สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

THE CONTROL OF FUEL INJECTION IN SPARK IGNITION ENGINE BY ELECTRONIC CONTROL UNIT

นายฐิตะคม ลีตะนันท์
นายณัฐจิต สุขอัมพร
นายรณชัย ชัยวรพร

อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์
ดร. ชินรักษ์ เธียรพงษ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36835
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2542

การควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

โดย

นายฐิตะคม ลีตะนันท์

นายณัฐจิต สุขอัมพร

นายรณชัย ชัยวรพร

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

(ดร. ชินรักษ์ เธียรพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE CONTROL OF FUEL INJECTION IN SPARK IGNITION ENGINE BY ELECTRONIC CONTROL UNIT

MR.THITAKOM LEETANAN

MR.NUTTAJIT SUKAMPORN

MR.RONACHAI CHAIVORAPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE ERQUEREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
นักศึกษา	ฐิตะคม ลีตะนันท์
	ณัฐจิต สุขอัมพร
	รณชัย ชัยวรพร
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์
	ดร. ชินรักษ์ เธียรพงษ์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและควบคุมเครื่องยนต์เบนซินหัวฉีดที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ (ECU) ในขั้นแรกเป็นการศึกษาระบบควบคุมการฉีดน้ำมันของหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ โดยการแปรภาระโหลดของเครื่องยนต์ ECU จะรับสัญญาณความเร็วรอบและปริมาณอากาศที่เข้าไปในเครื่องยนต์จึงคำนวณหาช่วงเวลาฉีดพื้นฐานได้ (BI) แล้วจึงนำมาสร้างแบบจำลองขึ้นโดยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ หาช่วงเวลาการฉีดจริง ๆ ที่เครื่องยนต์ต้องการ โดยการปรับแก้ด้วยสัญญาณอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น จากนั้นจึงสร้างชุดทดลองหัวฉีดที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งมีพื้นฐานบนไมโครคอรโทรลเลอร์ 8051 กับสัญญาณรหัส ASCII ที่ส่งออกทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Control Of Fuel Injection In Spark Ignition Engine By Electronic Control Unit	
Student	Thitakom	Leetanan
	Nuttajit	Sukamporn
	Ronachai	Chaivoraporn
Level of Study	Bachelor of Engineering in Mechanical Engineering	
	King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang	
Year	1999	
Thesis Advisor	Mr. Chinda	Charoenphonphanich
	Dr. Chinaruk	Thianpong

ABSTRACT

This research investigate and control fuel-injection gasoline engine controlled by an Electronic Control Unit (ECU) .The first step of the research study about ECU signal of injection timing at the various status. By engine load variation, the ECU receives engine speed and intake air quantity signals and then calculate for the Basic Injection duration (BI) Subsequently , mathematical model was built to estimate the fuel injected interval, actually required by the engine . The fuel injected interval was based on both intake air and cooling water temperature signals. Then, the fuel injected controller was built and controlled by personal computer and 8051 microcontroller and ASCII code which transmitted from the computer serial port.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	1
1.2 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	3
บทที่ 2 ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	7
2.1 มิเตอร์วัดการไหลของอากาศ	7
2.2 เซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี	12
2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	13
2.4 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี	15
2.5 เซนเซอร์วัดตำแหน่งลิ้นเร่ง	17
2.6 อุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม	19
2.7 เซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง	20
2.8 เซนเซอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์	21
2.9 ออกซิเจนเซนเซอร์	22
2.10 เซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์	23
บทที่ 3 หน้าที่ต่างๆของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่องยนต์	25
3.1 หน้าที่ในการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง	25
3.2 หน้าที่ในการควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า	31
3.3 หน้าที่ในการควบคุมลิ้นควบคุมรอบเดินเบา	33
3.4 หน้าที่ในระบบทำงานสำรอง	34
3.5 หน้าที่ในการป้องกันการทำงานบกพร่อง	35
3.6 ระบบการวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์	35
บทที่ 4 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ	37
4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์	37
4.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ	40
4.4 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์	43
4.5 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์	44
4.6 วงจรควบคุมการจุดระเบิด	45
บทที่ 5 วิธีการทดลองและการคำนวณ	47
5.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	47
5.2 วิธีการวัดสัญญาณจาก Sensor ต่างๆของเครื่องยนต์	53
5.3 การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์	54
บทที่ 6 ผลการทดลอง	58
6.1 ผลการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องยนต์	58
6.2 ผลการทดลองการวัดสัญญาณการฉีดน้ำมันจากตัวตรวจจับ	61
6.3 ผลการทดลองการวัดสัญญาณการฉีดน้ำมันจากคอมพิวเตอร์	63
บทที่ 7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	64
7.1 วิเคราะห์การทดลอง	64
7.2 สรุปผลการทดลอง	64
7.3 ปัญหาที่พบ	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง	66
ภาคผนวก ข โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง	70
บรรณานุกรม	78
กิตติกรรมประกาศ	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงข้อขัดข้องที่สามารถเกิดขึ้นได้ในวงจรต่างๆและการแก้ปัญหาของระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง	35
6.1 ตารางแสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์	58
6.2 ตารางแสดงลักษณะการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ที่สภาวะต่างๆ	61
6.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการฉีดจริงกับการคำนวณ	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมแรงดันที่ท่อร่วมไอดี	2
1.2	ขั้นตอนการทำงานของระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมปริมาณการไหลของอากาศหรือแบบ L	2
1.3	แสดงโครงสร้างและการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ K (K-jetronic)	3
1.4	แสดงโครงสร้างระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	4
1.5	แสดงส่วนประกอบของระบบ EFI	4
1.6	แสดงส่วนไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน	5
1.7	แสดงไดอะแกรมควบคุมการเพิ่มหรือลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง ของคอมพิวเตอร์จากการได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆ	6
2.1	ส่วนประกอบของระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	7
2.2	ส่วนประกอบของมิเตอร์วัดการไหลของอากาศแบบแผ่นวัด	8
2.3	ห้องป้องกันการกระเพื่อมของแผ่นวัดอากาศ	8
2.4	การทำงานร่วมกันของแผ่นวัดอากาศกับโพรเทนชิโอมิเตอร์	9
2.5	กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของไอดีที่ผ่านเข้ามิเตอร์วัดการไหล ของอากาศกับสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น	9
2.6	การต่อวงจรความต้านทานในโพรเทนชิโอมิเตอร์	10
2.7	การทำงานของห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศและลดการสั่นของแผ่นวัดอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นวัดอากาศที่ไม่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ	10
2.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของมุมเปิดแผ่นวัดอากาศกับระยะเวลาของแผ่นวัดอากาศ ที่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศกับแผ่นวัดอากาศที่ไม่มีห้องป้องกันการกระเพื่อม ของอากาศ	10
2.9	มิเตอร์วัดการไหลของอากาศ แบบออฟติคัลคาร์มานวอร์เทกซ์	11
2.10	ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของมิเตอร์วัดการไหลของอากาศแบบออฟติคัล คาร์มานวอร์เทกซ์	12
2.11	สัญญาณความถี่ปริมาตรการวัดของไอดี	12
2.12	ภาพตัดแสดงส่วนประกอบภายในเซ็นเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.13 วงจรการทำงานของเซ็นเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี 13
2.14 ภาพตัดแสดงเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ภายในเซ็นเซอร์ 14
2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น 14
2.16 การต่อวงจรของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 15
2.17 ภาพตัดแสดงเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี 15
2.18 ตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี (แบบ D) 15
2.19 ตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมีไอดี (แบบ L) 15
2.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิไอดีที่เปลี่ยนไป 16
2.21 การต่อวงจรเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอดีกับคอมพิวเตอร์ 16
2.22 ส่วนประกอบของเซ็นเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง 17
2.23 เซ็นเซอร์ในตำแหน่งลิ้นเร่งในตำแหน่งเดินเบา 17
2.24 เซ็นเซอร์ในตำแหน่งลิ้นเร่งในตำแหน่งกำลัง 18
2.25 เซ็นเซอร์ในตำแหน่งลิ้นเร่งในตำแหน่งว่าง 18
2.26 การต่อวงจรเซ็นเซอร์ลิ้นเร่งกับคอมพิ้วเตอร์ 18
2.27 อุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม 19
2.28 ส่วนประกอบของอุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเลคทรอนิคแบบ TCCS 19
2.29 วงจรการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเลคทรอนิคแบบ TCCS 20
2.30 โรเตอร์สัญญาณและขดลวดให้กำเนิดสัญญาณ 20
2.31 สัญญาณที่เกิดจากเซ็นเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง 21
2.32 โรเตอร์สัญญาณและขดลวดกำเนิดสัญญาณของขดลวดวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 21
2.33 สัญญาณที่เกิดขึ้นจากเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบจากเครื่องยนต์ 21
2.34 ตำแหน่งติดตั้งออกซิเจนเซนเซอร์ 22
2.35 ส่วนประกอบของออกซิเจนเซนเซอร์ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.36	กราฟแสดงการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อไอดีมีอัตราส่วนผสมที่หนาและบาง	23
2.37	แสดงส่วนประกอบของโฟโต้คัปเปิล	23
2.38	แสดงวงจรการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์	24
3.1	จังหวะการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด	25
3.2	ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของคอมพิวเตอร์	26
3.3	ไดอะแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงขณะสตาร์ตเครื่องยนต์	27
3.4	ไดอะแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงภายหลังสตาร์ตเครื่องยนต์	27
3.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้ไข	28
3.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นกับสัมประสิทธิ์ของการตรวจปรับแก้ไขขณะอุ่นเครื่องยนต์	29
3.7	สัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากออกซิเจนเซนเซอร์	30
3.8	การตรวจปรับแก้ไขอัตราส่วนไอดีย้อนกลับ	30
3.9	การตรวจปรับแก้ไขแรงเคลื่อนไฟฟ้าสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงทดแทนระยะเวลาการทำงานที่ล่าช้ากับสัญญาณระยะการเปิดของหัวฉีดที่เป็นจริง	31
3.10	ค่ามุมจุดระเบิดที่บันทึกในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์	32
3.11	กราฟแสดงการปรับจุดระเบิดล่วงหน้าเมื่อหน้าทองขาวตำแหน่งเดินเบาในเซนเซอร์ลิ้นเร่งปิด	33
3.12	วงจรควบคุมรอบเดินเบาของคอมพิวเตอร์	33
3.13	วงจรการทำงานของระบบป้องกันการทำงานบกพร่องภายในคอมพิวเตอร์	34
3.14	สัญลักษณ์สัญญาณไฟเตือนที่แผงหน้าปัดเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบปัญหาที่เกิดขึ้น	36
3.15	กล่องฟิวส์แสดงตำแหน่งติดตั้งฟิวส์ EFI 15 แอมแปร์	36
4.1	วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์	37
4.2	วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ ที่มีระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง	38
4.3	วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด	39
4.4	วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบ L – jettronic	40
4.5	วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตซ์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด	41
4.6	วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตซ์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ต	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน 42
4.8 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ โตโยต้ารุ่น 4A-GE 42
4.9 วงจรสัญญาณการสตาร์ตเครื่องยนต์ 43
4.10 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ 44
4.11 วงจรสัญญาณความเร็วรอบในเครื่องยนต์ โตโยต้ารุ่น 4A-GE 44
4.12 วงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ โตโยต้ารุ่น 4A-GE 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การควบคุมการฉีดน้ำมันโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์
(The Control Fuel Injection By Electronic Control Unit)

ในปัจจุบันเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีระบบการป้อนเชื้อเพลิงแบบใช้หัวฉีดจะมีECU (Electronic Control Unit) แต่เนื่องจากมีข้อจำกัด คือไม่สามารถปรับแต่งการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานที่ต้องการได้ดังนั้นจึงได้ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ โดยศึกษาสัญญาณจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ อาทิเช่น สัญญาณการจุดระเบิด สัญญาณการฉีดน้ำมัน เป็นต้นเพื่อนำมาควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นประโยนช์ในการพัฒนาเครื่องยนต์ชนิดใหม่ ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาการควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์โดยคอมพิวเตอร์ จึงจำเป็นต้องศึกษาและวัดสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมต่าง ๆ ของเครื่องยนต์แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเครื่องยนต์ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อทำการพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น

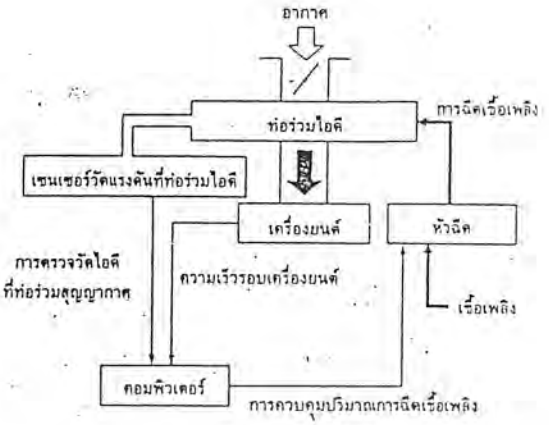
1.1 ชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาเพื่อใช้กับรถยนต์นั่งโดยบริษัทบอชแห่งประเทศเยอรมันได้แบ่งประเภทของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตามวิธีการสัญญาณตรวจวัดปริมาตรการไหลของไอดีได้ 2 แบบใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

1. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D หรือ D-jetronic

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D หรือ D-jetronic (แบบควบคุมความดันที่ท่อร่วมไอดี) เป็นแบบที่มีเซนเซอร์วัดสูญญากาศภายในท่อร่วมไอดีและส่งเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ ในรูปที่ 1.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมแรงดันที่ท่อร่วมไอดีหรือแบบ D

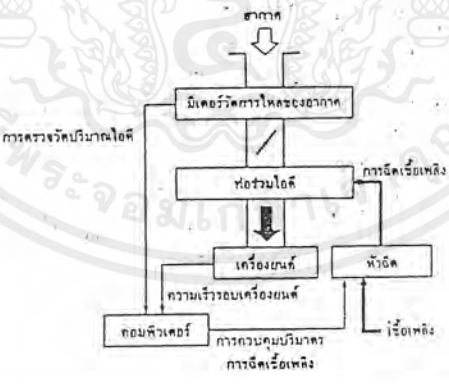
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมแรงดันที่ท่อร่วมไอดี

2. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L หรือ L-jetronic

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L หรือ L-jetronic (แบบควบคุมปริมาณการไหลของอากาศ) อาศัยหลักการส่งสัญญาณการไหลของอากาศที่ผ่านท่อร่วมไอดีด้วยมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ อัตราส่วนผสมของไอดีจะถูกรักษาให้ถูกต้องอยู่เสมอแม้ว่าภายในท่อร่วมไอดีจะเกิดสูญญากาศไม่คงที่ ในรูปที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมปริมาณการไหลของอากาศหรือแบบ L



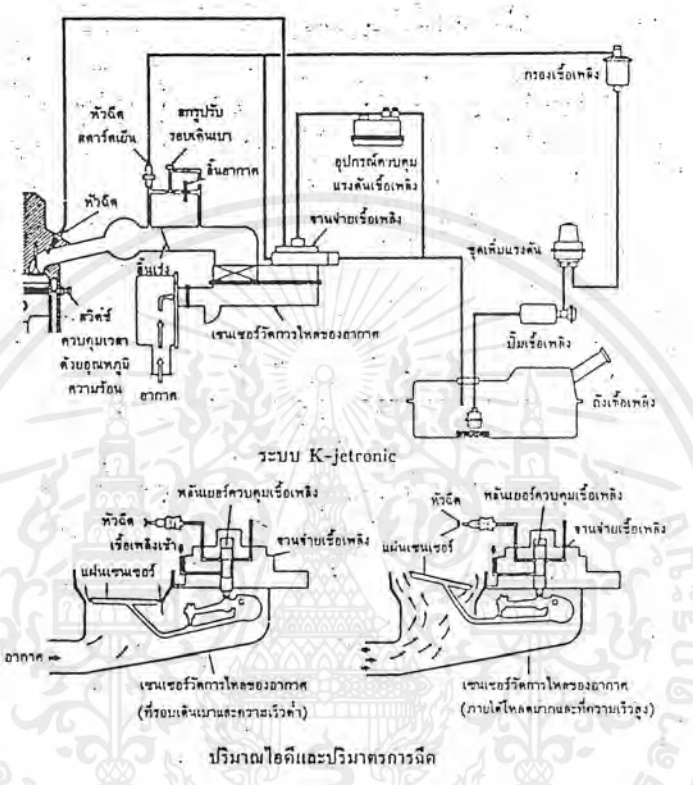
รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมปริมาณการไหลของอากาศหรือแบบ L

3. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ K หรือ K-jetronic

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ K หรือ K-jetronic (แบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยกลไก) เป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศอีกแบบหนึ่ง แต่จะแตกต่างจากระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L โดยจะมีลักษณะการทำงานที่ควบคุมส่วนผสมของไอดี ด้วยกลไกและฉีดเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง หรือบางทีเรียกว่า ระบบฉีดเชื้อเพลิงต่อเนื่องแบบกลไก (fuel continuous injection system; CIS) ซึ่งระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กับรถยนต์นั่งกันอย่างแพร่หลายในยุโรป ในรูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ K



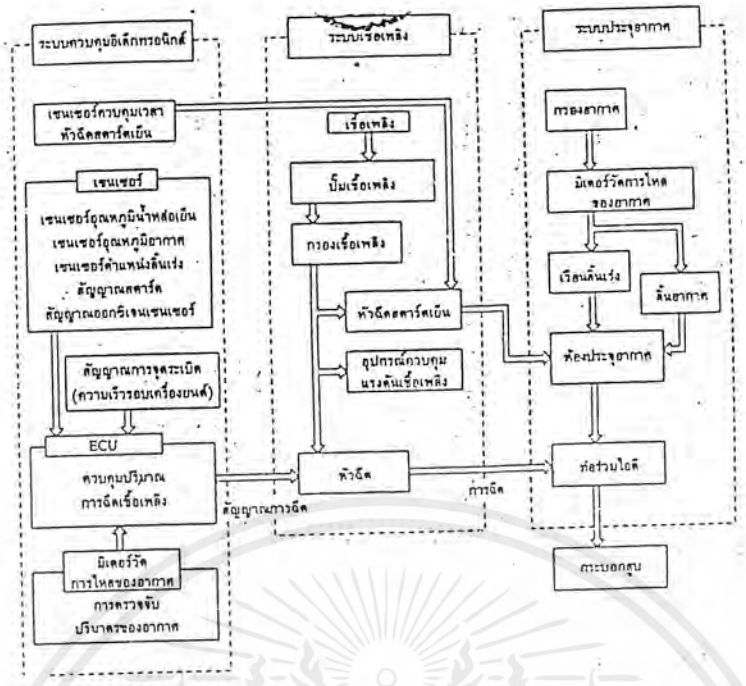
รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างและการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ K (K-jetronic)

1.2 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทั้งแบบ D หรือแบบ L ประกอบด้วยระบบการทำงานหลัก ๆ 3 ระบบด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ซึ่งรวมทั้งอุปกรณ์ช่วยการทำงานในระบบต่าง ๆ ที่สามารถแยกการทำงานไปตามหน้าที่ดังนี้ คือ

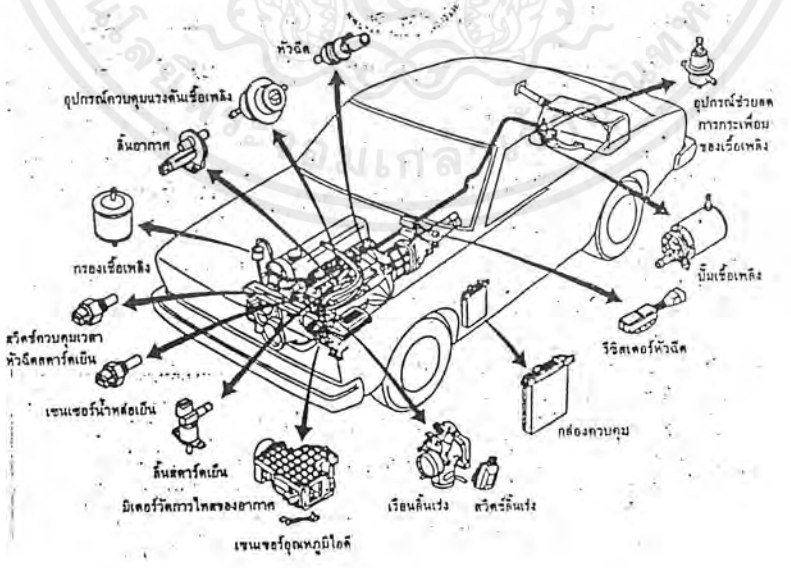
1. ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)
2. ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)
3. ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 แสดงโครงสร้างระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ตามโครงสร้างพื้นฐานหลักที่ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ แล้วนั้น โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ทั้ง 3 ระบบก็ยังสามารถที่จะแยกหน้าที่การทำงานออกเป็น 2 แบบคือ อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานและอุปกรณ์แก้ไขข้อบกพร่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงส่วนประกอบของระบบ EFI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน

อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน (Basic Injection Control) จะทำหน้าที่ควบคุมให้อัตราส่วนของไอดีที่ถูกดูดเข้าในกระบอกสูบถูกต้องตามทฤษฎีเสมอไม่ว่าปริมาตรการประจุอากาศจะมีเพิ่มขึ้นหรือลดลง นั่นคือปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงจะต้องเป็นสัดส่วนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาตรการประจุอากาศ ซึ่งได้แก่

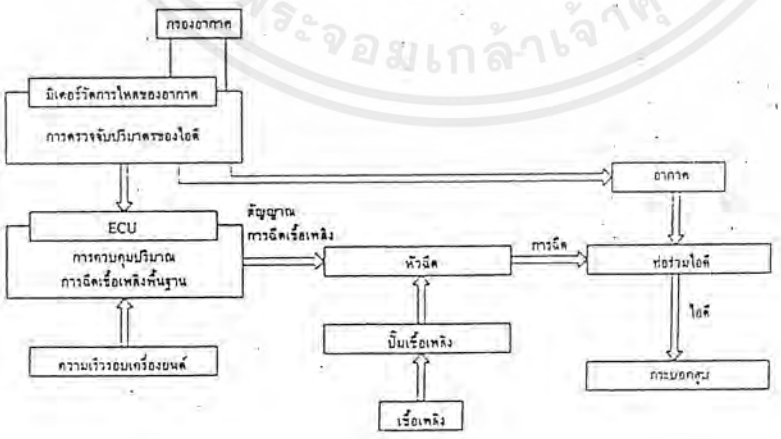
1. ลิ้นเร่งและมิเตอร์วัดการไหลของอากาศจะควบคุมและวัดปริมาตรอากาศส่งสัญญาณผ่านไปยังคอมพิวเตอร์จากระดับการเปิดของแผ่นวัด

2. ปั๊มเชื้อเพลิงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันเชื้อเพลิงและหัวฉีดจะรักษาแรงดันและปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงให้เปลี่ยนแปลงไปตามโหลด

ดังนั้นเมื่อมีปริมาณของอากาศเข้าน้อย ช่วงระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงก็จะสั้น และถ้ามีปริมาณอากาศเข้ามาก ช่วงระยะเวลาการฉีดก็จะยาวขึ้น

3. คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจากการวัดปริมาตรของอากาศจากมิเตอร์วัดการไหลของอากาศและสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากคอยล์จุดระเบิดจากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอากาศ และส่งสัญญาณระยะเวลาการเปิดลิ้นโซลีนอยด์ของแต่ละตัว เพื่อที่หัวฉีดจะเปิดให้เชื้อเพลิงฉีดเข้าไปยังท่อร่วมไอดีในแต่ละสูบ

4. สัญญาณจากคอยล์จุดระเบิดจะเป็นตัวกำหนดให้หัวฉีดทั้งหมดฉีดเชื้อเพลิงให้โหลดกับรอบการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง (เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ) ดังนั้นหัวฉีดจึงต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงถึง 2 ครั้งเพื่อให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงถูกต้อง ในรูปที่ 1.6 เป็นไดอะแกรมแสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง



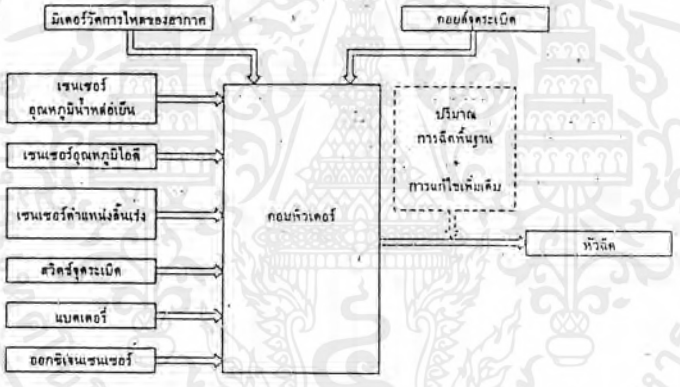
รูปที่ 1.6 แสดงไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 อุปกรณ์ควบคุมแก้ไขข้อบกพร่อง

ความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมแก้ไขข้อบกพร่อง ก็เนื่องจากอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานสามารถทำงานได้ดีเฉพาะการฉีดพื้นฐานเท่านั้น แต่ไม่สามารถทำงานภายใต้สภาวะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงได้ อุปกรณ์ควบคุมแก้ไขข้อบกพร่องจึงทำหน้าที่ปรับอัตราส่วนผสมขาดไอดีให้เหมาะสมเป็นไปตามสภาพที่เปลี่ยนแปลงภายใต้โหลดที่หนักหรือเมื่อเครื่องยนต์ยังเย็นอยู่

ด้วยเหตุนี้คอมพิวเตอร์จึงทำหน้าที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์จากเซนเซอร์ต่าง ๆ นอกเหนือจากข้อมูลปริมาตรอากาศจากมิเตอร์วัดการไหลของอากาศและความเร็วรอบเครื่องยนต์จากคอยล์จุดระเบิด คอมพิวเตอร์จะคำนวณและเพิ่มหรือลดปริมาณของการฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานให้เป็นไปตามสภาวะการทำงานของเครื่องได้ ในรูปที่ 1.7 เป็นไดอะแกรมควบคุมการเพิ่มหรือลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงของคอมพิวเตอร์จากการได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ต่าง ๆ

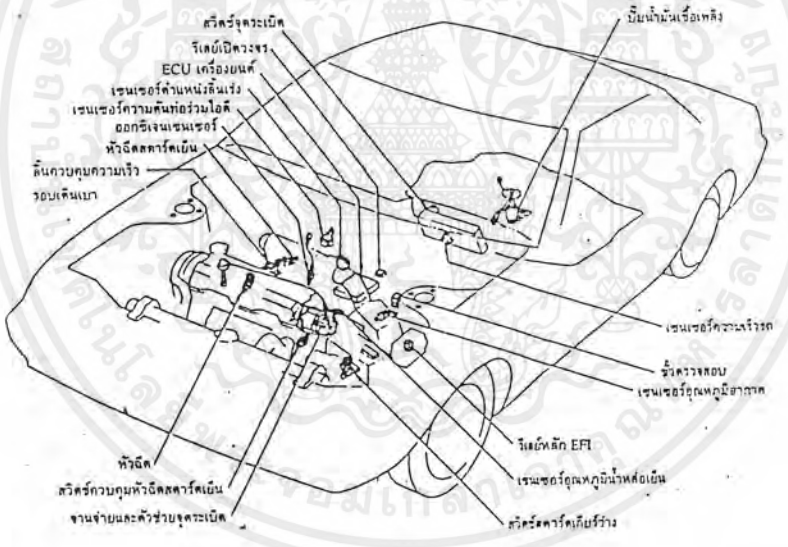


รูปที่ 1.7 แสดงไดอะแกรมควบคุมการเพิ่มหรือลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงของคอมพิวเตอร์จากการได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยเซนเซอร์ซึ่งทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณตามสภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซนเซอร์เพื่อคำนวณและกำหนดระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเบื้องต้นให้กับหัวฉีด มิเตอร์วัดปริมาตรของไอดีเป็นเซนเซอร์อีกแบบหนึ่งที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาตรการประจุของไอดีให้เป็นไปตามโหลดของเครื่องยนต์ เซนเซอร์อุณหภูมิไอดีและอัตราการเร่งหรือลดความเร็วจะส่งสัญญาณพัลส์ไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาการฉีดที่ถูกต้องให้กับหัวฉีด หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ท่อร่วมไอดี ปริมาตรการฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับการกำหนดของคอมพิวเตอร์ ในรูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์



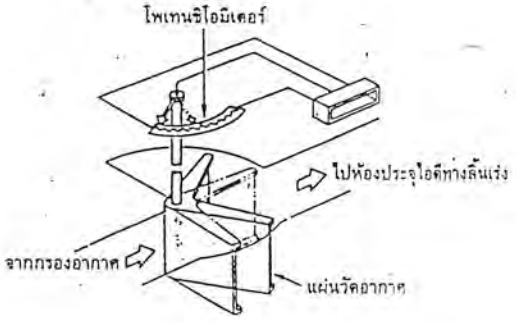
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

2.1 มิเตอร์วัดการไหลของอากาศ

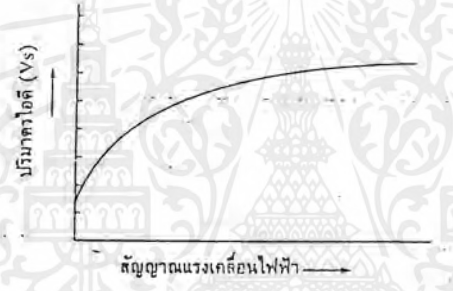
มิเตอร์วัดการไหลของอากาศ ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาตรของไอดีและจะส่งสัญญาณพัลส์ไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะกำหนดปริมาณการฉีดเบื้องต้นให้กับหัวฉีด

มิเตอร์วัดการไหลของอากาศที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS มีอยู่หลายแบบด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

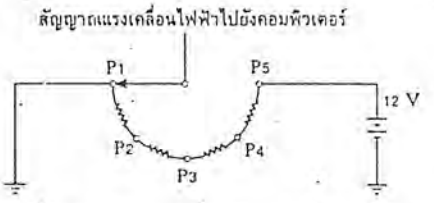


รูปที่ 2.4 การทำงานร่วมกันของแผ่นวัดอากาศกับโพเทนชิโอมิเตอร์



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของไอดีที่ไหลผ่านเข้ามิเตอร์วัดการไหลของอากาศกับสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

ในรูปที่ 2.6 เมื่อความต้านทานจาก P1 ถึง P5 มีค่าความต้านทานที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะต่อกันเป็นวงจรอนุกรม และเมื่อผ่านแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์เข้าในวงจร ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ P5 เท่ากับ 12 โวลต์, ที่ P4 เท่ากับ 9 โวลต์, ที่ P3 เท่ากับ 6 โวลต์, ที่ P2 เท่ากับ 3 โวลต์ และจะไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ P1 ในขณะที่ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงของโพเทนชิโอมิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของแผ่นวัดอากาศ และจะส่งสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปยังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.43 การต่อวงจรความต้านทานในโพเทนชิโอมิเตอร์

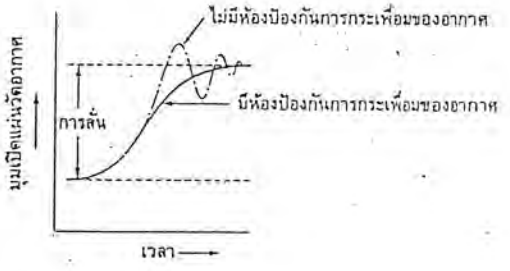
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 การต่อวงจรความต้านทานในโพเทนชิโอมิเตอร์

แผ่นทดแทนการสั่นและห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศทำหน้าที่รักษาสภาพการทำงานของแผ่นวัดอากาศให้สมดุลจากการที่ไอดีไหลผ่านแผ่นวัดอากาศ ซึ่งจะทำให้แผ่นวัดอากาศเกิดอาการสั่น เป็นสาเหตุให้ไม่สามารถวัดปริมาตรของไอดีอย่างถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นที่แผ่นวัดอากาศจึงติดตั้งแผ่นทดแทนการสั่นเข้ากับแผ่นวัดอากาศเพื่อให้การเคลื่อนที่เป็นไปพร้อมกับแผ่นวัดอากาศ ซึ่งจะทำงานควบคู่กับห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ เป็นการช่วยดูดซับอาการสั่นของแผ่นวัดอากาศเช่นเดียวกับโช้กอัปซอร์บเบอร์ ในรูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ และลดอาการสั่นของแผ่นวัดอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นวัดอากาศที่ไม่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ

รูปที่ 2.7 การทำงานของห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศและลดการสั่นของแผ่นวัดอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นวัดอากาศที่ไม่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ

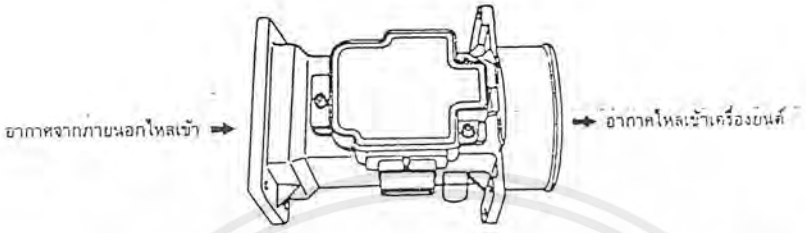
ในรูปที่ 2.8 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของมุมเปิดแผ่นวัดอากาศกับระยะเวลาของแผ่นวัดอากาศที่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศกับแผ่นวัดอากาศที่ไม่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของมุมเปิดแผ่นวัดอากาศกับระยะเวลาของแผ่นวัดอากาศที่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศกับแผ่นวัดอากาศที่ไม่มีห้องป้องกันการกระเพื่อมของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มิเตอร์วัดการไหลของอากาศแบบออปติคัลคาร์มานวอร์เทกซ์ เป็นมิเตอร์ที่ใช้วัดปริมาตรของไอดีที่ไหลเข้าท่อร่วมไอดีด้วยไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่ดีกว่ามิเตอร์วัดการไหลของอากาศแบบอื่น ๆ เนื่องจากวัดปริมาตรของไอดีได้อย่างถูกต้องแม่นยำมีน้ำหนักเบา และสามารถลดความต้านทานของไอดีที่ไหลผ่านท่อทางเดินอากาศได้เป็นอย่างดีดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 มิเตอร์วัดการไหลของอากาศแบบออปติคัลคาร์มานวอร์เทกซ์

การทำงาน เมื่อท่อทางเดินของอากาศมีวัตถุกีดขวางอยู่ในท่อ อากาศที่ไหลผ่านท่อจะเกิดการไหลหมุนวนเกิดขึ้นทางด้านหลังของวัตถุนั้น ซึ่งเรียกการไหลหมุนวนนี้ว่า คาร์มานวอร์เทกซ์

การไหลหมุนวนของอากาศจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

- ความถี่ของอากาศที่ไหลหมุนวน
- ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าท่อทางเดินอากาศ
- เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุที่กีดขวางในท่อทางเดินอากาศ

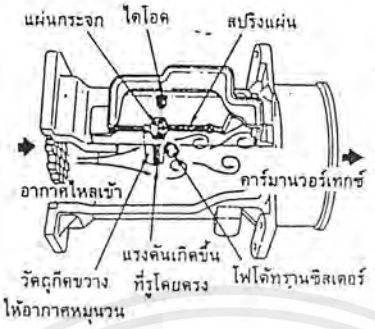
ดังสูตรคำนวณต่อไปนี้

$$F = (0.2v)/d$$

การทำงาน จากหลักการทำงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ภายในมิเตอร์วัดการไหลของอากาศจะมีแหล่งกำเนิดของการไหลหมุนวนของอากาศติดตั้งไว้ เพื่อที่จะทำให้อากาศที่ไหลผ่านเกิดการหมุนวนมีแรงดันและมีความถี่ ความถี่ของการไหลหมุนวนของอากาศจึงสามารถที่จะกำหนดปริมาตรของไอดีที่ถูกบรรจุในท่อร่วมไอดี การไหลหมุนวนของอากาศจะถูกตรวจจับได้จากการสั่นสะเทือนของแผ่นกระจก เมื่อถูกแรงดันของอากาศที่ไหลหมุนวน การสั่นสะเทือนของกระจกจะถูกตรวจจับด้วยโฟโต้ทรานซิสเตอร์และไดโอดที่ติดตั้งอยู่ตรงข้ามกระจก สัญญาณการวัดปริมาตรของไอดีจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณพัลส์ไปที่คอมพิวเตอร์ ข้อมูลความถี่จากสัญญาณ (Ks) ที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์จะขึ้นกับปริมาตรของไอดีที่ไหลผ่าน ถ้ามีปริมาตรของไอดีต่ำ ความถี่สัญญาณก็จะต่ำด้วยและเมื่อมีปริมาตรของไอดีมาก ความถี่ของสัญญาณก็จะสูงขึ้นเช่นกัน ในรูปที่ 2.10 เป็นภาพตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงส่วนประกอบของมิเตอร์วัดการไหลของอากาศแบบออปติคัลคาร์มานวอร์เทกซ์ ส่วนในรูปที่ 2.11 เป็นสัญญาณความถี่การวัดปริมาตรของไอดี



รูปที่ 2.10 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของมิเตอร์วัดการไหลของอากากแบบออปติคัลการ์มานวอร์เทกซ์

รูปที่ 2.48 สัญญาณความถี่การวัดปริมาตรของไอดี

รูปที่ 2.11 สัญญาณความถี่การวัดปริมาตรของไอดี

2.2 เซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี

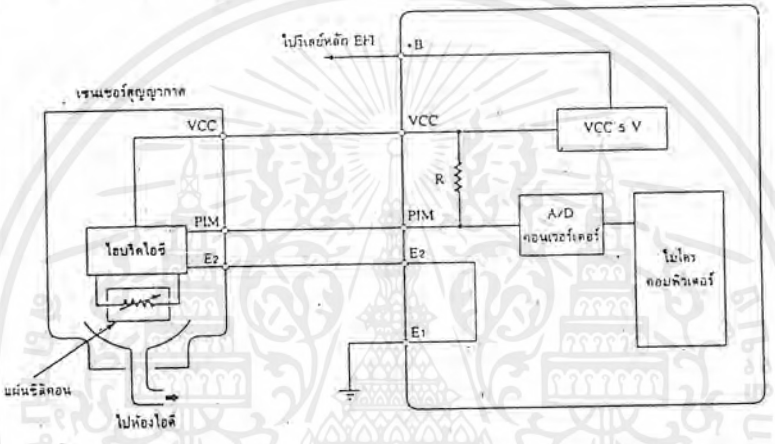
เซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี (intake manifold sensor) ทำหน้าที่วัดปริมาตรของไอดีโดยการทำงานของไอซีที่บรรจุอยู่ในเซนเซอร์ เซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดีจะส่งสัญญาณแรงดันจากท่อร่วมไอดีผ่านขั้ว PIM ของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะคำนวณและกำหนดปริมาตรการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเบื้องต้นและมุมจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้นจากสัญญาณขั้ว PIM ดังแสดงในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.12 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบภายในเซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี

การทำงาน ภายในห้องสูญญากาศจะบรรจุแผ่นซิลิคอนรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน ด้านหนึ่งของแผ่นซิลิคอนจะสัมผัสกับแรงดันจากท่อร่วมไอดีและด้านตรงข้ามจะอยู่ในห้องสูญญากาศ

การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ท่อร่วมไอดีเป็นสาเหตุให้แผ่นซิลิคอนมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงเช่นกัน จากความเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดความต้านทานขึ้นที่แผ่นซิลิคอน ค่าความต้านทานจะถูกแปรเปลี่ยนเป็นสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยไอซีที่อยู่ภายในชุดเซนเซอร์ และจะส่งสัญญาณพัลส์ไปยังคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว PIM ของเซนเซอร์ ไอซีจะได้รับกำลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่คงที่ 5 โวลต์จากขั้ว VCC ของคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

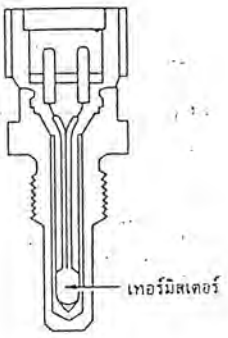


รูปที่ 2.13 วงจรการทำงานของเซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดี

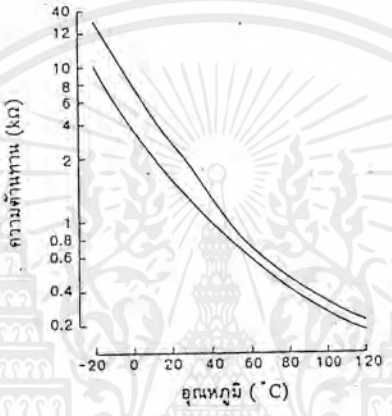
2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (water temperature sensor)

ในขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ การระเหยเป็นไอของน้ำมันเชื้อเพลิงจะต่ำอยู่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะให้ส่วนผสมของไอดีหนากว่าปรกติ เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ ด้วยเหตุนี้เมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำ เทอร์มิสเตอร์ซึ่งอยู่ภายในเซนเซอร์วัดอุณภูมิน้ำหล่อเย็นจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น สัญญาณจากเซนเซอร์จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะบันทึกข้อมูลและปรับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้การขับขี่ดีขึ้นในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ ในรูปที่ 2.14 เป็นภาพตัดแสดงเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ภายในเซนเซอร์ และในรูปที่ 2.15 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

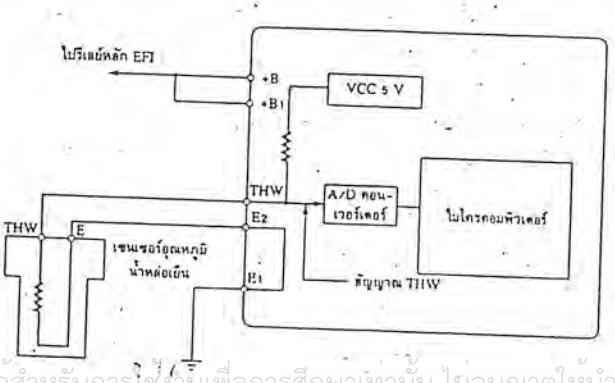


รูปที่ 2.14 ภาพตัดแสดงเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ภายในเซนเซอร์



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น

วงจรไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ความต้านทาน R ภายในคอมพิวเตอร์และเทอร์มิสเตอร์ซึ่งอยู่ภายในเซนเซอร์จะต่อกันเป็นวงจรอนุกรม สัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าขั้ว THW ของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน



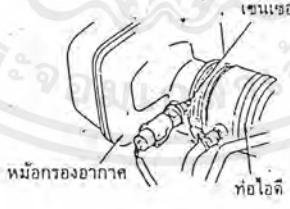
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 การต่อวงจรของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

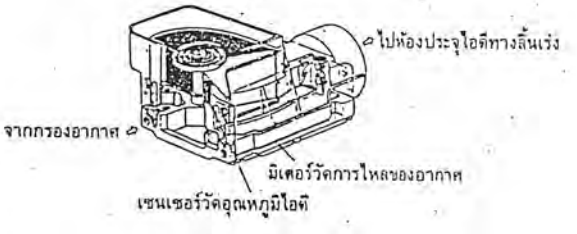
2.4 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี (intake air temperature sensor) มีลักษณะคล้ายกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ดังแสดงในรูปที่ 2.17 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดีจะติดตั้งอยู่บริเวณท่อทางเดินของอากาศ ซึ่งจะทำหน้าที่วัดอุณหภูมิของไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบ อุณหภูมิจะทำให้ความดันและความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นแรงดันภายในท่อร่วมไอดีนั้นจะตรวจวัดจากเซนเซอร์วัดแรงดันที่ท่อร่วมไอดี ปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของไอดี คอมพิวเตอร์จะควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้มาตรฐานที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและจะลดปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิไอดีสูงกว่ามาตรฐาน หรือเพิ่มปริมาณการฉีดจากอุณหภูมิของไอดีต่ำกว่ามาตรฐาน(สำหรับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์) ในรูปที่ 2.18 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี (แบบD) ส่วนในรูปที่ 2.19 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี (แบบ L)

รูปที่ 2.17 ภาพตัดแสดงเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี



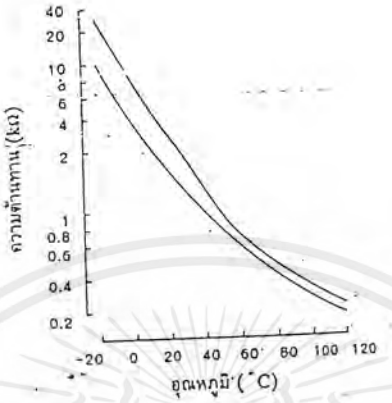
รูปที่ 2.18 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี (แบบ D)



รูปที่ 2.19 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี (แบบL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

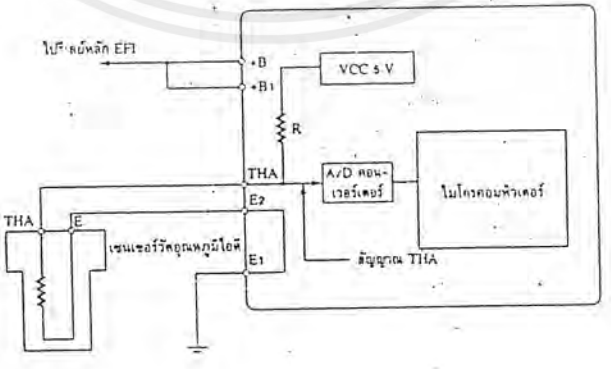
จากหลักการนี้ทำให้การควบคุมอัตราส่วนผสมของไอดีถูกต้องตามอุณหภูมิของไอดี ในรูปที่ 2.20 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิไอดีที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิไอดีที่เปลี่ยนแปลงไป

หมายเหตุ เครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L จะวัดอุณหภูมิไอดีจากปริมาตรการไหลของไอดีผ่านมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ เซนเซอร์อุณหภูมิไอดีบางรุ่นไม่ได้ใส่มา เพราะมีผลต่อเครื่องยนต์น้อยมาก

วงจรไฟฟ้าของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี ดังแสดงในรูปที่ 2.21 การต่อวงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดีกับคอมพิวเตอร์จะมีลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้าเช่นเดียวกับวงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 2.21 การต่อวงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดีกับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5 เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง

เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง (throttle position sensor) ติดตั้งอยู่ที่เรือนลิ้นเร่ง โดยจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณมุมการเปิดของลิ้นตามภาระของเครื่องยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.22

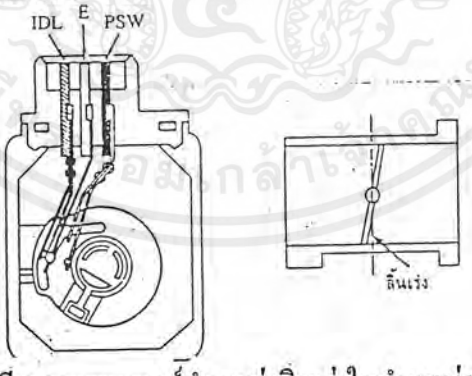
รูปที่ 2.22 ส่วนประกอบของเซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง

เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่งจะมีสัญญาณที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและตัดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ออกเป็น 2 สัญญาณด้วยกันคือ

1. สัญญาณ IDL จะทำหน้าที่หลักในการควบคุมการตัดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง
2. สัญญาณ PSW จะทำหน้าที่หลักในการควบคุมปริมาตรการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังความเร็วของเครื่องยนต์ให้เพิ่มขึ้น

การทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

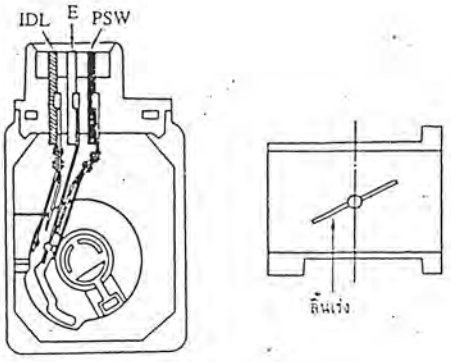
- ตำแหน่งลิ้นเร่ง เมื่อลิ้นเร่งปิดสนิท หน้าทองขาวที่เคลื่อนที่และหน้าทองขาวที่ตำแหน่งเดินเบา (IDL) จะสัมผัสกัน ซึ่งจะเป็นการส่งสัญญาณตำแหน่งเดินเบาของเครื่องยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์ จากสัญญาณตำแหน่งเดินเบานี้ เชื้อเพลิงจะถูกตัดการฉีดเข้าไปในกระบอกสูบเมื่อผู้ขับขี่ถอนคันเร่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่งในตำแหน่งเดินเบา

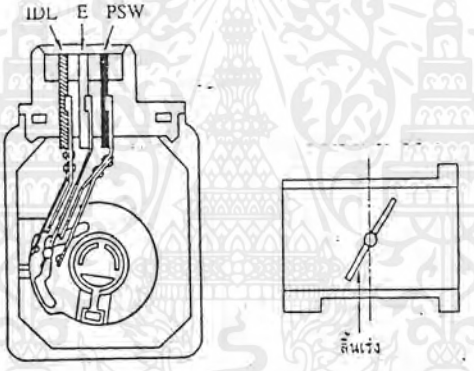
- ตำแหน่งกำลัง เมื่อลิ้นเร่งถูกเปิดประมาณ 70 องศา (จากตำแหน่งลิ้นเร่งปิด) หน้าทองขาวเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่สัมผัสกับหน้าทองขาวกำลัง (PSW) เป็นการส่งสัญญาณข้อมูลตำแหน่งโหลดสูงสุดไปยังคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36835



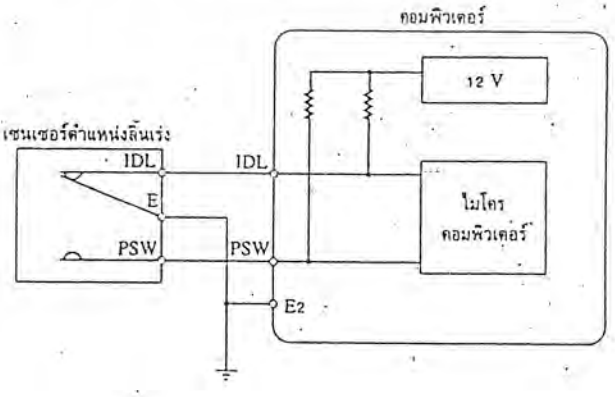
รูปที่ 2.24 เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่งในตำแหน่งกำลัง

- ตำแหน่งว่าง หน้าทองขาวจะอยู่ในตำแหน่งไม่สัมผัสกับหน้าทองขาวของตำแหน่งใดทั้งสิ้นดังแสดงในรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งว่าง

วงจรไฟฟ้าของเซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.26 เป็นการต่อวงจรเซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่งกับคอมพิวเตอร์

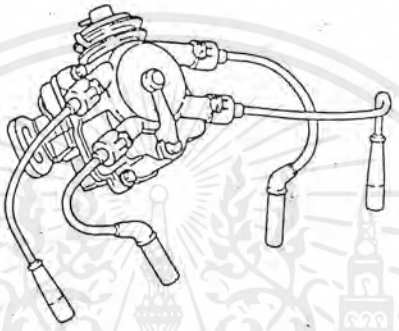


รูปที่ 2.26 การต่อวงจรของเซนเซอร์ลิ้นเร่งกับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

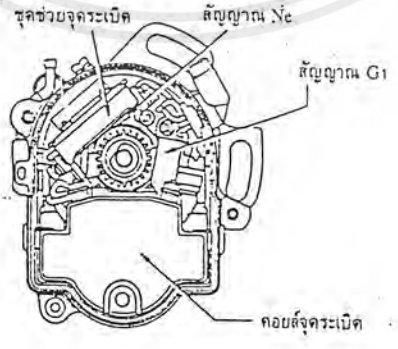
2.6 อุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม

อุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม (integrated ignition assembly type) เป็นอุปกรณ์การจุดระเบิดที่รวมการจุดระเบิดล่วงหน้า ชุดช่วยการจุดระเบิด คอยล์จุดระเบิด เซนเซอร์วัดความเร็วรอบและเซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยงเข้าเป็นชุดเดียวกัน โดยมีคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์จุดระเบิดรวม คอมพิวเตอร์จะวัดสัญญาณจากเซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง (G1) และสัญญาณจากเซนเซอร์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Nc) ไมโครคอมพิวเตอร์ภายในคอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาการจุดระเบิด (IGT) ซึ่งอยู่ภายในชุดช่วยจุดระเบิดในรูปที่ 2.27 แสดงอุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม



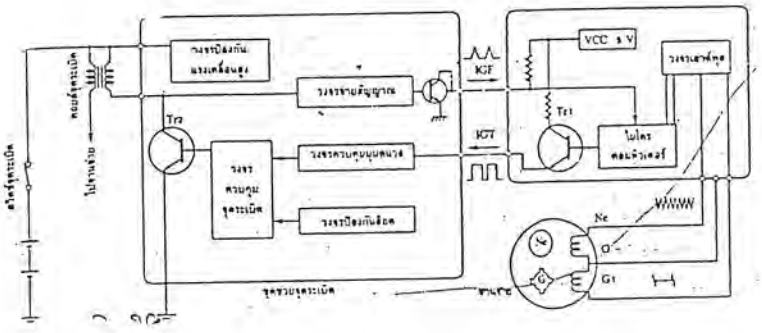
รูปที่ 2.27 อุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม

เมื่อวงจรสัญญาณกำหนดระยะเวลาการจุดระเบิดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน กระแสไฟที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิจะไม่มีกระแสไฟไหลผ่าน เป็นสาเหตุให้แรงเคลื่อนไฟแรงสูงประมาณ 20 ถึง 35 กิโลโวลต์ไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิไปยังหัวเทียน ในรูปที่ 2.28 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS ส่วนในรูปที่ 2.29 วงจรการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบของอุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



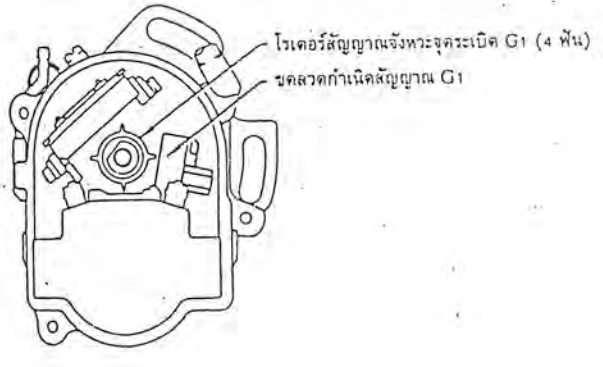
รูปที่ 2.29 วงจรการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS

2.7 เซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง

เซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง (crankshaft angle sensor) เมื่อสัญญาณ G1 ของเซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยงส่งสัญญาณมุมเพลาข้อเหวี่ยงในตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะคำนวณและกำหนดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงและจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์

ภายในจานจ่ายของอุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวมที่ใช้กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS จะประกอบด้วยโรเตอร์สัญญาณ ซึ่งยึดติดอยู่กับเพลาจานจ่าย ซึ่งเมื่อโรเตอร์สัญญาณหมุนไปแต่ละรอบ จะทำให้เกิดสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ซึ่งเรียกสัญญาณนี้ว่า สัญญาณ G (จำนวนฟันของโรเตอร์สัญญาณที่ใช้ในอุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวมจะขึ้นอยู่กับจำนวนสูบของเครื่องยนต์)

ขดลวดกำเนิดสัญญาณถูกยึดติดไว้ภายในตัวเรือนของจานจ่าย และทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อโรเตอร์สัญญาณตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 โรเตอร์สัญญาณและขดลวดกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

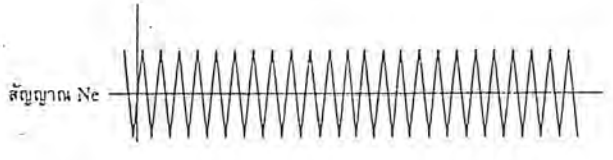
จากการที่โรเตอร์สัญญาณมีจำนวนฟัน 4 ฟัน ในเครื่องยนต์ 4 สูบ เมื่อหมุนตัดขดลวดกำเนิดสัญญาณของมุมเพลาข้อเหวี่ยงขึ้น สัญญาณที่เกิดขึ้นนี้คอมพิวเตอร์จะตรวจจับสัญญาณไว้ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงจุดศูนย์ตายบนตามการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง ดังแสดงในรูปที่ 2.31

รูปที่ 2.31 สัญญาณที่เกิดจากเซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง

2.8 เซนเซอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์

เซนเซอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ (engine RPM sensor) เป็นเซนเซอร์ที่มีลักษณะการติดตั้งและทำงานเหมือนกับเซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์สัญญาณที่มีจำนวนฟัน 24 ฟัน ความเร็วของโรเตอร์สัญญาณจะหมุนด้วยความเร็วเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วเครื่องยนต์ โดยโรเตอร์สัญญาณจะหมุนตัดสนามแม่เหล็กของขดลวดกำเนิดสัญญาณ สัญญาณที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า สัญญาณ Ne และคอมพิวเตอร์จะตรวจจับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้จากการเปลี่ยนแปลงมุมเพลาข้อเหวี่ยงทุกๆ 30 องศา ในรูปที่ 2.32 แสดงโรเตอร์สัญญาณและขดลวดกำเนิดสัญญาณของเซนเซอร์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนในรูปที่ 2.33 แสดงสัญญาณที่เกิดขึ้นจากเซนเซอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์

รูปที่ 2.32 โรเตอร์สัญญาณและขดลวดกำเนิดสัญญาณของเซนเซอร์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.33 สัญญาณที่เกิดขึ้นจากเซนเซอร์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

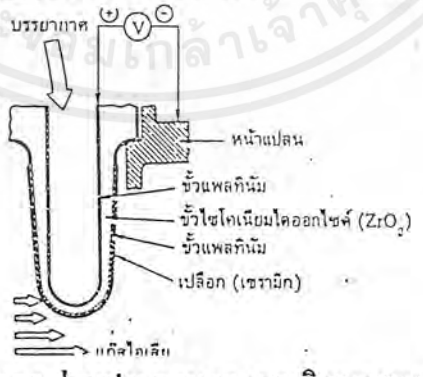
2.9 ออกซิเจนเซนเซอร์

ออกซิเจนเซนเซอร์ (oxygen sensor) ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งหม้อปรับสภาพแก๊สไอเสีย 3 ทางไว้เพื่อควบคุมมลภาวะอากาศเป็นพิษที่เกิดจากแก๊สไอเสียให้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์จึงต้องให้อากาศที่ถูกขับออกมาก่อนผ่านหม้อปรับสภาพแก๊สไอเสียให้มีปริมาณแก๊สไอเสียที่น้อยที่สุด

ด้วยสาเหตุนี้จึงจำเป็นต้องปรับอัตราส่วนผสมไอดีให้มีอัตราส่วน 14.7 ต่อ 1 หรือมีความใกล้เคียงทฤษฎีมากที่สุด โดยการติดตั้งออกซิเจนเซนเซอร์ไว้ที่ท่อทางออกของท่อไอเสีย ดังแสดงในรูปที่ 2.34 ออกซิเจนเซนเซอร์จะทำหน้าที่วัดอัตราส่วนผสมของไอดีที่หนาและบางกว่าอัตราส่วนผสมของไอดีทางทฤษฎี

ออกซิเจนเซนเซอร์ประกอบด้วยวัสดุไซโคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) โดยจะเคลือบผิวทั้งภายในและภายนอกด้วยทองคำขาวบางๆ ซึ่งทองคำขาวนี้จะทำหน้าที่ช่วยให้ออกซิเจนในไอเสียทำปฏิกริยาทางเคมีกับแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ อากาศโดยรอบจะไหลผ่านเข้าออกซิเจนเซนเซอร์ ส่วนภายในเซนเซอร์จะสัมผัสกับไอเสียในท่อโดยตรง ในรูปที่ 2.35 แสดงส่วนประกอบของออกซิเจนเซนเซอร์

รูปที่ 2.34 ตำแหน่งติดตั้งออกซิเจนเซนเซอร์

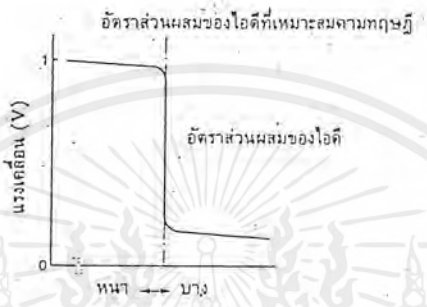


รูปที่ 2.35 ส่วนประกอบของออกซิเจนเซนเซอร์

เมื่อปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนภายในของไซโคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) มีความแตกต่างกันมาก ผิวด้านนอกจะมีอุณหภูมิสูงถึง 400 องศาเซลเซียส จะทำให้ไซโคเนียมออกไซด์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

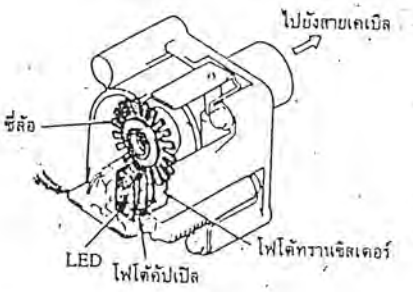
ปฏิกริยาทางด้านไฟฟ้า เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น เมื่ออัตราส่วนผสมของไอดีบาง ออกซิเจนในไอเสียจะมีปริมาตรที่มากกว่าอัตราส่วนผสมไอดีที่หนา จากความแตกต่างของอัตราส่วนผสมของไอดี ปริมาณของออกซิเจนภายในและภายนอกเซนเซอร์จะมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีผลให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากวัสดุไซโคเนียมไดออกไซด์ต่ำแต่ในขณะเดียวกันถ้าอัตราส่วนผสมในไอดีหนาออกซิเจนภายในและภายนอกเซนเซอร์จะมีมาก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนที่วัสดุไซโคเนียมไดออกไซด์มีมาก คอมพิวเตอร์จะคำนวณและกำหนดการเพิ่มปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อคงรักษาอัตราส่วนผสมของไอดีให้ได้ตามทฤษฎี ดังแสดงในรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 กราฟแสดงการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อไอดีมีอัตราส่วนผสมที่หนาและบาง

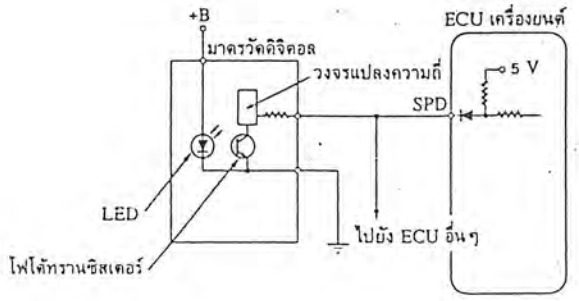
2.10 เซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์

เซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์ (speed sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับความเร็วรถในขณะขับขี่ ซึ่งจะทำหน้าที่หลักในการควบคุมระบบควบคุมความเร็วรอบเดินเบาและอัตราส่วนผสมของไอดีในขณะที่เร่งเครื่องยนต์หรือถอนคันเร่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.37 ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิลที่มีส่วนประกอบของ LED ที่ส่งตรงไปโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้คัปเปิ้ลจะถูกกั้นไว้ด้วยซี่ล้อที่ถูกหมุนด้วยสายมิเตอร์วัดความเร็ว แสงจาก LED ที่ผ่านช่องระหว่างซี่ล้อจะถูกแบ่งออกเป็น 20 ช่องคลื่นในแต่ละรอบของการหมุนของสายมิเตอร์วัดความเร็ว และจะเปลี่ยนแปลงความถี่เป็น 4 ช่องคลื่นเพื่อส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ SPD ในรูปที่ 2.38 แสดงวงจรการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์



รูปที่ 2.37 แสดงส่วนประกอบของโฟโต้คัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 แสดงวงจรการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หน้าที่ต่างๆของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่องยนต์

3.1 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง

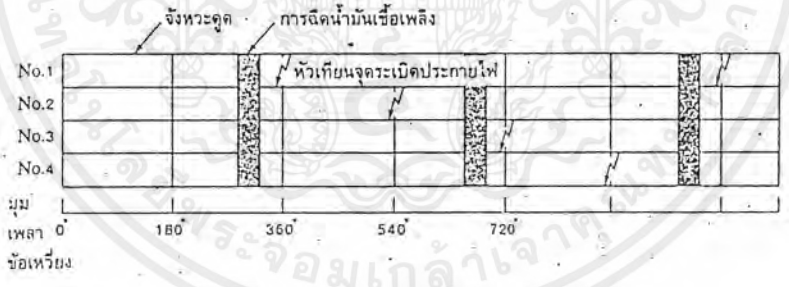
หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ (ECU function) จะมีอยู่ 2 ประการก็คือ

1. ควบคุมการกำหนดช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้นจากสัญญาณที่ท่อร่วมไอดีและสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์

2. ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดไปยังกระบอกสูบของแต่ละสูบได้อย่างถูกต้องจากค่ากำหนดจากมุมของเพลาข้อเหวี่ยง

3.1.1 การควบคุมจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง

คอมพิวเตอร์จะควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในแต่ละสูบให้เป็นกลุ่มพร้อมกันให้เกิดขึ้นเป็น 2 ครั้งใน 1 กลวัตรของการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปในแต่ละรอบ การฉีดเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นตามจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบจะมีการฉีดเชื้อเพลิง 1 ครั้งต่อการจุดระเบิดที่เกิดขึ้นทุก 2 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 จังหวะการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด

3.1.2 หลักการควบคุมช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง

คอมพิวเตอร์จะกำหนดช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงตามขั้นตอนต่อไปนี้

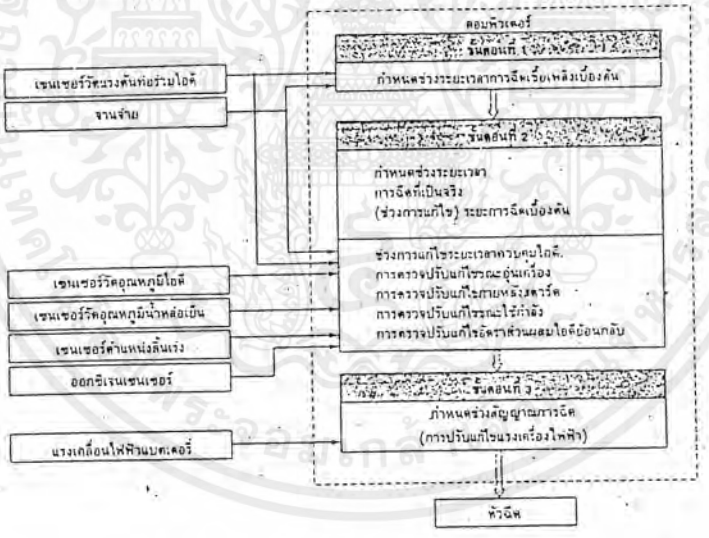
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้น คอมพิวเตอร์จะเลือกช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงจากข้อมูลความจำที่บันทึกไว้จากเซนเซอร์วัดแรงดันท่อร่วมไอดีหรือมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงนี้เรียกว่า ช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่เป็นจริง ภายใต้ข้อกำหนดของการทำงานในขณะที่เครื่องยนต์เดินเรียบ อัตราส่วนผสมของไอดีอยู่ประมาณ 14.7 ต่อ 1 แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิที่ต่ำหรือมีโหลด อัตราส่วนผสมของไอดีที่เครื่องยนต์ได้รับจะต้องลดต่ำกว่า 14.7 ต่อ 1 (เครื่องยนต์ต้องการส่วนผสมของไอดีที่หนา) คอมพิวเตอร์จะได้รับข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี โดยจะปรับปริมาณเชื้อเพลิงจากการปรับแก้ไขช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ถูกต้องกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ที่เป็นจริง

การปรับแก้ไขช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ถูกต้องกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ที่เป็นจริงเรียกว่า ช่วงระยะการฉีดเชื้อเพลิงที่เป็นจริง (เป็นช่วงเวลาขณะที่ลิ้นหัวฉีดเปิด)

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดช่วงการฉีด ความล่าช้าระหว่างการทำงานที่คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงให้ลิ้นหัวฉีดเปิด ความล่าช้านี้จะมีมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแบตเตอรี่มีแรงเคลื่อนไฟต่ำ คอมพิวเตอร์นับความล่าช้าตั้งแต่ส่งสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงไปยังหัวฉีด ดังนั้นช่วงระยะเวลาที่ลิ้นหัวฉีดเปิดจะเท่ากับช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่เป็นจริง ในรูปที่ 3.2 แสดงไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของคอมพิวเตอร์

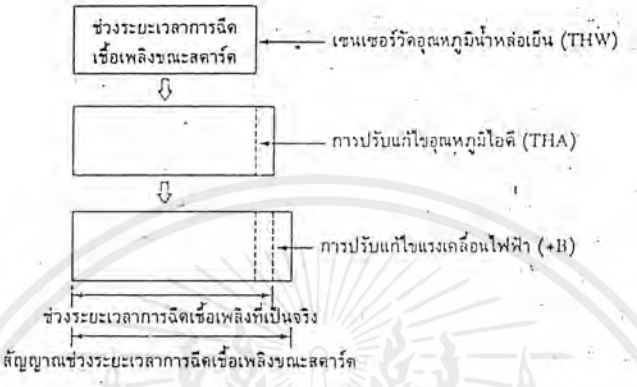
3.1.3 การควบคุมช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง

ในการควบคุมช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงในแต่ละสูบของเครื่องยนต์ คอมพิวเตอร์จะกำหนดการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นไปได้อย่างถูกต้องออกเป็น 2 ช่วงดังนี้ คือ

1. ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ ในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ เซนเซอร์วัดแรงดันที่ท่อร่วมไอดีหรือมิเตอร์วัดการไหลของอากาศจะส่งสัญญาณความแตกต่างของแรงดันหรืออากาศไหลผ่านที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทุกความเร็วของเครื่องยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะบันทึกข้อมูลของช่วงเวลาเริ่มฉีดเชื้อเพลิงจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น และจะเลือกช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่บันทึกไว้ รวมทั้งการตรวจจับแก้ไขอุณหภูมิของไอดีและแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยไม่คำนึงถึงแรงดันที่ท่อร่วมไอดีและปริมาตรอากาศที่ไหลผ่าน ในรูปที่ 3.3 เป็นไดอะแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงขณะสตาร์ตเครื่องยนต์

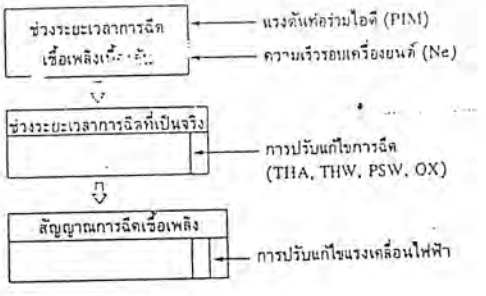


รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงขณะสตาร์ตเครื่องยนต์

2. ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงภายหลังสตาร์ตเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์ทำงานได้ตามระยะที่กำหนด คอมพิวเตอร์จะกำหนดสัญญาณช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงดังนี้

- ช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงจะเท่ากับช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้นคูณสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้ไขการฉีดเชื้อเพลิง และผลบวกการแก้ไขของการปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.4

- สัมประสิทธิ์การปรับแก้ไขการฉีดเชื้อเพลิงคือผลบวกของสัมประสิทธิ์การปรับแก้ไขต่างๆ



รูปที่ 3.4 ไดอะแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงภายหลังสตาร์ตเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้น

ช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้นจะกำหนดการฉีดเชื้อเพลิงได้จากแรงดันที่ท่อร่วมไอดีหรือการไหลของอากาศและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (สัญญาณ Nc) โดยจะบันทึกข้อมูลเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์จะกำหนดค่าช่วงระยะเวลาการฉีดเบื้องต้นให้เหมาะสมกับแรงดันท่อร่วมไอดีหรือจากการไหลของอากาศและความเร็วรอบของเครื่องยนต์

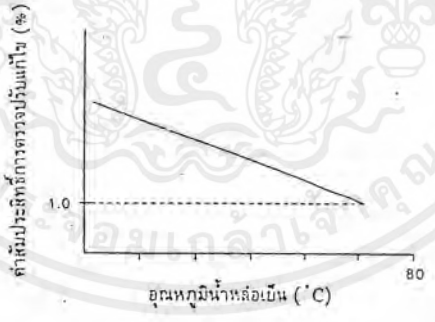
3.1.5 การปรับแก้ไขการฉีดเชื้อเพลิง

คอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลความจำการทำงานของเครื่องยนต์จากสัญญาณของเซนเซอร์ต่างๆเพื่อทำการปรับแก้ไขและกำหนดช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเบื้องต้น

คอมพิวเตอร์ยังได้จัดแยกการปรับแก้ไขการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ดังนี้คือ

1. การปรับแก้ไขอุณหภูมิของไอดี อุณหภูมิจะเป็นตัวทำให้ความหนาแน่นของไอดีเกิดการเปลี่ยนแปลง คอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงนี้ได้จากเซนเซอร์ และจะทำการปรับแก้ไขอัตราส่วนของไอดีให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในช่วงระยะเวลาฉีดเชื้อเพลิง

คอมพิวเตอร์จะกำหนดการฉีดปริมาณเชื้อเพลิงตามมาตรฐานที่ 20 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิมาตรฐาน ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงประมาณ 10 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของไอดีที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ในรูปที่ 3.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้ไข



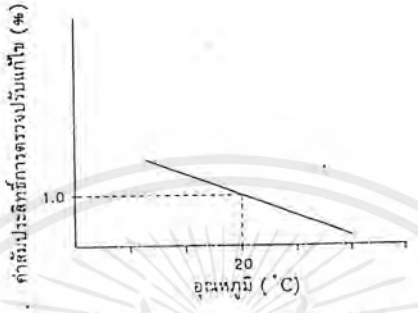
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้ไข

2. การปรับแก้ไขหลังการสตาร์ต หลังจากเครื่องยนต์สตาร์ตติด(ความเร็วเครื่องยนต์จะกำหนดได้จากความเร็วรอบ) คอมพิวเตอร์จะควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้คงที่ ค่าการปรับแก้ไขการฉีดเชื้อเพลิงจะถูกกำหนดตามอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการสตาร์ต และช่วยให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่ดีหลังสตาร์ตในระยะเวลาที่กำหนด

3. การตรวจปรับแก้ไขในขณะอุ่นเครื่องยนต์ ในขณะที่เครื่องยนต์ยังเย็นอยู่ การระเหยเป็นไอของเชื้อเพลิงยังคงต่ำ เป็นสาเหตุให้การขับขี่มีสมรรถนะที่ไม่ดีพอ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หล่อเย็นต่ำ คอมพิวเตอร์จะเก็บบันทึกข้อมูลได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และจะฉีดเชื้อเพลิงให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นให้กับเครื่องยนต์ตามข้อมูลที่ได้บันทึกไว้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น การฉีดเชื้อเพลิงในขณะเครื่องยนต์เย็นจะเพิ่มปริมาณเป็นถึง 2 เท่าตามการฉีดเชื้อเพลิงตามปรกติ ในรูปที่ 3.6 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นกับสัมประสิทธิ์ของการตรวจปรับแก้ไขขณะอุ่นเครื่องยนต์



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นกับสัมประสิทธิ์ของการตรวจปรับแก้ไขขณะอุ่นเครื่องยนต์

4. การตรวจปรับแก้ไขขณะใช้กำลัง คอมพิวเตอร์จะกำหนดช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงในขณะใช้กำลังงานจากข้อมูลของตำแหน่งลิ้นเร่งและแรงดันที่ท่อร่วมไอดีให้ฉีดปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นประมาณ 20-30 % ตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อการขับขี่ที่ดีขึ้น

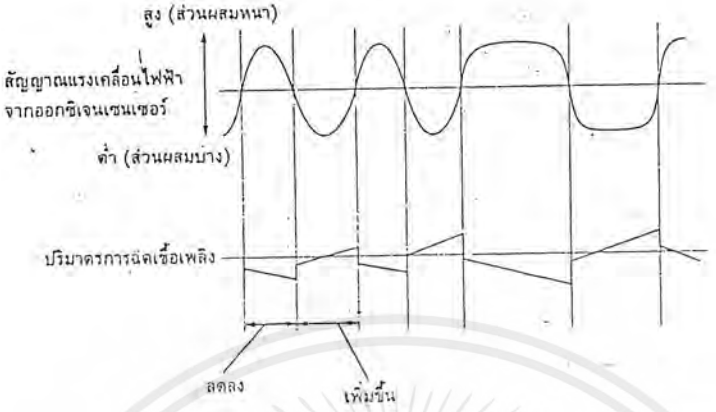
5. การตรวจปรับแก้ไขอัตราส่วนไอดีย้อนกลับ คอมพิวเตอร์จะปรับแก้ไขช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงจากสัญญาณออกซิเจนเซนเซอร์เพื่อควบคุมรักษาอัตราส่วนไอดีให้ใกล้เคียงกับอัตราส่วนไอดีตามทฤษฎี ซึ่งการทำงานนี้เรียกว่า วงจรการทำงานปิด ยิ่งกว่านั้นเพื่อเป็นการป้องกันความร้อนจัดที่หม้อปรับสภาพแก๊สไอเสีย และสมรรถนะในการขับขี่ที่ดีการทำงานของอัตราส่วนไอดีย้อนกลับจะไม่เกิดภายใต้สภาวะต่อไปนี้

- ในขณะที่สตาร์ตเครื่องยนต์
- เมื่อตัดเชื้อเพลิง
- เมื่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าที่กำหนด
- ในขณะใช้กำลังงาน

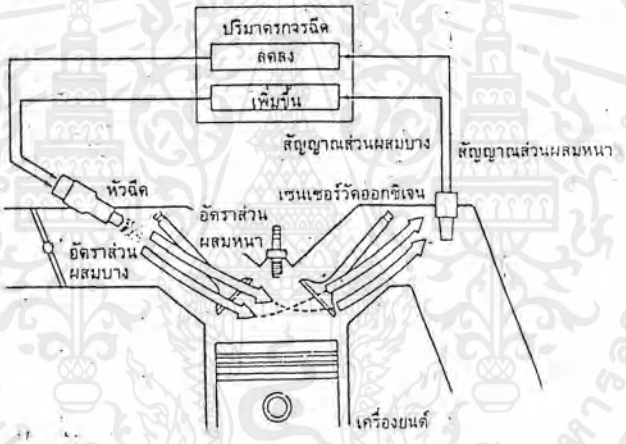
คอมพิวเตอร์จะเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากสัญญาณที่ส่งมาจากออกซิเจนเซนเซอร์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากสัญญาณของออกซิเจนเซนเซอร์สูงกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กำหนด คอมพิวเตอร์พิจารณาอัตราส่วนของไอดีให้มีอัตราส่วนผสมของไอดีปรกติและปริมาตรการฉีดค่าเชื้อเพลิงจนถึงค่าคงที่ แต่ถ้าสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำ คอมพิวเตอร์จะพิจารณาอัตราส่วนผสมของไอดีให้บางกว่าปรกติและจะเพิ่มปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 3.7 เป็นสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากออกซิเจนเซนเซอร์ ส่วนในรูปที่ 4.8 เป็นการตรวจปรับแก้ไขอัตราส่วนไอดีย้อนกลับ



รูปที่ 3.7 สัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากออกซิเจนเซนเซอร์

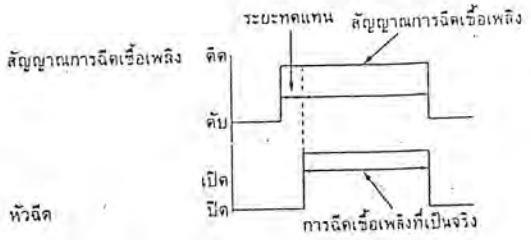


รูปที่ 3.8 การตรวจปรับแก้ไขอัตราส่วนไอดีย้อนกลับ

6. การตรวจปรับแก้ไขแรงเคลื่อนไฟฟ้า ระยะเวลาของการทำงานที่ล่าช้าในขณะที่คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงไปยังหัวฉีดจนกระทั่งเข็มหัวฉีดเปิด ระยะเวลาของความล่าช้าจะยาวนานกว่า ขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อนแบตเตอรี่ที่ต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจปรับแก้ไขแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อให้การเปิดของเข็มหัวฉีดมีระยะเวลาการเปิดที่สั้น คอมพิวเตอร์จะคำนวณระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงให้ได้ส่วนผสมของไอดีถูกต้องตามความต้องการของเครื่องยนต์

ในการตรวจปรับแก้ไขแรงเคลื่อนไฟฟ้า คอมพิวเตอร์จะทดแทนระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่เป็นจริงเข้าด้วยกัน ในรูปที่ 3.9 แสดงการตรวจปรับแก้ไขแรงเคลื่อนไฟฟ้า สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงทดแทนระยะเวลาการทำงานที่ล่าช้ากับสัญญาณระยะการเปิดของหัวฉีดที่เป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การตรวจปรับแก้ไขแรงเคลื่อนไฟฟ้า สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงทดแทนระยะเวลาการทำงานที่ล่าช้ากับสัญญาณระยะการเปิดของหัวฉีดที่เป็นจริง

7. การตัดเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หน้าที่ของคอมพิวเตอร์นอกจากควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงให้กับหัวฉีดแล้ว คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ตัดการจ่ายเชื้อเพลิงในทันที โดยจะควบคุมการตัดเชื้อเพลิงออกเป็น 2 ช่วงดังนี้คือ

- การตัดเชื้อเพลิงในขณะถอนคันเร่ง ขณะที่ถอนคันเร่งในขณะที่ความเร็วของเครื่องยนต์สูง ลิ้นเร่งจะถูกปิดสนิท คอมพิวเตอร์จะหยุดการฉีดเชื้อเพลิงโดยทันทีเพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง แต่เมื่อความเร็วของเครื่องยนต์ลดลงหรือลิ้นเร่งเปิด หัวฉีดจะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงต่อไปทันที

- การตัดเชื้อเพลิงที่ความเร็วสูง เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงเกินไปหัวฉีดจะหยุดฉีดเชื้อเพลิงเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงกว่า 6,500 รอบต่อนาที และจะฉีดต่อไปที่ความเร็วของเครื่องยนต์ลดต่ำกว่า 6,500 รอบต่อนาที

3.2 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า

คอมพิวเตอร์จะบันทึกข้อมูลสัญญาณจากเซนเซอร์ของเครื่องยนต์ และกำหนดมุมล่วงหน้าของตำแหน่งการจุดระเบิดเบื้องต้นตำแหน่งการจุดระเบิดในระบบการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะถูกกำหนดขึ้นโดยผลบวกของมุมจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้นและมุมการจุดระเบิดล่วงหน้าที่เพิ่มขึ้น

เมื่อสัญญาณ G1 และ สัญญาณ Ne จากการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงถูกบันทึกข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณผ่าน IGT ไปยังชุดช่วยจุดระเบิดที่เป็นจริง

1. ตำแหน่งการจุดระเบิดเบื้องต้น (initial ignition timing) คือตำแหน่งการจุดระเบิดจากมุมการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงเบื้องต้น ซึ่งชุดควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ไม่ทำงาน ซึ่งในตำแหน่งการจุดระเบิดเบื้องต้นจะเกิดขึ้นเฉพาะการทำงานของเครื่องยนต์ดังต่อไปนี้

- ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ ในขณะที่สตาร์ตเครื่องยนต์และหลังจากเครื่องยนต์ติด ความเร็วของเครื่องยนต์จะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะไม่สามารถ

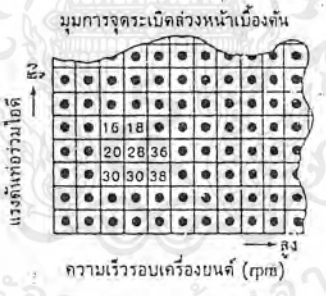
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดตำแหน่งการจุดระเบิดที่ถูกต้องได้ คอมพิวเตอร์จะกำหนดตำแหน่งการจุดระเบิดเบื้องหน้าได้อย่างถูกต้องจนกว่าเครื่องยนต์จะพ้นจากตำแหน่งการจุดระเบิดเบื้องต้นและเครื่องยนต์มีความเร็ว

2. มุมการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้น (basic ignition advanced angle) เครื่องยนต์แบบธรรมดา มุมการจุดระเบิดเบื้องต้นจะเกิดจากชุดควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยสูญญากาศหรือกลไก ภายในคอมพิวเตอร์จะมีวงจรความจำเพื่อบันทึกค่าที่กำหนดของมุมจุดระเบิดล่วงหน้าจากแรงดันที่ท่อร่วมไอดีและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไว้ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะเลือกมุมการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้นจากข้อมูลความจำเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์จากสัญญาณขดลวดกำเนิดสัญญาณในจานจ่าย และสัญญาณแรงดันท่อร่วมไอดีจากเซนเซอร์แรงดันท่อร่วมไอดี

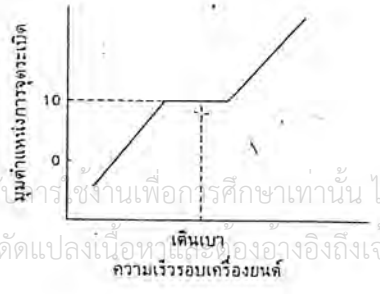
มุมการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้นจะถูกกำหนดตำแหน่งการจุดระเบิดตามสภาวะการทำงานของลิ้นเร่งดังนี้

ก. หน้าทองขาวตำแหน่งเดินเบา (IDLE) ในเซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่งเปิด คอมพิวเตอร์จะกำหนดมุมการจุดระเบิดล่วงหน้าเบื้องต้นตามค่าของมุมจุดระเบิดที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำในรูปที่ 3.10 แสดงค่ามุมจุดระเบิดที่บันทึกในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.10 ค่ามุมจุดระเบิดที่บันทึกในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

ข. หน้าทองขาวตำแหน่งเดินเบา (IDL) ในเซนเซอร์ลิ้นเร่งปิด เมื่อหน้าทองขาวตำแหน่งเดินเบา (IDL) ปิด ตำแหน่งการจุดระเบิดจะถูกปรับให้เป็นการจุดระเบิดก่อนล่วงหน้า ในรูปที่ 3.11 เป็นกราฟแสดงการปรับการจุดระเบิดล่วงหน้าเมื่อหน้าทองขาวตำแหน่งเดินเบาในเซนเซอร์ลิ้นเร่งปิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 กราฟแสดงการปรับการจุดระเบิดล่วงหน้าเมื่อหน้าทองขาวตำแหน่งเดินเบาในเซนเซอร์ลิ้นเร่งปิด

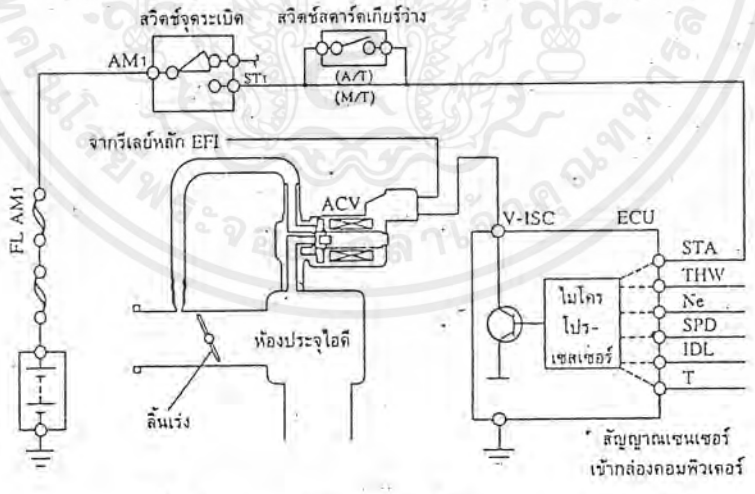
ค. มุมจังหวะการจุดระเบิดล่วงหน้าเพิ่มขึ้น (supplementary ignition advanced angle) มุมการจุดระเบิดล่วงหน้าเพิ่มขึ้นจะถูกกำหนดการทำงานให้กับเครื่องยนต์ก็ต่อเมื่อเครื่องยนต์มีความต้องการตามสภาวะดังต่อไปนี้

- ชดเชยในการอุ่นเครื่องยนต์ เมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำ มุมของตำแหน่งการจุดระเบิดล่วงหน้าจะถูกเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการปรับสภาพการขับขี่ที่ดีและอุ่นเครื่องยนต์ให้เร็วขึ้น

- แก้ไขตำแหน่งการเดินเบาให้คงที่ เมื่อความเร็วของเครื่องยนต์ถูกเปลี่ยนแปลงในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาเนื่องมาจากสภาวะของเครื่องยนต์ถูกเปลี่ยนแปลงไป คอมพิวเตอร์จะตรวจปรับแก้ไขให้ตำแหน่งการจุดระเบิดเพื่อให้ความเร็วของเครื่องยนต์คงที่

3.3 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมลิ้นควบคุมรอบเดินเบา

คอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณให้ลิ้นควบคุมรอบเดินเบาซึ่งติดตั้งอยู่ที่ห้องประจุไอดีควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศให้สัมพันธ์กับลิ้นเร่ง ปริมาตรการไหลของอากาศจะถูกกำหนดจากอัตราส่วนของช่วงเวลาส่งสัญญาณกับช่วงเวลาที่ไม่ส่งสัญญาณของคอมพิวเตอร์ป้อนออกมา 1 ครั้ง เพื่อช่วยรักษาให้ความเร็วรอบเดินเบามีเสถียรภาพที่ดีขึ้นในขณะที่อุ่นเครื่องยนต์



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมรอบเดินเบาของคอมพิวเตอร์.

คอมพิวเตอร์จะมีหน้าที่ในการควบคุมรอบเดินเบาดังนี้

1. ควบคุมในขณะสตาร์ต (control during cranking) คอมพิวเตอร์จะปรับปรุงในขณะสตาร์ต เพื่อทำให้เครื่องยนต์ติดง่ายขึ้นจากสัญญาณ STA ทำให้ลิ้นควบคุมรอบเดินเบาเปิดขึ้นเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควบคุมการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบขอบเครื่องยนต์โดยประมาณ (engine speed change estimate control) อัตราส่วนการทำงาน จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเมื่อสวิตซ์ปรับอากาศหรือสวิตซ์ตำแหน่งเกียร์ว่างทำงาน ซึ่งก็เป็นการช่วยจำกัดการเปลี่ยนแปลงของรอบเดินเบา

3. ควบคุมการทำงานคงที่ (constant duty control) คอมพิวเตอร์จะควบคุมให้ลิ้นควบคุมอากาศเปิดในตำแหน่งคงที่เมื่อ IDL สัมผัสตำแหน่งแยกออกจากกัน หรือเปิดสวิตซ์ปรับอากาศ

4. ควบคุมข้อมูลป้อนกลับ (feedback control) คอมพิวเตอร์จะเปลี่ยนอัตราส่วนการทำงานของสัญญาณ V-ISC และรักษาความเร็วรอบเดินเบาให้อยู่ในสภาวะการควบคุมในขณะสตาร์ตและควบคุมการทำงานคงที่

3.4 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในระบบทำงานสำรอง

เมื่อมีปัญหาขัดข้องเกิดกับไมโครโปรเซสเซอร์ภายในกล่องคอมพิวเตอร์ ระบบทำงานสำรอง(back-up function) จะติดต่อการทำงานไปยังชุดไอซีของระบบทำงานสำรอง โดยจะส่งสัญญาณคงที่เพื่อจะให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ แต่สมรรถนะในการทำงานจะไม่ดีเท่ากับสภาวะปกติ

การทำงานของชุดไอซีระบบทำงานสำรองจะควบคุมจังหวะการจุดระเบิดและช่วงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงจากข้อมูลที่บันทึกไว้ล่วงหน้า ในรูปที่ 3.13 เป็นวงจรการทำงานของระบบป้องกันการทำงานบกพร่องภายในกล่องคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.13 วงจรการทำงานของระบบป้องกันการทำงานบกพร่องภายในกล่องคอมพิวเตอร์

การทำงาน คอมพิวเตอร์จะต่อกับระบบทำงานสำรองก็ต่อเมื่อ

1. ไมโครโปรเซสเซอร์ไม่ส่งสัญญาณการจุดระเบิด(IGT)

2. วงจรสัญญาณแรงดันท่อร่วมไอดี (PIM) ขาด ระบบการทำงานสำรองจะใช้ค่าคงที่ควบคุมระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิดเพื่อให้เครื่องยนต์ยังทำงานต่อไปได้

ระบบการทำงานสำรองจะปรับค่าคงที่ให้เป็น 3 ระดับเพื่อให้สัมพันธ์กับสัญญาณมอเตอร์สตาร์ต (STA) และหน้าสัมผัสเดินเบา (IDL) และในขณะเดียวกัน หลอดไฟเตือนที่หน้าปัดก็จะสว่างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการป้องกันการทำงานบกพร่อง

เมื่อคอมพิวเตอร์ตรวจพบความผิดปกติที่เกิดจากเซนเซอร์ต่างๆแล้วก็ตาม แต่ถ้าคอมพิวเตอร์ยังคงควบคุมให้เครื่องยนต์ทำงานต่อไปอีก ก็อาจทำให้เกิดปัญหาอื่นตามมา ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวที่จะเกิดขึ้น คอมพิวเตอร์จึงบันทึกข้อมูลที่เกิดจากความบกพร่องภายในระบบไว้ในหน่วยความจำก่อนที่จะตัดสินให้เครื่องยนต์ทำงานต่อไปหรือหยุดการทำงานในทันที ในตารางที่ 3.1 แสดงข้อขัดข้องที่สามารถเกิดขึ้นได้ในวงจรต่างๆและการแก้ปัญหาของระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง

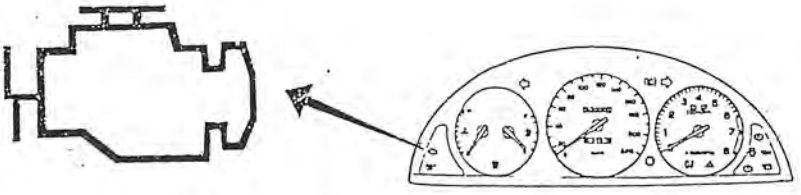
ตารางที่ 3.1 ข้อขัดข้องที่สามารถเกิดขึ้นได้ในวงจรต่างๆและการแก้ปัญหาของระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง

วงจรที่มีสัญญาณที่ผิดปกติ	ความจำเป็นของระบบป้องกันการทำงานบกพร่อง	หน้าที่ของระบบป้องกันการทำงานบกพร่องของเครื่องยนต์
วงจรสัญญาณเซนเซอร์วัดส่วนผสมบาง (LS)	ถ้าปลอกพุ่มเซนเซอร์วัดส่วนผสมบางมีเขม่าจับมาก ECU จะไม่สามารถวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในไอเสียได้ ทำให้อัตราส่วนผสมอากาศ-น้ำมันไม่อยู่ในจุดที่ดีที่สุด	ปรับแก้อัตราส่วนผสมอากาศ-น้ำมันจากข้อมูลป้อนกลับจะไม่ทำงาน
• วงจรสัญญาณเซนเซอร์วัดการน็อค (KNK) • ระบบควบคุมการน็อค	ถ้าเกิดการขาดหรือลัดวงจรขึ้นในวงจรสัญญาณการน็อค หรือถ้าเกิดข้อบกพร่องขึ้นในระบบควบคุมการน็อคใน ECU ไม่ว่าการน็อคจะเกิดขึ้นหรือไม่ก็ตาม การลดจังหวะการจุดระเบิดจะไม่ทำงาน ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้	ลดมุมจุดระเบิดให้อ่อนลงมากที่สุด

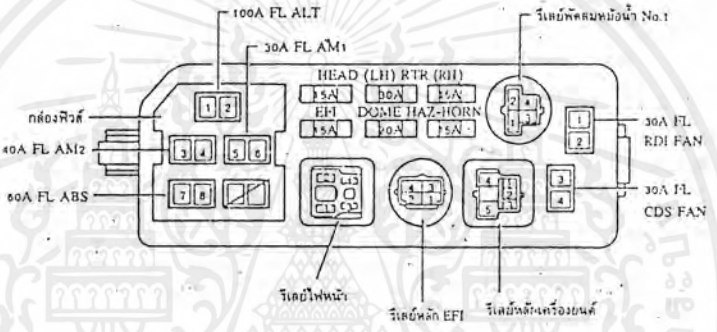
3.6 ระบบการวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์

ระบบวิเคราะห์ปัญหาด้วยตัวเองถูกบรรจุอยู่ภายในชุดคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะแสดงปัญหาข้อขัดข้องได้ถึง 15 หัวข้อ รวมทั้งหัวข้อการทำงานปกติจากเซนเซอร์วัดต่างๆที่ติดตั้งไว้กับเครื่องยนต์ หลอดไฟสัญลักษณ์สัญญาณไฟเตือนที่แผงหน้าปัดรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 จะสว่างขึ้นเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ได้ทราบถึงปัญหาข้อขัดข้องที่เกิดกับเครื่องยนต์ และทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นได้อย่างถูกต้อง โดยคอมพิวเตอร์จะบันทึกข้อขัดข้องต่างๆที่เกิดขึ้นไว้ในหน่วยความจำ และจะลบข้อมูลหน่วยความจำเกี่ยวกับข้อขัดข้องนี้ก็ต่อเมื่อทำการถอดขั้วลบของแบตเตอรี่หรือฟิวส์ EFI 15 แอมแปร์ที่กล่องฟิวส์ออกหลังจากทำการซ่อมแก้ไขแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.15 ข้อมูลข้อขัดข้องนี้จะไม่สามารถลบได้ถึงแม้จะปิดสวิตซ์จุดระเบิดไปตำแหน่งปิดแล้วก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 สัญลักษณ์สัญญาณไฟเตือนที่แผงหน้าปัดเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบปัญหาที่ขัดข้อง



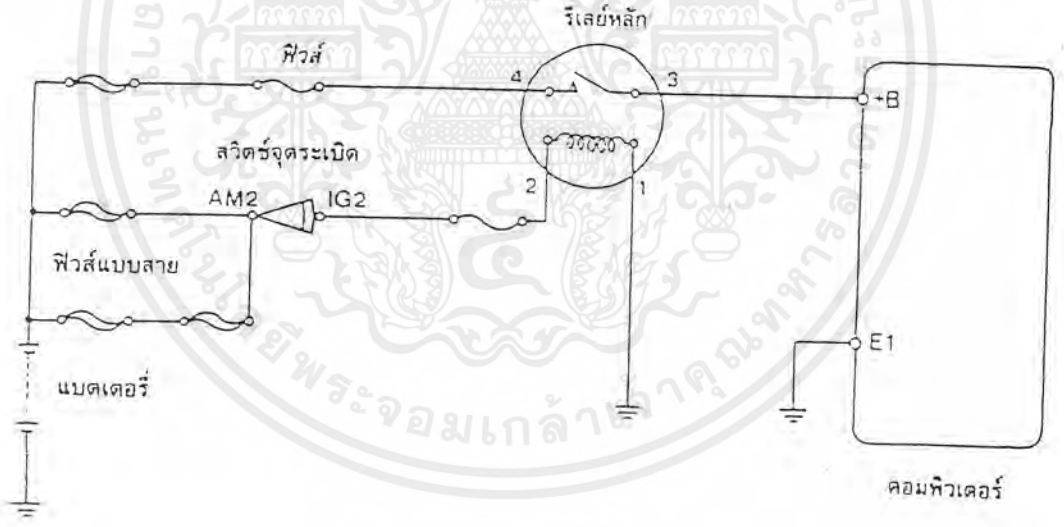
รูปที่ 3.15 กล่องฟิวส์แสดงตำแหน่งติดตั้งฟิวส์ EFI 15 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบ

ในการควบคุมการทำงานของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ให้ทำการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่พอเหมาะกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์นั้น จะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1 และ จากวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับควบคุมระบบฉีด หากแยกออกเป็นวงจรย่อยๆจะประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าต่างๆที่สำคัญหลายวงจรคือ วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด วงจรไฟฟ้าควบคุมปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง วงจรไฟฟ้าลิ้นอากาศ วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีดสตาร์ตเย็น วงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ วงจรสัญญาณการสตาร์ตเครื่องยนต์ วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ วงจรควบคุมการจุดระเบิด

4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์

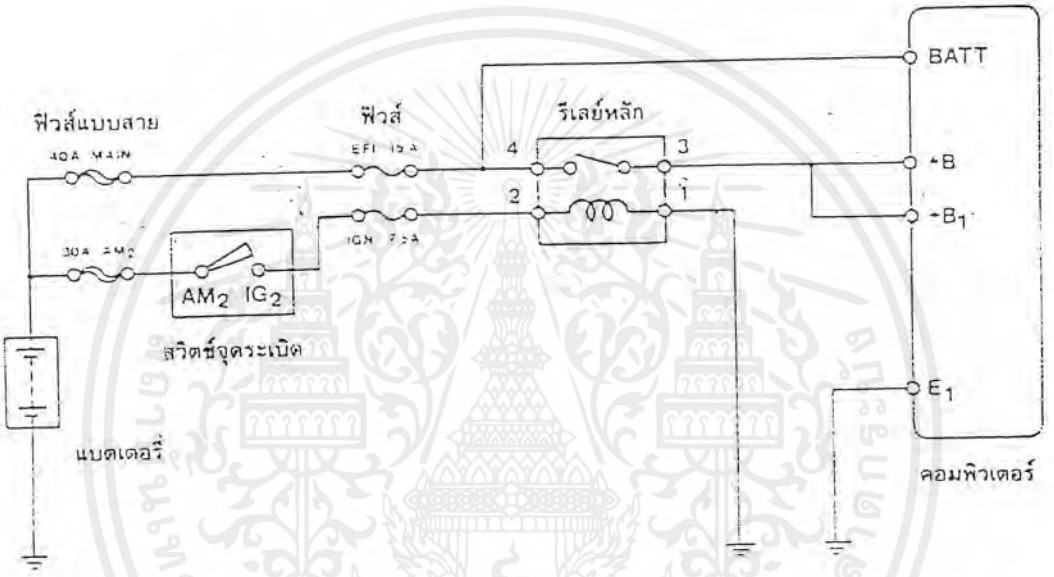
ในวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าให้คอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีรีเลย์หลัก (EFI Main Relay) เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

การทำงาน เมื่อบิดสวิตช์จุดระเบิด (Ignition Switch) ไปตำแหน่งเปิด ขั้ว และของสวิตช์จะต่อถึงกันกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์ทางขั้วหมายเลข 2 และมาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้วหมายเลข 1 ทำให้รีเลย์หลักทำงาน (คอนแทคของรีเลย์ต่อขั้วหมายเลข 3 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 เข้าด้วยกัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านหน้าคอนแทคของรีเลย์หลักเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว +B และเมื่อทำการบิดสวิตซ์จุดระเบิดกลับมาอยู่ในตำแหน่งปิด (OFF) เช่นตอนดับเครื่องยนต์ กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์จะถูกตัด ทำให้รีเลย์หลักหยุดทำงาน (หน้าคอนแทคแยกจากกัน) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่จ่ายให้กับคอมพิวเตอร์ก็จะถูกตัด

ในเครื่องยนต์หัวฉีดเบนซินรุ่นใหม่ๆที่ใช้คอมพิวเตอร์ หรือ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ที่ระบบ การวินิจฉัยข้อขัดข้อง (Diagnosis) สำหรับวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของ Sensor ต่างๆจะมีวงจรจ่ายกระแสให้คอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.2

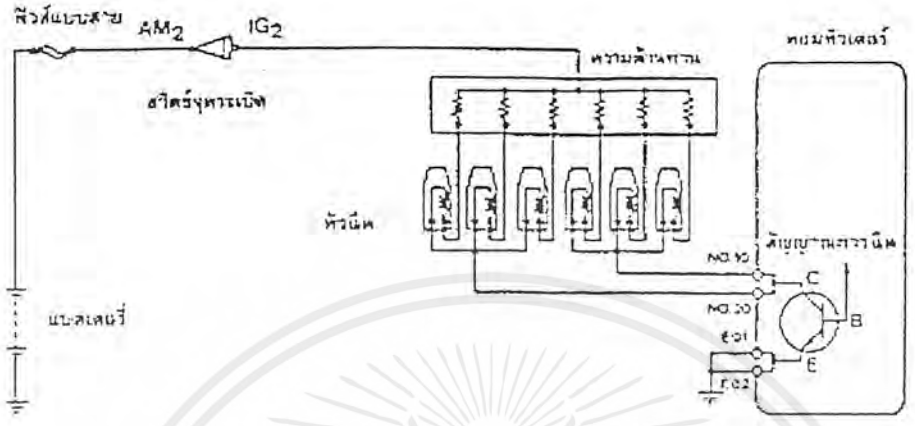


รูปที่ 4.2 วงจรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าคอมพิวเตอร์ที่มีระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง

จากรูปจะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทางขั้ว +B , +B1 และ BATT ในการทำงานของคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง คอมพิวเตอร์จะได้รับกระแสไฟฟ้าทางขั้ว +B , +B1 ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ทางขั้ว BATT จะเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเลี้ยงวงจรระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง ที่ต้องมีการบันทึกข้อมูลความผิดปกติของตัว sensor ต่างๆไว้ในหน่วยความจำ (memory) และแสดงผลความผิดปกติที่เกิดขึ้นให้ผู้ขับขี่รถยนต์ทราบกระแสไฟฟ้าจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วตลอดเวลาโดยไม่ผ่านรีเลย์หลักเพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลความผิดปกติที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำถูกลบออก หากต้องการลบข้อมูลความผิดปกติในหน่วยความจำออก จะต้องถอดขั้วแบตเตอรี่ออก

4.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 วงจรไฟฟ้าควบคุมหัวฉีด

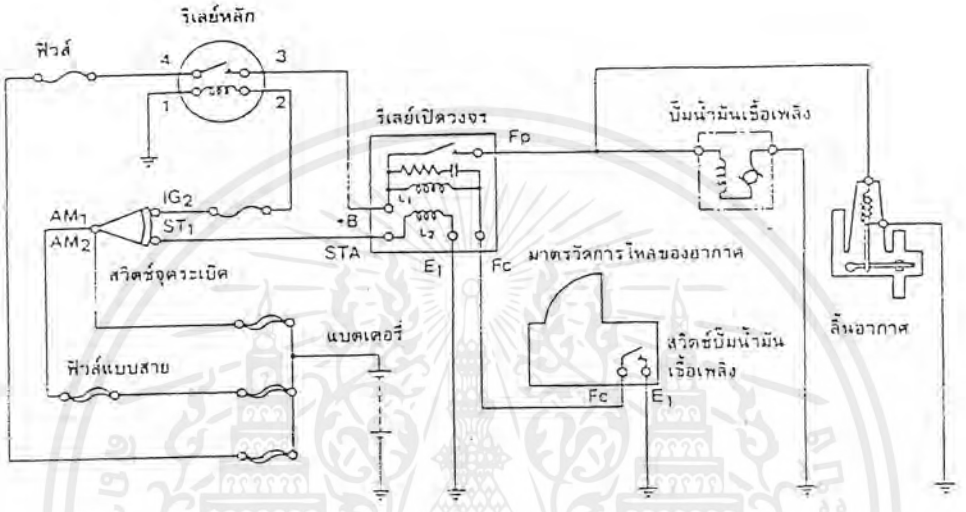
จากวงจรไฟฟ้า หัวฉีดแต่ละตัวจะต่อแบบขนาน แล้วต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายผ่านฟิวส์ สวิตซ์จุดระเบิด ตัวต้านทานและขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีดตามลำดับแล้วมาเข้าคอมพิวเตอร์ที่ขั้ว NO. 10 และ NO. 20 เพื่อมาลงกราวน์ครบวงจรที่ขั้ว E01 และ E02 ในการลงกราวน์ ของกระแสไฟฟ้าในวงจรหัวฉีดจะต้องผ่านตัวทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้จะต้องยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดไหลผ่านลงกราวน์ครบวงจรได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (สัญญาณการฉีด) ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์

การทำงาน เมื่อบิดสวิตซ์จุดระเบิดมาอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลลงผ่านตัวต้านทานและขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด มายังขั้ว NO. 10 และ NO. 20 เพื่อรอลงกราวน์ครบวงจรที่ขั้ว E01 และ E02 ในตำแหน่งนี้ไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดจะยังไม่สามารถมาลงกราวน์ครบวงจรได้ เนื่องจากยังไม่มีสัญญาณการฉีดจากคอมพิวเตอร์เข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ เมื่อทำการสตาร์ตเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์มีการหมุน) คอมพิวเตอร์จะสร้างสัญญาณการฉีดออกมา ทรานซิสเตอร์ก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรหัวฉีดผ่านจากขา C ออกทางขา E มาลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว E01 และ E02 หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกมา สำหรับระยะเวลาในการฉีดจะนานเท่าไรนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาการฉีดจากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรไฟฟ้าของหัวฉีดจะเห็นได้ว่า มีตัวต้านทานต่ออนุกรมไว้กับขดลวดโซลินอยด์ของหัวฉีด ตัวต้านทานนี้จะมีหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดไหม้ เนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไป

4.3 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศ



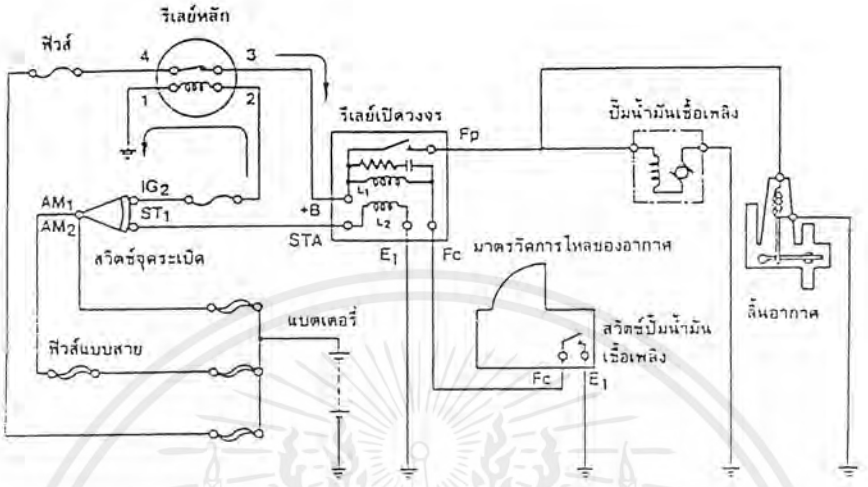
รูปที่ 4.4 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศในระบบฉีดแบบ L-Jetronic

ในวงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและลิ้นอากาศของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic จะมีรีเลย์เปิดวงจร และสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

การทำงาน

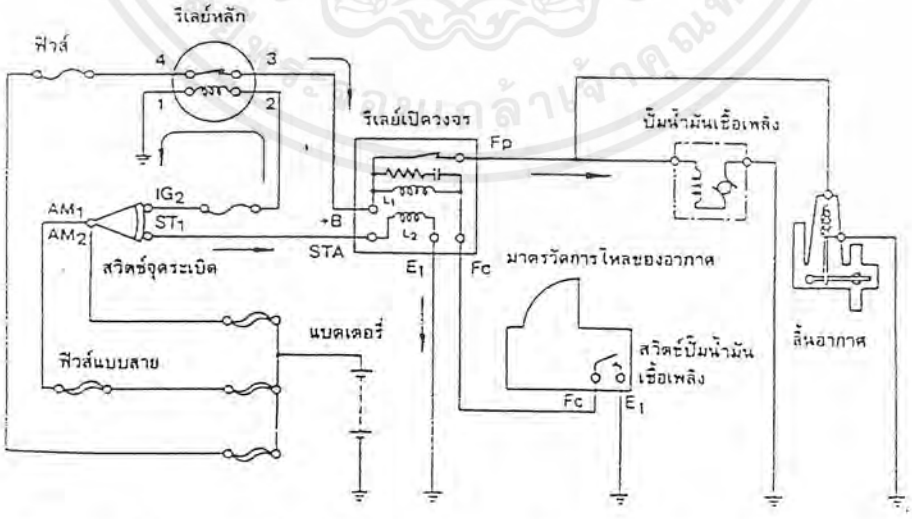
1. เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดไปอยู่ที่ตำแหน่งเปิด (ON) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ถูกจ่ายออกทางขั้ว IG_2 ของสวิตช์ ป้อนเข้าขดลวดของรีเลย์หลัก ทำให้รีเลย์หลักต่อวงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังรีเลย์เปิดวงจร (ที่ขั้ว +B) ในตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรยังไม่ทำงาน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L_1 ยังไม่สามารถมาลงกราวน์ครบวงจรที่ขั้ว E_1 ของสวิตช์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงได้ เพราะตำแหน่งนี้หน้าคอนแทคของสวิตช์แยกจากกัน ดังนั้น จึงยังไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด

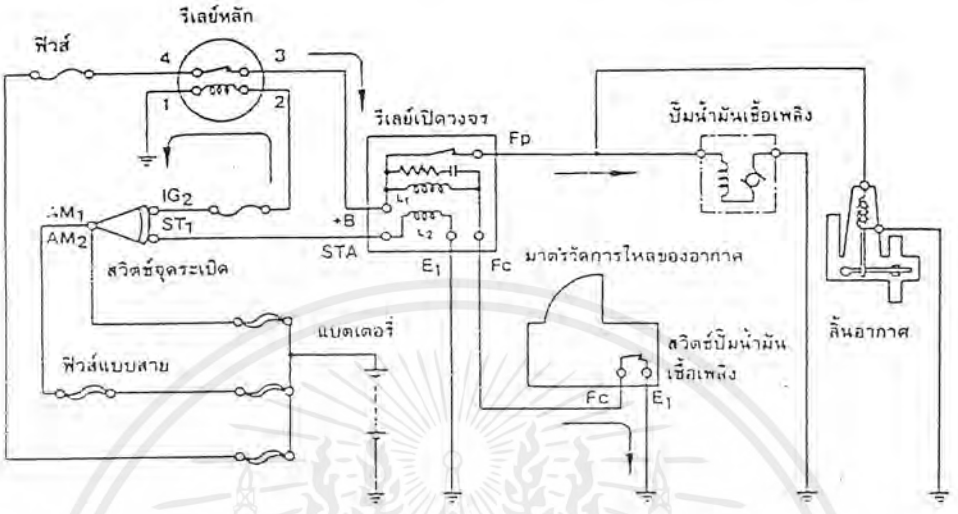
2. เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายออกทางขั้ว ST_1 ป้อนเข้าขดลวด L_2 ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวน์ครบวงจรที่ขั้ว E_1 ทำให้รีเลย์เปิดวงจรทำงาน (หน้าคอนแทคต่อกัน) แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะถูกจ่ายไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทางขั้ว Fp ของรีเลย์เปิดวงจร



รูปที่ 4.6 วงจรไฟฟ้าของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขณะเครื่องยนต์ทำงาน สวิตซ์จุดระเบิดจะกลับมาอยู่ในตำแหน่ง ON ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวด L_2 ถูกตัดลงแต่ตำแหน่งนี้รีเลย์เปิดวงจรจะยังทำงานต่อไปได้ เนื่องจากขณะเครื่องยนต์ทำงานหน้าคอนแทคของสวิตซ์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะยังทำงานต่อไปตามปกติดังรูปที่ 4.7

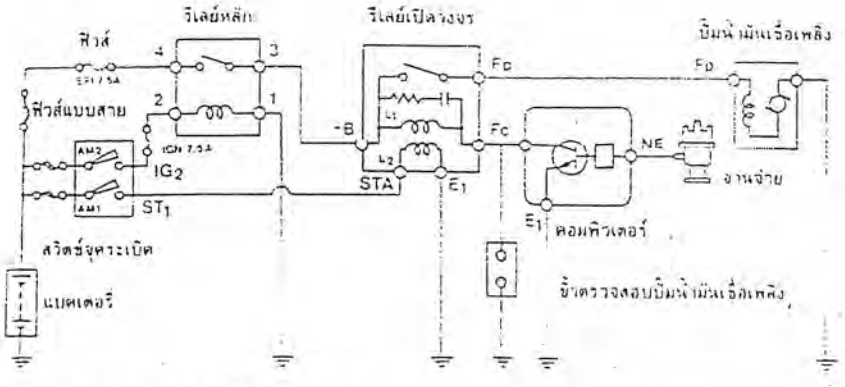


รูปที่ 4.7 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน

จากการทำงานดังกล่าว จะเห็นว่าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน แต่เมื่อเครื่องยนต์เกิดดับลง หน้าคอนแทคของสวิตซ์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะถูกแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวด L_1 ของรีเลย์เปิดวงจร ไม่สามารถลงกราวด์ครบวงจรได้ รีเลย์เปิดวงจรจะหยุดทำงาน การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มก็จะยุติ

4.3.1 วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบฉีดแบบ D-Jetronic

เนื่องจากในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic ไม่มีมาตรวัดการไหลของอากาศเหมือนกับระบบหัวฉีดแบบ L-Jetronic การทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.8



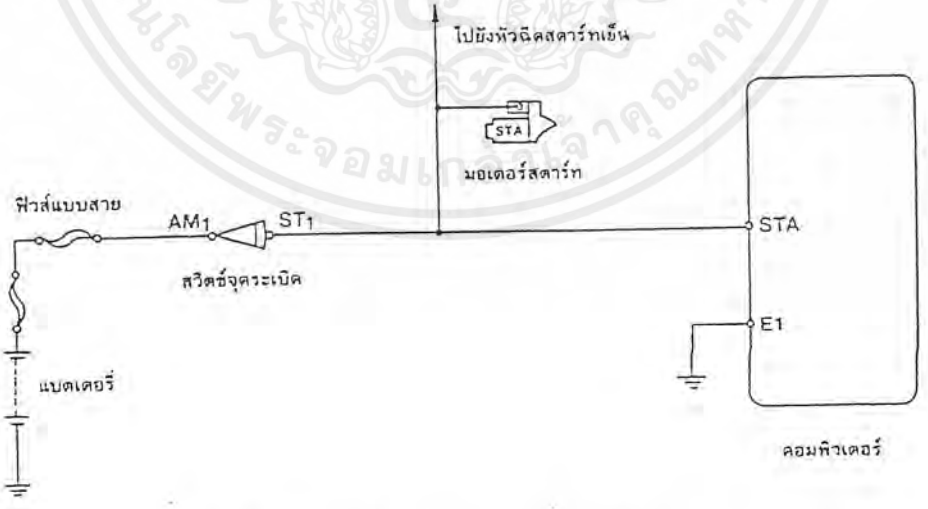
รูปที่ 4.8วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น 4A-GE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่า วงจรไฟฟ้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic จะไม่มีสวิตช์ปั๊มเชื้อเพลิงเหมือนในระบบฉีดแบบ L-Jetronic วงจรไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจรจะถูกต่อไปยังขั้ว Fc ของคอมพิวเตอร์เพื่อรอลงกราวด์ครบวงจรที่ขั้ว Ei ซึ่งการลงกราวน์ครบวงจรของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc นี้จะถูกควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์แทนการใช้สวิตช์ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการทำงานนั้นส่วนใหญ่จะเหมือนกับระบบฉีดแบบ L-Jetronic แต่จะแตกต่างกันก็ตรงที่การควบคุมการลงกราวน์ของกระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดวงจร

ในการควบคุมการลงกราวน์ของวงจรอิเลกทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์นั้น ทรานซิสเตอร์จะยอให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc จะมาลงกราวน์ที่ขั้ว Ei ได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณไฟฟ้าบอกสภาวะการหมุนของเครื่องยนต์ป้อนเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ (สัญญาณไฟฟ้าบอกสภาวะการหมุนจะมาจากตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่อยู่ในจานจ่าย) หรือกล่าวอย่างง่ายๆ ก็คือ หากเครื่องยนต์ทำงาน ทรานซิสเตอร์จะยอให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว Fc ของรีเลย์เปิดลมวงจรมาลงกราวน์ครบวงจรที่ขั้ว Ei สำหรับขั้วตรวจสอบปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีไว้ตรวจสอบการทำงานของปั๊มในขณะที่เครื่องยนต์ดับ ในการตรวจสอบจะทำได้โดยต่อขั้วทั้งสองถึงกันซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลงด Li ของรีเลย์เปิดวงจรมาลงกราวน์ครบวงจรได้ รีเลย์เปิดวงจรก็จะต่อวงจรไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

4.4 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์



รูปที่ 4.9 วงจรสัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์

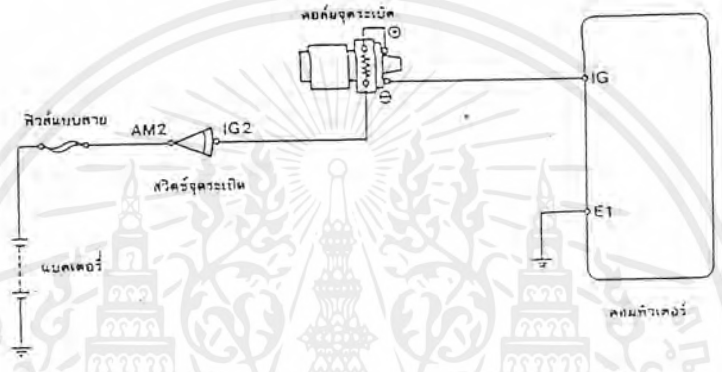
สัญญาณการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ จะต่อจากขั้ว ST 1 ของสวิตช์จุดระเบิดไปยังขั้ว STA ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ สัญญาณนี้จะถูกป้อนเข้า คอมพิวเตอร์เฉพาะตอนที่ สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ต

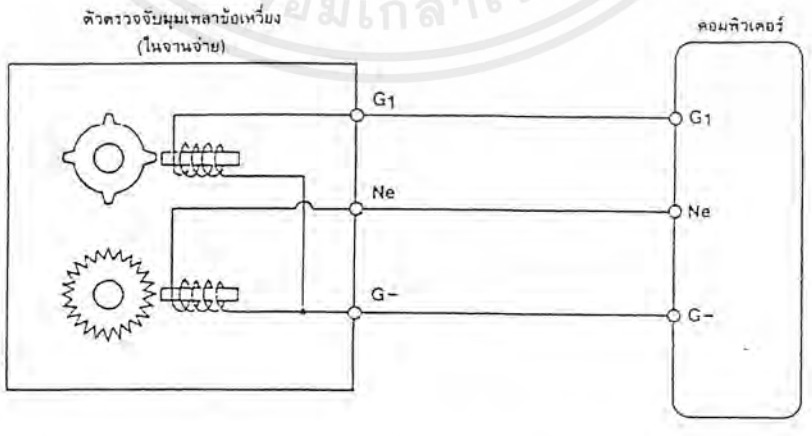
4.5 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์

ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบธรรมดา (Conventional EFI) สัญญาณไฟฟ้าบอกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้กับคอมพิวเตอร์ จะต่อกับขั้วลบของคอยล์จุดระเบิดหรือที่ขั้วจานจ่าย ไปยังขั้ว IG ของคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 วงจรสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์

สำหรับในเครื่องยนต์ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะต่อจากตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยง (Crank angle sensor) ที่ติดตั้งอยู่ภายในจานจ่าย ดังแสดงในรูปที่ 4.11



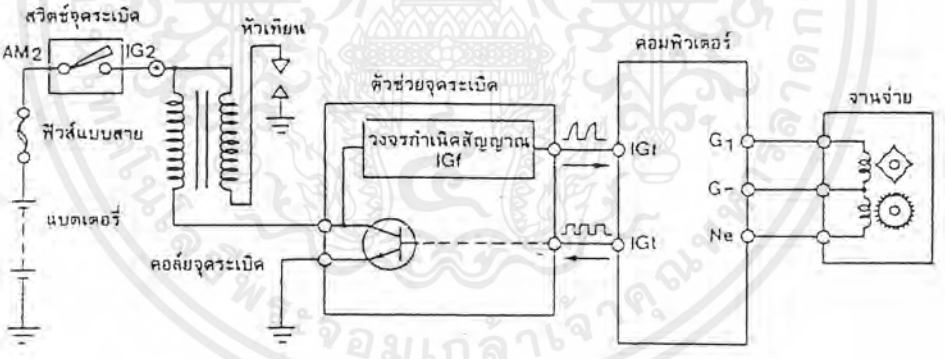
รูปที่ 4.11 วงจรสัญญาณความเร็วรอบในเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

4.6 วงจรควบคุมการจุดระเบิด

ในเครื่องยนต์ที่ใช้การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) แบบธรรมดา การควบคุมการจุดระเบิดจะไม่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ กล่าวคือเป็นระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (ใช้หน้าทองขาว) หรือแบบอิเล็กทรอนิกส์เหมือนเครื่องยนต์ทั่วๆไป สำหรับในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นใหม่ๆ ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบ TCCS หรือ ECCS ระบบจุดระเบิดจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 4A-GE

จากวงจรควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ 4A-GE กระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอล์ยจุดระเบิดที่จะมาลงกราวน์ จะถูกควบคุม โดยทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวช่วยจุดระเบิด

การทำงาน

เมื่อทำการสตาร์ตเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่อยู่ภายในจานจ่าย จะส่งสัญญาณการเคลื่อนที่ของเพลาข้อเหวี่ยงมายังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณองศาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดระเบิดที่เหมาะสม แล้วส่งสัญญาณการจุดระเบิด (IGT) มายังตัวช่วยจุดระเบิดในลักษณะของคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Pulse) เป็นจังหวะๆ สัมพันธ์กับองศาการจุดระเบิดของแต่ละสูบ

เมื่อตัวช่วยจุดระเบิดได้รับสัญญาณ IGTจากคอมพิวเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำการตัดกระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิของคอล์ยจุดระเบิดที่มาลงกราวน์ ทำให้เกิดการยุบตัวของเส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้าแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิ ในขณะที่มีการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวช่วยจุดระเบิดจะทำการตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดที่เกิดขึ้น แล้วส่งสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGT) กลับไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทราบได้ว่ามีการจุดระเบิดเกิดขึ้น หากไม่มีสัญญาณ IGF ป้อนกลับเข้าคอมพิวเตอร์ ด้วยเหตุใดก็ตามคอมพิวเตอร์จะหยุดการฉีดน้ำมันทันที เพื่อป้องกันการตกค้างของน้ำมันภายในกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิธีการทดลองและการคำนวณ

5.1 การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

วัตถุประสงค์ เพื่อหากำลังงานที่เกิดขึ้น ณ จุดต่างๆภายในเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิ์ภาพของเครื่องยนต์ เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองไปสร้างความสัมพันธ์ จะทำให้ทราบผลที่เกิด ณ. สภาพต่างๆของเครื่องยนต์

ความนำ

ก่อนที่จะทำการทดลอง ควรที่จะทราบทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก่อน ได้แก่

กำลังงานที่ได้ (Power , Ps) ณ. จุดต่างๆ

กำลังงานในกระบอกสูบ (Indicated Power , IPS)

$$IPS = (P_{imep}ALN)/4500 \qquad (5.1)$$

กำลังงานที่เพลา (Break Power , Bps)

$$BPS = (P_{bmep}ALN)/4500 \qquad (5.2)$$

กำลังงานความฝืด (Friction Power , FPS)

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

ในที่นี้ P_{imep} = ความดันเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ (kg/cm^2)

P_{bme} = ความดันเฉลี่ยที่ทำให้เกิดกำลังงานที่เพลา (kg/cm^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm^2)

L = ระยะชักของลูกสูบ (m)

N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (r.p.m.)

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

โดยที่สมการ (5.1) และ (5.2) เป็นเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ดังนั้นในกรณีที่เป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะจะต้องหารด้วย 2 ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่มีแรงกระทำที่หัวลูกสูบ สองด้านจะต้องคูณด้วย 2

แรงบิด (Torque , T)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BPS สามารถแสดงในเทอมของแรงบิดเฉลี่ย T (kg.m) ดังสมการต่อไปนี้

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

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

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption , SFC)

$$SFC = [(V_f . p_f . 3600) / PS] . (g / PSh) \qquad (5.5)$$

ในที่นี้ V_f = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (cm^3 / h)

P_f = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (g / cm^3)

ในกรณีที่เป็นน้ำมันผสม จะต้องหักเอาน้ำมันหล่อลื่นออก

ประสิทธิภาพ (Efficiency , η)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนภายในกระบอกสูบ

$$\eta_i = \text{Indicated Power / Energy in Fuel} \qquad (5.6)$$

ประสิทธิภาพเชิงกล

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

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวม

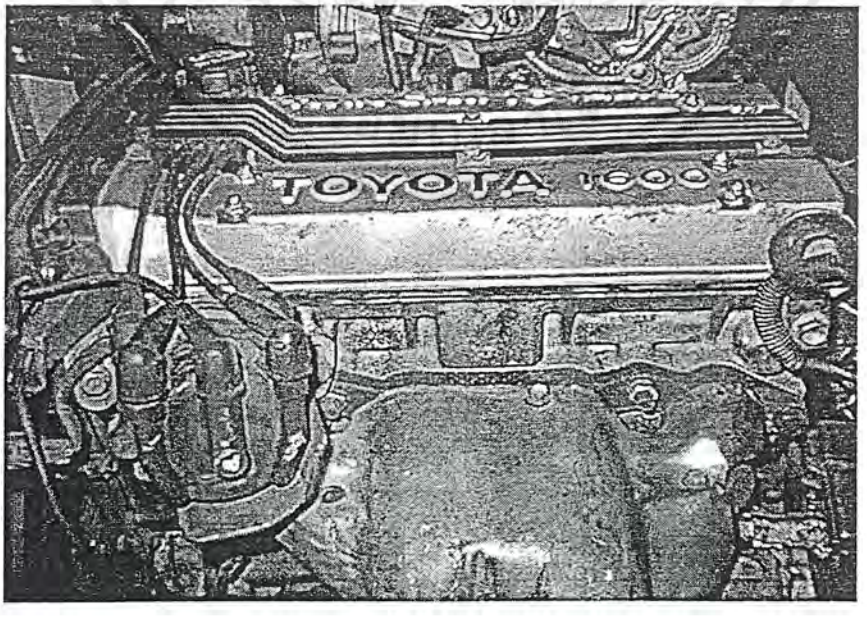
$$\eta_{tb} = \text{Break Power / Energy in Fuel} \qquad (5.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

เครื่องยนต์

แบบ	เบนซินแถวเรียง 4 สูบ รหัส 4A – GE
ระบบเพลาราวลิ้น	4 วาล์วต่อสูบดับเบิ้ล โอเวอร์เฮดแคมชาพท์ (DOHC) ขับด้วยสายพาน
บล็อคเสื้อสูบ / ฝาสูบ	อลูมินั่มอัลลอย / เหล็กหล่อ
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ	81 มม.
ระยะช่วงชักลูกสูบ	77 มม.
ปริมาตรความจุกระบอกสูบ	1587 ซี.ซี.
อัตราส่วนการอัด	10.3 : 1
ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ แบบมัลติพอยต์ ควบคุมด้วยระบบ TCCS
ชนิดของหัวฉีด	Top Feeder
ความดันน้ำมันที่ออกจากหัวฉีด	2.9 kg / cm^2
แรงม้าสูงสุด	140 PS – DIN ที่ 7200 RPM
แรงบิดสูงสุด	15.0 kg – m ที่ 6000 RPM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ชนิด Eddy Current Electric Dynamometer

หลักการทำงาน

ไดนาโมมิเตอร์ประกอบด้วย Stater , วงแหวน eddy current , excitation coils และหน้าปัดแสดง load เมื่อเกิดการไหลของ exciting current ผ่าน excitation coils จะเกิดการดูดของแม่เหล็ก (flux) เมื่อโรเตอร์ถูกหมุนในสภาพนี้ ความหนาแน่น flux ที่ช่องว่างอากาศ (air gap) มีลักษณะเต้นเป็นจังหวะ และแรงทางไฟฟ้าจะถูกผลักขึ้นภายในวงแหวน (eddy current) แรงนี้จะกระทำในทางตรงกันข้ามกับโรเตอร์และทำให้โรเตอร์หยุดหมุน ผลรวมของแรงทางไฟฟ้านี้ กับแรงที่หมุน eddy current ระหว่างวงแหวน eddy current กับโรเตอร์จะแสดงบนหน้าปัดแสดง load.

โครงสร้าง

เนื่องจากพลังงานทางกลของมอเตอร์ ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนดังนั้นภายในโรเตอร์ต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำและอากาศ ลักษณะการหล่อเย็นนี้เป็นระบบการหล่อเย็นทางอ้อม ไดนาโมมิเตอร์จะถูกสร้างให้น้ำสามารถไหลผ่านตามช่องทางภายใน eddy current relay ซึ่งเป็นการง่ายในการทำความสะอาด

การติดตั้งไดนาโมมิเตอร์

1. ติดตั้งไดนาโมมิเตอร์บนพื้นราบ ที่มีฐานมั่นคงแข็งแรง
2. ถ้าต้องการเพิ่มความสูงของไดนาโมมิเตอร์ให้เท่ากับความสูงของเครื่องยนต์ ให้ใช้ฐานรองซึ่งทำด้วยเหล็ก ห้ามใช้คอนกรีต
3. ยึดโบลท์ที่ฐานให้แน่น และไม่สามารถหลุดระหว่างปฏิบัติงานได้
4. ตรวจสอบว่าเครื่องยนต์ , เพลา , และไดนาโมมิเตอร์อยู่ตรงแนวกันหรือไม่

การหล่อเย็น

น้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ระบายความร้อนที่เกิดจากการหมุนของเพลาจากเครื่องยนต์ และทำหน้าที่รักษาอุณหภูมิของส่วนต่างๆ เช่น eddy current ให้อยู่ในค่าที่กำหนดเพื่อป้องกันความเสียหาย

1. การหล่อเย็นเป็นแบบการหล่อเย็นทางอ้อม
2. ใช้น้ำสะอาดเป็นน้ำหล่อเย็น
3. ปริมาณการไหลของน้ำหล่อเย็นต้องมากกว่าปริมาณที่ระบุ ถ้าน้ำหล่อเย็นไม่พอจะมีสัญญาณเตือน
4. ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้าและออก ซึ่งมีค่า 35 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิน้ำที่ทางออกมีค่า 70 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านี้ และเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้ามีค่ามากกว่า 35 องศาเซลเซียส จะต้องทำการลดอุณหภูมิลงโดยการหล่อเย็น ในกรณีที่ท่อน้ำมีความต้านทานสูงให้ทำการติดตั้งปั๊มน้ำเพิ่ม เพื่อเพิ่มความดันของน้ำให้สูงขึ้น

5. ความดันของน้ำต้องมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 3 kg / cm^2

การหล่อลื่น

ระบบการหล่อลื่นเป็นชนิด น้ำมันแบบหยด โดยใช้ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นไฟฟ้ามีรายละเอียดดังนี้

1. ใช้น้ำมันหล่อลื่นเบอร์ SAE 30 หรือเบอร์ใกล้เคียง
2. ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นเป็นชนิดที่ทำงานเป็นช่วงๆ

   ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น : discharge volume 3 ถึง 6 CC / cycle

   1 cycle = 1 minute

   มอเตอร์ : supply voltage : 3 – เฟส , AC 200VAC + 10% ,

   50 / 60 Hz Output 15 W
3. ระดับน้ำมันต้องอยู่สูงกว่าตำแหน่งกึ่งกลางของเกจวัดระดับน้ำมัน

หน้าปัดแสดง load

หน้าปัดแสดง load ทำหน้าที่แสดงค่าของทอร์คที่ระดับความเร็วรอบต่างๆในหน่วยกิโลกรัม . เมตร (kg . m) แสดงออกมาในระบบดิจิตอล

การควบคุม (Operation)

การเตรียมก่อนติดตั้งเครื่องยนต์

- ตรวจแต่ละส่วนของเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์
- ตรวจปริมาณน้ำมันหล่อลื่นในห้องเพลาข้อเหวี่ยงและไดนาโมมิเตอร์
- ตรวจน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดลิ้นน้ำหล่อเย็น และให้น้ำหมุนเวียนในเครื่องยนต์
- ปรับแต่งไดนาโมมิเตอร์อยู่ที่ภาระระดับต่ำสุด

การสตาร์ตและการควบคุม

- เปิดลิ้นถังน้ำมันเชื้อเพลิง
- เปิดสวิตซ์และสตาร์ตด้วยสวิตซ์โดยมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปรับลิ้นปีกผีเสื้อเดินเครื่องที่ไม่มีภาระและที่ความเร็วรอบต่ำในเวลาประมาณ 1-2 นาที ตรวจดูว่าไม่มีปัญหาในเรื่องความดันน้ำมันหล่อลื่นและส่วนอื่นๆจะเดินเครื่องยนต์ในสภาพที่ไม่มีภาระจนกระทั่งแต่ละส่วนของเครื่องยนต์มีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิใช้งาน
- ปรับลิ้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ท่อทางออกให้อยู่ในระดับ 80 องศาเซลเซียส

การหยุดเครื่องยนต์

- ควบคุมเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ ประมาณ 2 – 3 นาที แล้วจึงปิดสวิตช์
- ปิดก๊อกถังน้ำมันเชื้อเพลิง
- ปิดลิ้นน้ำหล่อเย็น และถ่ายน้ำทิ้ง

วิธีทำการทดสอบ

หลังจากการตรวจสอบและเดินเครื่องยนต์ตามขั้นตอนของการควบคุม และพร้อมที่จะทำการทดสอบ ลงมือทำการทดสอบพร้อมทั้งจดข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อที่จะได้นำค่าเหล่านี้ไปคำนวณและดำเนินการไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

การทดสอบภายใต้ภาระเต็มที่

1. หลังจากเดินเครื่องยนต์จนถึงอุณหภูมิใช้งานภายใต้สภาพไม่มีภาระแล้ว ให้ปรับเครื่องยนต์ทดสอบที่การควบคุมปกติ

2. เมื่อแรงดันเบรคของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลดลง ให้เปิดลิ้นเร่งเพื่อเพิ่มกำลังงาน และจะมีผลทำให้ภาระของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นผลทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไม่สูงเกินกว่ากำหนด จากนั้นปรับไปจนลิ้นเร่งอยู่ในตำแหน่งเปิดเต็มที่ เสร็จแล้วปรับไดนาโมมิเตอร์ให้ได้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ที่ 1000 รอบต่อนาที

3. ทำการวัดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยการปิดลิ้นจ่ายน้ำมันจากถังและใช้น้ำมันจากหลอดแก้ว โดยวัดปริมาตรประกอบกับเวลา ทำการทดสอบในสภาพดังกล่าวประมาณ 2 นาที โดยไม่ต้องปรับแต่งอุปกรณ์ใดๆทั้งสิ้น

4. อ่านข้อมูลต่างๆจากชุดประกอบการทดสอบและบันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูล

5. ทำการทดสอบซ้ำเป็นครั้งที่ 2 ณ ความเร็วเดิม

6. หลังจากทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาทีแล้ว ให้ทำการทดสอบเหมือนเดิม โดยปรับลูกบิดปรับภาระให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการ ทำการทดสอบเช่นนี้เรื่อยๆไป จนกว่าจะครบตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ต้องการนำไปเขียนกราฟ และแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ต่อไป.

วิธีทำการวัด

1. ตรวจสอบรายการต่างๆก่อนทำการทดสอบ เช่น

- ข้อมูลเกี่ยวกับบรรยากาศ อันได้แก่

  ความดันของบรรยากาศ

  อุณหภูมิ

  ความชื้น

- น้ำมันเชื้อเพลิง อันได้แก่

  ความถ่วงจำเพาะ

  ค่าอ๊อกเทน

  ค่าความร้อน

2. ทำการวัดและบันทึกข้อมูล

- ทอร์ค (kg . m)
- ความเร็วรอบ (r . p . m .)
- ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (C . C . / S)
- อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (องศาเซลเซียส) และความดัน (kg / cm^2)
- อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเข้าและออก (องศาเซลเซียส)
- ความแตกต่างของระดับของเหลว

  เพื่อคำนวณหาปริมาตรของอากาศที่ ผ่านถังลม (m^3 / h)
- อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย (องศาเซลเซียส)

5.2 วิธีการวัดสัญญาณจาก Sensor ต่างๆของเครื่องยนต์

ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ได้นั้นต้องจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของสัญญาณที่ Sensor ต่างๆภายในเครื่องยนต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาการทำงานในสภาวะต่างๆของเครื่องยนต์ โดยสัญญาณที่ได้ทำการวัดมีดังต่อไปนี้

1. สัญญาณควบคุมการฉีดน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณสั่งการฉีดน้ำมันให้กับหัวฉีด วัดโดยใช้ Oscilloscope ตรวจจับที่ขั้ว N10,N20 กับ ขั้ว E01 เพื่อวัดระยะเวลาในการฉีดและความสัมพันธ์ของแต่ละหัวฉีดว่าทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร โดยใช้ Oscilloscope วัดคาบเวลาในการฉีดและความต่างศักย์ของสัญญาณ

2. สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Ne)

สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์จะต่อกับตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยง ทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยใช้ Oscilloscope ตรวจจับสัญญาณที่ขั้ว Ne และต่อเข้ากับกราวด์ที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ เพื่อให้ครบวงจร จากนั้นจึงทำการบันทึกผลข้อมูล ได้แก่ ความถี่และความต่างศักย์

3. สัญญาณมุมเพลาข้อเหวี่ยง (G1)

สัญญาณมุมเพลาข้อเหวี่ยง มีหน้าที่บอกตำแหน่งของข้อเหวี่ยง หรือ ลูกสูบซึ่งต่อกับตัวตรวจจับมุมเพลาข้อเหวี่ยงที่อยู่ในจานจ่าย เช่นเดียวกับสัญญาณ Ne เราจะวัดสัญญาณโดยใช้ Oscillescope ตรวจจับที่ขั้ว G1 และขั้วลบของแบตเตอรี่ เพื่อวัดความถี่และความต่างศักย์ของสัญญาณ

4. สัญญาณการจุดระเบิด (IGT)

สัญญาณการจุดระเบิด เป็นสัญญาณจังหวะการจุดระเบิดซึ่งต่ออยู่กับตัวช่วยจุดระเบิด (Igmitor) วัดโดยการใช้ Oscilloscope วัดที่ขั้ว IGT และขั้วลบของแบตเตอรี่ และทำการวัดความถี่และความต่างศักย์ของสัญญาณ

5.3 การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์

วัตถุประสงค์ ทำให้สามารถ ควบคุมการทำงานของหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อที่จะสามารถปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับสภาพการทำงาน และสามารถนำไปใช้กับเชื้อเพลิงชนิดอื่นเพื่อเป็นการพัฒนาเครื่องยนต์ต่อไป

ความนำ การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ จำเป็นต้องทราบลักษณะของสัญญาณ injection ณ สภาพการทำงานในสภาวะต่างๆ กัน ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบโปรแกรมเพื่อทดลองใช้ควบคุมการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ แล้วจึงทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณต่างๆที่ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

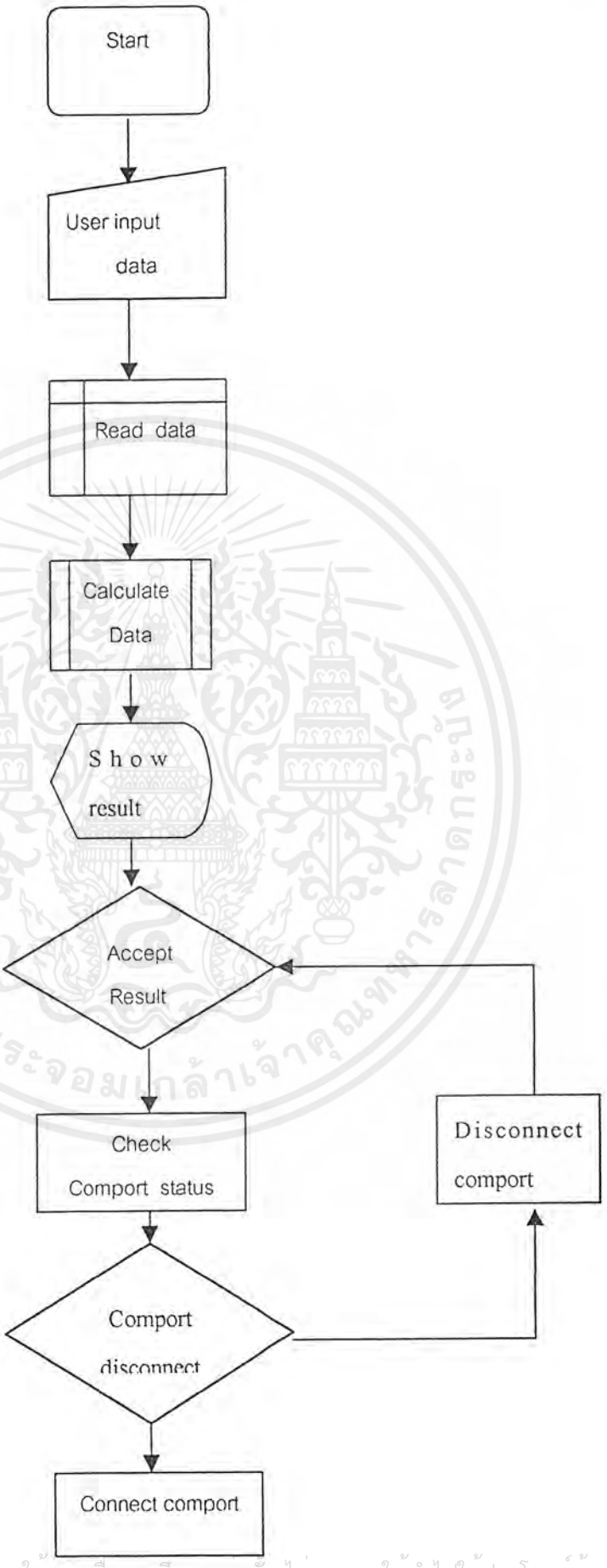
อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

1. คอมพิวเตอร์
2. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหัวฉีด
3. ชุดทดลองหัวฉีด
4. แบตเตอรี่ 12 โวลต์

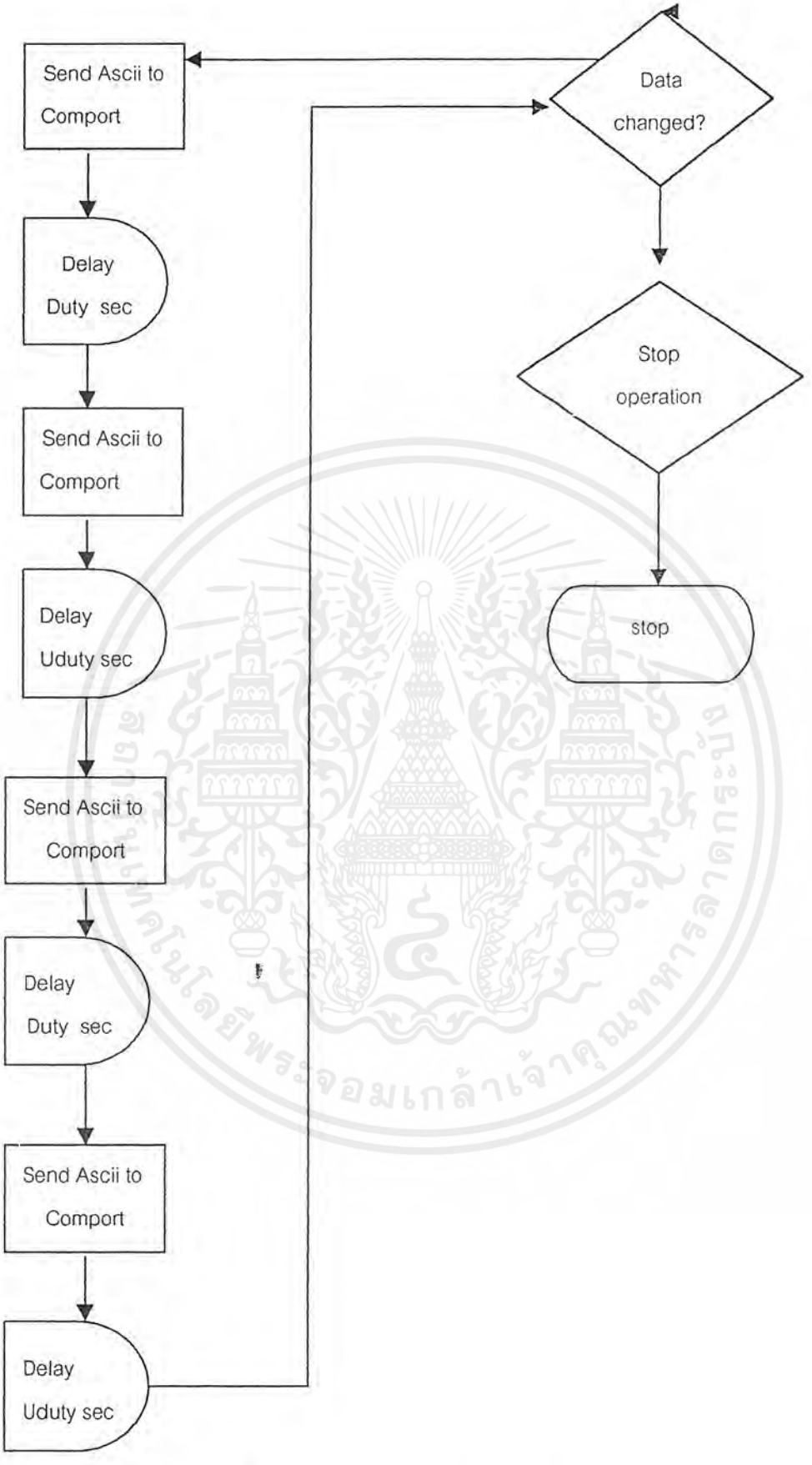
วิธีการทดลอง

1. เปิดสวิตซ์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดทดลองหัวฉีด
2. เปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และป้อนข้อมูลเข้าไปมีการอ่านค่าทั้งหมด 6 ค่าประกอบด้วย
   - 2.1 ความเร็วรอบเครื่องยนต์
   - 2.2 % ของคันเร่งที่เหยียบลงไป
   - 2.3 อุณหภูมิน้ำ
   - 2.4 อุณหภูมิอากาศ
   - 2.5 Modify Factor
   - 2.6 Mode ของการทำงาน
     - เครื่องยนต์จริง
     - ชุดทดลอง
3. ทำการคำนวณผล ระยะเวลาในการฉีดน้ำมันและความถี่ในการฉีดน้ำมัน
4. หลังจากคำนวณเสร็จแล้วจะแสดงผลให้ผู้ใช้งานตรวจสอบค่าก่อนกดปุ่ม GO! เพื่อให้หัวฉีดทำงาน
5. กดปุ่ม stop เพื่อหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

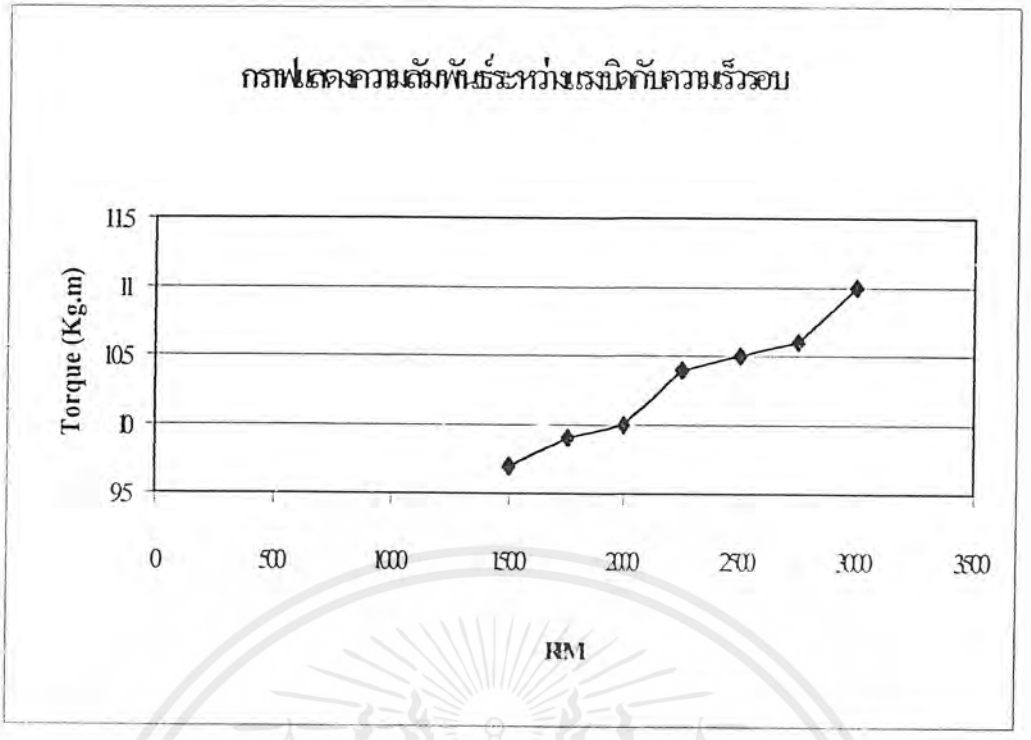
บทที่ 6
ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

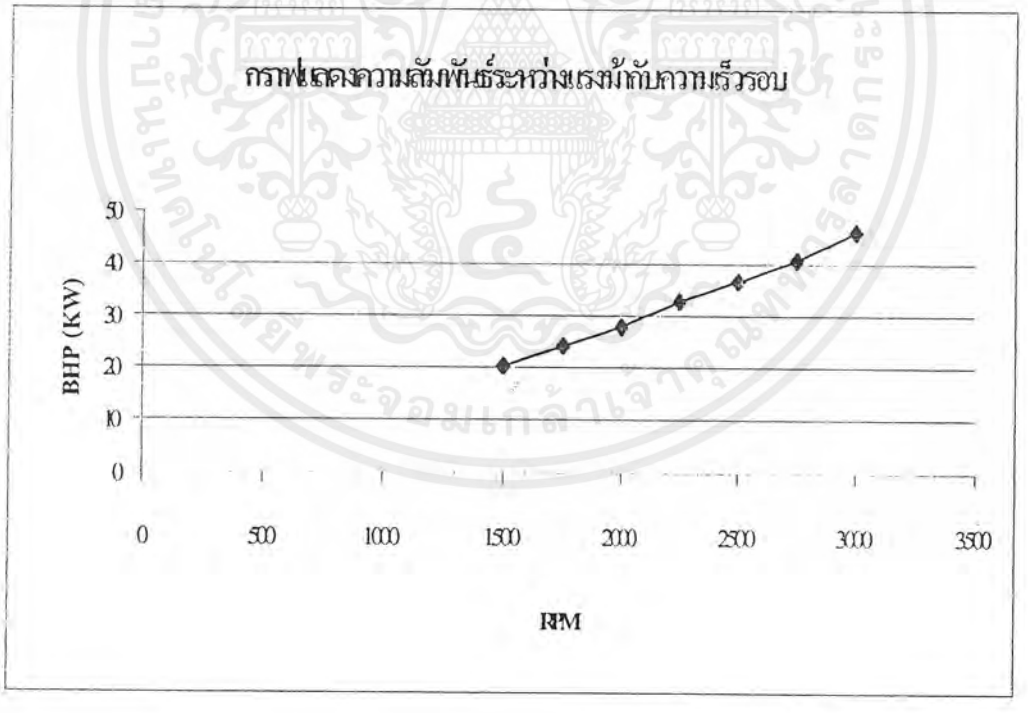
ความเร็วรอบ (RPM)	TORQUE (KG. m)	BHP (Ps)	S.F.C. (g/KW.h)
1500	9.7	20.3156	247.7956
1750	9.9	24.1902	237.5151
2000	10	27.9252	236.8389
2250	10.4	32.6725	225.9338
2500	10.5	36.6519	223.7909
2750	10.6	40.7011	233.4379
3000	11	46.0767	240.7538

ตาราง 6.1 ตารางแสดงค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

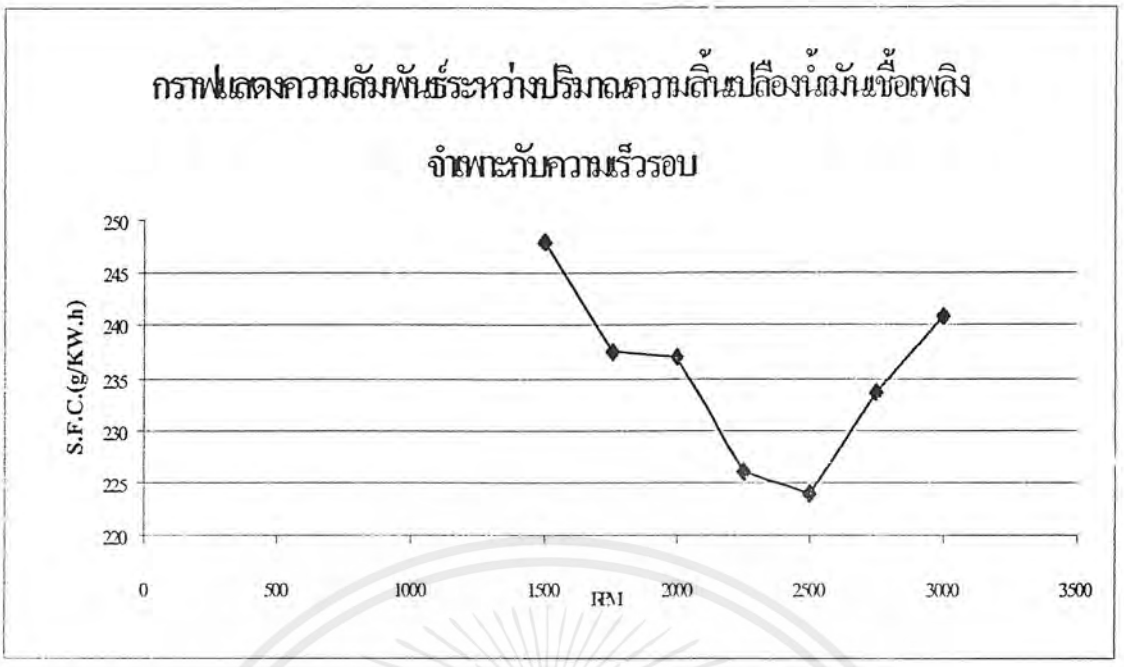


รูปที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ



รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้ากับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

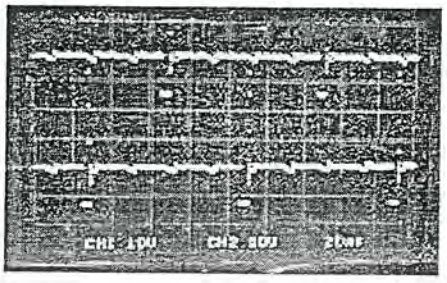


รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับความเร็วรอบ

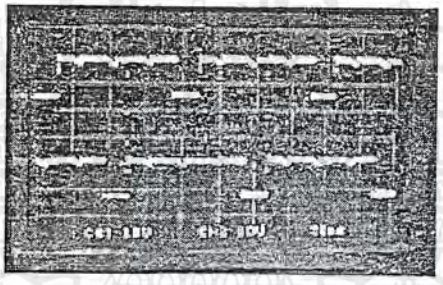
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผลการทดลองการวัดสัญญาณการฉีดน้ำมันจากตัวตรวจจับ

สัญญาณการฉีดน้ำมันของหัวฉีด



รูปที่ 6.4 สัญญาณการฉีดน้ำมันของหัวฉีดที่ 1500 rpm No LOAD



รูปที่ 6.5 สัญญาณการฉีดน้ำมันของหัวฉีดที่ 1500 rpm LOAD

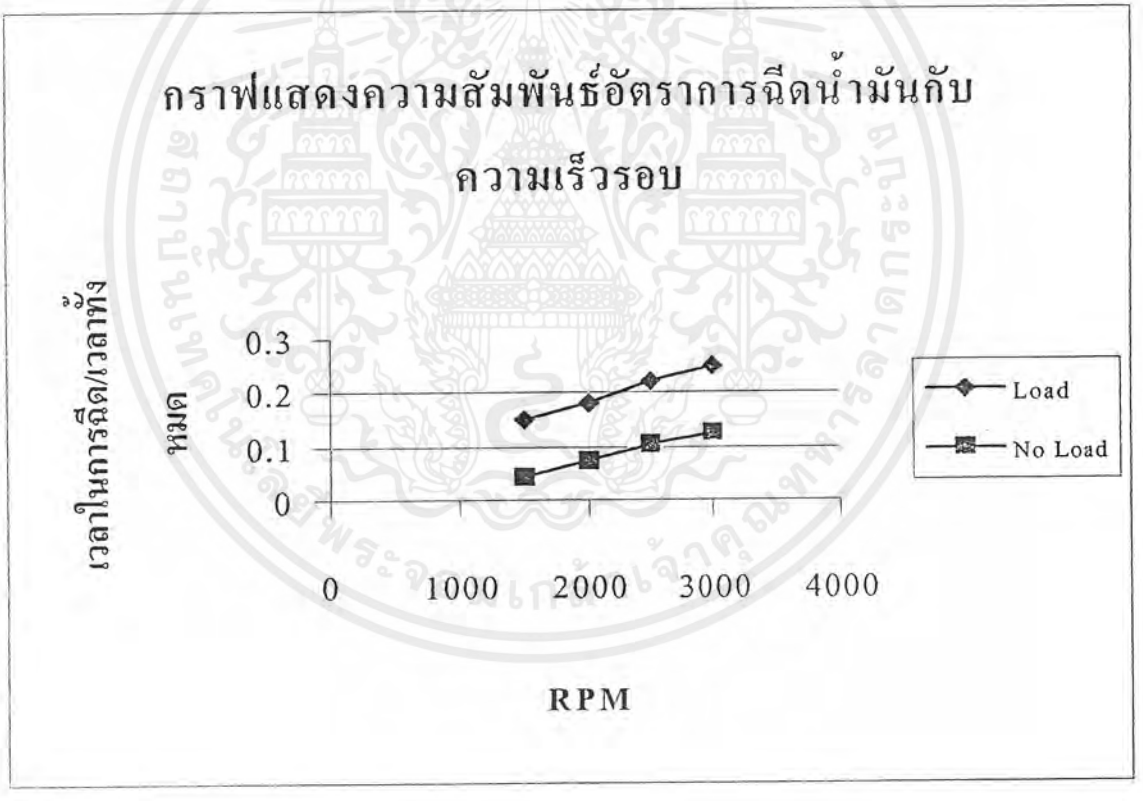
จากการทดลองทำให้ทราบถึงลักษณะของสัญญาณการฉีดน้ำมันของหัวฉีดและทำให้ทราบถึงระยะเวลาในการฉีดและความถี่ในการฉีด ดังตารางที่ 6.2

RPM	Load (n-m)	ความถี่ในการฉีด (RPM)	ระยะเวลาในการฉีด (ms)	เวลาในการฉีด/ เวลาที่ไม่ฉีด
1500	9.4	750	12	0.15
2000	9.2	1000	11	0.18
2500	8.2	1250	10.5	0.22
3000	7.5	1500	10	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1500	0	750	3.5	0.043
2000	0	1000	4.5	0.075
2500	0	1250	5	0.104
3000	0	1500	5	0.125

ตารางที่ 6.2 แสดงถึงลักษณะการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ที่สภาวะต่างๆ



รูปที่ 6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดน้ำมันกับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ผลการทดลองการวัดสัญญาณการฉีดน้ำมันจากคอมพิวเตอร์

จากการทดลองค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ทดลองได้เทียบกับสภาวะการทำงานจริงของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันมากดังตารางที่ 6.3

RPM	% ลิ้นเร่ง	ระยะเวลาในการฉีด real	ระยะเวลาในการฉีด คำนวณ
1500	100	12	12.000622
2000	100	11	11.00101
2500	100	10.5	10.50232
3000	100	10	10.00466
1500	0	3.5	3.50015241

ตารางที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการฉีดจริงกับระยะเวลาในการฉีดคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

7.1 วิเคราะห์การทดลอง

1. โปรแกรมที่เขียนขึ้นมีข้อจำกัดอยู่ คือใช้ได้ในช่วง 1500-3000 รอบเท่านั้น เนื่องจากในการวัด ลักษณะการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ เราจะวัดสูงสุดแค่ 3000 rpm เท่านั้น เนื่องจากปัญหาเรื่องความร้อน และ ก๊าซไอเสีย

2. เครื่องยนต์ของเรายังไม่สามารถรันได้ครบ loop เพราะยังขาดส่วนของการรับส่งสัญญาณต่างๆของเครื่องยนต์เข้ามาประมวลผล

3. ในการใช้งานจริงถึงจะใช้ notebook ก็ยังถือว่า ขาดความสะดวกในการใช้อยู่ดี

7.2 สรุปผลการทดลอง

1. สามารถควบคุมการฉีดน้ำมันของหัวฉีดได้จริง
2. model ทางคณิตศาสตร์ที่จำลองขึ้นสามารถคำนวณได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองมาก
3. สามารถสร้างชุดทดลองที่สามารถทำให้เห็นการฉีดของหัวฉีดจริงๆได้
4. ชุดทดลองที่ทำขึ้นและโปรแกรมที่ทำขึ้น เสถียรภาพที่ดี สามารถใช้งานได้เป็นเวลานาน
5. ทราบถึงลักษณะการของสัญญาณ ที่ไปควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ รวมทั้งลักษณะการทำงานของ ECU

7.3 ปัญหาที่พบ

1. เนื่องจากน้ำมันที่ฉีดเป็นฝอยจากหัวฉีดสามารถลุกติดไฟได้ง่ายจึงต้องมีการป้องกันไฟอย่างดี
2. มีกลิ่นเหม็นจากชุดหัวฉีดขณะทำการฉีดน้ำมัน
3. อุปกรณ์ที่นำมาทำเป็นชุดทดลองส่วนใหญ่นำของเครื่องยนต์เก่ามาใช้ทำให้พบการชำรุดบางครั้ง ทำให้งานเกิดความล่าช้า
4. อุปกรณ์ที่นำมาประกอบชุดหัวฉีดหาซื้อยาก เช่น ปลั๊กหัวฉีด เป็นต้น
5. สถานที่ติดตั้งเครื่องยนต์มีระบบระบายอากาศที่ไม่ดี ทำให้เครื่องยนต์มีความร้อนสูงและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ทดลอง

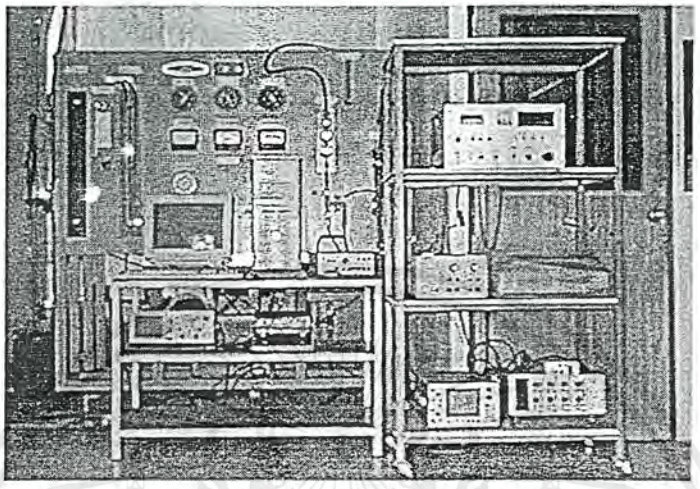
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การควบคุมการฉีดน้ำมันโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 อุปกรณ์สำหรับใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์



รูปที่ ก.1 อุปกรณ์สำหรับทำการวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์

ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้

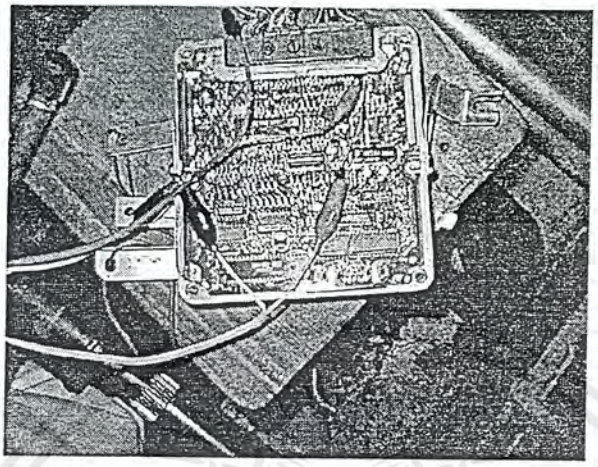
1. หลอดแก้ววัดความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง
2. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง
3. Oscilloscope
4. Digital Indicator

ก.2 เครื่องยนต์สำหรับทำการทดลอง

รูปที่ ก.2 เครื่องยนต์ 4A-GE

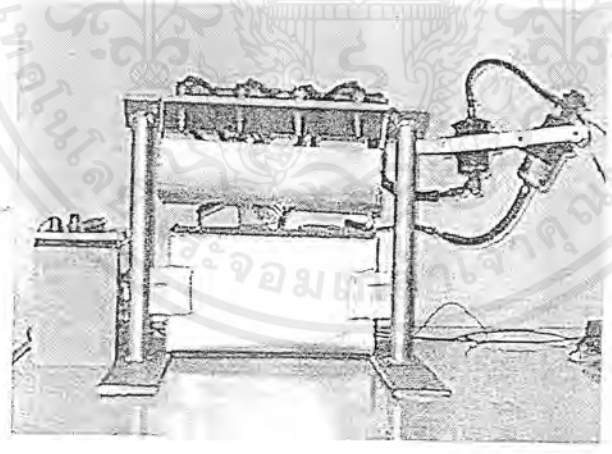
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ ก.3 กล่อง ECU

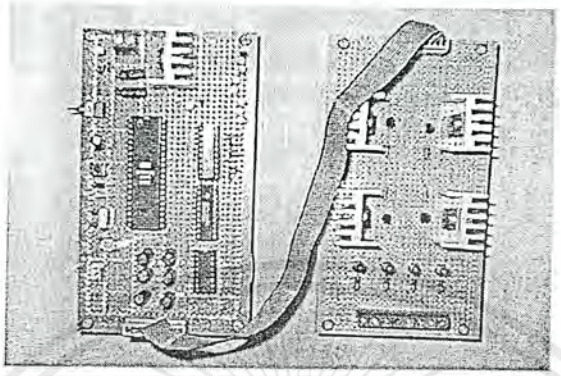
ก.4 ชุดจำลองการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ ก.4 ชุดจำลองการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 วงจรควบคุมการฉีดน้ำมัน



รูปที่ ก.5 วงจรควบคุมหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง
การควบคุมการฉีดน้ำมันของหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 โปรแกรมควบคุมการฉีดน้ำมันของหัวฉีด

```
Unit Unit1;

interface

uses
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Contr
ols, Forms, Dialogs,
StdCtrls, Comms, Menus, ExtCtrls, jpeg;

type
  TForm1 = class(TForm)
    OCButton: TButton;
    SendButton: TButton;
    SendEdit: TEdit;
    ComPort: TComPort;
    Memo: TMemo;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Label7: TLabel;
    Bevel3: TBevel;
    engspeed: TEdit;
    acpad: TEdit;
    wt: TEdit;
    at: TEdit;
    o1: TRadioButton;
    o2: TRadioButton;
    Timer1: TTimer;
    Timer2: TTimer;
    Bevel5: TBevel;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Timer3: TTimer;
    Timer4: TTimer;
    Label1: TLabel;
    Label18: TLabel;
    Label19: TLabel;
    Label20: TLabel;
    modfy: TEdit;
    Label21: TLabel;
    Label22: TLabel;
    Bevel2: TBevel;
    Button1: TButton;
    operate: TButton;
    Label23: TLabel;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Bevel6: TBevel;
    MainMenu1: TMainMenu;
    test1: TMenuItem;
    Exit1: TMenuItem;
    Setting1: TMenuItem;
    Property1: TMenuItem;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Bevel4: TBevel;
    Label10: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label17: TLabel;
    Label24: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Edit6: TEdit;
    Edit7: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    Edit5: TEdit;
    procedure OCButtonClick(Sender: TObject);
    procedure SendButtonClick(Sender: TObject);
    procedure ComPortOpen(Sender: TObject);
    procedure ComPortClose(Sender: TObject);
    procedure ComPortRxChar(Sender: TObject; InQue: I
nteger);
    procedure Exit1Click(Sender: TObject);
    procedure About1Click(Sender: TObject);
    procedure Help2Click(Sender: TObject);
    procedure Property1Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer3Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer4Timer(Sender: TObject);
    procedure operateClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  ac,rpm,atemp,wtemp,duty,frequen,rpmr,uduty,period,M
 DFF: real;
  du,i,RDUTY,rUDUTY,a,l: integer;
  f,d,ud,prd,str :  string;


implementation

uses Unit2, Unit3;

{$R *.DFM}

procedure TForm1.OCButtonClick(Sender: TObject);
begin
 if ComPort.Connected then
Comport.Close
  else
Comport.Open;
end;

Procedure TForm1.ComPortOpen(Sender: TObject);
begin
  OCButton.Caption := 'C&lose port';
end;

procedure TForm1.ComPortClose(Sender: TObject);
begin
  OCButton.Caption := '&Open port';
end;

procedure TForm1.SendButtonClick(Sender: TObject);
var
  Str: String;
begin
  Str := SendEdit.Text;
  ComPort.WriteString(Str, True);
  sendedit.text := '';
end;


procedure TForm1.ComPortRxChar(Sender: TObject; InQue
: Integer);
var
  Str: String;
begin
  ComPort.ReadString(Str, InQue, True);
  Memo.Text := Memo.Text + Str;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TForm1.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
    close;
end;

procedure TForm1.About1Click(Sender: TObject);
begin
    Form2.showmodal();
end;

procedure TForm1.Help2Click(Sender: TObject);
begin
   form3.showmodal();
end;

procedure TForm1.Property1Click(Sender: TObject);
begin
    ComPort.ShowPropForm;
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
       operate.Visible:=true;
       duty:=0;
       uduty:=0;
       rpm:=strtofloat(engspeed.text);
       ac:= strtofloat(acpad.text);
       atemp:=strtofloat(at.text);
       wtemp:=strtofloat(wt.text) ;
       MDFF:=strtofloat(modfy.text);
       rpmr:=rpm/1000;
 {RPM}  duty:=(((-0.1944*rpmr*rpmr*rpmr)+(1.4586*rp
mr*rpmr)-(3.890*rpmr)+6.7094)/0.966666)
{%accelpad}    *(1+(  2.4286*(ac/100)))
{airtemp}      *(1-(0.05/30)*(atemp-20)) ;
       duty:=duty*MDFF ;
       uduty:= (60000/rpm)-duty;
       if wtemp < 60  then duty:=duty*1.2;
       if  o2.checked=true then
         begin
         duty := duty*50;
         uduty:=uduty*50;
         end;
       frequen:=30000/(duty+uduty);
       rduty:=ROUND(DUTY);
       ruduty:=ROUND(UDUTY);
       period:=duty+uduty;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        f:=floattostr(frequen);
        d:=floattostr(duty);
        ud:=floattostr(uduty);
        prd:=floattostr(period);
        edit1.text:=d;
        edit2.text:=ud;
        edit3.text:=f;
        du:=1;

end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
        edit4.color:=clblack;
        edit6.color:=clblack;
        Str := '0';
        ComPort.WriteString(Str, True);
        timer2.interval:=ruduty;
        timer2.enabled:=true;
        timer1.enabled:=false;
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin

          begin
          edit4.color:=cllime;
          edit6.color:=cllime;
          Str := '5';
          ComPort.WriteString(Str, True);
          timer1.interval:=rduty;
          timer1.enabled:=true;
          end;
end;

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
        edit5.color:=cllime;
        edit7.color:=cllime;
        Str := 'J';
        ComPort.WriteString(Str, True);
        timer3.interval:=rduty;
        timer3.enabled:=true;
        timer2.enabled:=false;
end;

procedure TForm1.Timer3Timer(Sender: TObject);
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกวรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        edit7.color:=clblack;
        edit5.color:=clblack;
        Str := '0';
        ComPort.WriteString(Str, True);
        timer4.interval:=ruduty;
        timer4.enabled:=true;
        timer3.enabled:=false;
end;

procedure TForm1.Timer4Timer(Sender: TObject);
begin

        edit4.color:=cllime;
        edit6.color:=cllime;
        Str := '5';
        ComPort.WriteString(Str, True);
        timer1.interval:=rduty;
        timer1.enabled:=true;
        timer4.enabled:=false;
end;

procedure TForm1.operateClick(Sender: TObject);
begin
     if ComPort.Connected then
       begin
       timer1.enabled:=false;
       timer2.enabled:=false;
       timer3.enabled:=false;
       timer4.enabled:=false;
       Str := '0';
       ComPort.WriteString(Str, True);
       edit4.color:=clblack;
       edit5.color:=clblack;
       edit6.color:=clblack;
       edit7.color:=clblack;
       Comport.Close;
       ocbutton.visible:=true;
       sendbutton.visible:=true;
       operate.caption:='GO !!!' ;
       end
     else
       begin
        ocbutton.visible:=false;
        sendbutton.visible:=false;
        operate.caption:='STOP !!!';
        Comport.Open;
        edit4.color:=cllime;
        edit6.color:=cllime;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Str := '5';
            ComPort.WriteString(Str, True);
            timer1.interval:=rduty;
            timer1.enabled:=true;
          end;
end;

end.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. นภดล เวชวิฐาน ., " เครื่องยนต์หัวฉีด EFI " ., สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
2. Internal Combustion Engine By H.B. KESWANI , Published by Standard Book House , Delhi-110006 , First Edition : 1972
3. รศ. ธีระยุทธ สุวรรณประทีป ., " หลักการทำงานและการซ่อมบำรุงเครื่องรถยนต์ " ., ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพ , 2541
4. เชื้อ ชูขำ ม,รศ. ธีระยุทธ สุวรรณประทีป ., " อุปกรณ์เชื้อเพลิงรถยนต์ " ., ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพ , 2533
5. จำนง ถนอม ., " ระบบหัวฉีดเบนซินและระบบเทอร์โบชาร์จ " .,ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพ , 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงาน ECU จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ ถ้าปราศจากความช่วยเหลือของบุคคลท่านต่างๆ เหล่านี้ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่านต่างๆเหล่านี้เป็นอย่างมาก

1. อาจารย์ พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ให้ความช่วยเหลือ,สั่งสอนและแนะนำสิ่งต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานอย่างมาก
2. คุณ มณฑา เทียมเมือง สำหรับคำปรึกษาทางด้านเทคนิคต่างๆ
3. นายก่ำ , นายอ๋อง ,นายโจ้ , นายโด้ และเพื่อนๆภาคคอนโทรล ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านวงจรควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
4. นายปอนด์สูงและนายปอนด์เล็กสำหรับการช่วยเหลือซ่อมแซมกล่อง ECU และคำแนะนำดีๆหลายอย่าง
5. เพื่อนๆภาคไฟฟ้ากำลัง ที่ให้การสนับสนุนด้านความรู้ทางไฟฟ้า
6. นายฮาร์ท ผู้เป็นที่ปรึกษาทางด้านความรู้เกี่ยวกับรถยนต์
7. ที่สำคัญมาก คือ เพื่อนๆทุกคนและ อาจารย์ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนเป็นอย่างดี

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจมาโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้