

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด  
SPARK IGNITION ENGINE WITH COMPUTER CONTROL



โดย  
นายจิตวีร์ วิศมพนานุรักษ์  
นายวุฒิพงษ์ หลิมศิริวงษ์  
นายศิระ สายสร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์

อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหม.....  
เลขทะเบียน..... 33899  
วัน, เดือน, ปี..... 20 ก.ย. 2542

นี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ที่ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด

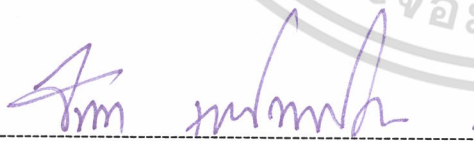
SPARK IGNITION ENGINE WITH COMPUTER CONTROL

จัดทำโดย

นายจิตวีร์ วิศัมพนานุรักษ์

นายวุฒิพงษ์ ทลิมศิริวงษ์

นายศิระ สายสร



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์  
แก๊สโซลีนระบบหัวฉีด

นักศึกษา

นายจิตวีร์ วัฒนพานุรักษ์

รหัสประจำตัว 38014069

นายวุฒิพงษ์ หลิมศิริวงษ์

รหัสประจำตัว 38014482

นายศิระ สายสร

รหัสประจำตัว 38014496

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

พ.ศ.

2542

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์

อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีระบบการป้อนเชื้อเพลิงแบบใช้หัวฉีดจะมีECU (Electronic Control Unit) เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัด คือไม่สามารถปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานที่ต้องการได้ดังนั้นจึงได้ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ โดยศึกษาสัญญาณจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ อาทิเช่น สัญญาณการจุดระเบิด สัญญาณการฉีดน้ำมัน สัญญาณมุมเพลาช้อเหวี่ยง และอื่น ๆ เพื่อนำมาควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์และเป็นประโยชน์ในการวิจัยเครื่องยนต์ใหม่ ๆ ต่อไป

Thesis Title SPARK IGNITION ENGINE WITH COMPUTER CONTROL

Student Mr. Jittawee Visampananurak  
Student ID. 38014069

Mr. Wuthiphong Limsiriwong  
Student ID. 38014482

Mr. Sira Saisorn  
Student ID. 38014496

Degree Bachelor of Engineering

Programme Mechanical Engineering

Year 1999

Thesis Advisor Mr. Chinda Charoenphonphanich  
Mr. Tawatchai Nakpipat



ABSTRACT

Nowadays, Spark Ignition EFI Engine are controlled by ECU, but it has a limitations. When using ECU, the Engine cannot be adjusted as required operating conditions. Therefore, computer program is employed; by doing research from several sensors, such as, Ignition sensor, Crankshaft position sensor, Injection sensor etc, in order to control the operation condition. And in the future it can be beneficial to other Engine research

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเนื้อหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	1
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์.....	3
2.1 หน้าที่ของTCCS.....	3
2.2 ส่วนประกอบของTCCSในเครื่องยนต์ 4A-GE.....	4
2.3 ระบบวินิจฉัยข้อขัดข้อง.....	5
2.4 รหัสข้อขัดข้อง.....	5
บทที่ 3 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์.....	7
3.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์.....	7
3.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ.....	7
3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....	10
3.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง.....	12
3.5 ตัวตรวจจับสูญญากาศ.....	17
3.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน.....	19
3.7 สวิตช์ความร้อน-เวลา.....	22
3.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์.....	24
บทที่ 4 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ.....	31
4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด.....	33
4.3 วงจรไฟฟ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ.....	34
4.4 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์.....	37
4.5 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์.....	38
4.6 วงจรควบคุมการจุดระเบิด.....	39
บทที่ 5 วิธีการทดลองและการคำนวณ.....	41
5.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน.....	41
5.2 วิธีการวัดสัญญาณจากตัวตรวจจับ (Sensor) ของเครื่องยนต์.....	49
5.3 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์.....	50
บทที่ 6 ผลการทดลอง.....	54
6.1 ผลการทดลองการหาสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	54
6.2 ผลการทดลองการวัดสัญญาณ จากตัวตรวจจับ (Sensor) ของเครื่องยนต์.....	57
6.3 ผลการทดลองการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์.....	63
บทที่ 7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	64
7.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	64
7.2 สรุปผลการทดลอง.....	64
7.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น.....	64

### ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

    การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

    ควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์.....66

ภาคผนวก ข โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

    การควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์.....75

บรรณานุกรม.....88

เอกสารที่เผยแพร่โดยสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
6.1 ตารางแสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	54
6.2 ตารางแสดงค่าสัญญาณ Ne- ที่ความเร็วรอบค่าต่างๆ.....	58
6.3 ตารางแสดงค่าสัญญาณ IGt ที่ความเร็วรอบค่าต่างๆ.....	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของ TCCS ในเครื่องยนต์ 4A-GE.....	4
2.2 แสดงรหัสที่แสดงถึงการทำงานอยู่ในสภาวะปกติ.....	5
2.3 แสดงรหัสข้อขัดข้องหมายเลข 2 และ 3.....	6
3.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ.....	8
3.2 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิ.....	8
3.3 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ.....	9
3.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....	10
3.5 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....	11
3.6 กราฟแสดงการปรับส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มความหนาตามอุณหภูมิอากาศ.....	11
3.7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง.....	12
3.8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง แบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด (ON-OFF TYPE).....	13
3.9 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบปิด-เปิด.....	13
3.10 ตำแหน่งหน้าคอนแทกของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะเดินเบา.....	14
3.11 ตำแหน่งหน้าคอนแทกของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะใช้งานปกติ.....	14
3.12 ตำแหน่งหน้าคอนแทกของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะรับภาระสูงสุด.....	15
3.13 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น (Linear Type).....	15
3.14 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น.....	16
3.15 ตัวตรวจจับสูญญากาศ.....	17
3.16 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศ.....	18
3.17 ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสูญญากาศในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE.....	19
3.18 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน.....	20
3.19 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน.....	21
3.20 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ BOSCH.....	21
3.21 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน.....	22
3.22 ส่วนประกอบของสวิตช์ความร้อน-เวลา.....	22
3.23 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะอุณหภูมิต่ำ.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.24 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะแผ่นไบเมทัลได้รับความร้อน.....	24
3.25 สัญญาณการจุดระเบิด .....	25
3.26 การสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีด.....	26
3.27 ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์.....	27
3.28 การสร้างสัญญาณการฉีดของคอมพิวเตอร์.....	28
3.29 กราฟแสดงการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า.....	29
3.30 กราฟแสดงการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง.....	30
4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์.....	31
4.2 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ที่มีระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง.....	32
4.3 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด.....	33
4.4 วงจรไฟฟ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบ L-Jetronic.....	34
4.5 วงจรไฟฟ้าของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด.....	35
4.6 วงจรไฟฟ้าของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท.....	35
4.7 วงจรไฟฟ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน.....	36
4.8 วงจรไฟฟ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 4A-GE.....	37
4.9 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์.....	38
4.10 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์.....	38
4.11 วงจรสัญญาณความเร็วรอบในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE.....	39
4.12 วงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE.....	40
5. 1 แสดงขั้นตอนกระบวนการในโปรแกรมควบคุมสตีปมอเตอร์.....	51
5.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการในโปรแกรมอ่านค่าความเร็วรอบ โดยการแปลงค่าความถี่ของสัญญาณจากเครื่องยนต์.....	52
5.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการในโปรแกรมควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์.....	53
6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ.....	55
6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้ากับความเร็วรอบ.....	55
6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบ.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.4 แสดงรูปสัญญาณ Ne -.....	57
6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ Ne- กับความเร็วรอบ.....	58
6.6 แสดงรูปสัญญาณ IGt.....	59
6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ IGt กับความเร็วรอบ.....	60
6.8 แสดงรูปสัญญาณ Oxygen Sensor .....	61
6.9 แสดงรูปสัญญาณ Injection .....	62
ก.1 ลักษณะของการ์ด ET-PC 8255.....	67
ก.2 ลักษณะการทำงานของการ์ด ET-PC 8255 ที่ Control Word ค่าต่างๆ.....	69
ก.3 แสดงตำแหน่ง Port บน 34 Pin I/O Bus ของการ์ด ET-PC8255.....	70
ก.4 แสดงตัวอย่างการปรับ DIP SW. เพื่อกำหนดค่า Port Address ของการ์ด ET-PC8255.....	71
ก.5 สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	72
ก.6 ลักษณะของวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้.....	72
ก.7 แสดงการรับสัญญาณ Input และการต่อสเต็ปมอเตอร์เข้ากับวงจรขับสเต็ปมอเตอร์.....	73
ก.8 ลักษณะของ วงจรนับความถี่ 4 Bit.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ (Introduction)

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเนื้อหา

เครื่องยนตรบบหัวฉีดในปัจจุบันถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งไปควบคุมการทำงานของหัวฉีด จังหวะการจุดระเบิด รวมไปถึงควบคุมระบบต่าง ๆ ภายในเครื่องยนต์ เป็นผลให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ทั้งนี้ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของเครื่องยนต์ก็จะทำให้เครื่องยนต์นั้นมีสมรรถนะการทำงานแตกต่างไปจากเดิม

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์โดยคอมพิวเตอร์ จึงจำเป็นต้องวัดสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ แล้วนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กัน แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อพัฒนาสมรรถนะของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นต่อไป

### 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ถ้าสามารถทราบถึงความสัมพันธ์ของสัญญาณต่างๆ กับความเร็วรอบได้ จะทำให้สามารถออกแบบโปรแกรมเพื่อตัดแปลงสัญญาณต่างๆ เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป ซึ่งสัญญาณที่แตกต่างกันย่อมทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่แตกต่างกันด้วย

### 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

จะเริ่มจากการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จากนั้นจึงทดลองควบคุมสัญญาณต่างๆ ในการไปเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อให้ได้สมรรถนะที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

- ศึกษาแบบแปลนสายไฟที่ต่อกับ Sensor ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์
- ศึกษาสัญญาณที่ไปควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์
- ศึกษาการทำงานของ Stepping motor
- ศึกษาการทำงานของ ET-PC8255
- เขียน โปรแกรมเพื่อควบคุม Stepping motor
- ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์

ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ 4A-GE จะใช้ระบบการควบคุมที่เรียกว่า TCCS โดยจะควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องยนต์ เช่น ควบคุมระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมการจุดระเบิด วินิจฉัยข้อขัดข้องด้วยตัวเอง

### 2.1 หน้าที่ของTCCS

TCCS มีหน้าที่ที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

#### 1. ควบคุมระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Electronic Fuel Injection :EFI)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) หรือคอมพิวเตอร์จะรับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงดันอากาศในท่อร่วมไอดี อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น และสัญญาณการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์จากตัวเซ็นเซอร์ แล้วกำหนดปริมาณในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะนั้น

#### 2. ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า (Electronic Spark Advance : ESA)

ESA ถูกนำมาใช้แทนชุดเร่งไฟแบบกลไก (Mechanical governor advance) และชุดเร่งไฟเร่งแบบสุญญากาศ (Vacuum advance mechanism) ซึ่งมีใช้ในเครื่องยนต์ทั่ว ๆ ไป จังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมสำหรับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของ ECU ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ECU จะได้รับสภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์จากตัวตรวจจับสัญญาณ และ ECU จะเลือกค่าองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสมจากหน่วยความจำที่บันทึกไว้ จากนั้น ECU จะส่งสัญญาณการจุดระเบิดไปยังตัวช่วยจุดระเบิด (Ignitor) เพื่อสร้างประกายไฟจุดระเบิดตามค่าที่กำหนด

#### 3. การวินิจฉัยข้อขัดข้อง (Diagnosis)

ECU จะบรรจุระบบวินิจฉัยข้อขัดข้องด้วยตัวเองไว้ภายใน สำหรับแสดงผลข้อขัดข้องของตัวSensor แต่ละตัว เมื่อใดก็ตามที่ ECU ตรวจพบความผิดปกติ มันจะส่งสัญญาณเตือนให้ผู้ขับขี่รถยนต์ทราบด้วยสัญญาณไฟ “CHECK ENGINE” ซึ่งติดอยู่บนแผงหน้าปัดของรถยนต์ และในเวลาเดียวกันมันจะบันทึกความผิดปกติของตัวตรวจจับสัญญาณลงในหน่วยความจำ ข้อมูลเหล่านี้จะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

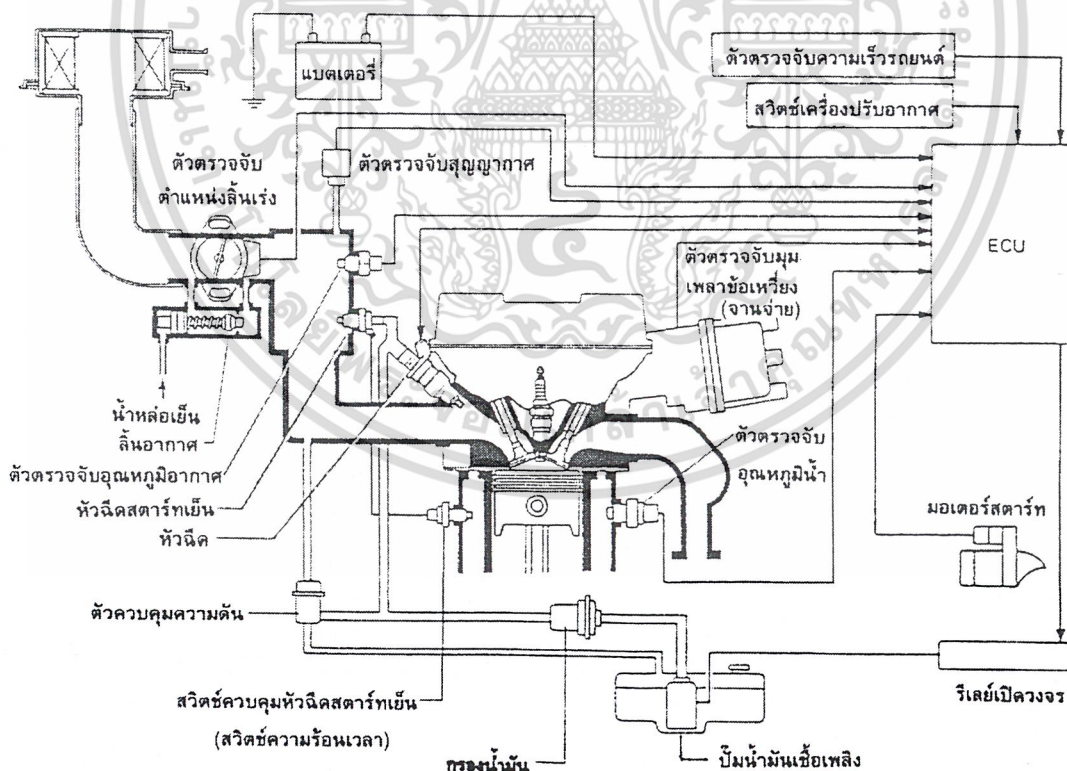
ถูกลบออกไป แม้ว่าสวิตช์จุดระเบิด (Ignition switch) จะถูกปิด ดังนั้นเราสามารถเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำออกมาได้ เมื่อต้องการหาข้อขัดข้องของระบบขณะทำการตรวจซ่อม

#### 4. ป้องกันการทำงานบกพร่อง (Fail-safe Function)

ถ้าตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ตัวใดในระบบมีการทำงานบกพร่อง ECU จะทำการพิจารณาสัญญาณที่ได้รับภายใต้โปรแกรมในหน่วยความจำว่าควรให้เครื่องยนต์ทำงานต่อไป หรือให้เครื่องยนต์หยุดทำงาน เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์

นอกจากหน้าที่ดังกล่าวแล้ว TCCS ยังควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมการปิดเปิดลิ้น ควบคุมการประจุไอดี ในระบบประจุอากาศแบบเปลี่ยนแปลงได้ (T-VIS) ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา และยังมีระบบการทำงานสำรองหรือระบบช่วย (Back-Up Function) เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานต่อไป(แต่ไม่ปกติ) เมื่อมีการขาดวงจรของสัญญาณแรงดัน ไอดี หรือสัญญาณจังหวะการจุดระเบิด

## 2.2 ส่วนประกอบของ TCCS ในเครื่องยนต์ 4A-GE



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของ TCCS ในเครื่องยนต์ 4A-GE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

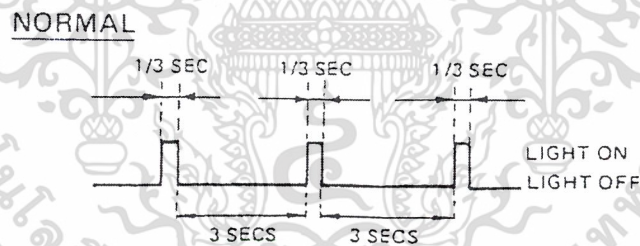
## 2.3 ระบบวินิจฉัยข้อขัดข้อง

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) จะบรรจุระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้องด้วยตัวเองไว้ภายใน สำหรับคอยตรวจจับปัญหาข้อขัดข้องของตัว Sensor และแสดงผลการขัดข้องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ออกทางหลอดไฟ “CHECK ENGINE” ที่ติดตั้งไว้บนแผงหน้าปัดเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ หลอดไฟจะติดสว่างขึ้นให้ผู้ขับขี่รถยนต์ได้ทราบ

ECU จะเก็บข้อมูลความผิดปกติที่ตรวจจับได้ไว้ในหน่วยความจำ และข้อมูลนี้จะอยู่ในหน่วยความจำตลอดไปจนกว่าจะมีการลบข้อมูลออก โดยการถอดขั้วแบตเตอรี่ออก

## 2.4 รหัสข้อขัดข้อง (DIAGNOSTIC CODE)

ข้อมูลความผิดปกติที่ ECU ตรวจจับได้ จะถูกแสดงออกเป็นรหัสในลักษณะของจำนวนครั้งในการกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ (CHECK ENGINE) ดังแสดงในรูป

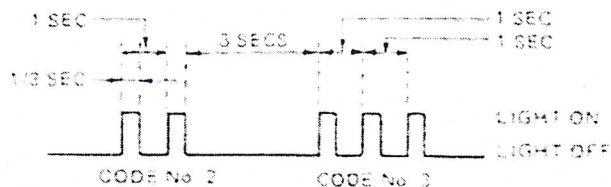


รูปที่ 2.2 แสดงรหัสที่แสดงถึงการทำงานอยู่ในสภาวะปกติ

จากรูป เป็นรหัสที่แสดงถึงการทำงานอยู่ในสภาวะปกติ คือ ไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ CHECK ENGINE จะกระพริบขึ้นทุก 3 วินาที กล่าวคือ หลอดไฟจะสว่าง 1/3 วินาที และดับ 3 วินาที สลับกันไป

สำหรับกรณีที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นหลายจุด หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะแสดงรหัสข้อขัดข้องที่มีค่าน้อยออกมาก่อนเป็นอันดับแรก และจะแสดงรหัสต่อไปเรียงจากรหัสที่มีค่าน้อยไปหามากตามลำดับดังแสดงในรูป

### CODES NO. 2 AND NO. 3



รูปที่ 2.3 แสดงรหัสข้อขัดข้องหมายเลข 2 และ 3

จากรูป เป็นการแสดงรหัสข้อขัดข้องหมายเลข 2 และ 3 หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์จะกระพริบ 2 ครั้งเพื่อแสดงรหัสหมายเลข 2 และดับเป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นจะกระพริบอีก 3 ครั้งเพื่อแสดงรหัสหมายเลข 3 ถ้าหากมีความผิดปกติเพียง 2 จุด หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ก็จะกระพริบ 2 ครั้งและ 3 ครั้งต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการตัดกระแสไฟที่ป้อนเข้ากล่อง ECU

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะแสดงรหัสข้อขัดข้องใน 2 กรณี ดังต่อไปนี้ คือ

1. ขณะเครื่องยนต์มีการทำงาน แล้วมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับสัญญาณต่างๆ จากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) หลอดไฟ “CHECK ENGINE” จะสว่างขึ้น ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์ทราบว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ต้องนำรถเข้ารับการตรวจซ่อม

2. กรณีที่ต้องการตรวจสอบหาข้อขัดข้องของระบบ เมื่อเครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ กรณีนี้จะกระทำในขณะที่เครื่องยนต์ดับ และสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะมีขั้ว T และ E<sub>1</sub> สำหรับสัสดวงจร เพื่อเรียกข้อมูลความผิดปกติที่เก็บไว้ในหน่วยความจำออกมาแสดงผลทางหลอดไฟ เมื่อทำการสัสดวงจรระหว่างขั้ว T และ E<sub>2</sub> หลอดไฟจะกระพริบแสดงรหัสข้อขัดข้องให้ทราบ แล้วนำรหัสที่อ่านได้ไปเทียบกับตารางแปลรหัสข้อขัดข้องในคู่มือซ่อม

## บทที่ 3

# ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

### 3.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

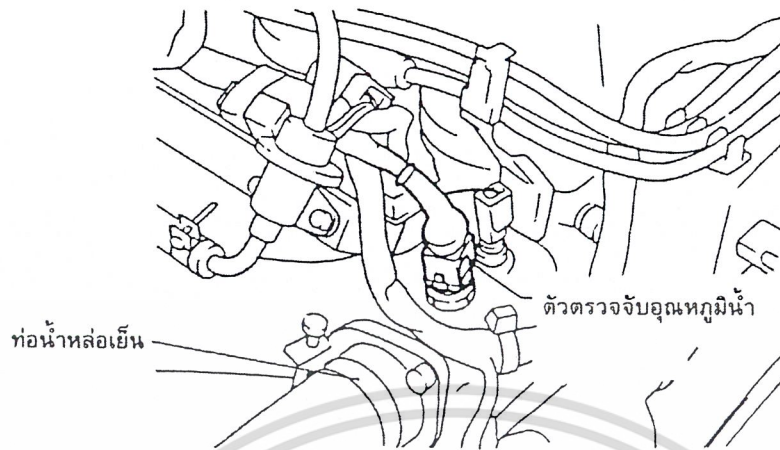
ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญคือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ (Water thermo sensor) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor) ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor) ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum sensor) ตัวตรวจจับการไหลของอากาศ (Air flow sensor) สวิตช์ความร้อน-เวลา (Thermo-time switch) หรือสวิตช์ควบคุมเวลาการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น และหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit:ECU) หรือคอมพิวเตอร์

หมายเหตุ ในเครื่องยนต์หัวฉีดเบนซิน ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ เช่น TCCS ของโตโยต้า, ECCS ของนิสสัน, MOTRONIC ของบริษัท BOSCH จะมีอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นอีก เช่น ตัวตรวจจับมุมเพลลาข้อเหวี่ยง (Crank angle sensor) ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine revolution sensor) ตัวตรวจจับการน็อก (Knock sensor) ตัวตรวจจับความเร็วรถยนต์ (Speed sensor) ฯลฯ

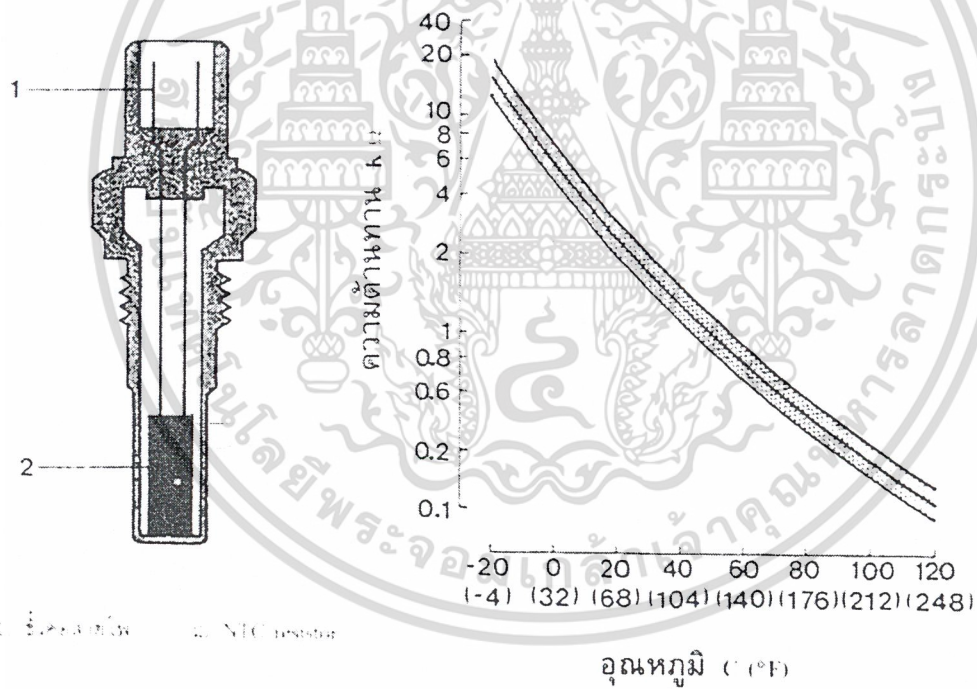
### 3.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ (Water thermo sensor)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการตรวจวัดอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณ ไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำจะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางออกของน้ำหล่อเย็นที่ตัวเครื่องยนต์ ภายในตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ ประกอบด้วยตัวความต้านทานแบบมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ เป็นลบ ที่เรียกว่า NTC resister (NTC ย่อมาจาก Negative temperature coefficient) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จากคุณสมบัติของ NTC resister จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของสัญญาณ ไฟฟ้า สำหรับป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

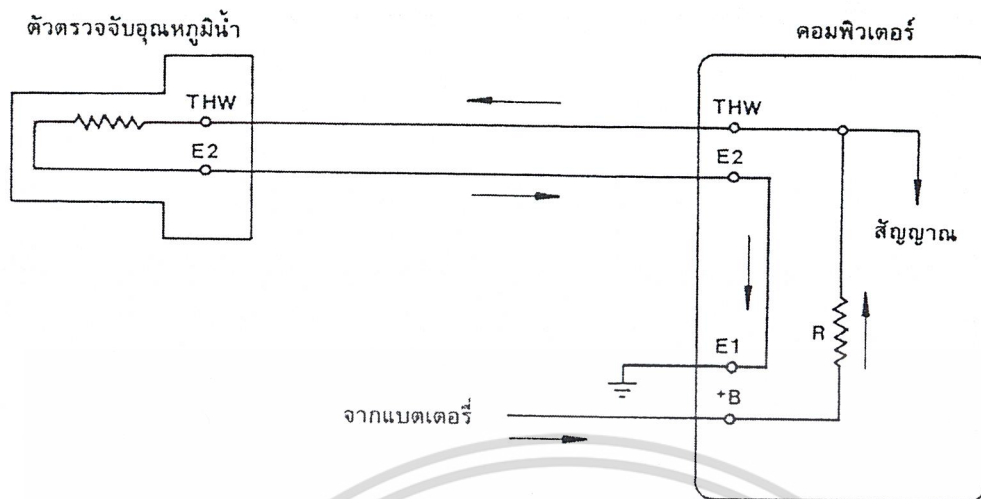


รูปที่ 3.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบและกราฟแสดงค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



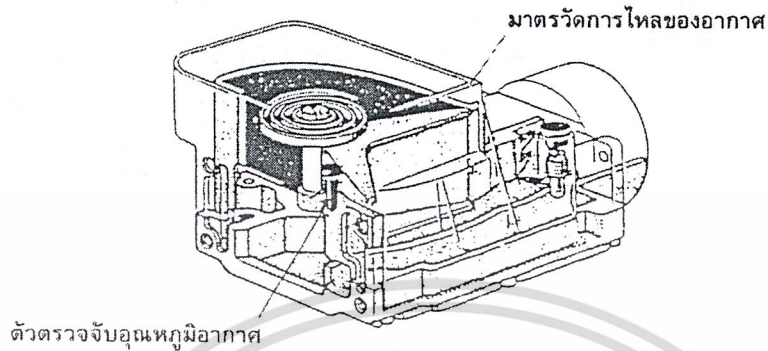
รูปที่ 3.3 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

### 3.2.1 การทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.3 แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ป้อนเข้าที่ขั้ว +B ของคอมพิวเตอร์ แล้วไหลผ่านตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมาลงกราวด์ที่ขั้ว E<sub>1</sub> ขณะน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ ค่าความต้านทานของ NTC resistor จะเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้ว THW และ E<sub>2</sub> สูงขึ้น สัญญาณแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงหนาขึ้นและเมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสูงขึ้น ค่าความต้านทานของ NTC resistor จะต่ำลง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้ว THW และ E<sub>2</sub> ก็จะลดลง ทำให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงและกลับเข้าสู่ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน เมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงถึงค่าที่กำหนด

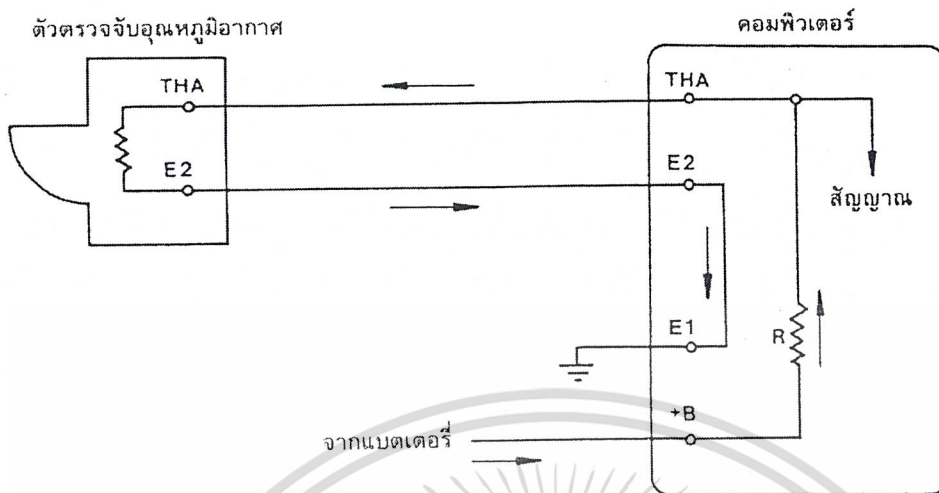
หมายเหตุ คอมพิวเตอร์จะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าค่าที่กำหนดในเครื่องยนต์แต่ละรุ่น เช่น ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นต้น

### 3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ (Air thermo sensor)



รูปที่ 3.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

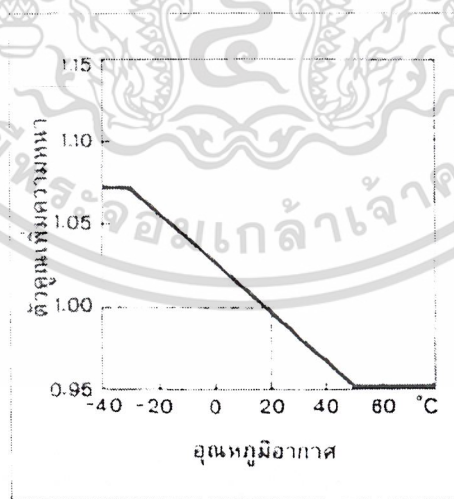
ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางอากาศเข้ากระบอกลูกสูบ เช่น ที่กรองอากาศ, ภายในตัวมาตรวัดการไหลของอากาศ (Air flow meter) หรือที่ห้องประจุไอดี ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกลูกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้เหมาะสมกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป จากหลักการของระบบฉีดปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกลูกสูบ จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์คำนวณหาระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี แต่ด้วยเหตุที่อุณหภูมิของอากาศมีค่าไม่คงที่ ทำให้น้ำหนักต่อปริมาตรของอากาศ (ความหนาแน่น) เปลี่ยนไป คือจะมีน้ำหนักต่อปริมาตรน้อยลงเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักอากาศนี้ จึงเป็นเหตุให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ได้จากการฉีดของหัวฉีดมีค่าที่ไม่เที่ยงตรง กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น น้ำหนักของอากาศต่อปริมาตรจะน้อยลง ทำให้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงหนาขึ้น และในทางตรงกันข้าม ส่วนผสมของเชื้อเพลิงจะบาง เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำลง ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนี้ จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำ และลดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น



รูปที่ 3.5 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

3.3.1 การทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศจะมีโครงสร้างและการทำงานเหมือนกับตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ คอมพิวเตอรืจะเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำกว่า 20°C และจะลดเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 20°C

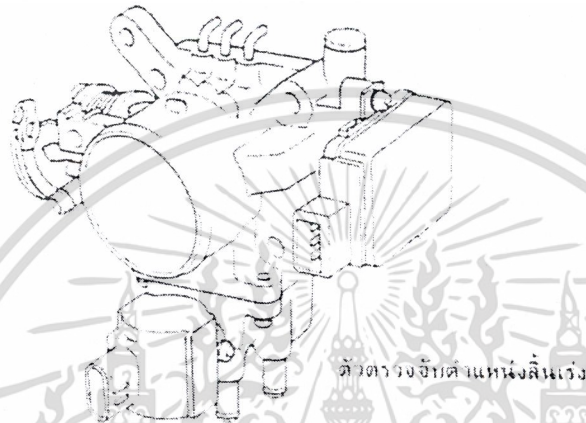


รูปที่ 3.6 กราฟแสดงการปรับส่วนของเชื้อเพลิงผสมเพิ่มความหนาตามอุณหภูมิอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle position sensor)

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะทำหน้าที่บอกตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง (บอกสถานะการรับภาระของเครื่องยนต์) ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือ ตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด

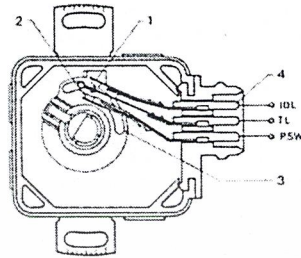


รูปที่ 3.7 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งที่ใช้ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ โดยจะแตกต่างกันที่รูปร่างภายนอกและ โครงสร้างภายในตามแต่บริษัทผู้สร้าง แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีหน้าที่และการทำงานคล้ายคลึงกัน ในขั้นตอนนี้จะขอกกล่าวถึงเพียง 2 แบบ ซึ่งเป็นของเครื่องยนต์โตโยต้า คือ

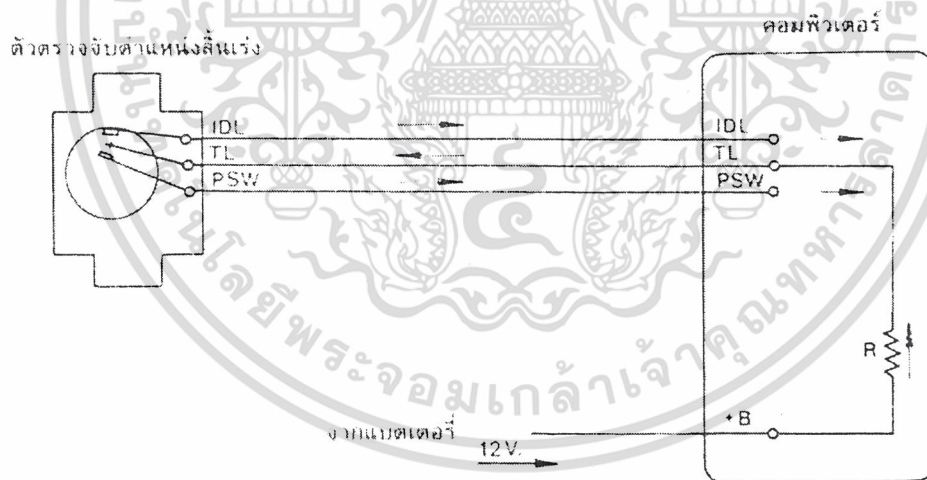
- แบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด (ON-OFF TYPE)
- แบบเชิงเส้น (Linear Type)

### 3.4.1 แบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด (ON-OFF TYPE)



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด (ON-OFF TYPE)

ภายในตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง จะเป็นสวิตช์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้า สวิตช์นี้จะทำงานด้วยร่องลูกเบี้ยว (Guide cam) ที่หมุนไปพร้อมๆกับเพลลาของลิ้นเร่ง คือ เมื่อลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งปิด คอนแทกตำแหน่งเดินเบาจะสัมผัสกัน (ขั้ว TL และ PSW ต่อถึงกัน)

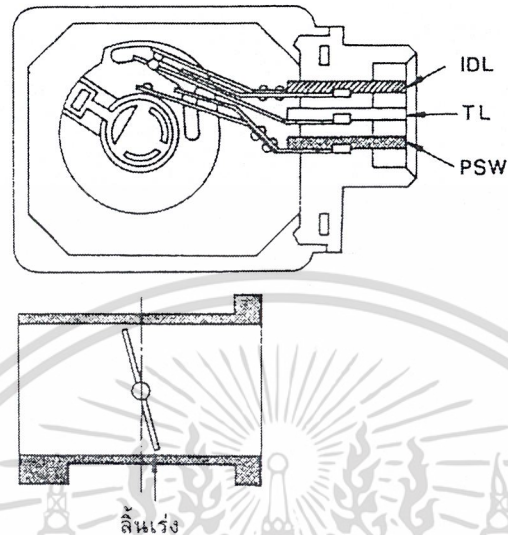


รูปที่ 3.9 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบปิด-เปิด

การทำงานของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบหน้าสัมผัสปิด-เปิด

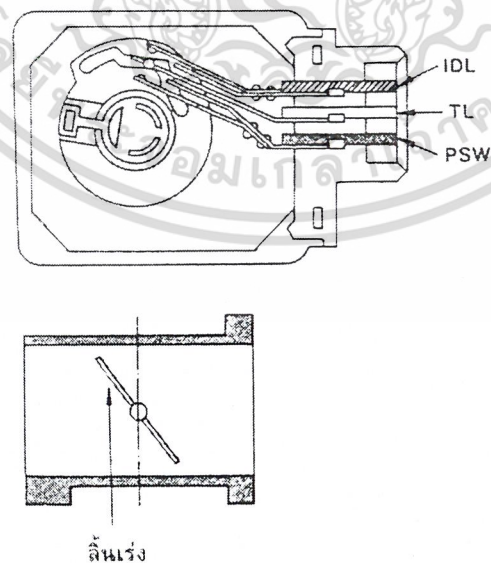
ตำแหน่งเดินเบา ลิ้นเร่งจะปิดหรือเปิดเพียงเล็กน้อยหน้าคอนแทกตำแหน่งเดินเบา (Idle point) จะสัมผัสกัน แรงดันไฟฟ้าจากขั้ว TL จะไหลผ่านไปยังขั้ว IDL ป้อนเข้าคอมพิวเตอรื สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกใช้ป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอรื เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะเดินเบาเครื่องยนต์ และทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ลงทันทีทันใด



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะเดินเบา

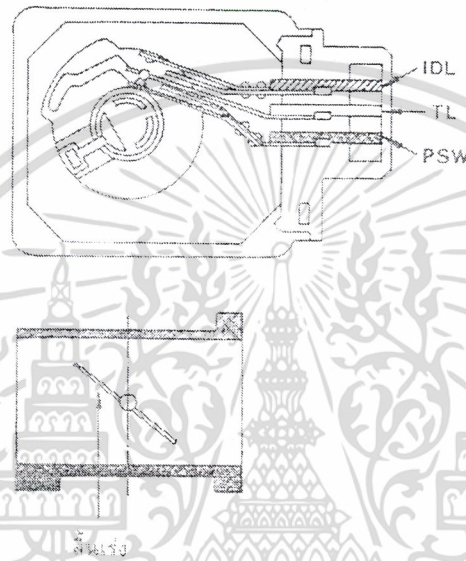
ตำแหน่งใช้งานตามปกติ (Part load) ลิ้นเร่งเปิดกว้างขึ้นแต่ยังไม่เต็มที่ ในสภาวะนี้จะไม่มี การต่อกันของหน้าคอนแทคตำแหน่งเดินเบาหรือคอนแทคตำแหน่งรับภาระสูงสุด (Power point) ดังนั้น ในตำแหน่งนี้จะไม่มีสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งหน้าคอนแทคของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งขณะใช้งานปกติ

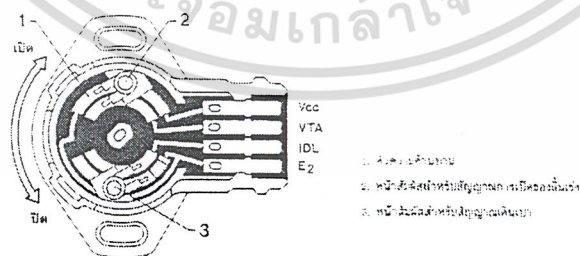
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งรับภาระสูงสุด (Full load) ลินเร่งเปิดประมาณ 50°-60° จากตำแหน่งปิด หน้าคอนแทกตำแหน่งรับภาระสูงสุดจะสัมผัสกัน ทำให้แรงดันไฟฟ้าจากขั้ว TL ไหลผ่านไปยังขั้ว PSW ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อบอกตำแหน่งรับภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ สัญญาณไฟฟ้านี้จะเป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่หนาขึ้นตามความต้องการของเครื่องยนต์



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งหน้าคอนแทกของตัวตรวจจับตำแหน่งลินเร่งขณะรับภาระสูงสุด

### 3.4.2 แบบเชิงเส้น (Linear Type)

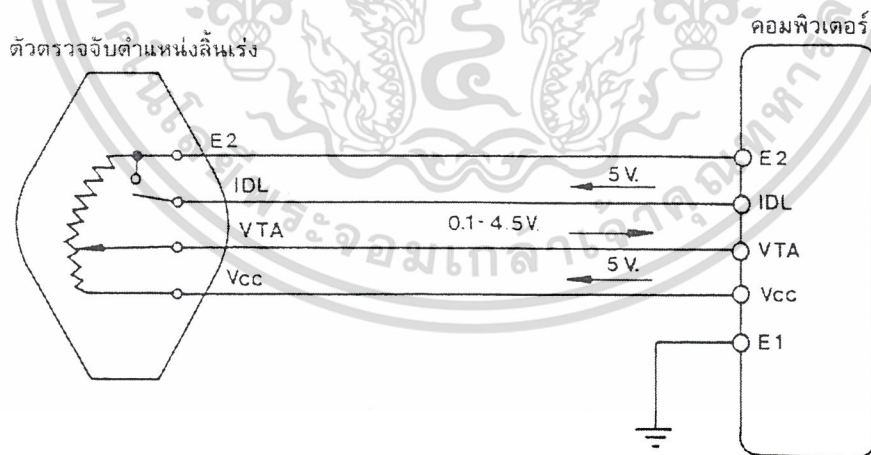


รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับตำแหน่งลินเร่งแบบเชิงเส้น (Linear Type)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบนี้จะประกอบด้วยแผ่นเลื่อน 2 ตัว (หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา และสัญญาณมุมการเปิดของลิ้นเร่ง) แผ่นเลื่อน 2 ตัวนี้จะหมุนเคลื่อนไปพร้อมกับลิ้นเร่ง โดยแผ่นเลื่อนหมายเลข 2 สัมผัสไปบนตัวความต้านทานที่อยู่ระหว่างขั้ว VCC และ  $E_2$  เมื่อลิ้นเร่งเปิด แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ดังแสดงในรูปที่ 3.13) ซึ่งมีผลให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และขั้ว VTA เปลี่ยนแปลงไป(ลดลง) จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และ VTA ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งนี้จะถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณไฟฟ้าบอกตำแหน่งของลิ้นเร่งให้กับคอมพิวเตอร์ สำหรับแผ่นเลื่อนหมายเลข 3 (หน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณเดินเบา) ในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา (ลิ้นเร่งปิด) แผ่นเลื่อนจะต่อวงจรระหว่างขั้ว IDL และ  $E_2$  เมื่อเร่งเครื่องยนต์ขึ้นเล็กน้อย แผ่นเลื่อนจะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาทำให้ขั้ว 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  $E_2$  จะนำไปใช้สำหรับบอกสถานะเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หรือตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะลดความเร็วรอบเครื่องยนต์อย่างทันทีทันใด เช่น ขณะทำการเบรก



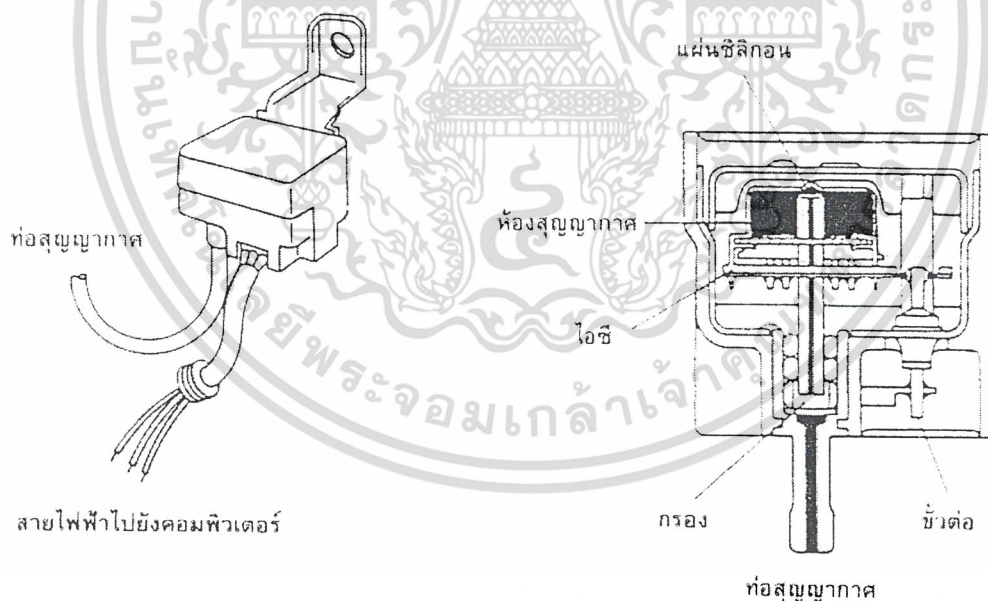
รูปที่ 3.14 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งแบบเชิงเส้น

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.14 แรงดันไฟฟ้าประมาณ 5 V. จากคอมพิวเตอร์ จะป้อนเข้าที่ขั้ว VCC และ IDL ของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ในตำแหน่งเครื่องยนต์เดินเบา ลิ้นเร่งปิด หน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบาจะต่อขั้ว IDL และ  $E_2$  ทำให้ไฟฟ้าจากขั้ว IDL ลงกราวด์ที่ขั้ว  $E_2$  การลงกราวด์ของด้านกราวด์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าที่ขั้ว E<sub>2</sub> นี้จะเป็นการบอกตำแหน่งเดินเบาของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ สำหรับที่ขั้ว VTA ในตำแหน่งเดินเบาจะมีแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพียงเล็กน้อย (ประมาณ 0.1V.) และเมื่อทำการเร่งเครื่องยนต์ หน้าคอนแทกสัญญาณเดินเบาจะเปิดออก ไฟฟ้าจากขั้ว IDL จะไม่ลงกราวด์ที่ขั้ว E<sub>2</sub> ทำให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าเครื่องยนต์ไม่ได้อยู่ในสภาวะเดินเบา ส่วนหน้าคอนแทกสัญญาณการเปิดของลิ้นเร่งจะหมุนเลื่อนไปบนแผ่นความต้านทาน ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC และ VTA มีค่าลดลง กล่าวคือ เมื่อมุมการเปิดของลิ้นเร่งเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานจะมีค่าน้อยลง ซึ่งมีผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว VTA มีค่าเพิ่มขึ้นตามมุมการเปิดของลิ้นเร่ง จากประมาณ 0.1 V. ขณะลิ้นเร่งปิด จนถึงประมาณ 4.5 V. เมื่อลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว VTA นี้ จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาวะการเร่งเครื่องยนต์

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

### 3.5 ตัวตรวจจับสัญญาณสุญญากาศ (Vacuum sensor)

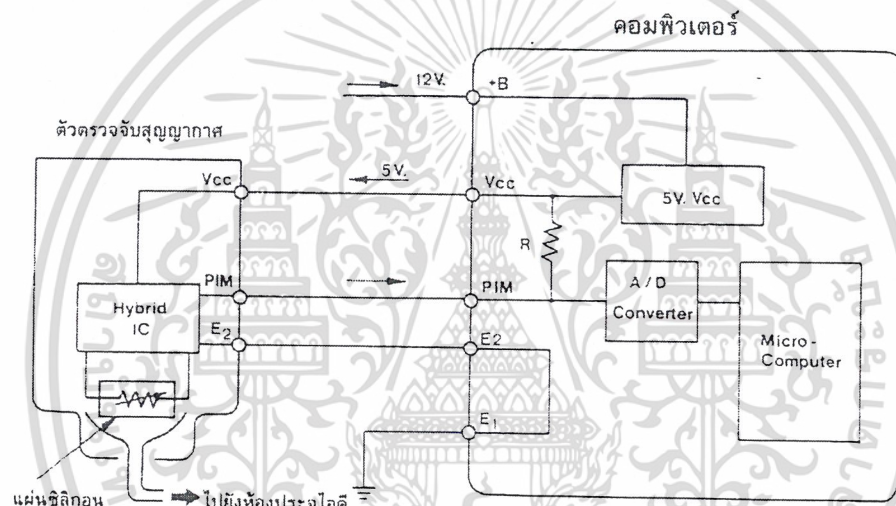


รูปที่ 3.15 ตัวตรวจจับสัญญาณสุญญากาศ

ตัวตรวจจับสัญญาณสุญญากาศจะทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic Injection time) ของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในตัวตรวจจับสัญญาณจะประกอบด้วย ตัวความต้านทาน (Resistor) ที่ทำจากแผ่นซิลิกอนต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับตัวไอซี (IC) แผ่นซิลิกอนจะถูกต่อกับปลายท่อสัญญาณที่ต่อมาจากท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์ เพื่อทำการตรวจวัดแรงดันของอากาศที่เปลี่ยนไป ขณะเครื่องยนต์ทำงาน แผ่นซิลิกอนจะมีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันของอากาศที่กระทำกับแผ่นซิลิกอน สำหรับตัวไอซีจะมีหน้าที่เปลี่ยนความต้านทานของแผ่นซิลิกอนเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าแรงดันของอากาศจากท่อร่วมไอดีที่กระทำกับแผ่นซิลิกอน กล่าวคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจะสูง เมื่อแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีสูง (เป็นสัญญาณน้อย)

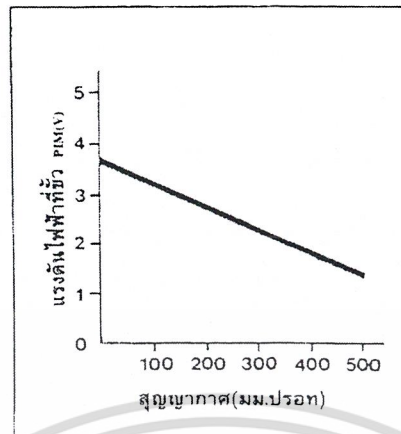


รูปที่ 3.16 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณ

### 3.5.1 การทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ

จากวงจรไฟฟ้า ตัวตรวจจับสัญญาณจะได้รับแรงดันไฟฟ้าคงที่ประมาณ 5 V. จากขั้ว Vcc ของคอมพิวเตอร์ ในตำแหน่งที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลื่นเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ (เป็นสัญญาณมาก) ตัวตรวจจับสัญญาณจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำ ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว PIM คอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณ หากลื่นเร่งเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบมากขึ้น แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะสูง ตัวตรวจจับสัญญาณจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณอากาศในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

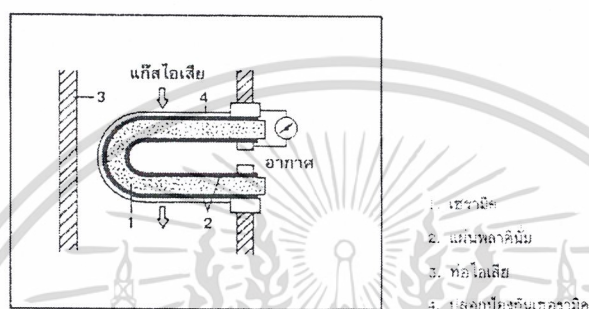
### 3.6 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen sensor or Lambda sensor)

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณออกซิเจน ( $O_2$ ) ในแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ และส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้ทำการปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1)

ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่ในสภาวะปกติ เครื่องยนต์จะต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ คอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับสภาวะการทำงาน (Sensor) ต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมที่ได้จากการควบคุมของคอมพิวเตอร์นี้ อาจมีความเบี่ยงเบนไปจากค่า 14.7:1 ได้เนื่องจากสาเหตุของความบกพร่องหรือความคลาดเคลื่อนในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ การเบี่ยงเบนไปของอัตราส่วนผสมนี้ สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบหนา การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ เนื่องจากอากาศมีน้อย ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียมีน้อย และในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบบาง ปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียจะมากจากปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิกชนิดพิเศษที่ทำจาก เซอโคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) ฉาบผิวด้วยแผ่นแพลตินัม (Platinum plate) ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนไว้ทั้งด้านนอกและด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์ ให้แผ่นพลาสติกนํมที่ฉาบอยู่ทางด้านนอกของ เซรามิก ได้สัมผัสกับแก๊สไอเสีย ส่วนแผ่นพลาสติกนํมทางด้านในของเซรามิกจะต่อกับบรรยากาศ ภายนอก สำหรับปลอกป้องกันตัวเซรามิก จะเป็นท่อโลหะที่มีช่องให้แก๊สไอเสียผ่านไปยังแผ่นพ ลาสติกนํมและเซรามิกได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็กๆ ที่ปนอยู่ในแก๊สไอเสียกระทบ กับตัวเซรามิก



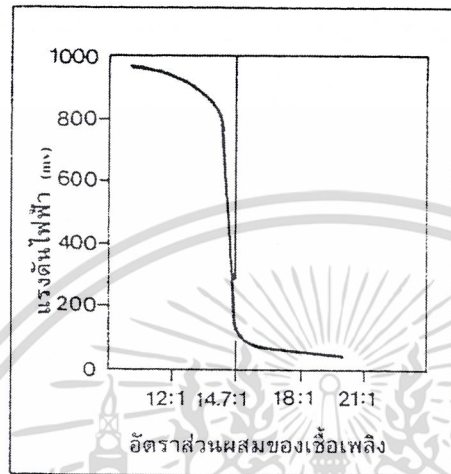
รูปที่ 3.18 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

### 3.6.1 การทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะเปรียบเสมือนแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่มีการจ่ายค่าแรงดันไฟ ฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณออกซิเจนที่ได้รับจากแก๊สไอเสีย ในการทำงานของตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน จะอาศัยความแตกต่างของจำนวนอิเล็กตรอนระหว่างแผ่นพลาสติกนํมที่ฉาบไว้ทั้ง สองด้านของเซรามิก และการเป็นตัวนำทางไฟฟ้าของเซรามิก เมื่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ได้รับออกซิเจนจากแก๊สไอเสีย แผ่นพลาสติกนํมจะมีอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้น โดยแผ่นพลาสติกนํมใน ส่วนที่ต่อกับบรรยากาศภายนอก ซึ่งได้รับออกซิเจนจำนวนมาก จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมาก ส่วน แผ่นพลาสติกนํมที่สัมผัสกับแก๊สไอเสีย จะได้รับออกซิเจนน้อยกว่าก็จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นน้อย สำหรับเซรามิกนั้นเมื่อได้รับออกซิเจนและความร้อนจากแก๊สไอเสียจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟ ฟ้า ทำให้มีการถ่ายเทของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในแผ่นพลาสติกนํมทั้งสอง ดังนั้น ถ้าหากมีการต่อแผ่นพ ลาสติกนํมทั้งสองเข้าด้วยกันเป็นวงจรถ้าจะทำให้มีกระแสไหล

จากการทำงานดังกล่าว จะมีแรงดัน ไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน ประมาณ 100-900 mV โดยแปรผันไปตามปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสีย ซึ่งมีผลมาจากค่าอัตราส่วน ผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ (ดังแสดงในรูปที่ 3.19) หากอัตราส่วน ผสมหนาขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเข้าใกล้ 900 mV และจะลดค่าลงเข้าใกล้ 100 mV เมื่ออัตรา ส่วนผสมบางลง (ค่าแรงดัน ไฟฟ้าจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนนี้จะเชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อตัวตรวจ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

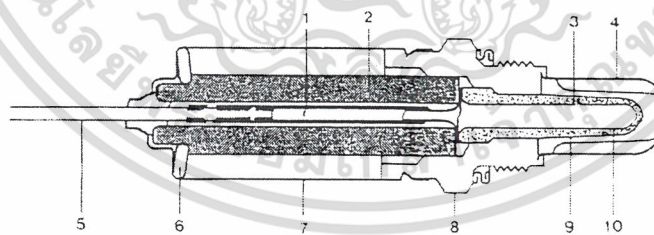
จับปริมาณออกซิเจนมีอุณหภูมิสูงถึง  $350^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากเซรามิกจะมีความต้านทานสูงเมื่ออุณหภูมิต่ำ) จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้นี้ จะถูกใช้เป็นข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด



รูปที่ 3.19 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

ในการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีผลต่อการปรับอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงมีการเบี่ยงเบนไปจากอัตราส่วนผสมตามทฤษฎีไม่มากนัก

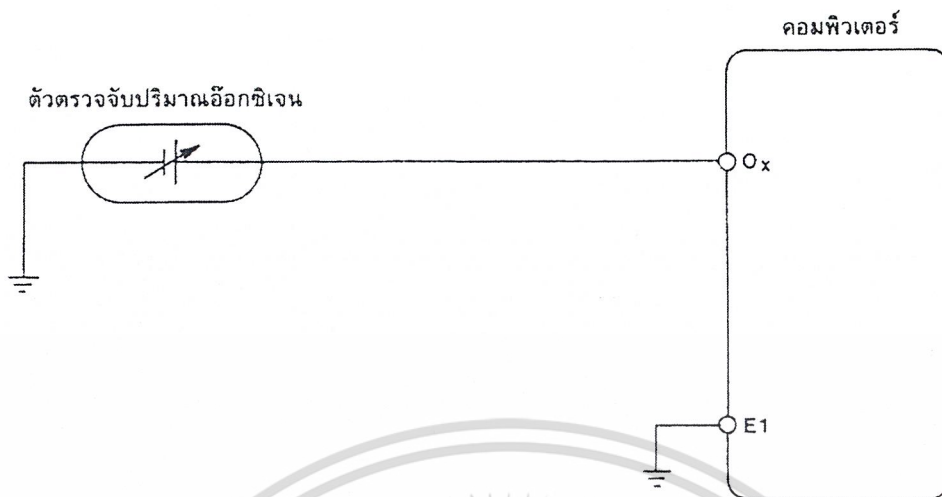
หมายเหตุ ในเครื่องยนต์บางรุ่นจะ ไม่มีตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน



- |                         |                         |                  |
|-------------------------|-------------------------|------------------|
| 1. จุดต่อสัญญาณไฟฟ้า    | ๕. ตัวลู่ป้องกันเซรามิก | ๘. เซรามิก       |
| ๒. ปกป้องป้องกันเซรามิก | ๖. ก๊าซดีออกไซด์        | ๙. สปริง         |
| ๓. ปกป้องป้องกัน        | ๗. ตัวเชื่อม            | ๑๐. แผ่นพลาตินัม |
| ๔. แผ่นพลาตินัม         |                         |                  |

รูปที่ 3.20 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนของ BOSCH

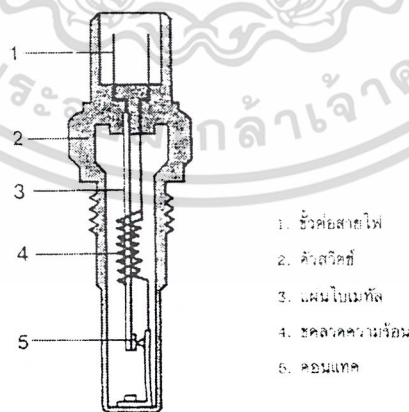
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

### 3.7 สวิตซ์ความร้อน-เวลา (Thermo-time switch)

สวิตซ์ความร้อน-เวลา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดระยะเวลาในการนึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดสตาร์ทเย็นให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เชื้อเพลิงถูกฉีดออกมามากเกินไปจนเกิดความจำเป็นจนเกิดการน้ำมันท่วม และป้องกันไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง



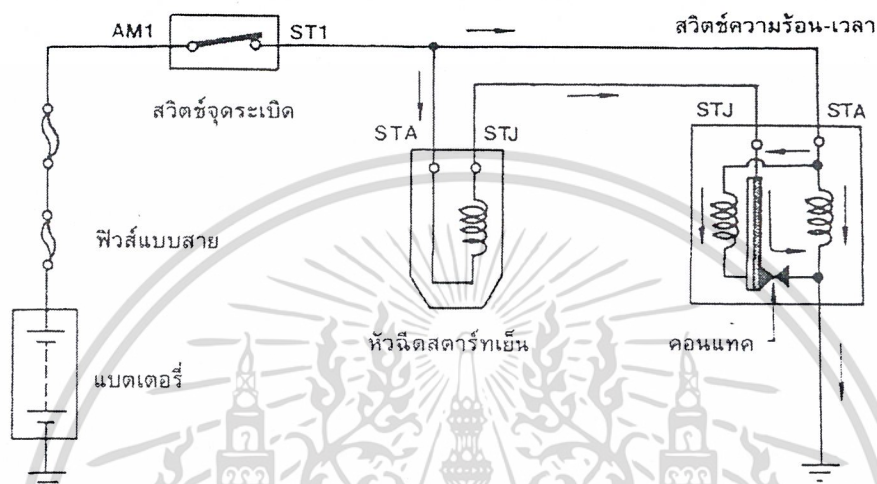
- 1. ครอบสายไฟ
- 2. ตัวสวิตซ์
- 3. แผ่นไบเมทัล
- 4. ชุดลวดความร้อน
- 5. ครอบแท่ง

รูปที่ 3.22 ส่วนประกอบของสวิตซ์ความร้อน-เวลา

สวิตซ์ความร้อน-เวลา จะถูกติดตั้งไว้บริเวณช่องทางน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ภายในตัว  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกระใช้งานเพื่อกรณีศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 สวิตซ์ประกอบด้วยแผ่นโลหะ ไบเมทัล (Bimetal) พันด้วยขดลวดความร้อน (Heating winding) 2  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขด และที่ส่วนปลายของแผ่น ไบเมทัล จะเป็นคอนแทค (Contact) สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็น

### 3.7.1 การทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา

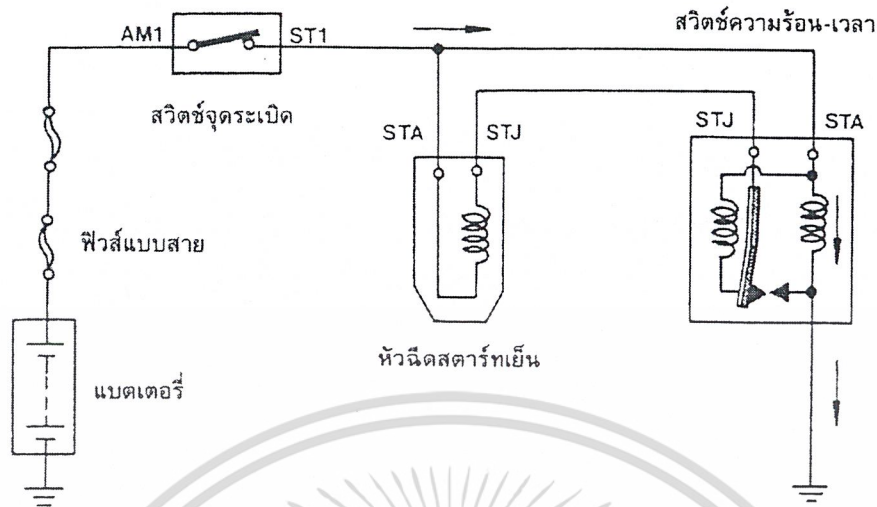


รูปที่ 3.23 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิตช์ความร้อน-เวลา ขณะอุณหภูมิต่ำ

สวิตช์ความร้อน-เวลา จะทำงานด้วยความร้อนจากเครื่องยนต์และความร้อนจากขดลวดความร้อน ที่ได้รับกระแสไฟฟ้ามาจากขั้วสตาร์ท (ST) ของสวิทช์จุดระเบิด (Ignition switch) ในการทำงาน สวิตช์ความร้อน-เวลาจะต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับหัวฉีดสตาร์ทเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.23

ขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ หน้าคอนแทคของสวิตช์ความร้อน-เวลาจะปิด เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์กระแสไฟฟ้าจากขั้วสตาร์ทของสวิทช์จุดระเบิดจะไหลเข้าขดลวด โซลินอยของหัวฉีดสตาร์ทเย็น มาลงกราวด์ครบวงจรที่หน้าคอนแทคของสวิตช์ความร้อน-เวลา หัวฉีดสตาร์ทเย็นก็จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา และในเวลาเดียวกันนี้กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าขดลวดความร้อนทั้ง 2 ขด ของสวิตช์ความร้อน-เวลา มาลงกราวด์ที่ตัวสวิตช์ (Housing) ซึ่งยึดติดกับตัวเครื่องยนต์ ทำให้แผ่นไบเมทัลมีอุณหภูมิสูงขึ้น หากเครื่องยนต์ยังสตาร์ทไม่ติดและสวิทช์จุดระเบิดยังอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท แผ่นไบเมทัลจะร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดการโก่งตัวทำให้คอนแทคที่ปลายแผ่นไบเมทัลแยกออกจากกัน วงจรไฟฟ้าของหัวฉีดสตาร์ทเย็นก็จะถูกตัด ไม่สามารถลงกราวด์ครบวงจรได้ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะหยุดลง และเมื่อคอนแทคแยกออกจากกันแล้ว จะเหลือขดลวดความร้อนอีกขดหนึ่งที่ยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (ดังแสดงในรูปที่ 3.24) เพื่อป้องกันไม่ให้คอนแทคกลับมาต่อกันอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 วงจรไฟฟ้าและการทำงานของสวิทช์ความร้อน-เวลา ขณะแผ่นไบเมทัลล์ได้รับความร้อน

ในกรณีที่ขณะสตาร์ท เครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง คอนแทคของสวิทช์ความร้อน-เวลา จะแยกออกจากกันเร็วขึ้น เนื่องจากแผ่น ไบเมทัลล์ ได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์อยู่แล้วซึ่ง ทำให้ระยะเวลาในการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็นน้อยลง นอกจากนี้ หากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนด เช่น  $35^{\circ}\text{C}$  (อุณหภูมินี้ขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์ในแต่ละรุ่น) คอนแทคของสวิทช์ความร้อน-เวลา จะแยกออกจากกันตั้งแต่ยังไม่ได้ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ดังนั้น เมื่อทำการสตาร์ทก็จะมีเชื้อเพลิงจากหัวฉีดสตาร์ทเย็น จากการ ทำงานของสวิทช์ความร้อน-เวลา ดังกล่าวข้างต้นจะเป็นการควบคุมไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมาเกินความจำเป็น และควบคุมไม่ให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง

หมายเหตุ สวิทช์ความร้อน-เวลา (Thermo time switch) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สวิทช์ควบคุมเวลาในการฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็น (Cold start injector time switch)

### 3.8 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่าง ๆ

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ตัวความต้านทาน ไคโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ และไอซี ฯลฯ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นี้นิยมเรียกกันว่า "เอกซารันเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น" ไม่นับญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์" เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ ๆ ในปัจจุบัน ได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับการตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ (sensor)

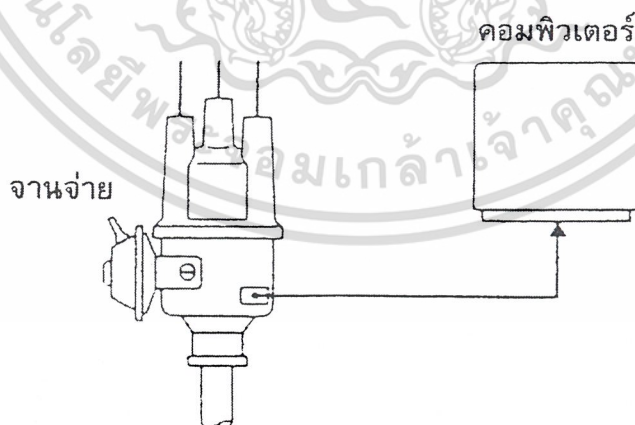
หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นแรก ๆ จะมีหน้าที่อยู่เพียง 2 ประการใหญ่ ๆ คือควบคุมจังหวะการฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ระบบฉีดที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบนี้จะเรียกว่า " ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา"

สำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาให้มีหน้าที่การทำงานหลายอย่างเพิ่มขึ้นจากเดิมเช่น ควบคุมการจุดระเบิด ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงวินิจฉัยข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบหน่วยควบคุมแบบที่มีหน้าที่หลาย ๆ อย่างนี้ จะมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันตามบริษัทผู้ผลิตเช่น TCCS, ECCS, MOTRONIC เป็นต้น

ในเบื้องต้นจะขอกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ในระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา

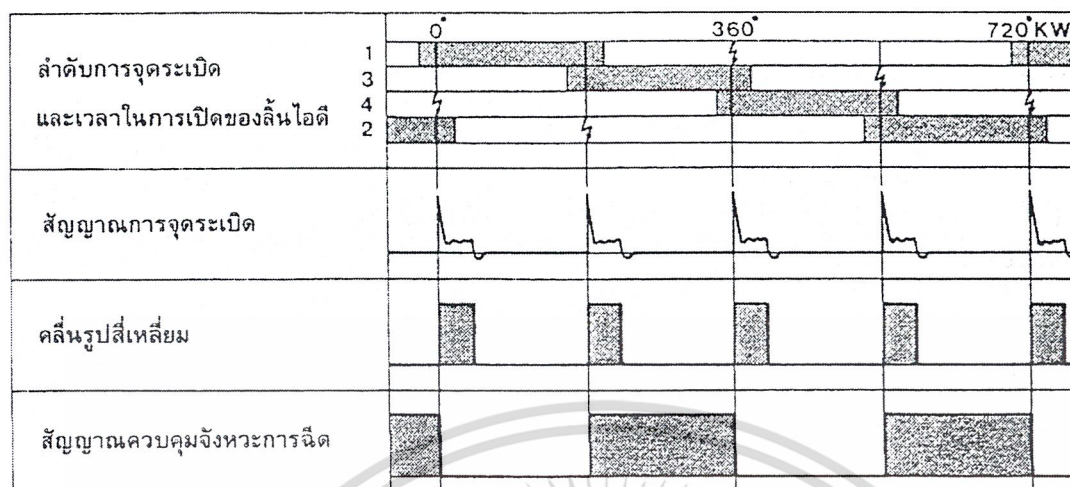
### 3.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีด

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดีเป็นช่วง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้ง ต่อการหมุนของเพลลาข้อเหวี่ยง 1 รอบ จังหวะการฉีดและการเริ่มต้นฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากขั้วงานจ่ายหรือที่ขั้วลบของคอยล์จุดระเบิด



รูปที่ 3.25 สัญญาณการจุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีด

คอมพิวเตอร์จะคอยตรวจจับสัญญาณจากการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม หลังจากนั้นสัญญาณนี้ซึ่งมีอยู่ 4 ช่วงคลื่นในเครื่องยนต์ 4 สูบและ 6 ช่วงคลื่นในเครื่องยนต์ 6 สูบ จะถูกวางจโรอิเล็กทรอนิกส์ลดลงเหลือเพียง 2 ช่วงคลื่น สำหรับนำไปควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ดังแสดงในรูป 3.27 ดังนั้นใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 2 ครั้ง

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดทั้ง 2 ครั้ง จะกระทำโดยไม่คำนึงถึงระดับการจุดระเบิด และตำแหน่งการปิดเปิดของลิ้นไอดี กล่าวคือ หัวฉีดทุกตัวจะทำการฉีดน้ำมันพร้อมกัน กรณีที่น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกในขณะที่ลิ้นไอดีปิด ฝอยละอองน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีและจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบพร้อมกับอากาศในจังหวะดูดของรอบการทำงานต่อไป แม้ว่าฝอยละอองของน้ำมันจะค้างอยู่ในท่อไอดีก็ตาม แต่จะไม่มีปัญหาเรื่องฝอยละอองน้ำมันรวมตัวกันเป็นหยด เพราะใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์มีระยะเวลาที่น้อยมาก พร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดเข้าไปนั้นมีความเร็วค่อนข้างสูง

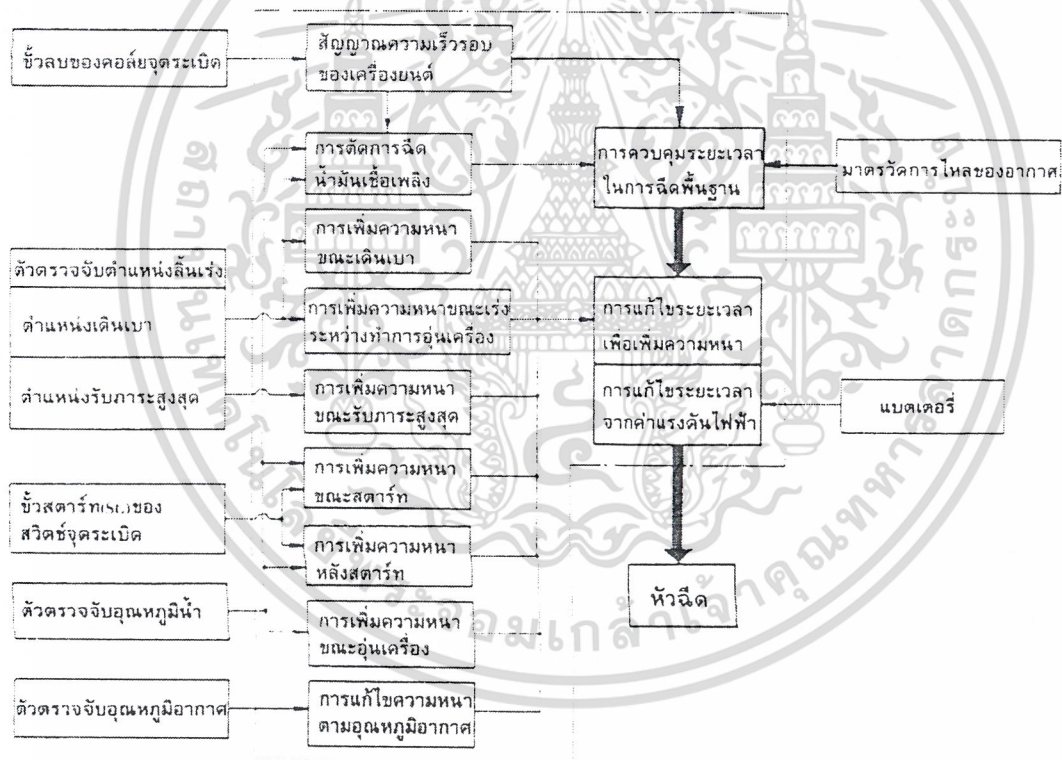
### 3.8.2 การควบคุมระยะเวลาในการฉีด

การควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วย

1. การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน
2. การแก้ไขระยะเวลาเพื่อเพิ่มความหนาของเชื้อเพลิง
3. การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า
4. การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

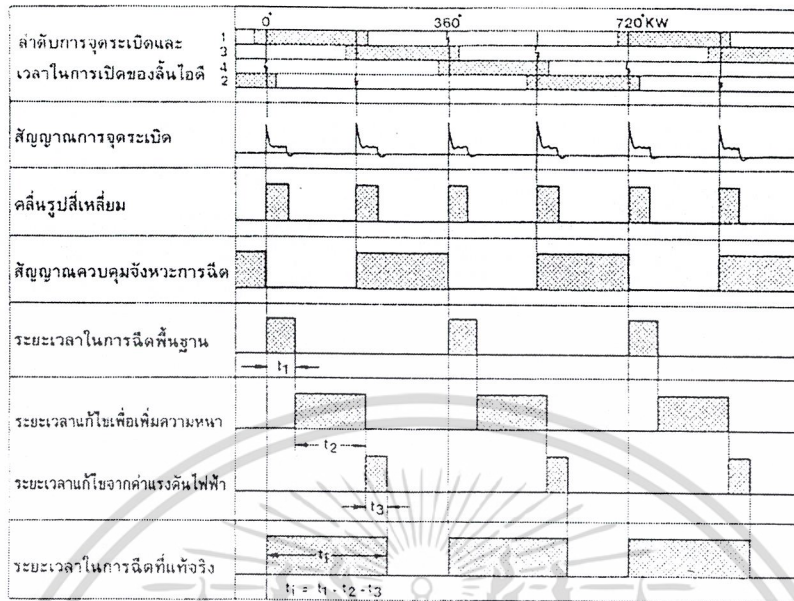
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดในรูปที่ 3.28 คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (ระยะเวลาของสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้าหัวฉีด) จากสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศ หลังจากนั้นระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจะถูกขยายให้มีช่วงเวลาที่ยาวขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาของอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้นนั้น โดยคอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับ(sensor) ต่าง ๆ สูดทหายระยะเวลาในการฉีดที่ได้จากข้างต้น จะถูกแก้ไขให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าแรงดันตามปกติ (12V) ดังนั้นระยะเวลาในการฉีดที่แท้จริงของหัวฉีดที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์จะเท่ากับ ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนา + ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.27 ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์

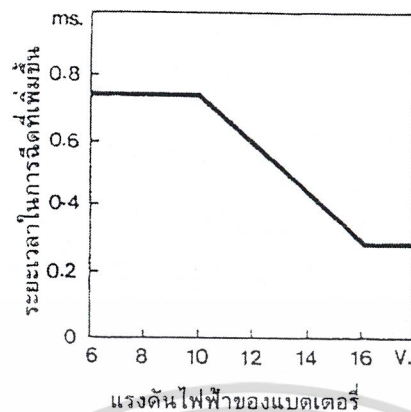
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 การสร้างสัญญาณการฉีดของคอมพิวเตอรื

### 3.8.3 การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage correction)

ตามที่ได้เคยกล่าวมาแล้วในเรื่องการทำงานของหัวฉีดว่า ในการเปิดของเข็มหัวฉีดจะมีความไวสูงมาก แต่อย่างไรก็ตาม การเปิดของเข็มหัวฉีดยังมีความล่าช้าอยู่ โดยเฉพาะค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำลงทั้งนี้เพราะการเปิดของเข็มหัวฉีดนั้นขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กจากขดลวดโซลินอยด์ ดังนั้นถ้าหากแรงดันไฟฟ้าลดลงก็จะมีผลให้การเปิดของเข็มหัวฉีดช้าลงไป ซึ่งความล่าช้าที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสั้นลงกว่าที่ได้จากการคำนวณของคอมพิวเตอรืด้วยเหตุนี้คอมพิวเตอรืจึงต้องมีการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดให้ยาวขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าปกติและหากแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่สูงขึ้นกว่าปกติ ระยะเวลาที่แก้ไขจะลดลง ดังรูปที่ 3.30

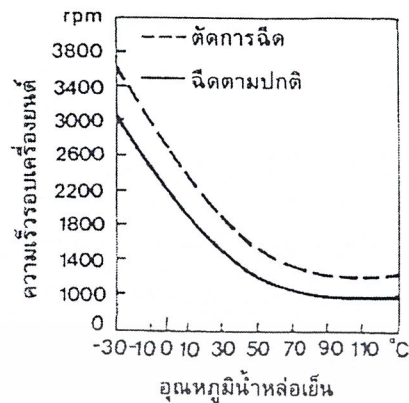


รูปที่ 3.29 กราฟแสดงการแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า

### 3.8.4 การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel cut)

คอมพิวเตอรืจะทำการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดใน 2 กรณีด้วยกันคือ

1.) ขณะลดความเร็วรอบลงทันทีทันใด เช่นขณะทำการเบรก หรือขับรถลงจากที่สูง ซึ่งเป็นสถานะที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง คอมพิวเตอรืจะทำการตัดสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้าหัวฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (ตำแหน่งเดินเบา) และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ กล่าวคือ หากเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงและลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเดินเบา คอมพิวเตอรืจะตัดการฉีดน้ำมันของเชื้อเพลิงหัวฉีดสำหรับความเร็วรอบในการตัดการฉีดน้ำมันจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.31 หากน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิต่ำ คอมพิวเตอรืจะตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบสูงขึ้น เพื่อป้องกันการกระพือของเครื่องยนต์ และเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบลดลงต่ำกว่าที่กำหนดหรือคอนแทคตำแหน่งเดินเบาของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเปิด การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดจะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในสถานะนี้จะทำให้ลดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลง



รูปที่ 3.30 กราฟแสดงการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

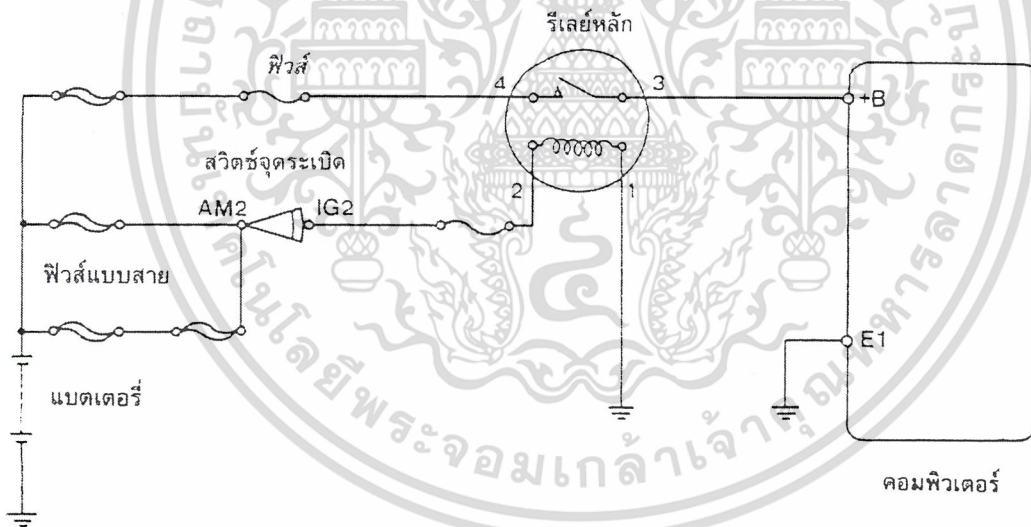
2.) เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินกำหนด คอมพิวเตอร์จะทำการเปรียบเทียบความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ได้รับกับค่าความเร็วรอบที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำ หากความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นถึงค่าที่กำหนดคอมพิวเตอร์จะตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด เพื่อป้องกันไม่ให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินไป และเมื่อความเร็วรอบลดลง หัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไปตามปกติ

## บทที่ 4

### วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ

ในการควบคุมการทำงานของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ให้ทำการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่พอเหมาะกับการทำงานของเครื่องยนต์นั้น จะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1 และ จากวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับควบคุมระบบฉีด หากแยกออกเป็นวงจรย่อยๆจะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าต่างๆที่สำคัญหลายวงจรคือ วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด วงจรไฟฟ้าควบคุมปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง วงจรไฟฟ้าลิ้นอากาศ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีดสตาร์ทเย็น วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์ วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ วงจรควบคุมการจุดระเบิด

#### 4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

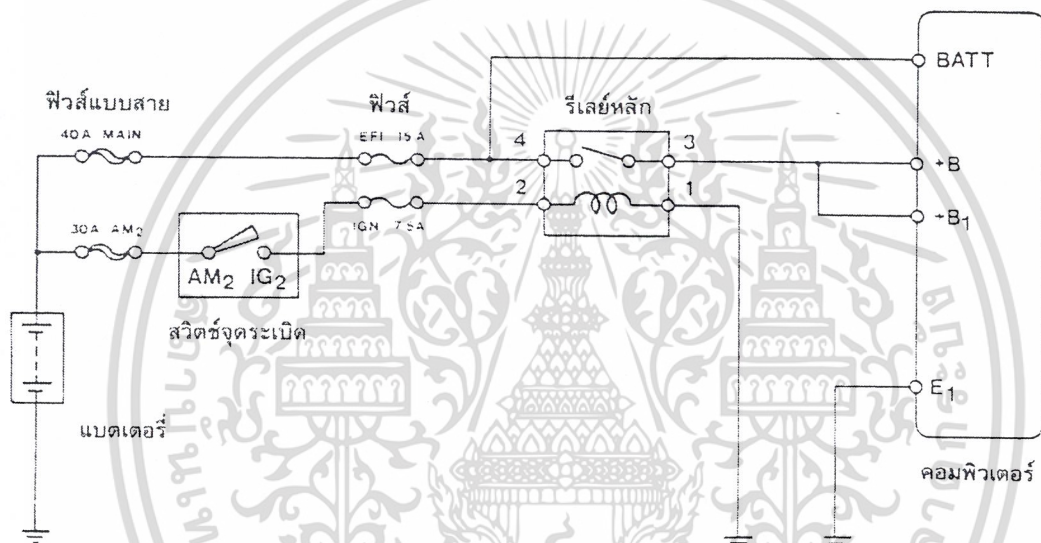
ในวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีรีเลย์หลัก (EFI Main Relay) เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

การทำงาน

เมื่อเปิดสวิทช์จุดระเบิด (Ignition Switch) ไปตำแหน่งเปิด ขั้ว และ ของสวิทช์จะต่อถึงกัน กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์ทางขั้วหมายเลข 2 และมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้วหมายเลข 1 ทำให้รีเลย์หลักทำงาน (คอนแทกของรีเลย์ต่อขั้วหมายเลข 3 และ 4 เข้าด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านหน้าคอนแทคของรีเลย์หลักเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว +B และเมื่อทำการบิดสวิทช์จุดระเบิดกลับมาอยู่ในตำแหน่งปิด (OFF) เช่นตอนดับเครื่องยนต์ กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์จะถูกตัด ทำให้รีเลย์หลักหยุดทำงาน (หน้าคอนแทคแยกจากกัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับคอมพิวเตอร์ก็จะถูกตัด

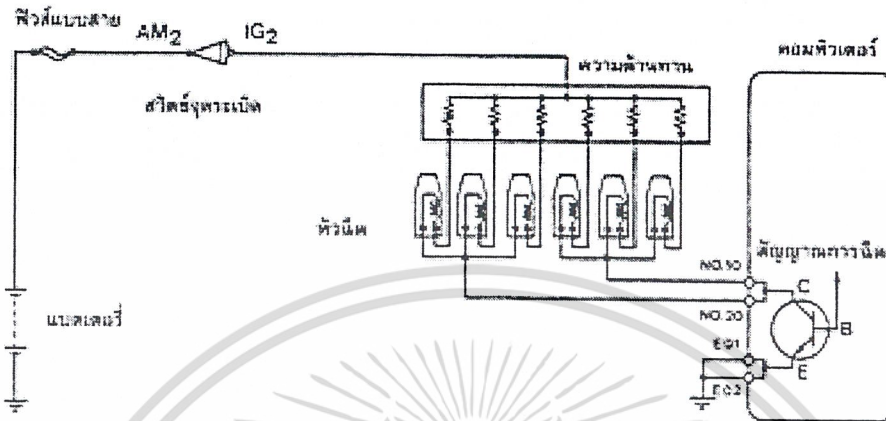
ในเครื่องยนต์หัวฉีดเบนซินรุ่นใหม่ๆที่ใช้คอมพิวเตอร์หรือหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ที่ระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง (Diagnosis) สำหรับวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของ Sensor ต่างๆ จะมีวงจรจ่ายกระแสให้คอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ที่มีระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง

จากรูปจะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทางขั้ว +B, +B และ BATT ในการทำงานของคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง คอมพิวเตอร์จะได้รับกระแสไฟฟ้าทางขั้ว +B และ +B ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทางขั้ว BATT จะเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเลี้ยงวงจรระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง ที่ต้องมีการบันทึกข้อมูลความผิดปกติของตัว sensor ต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำ (memory) และแสดงผลความผิดปกติที่เกิดขึ้นให้ผู้ขับขี่รถยนต์ทราบ กระแสไฟฟ้าจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วตลอดเวลาโดยไม่ผ่านรีเลย์หลักเพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลความผิดปกติที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำถูกลบออก หากต้องการลบข้อมูลความผิดปกติในหน่วยความจำออก จะต้องถอดขั้วแบตเตอรี่ออก

## 4.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด



รูปที่ 4.3 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

จากวงจรไฟฟ้า หัวฉีดแต่ละตัวจะต่อแบบขนาน แล้วต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายผ่านฟิวส์ สวิตช์ชุดระเบิด ตัวต้านทานและขดลวด โซลินอยด์ของหัวฉีด ตามลำดับแล้วมาเข้าคอมพิวเตอรืที่ขั้ว NO.10 และ NO.20 เพื่อมาลงกราวด์ที่ขั้ว E01 และ E02 ในการมาลงกราวด์ ของกระแสไฟฟ้าในวงจรหัวฉีดจะต้องผ่านตัวทรานซิสเตอร์ ที่อยู่ในหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอรื ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านมาลงกราวด์ที่ขั้ว E01 และ E02 ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (สัญญาณการฉีด) ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์

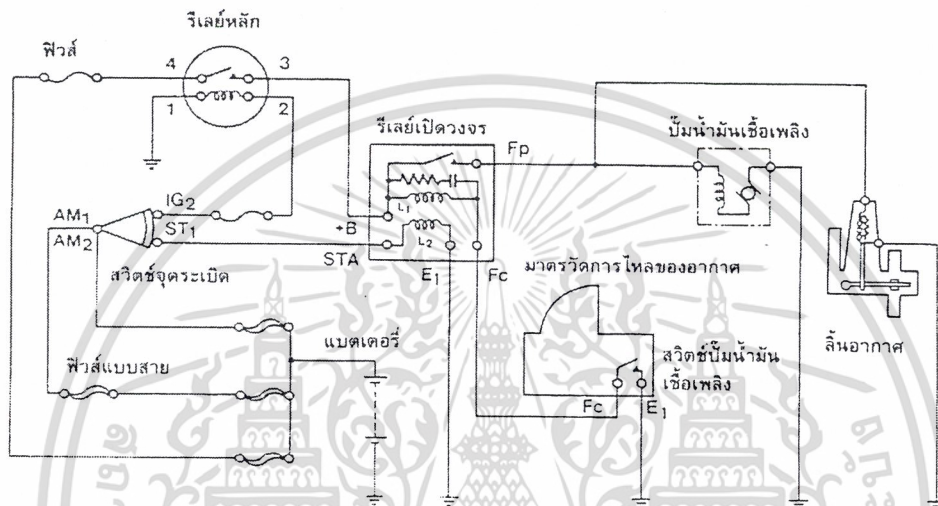
### การทำงาน

เมื่อปิดสวิตช์ชุดระเบิดมาอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านตัวต้านทานและขดลวด โซลินอยด์ของหัวฉีด มายังขั้ว NO.10 และ NO.20 เพื่อรอลงกราวด์ที่ขั้ว E01 และ E02 ในตำแหน่งนี้ ไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดจะยังไม่สามารถมาลงกราวด์ที่ขั้ว E01 และ E02 ได้ เนื่องจากยังไม่มีสัญญาณการฉีดจากคอมพิวเตอรืเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์มีการหมุน) คอมพิวเตอรืจะสร้างสัญญาณการฉีดออกมา ทรานซิสเตอร์ก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านจากขา C ออกทางขา E มาลงกราวด์ที่ขั้ว E01 และ E02 หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา สำหรับระยะเวลาในการฉีดจะนานเท่าไรนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาการฉีดจากคอมพิวเตอรื

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

จากวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดจะเห็นได้ว่า มีตัวต้านทานต่ออนุกรมไว้กับขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ตัวต้านทานนี้จะมีหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดไหม้ เนื่องจากมีกระแสไหลผ่านมากเกินไป

#### 4.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ

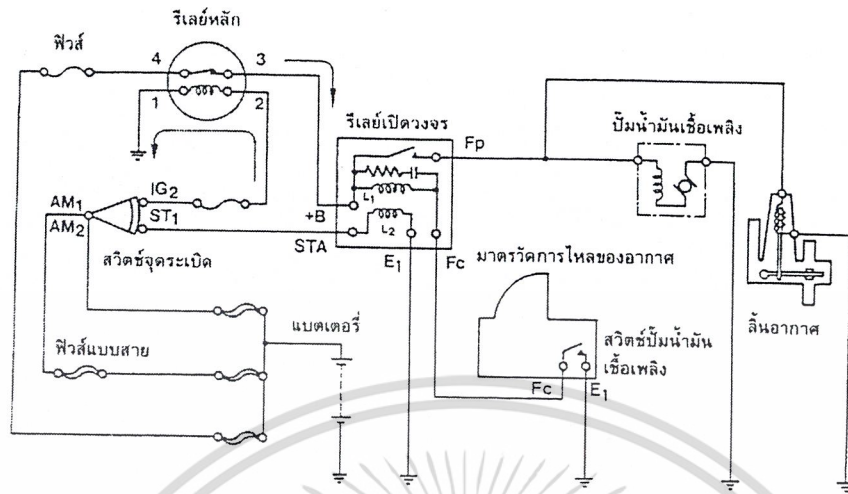


รูปที่ 4.4 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบ L-Jetronic

ในวงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic จะมีรีเลย์เปิดวงจร และสวิทช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

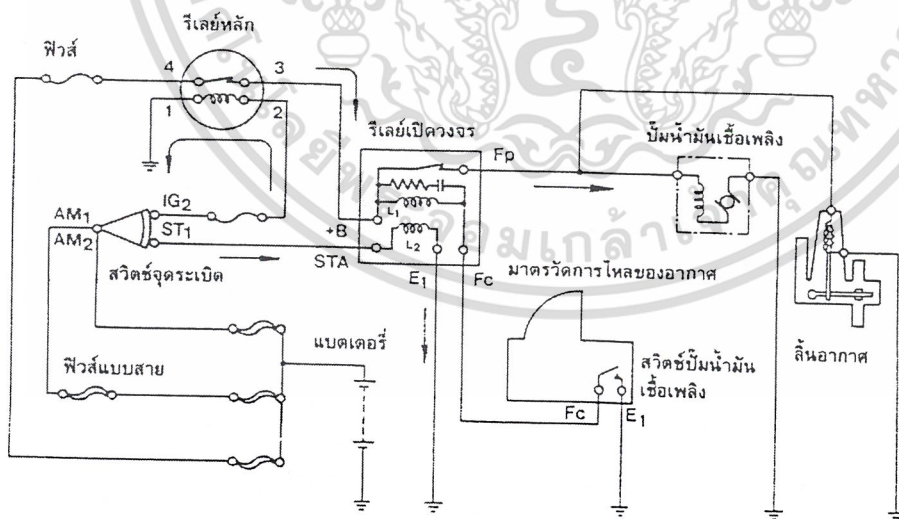
##### การทำงาน

1. เมื่อบิดสวิทช์จุดระเบิดไปอยู่ที่ตำแหน่งเปิด แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ถูกจ่ายออกทางขั้ว  $IG_2$  ของสวิทช์ ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์หลัก ทำให้รีเลย์หลักต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังรีเลย์เปิดวงจร (ที่ขั้ว +B) ในตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรยังไม่ทำงาน (หน้าคอนแทกแยกจากกัน) เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด  $L_1$  ยังไม่สามารถมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว  $E_1$  ของสวิทช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงได้ เพราะตำแหน่งนี้หน้าคอนแทกของสวิทช์แยกจากกัน ดังนั้นจึงยังไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.5 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด

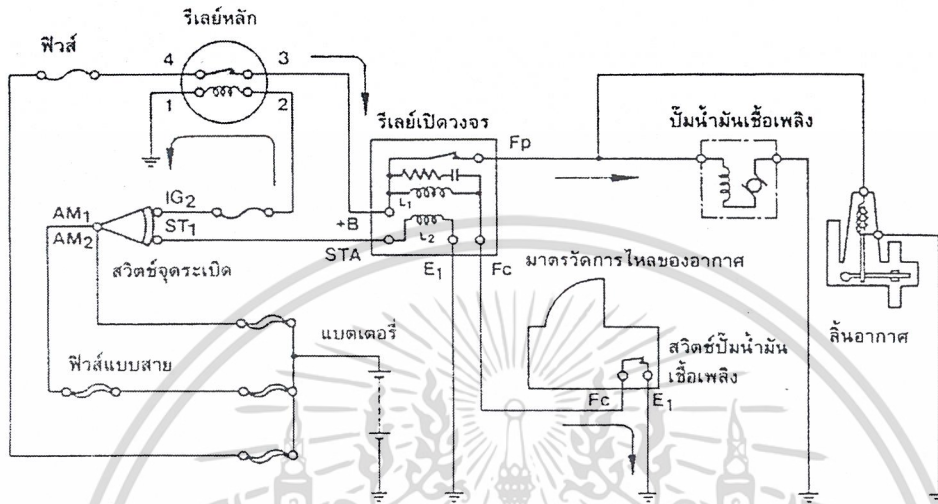
2. เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ( สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท ) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายออกจากขั้ว ST<sub>1</sub> ป้อนเข้าขดลวด L<sub>2</sub> ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์วงจรที่ขั้ว E<sub>1</sub> ทำให้รีเลย์เปิดวงจรทำงาน (หน้าคอนแทคต่อกัน) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทางขั้ว Fp ของรีเลย์เปิดวงจร



รูปที่ 4.6 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท

3. ขณะเครื่องยนต์ทำงาน สวิตช์จุดระเบิดจะกลับมากอยู่ในตำแหน่ง ON ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวด L<sub>2</sub> ถูกตัดตั้งแต่ตำแหน่งรีเลย์เปิดวงจรจะยังทำงานต่อไปได้ เนื่องจากขดลวด L<sub>2</sub> ไม่มีการเหนี่ยวนำให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ทำงาน หน้าคอนแทคของสวิตช์ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมาต่อกันทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด  $L_1$  มาลงกราวด์ที่ขั้ว  $E_1$  ได้ ดังนั้นปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงจะยังทำงานต่อไปตามปกติ ดังรูปที่ 4.7

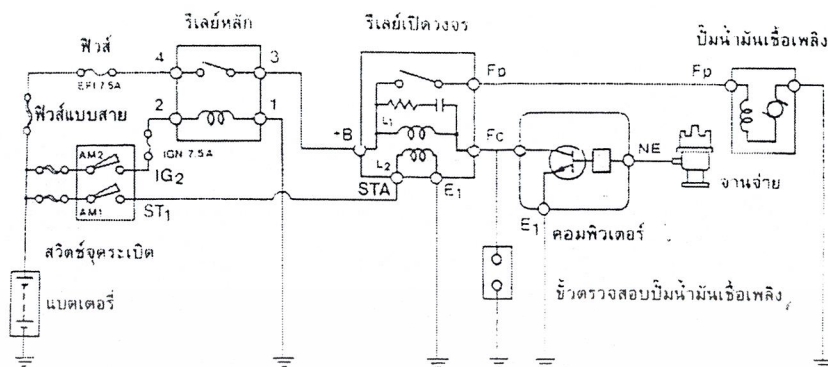


รูปที่ 4.7 วงจรไฟฟ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน

จากการทำงานดังกล่าว จะเห็นว่าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน แต่เมื่อเครื่องยนต์เกิดดับลง หน้าคอนแทคของสวิตช์ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะถูกแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด  $L_1$  ของรีเลย์เปิดวงจร ไม่สามารถลงกราวด์ครบวงจรได้ รีเลย์เปิดวงจรจะหยุดทำงาน การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั้มน้ำมันก็จะยุติลง

#### 4.3.1 วงจรไฟฟ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบ D-Jetronic

เนื่องจากในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic ไม่มีมาตรวัดการไหลของอากาศ เหมือนกับระบบหัวฉีดแบบ L-Jetronic การทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดย คอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.8



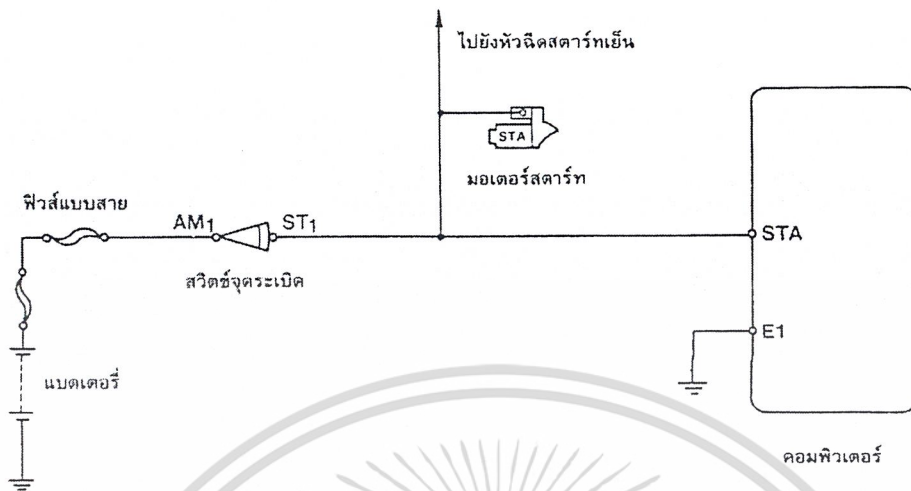
รูปที่ 4.8 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 4A-GE

จากรูปจะเห็นได้ว่า วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic จะไม่มีสวิทช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเหมือนในระบบฉีดแบบ L-Jetronic วงจรไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรจะถูกต่อไปยังขั้ว Fc ของคอมพิวเตอร์เพื่อลดการลัดวงจรที่ขั้ว E<sub>1</sub> ซึ่งการลดการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc นี้ จะถูกควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์แทนการใช้สวิทช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการทำงานนั้นส่วนใหญ่มักจะเหมือนกับระบบฉีดแบบ L-Jetronic แต่จะแตกต่างกันที่ตรงที่การควบคุมการลดการลัดของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจร

ในการควบคุมการลดการลัดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์นั้น ทรานซิสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc มาลงกราวด์ที่ขั้ว E<sub>1</sub> ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าบอกสถานะการหมุนของเครื่องยนต์ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ (สัญญาณไฟฟ้าบอกสถานะการหมุนจะมาจากตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่อยู่ในจานจ่าย) หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ ก็คือ หากเครื่องยนต์ทำงาน ทรานซิสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ที่ขั้ว E<sub>1</sub> สำหรับหัวตรวจสอบปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีไว้ตรวจสอบการทำงานของปั๊มในขณะที่เครื่องยนต์ดับ ในการตรวจสอบจะทำได้โดยต่อขั้วทั้งสองถึงกันซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด L<sub>1</sub> ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวด์ที่ขั้ว E<sub>1</sub> รีเลย์เปิดวงจรก็จะต่อวงจรไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

#### 4.4 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

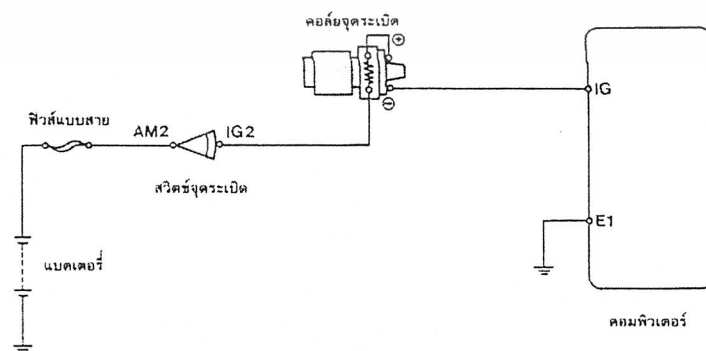


รูปที่ 4.9 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์

สัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ จะต่อจากขั้ว ST<sub>1</sub> ของสวิตช์จุดระเบิดไปยังขั้ว STA ของคอมพิวเตอร์ สัญญาณนี้จะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เฉพาะตอนที่สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท

#### 4.5 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์

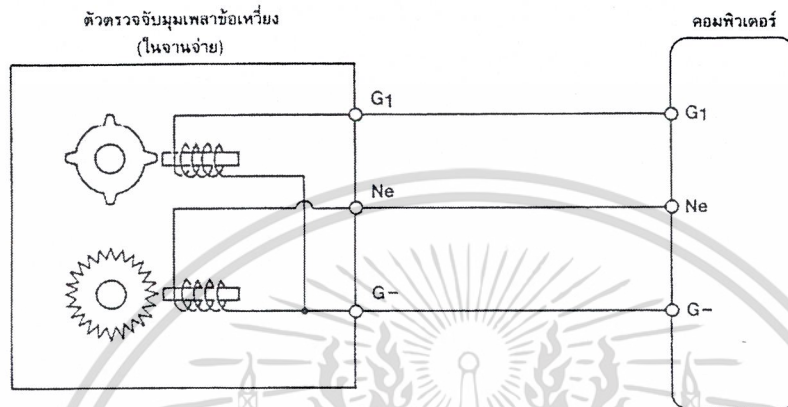
ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา ( Conventional EFI ) สัญญาณไฟฟ้าบอกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ จะต่อกับขั้วลบของคอยล์จุดระเบิดหรือที่ขั้วจาง่าย ไปยังขั้ว IG ของคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในเครื่องยนต์ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะต่อจากตัวตรวจจับมุมเพลาค้อเหวี่ยง (Crank angle sensor) ที่ติดตั้งอยู่ภายในงานจ่ายดังตัวอย่างในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 วงจรสัญญาณความเร็วรอบในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

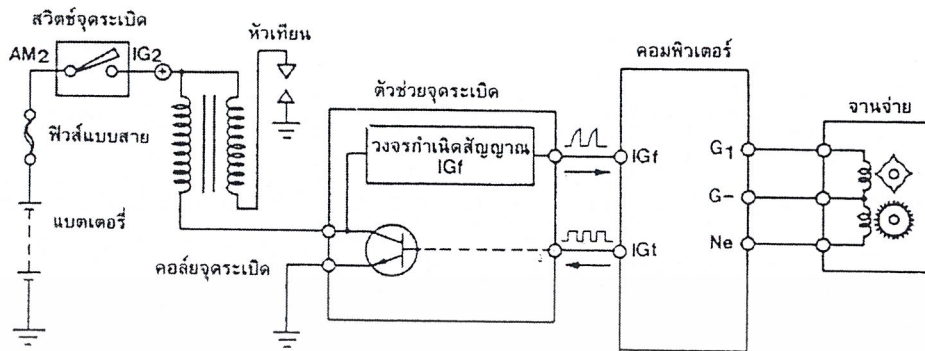
จากวงจรรูปที่ 4.11 คอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์จากขดลวดของตัวตรวจจับมุมเพลาค้อเหวี่ยงที่ติดตั้งอยู่ภายในงานจ่าย สัญญาณมุมเพลาค้อเหวี่ยงที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์มีสองสัญญาณ คือ สัญญาณ Ne และสัญญาณ G ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์หมุน 2 รอบ) จะมีสัญญาณ G เกิดขึ้น 4 ครั้ง และสัญญาณ Ne 24 ครั้ง สัญญาณ G จะถูกใช้สำหรับพิจารณาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและกำหนดจังหวะการจุดระเบิด ส่วนสัญญาณ Ne จะใช้ตรวจจับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และมุมเพลาค้อเหวี่ยง เพื่อใช้ในการคำนวณเวลาการฉีดพื้นฐานของหัวฉีด (Basic injection time) และองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้น (Basic ignition advance angle)

#### 4.6 วงจรควบคุมการจุดระเบิด

ในเครื่องยนต์ที่ใช้การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) แบบธรรมดา การควบคุมการจุดระเบิดจะไม่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ กล่าวคือเป็นระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (ใช้หน้าทองขาว) หรือแบบอิเล็กทรอนิกส์เหมือนเครื่องยนต์ทั่วไป สำหรับในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นใหม่ ๆ ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS หรือ ECCS ระบบจุดระเบิดจะถูกควบคุมด้วย

คอมพิวเตอร์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 วงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

จากวงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ 4A-GE กระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดที่จะมาลงกราวด์ จะถูกควบคุมโดยทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในตัวช่วยจุดระเบิด

#### การทำงาน

เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับมุมเพลาช้อเหวี่ยงที่อยู่ในงานจ่าย จะส่งสัญญาณการเคลื่อนที่ของเพลาช้อเหวี่ยงมายังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสม แล้วส่งสัญญาณการจุดระเบิด (IGf) มายังตัวช่วยจุดระเบิดในลักษณะของคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Pulse) เป็นจังหวะ ๆ สัมพันธ์กับองศาการจุดระเบิดของแต่ละสูบ

เมื่อตัวช่วยจุดระเบิดได้รับสัญญาณ IGf จากคอมพิวเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำการตัดกระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดที่มาลงกราวด์ ทำให้เกิดการยุบตัวของเส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้าแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ในขณะที่มีการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวช่วยจุดระเบิดจะทำการตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดที่เกิดขึ้น แล้วส่งสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGf) กลับไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าได้มีการจุดระเบิดเกิดขึ้น หากไม่มีสัญญาณ IGf ป้อนกลับเข้าคอมพิวเตอร์ ด้วยเหตุใดก็ตามคอมพิวเตอร์จะหยุดการฉีดน้ำมันทันที เพื่อป้องกันการตค้างของน้ำมันภายในกระบอกสูบ

## บทที่ 5

### วิธีการทดลองและการคำนวณ

#### 5.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาบภายใน

##### วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่ากำลังงานที่เกิดขึ้น ณ จุดต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปสร้างความสัมพันธ์ จะทำให้ทราบผลที่เกิด ณ สภาพต่างๆ ของเครื่องยนต์ดังกล่าว

##### ความนำ

ก่อนที่จะทำการทดลอง ควรจะทราบทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก่อน ซึ่งได้แก่

กำลังงานที่ได้ ( Power , PS ) ณ จุดต่างๆ

กำลังงานในกระบอกสูบ ( Indicated Power , IPS )

$$IPS = \frac{P_{imep} ALN}{4500} \quad ( 5.1 )$$

กำลังงานที่เพลา ( Break Power , BPS )

$$BPS = \frac{P_{bmep} ALN}{4500} \quad ( 5.2 )$$

กำลังงานความฝืด ( Friction Power , FPS )

$$FPS = IPS - BPS \quad ( 5.3 )$$

ในที่นี้  $P_{imep}$  = ความดันเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ ( kg / cm<sup>2</sup> )

$P_{bmep}$  = ความดันเฉลี่ยที่ทำให้เกิดกำลังงานที่เพลา ( kg / cm<sup>2</sup> )

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ ( cm<sup>2</sup> )

L = ระยะชักของลูกสูบ ( m )

N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ( r.p.m. )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4500 = ตัวแปลง ( Conversion Factor ) ( kg.m / min )

โดยที่สมการ ( 5.1 ) และ ( 5.2 ) เป็นเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ดังนั้นในกรณีที่เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะต้องหารด้วย 2 ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่มีแรงกระทำบนหัวลูกสูบสองด้านจะต้องคูณด้วย 2

แรงบิด ( Torque , T )

BPS สามารถแสดงในเทอมของแรงบิดเฉลี่ย T ( kg.m ) ดังสมการต่อไปนี้

$$BPS = ( 2 \cdot N / 60 ) \cdot T \cdot ( 1 / 75 )$$

นั่นคือ  $T = ( 4500 \cdot BPS / 2 \cdot N ) \cdot ( kg / m )$  ( 5.4 )

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ( Specific Fuel Consumption , SFC )

$$SFC = [ ( V_f \cdot \rho_f \cdot 3600 ) / PS ] \cdot ( g / PSh )$$
 ( 5.5 )

ในที่นี้  $V_f$  = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (  $cm^3 / h$  )

$\rho_f$  = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (  $g / cm^3$  )

ในกรณีที่ใช้น้ำมันผสม จะต้องหักเอาน้ำมันหล่อลื่นออก

ประสิทธิภาพ ( Efficiency ,  $\eta$  )

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายในกระบอกสูบ

$$\eta_{ii} = \text{Indicated Power} / \text{Energy in Fuel}$$
 ( 5.6 )

ประสิทธิภาพเชิงกล

$$\eta_m = \text{Break Power} / \text{Indicated Power}$$
 ( 5.7 )

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 $\eta_{ib} = \text{Break Power} / \text{Energy in Fuel}$  ( 5.8 )  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์สำหรับทดสอบ

### เครื่องยนต์

แบบ	เบนซินแถวเรียง 4 สูบ รหัส 5A - FE
ระบบเพลาราวลื่น	4 วาล์วต่อสูบดับเบิลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ (DOHC) ขับด้วยสายพาน
บล็อกลูกสูบ / ฝาสูบ	อลูมิเนียมอัลลอย / เหล็กหล่อ
เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ	78.7 มม.
ระยะช่วงชักลูกสูบ	77.0 มม.
ปริมาตรความจุกระบอกสูบ	1498 ซีซี.
อัตราส่วนการอัด	9.8 : 1
ระบบอัดอากาศ	ไม่มี
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ แบบมัลติพอยท์ ควบคุมด้วยระบบ TCCS
แรงม้าสูงสุด	100 PS - DIN ( 74 KW ) ที่ 5600 RPM
แรงบิดสูงสุด	14.0 kg - m ( 137 Nm ) ที่ 4400 RPM
รอบการทำงานสูงสุด	6000 RPM
อัตราส่วนแรงม้าต่อลิตร	66.75 PS - DIN : ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไคนาโมมิเตอร์ ( Dynamometer ) ชนิด Eddy Current Electric Dynamometer

### หลักการทำงาน

ไคนาโมมิเตอร์ประกอบด้วย Stator , วงแหวน eddy current , excitation coils และหน้าปัดแสดง load เมื่อเกิดการไหลของ exciting current ผ่าน excitation coils จะเกิดการดูดของแม่เหล็ก ( flux ) เมื่อโรเตอร์ถูกหมุนในสภาพนี้ ความหนาแน่น flux ที่ช่องว่างอากาศ ( air gap ) มีลักษณะเด่นเป็นจิ้งหะ และแรงทางไฟฟ้าจะถูกผลักขึ้นภายในวงแหวน eddy current ) แรงนี้จะกระทำในทางตรงกันข้ามกับโรเตอร์และทำให้โรเตอร์หยุดหมุน ผลรวมของแรงทางไฟฟ้านี้ กับแรงที่หมุน eddy current ระหว่างวงแหวน eddy current กับโรเตอร์ จะแสดงบนหน้าปัดแสดง load

### โครงสร้าง

เนื่องจากพลังงานทางกลของมอเตอร์ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นภายในโรเตอร์ ต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำและอากาศ ลักษณะการหล่อเย็นนี้เป็นระบบการหล่อเย็นทางอ้อม ไคนาโมมิเตอร์ถูกสร้างให้น้ำสามารถไหลผ่านตามช่องทางภายใน eddy current relay ซึ่งเป็นการง่ายในการทำความสะอาด

### การติดตั้งไคนาโมมิเตอร์

1. ติดตั้งไคนาโมมิเตอร์บนราง บนพื้นราบ ที่มีฐานมั่นคงแข็งแรง
2. ถ้าต้องการเพิ่มความสูงของไคนาโมมิเตอร์ให้เท่ากับความสูงของเครื่องยนต์ ให้ใช้ฐานรองซึ่งทำด้วยเหล็ก ห้ามใช้คอนกรีต
3. ยึดโบลท์ที่ฐานให้แน่น และไม่สามารถหลุดระหว่างปฏิบัติงานได้
4. ตรวจสอบว่าเครื่องยนต์ , เพลา และไคนาโมมิเตอร์อยู่ตรงแนวกันหรือไม่

### การหล่อเย็น

น้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ระบายความร้อนที่เกิดจากการหมุนของเพลาจากเครื่องยนต์ และทำหน้าที่รักษาอุณหภูมิของส่วนต่างๆ เช่น วงแหวน eddy current ให้อยู่ในค่าที่กำหนดเพื่อป้องกันความเสียหาย

1. การหล่อเย็นเป็นแบบการหล่อเย็นทางอ้อม
2. ใช้น้ำสะอาดเป็นน้ำหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปริมาณการไหลของน้ำหล่อเย็นต้องมากกว่าปริมาณที่ระบุ ถ้าน้ำหล่อเย็นไม่พอจะมีสัญญาณเตือน
4. ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและออก ซึ่งมีค่า  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิน้ำที่ทางออกมีค่า  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  หรือต่ำกว่านี้ และเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้ามีค่ามากกว่า  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  จะต้องทำการลดอุณหภูมิลงโดยการหล่อเย็น ในกรณีที่ในท่อน้ำมีความต้านทานสูงให้ทำการติดตั้งปั๊มน้ำเพิ่ม เพื่อเพิ่มความดันของน้ำให้สูงขึ้น
5. ความดันของน้ำต้องมีค่าระหว่าง  $0.5$  ถึง  $3\text{ kg / cm}^2$

### การหล่อลื่น

ระบบการหล่อลื่นเป็นชนิดน้ำมันแบบหยด โดยใช้ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นไฟฟ้ามีรายละเอียดดังนี้

1. ใช้ น้ำมันหล่อลื่นเบอร์ SAE 30 หรือเบอร์ใกล้เคียง
2. ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นเป็นชนิดที่ทำงานเป็นช่วงๆ
  - ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น : discharge volume 3 ถึง 6 CC / cycle
  - 1 cycle = 1 minute
  - มอเตอร์ : supply voltage : 3 - เฟส , AC 200VAC  $\pm$  10% , 50 / 60 Hz Output 15 W
3. ระดับน้ำมันต้องอยู่สูงกว่าตำแหน่งกึ่งกลางของเกจวัดระดับน้ำมัน

### หน้าปัดแสดง load

หน้าปัดแสดง load ทำหน้าที่แสดงค่าของทอร์คที่ระดับความเร็วรอบต่างๆ ในหน่วย กิโลกรัม . เมตร ( kg . m ) แสดงออกมาในระบบดิจิทัล

## การควบคุม ( Operation )

### การเตรียมก่อนติดเครื่องยนต์

- ตรวจสอบแต่ละส่วนของเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์
- ตรวจสอบปริมาณน้ำมันหล่อลื่นในห้องเพลลาข้อเหวี่ยงและไดนาโมมิเตอร์
- ตรวจสอบน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดลิ้นน้ำหล่อเย็น และให้น้ำหมุนเวียนในเครื่องยนต์
- ปรับแต่งให้ไดนาโมมิเตอร์อยู่ที่ภาระระดับต่ำสุด

### การสตาร์ทและการควบคุม

- เปิดลิ้นถ้าน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดสวิทช์ และสตาร์ทด้วยสวิทช์โดยมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
- ปรับลิ้นปีกผีเสื้อเครื่องที่ไม่มีภาระและที่ความเร็วรอบต่ำในเวลาประมาณ 1 - 2 นาที ตรวจสอบว่าไม่มีปัญหาในเรื่องความดันน้ำมันหล่อลื่นและส่วนอื่นๆ จะเดินเครื่องยนต์ในสภาพที่ไม่มีภาระจนกระทั่งแต่ละส่วนของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิใช้งาน
- ปรับลิ้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ท่อทางออกให้อยู่ในระดับ  $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$

### การหยุดเครื่องยนต์

- ควบคุมเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ ประมาณ 2 - 3 นาที แล้วจึงปิดสวิทช์
- ปิดก๊อกถ้าน้ำมันเชื้อเพลิง
- ปิดลิ้นน้ำหล่อเย็น และถ่ายน้ำทิ้ง

### วิธีทำการทดสอบ

หลังจากการตรวจสอบและเดินเครื่องยนต์ตามขั้นตอนของการควบคุม และพร้อมที่จะทำการทดสอบ ลงมือทำการทดสอบพร้อมทั้งจดข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อที่จะได้นำค่าเหล่านี้ไปคำนวณและดำเนินการไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การทดสอบภายใต้ภาระเต็มที

1. หลังจากเดินเครื่องยนต์จนถึงอุณหภูมิใช้งานภายใต้สภาพไม่มีภาระแล้ว ให้ปรับเครื่องยนต์ทดสอบที่การควบคุมปกติ
2. เมื่อแรงดันเบรคของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะลดลง ให้เปิดลิ้นเร่งเพื่อเพิ่มกำลังงาน และจะมีผลทำให้ภาระของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นผลทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไม่สูงเกินกว่ากำหนด จากนั้นปรับไปจนลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเปิดเต็มที่ เสร็จแล้วปรับไดนาโมมิเตอร์ให้ได้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ที่ 1000 รอบต่อนาที
3. ทำการวัดความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง โดยการปิดลิ้นจ่ายน้ำมันจากถังและใช้น้ำมันจากหลอดแก้ว โดยวัดปริมาตรประกอบกับเวลา ทำการทดสอบในสภาพดังกล่าวประมาณ 2 นาที โดยไม่ต้องปรับแต่งอุปกรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น
4. อ่านข้อมูลต่างๆ จากชุดประกอบการทดสอบและบันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูล
5. ทำการทดสอบซ้ำเป็นครั้งที่ 2 ณ ความเร็วเดิม
6. หลังจากทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาทีแล้ว ให้ทำการทดสอบเหมือนเดิม โดยปรับลูกบิดปรับภาระให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการ ทำการทดสอบเช่นนี้เรื่อยๆ ไป จนกว่าจะครบตามที่ตั้งเป้าหมายไว้
7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ต้องการนำไปเขียนกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ต่อไป

### วิธีทำการวัด

1. ตรวจสอบรายการต่างๆ ก่อนทำการทดสอบ เช่น

- ข้อมูลเกี่ยวกับบรรยากาศ อันได้แก่

ความดันของบรรยากาศ

อุณหภูมิ

ความชื้น

- น้ำมันเชื้อเพลิง อันได้แก่

ความถ่วงจำเพาะ

ค่าออกเทน

ค่าความร้อน

2. ทำการวัดและบันทึกข้อมูล

- ทอร์ค ( kg . m )

เอกสาร ความเร็วรอบ ( r.p.m. ) กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ( C. C. / S )
- อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ( °C ) และความดัน ( kg / cm<sup>2</sup> )
- อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเข้าและออก ( °C )
- ความแตกต่างของระดับของเหลว  
เพื่อคำนวณหาปริมาตรของอากาศที่ ผ่านถังลม ( m<sup>3</sup> / h )
- อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย ( °C )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 วิธีการวัดสัญญาณจากตัวตรวจจับ (Sensor) ของเครื่องยนต์

ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ได้นั้น จำเป็นต้องศึกษาลักษณะของสัญญาณที่ตัวตรวจจับ (Sensor) ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการทำงานในสถานะต่างๆ ของเครื่องยนต์ โดยสัญญาณที่ได้ทำการวัดมีดังต่อไปนี้

### - สัญญาณ Ne-

เป็นสัญญาณมุมเพลาคือเหวี่ยง ซึ่งต่อกับตัวตรวจจับมุมเพลาคือเหวี่ยง ทำให้ทราบความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยใช้ Oscillo Scope ตรวจจับสัญญาณที่ขั้ว Ne- และต่อเข้ากับกราวด์ที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ เพื่อให้ครบวงจร จากนั้นจึงทำการบันทึกผลข้อมูล ได้แก่ ความถี่และความต่างศักย์ของสัญญาณ

### - สัญญาณ Ne+

มีหน้าที่บอกตำแหน่งของเพลาคือเหวี่ยง หรือ ลูกสูบซึ่งต่อกับตัวตรวจจับมุมเพลาคือเหวี่ยงที่อยู่ในงานจ่ายเช่นเดียวกับ Ne- วัดสัญญาณ โดยใช้ Oscillo Scope ตรวจจับที่ขั้ว Ne+ เพื่อวัดความถี่และความต่างศักย์ของสัญญาณ

### - สัญญาณ IGt

เป็นสัญญาณจังหวะการจุดระเบิดซึ่งต่อกับตัวช่วยจุดระเบิด (Ignitor) วัด โดยการใช้อะ Oscillo Scope วัดที่ขั้ว IGt แล้วทำการบันทึกผลความถี่และความต่างศักย์

### - สัญญาณ Injection

เป็นสัญญาณสั่งการฉีดน้ำมันให้กับหัวฉีด วัด โดยใช้ Oscillo Scope วัดระยะเวลาในการฉีดและความสัมพันธ์ของแต่ละหัวฉีดว่าทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร โดยใช้ Oscillo Scope วัดคาบเวลาในการฉีดและความต่างศักย์ของสัญญาณ

### - สัญญาณ Oxygen Sensor

เป็นสัญญาณที่อยู่ตรงทางออกของท่อไอเสีย มีหน้าที่ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ทางออกจากไอเสีย สามารถใช้อะ Oscillo Scope วัดคูลเนวโน้มของสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์

#### วัตถุประสงค์

สามารถ ควบคุมภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการควบคุมเครื่องยนต์ในส่วนอื่นๆ ของ ECU

#### ความนำ

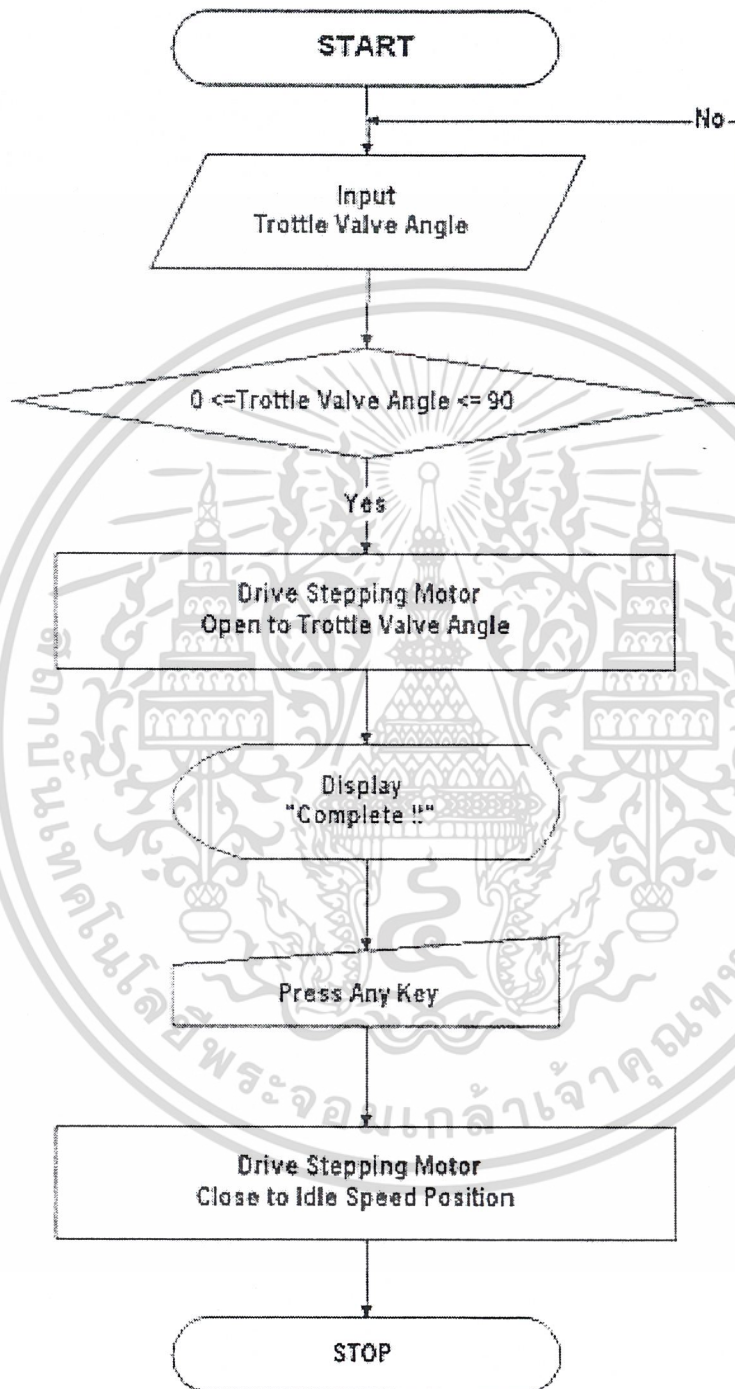
การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ จำเป็นที่จะต้องทราบลักษณะของสัญญาณ ณ ความเร็วรอบต่างๆ กัน ดังนั้นจึงได้ออกแบบโปรแกรมเพื่อทดสอบใช้ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แล้วจึงทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณต่างๆ ที่ออกมา

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. การ์ด ET-PC 8255
2. สเต็ปมอเตอร์
3. วงจรขับสเต็ปมอเตอร์
4. วงจรนับความถี่

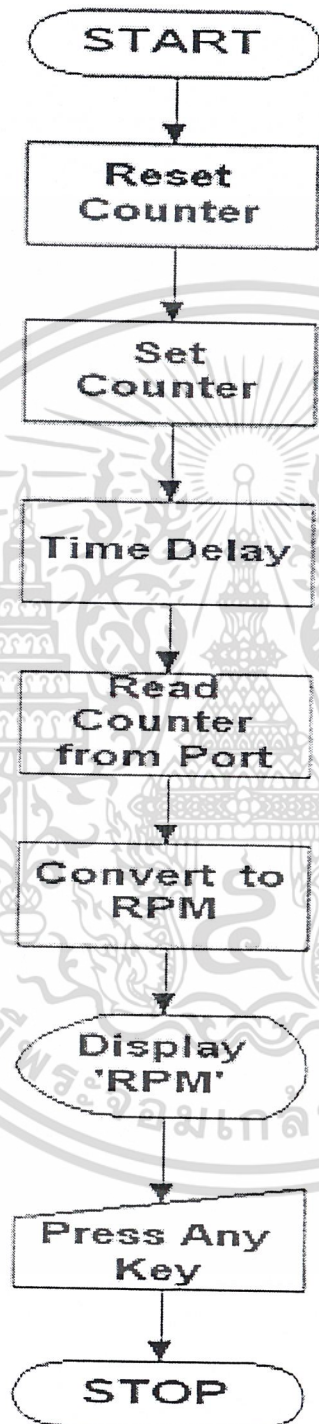
#### วิธีการทดลอง

1. ค้นหาและวิเคราะห์สัญญาณจาก Sensor ต่างๆ ในเครื่องยนต์ ที่เหมาะสมและสามารถนำมาผ่านการคำนวณเพื่อแสดงถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้
2. เขียนโปรแกรมควบคุมสเต็ปมอเตอร์ที่นำไปต่อกับแกนเพลลาของวาล์วปีกผีเสื้อ
3. เขียนโปรแกรมอ่านค่าสัญญาณจากวงจรมับความถี่ได้ และทดลองนำไปใช้กับสัญญาณจาก Sensor ของเครื่องยนต์
4. นำโปรแกรมที่ได้ทั้งสองโปรแกรมมาประยุกต์รวมกัน เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์



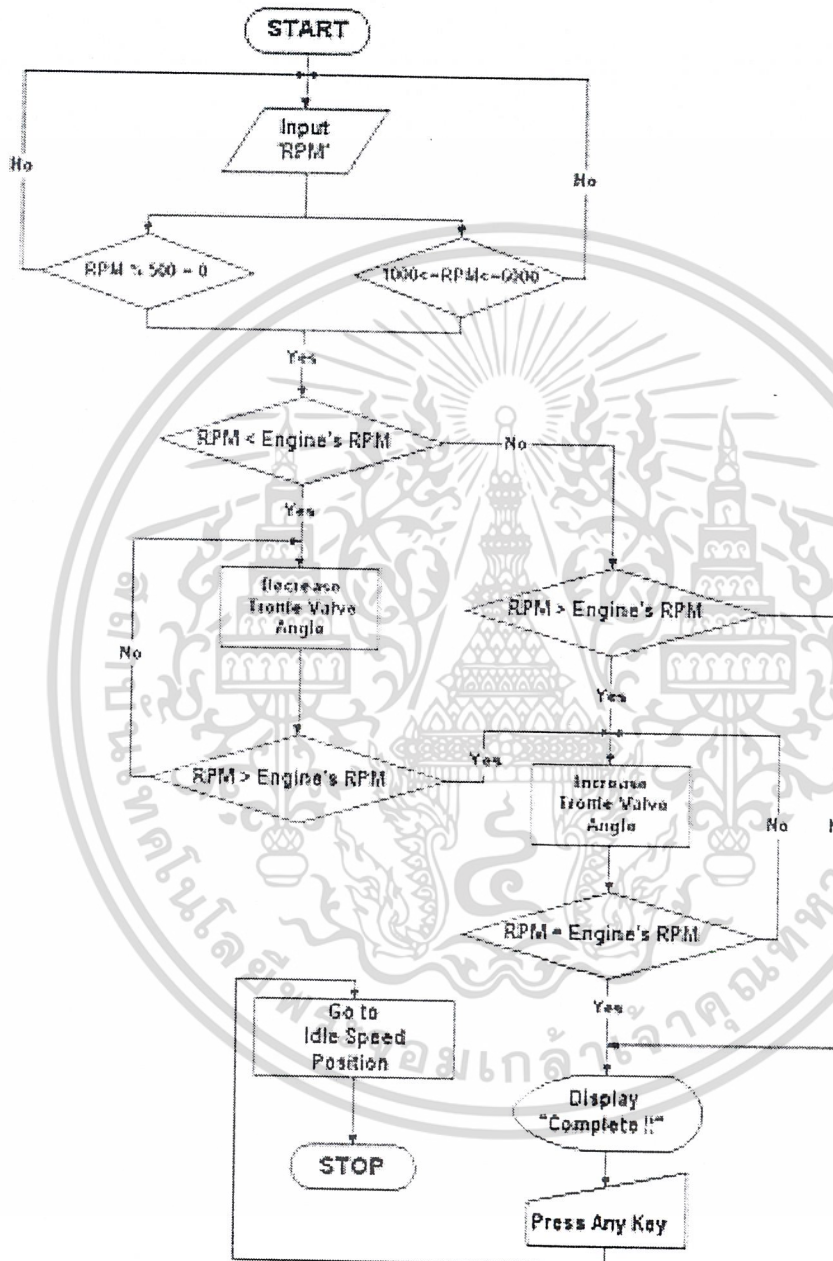
รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนกระบวนการในโปรแกรมควบคุมสตีปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการในโปรแกรมอ่านค่าความเร็วรอบโดยการแปลงค่าความถี่ของสัญญาณจากเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงขั้นตอนกระบวนการในโปรแกรมควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

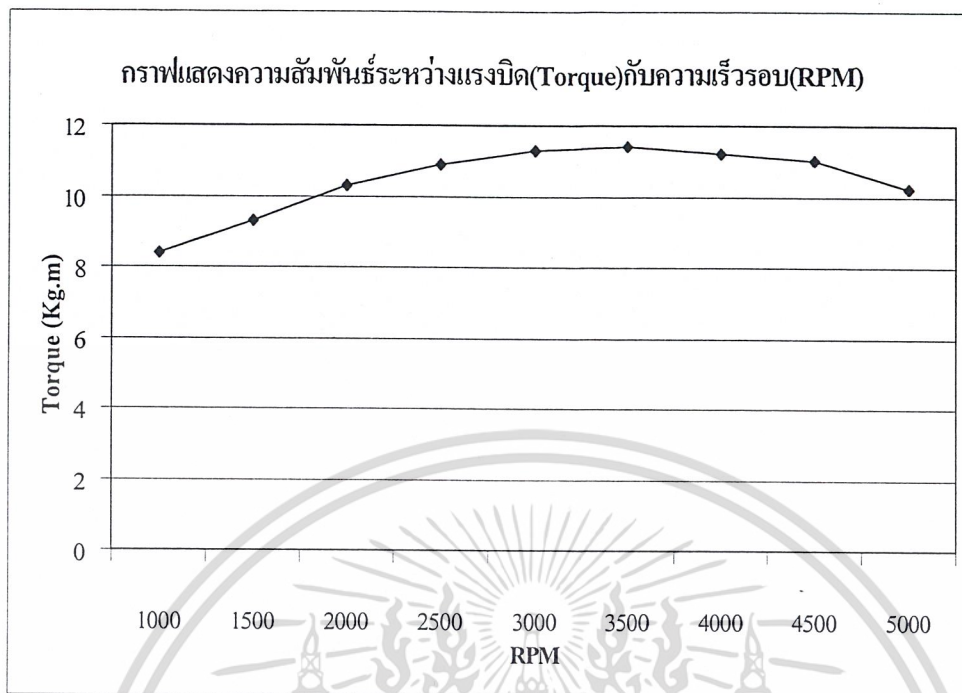
### ผลการทดลอง

#### 6.1 ผลการทดลองการหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

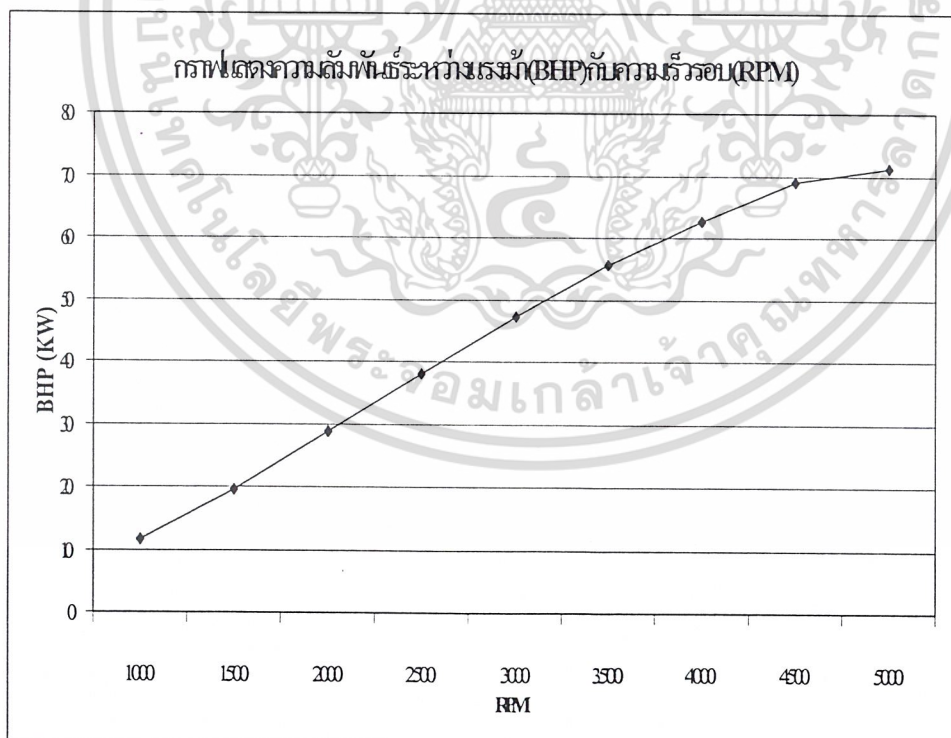
RPM	Torque (Kg • m)	BHP (KW)	S.F.C. (g/KW • h)
1000	8.4	11.7286	258.57
1500	9.3	19.4779	245.93
2000	10.3	28.7630	230.75
2500	10.9	38.0487	232.65
3000	11.3	47.3333	246.75
3500	11.4	55.7109	258.95
4000	11.2	62.5526	267.67
4500	11.0	69.1150	280.59
5000	10.2	71.2090	300.74

ตาราง 6.1 ตารางแสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

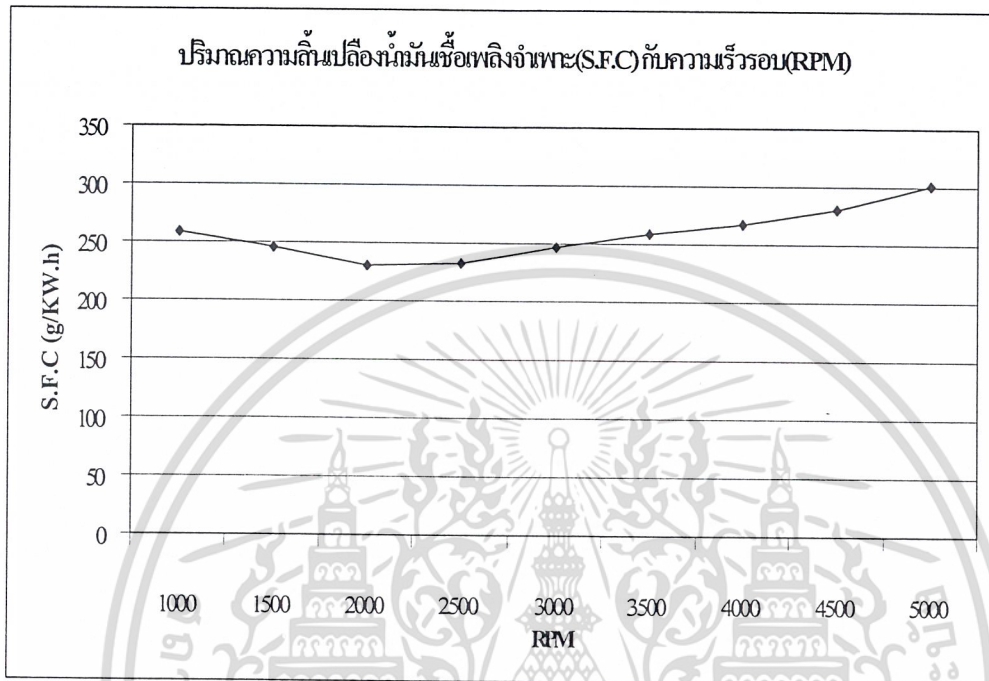


รูปที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ



รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้ากับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



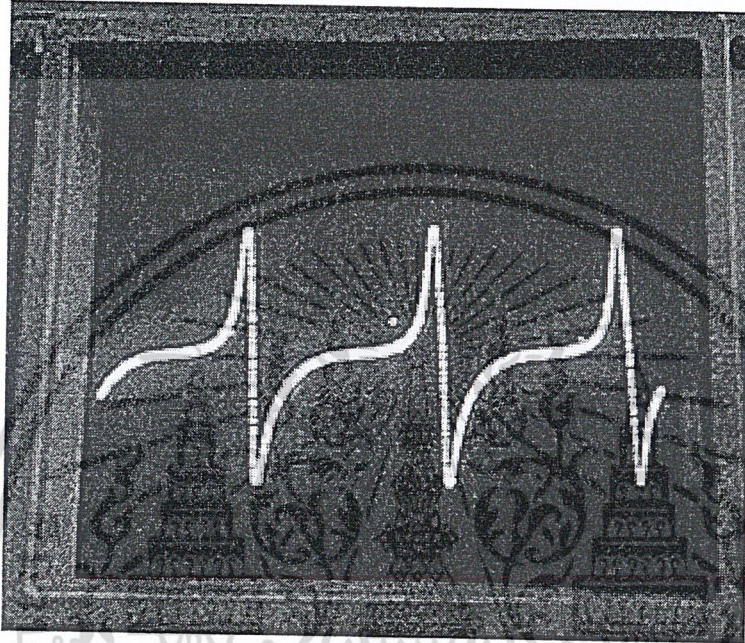
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2 ผลการทดลองการวัดสัญญาณจากตัวตรวจจับ (Sensor) ของเครื่องยนต์

ผลการทดลอง

- สัญญาณ Ne-



รูปที่ 6.4 แสดงรูปสัญญาณ Ne -

จากการทดลองเมื่อเรานำ Oscillo Scope ไปวัดที่ขั้ว Ne- ของเซ็นเซอร์เพลลาข้อเหวี่ยงที่ติดตั้งอยู่ในงานจ่าย เราจะได้ความถี่ออกมาค่าหนึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบดังนี้คือเมื่อพิจารณาจากหลักการงานที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่าเมื่อแผ่นโรเตอร์ในงานจ่ายหมุนไป 1 รอบ จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์หมุนไป 2 รอบจะกำเนิดสัญญาณลูกคลื่นออกมา 4 ลูก เนื่องจากมีช่องบอกตำแหน่ง 4 ช่อง (สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ) หรือเมื่อเครื่องยนต์หมุนไป 2 รอบ จะกำเนิดสัญญาณลูกคลื่นออกมา 4 ลูก จากนั้นทำการเทียบจาก

ถ้ากำเนิดลูกคลื่น 2 ลูก เครื่องยนต์จะหมุนไป 1 รอบ

แปลงเป็นความถี่ 2/60 Hz เครื่องยนต์จะหมุนไป 1/60 รอบ

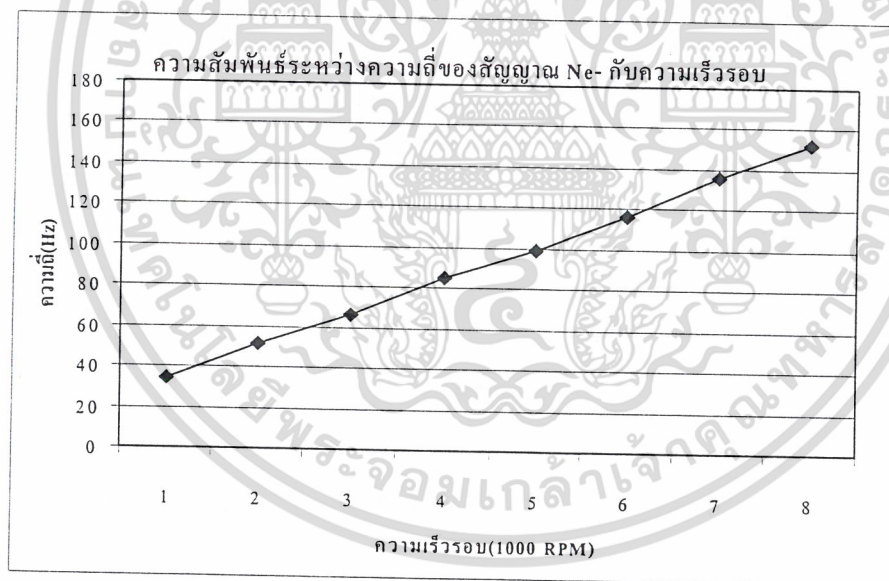
ความถี่ 1/30 Hz เครื่องยนต์จะหมุนไป 1 rpm

จากการเทียบค่าเมื่อเราวัดค่าความถี่ได้จาก Oscillo Scope จะทำให้เราสามารถคำนวณค่าความเร็วรอบออกมาได้ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง และจากการทดลองเราจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นความถี่ก็จะสูงขึ้นตามแสดงว่ามีการฉีคน้ำมันน้อยขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วรอบ(RPM)	ความถี่(Hz)
1000	34.2
1500	51.8
2000	66.4
2500	84.9
3000	98.8
3500	115.8
4000	135.5
4500	152.4

6.2 ตารางแสดงค่าสัญญาณ Ne- ที่ความเร็วรอบค่าต่างๆ



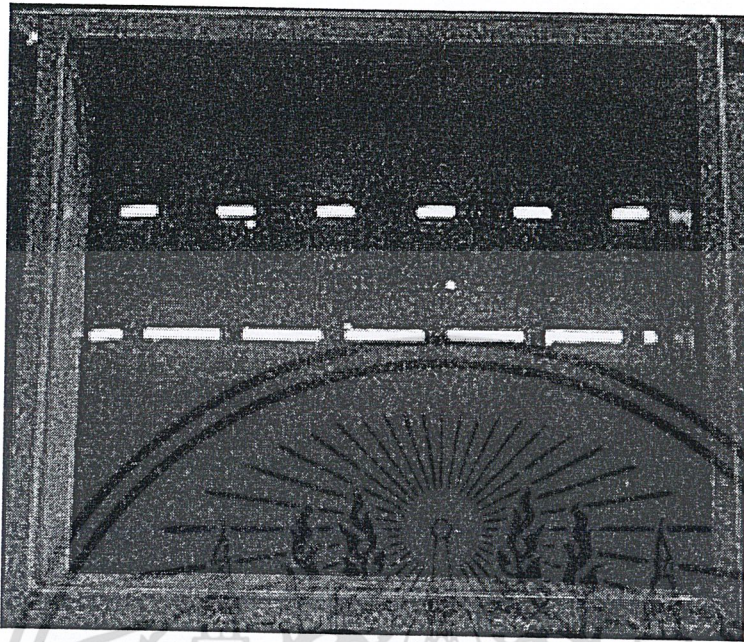
รูปที่ 6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ Ne- กับความเร็วรอบ

- สัญญาณ Ne+

ไม่สามารถวัดออกมาเป็นรูปคลื่นที่แน่นอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## - สัญญาณ IGt



รูปที่ 6.6 แสดงรูปสัญญาณ IGt

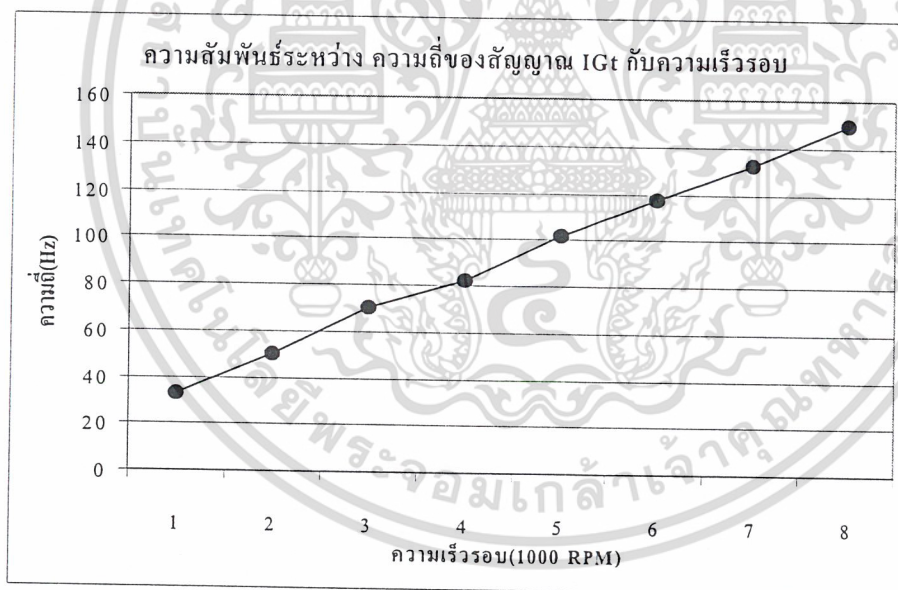
จากการทดลอง เมื่อนำ Oscillo Scope ไปวัดที่ขั้ว IGt ของเซ็นเซอร์มุมเพลลาข้อเหวี่ยงที่ติดตั้งอยู่ในงานจ่าย จะได้ค่าความถี่ออกมา ณ ความเร็วรอบหนึ่ง ๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดังนี้ คือเมื่อเครื่องยนต์หมุน 2 รอบ ที่ลูกสูบที่หนึ่งจะมีการจุดระเบิด 1 ครั้ง กำหนดสัญญาณ 1 ลูกคลื่น ดังนั้นในเครื่องยนต์สี่สูบจะมีการจุดระเบิด 4 ครั้ง จะกำหนดสัญญาณ 4 ลูกคลื่น หรือเมื่อเครื่องยนต์หมุน 1 รอบ จะกำหนดสัญญาณการจุดระเบิด 2 ลูกคลื่น จึงสามารถเทียบหาความเร็วรอบได้จาก

ถ้ากำหนดสัญญาณ	2 ลูก	แสดงว่าเครื่องยนต์หมุนไป	1 รอบ
แปลงเป็นความถี่จะได้	2/60 Hz	เครื่องยนต์หมุนไป	1/60 รอบ
ความถี่	1/30 Hz	เครื่องยนต์หมุนไป	1 rpm

จากการเทียบค่า เมื่อเราวัด ได้ค่าความถี่ออกมาก็จะสามารถเทียบหาความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ และจะสังเกตเห็นว่าเมื่อเราเพิ่มความเร็วรอบ ความถี่ก็จะสูงขึ้น แสดงให้รู้ว่าการจุดระเบิดถี่บ่อยขึ้นนั่นเอง

ความเร็วรอบ(RPM)	ความถี่(Hz)
1000	32.7
1500	49.8
2000	70.3
2500	82.5
3000	101.8
3500	117.2
4000	132.5
4500	149.3

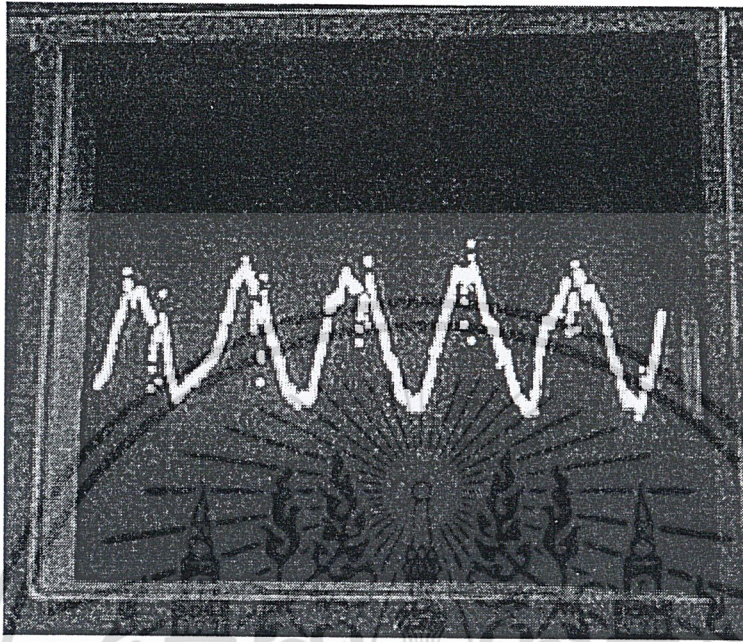
6.3 ตารางแสดงค่าสัญญาณ IGt ที่ความเร็วรอบค่าต่างๆ



รูปที่ 6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ IGt กับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณ Oxygen Sensor

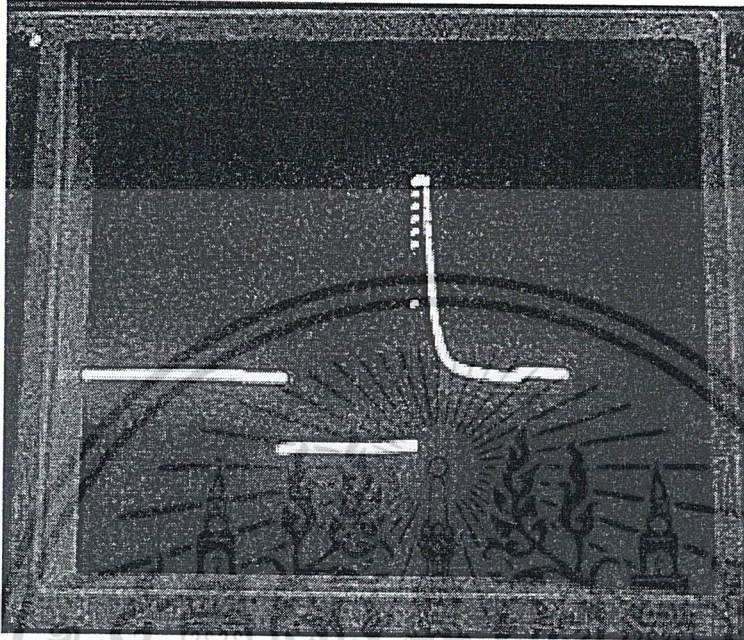


รูปที่ 6.8 แสดงรูปสัญญาณ Oxygen Sensor

ไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างของสัญญาณแต่ละรอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณ Injection sensor



รูปที่ 6.9 แสดงรูปสัญญาณ Injection

จากการทดลองนี้เราทำการวัดสัญญาณการฉีดน้ำมันของหัวฉีดเพื่อวัดหาเวลาในการฉีดน้ำมันและ วิเคราะห์ว่าหัวฉีดแต่ละหัวทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร โดยจากผลการทดลองเราพบว่าหัวฉีดแต่ละหัวทำงานพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 ผลการทดลองการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์

1. จากการทดลองในหัวข้อ 5.2 พบว่า สามารถนำสัญญาณจาก Sensor มาแสดงถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ 2 สัญญาณ คือ สัญญาณ IGt และ สัญญาณ Ne-

แต่ลักษณะสัญญาณ IGt เป็นสัญญาณที่มีรูปร่างเป็น Square Wave มีความต่างศักย์ประมาณ 4.68 โวลต์ ใกล้เคียงกับความต่างศักย์ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปคือ 5 โวลต์ จึงเลือกใช้สัญญาณ IGt

2. สามารถนำโปรแกรมที่เขียนได้ไปใช้ควบคุมการทำงานของสแตมป์มอเตอร์ได้เป็นอย่างดี สามารถพัฒนาโปรแกรมส่วนนี้ให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานได้

3. โปรแกรมที่ใช้อ่านค่าความถี่จากวงจรนั้น เมื่อนำไปใช้วัดสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ สามารถที่จะอ่านค่าความถี่ได้ใกล้เคียงกับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามา มีค่าความผิดพลาดที่พอจะยอมรับได้

แต่เมื่อนำไปใช้วัดความถี่ของสัญญาณจาก Sensor ของเครื่องยนต์ ซึ่งเลือกใช้สัญญาณ IGt ไม่สามารถที่จะอ่านค่าความถี่ได้อย่างถูกต้อง

4. เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการอ่านค่าความถี่จากวงจรนี้ไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จึงไม่สามารถแสดงถึงความเร็วรอบที่ถูกต้องของเครื่องยนต์ในขณะนั้นได้ โปรแกรมที่ได้เขียนไว้จึงไม่สามารถนำไปใช้ทดลองได้ อาจเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์และเครื่องยนต์ได้

## บทที่ 7

# สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

### 7.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการที่โปรแกรมการอ่านค่าความถี่จากวงจรนับมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น อาจมีสาเหตุจาก

#### 1. โปรแกรม

ขั้นตอนและวิธีในการอ่านค่าจากวงจรนับรวมถึงการคำนวณของโปรแกรมในลักษณะนี้อาจก่อให้เกิดค่าความผิดพลาดที่สูงได้

#### 2. สัญญาณ

ตัวสัญญาณที่เลือกนำมาใช้อาจจะทำให้วงจรนับทำงานผิดพลาดได้

#### 3. วงจรนับ

วงจรมันที่ใช้เป็นวงจรถูกออกแบบขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการทดลอง อาจมีข้อจำกัดในการทำงาน จากการทดลองพบว่า ตัววงจรมันไม่สามารถกำหนดสถานะในการเริ่มต้นนับที่เหมือนกันได้ในทุกครั้งของการทำงาน

### 7.2 สรุปผลการทดลอง

1. สามารถใช้สเต็ปมอเตอร์เข้ามาควบคุมการเปิด-ปิดของวาล์วปีกผีเสื้อโดยรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้สามารถควบคุมองศาการเปิด-ปิดของวาล์วปีกผีเสื้อได้
2. ทำให้เข้าใจถึงลักษณะของสัญญาณที่ไปควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์รวมทั้งลักษณะการทำงานของ ECU
3. สามารถประยุกต์ใช้วงจรมันเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง
4. ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อทำการพัฒนาเครื่องยนต์ต่อไป

### 7.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. เครื่องยนต์เป็นเครื่องที่นำเข้ามาจากญี่ปุ่น ทำให้ไม่สามารถหา ECU เฉพาะเครื่อง ที่ทำการควบคุมได้ จึงต้องนำไปดัดแปลง ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก
2. ระบบน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์เกิดการอุดตัน ประกอบกับสถานที่ติดตั้งเครื่องยนต์มีการระบายอากาศที่ไม่ดีนัก ทำให้เครื่องยนต์มีความร้อนสูงและเป็นผลให้ได้สมรรถนะที่ต่ำลง
3. สัญญาณที่วัดได้จากเครื่องยนต์มีลักษณะไม่คงที่ จึงควรทำการวัดสัญญาณจาก ECU

โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไม่ควรทำการทดลองติดต่อกันเป็นเวลานานเนื่องจากอาจมีแก๊สรั่วไหลออกมาจากเครื่องยนต์และท่อไอเสีย
5. ก่อนทำการทดลองควรปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ให้หมดทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง  
การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์

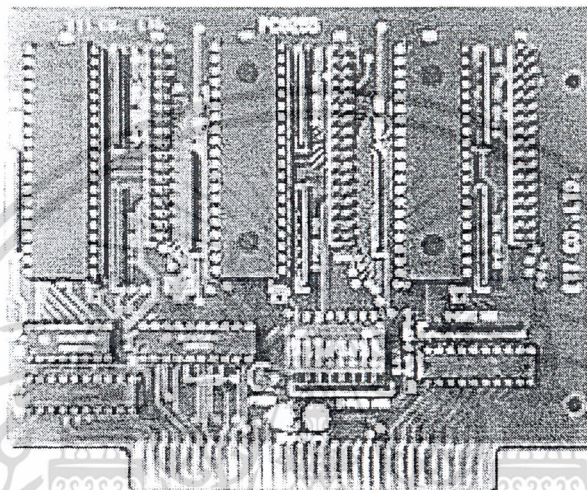


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก.1 การ์ด ET-PC 8255

### ก.1.1 ลักษณะของการ์ด ET-PC 8255

ET-PC 8255 จะเป็นการ์ดต่อขยายระบบเครื่อง PC ให้มีส่วนของ Input - Output Port ใช้งานมากขึ้น โดยจะมี Port ใช้งานเป็น Input หรือ Output จำนวน 9 Port หรือ 72 Bit I/O (TTL 0-5v)



รูปที่ ก.1 ลักษณะของการ์ด ET-PC 8255

LOGIC INPUT AND OUTPUT	: MIN	: MAX	
INPUT LOGIC LOW	: -0.5	: 0.8	VOLTS
INPUT LOGIC HIGH	: 2.0	: 5	VOLTS
OUTPUT LOW VOLTAGE PORTS	: -	: 0.45	VOLTS
(I-SINK = 1.7 MA)			
OUTPUT HIGH VOLTAGE PORTS	: 2.4	: -	VOLTS
(I-SOURCE=200 UA)			
POWER CONSUMPTION	: 300 MA + 5V		
SIZE	: HALF SLOT (13×11 CM)		
PORT	: 3 (8255 I/O PORT × 8BIT)		
CONNECTOR	: 3 (34 PIN HEADER-STRIP ETT IO BUS)		
DECODE PORT	: 8 POSITIONS DIP SW.		

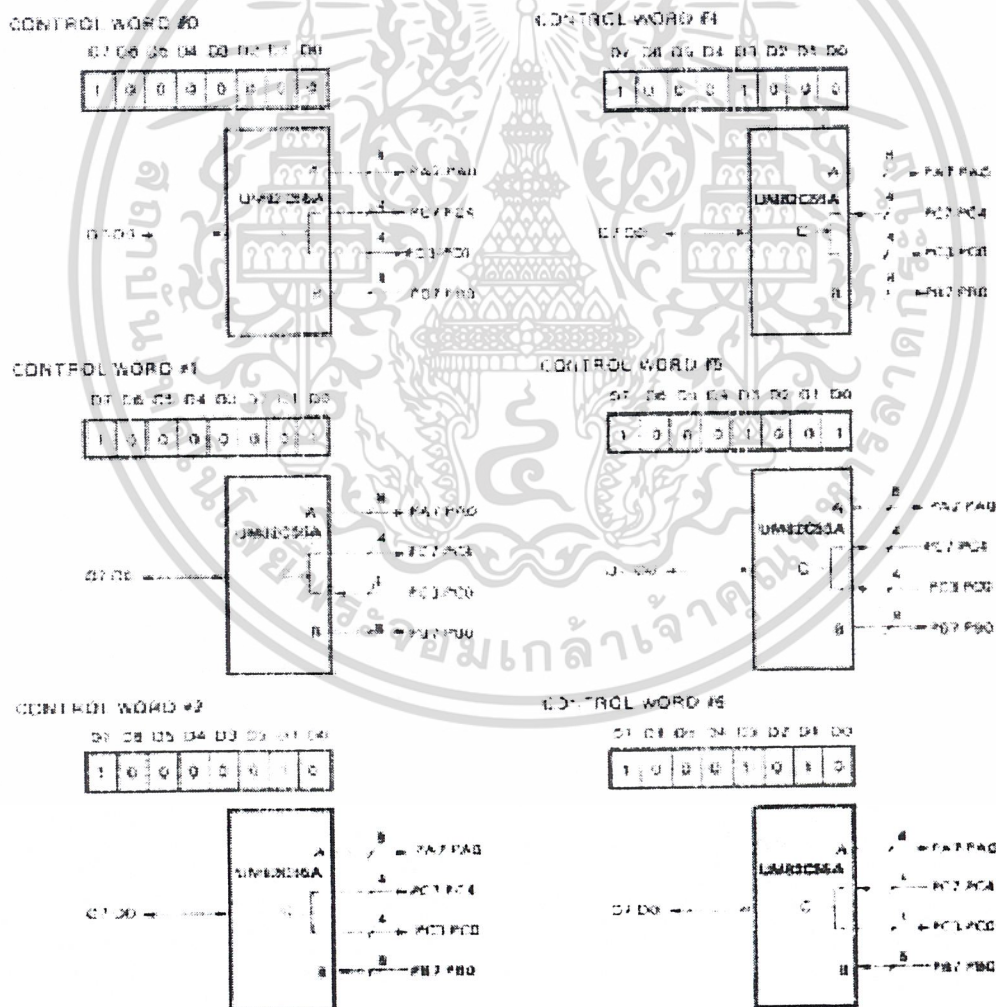
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.1.2 การทำงานของ ET-PC 8255

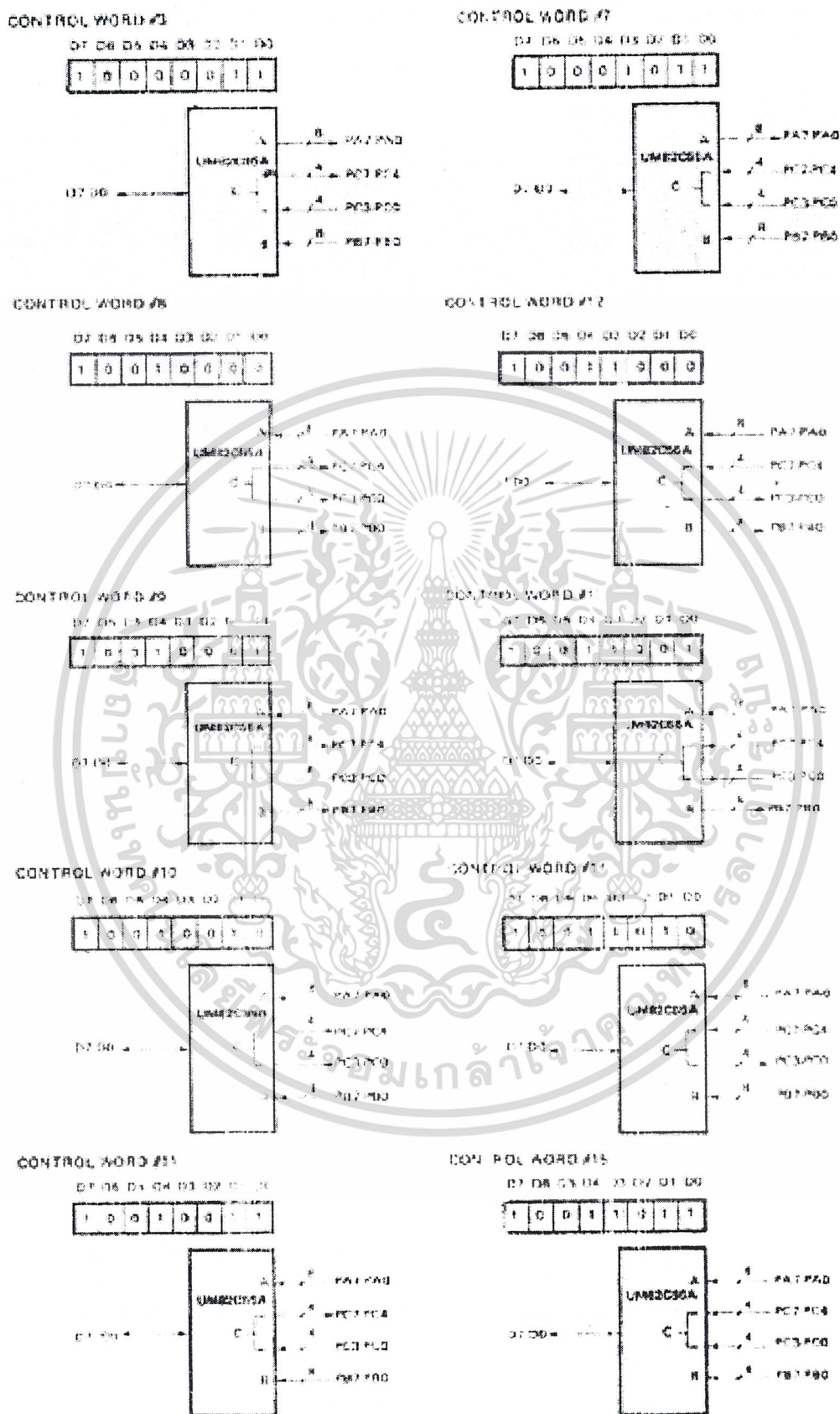
การ์ด ET-PC 8255 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ก็คือ ส่วน IC 8255 ซึ่งเป็น IC ทำหน้าที่เป็น Input, Output Port และส่วนของวงจร IC DECODE (เลือกตำแหน่งของ Port 8255) คือ IC 74LS688, 74LS139 และ DIP SW.

### ก.1.3 การใช้งาน IC 8255

IC 8255 นี้จะเป็น IC ซึ่งประกอบด้วย Port ใช้งาน 3 Port และอีก 1 Port ควบคุม ก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 เราจะต้องส่งข้อมูลไปให้ยัง Port ควบคุมก่อน เพื่อกำหนดให้ Port ทั้ง 3 Port ของ 8255 ที่เหลือนั้นทำหน้าที่อะไร เป็น Input หรือ Output Port เราจะต้องเป็นผู้กำหนด Control Word ควบคุมดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ลักษณะการทำงานของการ์ด ET-PC 8255 ที่ Control Word ค่าต่างๆ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.1.4 การอ้างอิงค่า Address ของ Port

การอ้างอิงค่า Address ของ Port 8255 บนการ์ด จะใช้ IC TTL 74LS688, IC TTL 74LS139 และ DIP SW. 8 PIN เป็นวงจร Decode เพื่อให้สามารถปรับ DIP SW. ตั้งตำแหน่งเบอร์ Port ของการ์ดได้ โดยการปรับ DIP SW. นั้นจะต้องไม่ไปตรงกับตำแหน่ง Port ของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย การ์ด ET-PC 8255 จะใช้ตำแหน่ง Port 12 Port ต่อการ์ด

XX0H	PORT A	(#1)
XX1H	PORT B	(#1)
XX2H	PORT C	(#1)
XX3H	CONTROL PORT	(#1)
XX4H	PORT A	(#2)
XX5H	PORT B	(#2)
XX6H	PORT C	(#2)
XX7H	CONTROL PORT	(#2)
XX8H	PORT A	(#3)
XX9H	PORT B	(#3)
XXAH	PORT C	(#3)
XXBH	CONTROL PORT	(#3)

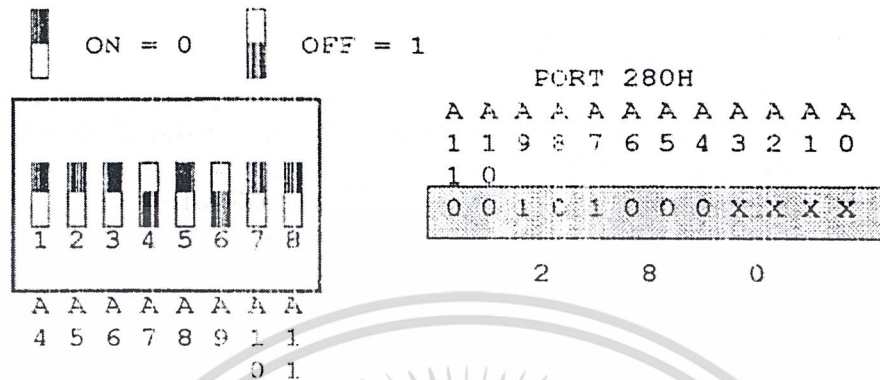
#### 34 PIN I/O BUS

PA0	0	0	PA1
PA2	0	0	PA3
PA4	0	0	PA5
PA6	0	0	PA7
PB0	0	0	PB1
PB2	0	0	PB3
PB4	0	0	PB5
PB6	0	0	PB7
PC0	0	0	PC1
PC2	0	0	PC3
PC4	0	0	PC5
PC6	0	0	PC7
VCC	0	0	
GND	0	0	
	0	0	
	0	0	
	0	0	

### รูปที่ ก.3 แสดงตำแหน่ง Port บน 34 Pin I/O Bus ของการ์ด ET-PC8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการปรับ DIP SW. ที่ตำแหน่ง Address เท่ากับ 280H



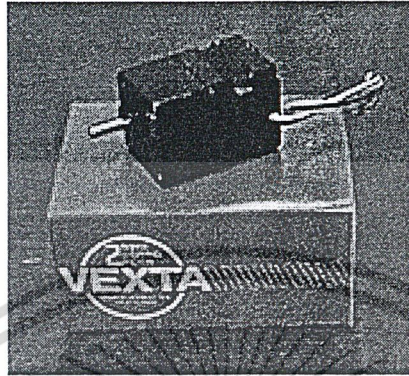
รูปที่ ก.4 แสดงตัวอย่างการปรับ DIP SW. เพื่อกำหนดค่า Port Address ของการ์ด ET-PC8255

#### ก.1.5 การติดตั้งการ์ด ET-PC 8255 กับเครื่องคอมพิวเตอร์

1. ปิดสวิทช์ของเครื่องคอมพิวเตอร์
2. เปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์
3. ปรับ DIP SW. โดยให้ตำแหน่ง Port Address ไม่ตรงกับตำแหน่ง Port Address ของการ์ดอื่นๆในเครื่องคอมพิวเตอร์
4. นำการ์ด ET-PC 8255 ใส่เข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ทาง Slot PC 62 Pin ให้เรียบร้อย สนิทติดกับ Slot PC
5. ต่อสายออกไปใช้งานจาก 34 Pin I/O Bus ให้เรียบร้อย
6. เปิดสวิทช์ของเครื่องคอมพิวเตอร์

## ก.2 สเต็ปมอเตอร์

### ก.2.1 คุณลักษณะของสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้

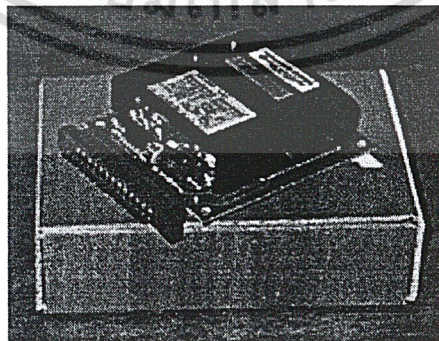


รูปที่ ก.5 สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

รุ่น : VEXTA PxB 43G01-02A  
 แบบ : 2 เฟส มอเตอร์ ยูนิโพลาร์  
 องศา : สเต็ป : 0.1  
 DC 9.6 Volts 0.25 A

## ก.3 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

### ก.3.1 ลักษณะของวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้



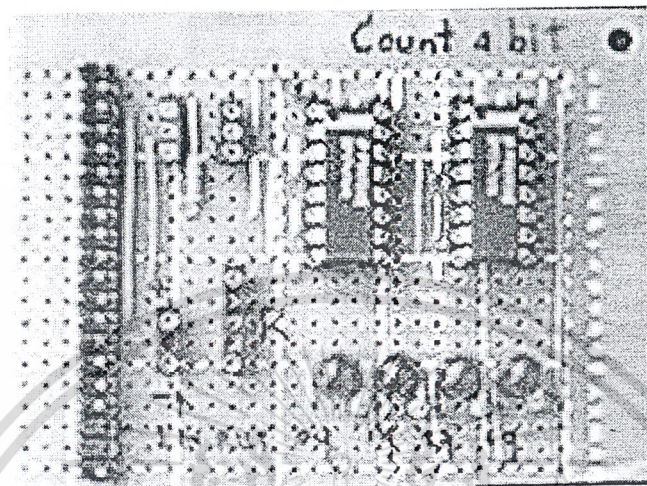
รูปที่ ก.6 ลักษณะของวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ก.2 วงจรนับความถี่ 4 Bit

### ก.2.1 วงจรนับความถี่ 4 Bit



#### รูปที่ ก.8 ลักษณะของ วงจรนับความถี่ 4 Bit

วงจรถัดความถี่ 4 Bit (Bit0-Bit3) นี้ เป็นวงจรถัดความถี่ที่ถูกรวบรวมมาเพื่อใช้ประโยชน์ในการนับความถี่ของสัญญาณ ประกอบด้วย

- IC 74LS56 จำนวน 2 ตัว
- หลอดไฟ LED 4 หลอด
- I/O Port
- ช่องเสียบสัญญาณ Input

#### ก.2.2 การทำงานของ วงจรนับความถี่ 4 Bit

I/O Port ของวงจรถัดความถี่ 4 Bit จะใช้เชื่อมต่อข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านการ์ด ET-PC8255 Input ของ วงจรถัดความถี่ จะเป็นสัญญาณ Logic 0 หรือ 1 (TTL 0-5v) เพื่อใช้ในการ Reset และ Set การทำงานของวงจรถัด ตามลำดับ จะต้องมีการ Reset และ Set Counter ก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง

เมื่อมีสัญญาณที่ต้องการจะวัดเข้ามาสู่วงจรถัดความถี่ และวงจรถัดความถี่อยู่ในสถานะ Set IC74LS56 ซึ่งเป็น Dual JK flip-flop ที่กำหนดการทำงานในแบบ Toggle flip-flop ตัวที่ 1 จะนำสัญญาณที่ต้องการวัดมาเป็นสัญญาณนาฬิกาเพื่อเปลี่ยนสถานะของ Output มาแสดงผลที่หลอด LED Bit0 และสัญญาณ Output นี้ จะถูกใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาสำหรับ flip-flop ตัวถัดไป

ในการใช้งานจะต้องมีการกำหนดระยะเวลาสำหรับการทำงานของวงจรถัดความถี่ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาดังกล่าว จึงอ่านค่าความถี่จาก วงจรถัดความถี่ เทียบกับระยะเวลา 1 วินาที จะได้ค่าความถี่ในหน่วย เฮิรตซ์ (Hz)

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง  
การควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.1 โปรแกรมควบคุมองศาของวาล์วปีกผีเสื้อ

### ข.1.1 โปรแกรมควบคุมองศาของวาล์วปีกผีเสื้อ 1 จังหวะ

```
// Open Trottle Valve 1 Step & Go Back to Idle Position
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portout = 0x282;//Port C#1
    int value,i;
    do // Get Input
    {
        cout<<"\n"<<"Enter Trottle Valve Angle :";
        cin>>value;
    }
    while((value<0)||(value>90));
    value*=10;
    for(i=0;i<value;i++) // Open Trottle Valve
    {
        outp(portout,1); delay(5);
        outp(portout,0); delay(5);
    }
    cout<<"\n Complete !!!"<<"\a";
    getch();
    for(i;i>0;i--) // Go Back to Idle
    {
        outp(portout,3); delay(5);
        outp(portout,2); delay(5);
    }
}
```

### ข.1.2 โปรแกรมควบคุมองศาของวาล์วปีกผีเสื้อหลายจังหวะ

```

// Open Trottle Valve x Step & Go Back to Idle Position
#include <iostream.h>
#include <conio.h>
#include <iomanip.h>
#include <dos.h>

void drive(int);

struct step    { int angle; };
               step step[20];

void main ()
{ clrscr();
  int n,j,now=0,x;
  float temp1;
  cout<<"Enter The Number of Step : ";cin>> n ;
  cout<<"\nEnter Trottle Valve Angle : (Degree )" <<endl;
  for (j=1; j<=n; j++)
  { do
    { cout<<" Step " <<j<<endl ;
      cout<<" Trottle Valve Angle : ";cin>>temp1;
    }
    while ((temp1 < 0) || (temp1 > 90));
    step[j].angle=temp1;
  }

  clrscr();
  for (j=1; j<=n; j++)
  { x=(step[j].angle*10)-now ;
    if (x>0)
      for (int i=0 ;i<x ;i++)
        {drive(1);now++;}
    if (x<0)
      for (int i=0 ;i<-x ;i++)

```

```

        {drive(3);now--;}

        cout<<"Step"<<setw(2)<<j<<" : "<<setw(8)<<step[j].angle<<" Degree(s)";

        cout<<" OK !! Press ENTER"<<"\a"<<endl;

        getch();

    }

    for (int i=0 ;i<now ;i++)

        drive(3);

}

void drive(int x)

{ int portout =0x282;//port C#1

  outp(portout,x); delay(5);

  outp(portout,x-1); delay(5);

}

```

### ข.1.3 โปรแกรมควบคุมองศาของวาล์วปีกผีเสื้อหลายจังหวะและกำหนดหน่วงเวลาอัตโนมัติ

```

// Open Trottle Valve x Step & Control Delay Time &Go Back to Idle Position
#include <iostream.h>
#include <conio.h>
#include <iomanip.h>
#include <dos.h>

void drive(int);

struct step    { int angle,time;  };

    step step[20];

void main ()

{ clrscr();

  int n,j,now=0,x;

  float temp1,temp2;

  cout<<"Enter The Number of Step : ";cin>> n ;

  cout<<"\nEnter Trottle Valve Angle & Time : (Degree & Second)"<<endl;

```

```

for (j=1; j<=n; j++)
{
do
{
cout<<" Step "<<j<<endl;
cout<<" Trottle Valve Angle : ";cin>>temp1;
cout<<"          Time : ";cin>>temp2;
}
while ((temp1 < 0) || (temp1 > 90));
step[j].angle=temp1;step[j].time=temp2;
}
clrscr();
for (j=1; j<=n; j++)
{
x=(step[j].angle*10)-now;
if (x>0)
for (int i=0 ;i<x ;i++)
{drive(1);now++;}
if (x<0)
for (int i=0 ;i<-x ;i++)
{drive(3);now--;}
cout<<"Step"<<setw(2)<<j<<" : "<<setw(8)<<step[j].angle<<" Degree(s)";
cout<<" OK !! "<<"\a"<<endl;
delay(step[j].time*1000);
}
for (int i=0 ;i<now ;i++)
drive(3);
}
void drive(int x)
{
int portout =0x282;//port C#1
outp(portout,x); delay(5);
outp(portout,x-1); delay(5);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.2 โปรแกรมอ่านค่าความถี่ของสัญญาณ

### ข.2.1 โปรแกรมอ่านค่าความถี่ของสัญญาณจากเครื่องสร้างสัญญาณ

```
// Read Frequency from Function Generator
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portin = 0x281;//Port B#1
    int DelayTime=60;
    unsigned int freq;
    outp(0x280,0);//Reset Counter
    outp(0x280,1);//Set Counter
    delay(DelayTime);
    freq=inp(portin)-240;
    freq=freq*1000/DelayTime;
    cout<<"\n    "<<<freq<<" Hz";
    getch();
}
```

## ข.2.2 โปรแกรมเฉลี่ยค่าความถี่ของสัญญาณจากเครื่องสร้างสัญญาณ

```
// Average Frequency from Function Generator
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portin = 0x281;//Port B#1
    int DelayTime=60;
    unsigned int freq=0,avg=30;
    for (int i=0;i<avg;i++)
    { outp(0x280,0);//Reset Counter
      outp(0x280,1);//Set Counter
      delay(DelayTime);
      freq=inp(portin)-240;
      freq+=freq;
    }
    freq=freq*1000/DelayTime/avg;
    cout<<"n    "<<freq<<" Hz";
    getch();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.2.3 โปรแกรมอ่านค่าความถี่สูงสุดของสัญญาณจากเครื่องสร้างสัญญาณ

```
// Read Max. Frequency from Function Generator
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portin = 0x281;//Port B#1
    int DelayTime=60;
    unsigned int freq=0, temp=0;
    for (int i=0;i<5;i++)
    { outp(0x280,0);//Reset Counter
      outp(0x280,1);//Set Counter
      delay(DelayTime);
      temp=inp(portin)-240;
      if(temp>freq) freq=temp;
    }
    freq=freq*1000/DelayTime;
    cout<<"\n    "<<freq<<" Hz";
    getch();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ข.2.4 โปรแกรมอ่านค่าความเร็วรอบโดยการแปลงความถี่ของสัญญาณจากเครื่องยนต์

```
// Read Frequency from Engine
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portin = 0x281;//Port B#1
    int DelayTime=60;
    unsigned int freq;
    outp(0x280,0);//Reset Counter
    outp(0x280,1);//Set Counter
    delay(DelayTime);
    freq=inp(portin)-240;
    freq=freq*500;
    cout<<"\n    "<<freq<<" RPM";
    getch();
}
```

## ข.2.5 โปรแกรมอ่านค่าความเร็วรอบโดยการแปลงค่าความถี่เฉลี่ยของสัญญาณจากเครื่อง ยนต์

```
// Average Frequency from Engine
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portin = 0x281;//Port B#1
    int DelayTime=60;
    unsigned int freq=0,avg=30;
    for (int i=0;i<avg;i++)
    { outp(0x280,0);//Reset Counter
      outp(0x280,1);//Set Counter
      delay(DelayTime);
      freq=inp(portin)-240;
      freq+=freq;
    }
    freq=freq/avg*500;
    cout<<"\n    "<<freq<<" RPM";
    getch();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.6 โปรแกรมอ่านค่าความถี่รอบโดยการแปลงความถี่สูงสุดของสัญญาณจากเครื่อง  
ยนต์

```
// Read Max. Frequency from Engine
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
void main()
{
    outp(0x283,138);//Control Port : Control Word #6
    int portin = 0x281;//Port B#1
    int DelayTime=60;
    unsigned int freq=0, temp=0;
    for (int i=0;i<5;i++)
    { outp(0x280,0);//Reset Counter
      outp(0x280,1);//Set Counter
      delay(DelayTime);
      temp=inp(portin)-240;
      if(temp>freq) freq=temp;
    }
    freq=freq*500;
    cout<<"n    "<<freq<<" RPM";
    getch();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.3 โปรแกรมควบคุมความเร็วรอบ

#### ข.3.1 โปรแกรมควบคุมความเร็วรอบ 1 จังหวะ

```

// Control RPM 1 Step
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
unsigned int count();
void drive(int);
void main()
{
    outp(0x283,131);//Control Port : Control Word #3
    unsigned int freq,rpm,counter=0;
    do
    { cout<<"\nEnter RPM : ";cin>>rpm; }
    while((rpm%500!=0)||((rpm<1000)||((rpm>6000)));
    freq=rpm/500;
    if (freq<count())
        do
        {drive(3);counter--;}
        while (freq<=count());
    if (freq>count())
        do
        {drive(1);counter++;}
        while(freq!=count());

    cout<<" Complete !! ";
    getchar();
    for(int i;i<counter;i++)
    drive(3);
}

```

```
unsigned int count()
{
    unsigned int f;
    outp(0x280,0);//Reset Counter on Port A#1
    outp(0x280,1);//Set Counter on Port A#1
    delay(60);
    return inp(0x281);//Read from Port B#1
}

void drive(int x)
{
    int portout =0x282;//port C#1
    outp(portout,x); delay(1);
    outp(portout,x-1); delay(1);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. เชื้อ ชูจำ, ธีระบุท สุวรรณประทีป., “อุปกรณ์เชื้อเพลิงรถยนต์” ., ซีเอ็ด ยูเคชั่น , กรุงเทพฯ , 2535
2. จำนง ถนอม ., “ระบบหัวฉีดเบนซินและระบบเทอร์โบชาร์จ ” ., ซีเอ็ดยูเคชั่น กรุงเทพฯ , 2533
3. นพดล เวชวิฐาน ., “เครื่องยนต์หัวฉีด EFI” ., สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น )
4. Colin R. Ferguson ., “International Combustion Engine” ., JOHND WILEY & SONS , NewYork, 1986



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

1. ขอขอบคุณ อาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ
2. ขอขอบคุณพี่มณฑาทิพย์ เพื่อด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ
3. ขอขอบคุณสยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด ที่บริจาคเครื่องยนต์ให้ทำการทดลอง
4. ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความเห็นใจ

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจมาโดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้