมันอย่างเดียว



รูปที่ 6-2 แสดงลำดับการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแนวคิดในการเขียนโปรแกรม

- สูบ 4 ฉีดน้ำมัน

หน่วงเวลา = Time Injection

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 4

* หน่วงเวลา = สมการ 1

- สูบ 2 ฉีดน้ำมัน

หน่วงเวลา = Time Injection

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 2

* หน่วงเวลา = สมการ 1

- สูบ 1 ฉีดน้ำมัน

หน่วงเวลา = Time Injection

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 1

* หน่วงเวลา = สมการ 1

- สูบ 3 ฉีดน้ำมัน

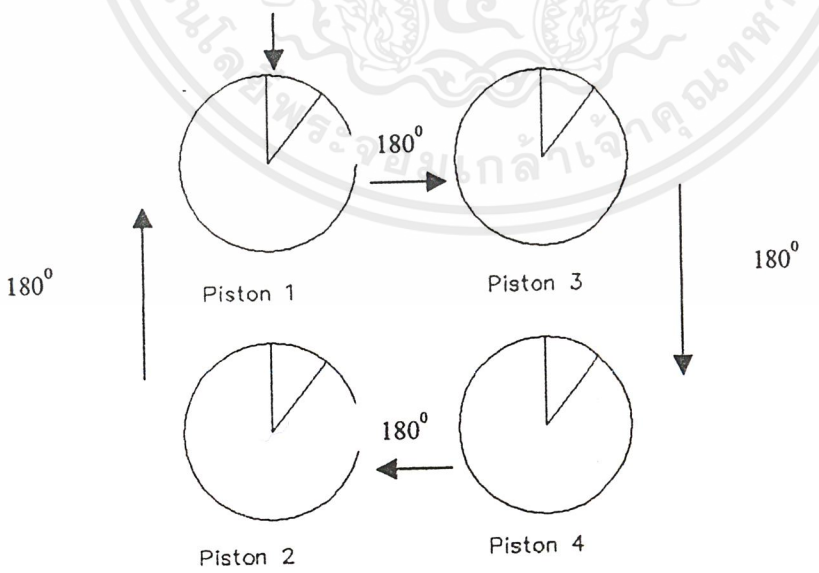
หน่วงเวลา = Time Injection

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 3

* หน่วงเวลา = สมการ 1

หมายเหตุ สมการ 1 คือ **((30/N)*1000) – Time injection**

6.1.3.2 การจุดระเบิดอย่างเดียว



รูปที่ 6-3 แสดงลำดับการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแนวคิดในการเขียนโปรแกรม

- สูบ 1 จุดระเบิด

หน่วงเวลา (30/N)*1000

- สูบ 3 จุดระเบิด

หน่วงเวลา (30/N)*1000

- สูบ 4 จุดระเบิด

หน่วงเวลา (30/N)*1000

- สูบ 2 จุดระเบิด

หน่วงเวลา (30/N)*1000

ทำการตรวจสอบองศาการจุดระเบิดใหม่

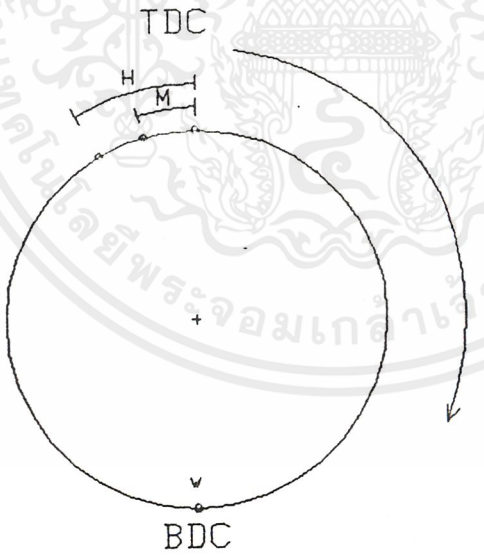
ถ้า Degree Ignition มีค่ามากกว่าเดิม

ให้เวลาในการหน่วง = **(30/N)*1000 - (M/6N)*1000**

ถ้า Degree Ignition มีค่าน้อยกว่าเดิม

ให้เวลาในการหน่วง = **(30/N)*1000 + (M/6N)*1000**

6.1.3.3 การฉีดน้ำมันและการจุดระเบิด แบ่งเป็น 3 กรณี



รูปที่ 6-4 แสดงแนวคิดในการเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเปิดวาล์วไอดี กับองศาการจุดระเบิด

6.1.3.3.1 กรณี H>M

ก. ถ้า Injection time >((H-M)/6N)*1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา ((H-M)/6n)*1000

- จุดระเบิดสูบ 1

หน่วงเวลา Time Injection – ((H-M)/6N)*1000

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา (30/N)*1000 – Time Injection

- ฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา ((M-M)/6N)*1000

- จุดระเบิดสูบ 3

หน่วงเวลา Time Injection – ((H-M)/6N)*1000

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา (30/N)*1000 – Time Injection

- ฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา ((M-M)/6N)*1000

- จุดระเบิดสูบ 4

หน่วงเวลา Time Injection – ((H-M)/6N)*1000

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา (30/N)*1000 – Time Injection

- ฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา ((M-M)/6N)*1000

- จุดระเบิดสูบ 2

หน่วงเวลา Time Injection – ((H-M)/6N)*1000

หยุดฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา (30/N)*1000 – Time Injection

ข. ถ้า Injection time < = ((H-M)/6n)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา ((H-M)/6N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 1

หน่วงเวลา (30/N)*1000 - ((H-M)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา Time Injection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา ((H-M)/6N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 3

หน่วงเวลา (30/N)*1000 - ((H-M)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา ((H-M)/6N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 4

หน่วงเวลา (30/N)*1000 - ((H-M)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา ((H-M)/6N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 2

หน่วงเวลา (30/N)*1000 - ((H-M)/6N)*1000

6.1.3.3.2 กรณี H<M

- จุดระเบิดสูบ 1

หน่วงเวลา ((M-H)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา (30/N)*1000 -((M-H)/6N)*1000

- จุดระเบิดสูบ 3

หน่วงเวลา ((M-H)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา (30/N)*1000 -((M-H)/6N)*1000

- จุดระเบิดสูบ 4

หน่วงเวลา ((M-H)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา Time Injection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา (30/N)*1000 -((M-H)/6N)*1000

- จุดระเบิดสูบ 2

หน่วงเวลา ((M-H)/6N)*1000

- ฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา (30/N)*1000 -((M-H)/6N)*1000

6.1.3.3.3 กรณี H = M

- จุดระเบิดสูบ 1 และฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 4

หน่วงเวลา (30/N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 3 และฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 2

หน่วงเวลา (30/N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 4 และฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 1

หน่วงเวลา (30/N)*1000- Time Injection

- จุดระเบิดสูบ 2 และฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา Time Injection

- หยุดฉีดน้ำมันสูบ 3

หน่วงเวลา (30/N)*1000- Time Injection

หมายเหตุ เมื่อ H = องศาการเปิดของวาล์วไอดี หน่วยเป็น องศา

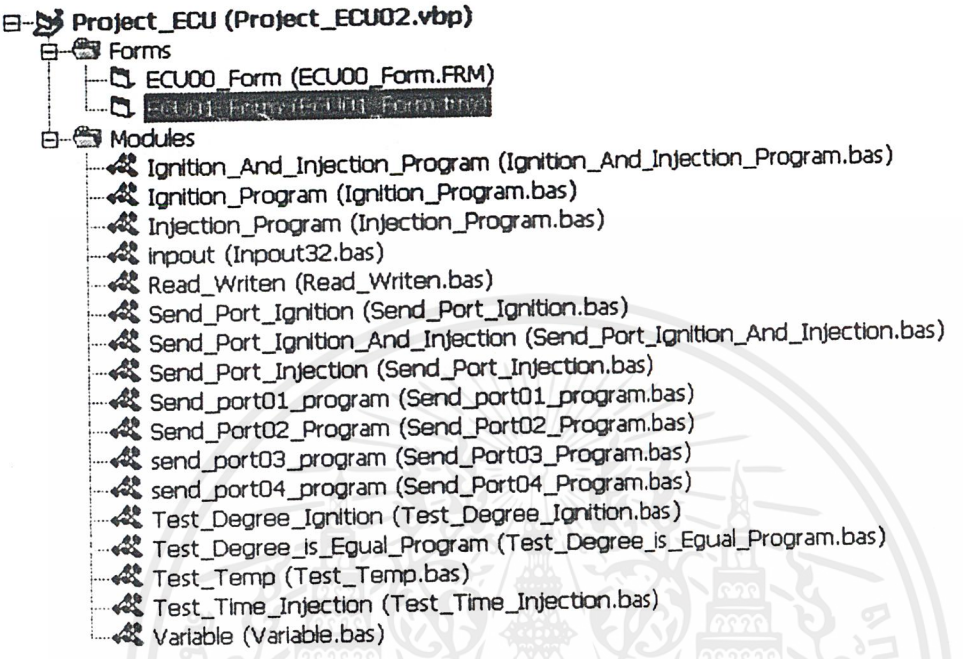
M = องศาการจุดระเบิด หน่วยเป็น องศา

N = ความเร็วรอบรถยนต์ หน่วยเป็น รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ลักษณะของโปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

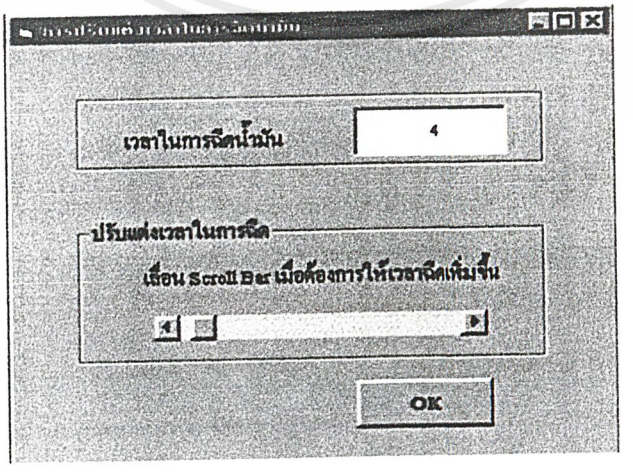
6.2.1 โครงสร้างต่างๆ ของโปรแกรม



รูปที่ 6-5 แสดงโครงสร้างของโปรแกรม

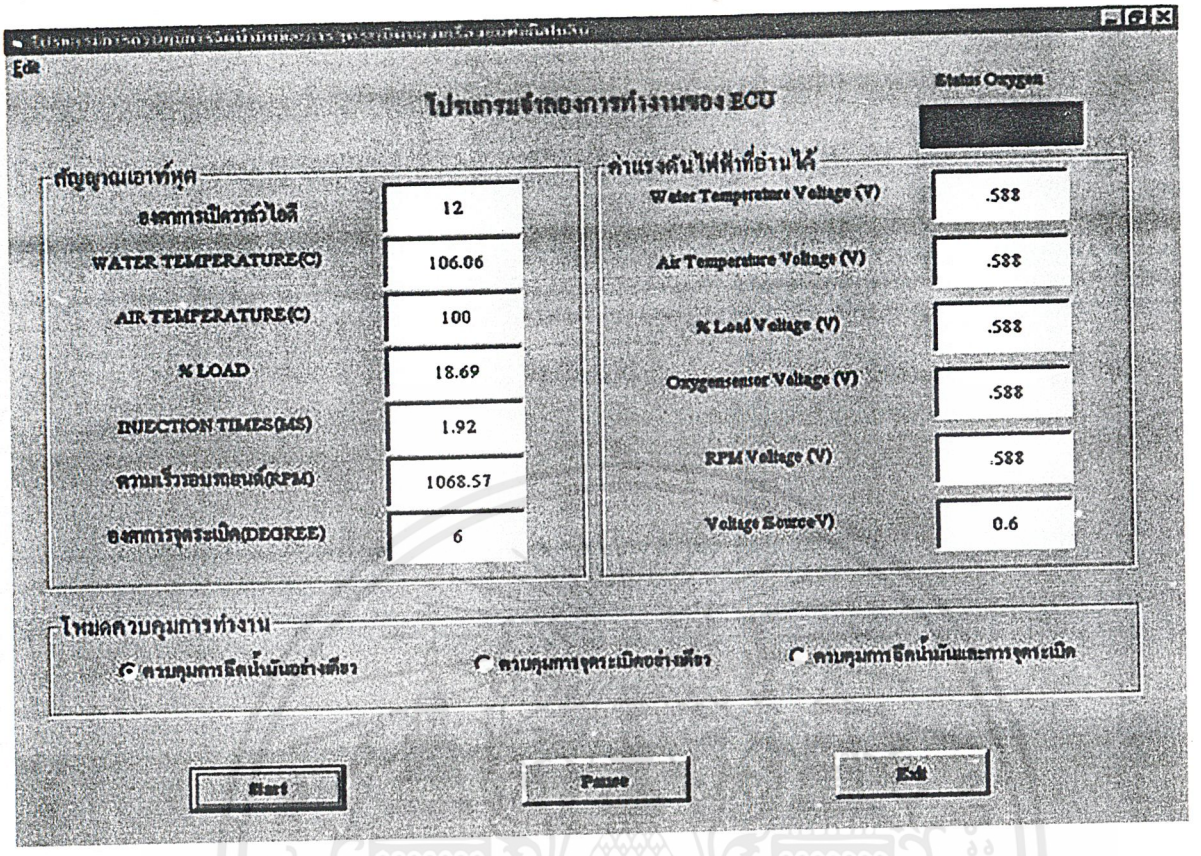
โปรแกรมได้ทำการสร้างขึ้นเป็นโมดูลย่อยต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งโมดูลที่ทำการใช้นั้นประกอบด้วยโมดูลทั้งสิ้น 18 โมดูลด้วยกัน ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของโปรแกรมได้ที่ภาคผนวก

6.2.2 ลักษณะหน้าตาของโปรแกรม



รูปที่ 6-6 แสดงหน้าจอในส่วนการปรับแต่งเวลาการฉีดน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-7 แสดงหน้าจอทำงานหลักของโปรแกรม

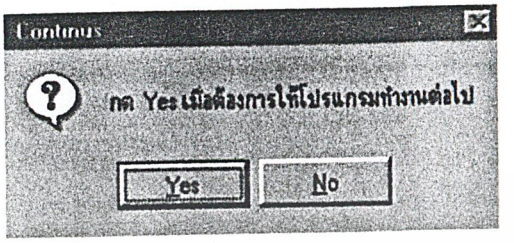
6.3 วิธีการใช้งานโปรแกรม

1. ทำการต่อพ่วงอุปกรณ์ต่างๆให้เรียบร้อยอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
2. ทำการเปิดโปรแกรม
3. ทำการใส่ค่าองศาการเปิดวาล์วไอดี
4. ทำการเลือกโหมดควบคุมการทำงาน ซึ่งมีด้วยกัน 3 โหมดคือ โหมดควบคุมการฉีดน้ำมันอย่างเดียว โหมดควบคุมการจุดระเบิดอย่างเดียว และ โหมดควบคุมทั้งการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิด
5. เริ่มทำงานโดยการกดปุ่ม Start
6. เมื่อกดปุ่ม Start แล้วหน้าจอของโปรแกรมจะแสดงค่าสถานะต่างๆ ได้แก่ Water Temperature, Air Temperature, %Load, Injection Times, ความเร็วรอบเครื่องยนต์ , องศาการจุดระเบิด
7. ทางด้านมุมบนขวามือของโปรแกรมจะปรากฏแถบสีต่างๆ ซึ่งใช้แสดงค่าสถานะปริมาณออกซิเจนหลังจากการเผาไหม้ซึ่งมีด้วยกัน 3 สถานะด้วยกันคือ
   - สถานะออกซิเจนมีปริมาณมากเกินไป จะปรากฏแถบสีแดง
   - สถานะออกซิเจนมีปริมาณน้อยเกินไป จะปรากฏแถบสีเขียว
   - สถานะออกซิเจนมีปริมาณพอดี(A/F Ratio 14.7: 1) จะปรากฏแถบสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เมื่อเวลาในการฉีดน้ำมันไม่เหมาะสมสามารถทำการปรับแต่งได้จากเมนู Edit โดยการเลื่อน แถบ Scroll Bar

9. เมื่อต้องการหยุดการทำงานชั่วคราวสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Pause เมื่อต้องการเข้าสู่การทำงานปกติอีกครั้งให้ทำการกดปุ่ม Yes



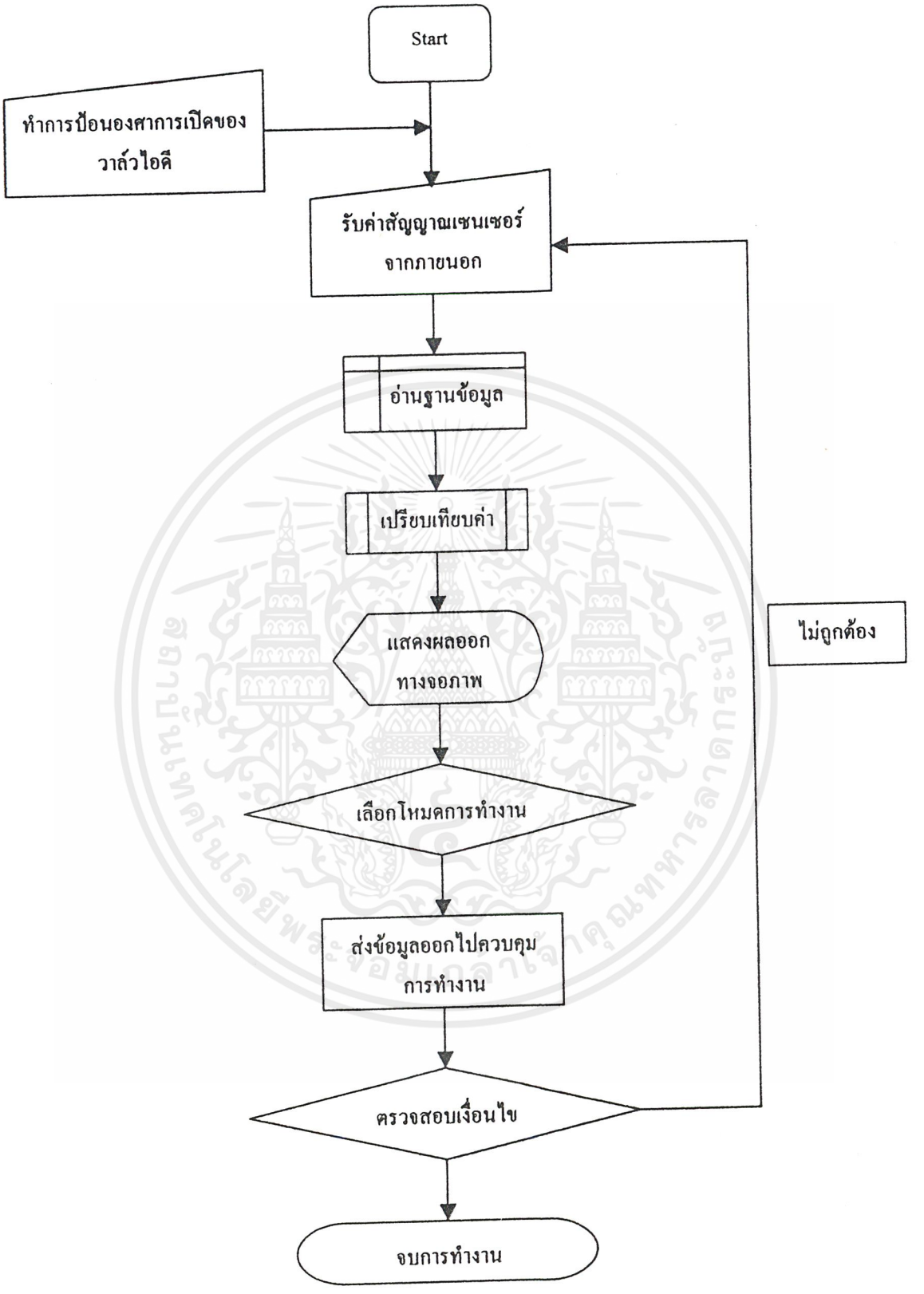
รูปที่ 6-8 แสดงหน้าจอยืนยันการทำงาน

10. เมื่อต้องการจบการทำงานสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Exit

หมายเหตุ สามารถศึกษารายละเอียด(Source Code) ของโปรแกรมได้ที่ภาคผนวก

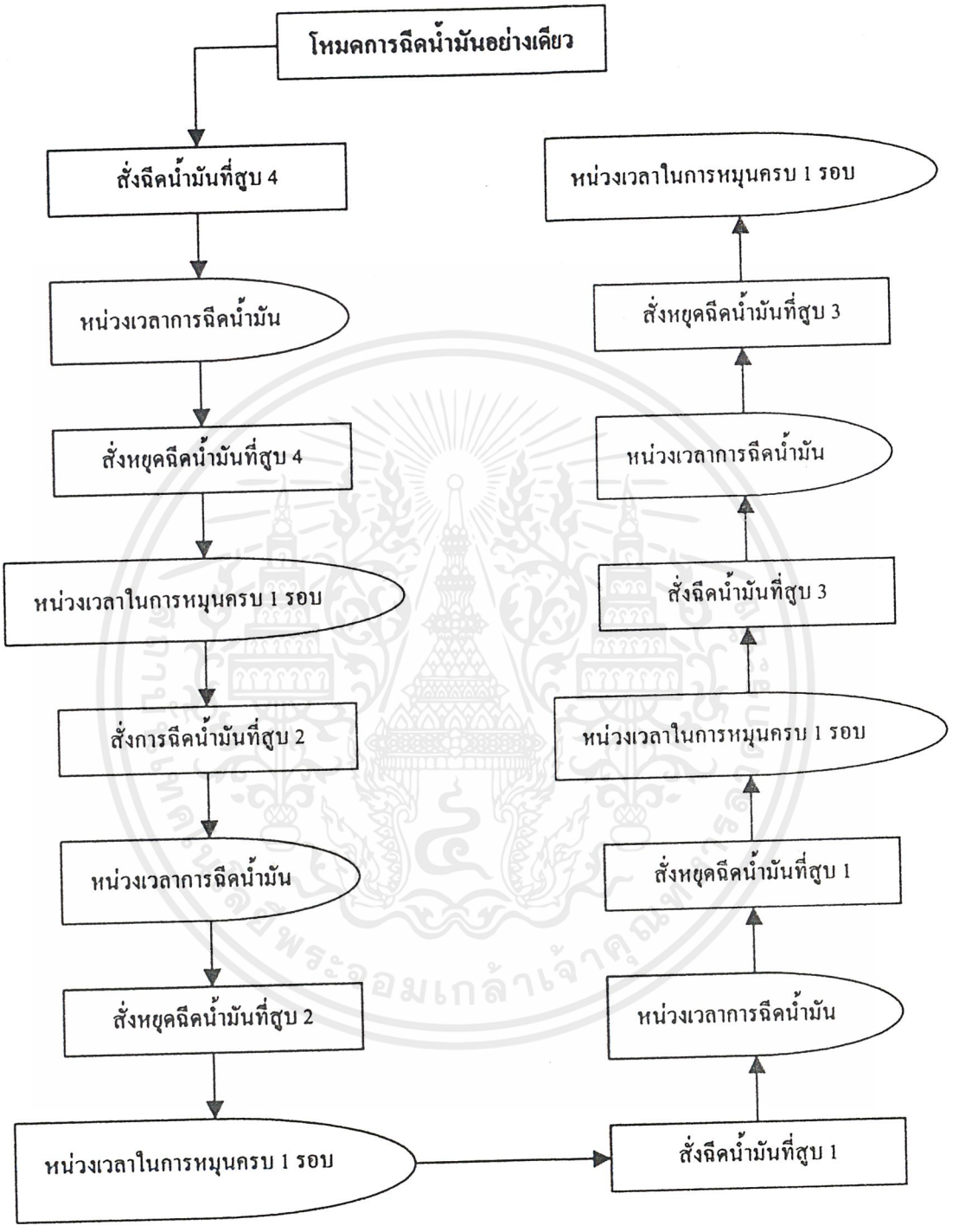
6.4 การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-9 แสดงการทำงานหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

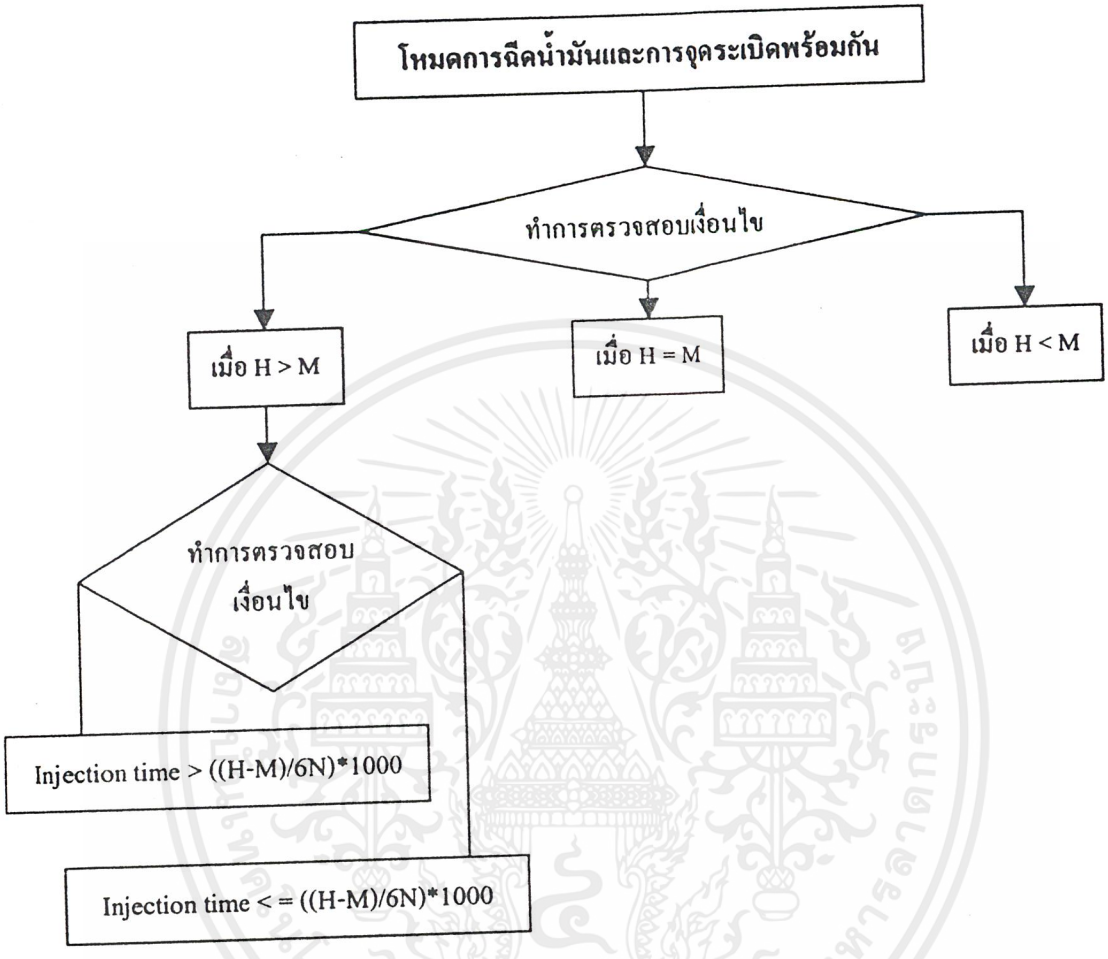


รูปที่ 6-10 แสดงการทำงานของโหมดการฉีดน้ำมันอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

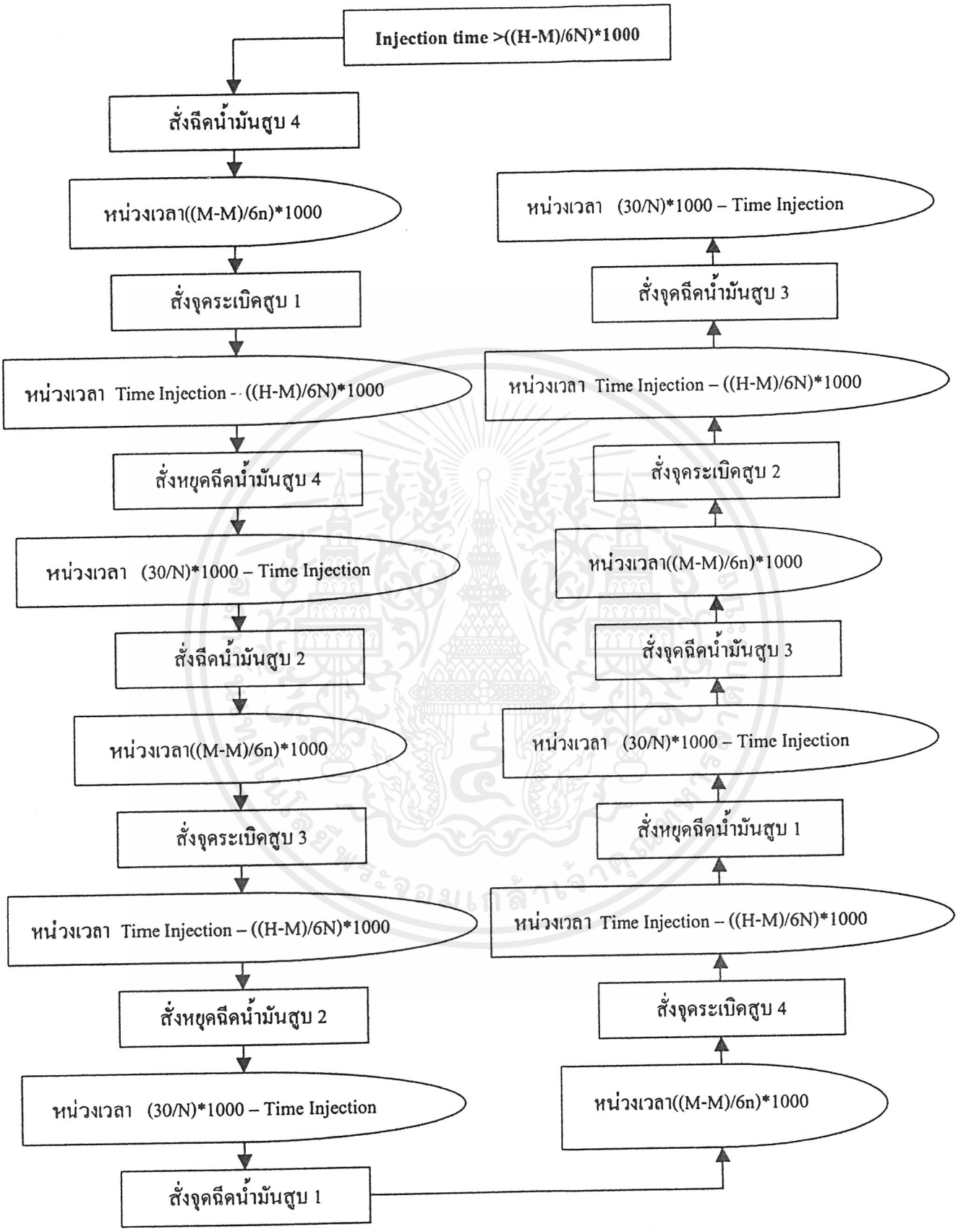
รูปที่ 6-11 แสดงการทำงานของโหมดการจุดระเบิดอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



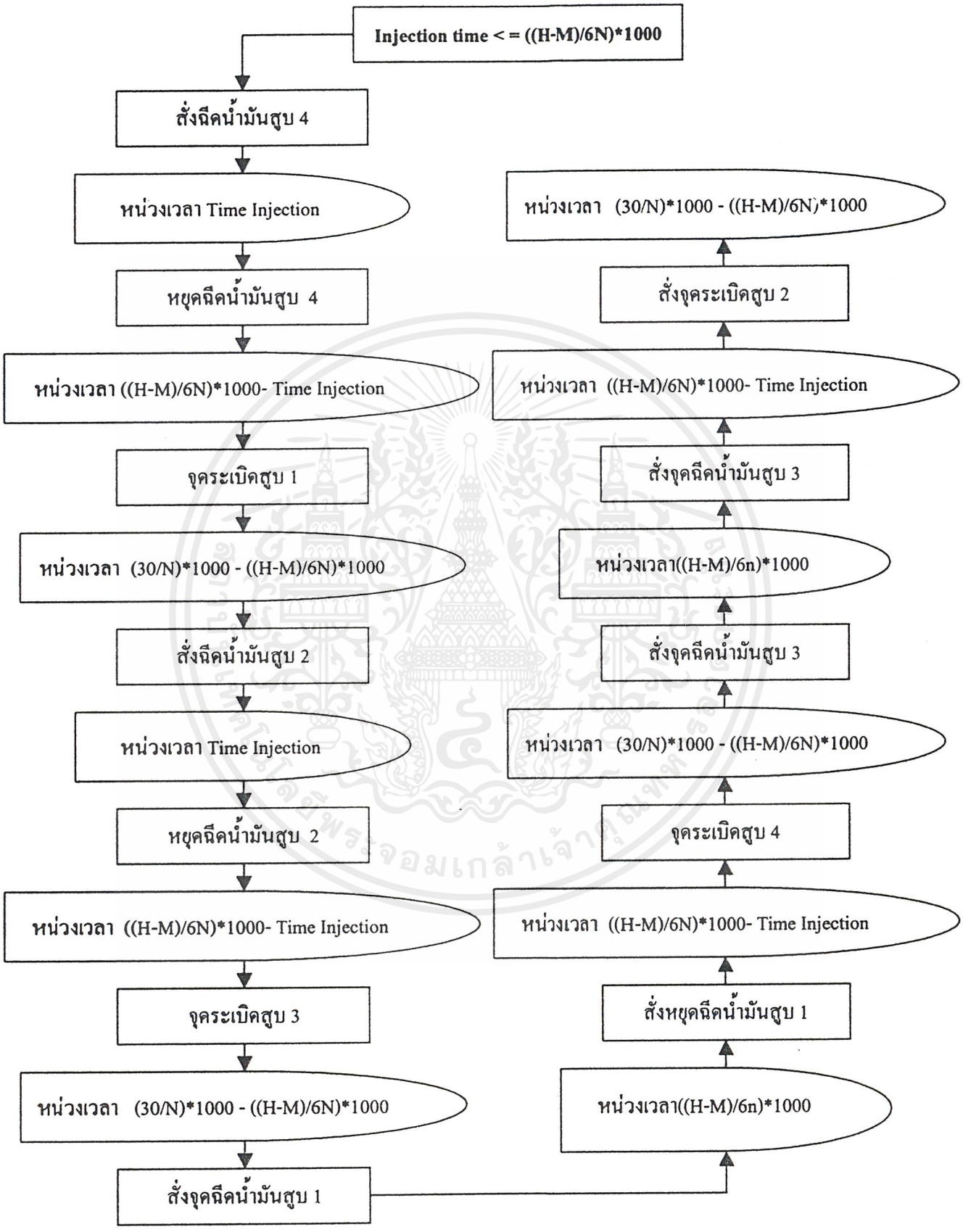
รูปที่ 6-12 แสดงการทำงานของโหมดการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



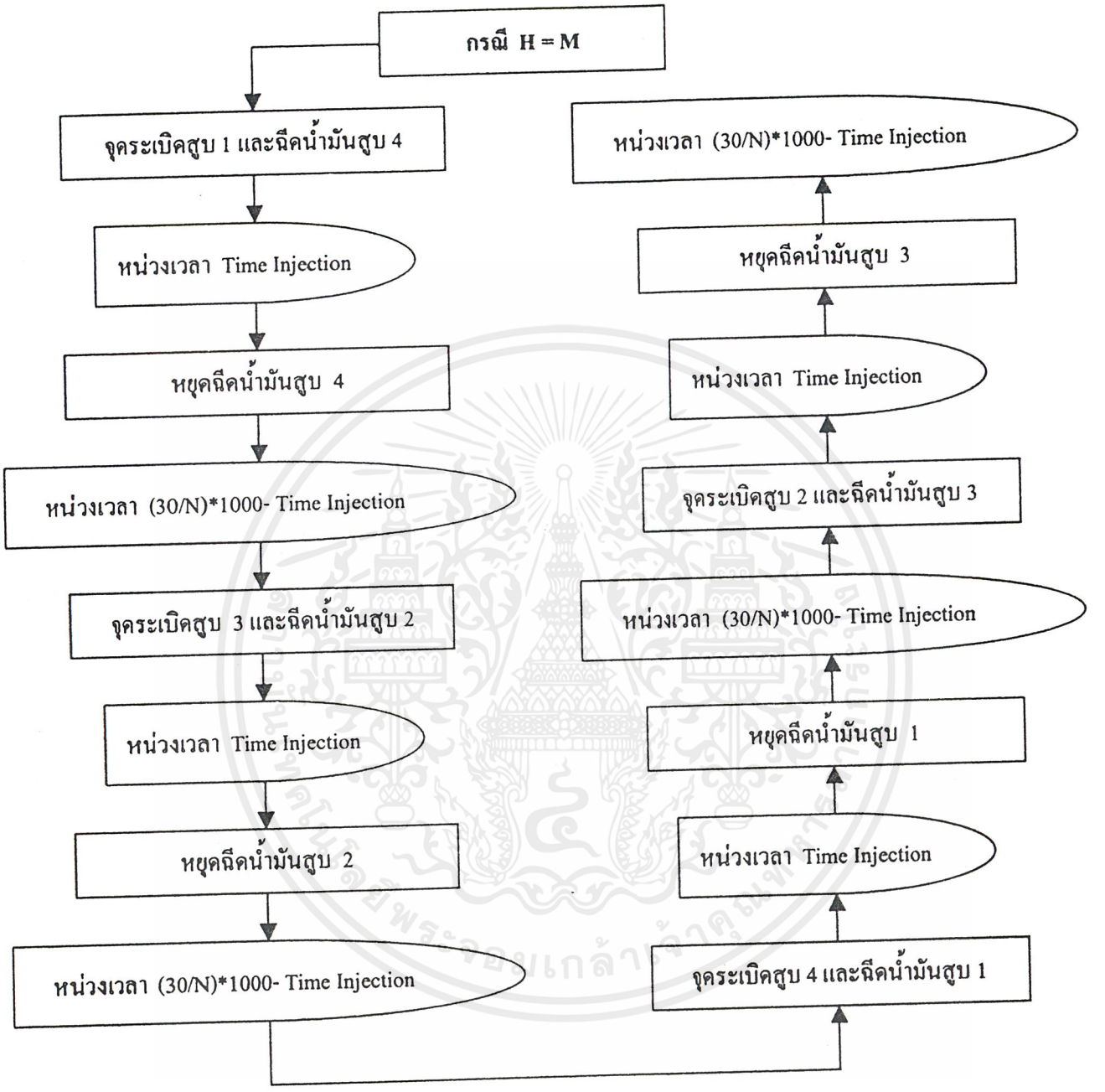
รูปที่ 6-13 แสดงการทำงานของกรณี Injection time >((H-M)/6N)*1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



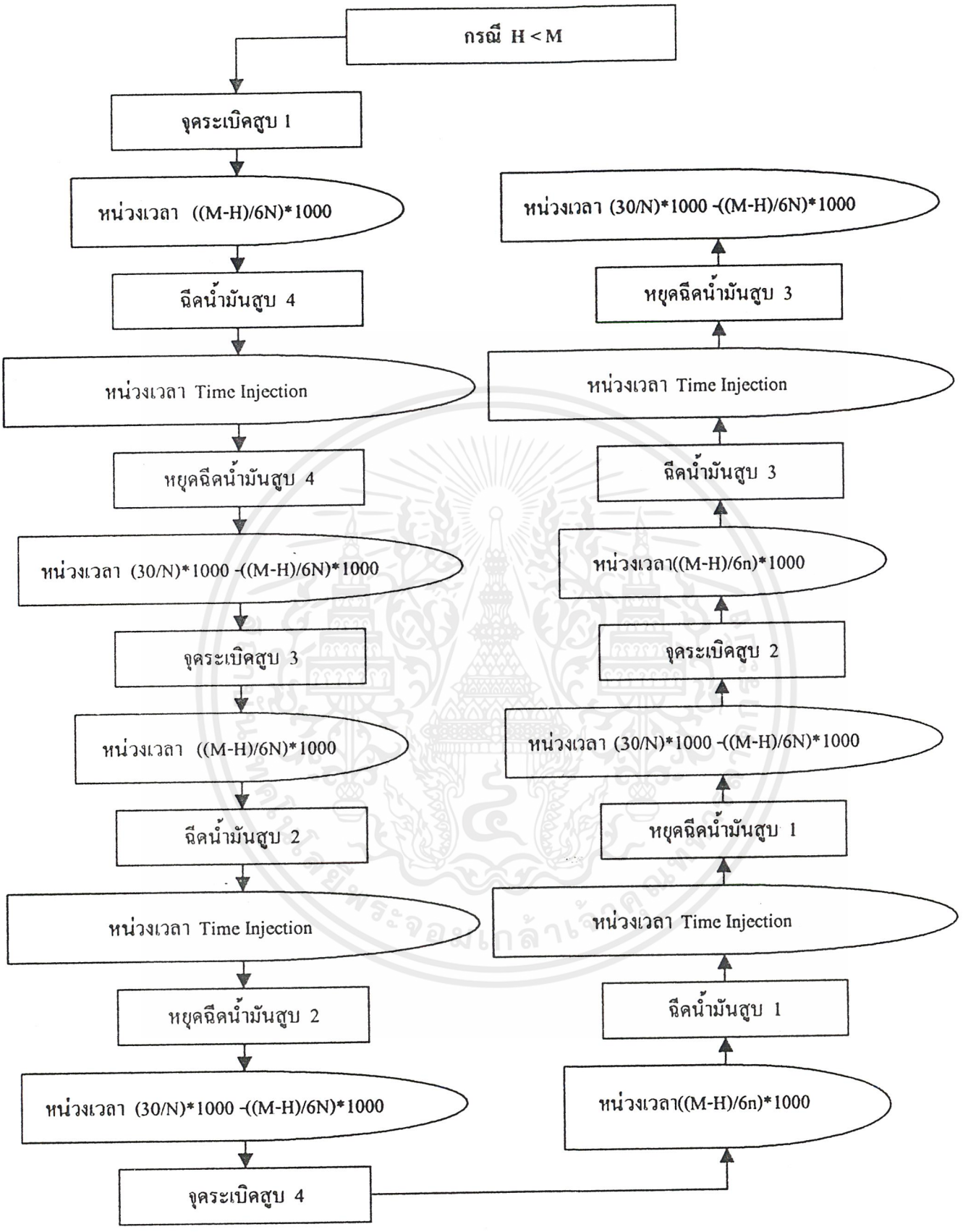
รูปที่ 6-14 แสดงการทำงานของกรณี Injection time < = ((H-M)/6N)*1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-15 แสดงการทำงานของกรณี H = M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-16 แสดงการทำงานของกรณี H < M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

แนวทางและการออกแบบวงจรจำลองสัญญาณ (Sensor Simulation)

การทดลองครั้งนี้จำเป็นต้องมีการสร้างชุดจำลองสัญญาณตรวจจับ (Sensor) ขึ้นมาเนื่องจากข้อจำกัดในการทดสอบกับเครื่องยนต์จริงนั้น ไม่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาที่ทดลองโดยการสร้างชุดจำลองที่ว่านี้จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานด้านอิเล็กทรอนิกส์พอสมควร

ตัวตรวจจับที่นำมาพิจารณาในการทดลองครั้งนี้ มีอยู่ด้วยกัน 5 ตัว คือ

- ตัวตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิน้ำ (Water Temp Sensor)
- ตัวตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิอากาศ (Air Temp Sensor)
- ตัวตรวจจับสัญญาณปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor)
- ตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ (Throttle Position Sensor)
- ตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วรอบ (RPM Sensor)

การสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำลองสัญญาณเหล่านี้นั้น ต้องคำนึงถึงว่าในรถยนต์จริงให้สัญญาณเหล่านี้ในรูปแบบใด เมื่อทราบแล้วก็จะสามารถสร้างชุดจำลองได้ไม่ยาก

รูปแบบสัญญาณต่างๆมีดังนี้

- Water Temp Sensor ให้สัญญาณกับ ECU ในรูปแบบของความต้านทาน (Ω)
- Air Temp Sensor ให้สัญญาณกับ ECU ในรูปแบบของความต้านทาน (Ω)
- Oxygen Sensor ให้สัญญาณกับ ECU ในรูปแบบของความต่างศักย์ (Voltage)
- Throttle Position Sensor ให้สัญญาณกับ ECU ในรูปแบบของความต้านทาน (Ω)
- RPM Sensor ให้สัญญาณกับ ECU ในรูปแบบของความถี่ (Pulse)

7.1 รายละเอียดบางส่วนของการใช้งานชุด WOLF 3D ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดจำลองสัญญาณ

WOLF 3D ถือว่าเป็นชุดควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ที่ควบคุมด้วยมือ สามารถปรับแต่งค่าต่างๆเองได้ เป็น ECU ชนิดหนึ่งซึ่งใช้ต่อแทน ECU เดิมที่ติดมากับรถยนต์ ส่วนประกอบหลักของ WOLF 3D ประกอบไปด้วย

- ส่วนประมวลผล
- ส่วนสั่งงานฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- ส่วนสั่งงานระบบจุดระเบิด
- ส่วนรับสัญญาณจากตัวตรวจจับ (Sensor)

หัวข้อที่เกี่ยวข้องนี้จะหยิบยกเรื่องส่วนรับสัญญาณมากล่าวถึง

7.1.1 Engine Load Sensing

ชุด WOLF 3D จะใช้ Sensor จำนวน 2 ตัวในการพิจารณา คือ Manifold Absolute Pressure Sensor (MAP) กับ Throttle Position Sensor (TPS) ซึ่งจะเลือกตัวใดตัวหนึ่ง หรือใช้ทั้งคู่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.2 RPM Sensor / Ignition Pickup

ใน WOLF 3D จะมีชุดรับสัญญาณความเร็วรอบ 2 รูปแบบ

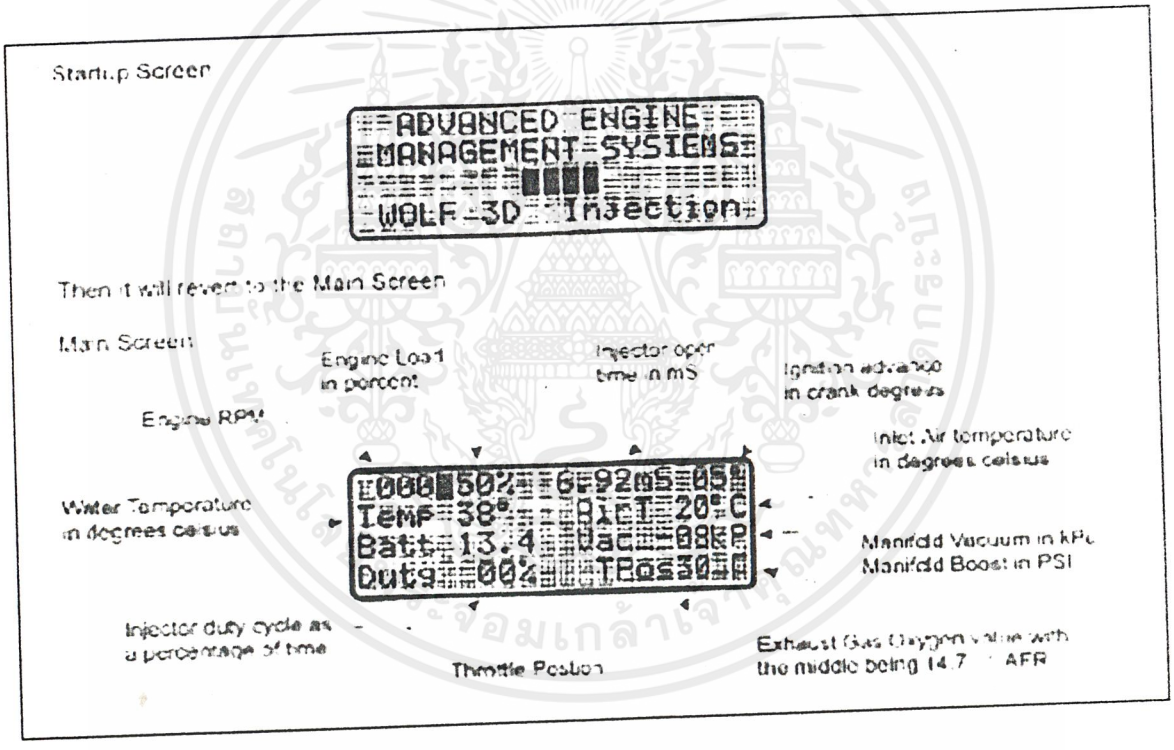
- รับสัญญาณการทริกที่จานจ่ายของระบบจุดระเบิด
- รับจาก Crank Angle Sensor

7.1.3 Temperature Sensor

ใช้หลักการเช่นเดียวกับ Sensor ประเภทนี้ทั่วไป แต่มีข้อควรระวังคือ ในการซื้อ Sensor เหล่านี้มาติดตั้ง ต้องดูคู่มือ WOLF 3D ให้ละเอียดว่าจะต้องใช้แบบใด รุ่นใด

7.1.4 Oxygen Sensor

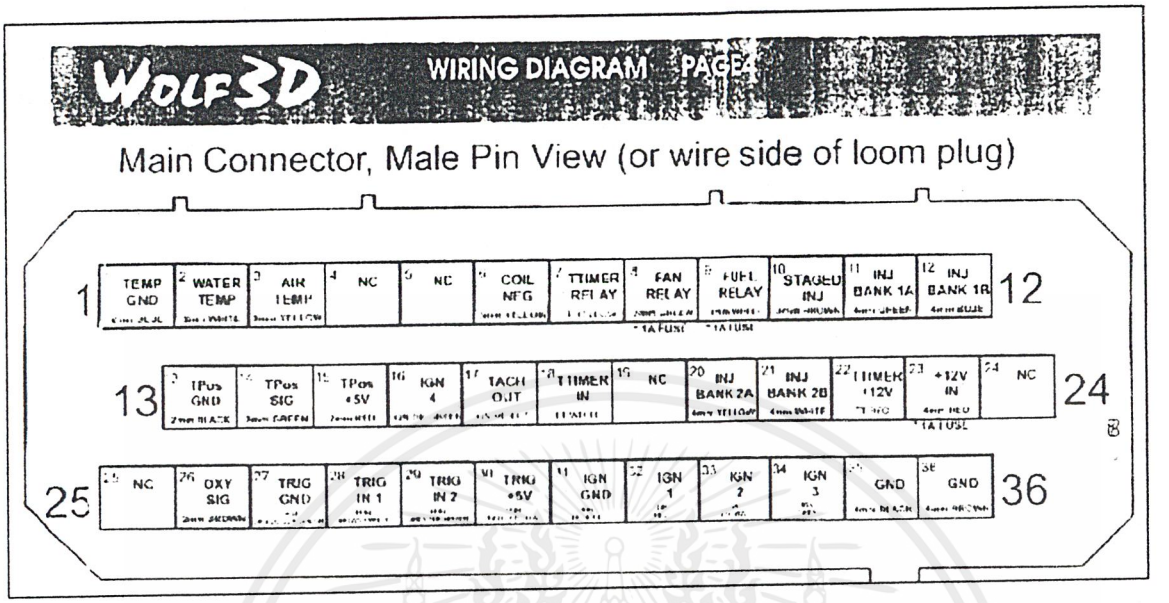
เป็นส่วนสำคัญในการปรับ Air-Fuel Ratio (AFR) ให้อยู่ที่ประมาณ 14.7 : 1 หลักการส่งสัญญาณก็เหมือนกับ Oxygen Sensor ทั่วไป แต่มีข้อจำกัดเช่นเดียวกับ Temp Sensor คือต้องเลือกรุ่นและยี่ห้อที่ใช้ได้



รูปที่ 7- 1 แสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของ Wolf 3D

ข้อสำคัญอีกประการในการทดสอบครั้งนี้จะต้อง Set ค่า Dip Switch ในกล่อง WOLF 3D ให้สอดคล้องกับรุ่นของรถยนต์ที่ใช้ ซึ่งการติดตั้งดูได้จากคู่มือผังการต่อจุดต่างๆของชุด WOLF 3D

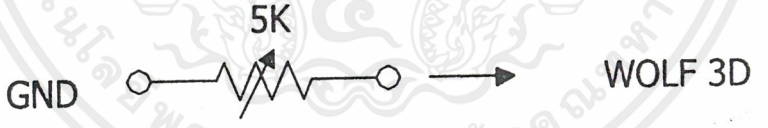
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7- 2 แสดงพอร์ตการเชื่อมต่อจอแสดงผลของ Wolf 3D

7.2 แผนผังวงจรที่ทำการสร้างขึ้น

7.2.1 Water Temperature Sensor



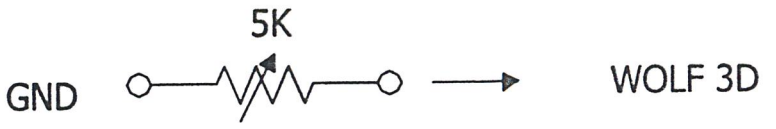
รูปที่ 7- 3 แสดงวงจรWater Temperature Sensor

7.2.2 Air Temperature Sensor

รูปที่ 7- 4 แสดงวงจรAir Temperature Sensor

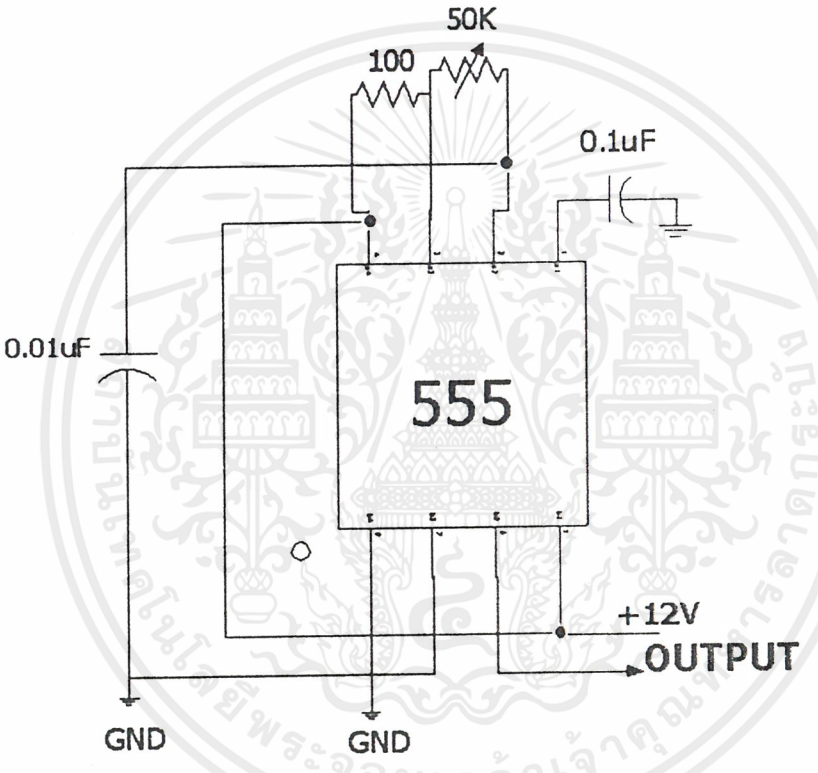
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.3 TPS Sensor



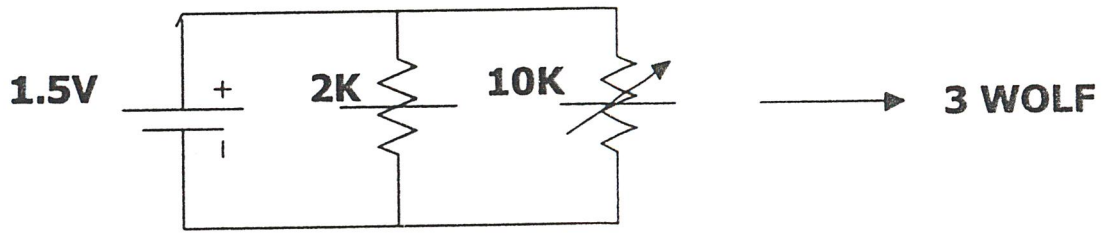
รูปที่ 7- 5 แสดงวงจรTPS Sensor

7.2.4 RPM Sensor



รูปที่ 7- 6 แสดงวงจรRPM Sensor

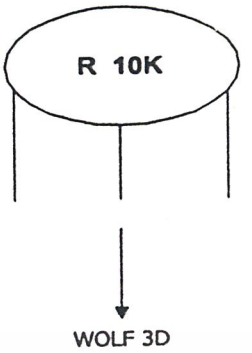
7.2.5 Oxygen Sensor



รูปที่ 7- 7 แสดงวงจรOxygen Sensor

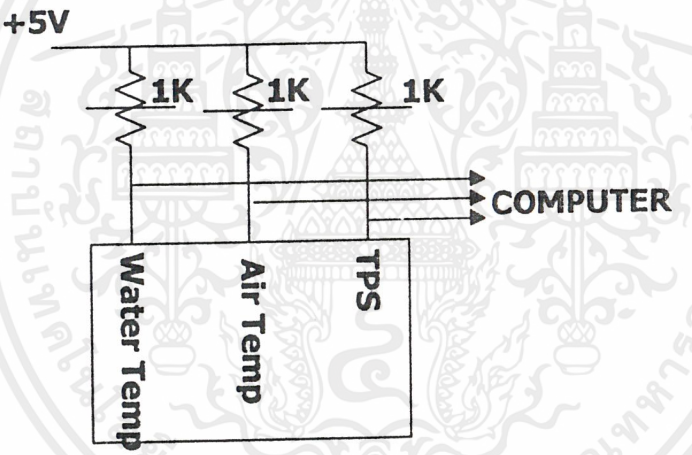
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการต่อค่า R10K เป็นดังนี้



รูปที่ 7- 8 แสดงลักษณะการต่อค่า R10K

ที่กล่าวมาทั้งหมด ใช้ต่อกับ WOLF 3D แต่ถ้าจะนำไปต่อกับคอมพิวเตอร์ต้องเพิ่มเติมดังนี้



รูปที่ 7- 9 แสดงลักษณะการต่อกับ Wolf 3D

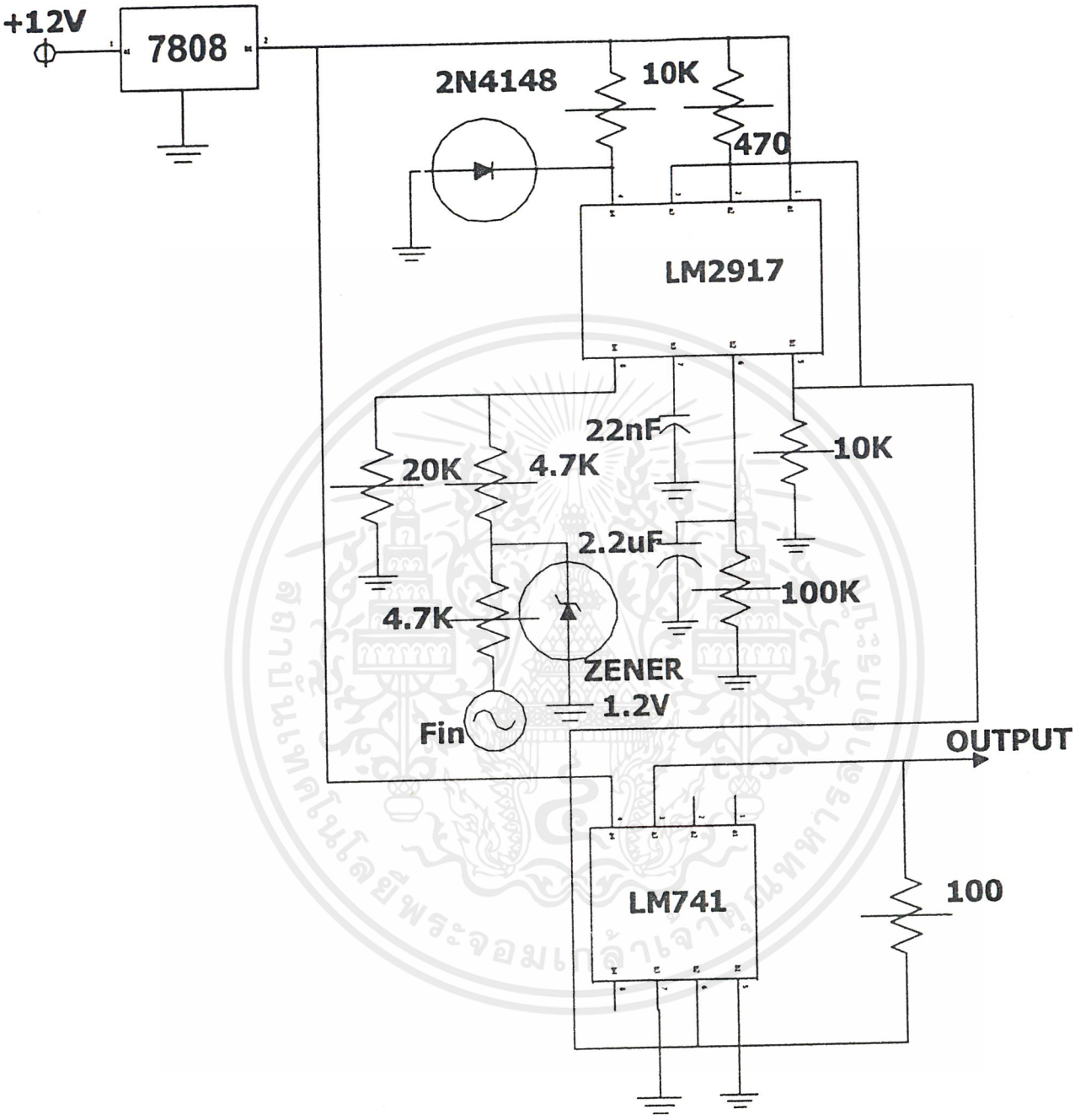
7.2.6 วงจร F/V

ความถี่ f in ที่เข้านั้น ต่อมาจากชุดจำลองสัญญาณ RPM Sensor

การต่อสายสัญญาณจากชุด Sensor เข้าการ์ดรับสัญญาณ (EX 08)

EX08 ตัวที่ 1	CH-1	ต่อเข้ากับ	Water Temp Sensor
	CH-2	ต่อเข้ากับ	Air Temp Sensor
	CH-3	ต่อเข้ากับ	TPS Sensor
	CH-4	ต่อเข้ากับ	RPM Sensor
EX08 ตัวที่ 2	CH-1	ต่อเข้ากับ	Oxygen Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7- 10 แสดงวงจรF / V

หมายเหตุ F / V คือ Frequency to Voltage Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

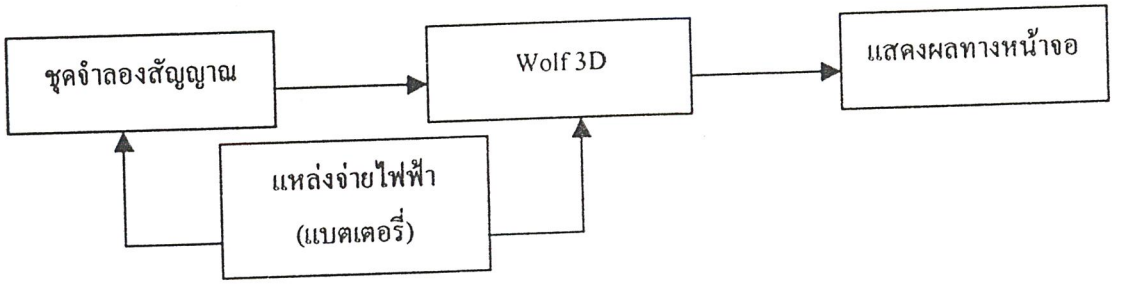
8.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดจำลองการทำงานเซนเซอร์ในเครื่องยนต์
2. ชุดอุปกรณ์วูลฟ์ 3 ดี พร้อมคู่มือการติดตั้ง
3. แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1 ก้อน
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด +5 โวลต์ 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง
5. อะแดปเตอร์ 12 โวลต์ 500 มิลลิแอมป์ 1 ตัว
6. บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน(P-Board) 1 บอร์ด
7. บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง1 บอร์ด
8. บอร์ดขยายอินพุตเอาต์พุตผ่านระบบ I^2C 2 บอร์ด
9. สายเชื่อมต่อพอร์ตขนานคอมพิวเตอร์
10. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์พร้อมสายวัด 1 เครื่อง
11. คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการวินโดว์ และ วิชวดเบสิกอย่างน้อย เวอร์ชัน 5.0
12. ชุดแสดงสัญญาณจุดระเบิด
13. ชุดจำลองการฉีดน้ำมัน
14. Oscilloscope พร้อมสายวัด 1 เครื่อง
15. สายเชื่อม I^2C 1 เส้น
16. สายเชื่อม IDC-10 1 เส้น
17. สายเชื่อม IDC-20 1 เส้น
18. แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด +12 โวลต์ 2 แอมป์ 1 เครื่อง

8.2 วิธีการทดลอง

8.2.1 วิธีการทดลองช่วงที่ 1

1. ทำการจัดวางอุปกรณ์ตามแผนผังการทดลอง

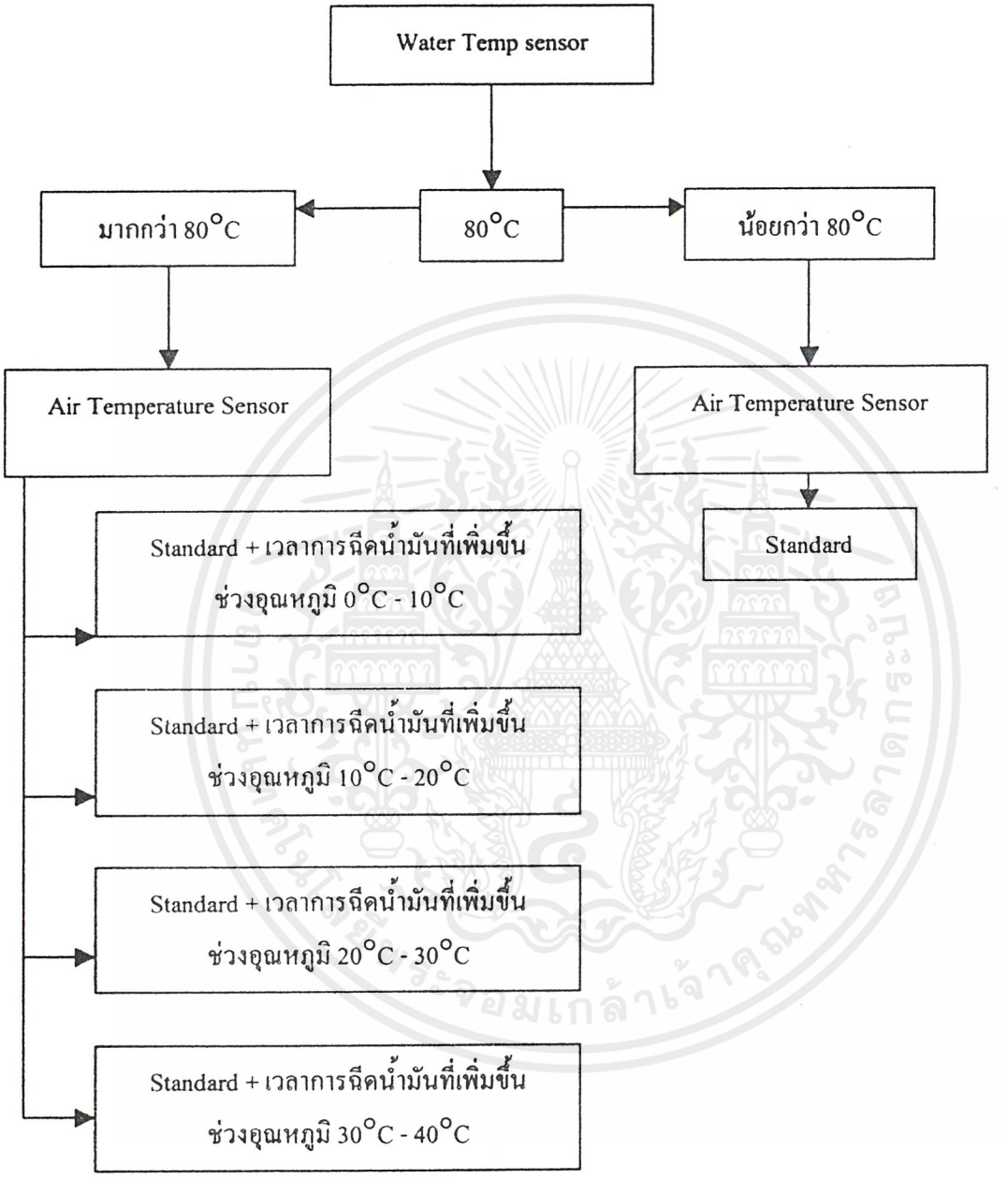


รูปที่ 8-1 แสดงแผนผังจัดวางอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการจัดวางอุปกรณ์ตามแผนผังการทดลอง

2 .ปรับค่าออกซิเจนเซนเซอร์ให้มีระดับพอดี (สังเกตหน้าจอมุมล่างซ้ายมือ จะปรากฏเครื่องหมาย ที่ตำแหน่งกึ่งกลางพอดี)



รูปที่ 8-2 แสดงแผนผังการปรับค่าตัวแปรต่างๆ

3. ปรับค่าเซนเซอร์อากาศ , เซนเซอร์หม้อน้ำ , เปอร์เซ็นต์ลด(% Loads) และ สัญญาณความเร็วรอบ จากชุดจำลองสัญญาณเซนเซอร์ ให้มีค่าตามรูปที่ 8-2

4. ทำการจดบันทึกเวลาการฉีดน้ำมันและองศาการจุดระเบิดลงในตาราง

5. ตัวอย่างตารางการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RPM*100

% Load	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
100																				
87																				
75																				
62																				
50																				
37																				
25																				
12																				

Standard Injection< ms >

ตารางที่ 8-1 Standard injection (Water Temp = 80 ^{o}C, Air Temp = 40 ^{o}C)

RPM*100

% Load	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
100																				
87																				
75																				
62																				
50																				
37																				
25																				
12																				

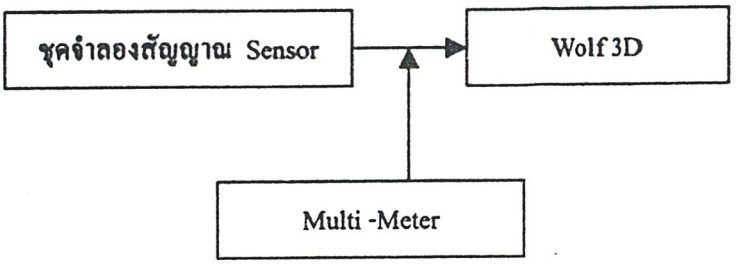
Standard Ignition<Degree>

ตารางที่ 8-2 Standard Ignition (Water Temp = 80 ^{o}C, Air Temp = 40 ^{o}C)

8.2.2 วิธีการทดลองช่วงที่ 2

1. ทำการจัดวางอุปกรณ์ตามแผนผังการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-3 แสดงแผนผังจัดวางอุปกรณ์การทดลอง

2 ทำการปรับค่าเซนเซอร์อากาศ , เซนเซอร์หม้อน้ำ , เปอร์เซ็นต์ลด(% Loads) และ สัญญาณความเร็วรอบจากชุดจำลองสัญญาณเซนเซอร์ ในสถานะต่างๆกันแล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่สถานะนั้นๆ บันทึกค่า

8.3 ผลการทดลอง

8.3.1 ผลการทดลองช่วงที่ 1

8.3.1.1 ตารางผลการทดลองเวลาในการฉีดน้ำมันของวูลฟ์ 3 ดี(Time Injection <ms>)

- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) 20 $^{\circ}$ C

% Load	Water Temperature 20 $^{\circ}$ C				
	Air temperature $^{\circ}$ C				
	10	20	30	40	50
100	6.86	6.81	6.79	6.74	6.69
88	6.64	6.59	6.56	6.52	6.47
75	5.1	5.07	5.05	5.02	4.99
62	4.2	4.18	4.16	4.12	4.1
50	3.68	3.67	3.66	3.64	36.3
37	3.4	3.39	3.38	3.36	3.35
25	2.57	2.56	2.55	2.53	2.52
12	2.35	2.33	2.32	2.31	2.29

ตารางที่ 8-3 แสดง เวลาในการฉีดน้ำมันที่อุณหภูมิน้ำ 20 $^{\circ}$C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) 40 °C

% Load	Water Temperature 40 °C				
	Air temperature °C				
	10	20	30	40	50
100	6.3	6.25	6.2	6.18	6.13
88	6.13	6.08	6.04	6.01	5.96
75	4.72	4.63	4.6	4.58	4.55
62	3.91	3.89	3.88	3.87	3.85
50	3.35	3.33	3.32	3.31	3.29
37	3.12	3.11	3.09	3.08	3.07
25	2.35	2.33	2.32	2.31	2.29
12	2.18	2.16	2.15	2.14	2.12

ตารางที่ 8-4 แสดงเวลาในการฉีดน้ำมันที่อุณหภูมิน้ำ 40 °C

- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) 60 °C

% Load	Water Temperature 60 °C				
	Air temperature °C				
	10	20	30	40	50
100	5.77	5.74	5.72	5.69	5.66
88	5.6	5.57	5.56	5.47	5.44
75	4.27	4.24	4.22	4.19	4.16
62	3.57	3.56	3.55	3.53	3.52
50	3.07	3.05	3.04	3.03	3.01
37	2.85	2.84	2.77	2.76	2.74
25	2.12	2.11	2.1	2.08	2.07
12	1.96	1.94	1.93	1.92	1.9

ตารางที่ 8-5 แสดงเวลาในการฉีดน้ำมันที่อุณหภูมิน้ำ 60 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณี อุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) เท่ากับ หรือ มากกว่า 80 ° C

% Load	Water temperature เท่ากับ หรือ มากว่า 80 ° C										
	Air temperature ° C										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	106
100	5.55	5.52	5.48	5.47	5.44	5.4	5.37	5.34	5.31	5.28	5.26
88	5.32	5.29	5.26	5.24	5.21	5.18	5.15	5.12	5.08	5.05	5.04
75	4.1	4.07	4.04	4.02	3.99	3.96	3.92	3.89	3.86	3.83	3.81
62	3.4	3.39	3.37	3.36	3.35	3.33	3.32	3.3	3.28	3.21	3.2
50	2.96	2.94	2.92	2.92	2.9	2.88	2.87	2.85	2.84	2.82	2.81
37	2.74	2.72	2.71	2.7	2.68	2.67	2.6	2.58	2.56	2.55	2.54
25	2.07	2.05	2.04	2.03	2.01	2	1.98	1.96	1.95	1.93	1.92
12	1.9	1.88	1.87	1.86	1.84	1.83	1.81	1.8	1.78	1.76	1.76

ตารางที่ 8-6 แสดงเวลาในการฉีดน้ำมัน ในที่อุณหภูมิน้ำเท่ากับหรือมากกว่า 80 ° C

8.3.1.2 ตารางผลการทดลอง องศาการจุดระเบิดของวูลฟ์ 3 ดี(Degree Ignition < degree >)

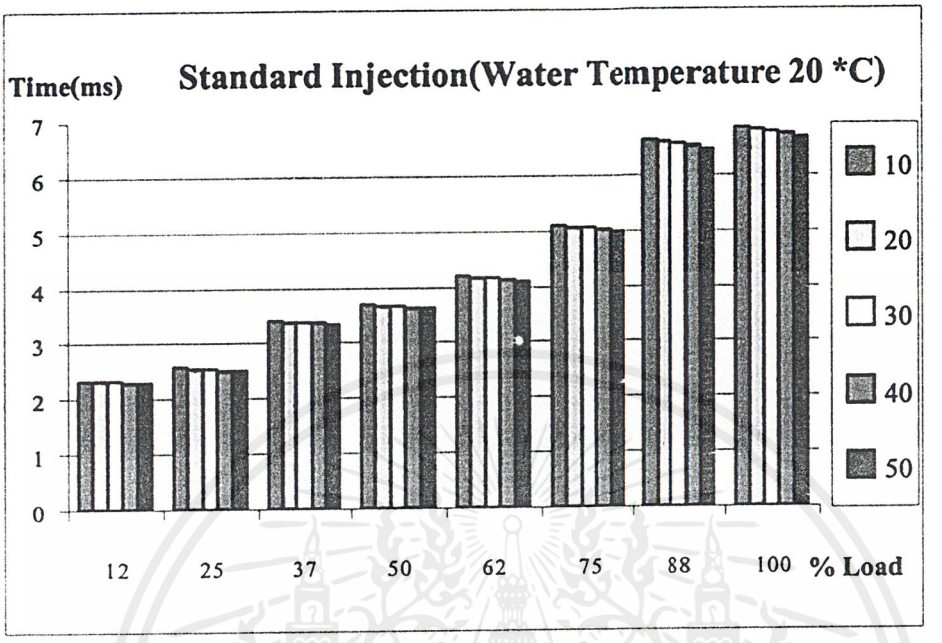
ความเร็วรอบ (rpm)	องศาการจุดระเบิด (องศา)
น้อยกว่า 320	5
500	6
1000	6
1500	6
2000	10
2500	15
3000 ถึง 8000	20

ตารางที่ 8-7 แสดง องศาการจุดระเบิดของ Wolf 3D (Degree Ignition < degree >)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

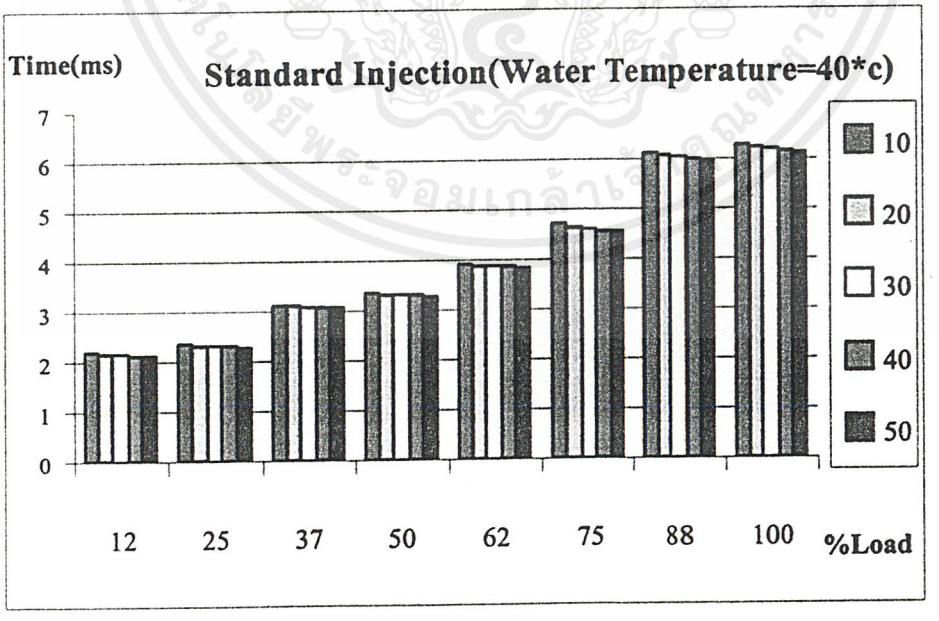
8.3.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการฉีดน้ำมันของวูลฟ์ 3 คี กับ เปอร์เซ็นต์โหลด

- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature)เท่ากับ 20 ° C



กราฟที่ 8-1 แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) 20 °C

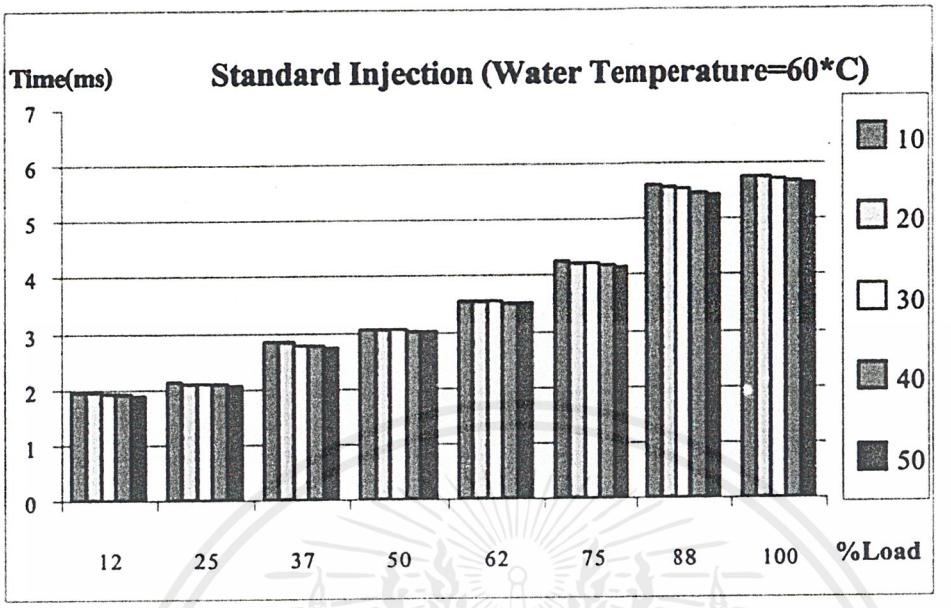
- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature)เท่ากับ 40 ° C



กราฟที่ 8-2 แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) 40 °C

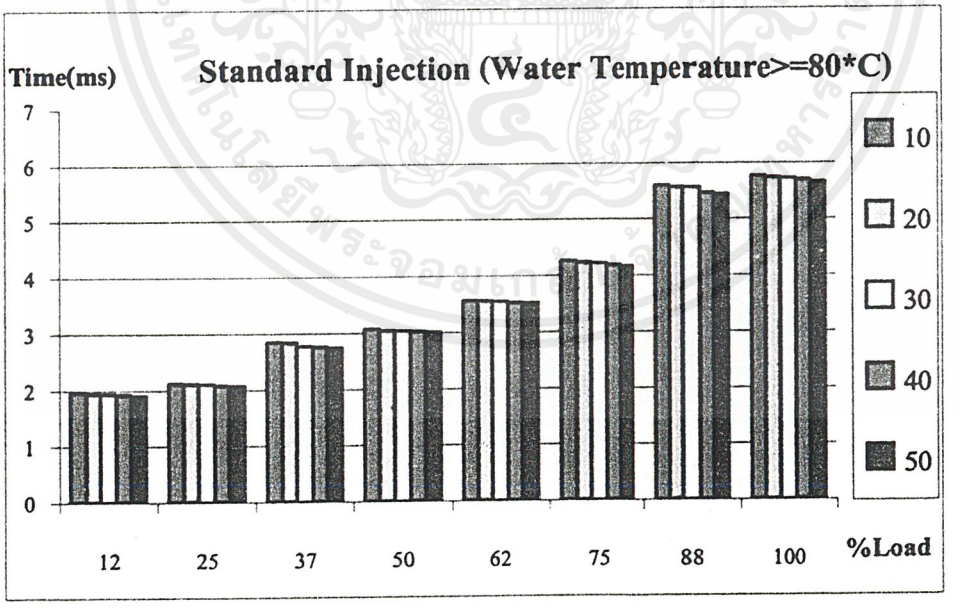
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature)เท่ากับ 60 ° C

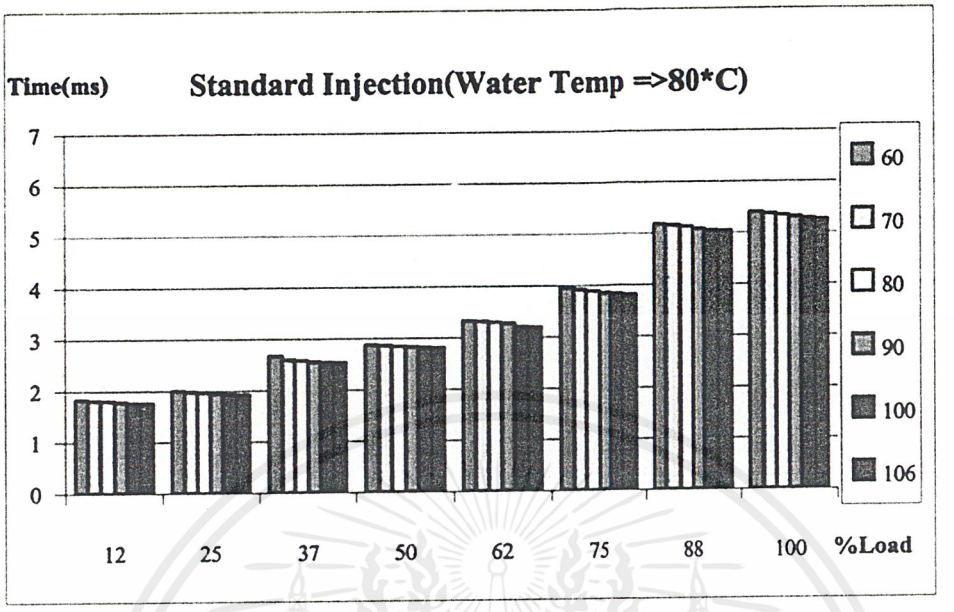


กราฟที่ 8-3 แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ อุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) 60 °C

- กรณีอุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) มากกว่าหรือเท่ากับ 80 ° C

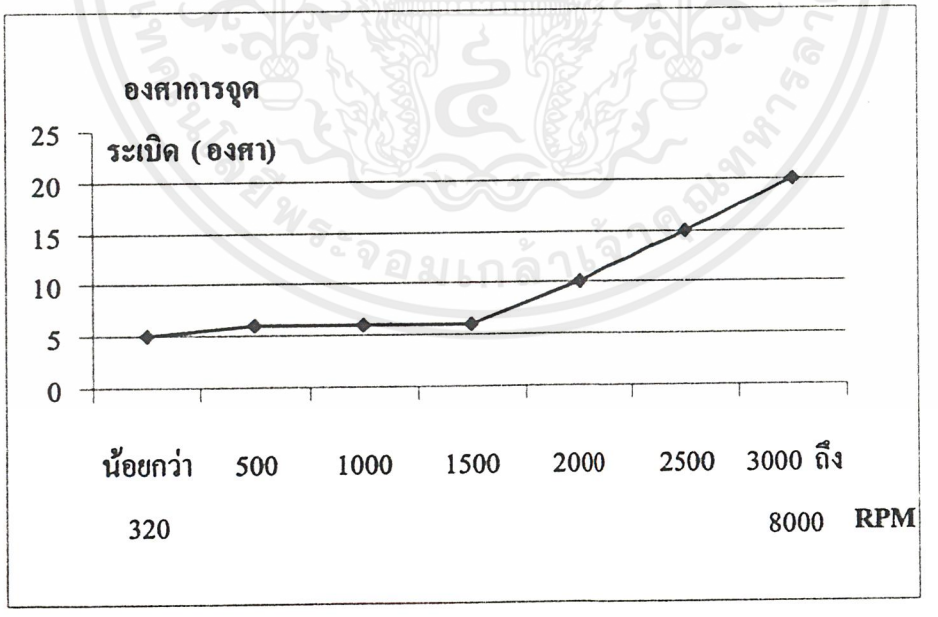


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 8-4 แสดงค่าเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ อุณหภูมิหม้อน้ำ (Water Temperature) >=80 ^{o}C

8.3.1.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ขององศาการจุดระเบิดของวูลฟ์ 3 คี กับเปอร์เซ็นต์โหลด



กราฟที่ 8-5 แสดงองศาการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบ(RPM)ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3.2 ผลการทดลองช่วงที่ 2

8.3.2.1 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของอุณหภูมิอากาศ(Air Temperature)

°C	V (V)	R (Ω)	I (mA)
10	4.8	850	5.65
20	4.3	750	5.73
30	3.8	650	5.85
40	3.5	580	6.29
50	3.0	500	6.00
60	2.7	430	6.28
70	2.0	340	5.88
80	1.6	280	5.71
90	1.2	200	6.00
100	0.8	130	6.15

ตารางที่ 8-8 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของอุณหภูมิอากาศ (Air temperature)

8.3.2.2 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของอุณหภูมิหม้อน้ำ(Water Temperature)

°C	V (V)	R (Ω)	I (mA)
10	4.8	350	13.70
20	4.3	300	14.33
30	3.8	260	14.61
40	3.5	230	14.00
50	3.0	200	15.00
60	2.7	160	16.87
70	2.0	130	15.38
80	1.6	100	16.00
90	1.2	75	16.00
100	0.8	50	16.00
110	0.45	25	18.00
120	0.025	1	25.00

ตารางที่ 8-9 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของอุณหภูมิหม้อน้ำ(Water temperature)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3.2.3 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของเปอร์เซ็นต์โหลด(%Load)

%Load	V (V)	R (Ω)	I (mA)
12	0.325	144	2.257
25	0.836	391	2.138
37	1.232	572	2.154
50	1.649	782	2.109
62	2.056	993	2.070
75	2.483	1227	2.024
87	2.883	1454	1.983
100	3.280	1694	1.936

ตารางที่ 8-10 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของเปอร์เซ็นต์โหลด (%Load)

8.3.2.4 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของความเร็วรอบ (RPM)

(RPM)	VOLTAGE	(RPM)	VOLTAGE	(RPM)	VOLTAGE	(RPM)	VOLTAGE
0	0	490		640		790	
350	0.27	500	0.29	650	0.35	800	0.43
360		510		660	0.36	810	
370		520		670		820	0.44
380		530		680		830	0.45
390		540		690		840	
400		550	0.3	700	0.37	850	
410		560	0.31	710	0.38	860	0.46
420		570		720		870	0.47
430		580	0.32	730	0.39	880	
440		590		740		890	
450	0.28	600	0.33	750	0.4	900	0.48
460		610		760	0.41	910	0.49
470		620	0.34	770		920	
480		630		780	0.42	930	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(RPM)	VOLTAGE	(RPM)	VOLTAGE	(RPM)	VOLTAGE	(RPM)	VOLTAGE
940		3100	1.68	5800	2.88	8500	4.19
950	0.51	3200	1.75	5900	2.92	8600	4.24
960	0.52	3300	1.8	6000	2.95	8700	4.29
970		3400	1.85	6100	3	8800	4.34
980	0.53	3500	1.87	6200	3.06	8900	4.36
990		3600	1.93	6300	3.1	9000	4.43
1000	0.54	3700	2	6400	3.14	9100	4.47
1100	0.61	3800	2.05	6500	3.19	9200	4.52
1200	0.68	3900	2.08	6600	3.23	9300	4.59
1300	0.73	4000	2.12	6700	3.3	9400	4.62
1400	0.79	4100	2.16	6800	3.34	9500	4.67
1500	0.8	4200	2.2	6900	3.4	9600	4.72
1600	0.87	4300	2.23	7000	3.42	9700	4.77
1700	0.94	4400	2.3	7100	3.46	9800	4.84
1800	0.98	4500	2.35	7200	3.52		
1900	1.06	4600	2.38	7300	3.62		
2000	1.1	4700	2.43	7400	3.65		
2100	1.18	4800	2.47	7500	3.73		
2200	1.21	4900	2.5	7600	3.76		
2300	1.26	5000	2.56	7700	3.78		
2400	1.33	5100	2.6	7800	3.86		
2500	1.36	5200	2.64	7900	3.9		
2600	1.43	5300	2.66	8000	3.95		
2700	1.48	5400	2.72	8100	4.01		
2800	1.53	5500	2.74	8200	4.05		
2900	1.58	5600	2.8	8300	4.1		
3000	1.6	5700	2.84	8400	4.13		

ตาราง 8-11 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของความเร็วรอบ(RPM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

9.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. จากการศึกษาพบว่าโปรแกรมการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสามารถใช้สั่งงานกับชุดจำลองที่สร้างขึ้นได้จริงและมีลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของ Wolf 3D แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการสั่งงานผ่านบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน , บอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลและแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกผ่านระบบ I^2C

2. ชุดจำลองการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สามารถทำงานได้ครบลูป คือสามารถรับค่าสัญญาณจากตัวตรวจจับทั้ง 5 ตัวคือ ตัวตรวจจับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ ตัวตัวจับปริมาณออกซิเจนและตัวตรวจจับอุณหภมิอากาศ โปรแกรมสามารถแสดงค่าช่วงเวลาการฉีดน้ำมันและช่วงองศาการจุดระเบิดที่ถูกต้องตามข้อมูลที่ได้จาก Wolf 3D แล้วสามารถสั่งงานผ่านชุดบอร์ดเชื่อมต่อเพื่อแสดงให้เห็นการทำงานจริงของชุดจำลองได้

3. ค่าการสั่งงานที่ผ่านชุดจำลองที่ได้ยังมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องมาจากข้อจำกัดของการสั่งงานผ่านพอร์ตขนาน และข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตขนาน และอัตราการถ่ายข้อมูลด้วย

4. ชุดจำลองสัญญาณเซนเซอร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้จริงกับ Wolf 3D และจากลักษณะการทำงานของเซนเซอร์เราศึกษาสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปดัดแปลงเข้ากับการทำงานของระบบควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์แบบอื่น ๆ แต่ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดและข้อมูลเกี่ยวกับระบบควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์แบบนั้น ๆ เป็นสำคัญ

5. ฐานข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่ใช้ได้กับเครื่องยนต์เบนซิน 4 กระบอกสูบ ไม่ติดเทอร์โบมีระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ และการจุดระเบิดแบบมัลติคอยล์ เท่านั้น

9.2 สรุปผลการทดลอง

9.2.1 ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวตรวจจับต่าง ๆ กับระยะเวลาการฉีดน้ำมันของระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถสรุปความสัมพันธ์ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นกับระยะเวลาการฉีดน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นอยู่ในช่วง $20^\circ C - 80^\circ C$ ระยะเวลาการฉีดน้ำมันจะลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้น

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับระยะเวลาการฉีดน้ำมัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ช่วง

- เมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นอยู่ในช่วง $20^\circ C - 80^\circ C$ อุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วง $10^\circ C - 50^\circ C$ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเวลาในการฉีดน้ำมันจะมีค่าลดลง
- เมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นอยู่ในช่วงมากกว่า $80^\circ C$ อุณหภูมิของอากาศจะอยู่ในช่วง $10^\circ C - 106^\circ C$ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเวลาในการฉีดน้ำมันจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.% Load ของเครื่องยนต์ โดยจะแปรผันตรงกับตำแหน่งลิ้นเร่ง โดยเมื่อ % Load มีค่าเพิ่มขึ้นระยะเวลาในการฉีดน้ำมัน จะมีค่าเพิ่มขึ้น

9.2.2 ทราบถึงลักษณะการทำงานของระบบควบคุมการฉีดน้ำมันด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ที่มีใช้งานในปัจจุบัน

9.2.3 สามารถสร้างชุดควบคุมการทำงานของการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและจัดสร้างชุดจำลองสัญญาณเซนเซอร์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนให้สามารถเห็นถึงลักษณะการทำงานได้จริง

9.2.4 โปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ มีความง่ายต่อการใช้งานและสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรมต่อไป

9.2.5 โปรแกรมการควบคุมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์สามารถใช้สั่งงานกับชุดจำลองที่สร้างขึ้นได้จริงและมีลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของ Wolf 3D

9.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีเครื่องมือวัดสัญญาณที่ออกมาอย่างเที่ยงตรง และอ่านค่าได้ชัดเจน

2 .โปรแกรมที่เขียนนั้นเป็นเพียงการศึกษาเริ่มต้น ยังไม่ได้ทดลองกับเครื่องยนต์จริง ซึ่งสามารถแก้ไขส่วนของโปรแกรมได้ง่ายเมื่อใช้งานครั้งต่อๆไป

3. ชุดอุปกรณ์ต่างๆ มีความบอบบางและเสียหายค่อนข้างง่ายต้องศึกษาวิธีใช้งานและวิธีต่อพ่วงให้ดีก่อนใช้งาน

4. ฐานข้อมูลที่มีอยู่ใช้ได้เฉพาะรถยนต์รุ่นที่ทดลองเท่านั้น หากจะนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์อื่นๆ ต้องปรับแก้ฐานข้อมูลใหม่

5. ควรมีความรู้เรื่องอิเล็กทรอนิกส์ กับ การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์พอสมควรในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Source Code ของโปรแกรมการฉีดน้ำมัน และการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code ของโปรแกรมการฉีดน้ำมันและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1. Source Code ของ ECU00_form

```
Dim pause As Boolean

Private Sub In_Time_Click()
ECU01_Form.Show
End Sub
-------------------------------------------

Private Sub Form_Load()
pause = False
End Sub
-------------------------------------------

Private Sub Timer1_Timer()
Dim result1 As Variant, result2 As Variant, result3 As Variant, result4 As Variant
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H90)
Call Ack
Call Send8BIT(&H45)
Call Ack
Call I2CStop
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H91)
Call Ack
result1 = Val(DAT * 5) / 255
Call MAck
result2 = Val(DAT * 5) / 255
Call MAck
result3 = Val(DAT * 5) / 255
Call MAck
result4 = Val(DAT * 5) / 255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Ack
Call I2CStop
Text1.Text = Str(Round(result1, 3))
Text2.Text = Str(Round(result2, 3))
Text3.Text = Str(Round(result3, 3))
Text10.Text = Str(Round(result4, 3))
End Sub
```

```
Private Sub Timer3_Timer()
Dim result5 As Variant, result6 As Variant, result7 As Variant, result8 As Variant
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H91)
Call Ack
Call Send8BIT(&H45)
Call Ack
Call I2CStop
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H91)
Call Ack
result5 = Val(DAT * 5) / 255
Call Ack
Call I2CStop
Text4.Text = Str(Round(result5, 3))
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
If Val(Text5.Text) >= 5 Then Text5.Text = 4.99
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H90)
Call Ack
Call Send8BIT(&H44)
Call Ack
Call Send8BIT(Val(Text5.Text) * 51.2)
Call Ack
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call I2CStop
End Sub
```

```
Private Sub cmdExit_Click()
Dim response As Variant
response = MsgBox(" ท่านต้องการเลิกการทำงานหรือไม่ ? ", vbYesNo + vbQuestion, " โปรดยืนยัน ")
If response = vbYes Then
  Call Set_Volte_Zero
  Out &H378, &H0
  End
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdPause_Click()
Dim response_01 As Variant
Do
response_01 = MsgBox("กด  Yes เมื่อต้องการให้โปรแกรมทำงานต่อไป ", vbYesNo + vbQuestion, "
Continues ")
If response_01 = vbYes Then
  pause = False
End If
Loop Until response_01 = vbYes
End Sub
```

```
Private Sub cmdStart_Click()
Dim response_02 As Variant
If Option_injection.Value = True Then
  Call Send_Port_Injection01
ElseIf Option_ignition = True Then
  Call Send_Port_Ignition01
ElseIf Option_injec_and_igni = True Then
  Call Send_Port_Ignition_And_Injection_Program01
Else:
response_02 = MsgBox("โปรดเลือกโหมดการทำงาน", vbCritical, "โปรดยืนยัน")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
End Sub
```

---

2. Source Code ของ ECU01_form

```
Private Sub Command_Exit_Click()
Dim response As Variant
response = MsgBox(" ค่าถูกต้อง ? ", vbYesNo + vbQuestion, " โปรดยืนยัน ")
If response = vbYes Then
ECU00_Form.Text9 = Time_Injection
Unload Me
 End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
Time_Injection = Time_Injection
End Sub
```

```
Private Sub HScroll1_Change()
Text1_Form01.Text = HScroll1.Value
ECU00_Form.pass = HScroll1.Value
End Sub
```

---

3. Source Code ของ Ignition_And_Injection_Program (Module)

```
Public Sub Ignition_And_Injection_Program01()
Dim Water As Single, Air As Single, Load As Single
Dim Time_Injection_Temp As Single, RPM_Temp As Single
    DoEvents
    Call Test_Temp01
    Water = Val(ECU00_Form.Text6)
    Air = Val(ECU00_Form.Text7)
    Load = Val(ECU00_Form.Text8)
    RPM = Val(ECU00_Form.TextRPM)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Time_Injection = Test_Time_Injection01(Water, Air, Load) + Val(ECU00_Form.pass)
    Angle_H = Val(ECU00_Form.Text12)
    ECU00_Form.Text9.Text = Str(Time_Injection)
    Degree_Ignition = Test_Degree_Ignition01(RPM)
    ECU00_Form.Text11.Text = Degree_Ignition
End Sub
```

---

4. Source Code ของ Ignition_Program (Module)

```
Public Sub Ignition_Program01()
Dim Water As Single, Air As Single, Load As Single
Dim Time_Injection_Temp As Single, RPM_Temp As Single
    DoEvents
    Call Test_Temp01
    Water = Val(ECU00_Form.Text6)
    Air = Val(ECU00_Form.Text7)
    Load = Val(ECU00_Form.Text8)
    RPM = Val(ECU00_Form.TextRPM)
    Time_Injection = Test_Time_Injection01(Water, Air, Load) + Val(ECU00_Form.pass)
    ECU00_Form.Text9.Text = Str(Time_Injection)
    Degree_Ignition = Test_Degree_Ignition01(RPM)
    ECU00_Form.Text11.Text = Degree_Ignition
End Sub
```

---

5. Source Code ของ Injection_Program (Module)

```
Public Sub Injection_Program01()
Dim Water As Single, Air As Single, Load As Single
Dim Time_Injection_Temp As Single, RPM_Temp As Single
    DoEvents
    Call Test_Temp01
    Water = Val(ECU00_Form.Text6)
    Air = Val(ECU00_Form.Text7)
    Load = Val(ECU00_Form.Text8)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    RPM = Val(ECU00_Form.TextRPM)
    Time_Injection = Test_Time_Injection01(Water, Air, Load) + Val(ECU00_Form.pass)
    ECU00_Form.Text9.Text = Str(Time_Injection)
    Degree_Ignition = Test_Degree_Ignition01(RPM)
    ECU00_Form.Text11.Text = Degree_Ignition
End Sub
```

---

6. Source Code ของ INOUT32 (Module)

```
#If Win32 Then
'Declare Inp and Out for port I/O
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
#Else
Declare Function Inp Lib "InpOut.DLL" (ByVal Port%) As Integer
Declare Sub Out Lib "InpOut.DLL" (ByVal Port%, ByVal Value%)
#End If
```

---

7. Source Code ของ READ_WRITEN (Module)

```
Public Sub I2CStart()
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 1    'SDA=1
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2    'SCL=1
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFE   'SDA=0
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFD   'SCL=0
End Sub
```

```
Public Sub I2CStop()
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFE   'SDA=0
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2 'SCL=1
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 1    'SDA=1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public Sub send0()
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFE  'SDA=0
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2  'SCL=1
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFD 'SCL=0
End Sub
```

```
Public Sub Send1()
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 1   'SDA=1
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2   'SCL=1
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFD  'SCL=0
End Sub
```

```
Public Sub Ack()
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 1  'SDA=1
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2   'SCL=1
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFD  'SCL=0
End Sub
```

```
Public Sub MAck()
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFE  'SDA=0
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2    'SCL=1
Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFD  'SCL=0
Out &H37A, Inp(&H37A) Or 1    'SDA=1
End Sub
```

```
Public Function DAT()
 For I = 7 To 0 Step -1
  Out &H37A, Inp(&H37A) Or 1   'SDA=1
  Out &H37A, Inp(&H37A) Or 2   'SCL=1
   If (Inp(&H379) And &H80) <> &H80 Then   'Read SDA
     DAT1 = 2 ^ I Or DAT1
   End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Source Code ของ Send_Port_Ignition (Module)

```
Public Sub Send_Port_Ignition010
Dim Angle_Ignition As Integer, sum As Long
Out &H378, &H0
sum = 0
Do
    DoEvents
    Call Ignition_Program01
    Call Oxygen_Program
    Angle_Ignition = Test_Degree_Is_Egual_Program01(sum)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
    Call delay01(RPM, Angle_Ignition)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
    Call delay01(RPM, Angle_Ignition)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
    Call delay01(RPM, Angle_Ignition)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
    Call delay01(RPM, Angle_Ignition)
    sum = 1
Loop While ECU00_Form.cmdExit = False
End Sub
```

```
Sub delay000
Dim times As Single, I As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Out &H37A, Inp(&H37A) And &HFD      'SCL=0
 Next I
 DAT = DAT1                          'Data 8 Bit
End Function
```

```
Public Sub Send8BIT(Add As Integer)
 For I = 7 To 0 Step -1              ' Loop 7 Cycle
   If (Add And 2 ^ I) = 2 ^ I Then   'Test Bit 0 OR 1
     Call Send1
   Else
     Call send0
   End If
 Next I
End Sub
```

```
Public Sub Sendout(B As Integer)
 Call I2CStart          'Start
 Call Send8BIT(&H42)    'Send Control Word
 Call Ack               'Acknowledge
 Call Send8BIT(B)       'Send Data
 Call Ack               'Acknowledge
 Call I2CStop           'Stop
End Sub
```

```
Public Sub Set_Volte_Zero()
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H90)
Call Ack
Call Send8BIT(&H44)
Call Ack
Call Send8BIT(&H0)
Call Ack
Call I2CStop
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
times = 0.65
FOR I = 0 to times Step 0.001
Docvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay01(N As Single, M As Integer)
Dim times As Single , I As Single
times = ((30 / N)*1000) – ((M / (6 * N))*1000)-0.65
FOR I =0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

---

9. Source Code ของ Send_Port_Ignition And_Injection_Program (Module)

```
Public Sub Send_Port_Ignition_And_Injection_Program01()
Out &H378, &H0
Do
    DoEvents
    Call Ignition_And_Injection_Program01
    Call Oxygen_Program
    If (Angle_H > Degree_Ignition) Then
      If (Time_Injection > ((Angle_H - Degree_Ignition) / (6 * RPM))) Then
        Call Send_Port01_Program01
      Else
        Call Send_Port02_Program01
      End If
    ElseIf (Angle_H < Degree_Ignition) Then
        Call Send_Port03_Program01
    ElseIf (Angle_H = Degree_Ignition) Then
        Call Send_Port04_Program01
   End If
Loop While ECU00_Form.cmdExit = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
```

---

10. Source Code ของ Send_Port_Injection (Module)

```
Public Sub Send_Port_Injection01()
Out &H378, &H0
Do
    DoEvents
    Call Injection_Program01
    Call Oxygen_Program
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
    Call delay01(RPM)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
    Call delay01(RPM)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
    Call delay01(RPM)
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
    Call delay01(RPM)
Loop While ECU00_Form.cmdExit = False
End Sub
```

```
Sub delay00()
Dim times As Single , I As Single
times = Time_Injection
FOR  I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Next I
End Sub
```

```
Sub delay01(N As Single)
Dim times As Single , I As Single
times = (((30 / N) * 1000) - Time_Injection)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

---

11. Source Code ของ Send_Port01_ Program (Module)

```
Public Sub Send_Port01_Program01()
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H18
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H42
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H81
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
    Call delay00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H24
    Call delay02
End Sub
```

```
Sub delay000
Dim times As Single , I As single
times = ((Angle_H - Degree_Ignition) / (6 * RPM))*1000
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay010
Dim times As Single , I As Single
times = ((Time_Injection) - (((Angle_H - Degree_Ignition) / (6 * RPM)) * 1000))
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay020
Dim times As Single , I As Single
times = (((30 / RPM) * 1000) - Time_Injection)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

---

12. Source Code ของ Send_Port02_Program (Module)

```
Public Sub Send_Port02_Program010
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call delay00
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
Call delay01
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
Call delay02
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
Call delay03
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
Call delay00
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
Call delay01
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
Call delay02
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
Call delay03
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
Call delay00
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
Call delay01
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
Call delay02
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
Call delay03
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
Call delay00
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
Call delay01
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
Call delay02
Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
Call delay03
End Sub
```

```
Sub delay00()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim times As Single , I As Single
times =  (Time_Injection)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay010
Dim times As Single , I As Single
times = ((((Angle_H - Degree_Ignition) / (6 * RPM)) * 1000) - (Time_Injection))
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay020
Dim times As Single , I As Single
times = 0.65
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay030
Dim times As Single , I As Single
times = (((30 / RPM) * 1000) - ((Angle_H - Degree_Ignition) / (6 * RPM))*1000) – 0.65
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

---

13. Source Code ของ Send_Port03_Program (Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public Sub Send_Port03_Program010
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
    Call delay03
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
    Call delay03
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
    Call delay03
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
    Call delay03
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub delay00()
Dim times As Single , I As Single
times =  0.65
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay01()
Dim times As Single , I As Single
times = ((((Degree_Ignition - Angle_H) / (6 * RPM)) * 1000) - 0.65)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay02()
Dim times As Single , I As Single
times = (Time_Injection)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay03()
Dim times As Single , I As Single
times = ((30 / RPM) * 1000) - ((((Degree_Ignition - Angle_H) / (6 * RPM)) * 1000) + 0.65 +
        Time_Injection)
FOR I = 0 to times step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. Source Code ของ Send_Port04_Program (Module)

```
Public Sub Send_Port04_Program01()
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H18
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H10
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H8
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H42
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H40
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H2
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H81
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H80
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H1
    Call delay02
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H24
    Call delay00
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H20
    Call delay01
    Out &H378, Inp(&H378) Xor &H4
    Call delay02
End Sub
```

```
Sub delay00()
Dim times As Single , I As Single
times = 0.65
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Next I
End Sub
```

```
Sub delay01()
Dim times As Single , I As Single
times = (Time_Injection – 0.65)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

```
Sub delay02()
Dim times As Single , I As Single
times = (((30 / (RPM)) * 1000) - Time_Injection – 0.65)
FOR I = 0 to times Step 0.001
DoEvents
Next I
End Sub
```

---

15. Source Code ของ Function Test_Degree_Ignition (Module)

```
Public Function Test_Degree_Ignition01(ByVal RPM_Temp As Single) As Single
Dim Temp_Degree As Single
'องศาการจุดระเบิด
If ((RPM_Temp >= 0) And (RPM_Temp < 500)) Then
Temp_Degree = 5
ElseIf ((RPM_Temp >= 500) And (RPM_Temp < 2000)) Then
Temp_Degree = 6
ElseIf ((RPM_Temp >= 2000) And (RPM_Temp < 2500)) Then
Temp_Degree = 10
ElseIf ((RPM_Temp >= 2500) And (RPM_Temp < 3000)) Then
Temp_Degree = 15
ElseIf ((RPM_Temp >= 3000) And (RPM_Temp < 3500)) Then
Temp_Degree = 20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Elself ((RPM_Temp >= 3500) And (RPM_Temp <= 8000)) Then
Temp_Degree = 20
Elself (RPM_Temp > 8000) Then Temp_Degree = 20
End If
Test_Degree_Ignition01 = Temp_Degree
End Function
```

---

16. Source Code ของ Function Test_Degree_Is_Egual_Program (Module)

```
Public Function Test_Degree_Is_Egual_Program01(ByVal Temp00 As Integer) As Integer
Dim Angle As Integer
If Temp00 = 0 Then
  Temp01 = Degree_Ignition
End If
If (Degree_Ignition = Temp01) Then
  Angle = 0
Elself (Degree_Ignition <> Temp01) Then
  Angle = (Degree_Ignition - Temp01)
End If
Test_Degree_Is_Egual_Program01 = Angle
End Function
```

---

17. Source Code ของ Function Test_Time_Injection (Module)

```
Public Function Test_Time_Injection01(ByVal Water_Temp As Single, ByVal Air_Temp As Single, ByVal
Load_Temp As Single) As Single
Dim Temp_Time As Single
Dim DTI(1 To 4, 1 To 5, 1 To 8) As Single
'ตารางข้อมูลการฉีดน้ำมันเป็น มิลลิวินาที
DTI(1, 1, 1) = 6.86
DTI(1, 1, 2) = 6.64
DTI(1, 1, 3) = 5.1
DTI(1, 1, 4) = 4.2
DTI(1, 1, 5) = 3.68
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTI(1, 1, 6) = 3.4

DTI(1, 1, 7) = 2.57

DTI(1, 1, 8) = 2.36

DTI(1, 2, 1) = 6.81

DTI(1, 2, 2) = 6.59

DTI(1, 2, 3) = 5.07

DTI(1, 2, 4) = 4.18

DTI(1, 2, 5) = 3.67

DTI(1, 2, 6) = 3.39

DTI(1, 2, 7) = 2.56

DTI(1, 2, 8) = 2.33

DTI(1, 3, 1) = 6.79

DTI(1, 3, 2) = 6.56

DTI(1, 3, 3) = 5.05

DTI(1, 3, 4) = 4.16

DTI(1, 3, 5) = 3.66

DTI(1, 3, 6) = 3.38

DTI(1, 3, 7) = 2.55

DTI(1, 3, 8) = 2.32

DTI(1, 4, 1) = 6.74

DTI(1, 4, 2) = 6.52

DTI(1, 4, 3) = 5.02

DTI(1, 4, 4) = 4.12

DTI(1, 4, 5) = 3.64

DTI(1, 4, 6) = 3.36

DTI(1, 4, 7) = 2.56

DTI(1, 4, 8) = 2.31

DTI(1, 5, 1) = 6.69

DTI(1, 5, 2) = 6.47

DTI(1, 5, 3) = 4.99

DTI(1, 5, 4) = 4.1

DTI(1, 5, 5) = 3.63

DTI(1, 5, 6) = 3.35

DTI(1, 5, 7) = 2.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTI(1, 5, 8) = 2.29

DTI(2, 1, 1) = 6.3

DTI(2, 1, 2) = 6.13

DTI(2, 1, 3) = 4.72

DTI(2, 1, 4) = 3.91

DTI(2, 1, 5) = 3.35

DTI(2, 1, 6) = 3.12

DTI(2, 1, 7) = 2.35

DTI(2, 1, 8) = 2.18

DTI(2, 2, 1) = 6.25

DTI(2, 2, 2) = 6.08

DTI(2, 2, 3) = 4.63

DTI(2, 2, 4) = 3.89

DTI(2, 2, 5) = 3.33

DTI(2, 2, 6) = 3.11

DTI(2, 2, 7) = 2.33

DTI(2, 2, 8) = 2.16

DTI(2, 3, 1) = 6.2

DTI(2, 3, 2) = 6.04

DTI(2, 3, 3) = 4.6

DTI(2, 3, 4) = 3.88

DTI(2, 3, 5) = 3.32

DTI(2, 3, 6) = 3.09

DTI(2, 3, 7) = 2.32

DTI(2, 3, 8) = 2.15

DTI(2, 4, 1) = 6.18

DTI(2, 4, 2) = 6.01

DTI(2, 4, 3) = 4.58

DTI(2, 4, 4) = 3.87

DTI(2, 4, 5) = 3.33

DTI(2, 4, 6) = 3.08

DTI(2, 4, 7) = 2.31

DTI(2, 4, 8) = 2.14

DTI(2, 5, 1) = 6.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTI(2, 5, 2) = 5.96

DTI(2, 5, 3) = 4.55

DTI(2, 5, 4) = 3.85

DTI(2, 5, 5) = 3.29

DTI(2, 5, 6) = 3.07

DTI(2, 5, 7) = 2.29

DTI(2, 5, 8) = 2.12

DTI(3, 1, 1) = 5.77

DTI(3, 1, 2) = 5.6

DTI(3, 1, 3) = 4.27

DTI(3, 1, 4) = 3.57

DTI(3, 1, 5) = 3.07

DTI(3, 1, 6) = 2.85

DTI(3, 1, 7) = 2.12

DTI(3, 1, 8) = 1.96

DTI(3, 2, 1) = 5.74

DTI(3, 2, 2) = 5.57

DTI(3, 2, 3) = 4.24

DTI(3, 2, 4) = 3.56

DTI(3, 2, 5) = 3.05

DTI(3, 2, 6) = 2.87

DTI(3, 2, 7) = 2.11

DTI(3, 2, 8) = 1.94

DTI(3, 3, 1) = 5.72

DTI(3, 2, 2) = 5.56

DTI(3, 3, 3) = 4.22

DTI(3, 3, 4) = 3.55

DTI(3, 3, 5) = 3.04

DTI(3, 3, 6) = 2.77

DTI(3, 3, 7) = 2.1

DTI(3, 3, 8) = 1.93

DTI(3, 4, 1) = 5.69

DTI(3, 4, 2) = 5.47

DTI(3, 4, 3) = 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTI(3, 4, 4) = 3.53

DTI(3, 4, 5) = 3.03

DTI(3, 4, 6) = 2.76

DTI(3, 4, 7) = 2.08

DTI(3, 4, 8) = 1.92

DTI(3, 5, 1) = 5.66

DTI(3, 5, 2) = 5.44

DTI(3, 5, 3) = 4.16

DTI(3, 5, 4) = 3.52

DTI(3, 5, 5) = 3.01

DTI(3, 5, 6) = 2.74

DTI(3, 5, 7) = 2.07

DTI(3, 5, 8) = 1.9

DTI(4, 1, 1) = 5.55

DTI(4, 1, 2) = 5.32

DTI(4, 1, 3) = 4.1

DTI(4, 1, 4) = 3.4

DTI(4, 1, 5) = 2.96

DTI(4, 1, 6) = 2.74

DTI(4, 1, 7) = 2.07

DTI(4, 1, 8) = 1.9

DTI(4, 2, 1) = 5.52

DTI(4, 2, 2) = 5.29

DTI(4, 2, 3) = 4.07

DTI(4, 2, 4) = 3.39

DTI(4, 2, 5) = 2.94

DTI(4, 2, 6) = 2.72

DTI(4, 2, 7) = 2.05

DTI(4, 2, 8) = 1.88

DTI(4, 3, 1) = 5.48

DTI(4, 3, 2) = 5.26

DTI(4, 3, 3) = 4.04

DTI(4, 3, 4) = 3.33

DTI(4, 3, 5) = 2.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DTI(4, 3, 6) = 2.72

DTI(4, 3, 7) = 2.04

DTI(4, 3, 8) = 1.87

DTI(4, 4, 1) = 5.47

DTI(4, 4, 2) = 5.24

DTI(4, 4, 3) = 4.02

DTI(4, 4, 4) = 3.36

DTI(4, 4, 5) = 2.92

DTI(4, 4, 6) = 2.7

DTI(4, 4, 7) = 2.03

DTI(4, 4, 8) = 1.86

DTI(4, 5, 1) = 5.44

DTI(4, 5, 2) = 5.21

DTI(4, 5, 3) = 3.99

DTI(4, 5, 4) = 3.35

DTI(4, 5, 5) = 2.9

DTI(4, 5, 6) = 2.68

DTI(4, 5, 7) = 2.01

DTI(4, 5, 8) = 1.84

Dim DII(1 To 6, 1 To 8) As Single 'อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส

DII(1, 1) = 5.4

DII(1, 2) = 5.18

DII(1, 3) = 3.96

DII(1, 4) = 3.33

DII(1, 5) = 2.88

DII(1, 6) = 2.67

DII(1, 7) = 2#

DII(1, 8) = 1.83

DII(2, 1) = 5.37

DII(2, 2) = 5.5

DII(2, 3) = 3.92

DII(2, 4) = 3.32

DII(2, 5) = 2.87

DII(2, 6) = 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DII(2, 7) = 1.98

DII(2, 8) = 1.81

DII(3, 1) = 5.34

DII(3, 2) = 5.12

DII(3, 3) = 2.9

DII(3, 4) = 3.3

DII(3, 5) = 2.85

DII(3, 6) = 2.58

DII(3, 7) = 1.96

DII(3, 8) = 1.8

DII(4, 1) = 5.31

DII(4, 2) = 5.08

DII(4, 3) = 3.86

DII(4, 4) = 3.28

DII(4, 5) = 2.84

DII(4, 6) = 2.56

DII(4, 7) = 1.95

DII(4, 8) = 1.78

DII(5, 1) = 5.28

DII(5, 2) = 5.05

DII(5, 3) = 3.83

DII(5, 4) = 3.21

DII(5, 5) = 2.82

DII(5, 6) = 2.55

DII(5, 7) = 1.93

DII(5, 8) = 1.76

DII(6, 1) = 5.26

DII(6, 2) = 5.04

DII(6, 3) = 3.81

DII(6, 4) = 3.2

DII(6, 5) = 2.81

DII(6, 6) = 2.54

DII(6, 7) = 1.92

DII(6, 8) = 1.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If ((Water_Temp > 0) And (Water_Temp < 30)) Then                    ' ที่อุณหภูมิน้ำ 20 องศา
If ((Air_Temp > 0) And (Air_Temp < 15)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 1, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 15) And (Air_Temp < 25)) Then
   If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
   Temp_Time = DTI(1, 2, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(1, 2, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 25) And (Air_Temp < 35)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(1, 3, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 35) And (Air_Temp < 45)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(1, 4, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 45) And (Air_Temp <= 106)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(1, 5, 1)
End If
End If
End If
If ((Water_Temp >= 30) And (Water_Temp < 50)) Then          ' ที่อุณหภูมิน้ำ 40 องศา
If ((Air_Temp > 0) And (Air_Temp < 15)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DTI(2, 1, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(2, 1, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 15) And (Air_Temp < 25)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(2, 2, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 25) And (Air_Temp < 35)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(2, 3, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DTI(2, 3, 6)
Elself ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(2, 3, 5)
Elself ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(2, 3, 4)
Elself ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(2, 3, 3)
Elself ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(2, 3, 2)
Elself ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(2, 3, 1)
End If
Elself ((Air_Temp >= 35) And (Air_Temp < 45)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 8)
Elself ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 7)
Elself ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 6)
Elself ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 5)
Elself ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 4)
Elself ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 3)
Elself ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 2)
Elself ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(2, 4, 1)
End If
Elself ((Air_Temp >= 45) And (Air_Temp <= 106)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 8)
Elself ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DTI(2, 5, 7)
Elself ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 6)
Elself ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 5)
Elself ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 4)
Elself ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 3)
Elself ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 2)
Elself ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(2, 5, 1)
End If
End If
End If
If ((Water_Temp >= 50) And (Water_Temp < 70)) Then          'ที่อุณหภูมิน้ำ 60 องศา
If ((Air_Temp > 0) And (Air_Temp < 15)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 8)
Elself ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 7)
Elself ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 6)
Elself ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 5)
Elself ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 4)
Elself ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 3)
Elself ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 2)
Elself ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(3, 1, 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 15) And (Air_Temp < 25)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(3, 2, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 25) And (Air_Temp < 35)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Elself ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(3, 3, 1)
End If
Elself ((Air_Temp >= 35) And (Air_Temp < 45)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 8)
Elself ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 7)
Elself ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 6)
Elself ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 5)
Elself ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 4)
Elself ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 3)
Elself ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 2)
Elself ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(3, 4, 1)
End If
Elself ((Air_Temp >= 45) And (Air_Temp <= 106)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 8)
Elself ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 7)
Elself ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 6)
Elself ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 5)
Elself ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 4)
Elself ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(3, 5, 1)
End If
End If
End If
If ((Water_Temp >= 70) And (Water_Temp < 120)) Then          ' ที่อุณหภูมิน้ำ 80 องศา
If ((Air_Temp > 0) And (Air_Temp < 15)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(4, 1, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 15) And (Air_Temp < 25)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DTI(4, 2, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(4, 2, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 25) And (Air_Temp < 35)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(4, 3, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 35) And (Air_Temp < 45)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DTI(4, 4, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(4, 4, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 45) And (Air_Temp < 55)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DTI(4, 5, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 55) And (Air_Temp < 65)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DII(1, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DII(1, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(1, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(1, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(1, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(1, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(1, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(1, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 65) And (Air_Temp < 75)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DII(2, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DII(2, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(2, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(2, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(2, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(2, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(2, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(2, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 75) And (Air_Temp < 85)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DII(1, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(1, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(1, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(1, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(1, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(1, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(1, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 65) And (Air_Temp < 75)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DII(2, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DII(2, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(2, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(2, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(2, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(2, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(2, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(2, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 75) And (Air_Temp < 85)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DII(3, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DII(3, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(3, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(3, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(3, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(3, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(3, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(3, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 85) And (Air_Temp < 95)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DII(4, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DII(4, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(4, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(4, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(4, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(4, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(4, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(4, 1)
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((Air_Temp >= 95) And (Air_Temp < 100)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DII(5, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DII(5, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(5, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(5, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(5, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(5, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(6, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
Temp_Time = DII(5, 1)
End If
ElseIf ((Air_Temp >= 100) And (Air_Temp < 106)) Then
If ((Load_Temp > 0) And (Load_Temp < 18)) Then
Temp_Time = DII(6, 8)
ElseIf ((Load_Temp >= 18) And (Load_Temp < 31)) Then
Temp_Time = DII(6, 7)
ElseIf ((Load_Temp >= 31) And (Load_Temp < 42)) Then
Temp_Time = DII(6, 6)
ElseIf ((Load_Temp >= 42) And (Load_Temp < 56)) Then
Temp_Time = DII(6, 5)
ElseIf ((Load_Temp >= 56) And (Load_Temp < 68)) Then
Temp_Time = DII(6, 4)
ElseIf ((Load_Temp >= 68) And (Load_Temp < 81)) Then
Temp_Time = DII(6, 3)
ElseIf ((Load_Temp >= 81) And (Load_Temp < 94)) Then
Temp_Time = DII(6, 2)
ElseIf ((Load_Temp >= 94) And (Load_Temp <= 100)) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Temp_Time = DII(6, 1)
End If
End If
End If
Test_Time_Injection01 = Temp_Time
End Function
```

---

18. Source Code ของ Test_Temp (Module)

```
Public Sub Test_Temp01()
Dim T1 As Variant, T2 As Variant, T3 As Variant, R1 As Variant

'ค่าอุณหภูมิน้ำ
If (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 0.025) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) < 0.45) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 0.025) * ((110 - 120) / (0.45 - 0.025)) + 120
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 0.45) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 0.8) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 0.45) * ((100 - 110) / (0.8 - 0.45)) + 110
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 0.8) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 1.2) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 0.8) * ((90 - 100) / (1.2 - 0.8)) + 100
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 1.2) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 1.6) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 1.2) * ((80 - 90) / (1.6 - 1.2)) + 90
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 1.6) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 2) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 1.6) * ((70 - 80) / (2 - 1.6)) + 80
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 2) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 2.7) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 2) * ((60 - 70) / (2.7 - 2)) + 70
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 2.7) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 3) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 2.7) * ((50 - 60) / (3 - 2.7)) + 60
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 3) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 3.5) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 3) * ((40 - 50) / (3.5 - 3)) + 50
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 3.5) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 3.8) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 3.5) * ((30 - 40) / (3.8 - 3.5)) + 40
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 3.8) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 4.3) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 3.8) * ((20 - 30) / (4.3 - 3.8)) + 30
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 4.3) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 4.8) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 4.3) * ((10 - 20) / (4.8 - 4.3)) + 20
Elself (Val(ECU00_Form.Text1.Text) > 4.8) And (Val(ECU00_Form.Text1.Text) <= 4.999) Then
T1 = (Val(ECU00_Form.Text1.Text) - 4.8) * ((0 - 10) / (4.999 - 4.8)) + 10
Elself (Val(ECU00_Form.Text1.Text) < 0.025) Then
T1 = Val(ECU00_Form.Text6.Text) = 0
End If
```

```
'ค่าอุณหภูมิอากาศ
If (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 0) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) < 0.8) Then
T2 = 100
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 0.8) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 1.2) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 0.8) * ((90 - 100) / (1.2 - 0.8)) + 100
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 1.2) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 1.6) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 1.2) * ((80 - 90) / (1.6 - 1.2)) + 90
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 1.6) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 2) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 1.6) * ((70 - 80) / (2# - 1.6)) + 80
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 2) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 2.7) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 2) * ((60 - 70) / (2.7 - 2)) + 70
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 2.7) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 3) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 2.7) * ((50 - 60) / (3 - 2.7)) + 60
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 3) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 3.5) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 3) * ((40 - 50) / (3.5 - 3#)) + 50
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 3.5) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 3.8) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 3.5) * ((30 - 40) / (3.8 - 3.5)) + 40
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 3.8) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 4.3) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 3.8) * ((20 - 30) / (4.3 - 3.8)) + 30
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 4.3) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 4.8) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 4.3) * ((10 - 20) / (4.8 - 4.3)) + 20
Elself (Val(ECU00_Form.Text2.Text) > 4.8) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) <= 4.999) Then
T2 = (Val(ECU00_Form.Text2.Text) - 4.8) * ((0 - 10) / (4.999 - 4.8)) + 10
Else:
T2 = 0
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'ค่า % Load
If (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 0) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) < 0.325) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 0) * ((12 - 0) / (0.325 - 0)) + 0
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 0.325) And (Val(ECU00_Form.Text2.Text) < 0.836) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 0.325) * ((25 - 12) / (0.836 - 0.325)) + 12
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 0.836) And (Val(ECU00_Form.Text3.Text) <= 1.232) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 0.836) * ((37 - 25) / (1.232 - 0.836)) + 25
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 1.232) And (Val(ECU00_Form.Text3.Text) <= 1.649) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 1.232) * ((50 - 37) / (1.649 - 1.232)) + 37
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 1.649) And (Val(ECU00_Form.Text3.Text) <= 2.056) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 1.649) * ((62 - 50) / (2.056 - 1.649)) + 50
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 2.056) And (Val(ECU00_Form.Text3.Text) <= 2.483) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 2.056) * ((75 - 62) / (2.483 - 2.056)) + 62
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 2.483) And (Val(ECU00_Form.Text3.Text) <= 2.883) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 2.483) * ((87 - 75) / (2.883 - 2.483)) + 75
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 2.883) And (Val(ECU00_Form.Text3.Text) <= 3.28) Then
T3 = (Val(ECU00_Form.Text3.Text) - 2.883) * ((100 - 87) / (3.28 - 2.883)) + 87
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text3.Text) > 3.28) Then
T3 = 100
End If
```

```
'ความเร็วรอบเครื่องยนต์
If (Val(ECU00_Form.Text10.Text) = 0) Then
R1 = 1
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) > 0) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.27)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0) * ((350 - 0) / (0.27 - 0)) + 0
 ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.27) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.28)) Then
 R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.27) * ((450 - 350) / (0.28 - 0.27)) + 350
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.28) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.29)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.28) * ((500 - 450) / (0.29 - 0.28)) + 450
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.29) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.3)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.29) * ((550 - 500) / (0.3 - 0.29)) + 500
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.3) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.31)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.3) * ((560 - 550) / (0.31 - 0.3)) + 550
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.31) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.32)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.31) * ((580 - 560) / (0.32 - 0.31)) + 560
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.32) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.33)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.32) * ((600 - 580) / (0.33 - 0.32)) + 580
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.33) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.34)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.33) * ((620 - 600) / (0.34 - 0.33)) + 600
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.34) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.35)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.34) * ((650 - 620) / (0.35 - 0.34)) + 620
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.35) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.36)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.35) * ((660 - 650) / (0.36 - 0.35)) + 650
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.36) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.37)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.36) * ((700 - 660) / (0.37 - 0.36)) + 660
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.37) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.38)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.37) * ((710 - 700) / (0.38 - 0.37)) + 700
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.38) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.39)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.38) * ((730 - 710) / (0.39 - 0.38)) + 710
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.39) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.4)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.39) * ((750 - 730) / (0.4 - 0.39)) + 730
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.4) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.41)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.4) * ((760 - 750) / (0.41 - 0.4)) + 750
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.41) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.42)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.41) * ((780 - 760) / (0.42 - 0.41)) + 760
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.42) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.43)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.42) * ((800 - 780) / (0.43 - 0.42)) + 780
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.43) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.44)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.43) * ((820 - 800) / (0.44 - 0.43)) + 800
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.44) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.45)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.44) * ((830 - 820) / (0.45 - 0.44)) + 820
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.45) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.46)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.45) * ((860 - 830) / (0.46 - 0.45)) + 830
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.46) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.47)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.46) * ((870 - 860) / (0.47 - 0.46)) + 860
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.47) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.48)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.47) * ((900 - 870) / (0.48 - 0.47)) + 870
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.48) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.49)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.48) * ((910 - 900) / (0.49 - 0.48)) + 900
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.49) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.5)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.49) * ((930 - 910) / (0.5 - 0.49)) + 910
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.5) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.51)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.5) * ((950 - 930) / (0.51 - 0.5)) + 930
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.51) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.52)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.51) * ((960 - 950) / (0.52 - 0.51)) + 950
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.52) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.53)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.52) * ((980 - 960) / (0.53 - 0.52)) + 960
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.53) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.54)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.53) * ((1000 - 980) / (0.54 - 0.53)) + 980
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.54) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.61)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.54) * ((1100 - 1000) / (0.61 - 0.54)) + 1000
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.61) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.68)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.61) * ((1200 - 1100) / (0.68 - 0.61)) + 1100
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.68) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.73)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.68) * ((1300 - 1200) / (0.73 - 0.68)) + 1200
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.73) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.79)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.73) * ((1400 - 1300) / (0.79 - 0.73)) + 1300
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.79) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.8)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.79) * ((1500 - 1400) / (0.8 - 0.79)) + 1400
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.8) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.87)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.8) * ((1600 - 1500) / (0.87 - 0.8)) + 1500
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.87) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.94)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.87) * ((1700 - 1600) / (0.94 - 0.87)) + 1600
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.94) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 0.98)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.94) * ((1800 - 1700) / (0.98 - 0.94)) + 1700
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 0.98) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.06)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 0.98) * ((1900 - 1800) / (1.06 - 0.98)) + 1800
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.06) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.1)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.06) * ((2000 - 1900) / (1.1 - 1.06)) + 1900
ElseIf((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.1) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.18)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.1) * ((2100 - 2000) / (1.18 - 1.1)) + 2000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.18) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.21)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.18) * ((2200 - 2100) / (1.21 - 1.18)) + 2100
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.21) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.26)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.21) * ((2300 - 2200) / (1.26 - 1.21)) + 2200
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.26) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.33)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.26) * ((2400 - 2300) / (1.33 - 1.26)) + 2300
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.33) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.36)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.33) * ((2500 - 2400) / (1.36 - 1.33)) + 2400
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.36) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.43)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.36) * ((2600 - 2500) / (1.43 - 1.36)) + 2500
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.43) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.48)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.43) * ((2700 - 2600) / (1.48 - 1.43)) + 2600
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.48) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.53)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.48) * ((2800 - 2700) / (1.53 - 1.48)) + 2700
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.53) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.58)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.53) * ((2900 - 2800) / (1.58 - 1.53)) + 2800
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.58) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.6)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.58) * ((3000 - 2900) / (1.6 - 1.58)) + 2900
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.6) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.68)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.6) * ((3100 - 3000) / (1.68 - 1.6)) + 3000
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.68) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.75)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.68) * ((3200 - 3100) / (1.75 - 1.68)) + 3100
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.75) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.8)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.75) * ((3300 - 3200) / (1.8 - 1.75)) + 3200
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.8) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.85)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.8) * ((3400 - 3300) / (1.85 - 1.8)) + 3300
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.85) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.87)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.85) * ((3500 - 3400) / (1.87 - 1.85)) + 3400
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.87) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 1.93)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.87) * ((3600 - 3500) / (1.93 - 1.87)) + 3500
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 1.93) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2#)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 1.93) * ((3700 - 3600) / (2 - 1.93)) + 3600
Elself((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.05)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2) * ((3800 - 3700) / (2.05 - 2)) + 3700
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.05) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.08)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.05) * ((3900 - 3800) / (2.08 - 2.05)) + 3800
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.08) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.12)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.08) * ((4000 - 3900) / (2.12 - 2.08)) + 3900
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.12) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.16)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.12) * ((4100 - 4000) / (2.16 - 2.12)) + 4000
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.16) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.2)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.16) * ((4200 - 4100) / (2.22 - 2.16)) + 4100
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.2) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.23)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.2) * ((4300 - 4200) / (2.23 - 2.2)) + 4200
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.23) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.3)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.23) * ((4400 - 4300) / (2.3 - 2.23)) + 4300
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.3) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.35)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.3) * ((4500 - 4400) / (2.35 - 2.3)) + 4400
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.35) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.38)) Then
R1 = (ECU00_Form.Text10.Text - 2.35) * ((4600 - 4500) / (2.38 - 2.35)) + 4500
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.38) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.43)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.38) * ((4700 - 4600) / (2.43 - 2.38)) + 4600
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.43) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.47)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.43) * ((4800 - 4700) / (2.47 - 2.43)) + 4700
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.47) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.5)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.47) * ((4900 - 4800) / (2.5 - 2.47)) + 4800
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.5) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.56)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.5) * ((5000 - 4900) / (2.56 - 2.5)) + 4900
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.56) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.6)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.56) * ((5100 - 5000) / (2.6 - 2.56)) + 5000
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.6) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.64)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.6) * ((5200 - 5100) / (2.64 - 2.6)) + 5100
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.64) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.66)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.64) * ((5300 - 5200) / (2.66 - 2.64)) + 5200
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.66) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.72)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.66) * ((5400 - 5300) / (2.72 - 2.66)) + 5300
Elseif ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.72) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.74)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.72) * ((5500 - 5400) / (2.74 - 2.72)) + 5400
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.74) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.8)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.74) * ((5600 - 5500) / (2.8 - 2.74)) + 5500
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.8) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.84)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.8) * ((5700 - 5600) / (2.84 - 2.8)) + 5600
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.84) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.88)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.84) * ((5800 - 5700) / (2.88 - 2.84)) + 5700
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.88) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.92)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.88) * ((5900 - 5800) / (2.92 - 2.88)) + 5800
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.92) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 2.95)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.92) * ((6000 - 5900) / (2.95 - 2.92)) + 5900
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 2.95) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 2.95) * ((6100 - 6000) / (3 - 2.95)) + 6000
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.06)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3) * ((6200 - 6100) / (3.06 - 3)) + 6100
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.06) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.1)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.06) * ((6300 - 6200) / (3.1 - 3.06)) + 6200
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.1) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.14)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.06) * ((6400 - 6300) / (3.14 - 3.1)) + 6300
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.14) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.19)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.14) * ((6500 - 6400) / (3.19 - 3.14)) + 6400
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.19) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.23)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.19) * ((6600 - 6500) / (3.23 - 3.19)) + 6500
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.23) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.3)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.23) * ((6700 - 6600) / (3.3 - 3.23)) + 6600
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.3) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.34)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.3) * ((6800 - 6700) / (3.34 - 3.3)) + 6700
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.34) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.4)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.34) * ((6900 - 6800) / (3.4 - 3.34)) + 6800
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.4) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.42)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.4) * ((7000 - 6900) / (3.42 - 3.4)) + 6900
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.42) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.46)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.42) * ((7100 - 7000) / (3.46 - 3.42)) + 7000
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.46) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.52)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.46) * ((7200 - 7100) / (3.52 - 3.46)) + 7100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.52) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.58)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.52) * ((7300 - 7200) / (3.58 - 3.52)) + 7200
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.58) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.62)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.58) * ((7400 - 7300) / (3.62 - 3.58)) + 7300
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.62) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.65)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.62) * ((7500 - 7400) / (3.65 - 3.62)) + 7400
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.65) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.73)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.65) * ((7600 - 7500) / (3.73 - 3.65)) + 7500
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.73) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.76)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.73) * ((7700 - 7600) / (3.76 - 3.73)) + 7600
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.76) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.78)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.76) * ((7800 - 7700) / (3.78 - 3.76)) + 7700
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.78) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.86)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.78) * ((7900 - 7800) / (3.86 - 3.78)) + 7800
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.86) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.9)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.86) * ((8000 - 7900) / (3.9 - 3.86)) + 7900
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.9) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 3.95)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.9) * ((8100 - 8000) / (3.95 - 3.9)) + 8000
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 3.95) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.01)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 3.95) * ((8200 - 8100) / (4.01 - 3.95)) + 8100
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.01) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.05)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.01) * ((8300 - 8200) / (4.05 - 4.01)) + 8200
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.05) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.1)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.05) * ((8400 - 8300) / (4.1 - 4.05)) + 8300
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.1) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.13)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.1) * ((8500 - 8400) / (4.13 - 4.1)) + 8400
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.13) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.19)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.13) * ((8600 - 8500) / (4.19 - 4.13)) + 8500
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.19) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.24)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.19) * ((8700 - 8600) / (4.24 - 4.19)) + 8600
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.24) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.29)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.24) * ((8800 - 8700) / (4.29 - 4.24)) + 8700
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.29) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.34)) Then
R1 = (ECU00_Form.Text10.Text - 4.29) * ((8900 - 8800) / (4.34 - 4.29)) + 8800
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf ((ECU00_Form.Text10.Text >= 4.34) And (ECU00_Form.Text10.Text < 4.36)) Then
R1 = (ECU00_Form.Text10.Text - 4.34) * ((9000 - 8900) / (4.36 - 4.34)) + 8900
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.36) And (ECU00_Form.Text10.Text < 4.43)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.36) * ((9100 - 9000) / (4.43 - 4.36)) + 9000
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.43) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.47)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.43) * ((9200 - 9100) / (4.47 - 4.43)) + 9100
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.47) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.52)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.47) * ((9300 - 9200) / (4.52 - 4.47)) + 9200
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.52) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.59)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.52) * ((9400 - 9300) / (4.59 - 4.52)) + 9300
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.59) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.62)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.59) * ((9500 - 9400) / (4.62 - 4.59)) + 9400
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.62) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.67)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.62) * ((9600 - 9500) / (4.67 - 4.62)) + 9500
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.67) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.72)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.67) * ((9700 - 9600) / (4.72 - 4.67)) + 9600
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.72) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.77)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.72) * ((9800 - 9700) / (4.77 - 4.72)) + 9700
ElseIf ((Val(ECU00_Form.Text10.Text) >= 4.77) And (Val(ECU00_Form.Text10.Text) < 4.84)) Then
R1 = (Val(ECU00_Form.Text10.Text) - 4.77) * ((9900 - 9800) / (4.84 - 4.77)) + 9800
ElseIf (Val(ECU00_Form.Text10.Text) > 4.84) Then
R1 = 9900
End If
ECU00_Form.TextRPM.Text = Str(Round(R1, 2))
ECU00_Form.Text6.Text = Str(Round(T1, 2))
ECU00_Form.Text7.Text = Str(Round(T2, 2))
ECU00_Form.Text8.Text = Str(Round(T3, 2))
End Sub
```

---

19. Source Code ของ Variable (Module)

```
Global Time_Injection As Single
Global RPM As Single
Global Degree_Ignition As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Global Temp01 As Integer
Global Angle_H As Single
```

---

20. Source Code ของ Oxygen (Module)

```
Public Sub Oxygen_Program()
If (Val(ECU00_Form.Text4.Text) >= 0.55) And (Val(ECU00_Form.Text4.Text) <= 0.65) Then
ECU00_Form.Picture1.BackColor = RGB(0, 0, 100)
Elself (Val(ECU00_Form.Text4.Text) < 0.55) Then
ECU00_Form.Picture1.BackColor = RGB(0, 100, 0)
Elself (Val(ECU00_Form.Text4.Text) > 0.65) Then
ECU00_Form.Picture1.BackColor = RGB(100, 0, 0)
End If
End Sub
```

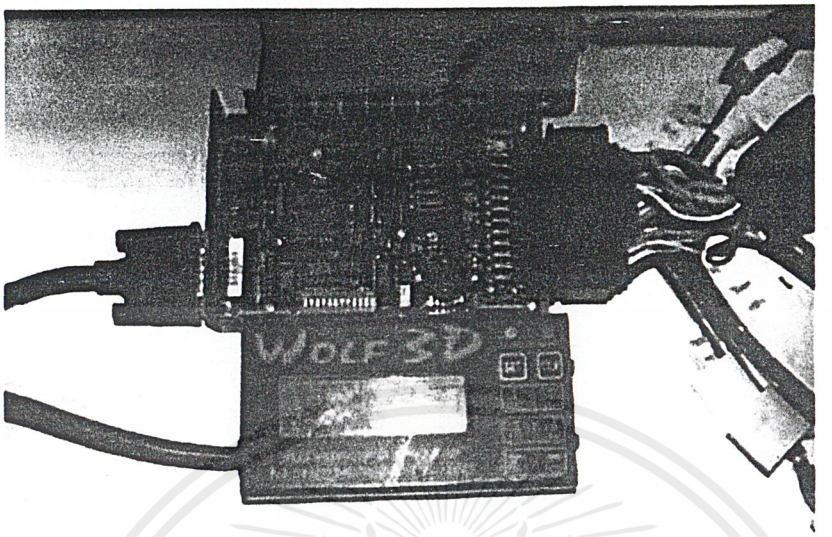
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ชุดจำลองการฉีดน้ำมัน
และการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

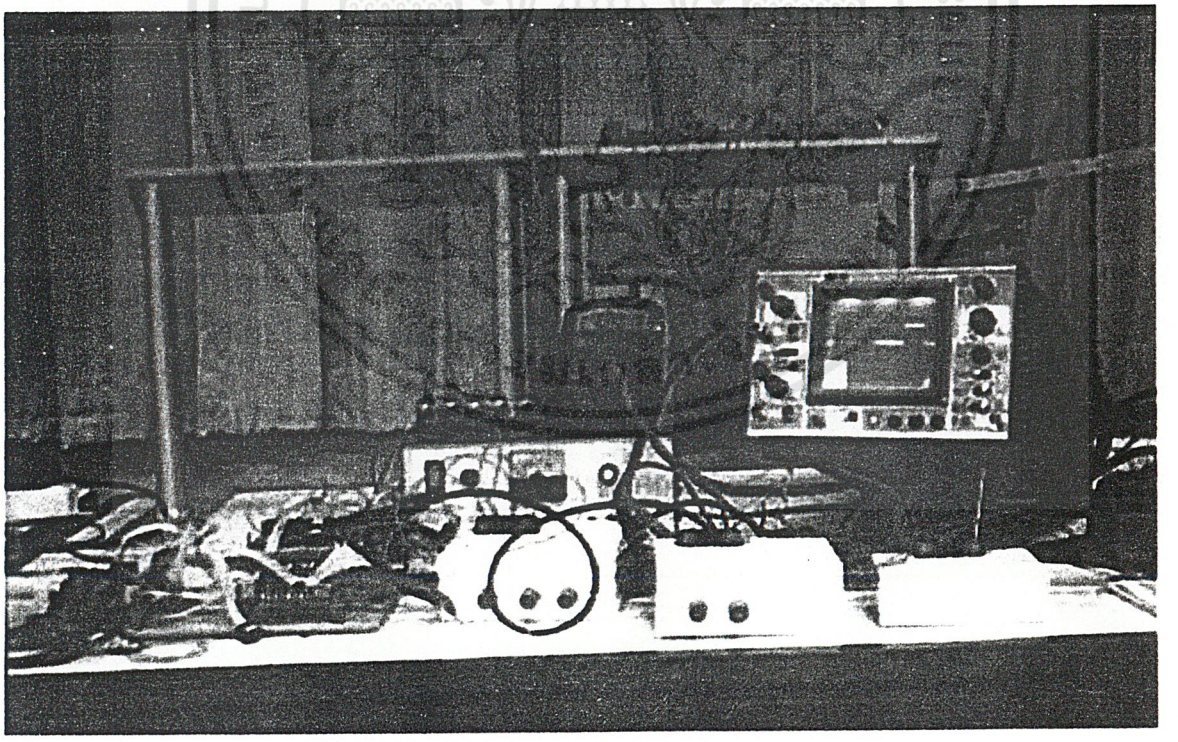
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 Wolf 3D ซึ่งเป็นกล่องควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบและใช้ทดลองเพื่อเอาฐานข้อมูลมาใช้ในการเขียนโปรแกรม



รูปที่ ก.1 Wolf 3D

ข.2 ชุดจำลองการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดระเบิด ใช้ติดตั้งเพื่อแสดงผลการสั่งงานของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

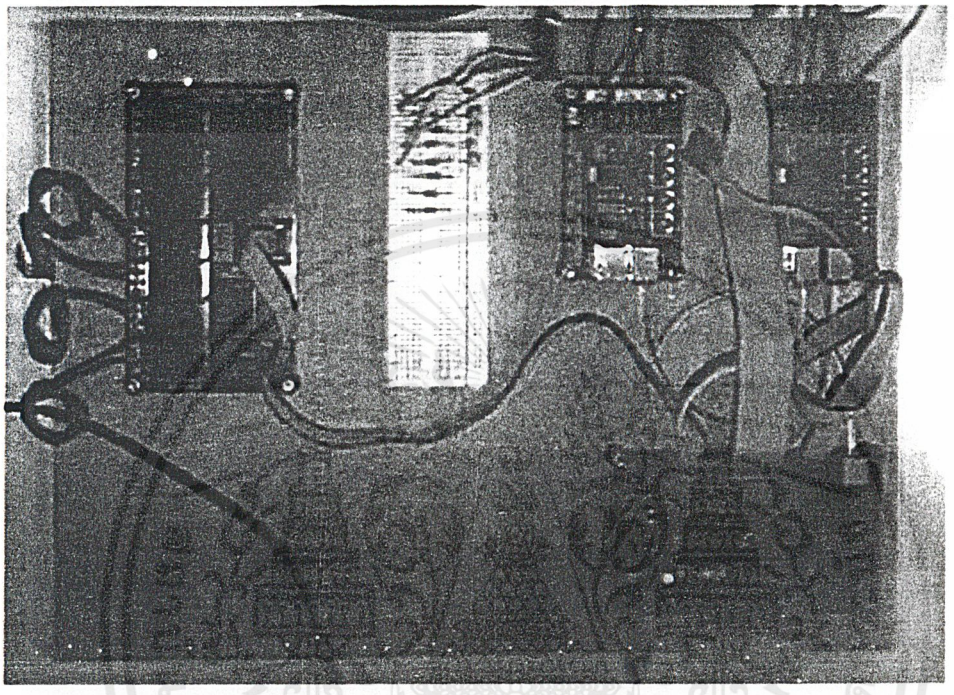


รูปที่ ข.2 ชุดจำลองการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดระเบิด

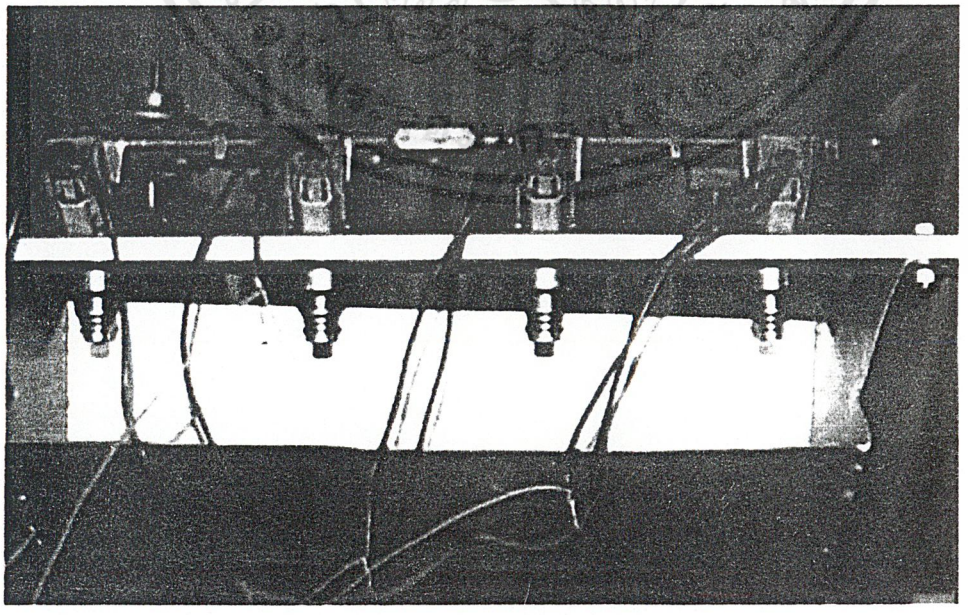
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ชุดบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน ซึ่งประกอบไปด้วย

1. P – BOARD บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน
2. บอร์ดขับรีเลย์ 7 ช่อง1 บอร์ด
3. บอร์ดขยายอินพุตเอาต์พุตผ่านระบบ I^2C 2 บอร์ด
4. ชุดแสดงผลการสั่งจุดระเบิด



รูปที่ ข.3 ชุดบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน



รูปที่ ข.4 หัวฉีดน้ำมันที่นำมาใช้สร้างชุดจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

(1) (นภดล เวชวิฐาน. **เครื่องยนต์หัวฉีด EFI.** พิมพ์ครั้งที่ 12.กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น),2542

(2) H.B.KESWANI. **Internal Combustion Engine.** First edition. Standard Book House,1972

(3) รศ.ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. **หลักการทำงานและการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2541

(4) จำนง ถนอม. **ระบบหัวฉีดเบนซินและระบบเทอร์โบชาร์จ.** กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2533

(5) บัณฑิต บัวบูชา. **การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า.**กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2540

(6) อร่าม เริงฤทธิ์. **ไฟฟ้ารถยนต์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สมุทรปราการ : วิทยาลัยอาชีวศึกษาสมุทรปราการ, 2523

(7) **Wolf 3D version 2.2 Fuel Injection and Ignition Control Computer.** Victoria: Advanced Engine Management Pty. Ltd., 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้