การศึกษา และพัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์ เพื่อประหยัดน้ำมัน

เดชชาติ เชิดชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

STUDY AND DEVELOPMENT OF FUEL INJECTION SYSTEM FOR SAVING FUEL CONSUMPTION IN A MOTORCYCLE

DEJCHART CHERDCHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

MAJOR IN ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2013

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การศึกษาและพัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อประหยัดน้ำมัน

ผู้วิจัย นายเดชชาติ เชิดชัย

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานหทัย บัวศรี	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์อุทัย สุขสิงห์	กรรมการ
ดร.ประสิทธิ์ นครราช	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.วรการ วงศ์สายเชื้อ	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์อุทัย สุขสิงห์)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นท แสงเทียน)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....

(ดร.จุฑามาศ หงษ์ทอง)

รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2556

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ด้วยความช่วยเหลือของ รองศาตราจารย์อุทัย สุขสิงห์ ได้ให้คำปรึกษาตั้งแต่การทำหัวข้อวิธีการคิดการดำเนินการวิจัย การเขียนบทความ และให้ความช่วยเหลือเรื่องแนวคิดการดำเนินการต่าง ๆ จนสำเร็จ ถึงแม้จะมีอุปสรรค์ในการทำงานก็ตาม ขอขอบพระคุณคณาจารย์บุคลากรทุกท่าน ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำการศึกษาด้วยตนเองวิธีการคิดการทำวิจัย การศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล ปุษยตานนท์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้ให้คำแนะนำ สอนวิชาการตั้งแต่เริ่มศึกษาจนจบการศึกษา ให้ความรู้และแนวคิดใหม่ ๆ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ผดุง กิจแสวงที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือมาโดยตลอด ในทุก ๆ เรื่อง และเป็นกำลังใจให้สามารถทำงานได้สำเร็จ

เดชชาติ

(นายเดชชาติ เชิดชัย)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาและพัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อประหยัดน้ำมัน
โดย : เดชชาติ เชิดชัย
ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
ประธานกรรมการที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์อุทัย สุขสิงห์

ศัพท์สำคัญ การฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาการฉีดเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์เพื่อประหยัดน้ำมัน โดยระบบการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) ในการพัฒนาได้ออกแบบสร้างวงจรชุดควบคุม และติดตั้งในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) รับสัญญาณขาออกจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine Control Module: ECM) และจากหน่วยตรวจจับ (Sensor Unit) ซึ่งต่อเป็นสัญญาณขาเข้าของชุดควบคุม การประมวลผลด้วยชุดควบคุม โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น สามารถลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงทำให้ใช้ปริมาณน้ำมันน้อยลง จากการทดสอบชุดควบคุม ที่สร้างขึ้น ทำงานร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ ได้ ช่วงเริ่มต้นการจ่ายน้ำมันมีค่าตรงกันระยะเวลาการฉีดน้ำมันลดลง ทำให้เกิดผลการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยลง ผลการทดสอบในระยะทางรวม 6 ครั้งโดยควบคุมตัวแปรเหมือนกัน แบ่งการทดสอบออกเป็น 6 ครั้ง ๆ ละ 10 กิโลเมตร ประหยัดน้ำมันได้ร้อยละ 33 จากระบบเดิม กำลังของเครื่องยนต์อาจลดลงบ้าง

ABSTRACT

TITLE : STUDY AND DEVELOPMENT OF FUEL INJECTION SYSTEM FOR SAVING FUEL CONSUMTION IN A MOTORCYCLE

BY : DEJCHART CHERDCHAI

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ELECTRICAL ENGINEERING

CHAIR : ASSOC.PROF.UTHAI SOOKSING

KEYWORDS : FUEL-INJECTED MOTORCYCLE SYSTEM: ENGINE CONTROL MODULE: PROGRAMMED-FUEL INJECTION

This research investigated the development of an economic fuel-injected motorcycle system that could be programmed. The study designed a controller circuit and installed it in the Programmed-Fuel Injection (PGM-FI) system. This controller circuit received output from the Engine Control Module (ECM) and from the detector (Sensor Unit) which were the input to the controller circuit. This input was processed by a program in the controller circuit that reduced oil consumption. The study created a controller circuit which worked with the ECM in the PGM-FI system. Results showed that on starting the engines, performances were the same but fuel consumption was less in the engine with the controller circuit. Tests involving two engines, one with the controller circuit and one without, over a distance of 10 kilometers performed six times, showed a reduction of 33% in fuel consumption for the engine with the controller circuit but an accompanying reduction in engine power.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ญ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 เครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI)	4
2.3 หลักการของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ	5
2.4 กล่องควบคุมเครื่องยนต์ Engine control module (ECM)	7
2.5 ตัวตรวจจับ (Sensor unit)	9
2.6 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor: IAT)	10
2.7 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP)	10
2.8 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TPS)	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor: EOT)	12
2.10 ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Position sensor: CKP)	12
2.11 ตัวตรวจจับการเอียงของรถ (Bank Angle Sensor)	13
2.12 ระบบเชื้อเพลิง Fuel System	14
2.13 ระบบจุดระเบิด Ignition System	16
2.14 กระบวนการที่ใช้หาปริมาณ Air charge	20
2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์	21
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วิธีการวิจัย	22
3.2 เครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ที่ใช้ในการทดสอบ	22
3.3 การพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Honda Wave110i)	24
3.4 แผนผังการพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟ (PGM-FI)	24
3.5 การทดสอบการทำงานของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine control module: ECM)	25
3.6 การทดสอบตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ (TP Sensor)	31
3.7 วงจรคอนโทรลเลอร์	32
3.8 แผนผังการทำงานของคอนโทรลเลอร์	33
3.9 วิธีการออกแบบให้คอนโทรลเลอร์และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ให้ทำงานร่วมกัน	34
3.10 วิธีการปรับลดระยะเวลาเพื่อประหยัดน้ำมัน	35
3.11 การติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในรถจักรยานยนต์	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.10	การทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)	34
3.11	วิธีปรับลดระยะเวลาเพื่อประหยัดน้ำมัน	34
3.12	ภาพที่ 3.12 การต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI)(รถจักรยานยนต์ Wave 110i)	35
3.13	ตำแหน่งการต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Wave 110i)	35
3.14	แนวคิดการประหยัดเชื้อเพลิง	36
3.15	แผนผังการประหยัดน้ำมัน (Sub Save Fuel)	37
3.16	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและกำลังม้าเบรก	40
3.17	กราฟเปรียบเทียบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และค่าปรับลดการประหยัดน้ำมัน	41
4.1	ระยะเวลาจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และ คอนโทรลเลอร์ ตรงกันที่จุดเริ่มทำงาน	41
4.2	สัญญาณตัดการฉีดเชื้อเพลิง	42
4.3	สัญญาณลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	42
4.4	ระยะเวลา (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง	44
4.5	กราฟ เปรียบเทียบ การใช้น้ำมันจากการทดลองจริง	46
4.6	การติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในรถจักรยานยนต์ Wave 110I	46
4.7	การทดลองขับขี่จริง	47

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆขณะไม่มีโหลด	26
3.2	ระยะเวลาการทดสอบการจ่ายน้ำมันของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)	28
3.3	ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งปรับคันเร่ง	29
3.4	ทดสอบตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ (TP Sensor)	30
3.5	ค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศและระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	39
3.6	ค่าการปรับลดการฉีดเชื้อเพลิง	41
4.1	ระยะเวลาของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง	43
4.2	ผลการทดสอบขับขี่จริงโดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91(E10)	44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ศึกษาและวิเคราะห์เครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ	5
2.2	วงจรควบคุม ของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI)	6
2.3	ส่วนประกอบ ของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ในรถจักรยานยนต์	7
2.4	กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine control module: ECM)	8
2.5	แผนผังการทำงานของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)	9
2.6	ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor: IAT)	10
2.7	ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP)	11
2.8	ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TP)	11
2.9	ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor: EOT)	12
2.10	ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Position sensor: CKP)	13
2.11	ตัวตรวจจับการเอียงของรถ (Bank Angle Sensor)	13
2.12	ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)	14
2.13	กราฟการสิ้นเปลืองน้ำมัน	15
2.14	ระบบจุดระเบิด (Ignition System)	16
2.15	วัฏจักรออตโต้	17
2.16	วงจรระบบจุดระเบิด	19
2.17	วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877	21
3.1	เครื่องยนต์ทดสอบ	22
3.2	การพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Honda Wave110I)	23
3.3	แผนผังการพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟ (PGM-FI)	24
3.4	สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด	25
3.5	กราฟแสดงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่าง ๆ	28
3.6	กราฟแสดงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่ง	30
3.7	ค่าแรงดันในการทดสอบตำแหน่งลิ้นเร่ง	37
3.8	วงจรที่พัฒนา	32
3.9	แผนผังการทำงานของคอนโทรลเลอร์	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.10	การทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)	34
3.11	วิธีปรับลดระยะเวลาเพื่อประหยัดน้ำมัน	34
3.12	ภาพที่ 3.12 การต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI)(รถจักรยานยนต์ Wave 110i)	35
3.13	ตำแหน่งการต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Wave 110i)	35
3.14	แนวคิดการประหยัดเชื้อเพลิง	36
3.15	แผนผังการประหยัดน้ำมัน (Sub Save Fuel)	37
3.16	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและกำลังม้าเบรก	40
3.17	กราฟเปรียบเทียบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และค่าปรับลดการประหยัดน้ำมัน	41
4.1	ระยะเวลาจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และ คอนโทรลเลอร์ ตรงกันที่จุดเริ่มทำงาน	41
4.2	สัญญาณตัดการฉีดเชื้อเพลิง	42
4.3	สัญญาณลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง	42
4.4	ระยะเวลา (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง	44
4.5	กราฟ เปรียบเทียบ การใช้น้ำมันจากการทดลองจริง	46
4.6	การติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในรถจักรยานยนต์ Wave 110I	46
4.7	การทดลองขับขี่จริง	47

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
PGM-FI	ระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงที่โปรแกรมได้ (Programmed Fuel Injection)
ECM	กล่องควบคุมหัวฉีดเชื้อเพลิงในระบบ PGM-FI (Engine Control Module)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่มีความจำเป็นในชีวิตประจำวันซึ่งมีจำนวนใช้งานมาก ในประเทศไทย จากข้อมูลของกรมขนส่งทางบก พ.ศ.2554 จักรยานยนต์ที่จดทะเบียนมีจำนวน 17,226,578 คัน คิดเป็น 60.13 % ของรถทุกประเภท เป็นเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน ปี พ.ศ. 2554 ราคาเบนซินแก๊สโซฮอร์ E91 ลิตรละ 32.43 บาท ถ้ารถจักรยานยนต์มีการใช้น้ำมันเฉลี่ยวันละ 1 ลิตร ต่อ คัน จะต้องใช้น้ำมันประมาณ 6 พันล้านลิตร ต่อปี คิดเป็นเงิน ประมาณ 2 แสนล้านบาท ถ้าประหยัดได้ เพียง 5 % จะลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงได้ ประมาณ 1 หมื่นล้านบาทต่อปี เดิมรถจักรยานยนต์จ่ายเชื้อเพลิงด้วยกลไกของนมหนูและเข็มเร่งในคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor) ต่อมามีการพัฒนาการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดไฟฟ้า ใช้โปรแกรมการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยระบบสมองกล ซึ่งเรียกว่า ระบบการฉีดเชื้อเพลิงที่โปรแกรมได้ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) เป็นระบบการจ่ายเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ ด้วยหัวฉีดไฟฟ้า (Injector) โดยควบคุมหัวฉีดจากกล่องควบคุมแบบอัตโนมัติ (Engine Control Module: ECM) ซึ่งรับสัญญาณอินพุทจากตัวตรวจจับ(Sensors) เช่น องศาปีกผีเสื้อ, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมควบคุมเครื่องยนต์ เป็นโปรแกรมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามความต้องการของเครื่องยนต์ โดยทั่วไปอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง 15 ต่อ 1 โดยอากาศ 15 ส่วนและเชื้อเพลิง 1 ส่วน

การศึกษา ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) พบว่ามีการควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงโดยใช้สัญญาณระยะเวลาในการควบคุมหัวฉีด โดยระยะเวลาการฉีดและปริมาณน้ำมันเป็นเชิงเส้น ซึ่งหากปรับลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงลงได้ก็จะทำให้ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้ แต่ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) มีโปรแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงจากโรงงานผู้ผลิตที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ถ้าทำให้ระบบ PGM-FI แก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรมได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อระบบเดิม ต้องสร้างวงจรคอนโทรลเลอร์เพิ่มในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ทำงานร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ทำให้ปรับปรุงโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงในการประหยัดน้ำมันได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาระบบการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) ในรถจักรยานยนต์

1.2.2 ออกแบบสร้างระบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของหัวฉีด (Injector) ในรถจักรยานยนต์

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1.3.1 ศึกษาระบบการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) ในรถจักรยานยนต์ยี่ห้อ WAVE 110I

1.3.2 ออกแบบสร้างคอนโทรลเลอร์เพื่อพัฒนาโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิงทำงานควบคุมหัวฉีดร่วมกันกับ ECM

1.3.1 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหัวฉีด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นแนวทางการพัฒนาโปรแกรมควบคุมเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด ในการใช้เชื้อเพลิงแบบต่าง ๆ เช่น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E100

1.4.2 ใช้วิธีการดังกล่าวเป็นแนวทางสร้างสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) ในระบบเครื่องยนต์ เพื่อพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเครื่องยนต์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม และคนอื่นๆ (2554) ได้นำเสนอบทความ เรื่อง การปรับปรุงระบบการฉีด เชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 (The Improve Motorcycle Fuel Injection Systems for Gasohol E85) โดยดัดแปลงระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่ให้เครื่องยนต์ระบบหัวฉีด สร้างวงจรคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกันกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นสามารถเพิ่มระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงโดยแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยไม่ต้องปรับแต่งชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ใดๆ และสามารถกลับมาใช้เชื้อเพลิงปกติได้เช่นเดิม

วิทวัส อิ่มเอิบ และคนอื่นๆ (2551) ได้นำเสนอบทความ เรื่องระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดในเครื่องยนต์รถแข่ง (Injection and Ignition Control System for Racing Engine) โดยพัฒนาการทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะแบบหัวฉีด เพื่อใช้ในการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2008 Student Formula พัฒนา เครื่องยนต์ คาวาซากิ ZX6R 600cc จากเครื่องยนต์เดิม ซึ่งมีระบบจ่ายเชื้อเพลิงเป็นคาร์บูเรเตอร์และจุดระเบิดด้วยระบบ CDI ให้เป็นระบบจ่ายเชื้อเพลิงและควบคุมองศาจุดระเบิดด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ และปรับแต่งระยะเวลาการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและองศาจุดระเบิดเพื่อให้ได้กำลังและแรงบิดเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเครื่องยนต์เดิมก่อนการปรับแต่ง ทำให้ควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดได้ และทำให้กำลังและแรงบิด มีแนวโน้มที่ดีขึ้น

กันฆ์ หงษาชาติ (2554) ได้นำเสนอบทความ เรื่องการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้รองรับเชื้อเพลิง E85 ได้ศึกษาหลักการทำงานของระบบควบคุมการสั่งจ่ายน้ำมันของเครื่องยนต์ โดยอาศัยหลักการอ่านสัญญาณของตัวตรวจจับความดัน (map sensor) วัดแรงดันอากาศในท่อร่วมไอดี และนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาติดตั้งเพื่อเพิ่มและลดสัญญาณของตัวตรวจจับความดัน และส่งสัญญาณเอาท์พุทกลับไปกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECU) เพื่อควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงให้หนาขึ้น ผลการทดสอบใช้เชื้อเพลิงทั่วไปขับขี่ช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 3,000-4,000 รอบ/นาที มีส่วนผสมที่เหมาะสม เมื่อเปลี่ยนมา

ใช้เชื้อเพลิง E85 ส่วนผสมจะบาง ได้ติดตั้งกล่อง Easy tuner ทำให้เครื่องยนต์ใช้ เชื้อเพลิง E85 ได้อย่างสมบูรณ์

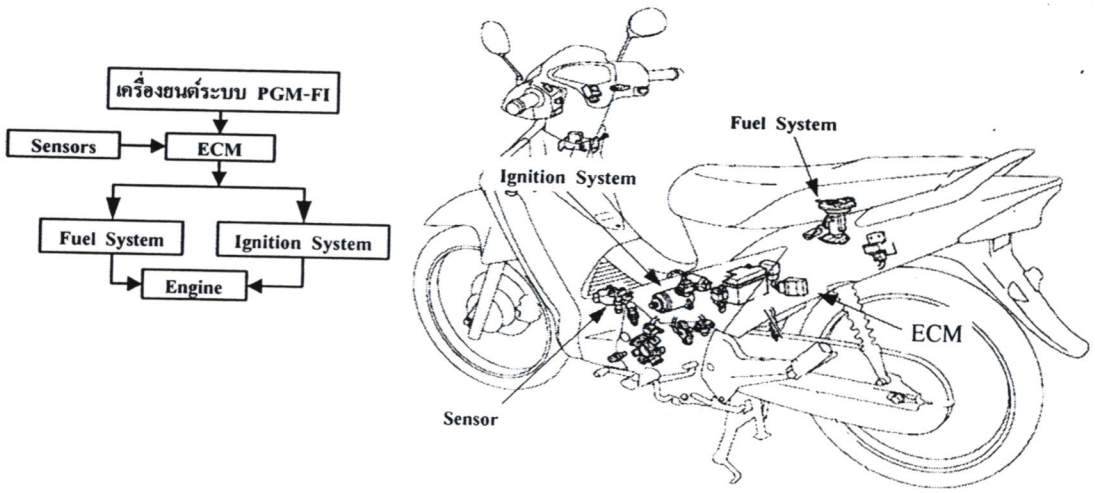
สมศักดิ์ อินทะไชย (2552) ได้นำเสนอบทความ การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง 100 % โดยได้นำเสนอวิธีการหา หาค่าส่วนผสมของไอดี, ความเร็วอากาศ, ปริมาณเชื้อเพลิง การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์ดีเซลล์ใช้เชื้อเพลิงที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟได้อย่างสมบูรณ์

เกษม อุทัยไขฟ้า และคณะ (2543) ได้นำเสนอตัวควบคุมแบบฟัซซีมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ โดยได้นำเสนอ โครงสร้างของตัวควบคุมแบบฟัซซี การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี

อนุชา วงศ์จันสม และคณะ (2552) ได้นำเสนอการใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะมาใช้ในการทำหุ่นยนต์บิน ได้นำเสนอวิธีการดัดแปลงเครื่องยนต์การหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ความเร็วรอบ และกำลังของเครื่องยนต์

2.2 เครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI)

ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) คือ การใช้ระบบอิเล็คทรอนิคส์เข้ามาควบคุมการฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ทุกสภาวะ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพปริมาณไอเสียต่ำ ประหยัดน้ำมันและให้สมรรถนะการขับขี่ที่ดีขึ้น ฮอนด้าเริ่มพัฒนาระบบหัวฉีดนี้เมื่อ 20 กว่าปีที่แล้ว ได้ประสบความสำเร็จในการผลิตมอเตอร์ไซค์ระบบหัวฉีดออกสู่ตลาดเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1982 โดยใช้ชื่อรุ่นว่า CX500 Turbo ซึ่งเป็นรุ่นที่พัฒนาขึ้นมาให้ประหยัดน้ำมันมากกว่ารุ่นอื่น ค.ศ. 1998 ฮอนด้าได้นำเสนอรถระบบหัวฉีดพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) รุ่น VFR800 FI สู่ผู้ใช้ ซึ่งเป็นรุ่นที่สามารถผ่านมาตรฐานควบคุมมลพิษของสหภาพยุโรป (EUR01) ในประเทศไทย ฮอนด้าได้พัฒนาเครื่องยนต์ 4 จังหวะ 125 ซีซี ระบบหัวฉีดพีจีเอ็มเอฟไอที่ให้ไอเสียสะอาดที่สุด ดีกว่าที่มาตรฐานไอเสียระดับ 5 กำหนด 50% นอกจากนั้นยังประหยัดน้ำมันมากกว่าเครื่องยนต์ 125 ซีซี. แบบคาร์บูเรเตอร์ ถึง 6% จึงเป็นมาตรฐานเครื่องยนต์ 4 จังหวะยุคใหม่ที่ประหยัดที่สุด ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ แบ่งการศึกษาออกเป็น หน่วยตรวจจับ (Sensor Unit), กล่องควบคุม (Engine control module: ECM) ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System) และ ระบบจุดระเบิด (Ignition System) แสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ศึกษาและวิเคราะห์เครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ

2.3 หลักการของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ

ระบบพีจีเอ็มเอฟไอเป็นระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ โดยควบคุมปริมาณเชื้อเพลิง และการช่วงเวลาการจุดระเบิด ด้วยโปรแกรมจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine control module: ECM) ประกอบไปด้วยกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบการจ่ายน้ำมัน และ ระบบการจุดระเบิดให้มีประสิทธิภาพโดยกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เป็นคอนโทรลเลอร์ ที่รับสัญญาณจากตัวตรวจจับ (Sensors) โดย มีดังนี้

(1) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor: IAT)

(2) ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP)

(3) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TPS)

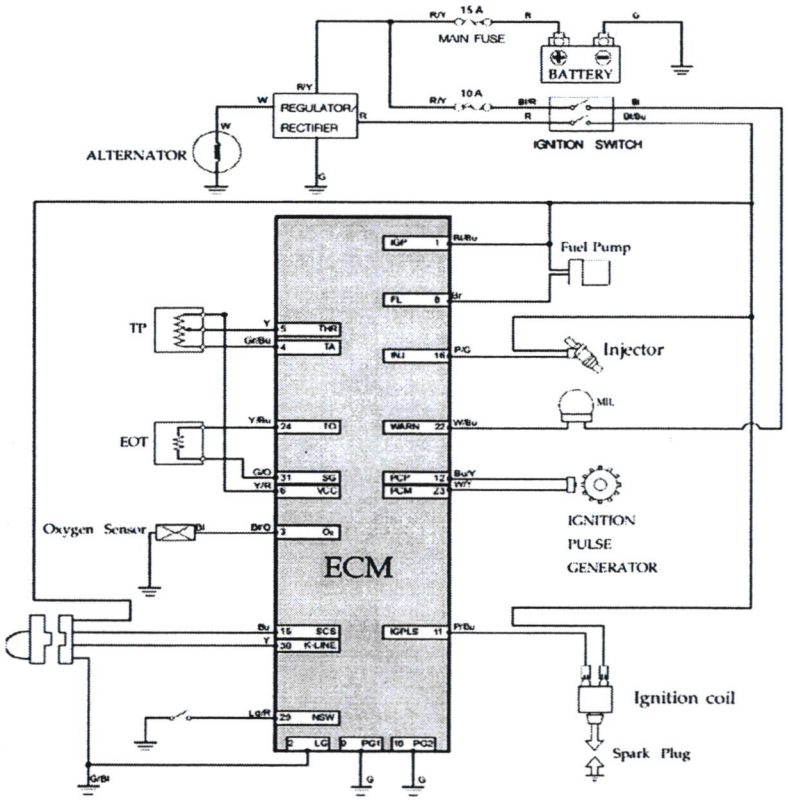
(4) ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor: EOT)

(5) ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine Speed Sensor)

(6) ตัวตรวจจับการเอียงของรถ (Bank Angle Sensor)

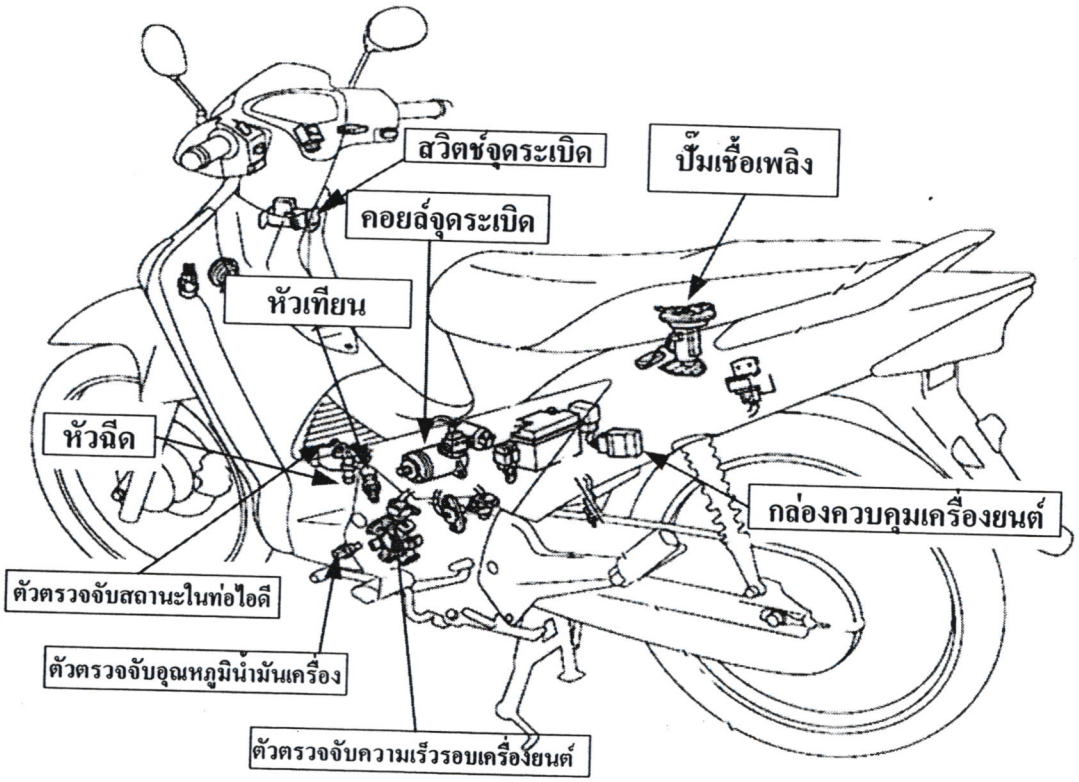
เมื่อกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) รับข้อมูลจากตัวตรวจจับ (Sensors) จะควบคุมระบบเชื้อเพลิง (Fuel System) ประกอบไปด้วย ปั๊มเชื้อเพลิง (Fuel Pump) ทำหน้าที่สร้างแรงดันน้ำมัน.ให้คงที่ ซึ่งหัวฉีดจะควบคุมปริมาณน้ำมันด้วยสัญญาณเปิดหัวฉีดจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นปริมาณน้ำมันจะมากขึ้น ตามสมการ $BSFC = \frac{W_f}{BP} \times 1000$ และ $BP = \frac{2\pi TN}{60}$ ถ้าระยะเวลาการเปิดน้ำมันที่หัวฉีดมากขึ้น ปริมาณน้ำมันจะมากขึ้น ด้วย กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะรับรู้มวล

อากาศ และความผิดปกติ จากตัวตรวจจับ (Sensor) กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะควบคุมการจุดระเบิด ซึ่งประกอบไปด้วย คอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) และหัวเทียน (Spark Plug) ซึ่งจะแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วงจรควบคุม ของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI)

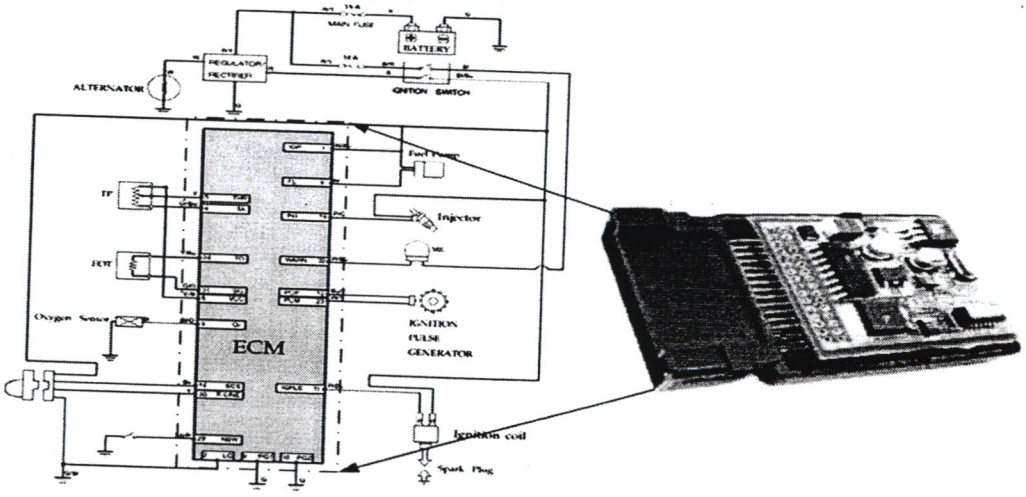
ส่วนประกอบของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ในรถจักรยานยนต์ Honda Wave 110I กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) อยู่ในตำแหน่งด้านข้างห่างจากเครื่องยนต์เพื่อป้องกันความร้อน ตัวตรวจจับ องศาปีกผีเสื้อ (TP) ตัวตรวจจับอุณหภูมิห้องไอดี (IAT) และตัวตรวจจับความดัน (MAP) จะติดตั้งที่ช่องไอดีติดกับเครื่องยนต์ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (EOT) จะติดตั้งที่อ่างน้ำมันเครื่อง ตัวตรวจจับ องศาของลูกสูบและความเร็ว (Ignition Pulse Generator) ติดตั้ง ที่จานแม่เหล็ก หัวฉีด (Injector) ติดตั้งที่เครื่องยนต์ในช่องไอดี คอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) ติดตั้งบนเครื่องยนต์ หัวเทียน (Spark Plug) ติดตั้งในห้องเผาไหม้ ปั๊มน้ำมัน (Fuel Pump) จะติดตั้งในถังน้ำมัน เพื่อป้องกันการลุกไหม้ ตำแหน่งการติดตั้งแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบ ของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ในรถจักรยานยนต์

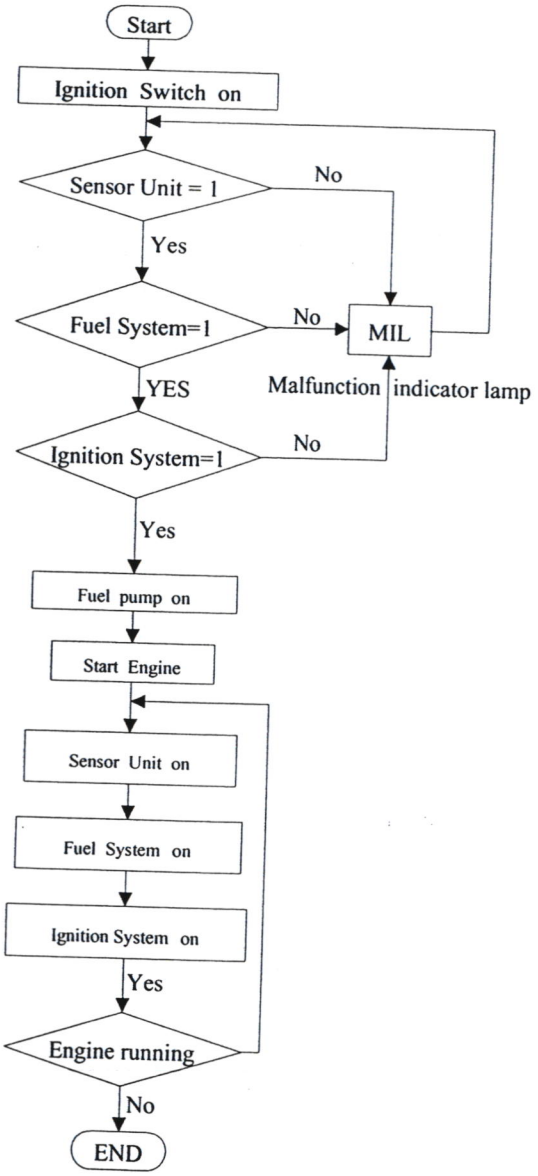
2.4 กล่องควบคุมเครื่องยนต์ Engine control module (ECM)

กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เป็นสมองกลของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ประกอบขึ้นมาจากอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ มีหน้าที่รับสัญญาณต่างๆ จากตัวตรวจจับสัญญาณแล้วนำไปประมวลผลเพื่อสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและกำหนดจังหวะในการจุดระเบิดให้มีความเหมาะสมในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine control module: ECM)

กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ควบคุมการทำงานของระบบน้ำมันและระบบจุดระเบิด โดย เมื่อมีการป้อนไฟฟ้าเข้าไปในวงจรโดยเปิดสวิตช์ (Ignition switch) โปรแกรมจะตรวจความผิดปกติของอุปกรณ์ ถ้าผิดปกติจะแสดงสัญญาณผิดปกติ (Malfunction indicator Lamp: Mil) หาก ปกติจะควบคุมให้ปั๊มเชื้อเพลิงทำงาน (Fuel Pump) เพื่อรักษาระดับแรงดัน เชื้อเพลิง (294 Kpa) จากนั้นจึงสตาร์ทเครื่องยนต์ หัวฉีด (Injector), ปั๊มเชื้อเพลิง (Fuel Pump) และคอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil) จะถูกควบคุมให้ทำงานโดยกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) รับข้อมูลอินพุท จากหน่วยตรวจจับปริมาณอากาศ (Sensor Unit) เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ให้เผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด แสดงการทำงานตามภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แผนผังการทำงานของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)

2.5 ตัวตรวจจับ (Sensor unit)

มีหน้าที่ รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลง ของเครื่องยนต์ และ อากาศ หัวฉีดจะจ่ายน้ำมันได้นั้นต้องรู้มวลอากาศ จากเซ็นเซอร์ และในการจุดระเบิดกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ต้องรู้ตำแหน่งของ ลูกสูบเพื่อให้สามารถจุดระเบิดเครื่องยนต์ให้ทำงานตาม วัฏจักรออตโต้ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ต้องรู้ปัญหาในการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น ความร้อนน้ำมันเครื่อง การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เป็นต้น ซึ่งมีเซ็นเซอร์ต่อไปนี้

2.5.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor: IAT)

2.5.2 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP)

2.5.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TPS)

2.5.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor: EOT)

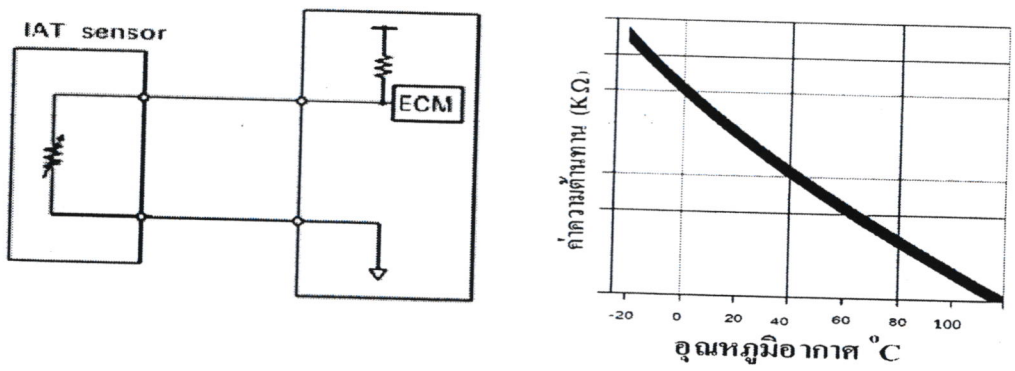
2.5.5 ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Position sensor: CKP sensor)

2.5.6 ตัวตรวจจับการเอียงของรถ (Bank Angle Sensor)

รายละเอียดดังนี้

2.6 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor: IAT)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับอุณหภูมิของอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ และเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งเข้ากล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เพื่อปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตัวตรวจจับ (Sensor) เป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงซึ่งจะสามารถสร้างสัญญาณ อนาล็อกเพื่อเป็นอินพุทให้กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ได้ สัญลักษณ์การทำงานตามภาพที่ 2.6

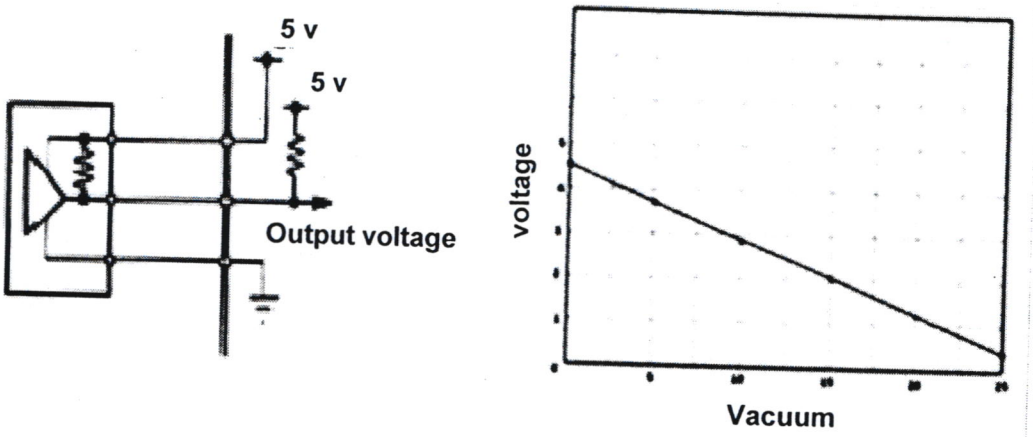


ภาพที่ 2.6 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor: IAT)

2.7 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP)

ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณอากาศด้วยการตรวจจับความดันภายในท่อไอดี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าแรงดันไม่เกิน 5 โวลต์ ส่งเข้ากล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานของหัวฉีด เมื่อความดันเปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงเป็น

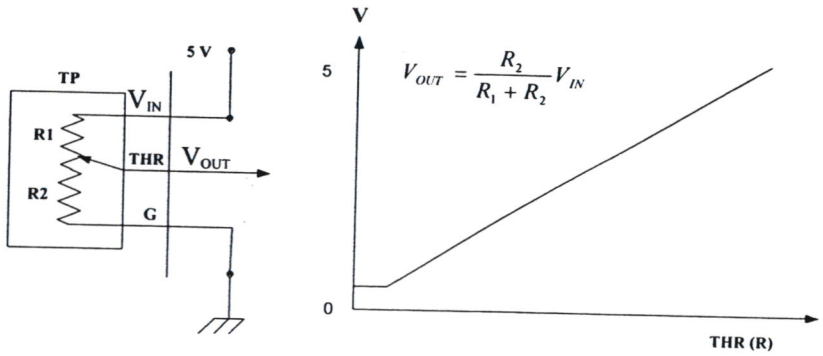
สัญญาณ อนาล็อกเพื่อเป็นอินพุทให้กับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) สัญญาณเป็นไปตามกราฟในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor: MAP)

2.8 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TPS)

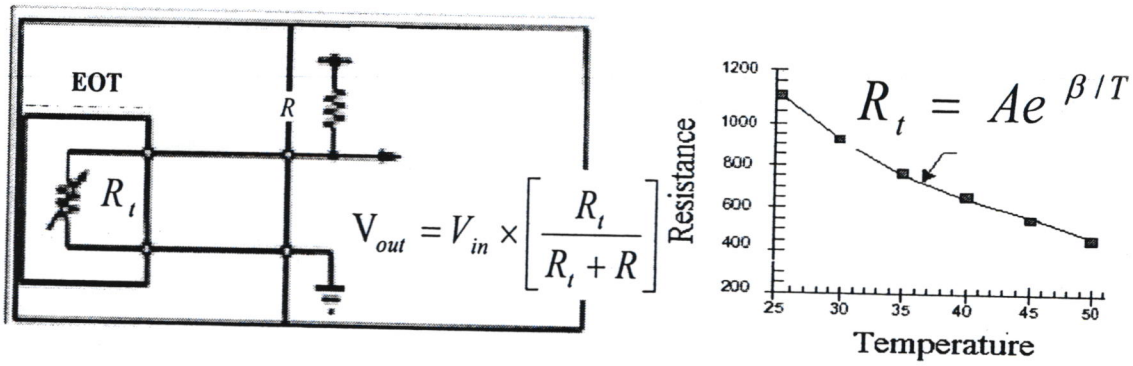
ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่งแล้วส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้ากล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เพื่อเป็นข้อมูลในการสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในขณะนั้น และเป็นข้อมูลในการสั่งตัดการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อผ่อนคันเร่ง โดยการเปรียบเทียบสัญญาณกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสัญญาณอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TP)จะเป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้เมื่อมีการบิดคันเร่งความต้านทานจะลดลงนำไปทำเป็นวงจรสร้างสัญญาณอนาล็อกเพื่อเป็นอินพุทให้กับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) สัญญาณ อนาล็อกมีค่า 0 – 5 V และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะนำไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิต เพื่อประมวลผลต่อไปวงจรเซ็นเซอร์และสัญญาณเป็นไปตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor: TP)

2.9 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor: EOT)

ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งเข้ากล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เพื่อเพิ่มหรือลดปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง กล่าวคือถ้าน้ำมันเครื่องมีอุณหภูมิต่ำกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นตัวตรวจจับ (Sensor) เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงและนำมาต่อเป็นวงจรสร้างสัญญาณ อนาล็อกเพื่อเป็นอินพุทให้กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ประมวลผล วงจรตัวตรวจจับ (Sensor) และ สัญญาณ แสดงในภาพที่ 2.9

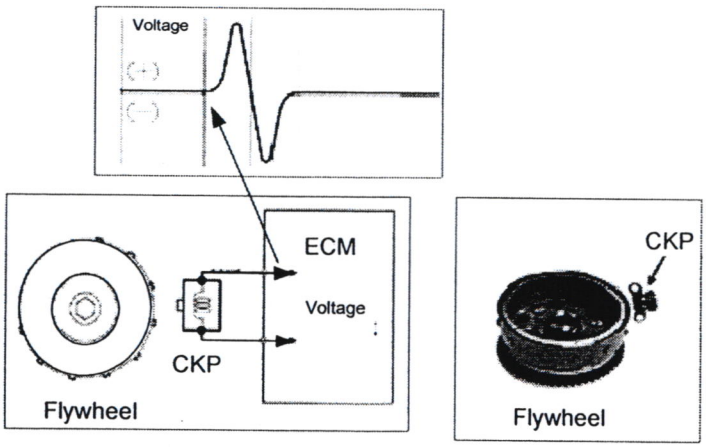


ภาพที่ 2.9 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor: EOT)

2.10 ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Position sensor: CKP)

ทำหน้าที่ตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ แล้วส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้ากล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณจังหวะและอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้

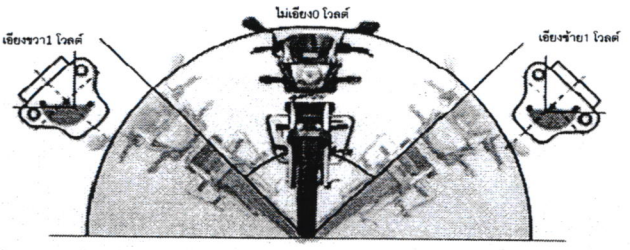
เหมาะสมกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ยังใช้สัญญาณนี้บอกตำแหน่งของลูกสูบเพื่อคำนวณหาจังหวะจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์หมุนล้อแรงเหวี่ยง (Flywheel) จะหมุนด้วย และตำแหน่งของลูกสูบจะสัมพันธ์กับจุดที่สร้างไว้ในล้อแรงเหวี่ยง (Flywheel) ทำให้สามารถส่งสัญญาณบอกตำแหน่งของลูกสูบได้ สัญญาณและวงจรเป็นไปตามภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft Position sensor: CKP)

2.11 ตัวตรวจจับการเอียงของรถ (Bank Angle Sensor)

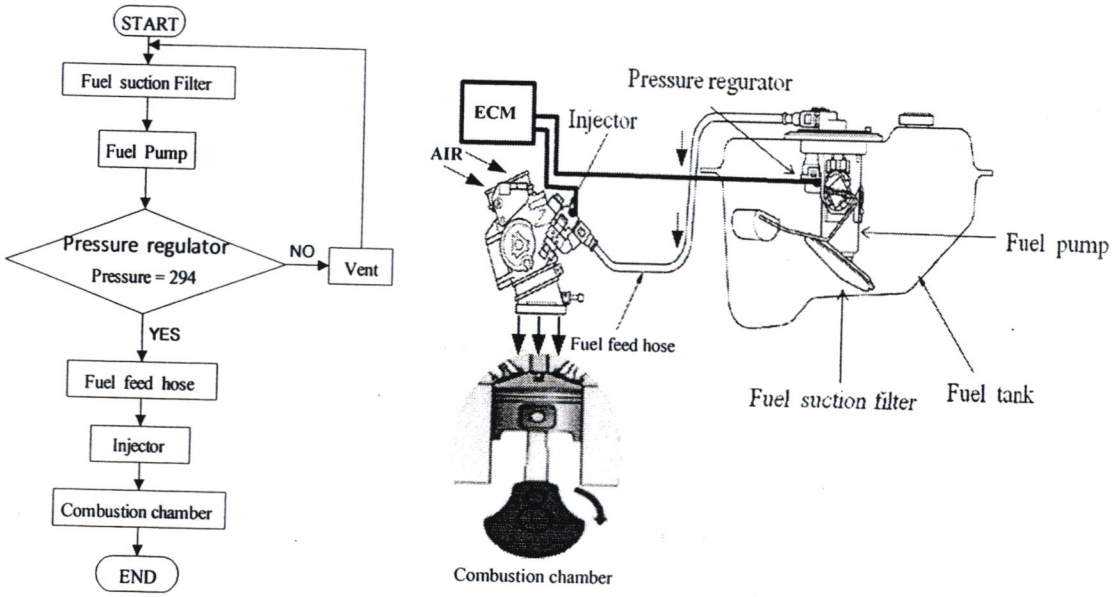
ทำหน้าที่ตรวจจับการเอียงของรถ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในกรณีรถล้ม โดยตัวตรวจจับการเอียงของรถจะส่งแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1 โวลต์ ไปยังชุดกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เมื่อองศาการเอียงถึงจุดที่กำหนดไว้45องศา เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้รถอยู่ในลักษณะเอียง กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ก็จะสั่งให้ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) หยุดทำงานเป็นการป้องกันไฟไหม้ในกรณีรถเกิดอุบัติเหตุล้ม



ภาพที่ 2.11 ตัวตรวจจับการเอียงของรถ (Bank Angle Sensor)

2.12 ระบบเชื้อเพลิง Fuel System

กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะควบคุมการทำงานของ ปั๊มเชื้อเพลิง (Fuel pump) เพื่อปั๊มน้ำมันไปที่หัวฉีด (Injector) โดยมี ตัวรักษาแรงดันน้ำมันให้คงที่ (Pressure regulator) ประมาณ 294 Kpa มี ตัวกรองน้ำมัน (Fuel suction Filter) ป้องกันสิ่งสกปรก ในระบบกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงโดยควบคุมหัวฉีดด้วยสัญญาณระยะเวลา ที่เหมาะสมตามโปรแกรมที่ตั้งไว้



ภาพที่ 2.12 ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)

การเผาไหม้สารไฮโดรคาร์บอนคือการรวมตัวของคาร์บอนกับออกซิเจนและไฮโดรเจนกับออกซิเจนเป็นไปตามสมการดังนี้

$$C + O_2 = CO_2 \qquad (2.1)$$

อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 12 Kg + 32 kg = 44 kg

หรือ $1\ \text{Kg} + \frac{8}{3}\ \text{kg} = 3\frac{2}{3}\ \text{kg}$

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \qquad (2.2)$$

อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 4 kg H_2 + 32 kg O_2 = 36 kg H_2O

หรือ 1 Kg + 8 kg = 9 kg

น้ำมันเบนซิน (C_7H_{16}) 1 กิโลกรัม ต้องการ O_2 2.44 + 1.28 = 3.52 kg

ในอากาศ 1 kg มี O_2 ประมาณ 0.233 kg

น้ำมันเบนซิน (C_7H_{16}) 1 กิโลกรัมเมื่อเผาไหม้สมบูรณ์จึงต้องการอากาศ 15.107 kg หรือ 1:15

การจ่ายเชื้อเพลิงให้เครื่องยนต์จ่ายเชื้อเพลิงเพื่อให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ตามสมการการเผาไหม้โดยมีอัตราส่วนน้ำมันต่ออากาศ 1:15 การปรับจูนจะเป็นไปตามกราฟการสิ้นเปลืองน้ำมัน

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) หาได้จาก

$$BSFC = \frac{W_f}{\text{BHP}} \times 1000 \qquad (2.3)$$

โดยที่

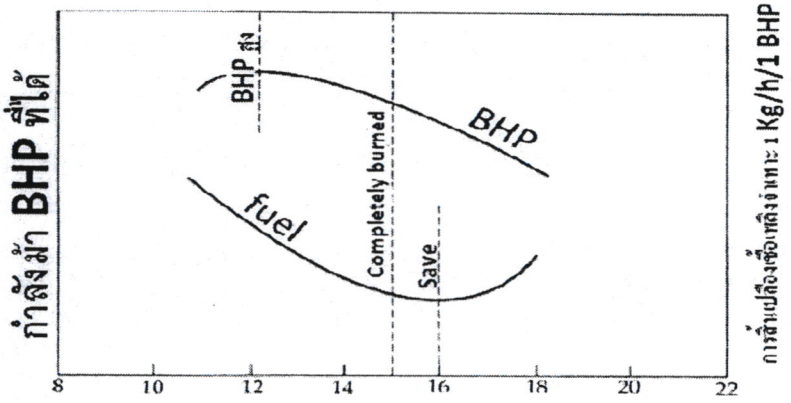
BSFC	=	ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ	(Kg/KWh)
W_f	=	มวลของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้หมดไป	(Kg/h)
BHP	=	กำลังเบรกที่เครื่องยนต์ผลิตได้	(W)

กำลังม้าเบรก (BHP) หมายถึงกำลังม้าที่เครื่องยนต์ผลิตได้หาได้จากสมการ

$$BHP = \frac{2\pi TN}{6000} \qquad (2.4)$$

โดยที่

BHP	=	กำลังเบรกที่เครื่องยนต์ผลิตได้	(W)
T	=	โมเมนบิด	(N-m)
N	=	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	(รอบ/นาที)



ภาพที่ 2.13 กราฟการสิ้นเปลืองน้ำมัน

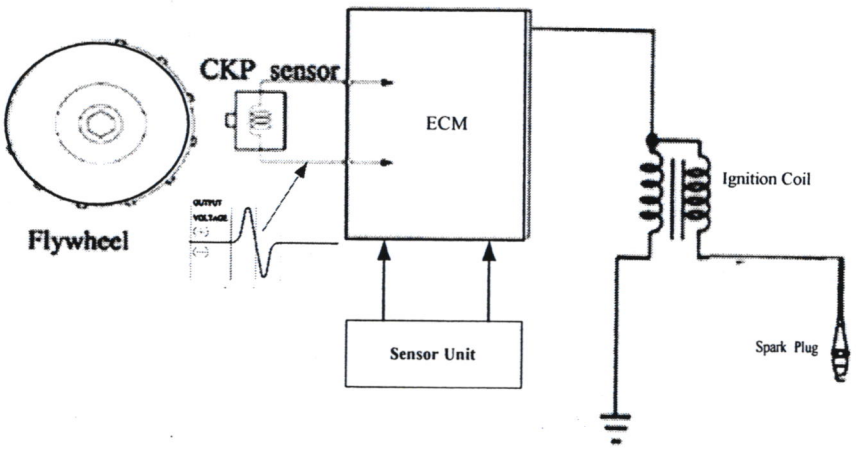
การเผาไหม้ของเบนซินคือ

$$C_8 H_{18} + 12.5O_2 = 8CO_2 + 9H_2 O \qquad (2.5)$$

ถ้าจะให้ประหยัดน้ำมันเครื่องยนต์จะให้กำลังน้อย ถ้าสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะให้กำลังมาก

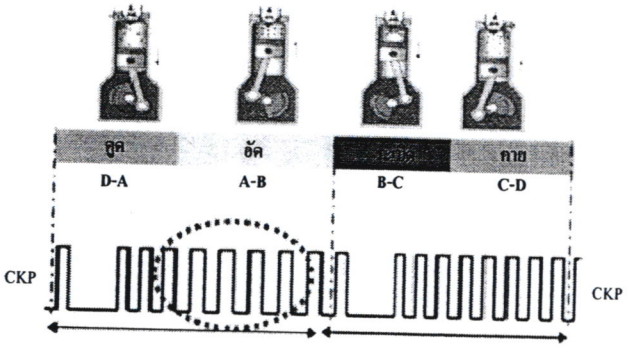
2.13 ระบบจุดระเบิด Ignition System

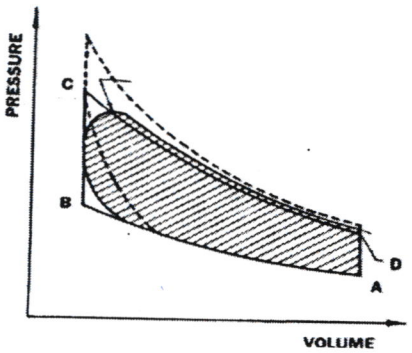
กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณไปที่ คอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil) โดย รับสัญญาณตำแหน่งลูกสูบจาก เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่ง (CKP) และเซ็นเซอร์อื่น ๆ ตามภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ระบบจุดระเบิด (Ignition System)

เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีการทำงานเป็นไปตาม วัฏจักร ออตโต้ จังหวะดูด A-B จังหวะอัด B-C จังหวะระเบิด C-D และจังหวะคาย D-A





ภาพที่ 2.15 วัฏจักรออตโต้

A-B การอัดแบบแอร์เดียแบติกส์จะได้

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{K-1} \quad (2.6)$$

B-C ให้ความร้อนแบบปริมาตรคงที่

$$Q_A = WC_V (T_3 - T_2) \quad (2.7)$$

C-D การขยายตัวของแก๊สจะได้

$$T_3 = T_4 \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{K-1} \quad (2.8)$$

D-A การคายไอเสียจะได้

$$Q_R = WC_V (T_4 - T_1) \quad (2.9)$$

โดยที่

W = น้ำหนักภายในกระบอกสูบ

C_V = ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ปริมาตรคงที่

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

จะได้ประสิทธิภาพดังนี้

$$\eta = \frac{Q_A - Q_R}{Q_A} \tag{2.10}$$

เมื่อหาประสิทธิภาพความร้อนจาก จังหวะจุดระเบิดและจังหวะคายจะได้

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} \tag{2.11}$$

เมื่อ $\frac{V_1}{V_2}$ *คือ อัตราส่วนการอัดตัวของปริมาตรภายในกระบอกสูบ* (Compression Ratio หรือ r_c) ประสิทธิภาพความร้อนในรูป r_c จะได้

$$\eta = 1 - \frac{1}{(r_C)^{K-1}} \tag{2.12}$$

การให้ความร้อน (Q_A) ในจังหวะจุดระเบิด B-C จะเป็นไปตามสมการ

$$Q_A = WC_V (T_C - T_B) \tag{2.13}$$

การคายไอเสีย D-A

$$Q_R = WC_V (T_D - T_A) \tag{2.14}$$

เมื่อ W = น้ำหนักภายในกระบอกสูบ

C_V = ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ปริมาตรคงที่

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

ประสิทธิภาพเป็นไปตามสมการ

$$\eta = \frac{Q_A - Q_R}{Q_A} \tag{2.15}$$

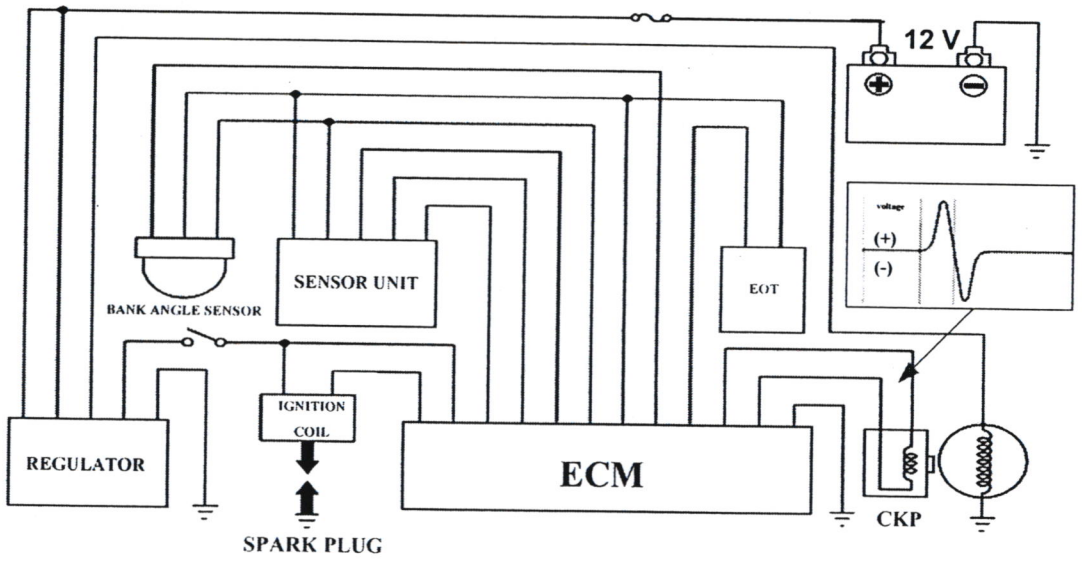
เมื่อหาประสิทธิภาพความร้อนจาก จังหวะจุดระเบิดและจังหวะคายจะได้

$$\eta = 1 - \frac{(T_D - T_A)}{(T_C - T_B)} \tag{2.16}$$

เมื่อ $\frac{V_1}{V_2}$ คือ อัตราส่วนการอัดตัวของปริมาตรภายในกระบอกสูบ (Compression Ratio หรือ r_c) ประสิทธิภาพความร้อนในรูป r_c จะได้

$$\eta = 1 - \frac{1}{(r_C)^{K-1}} \tag{2.17}$$

วงจรจุดระเบิดในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) เมื่อเครื่องยนต์ทำงานกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) รับสัญญาณ ตำแหน่งลูกสูบจาก CKP เพื่อประมวลผลจ่ายไฟให้ (Ignition Coil) สร้างแรงดันสูงเพื่อสร้างประกายไฟในการจุดระเบิด เซ็นเซอร์อื่น ๆ ทำหน้าที่ ส่งสัญญาณให้กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เพื่อตรวจจับความผิดปกติ เช่น หากมีสัญญาณจากตัวตรวจจับการเอียง (Bank angle sensor) กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะตัดการจุดระเบิดเพื่อป้องกัน ไฟไหม้ และเซ็นเซอร์อื่น ๆ ใช้ในการประมวลผลเพื่อให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ตามภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 วงจรระบบจุดระเบิด

2.14 กระบวนการที่ใช้หาปริมาณ Air charge

Speed density (ใช้กับระบบที่มี TPS sensor + air temp) Air charge คำนวณจากอุณหภูมิอากาศเข้า (air temp sensor) องศาลิ้นปีกผีเสื้อ (TPS sensor) ใช้คำนวณ ภาระของเครื่องยนต์และ รอบเครื่องยนต์RPM (ใช้คำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตร) ระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง

การคำนวณปริมาณ อากาศและระยะเวลาในการฉีดจ่าย เชื้อเพลิงปริมาณอากาศ อัตราไหลเชิงมวลของอากาศเข้า หรือที่ เรียกว่า Air charge สามารถหาได้ด้วยสมการดังนี้

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{\dot{m}_{air}}{AFR}$$

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{\rho_{air} \times Q_{air}}{AFR} \qquad (2.18)$$

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{\rho_{air}\left[\frac{rpm}{60} \times \frac{V_{stroke}}{2} \times \eta_v\right]}{AFR}$$

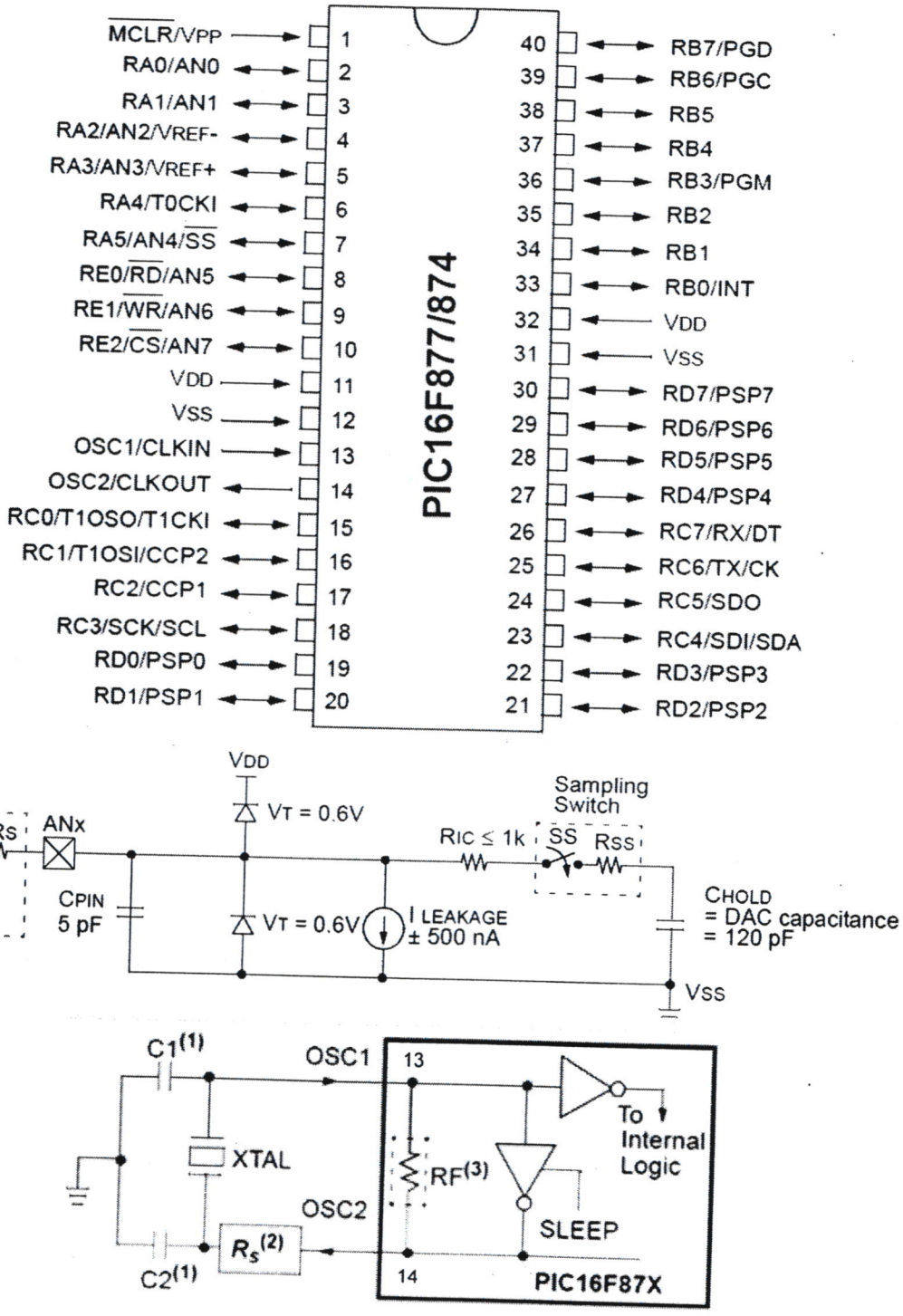
โดยที่

$$P = \rho_{air} \frac{R_u T}{M_{air}}$$

$$\rho_{air} = \frac{P}{R_{air} T_{air}} \qquad (2.19)$$

2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติต่าง ๆ ของ PIC16F877 มีคำสั่ง 35 คำสั่ง ทำตามคำสั่งด้วยสัญญาณหนึ่งลูก (ยกเว้น คำสั่งกระโดด) ทำงานด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ ไฟตรงจนถึง 20 MHz หน่วยความจำโปรแกรม 8k (14-Bit Words) หน่วยความจากข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ 368 ไบต์ หน่วยความจากข้อมูลอีอีพรอม 256 ไบต์ ตอบสนองสัญญาณอินเตอร์รัปต์ 15 แหล่ง วงจรเพาเวอร์ออนรีเซต (POR) สแต็ก 8 ระดับ เพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) ออสซิลเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์ (OST) วงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT) วงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว เลือกระดับป้องการข้อมูลตัวโปรแกรม โหมดประหยัดพลังงาน สามารถโปรแกรมที่แรงดัน +5V. แก้ไข้ตัวโปรแกรมในหน่วยความจาผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา ด้วยกระบวนการ (In-circuit Debugger: ICD) ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจาโปรแกรมได้ กระแสซิงก์และซอร์ส 25mA.แรงดัน +2 ถึง +5V. ใช้พลังงานน้อยกว่า 2mA. ที่แรงดัน +5V. และความถี่ 4Mhz. 20μA. ที่แรงดัน +3V. และความถี่ 32khz. น้อยกว่า 1μA. ในโหมดประหยัดพลังงาน หรือ สแตนด์บาย



ภาพที่ 2.17 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วิธีการวิจัย

ในการวิจัยการศึกษาและพัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อประหยัดน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์ และพัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงให้ประหยัดน้ำมัน ปริมาณเชื้อเพลิงที่จ่ายให้มีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ การควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงจึงเป็นการควบคุมกำลังของเครื่องยนต์ด้วย ในการวิจัยต้องเริ่มต้นศึกษาการควบคุมเครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) โดยศึกษาวิธีการควบคุมปริมาณเชื้อเพลิง ศึกษาการทำงาน และส่วนประกอบของระบบ จากนั้น ออกแบบพัฒนาให้ระบบพีจีเอ็มเอฟไอสามารถปรับปรุงโปรแกรมควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงได้ เมื่อออกแบบสร้างเครื่องมือได้แล้วจึงทดสอบเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้เครื่องยนต์ประหยัดน้ำมันและทดสอบใช้งานจริงตามวัตถุประสงค์

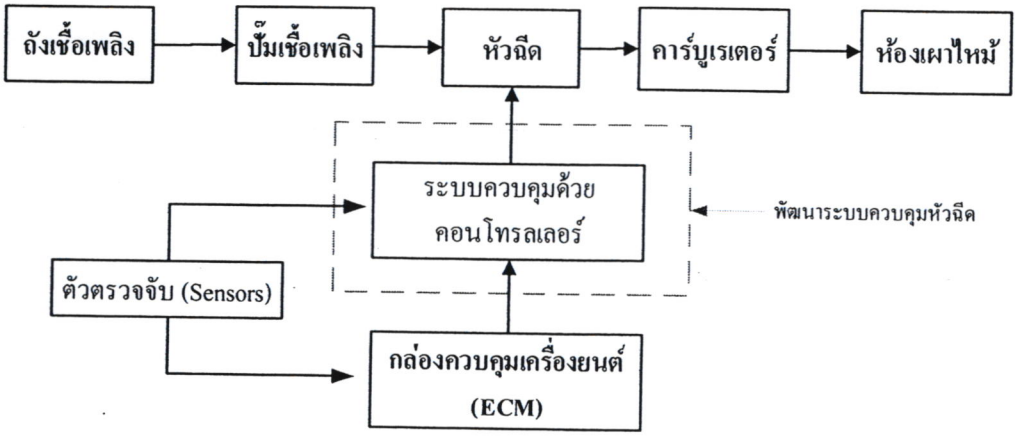
3.2 เครื่องยนต์ระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ ฮอนด้า เวฟ 110i เป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะแบบโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ระบายความร้อนด้วยอากาศ ปริมาตรกระบอกสูบ 109.1 ซีซี ระบบจ่ายน้ำมันแบบหัวฉีด (PGM-FI) อัตราส่วนแรงอัด 9.0:1 ขนาดความกว้างกระบอกสูบ 50 มิลลิเมตร ช่วงชัก 55.6 มิลลิเมตร ระบบเกียร์แบบโรตารี่(เกียร์วน) 4 ระดับ ระบบจุดระเบิดแบบ Digital Transistorized แบตเตอรี่ขนาด 12 V 3 AH แบบแห้ง ความจุเชื้อเพลิง 3.7 ลิตร การปรับปรุงระบบโดยติดตั้งคอนโทรลเลอร์ต่อจากกล่อง ECM อยู่ข้างตัวรถ แล้ววางกล่องคอนโทรลเลอร์ใต้เบาะสามารถป้อนโปรแกรมเข้าโดยง่าย เมื่อไม่ต้องการใช้งานสามารถถอดออกจากระบบได้ ตามภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

3.3 การพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Honda Wave110i)

ในการพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟไอเพื่อปรับปรุงโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงได้นั้น จะต้องสร้างระบบควบคุมหัวฉีดด้วยคอนโทรลเลอร์ โดยใช้สัญญาณอินพุทจากตัวตรวจจับ และจากเอาพุทของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) นำสัญญาณอินพุททั้งสองมาประมวลผลด้วยโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่ ภาพที่ 3.3

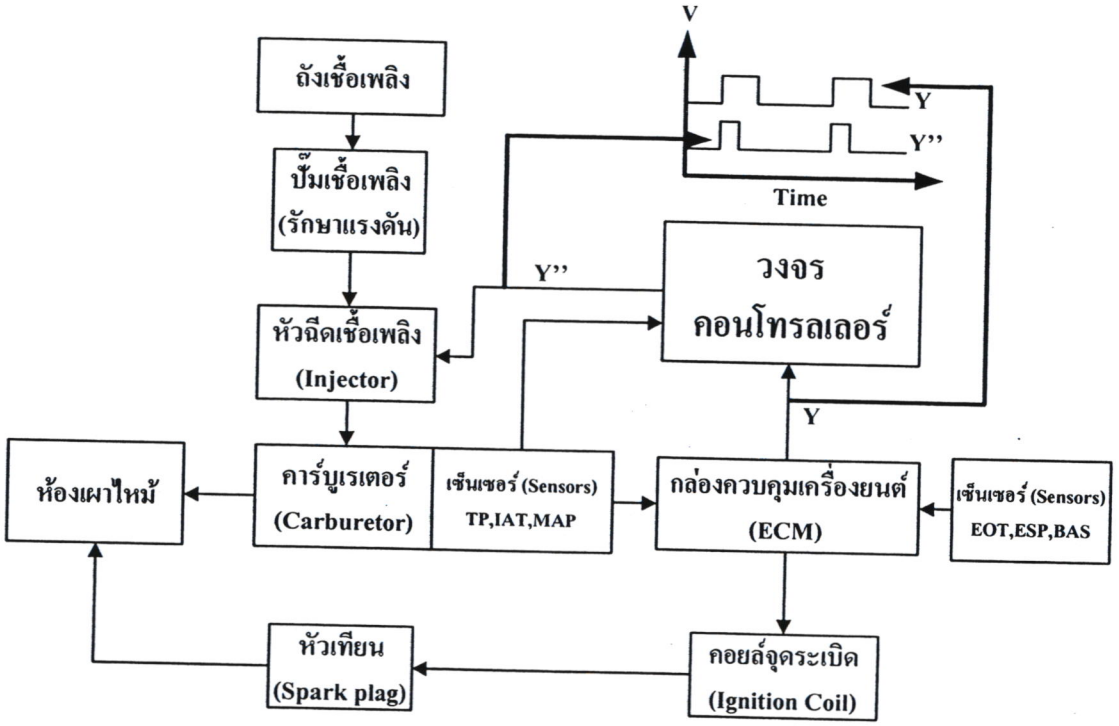


ภาพที่ 3.2 การพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Honda Wave110I)

3.4 แผนผังการพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟ (PGM-FI)

การพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) โดยการสร้างวงจรคอนโทรลเลอร์เพื่อโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง เริ่มต้นคอนโทรลเลอร์จะเซ็ตสัญญาณให้ควบคุมหัวฉีดจากกล่อง

ควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) (Y=Y'') จากนั้นจะรับสัญญาณตำแหน่งคันเร่ง (TP) และสัญญาณควบคุมหัวฉีดจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) (Y) และประมวลผลด้วยโปรแกรมประหยัดน้ำมัน (Save Fuel Program) ควบคุมหัวฉีดด้วยสัญญาณที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ (Y''=Y-Y')



ภาพที่ 3.3 แผนผังการพัฒนาระบบพีจีเอ็มเอฟ (PGM-FI)

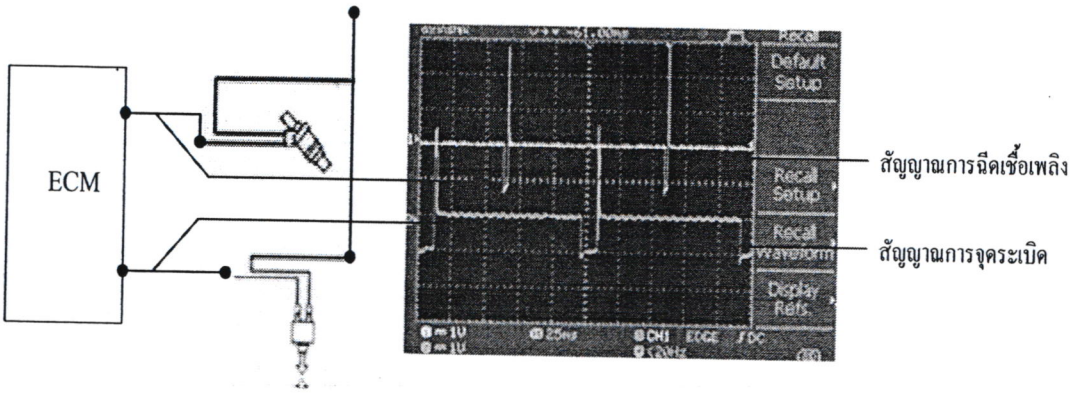
3.5 การทดสอบการทำงานของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine control module: ECM)

การควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ใช้กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ในการควบคุมระบบเชื้อเพลิง ซึ่งควบคุมการทำงานของปั๊มเชื้อเพลิง และควบคุมหัวฉีด การพัฒนาการฉีดเชื้อเพลิงจึงต้องศึกษาการควบคุมการทำงานของหัวฉีด เนื่องจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) มีโปรแกรมเฉพาะของบริษัทผู้ผลิตรถนั้น ๆ การศึกษาจึงต้องทดลอง วิเคราะห์เซ็นเซอร์ ที่มีผลต่อระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง วิธีการฉีดเชื้อเพลิง และระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงโดยนำข้อมูลจากการศึกษามาทดสอบและวิเคราะห์ ดังนี้

3.5.1 สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด

สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม มีระยะเวลาเท่ากับ 3 ms และมีแรงดัน 5-6.5 โวลต์ สัญญาณการจุดระเบิด เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม มีระยะเวลา 12 ms แรงดัน 5 โวลต์ ช่วงเวลาการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ห่างจากช่วงเวลาการจุดระเบิด 50 ms

ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง ช่วงเดินเบากล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จ่ายเชื้อเพลิงเป็นเวลา 3 ms ซึ่งมากกว่าช่วงเริ่มเดินเครื่องปกติ จากรูปสัญญาณมีการฉีดเชื้อเพลิงก่อนการจุดระเบิดทุกครั้งซึ่งทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงเพราะมีการนำไปเผาไหม้ทั้งหมด หากไม่มีการฉีดเชื้อเพลิงบางจังหวะจะทำให้เครื่องยนต์สะดุด ระยะเวลาจากการฉีดเชื้อเพลิง จนถึงการจุดระเบิดมีมีระยะเวลาที่เท่ากัน ในการจุดระเบิดมีระยะเวลา 12 ms เนื่องจากการสร้างประกายไฟจะใช้การตัดกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) ช่วงระยะเวลาดังกล่าวเพียงพอที่จะทำให้มีการจุดระเบิดได้เป็นไปตามภาพที่ 3.5



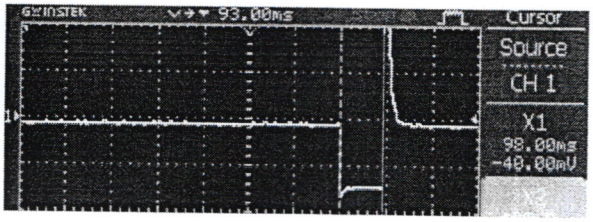
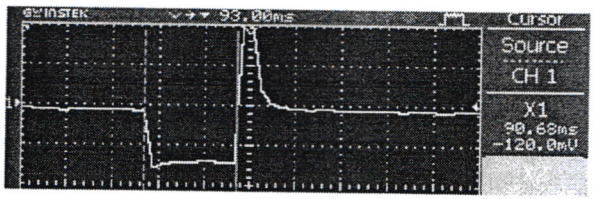
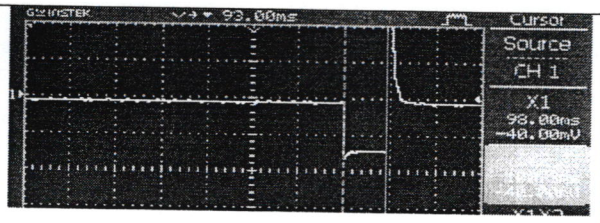
ภาพที่ 3.4 สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด

3.5.2 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

การหาระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยการปรับคันเร่งเพื่อให้รอบเครื่องยนต์สูงขึ้น แล้วบันทึกระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง เพื่อต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วรอบและระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงโดยทำการทดลอง จำนวน 6 ครั้งด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ที่ความเร็ว 2406 รอบ/นาที ได้ระยะเวลา 2.3 ms ที่ความเร็ว 2620 รอบ/นาทีความเร็วสูงกว่าเดิม 114 รอบ/นาที แต่ระยะเวลาลดลงเหลือ 2.04 ms ที่ความเร็ว 2635 รอบ/นาทีได้ระยะเวลา 2.2 ms ที่ความเร็ว 3114 รอบ/นาที แต่ระยะเวลา ลดลง เหลือ 2.0 ms ที่ความเร็ว 4428 รอบ/นาที ระยะเวลาลดลง เหลือ 1.8 ms ที่ความเร็ว 5432 รอบ/นาที ได้ระยะเวลา 2.4 ms และที่ความเร็ว 7296 รอบ/นาที

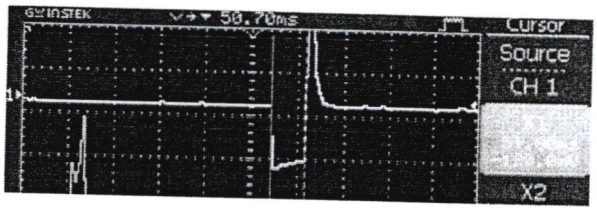
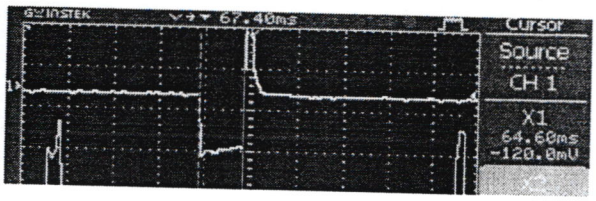
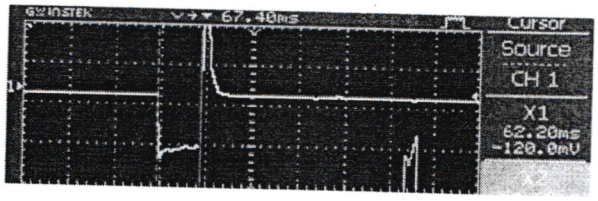
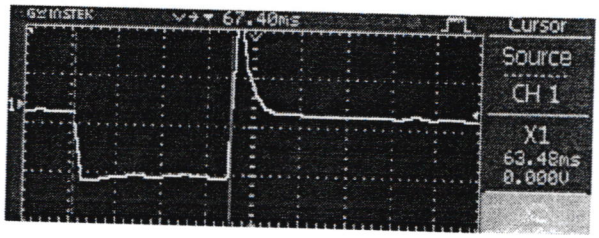
ได้ระยะเวลา 3.4 ms จากผลการทดลองความเร็ว2406 รอบ/นาที ถึง 5432 รอบ/นาที ได้ระยะเวลาประมาณ 2 – 2.4 ms เท่านั้นแทบไม่เปลี่ยนแปลงเลย แต่ที่ความเร็ว7296 รอบ/นาที ได้ระยะเวลา 3.4 ms ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วดังกล่าวมีการปรับเปลี่ยนคันเร่งที่มากกว่าเดิม ส่วนความเร็วอื่น ๆ แทบไม่มีการปรับเปลี่ยนคันเร่งเลย เพราะความเร็วของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆขณะไม่มีโหลด

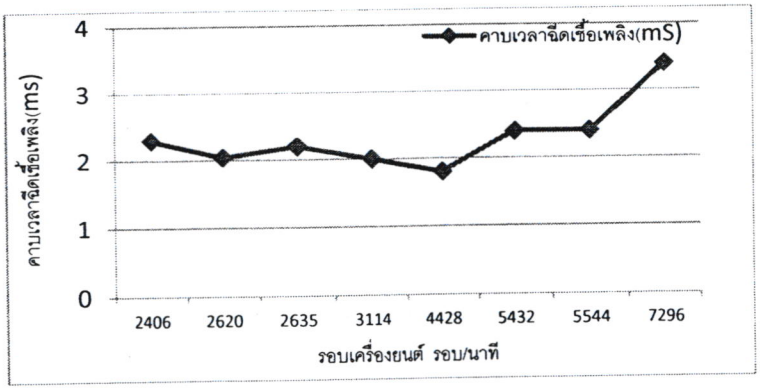
สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงขณะ ไม่มีโหลด	**ระยะเวลาฉีดเชื้อเพลิง (ms)**	**รอบเครื่องยนต์ รอบ/นาที**
	<u>ทดลองครั้งที่ 1</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms,1V ระยะเวลา 2.3 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 2406 รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 2</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 1 ms,1V ระยะเวลา 2.04 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 2620 รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 3</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 1 ms,1V ระยะเวลา 2.2 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 2635 รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 4</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms,1V ระยะเวลา 2 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 3114 รอบ/นาที

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆขณะไม่มีโหลด (ต่อ)

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆขณะไม่มีโหลด (ต่อ)

สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงขณะ ไม่มีโหลด	ระยะเวลาฉีดเชื้อเพลิง (ms)	รอบเครื่องยนต์ รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 5</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms,1V ระยะเวลา 1.8 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 4428 รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 6</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms,1V ระยะเวลา 2.4 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 5432 รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 7</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms,1V ระยะเวลา 2.4 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 5544 รอบ/นาที
	<u>ทดลองครั้งที่ 8</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 1 ms,1V ระยะเวลา 3.4 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 7296 รอบ/นาที

จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น แต่ ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงไม่มากเพราะ ขณะที่เครื่องยนต์ไม่มีภาระ ความเร็วจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะตำแหน่งคันเร่งเท่าเดิม ทำให้ความเร็วของเครื่องยนต์ไม่มีผลต่อระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง เป็นไปตามภาพที่ 3.6

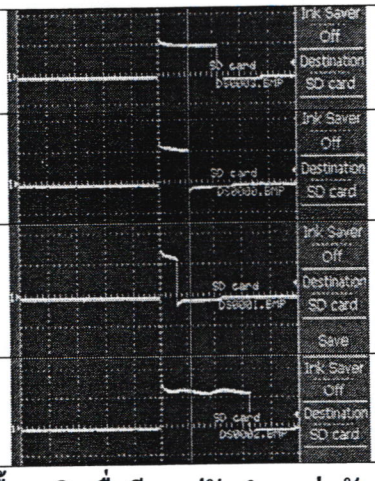


ภาพที่ 3.5 กราฟแสดงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่าง ๆ

3.5.3 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)

การทดสอบระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) โดยทดสอบ 4 ครั้งในแบบต่าง ๆ กัน ช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์ (ก) ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 6 ms ซึ่งมากกว่า ช่วงเครื่องยนต์เดินเบา (ข) ซึ่งมีระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเพียง 3 ms แสดงว่าการสตาร์ทเครื่องยนต์ครั้งแรกกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) กำหนดปริมาณเชื้อเพลิงที่มา การทดสอบเร่งเครื่องทันทีทันใด(ง) แล้วผ่อนทันที ช่วงเร่งเครื่องมีระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง มากถึง 8 ms ทั้งนี้เนื่องจากปรับคันเร่งขึ้นทันทีแสดงถึงผู้ขับขี่ต้องการกำลังมาก จึงมีการจ่ายเชื้อเพลิงมากเพื่อให้ได้กำลัง ขณะที่ตัดคันเร่งทันทีทันใด (ค) มีระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง เพียง 1.5 ms นั้นแสดงว่ามีการตัดการฉีดเชื้อเพลิง ในช่วงที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการกำลัง ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาการทดสอบการจ่ายน้ำมันของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)

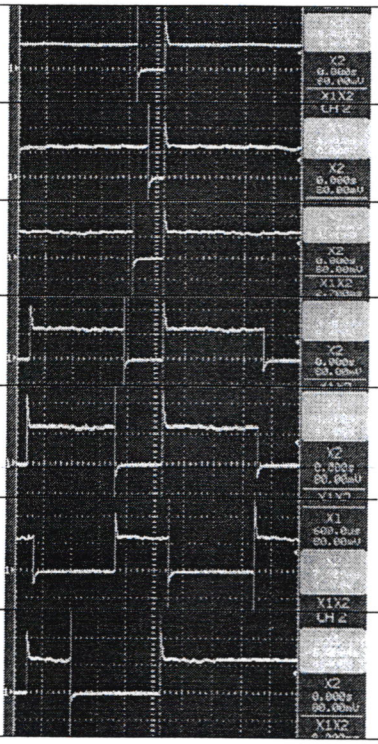
การทดสอบ	สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง	ระยะเวลา (ms)
(ก) ช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์		6
(ข) ช่วงการเดินเบา		3
(ค) ช่วงการตัดน้ำมัน		1.5
(ง) เร่งเครื่องทันทีทันใด		8

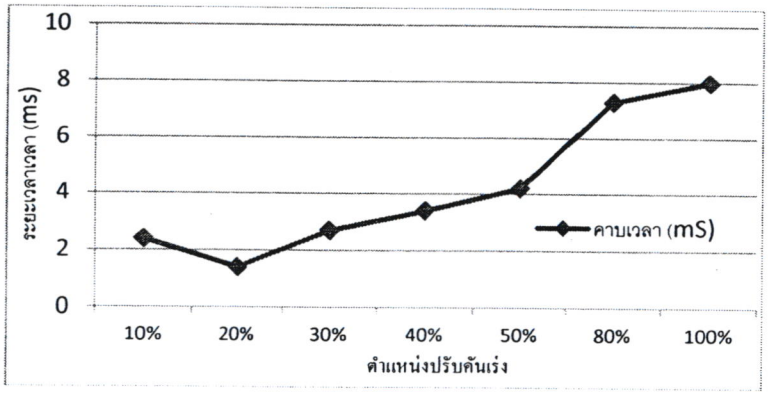
3.5.4 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่ง

3.5.4 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่ง

เมื่อปรับตำแหน่งคันเร่ง 10 % ระยะเวลา 2.4 ms 20 % ระยะเวลา 1.4 ms 30 % ระยะเวลา 2.7 ms 40 % ระยะเวลา 3.4 ms 50 % ระยะเวลา 4.2 ms 80 % ระยะเวลา 7.3 ms 100 % ระยะเวลา 8.0 ms เมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่งจาก 10% เป็น 20 % ระยะเวลาลดลง นั้นเป็นเพราะเมื่อความเร็วเริ่มสูงขึ้นภาระเครื่องยนต์จะลดลง ทำให้ช่วงแรก ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงลดตามไปด้วย เมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่งเพิ่มขึ้น ตามลำดับ ระยะเวลาจะเพิ่มขึ้นแสดงว่า ตำแหน่งคันเร่งใช้ในการปรับระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง ตามตารางที่ 3. และภาพที่ 3.7

ตารางที่ 3.3 ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งปรับคันเร่ง

ตำแหน่งปรับคันเร่ง (%)	สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง	ระยะเวลา (ms)
10		2.4
20		1.4
30		2.7
40		3.4
50		4.2
80		7.3
100		8.0



ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่ง

3.6 การทดสอบตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ (TP Sensor)

การทดสอบตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการเขียนโปรแกรมประหยัดน้ำมันโดยการทดสอบบิดคันเร่ง 10 ระดับซึ่งหมายถึงองศาการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อแล้ววัดค่าแรงดันที่ออกจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ และอ่านค่า ตัวเลขดิจิตอลที่คอนโทรลเลอร์แปลงจากสัญญาณ อนาล็อกของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ แรงดันจากตัวตรวจจับเป็นไปตามสมการ จากภาพที่ 2.8 เมื่อ V_{IN} = 5 V คือ

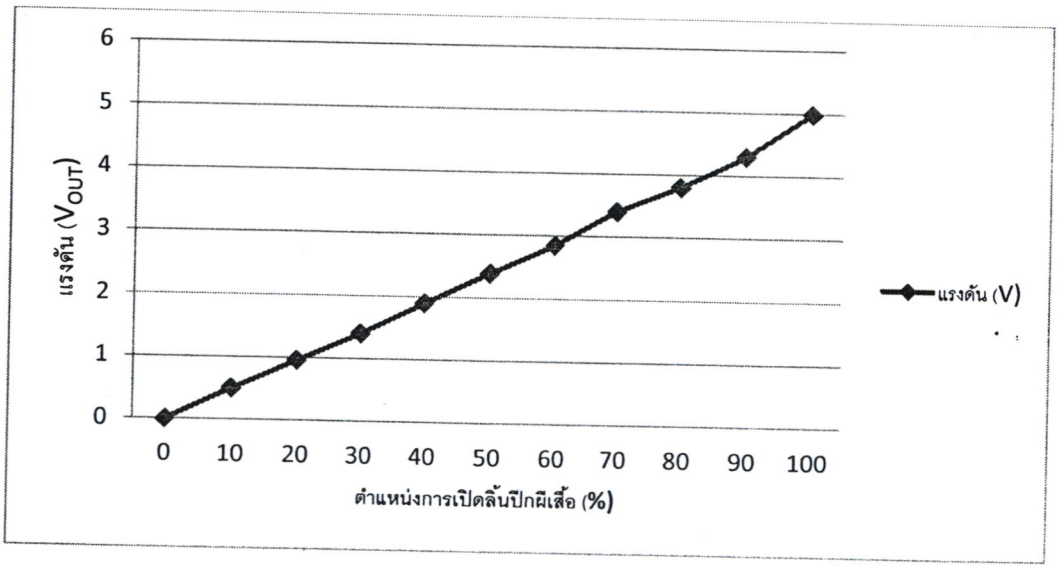
$$V_{out}=(\frac{R_2}{R_2+R_2})V_{IN} \qquad (3.1)$$

ตารางที่ 3.4 ทดสอบตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ (TP Sensor)

ตำแหน่งการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ (%)	แรงดันไฟฟ้า (V_{OUT})	ค่าดิจิตอล 10 บิต
0	0	0
10	0.5	102
20	0.96	204
30	1.4	307
40	1.9	410
50	2.39	512
60	2.85	615
70	3.4	716

ตารางที่ 3.4 ทดสอบตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อ (TP Sensor) (ต่อ)

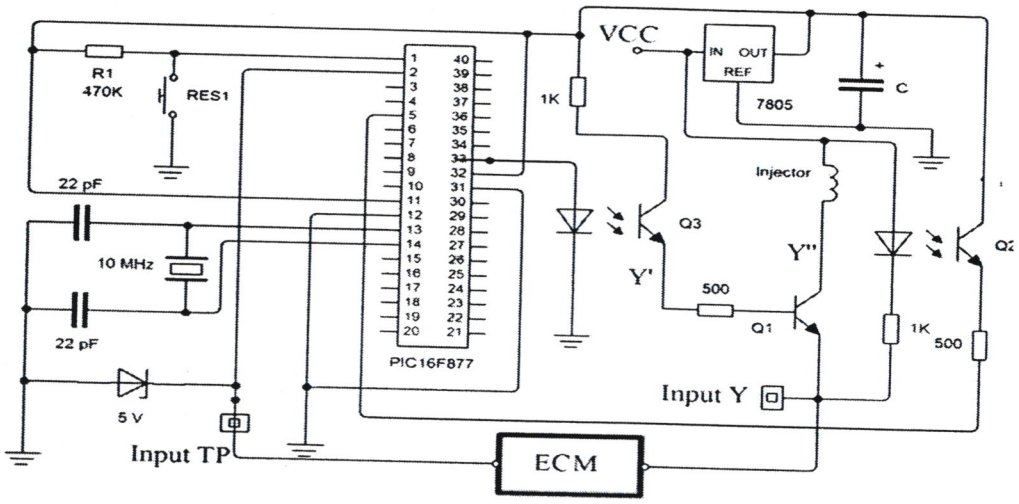
ตำแหน่งการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ (%)	แรงดันไฟฟ้า (V)	ค่าดิจิตอล 10 บิต
80	3.8	819
90	4.3	920
100	4.99	1023



ภาพที่ 3.7 ค่าแรงดันในการทดสอบตำแหน่งลิ้นเร่ง

3.7 วงจรคอนโทรลเลอร์

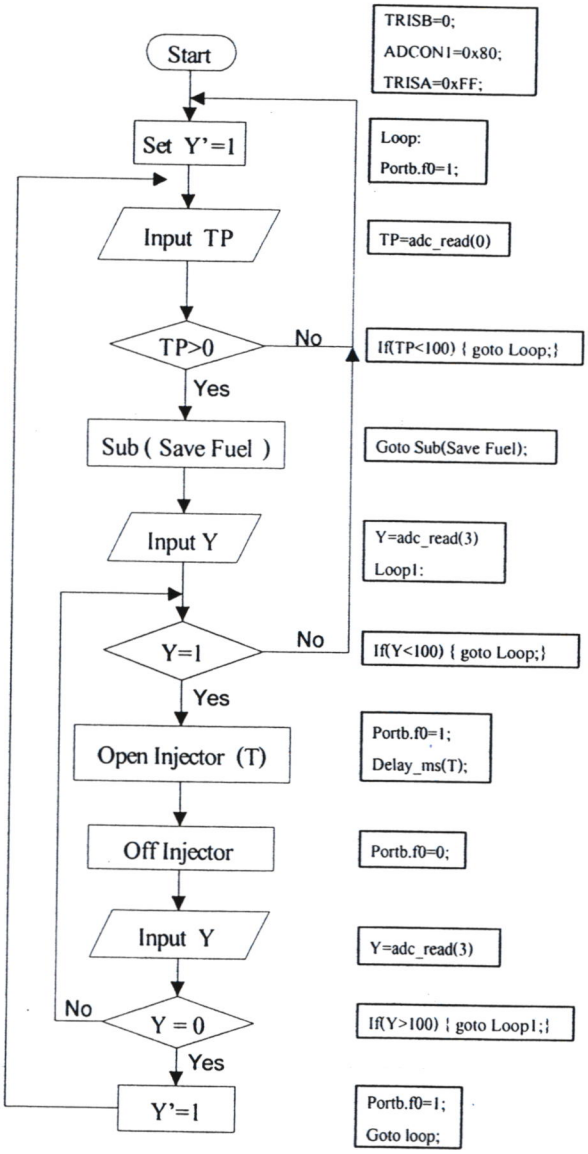
วงจรที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปติดตั้งในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มเติมได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหัวฉีดโดย สร้างสัญญาณควบคุมที่ขา 33 ผ่าน Q_3เป็นออฟโต้ไอโซเลท (opto isolate) เพื่อควบคุม Q_1 สร้างสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง (Y'') ตามโปรแกรมใหม่ อินพุทตำแหน่งคันเร่ง (TP) จะต่อกับขา 2 และสัญญาณอินพุท (Y) จะผ่าน Q_2เป็นออฟโต้ไอโซเลท (opto isolate) ผ่าน ตัวต้านทาน 500 โอห์ม ต่อเข้ากับขา 5 การจ่ายกระแสไฟฟ้าใช้ไอซี เบอร์ 7805 ทำหน้าที่เรียงกระแสและลดแรงดันจาก 12 V เหลือ 5 V เพื่อจ่ายให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 วงจรที่พัฒนา

3.8 แผนผังการทำงานของคอนโทรลเลอร์

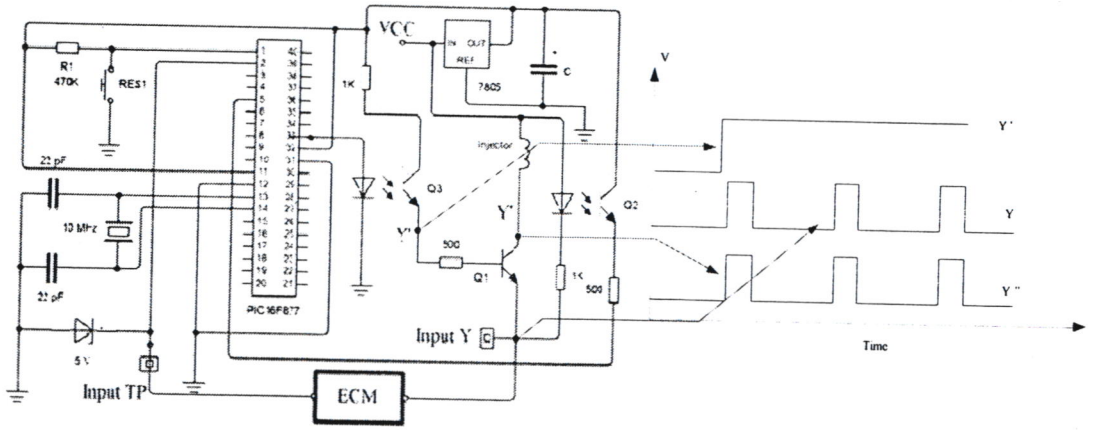
แผนผังการทำงานของคอนโทรลเลอร์ ควบคุมหัวฉีด ร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) มีการทำงานดังนี้ เริ่มต้นเซ็ตค่าเอาพุท จากคอนโทรลเลอร์เป็น 1 (Y'=1) เมื่อทำงานร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงจะเหมือนกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จากนั้นรับค่าอินพุท จาก เซ็นเซอร์ตำแหน่งคันเร่ง (Input TP) หากมีการบิดคันเร่ง ก็จะไปประมวลผลควบคุมระยะเวลาปรับลดการฉีดเชื้อเพลิงใน โปรแกรมย่อย (Sub (Save Fuel)) เมื่อเข้าโปรแกรมย่อยจะได้ค่าการปรับลดเชื้อเพลิง จะรับสัญญาณอินพุทจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) (Input Y) เมื่อกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เริ่มฉีดเชื้อเพลิง Y =1 คอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้มีการฉีดเชื้อเพลิงร่วมกัน ตามระยะเวลาที่มาจาก โปรแกรมย่อย (Open Injector)จากนั้นจะควบคุมให้ตัดการฉีดเชื้อเพลิง(Off Injector) จากนั้นจะรับอินพุทY มาเพื่อเซ็ตค่า เอาพุทของคอนโทรลเลอร์ให้เป็น 1 ตามภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แผนผังการทำงานของคอนโทรลเลอร์

3.9 วิธีการออกแบบให้คอนโทรลเลอร์และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ให้ทำงานร่วมกัน

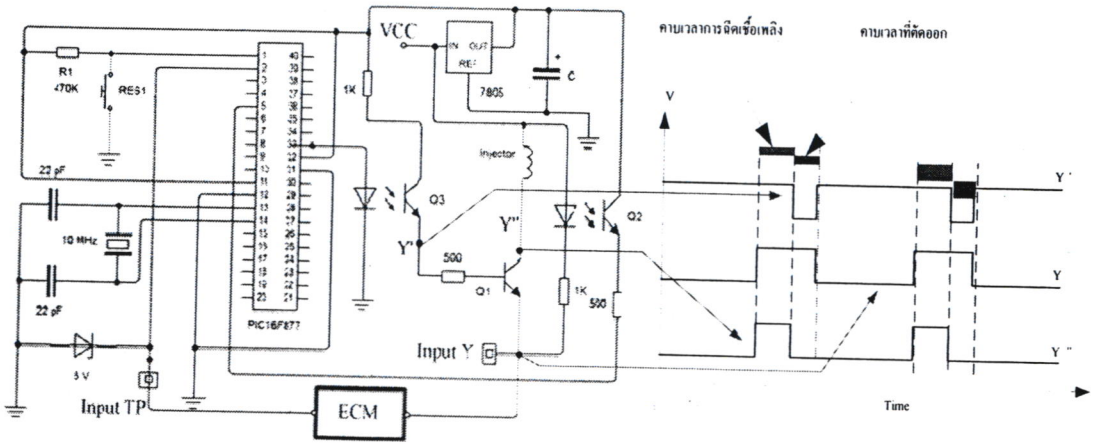
ในการทำงานร่วมกัน เพื่อควบคุมหัวฉีด คอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณ (Y=1) และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะสร้างสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง(Y) ตามโปรแกรมของโรงงาน การควบคุมแบบดังกล่าวทำให้ได้ผลของสัญญาณเอาพุท (Y'') มีค่า เท่ากันกับสัญญาณจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ตามภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การทำงานร่วมกันของคอนโทรลเลอร์และกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)

3.10 วิธีการปรับลดระยะเวลาเพื่อประหยัดน้ำมัน

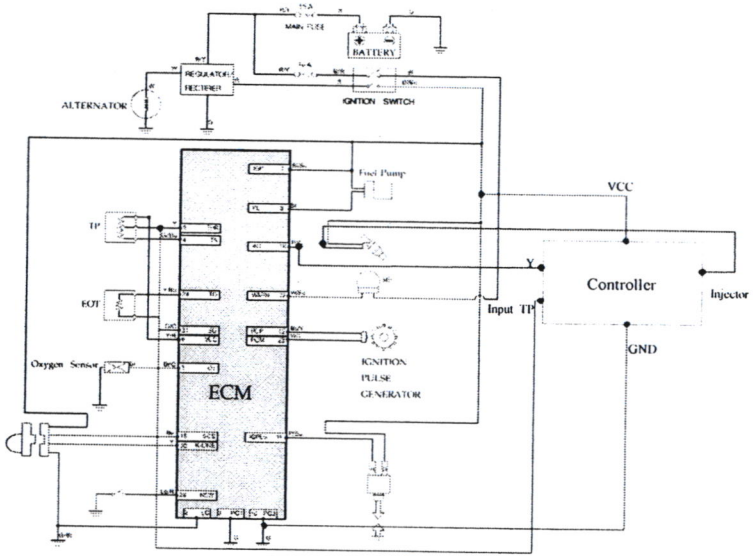
สัญญาณจากคอนโทรลเลอร์มีค่าเป็น 1 (Y'=1) จากนั้น จะรับค่าอินพุทจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) (Input Y) เมื่อสัญญาณจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) มีค่าเป็น 1 (Y=1) คอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงตามระยะเวลาที่กำหนด เป็นไปตามภาพที่ 3.11



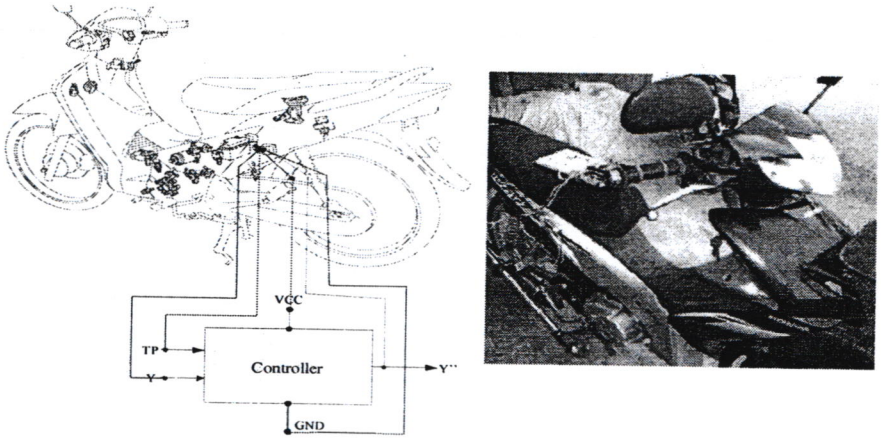
ภาพที่ 3.11 วิธีปรับลดระยะเวลาเพื่อประหยัดน้ำมัน

3.11 การติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในรถจักรยานยนต์

การต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Wave 110i) แสดงดังภาพที่ 3.12, 3.13



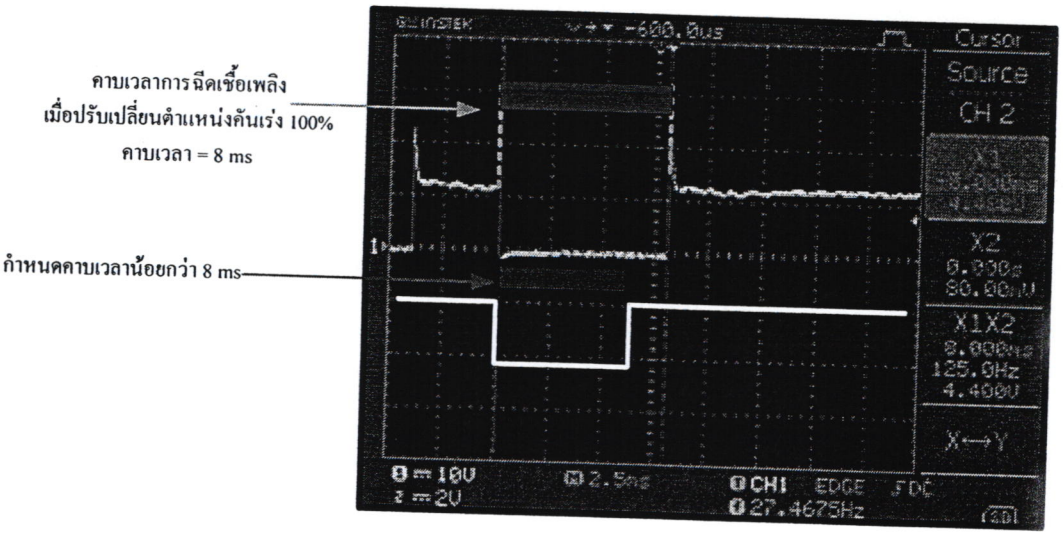
ภาพที่ 3.12 การต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Wave 110i)



ภาพที่ 3.13 ตำแหน่งการต่อสายติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) (รถจักรยานยนต์ Wave 110i)

3.12 แนวคิดการประหยัดเชื้อเพลิง

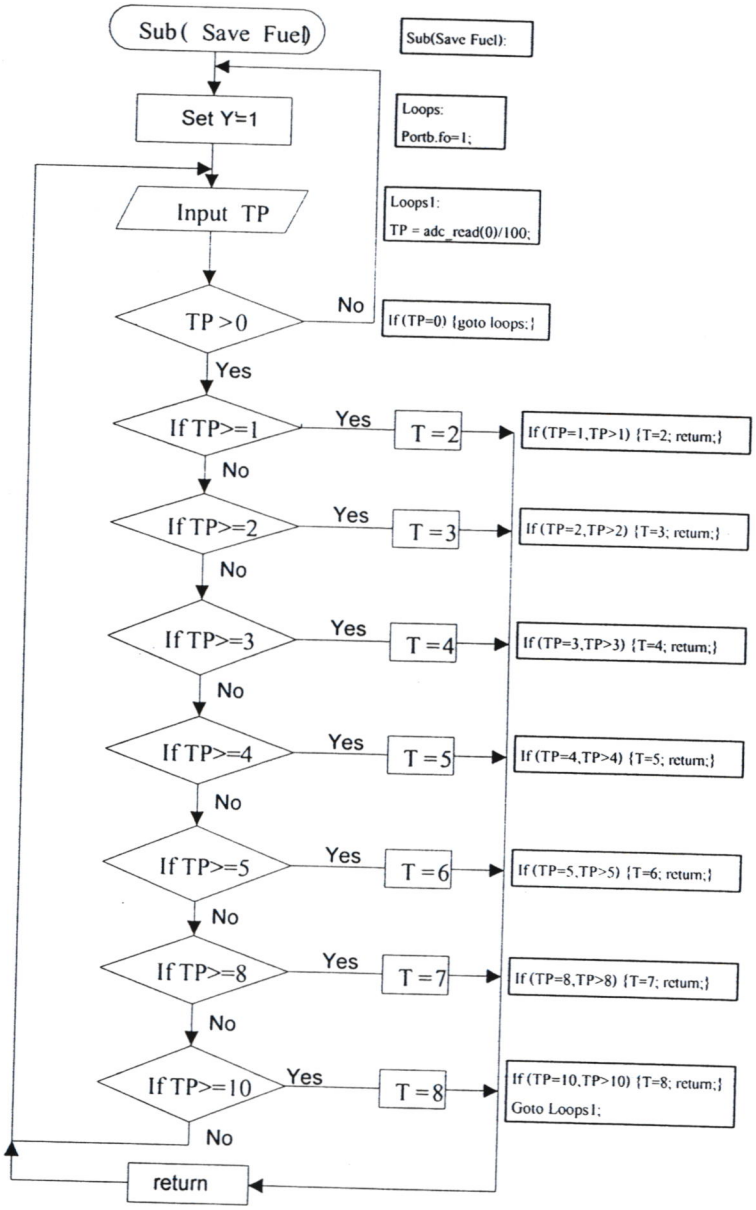
วิธีการจ่ายเชื้อเพลิงของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) นั้นกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะควบคุมปริมาณด้วยการเปลี่ยนแปลงระยะเวลา แต่รักษาระดับแรงดันและช่วงการจ่ายให้คงที่ ปริมาณการใช้ จึงแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์และระยะเวลาในการจ่าย การตัดระยะเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงออกจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ได้เพราะเครื่องยนต์จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงทุกสองรอบการทำงาน จึงต้องใช้วิธีการปรับลดระยะเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงและช่วงเริ่มต้นการจ่ายเชื้อเพลิงตรงกันกับระบบเดิมซึ่งน่าจะเป็นวิธีการประหยัดน้ำมันได้เป็นไปตามภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 แนวคิดการประหยัดเชื้อเพลิง

3.13 โปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง

แผนผังระบบลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง มีการทำงานดังนี้ จะเริ่มต้นโดยการควบคุมให้หัวฉีดทำงานด้วยสัญญาณของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) (Y'=1) จากนั้น จะรับค่าสัญญาณตำแหน่ง TP โดยตำแหน่ง TP แบ่งออกเป็น7 ส่วน เพื่อกำหนดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงในตำแหน่งต่าง ๆเช่น ค่า TP>= 1 เป็นช่วงตำแหน่งTP จาก 1 -1.9 จะมีระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ ค่า 2 เมื่อได้ค่าการฉีดเชื้อเพลิงแล้ว (T) จะนำไปเข้าโปรแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) โดยสัญญาณ ควบคุมหัวฉีด Y'' มีค่าเท่ากับ สัญญาณจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ลบด้วยสัญญาณจาก คอนโทรลเลอร์ (Y''=Y-Y') ตามภาพที่ 3.15



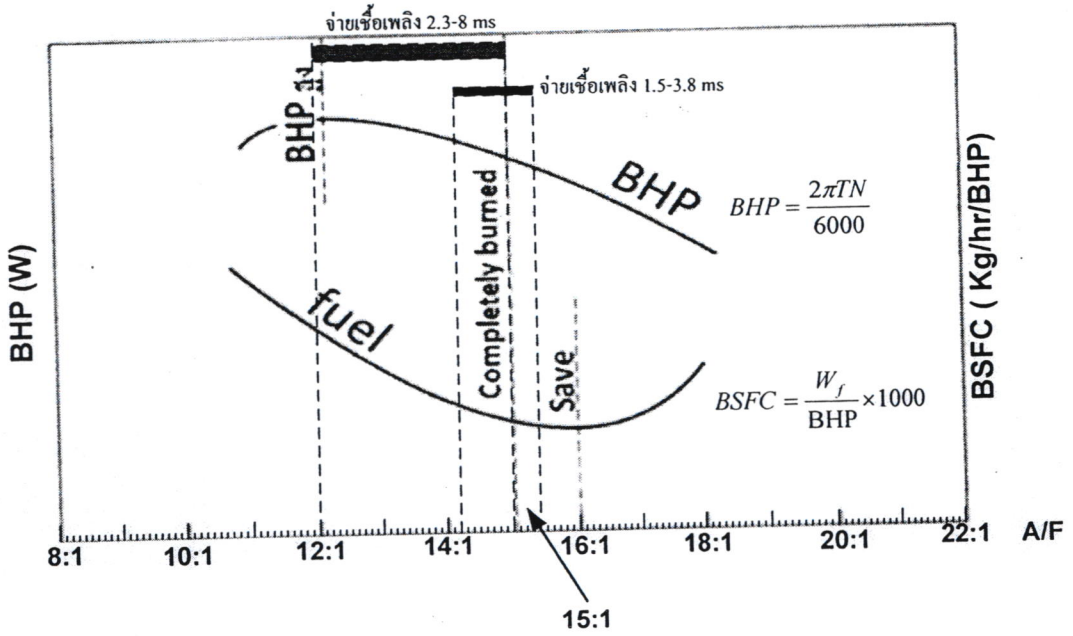
ภาพที่ 3.15 แผนผังการประหยัดน้ำมัน (Sub Save Fuel)

การปรับลดการฉีดเชื้อเพลิง ต้องให้อยู่ในอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงในช่วงประหยัดกว่าระบบเดิม จากภาพที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและกำลังม้าที่เครื่องยนต์ผลิตได้ ในสมการที่ 2.4 กำลังม้าที่ได้แปรผันตามแรงบิดซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของอากาศและเชื้อเพลิง แบบเชิงเส้น แต่ในภาพที่ 2.3 เมื่อมีปริมาณส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่มากขึ้นกว่า 12:1 กำลังม้าจะลดลง อันเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์หรือมีอากาศไม่เพียงพอต่อการเผาไหม้ ตามสมการการเผาไหม้ที่ 2.5 ดังนั้น การปรับจูนเครื่องยนต์ของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ ให้ได้กำลังสูงสุดจะ จ่ายเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสม 12:1 ตามภาพที่ 2.13 ในการทดสอบหาค่าเวลา

การจ่ายเชื้อเพลิงของระบบพีจีเอ็มเอฟไอ ตามตารางที่ 3.5 และภาพที่ 3.17 โดยตารางที่ 3.5 เป็นค่าเวลาการฉีดเชื้อเพลิง และอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงค่าที่ได้เป็นค่าประมาณความสัมพันธ์อัตราส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) และระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง อ้างอิงจากผลการทดลอง ประกอบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง การสิ้นเพลิงเชื้อเพลิงและกำลังม้าเบรค ภาพที่ 3.17 ระยะเวลาการเปิดหัวฉีดสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงในระบบพีจีเอ็มเอฟไอซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าคันเร่งตำแหน่งสูงสุดจะหมายถึงการปรับจูนกำลังของเครื่องยนต์สูงสุดในการวัดค่าเวลาการฉีดเชื้อเพลิงนั้นมีค่า 8 ms อัตราส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิง 12:1 เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้นซึ่งหมายถึงภาระลดลง เครื่องยนต์จะปรับจูนกำลังที่ค่า การให้กำลังสูงสุดที่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด มีระยะเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง 2.3 ms ซึ่งมีอัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิง 15 :1 การปรับลดค่าเวลาการฉีดเชื้อเพลิง อยู่ช่วง 1.5 – 3.8 ms ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิง ช่วง 15.4:1 – 14.2:1 ตามตารางที่ 3.5 และภาพที่ 3.16

ตารางที่ 3.5 ค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศและระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง

อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F)	ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง (ms)
12:1	8
13:1	6.1
14:1	4.2
14.2:1	3.82
14.4:1	3.44
14.6:1	3.06
14.8:1	2.68
15:1	2.3
15.2:1	1.92
15.4:1	1.52
15.6:1	1.14
15.8:1	0.76
16:1	0.38

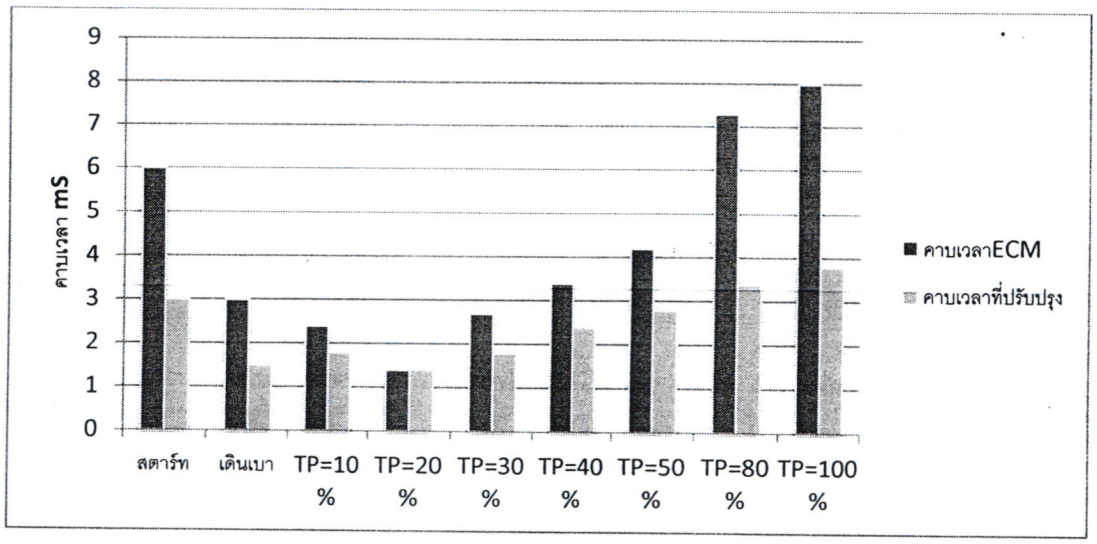


ภาพที่ 3.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและกำลังม้าเบรก (ที่มา : เครื่องยนต์สันดาปภายใน)

ในการปรับจูนเครื่องยนต์ ช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์มีความเร็วรอบน้อยต้องมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงมากเพื่อให้เครื่องยนต์มีกำลังในการทำงานให้ครบรอบ กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) มีระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 6 ms ในโปรแกรมปรับเป็น 3 ms ซึ่งค่าเวลาดังกล่าวอยู่ในช่วงของส่วนผสมเชื้อเพลิงที่หนาตามกราฟการสิ้นเปลืองน้ำมัน ช่วงเดินเบา ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) 2.4 – 3 ms ปรับลดลงเหลือ 1.5 ms และช่วงการปรับคันเร่ง (10%), (20%), (30%), (40%), (50%), (80%), (100%) ระยะเวลาของกล่องควบคุมกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) คือ 6, 3, 2.4, 1.4, 2.7, 3.4, 4.2, 7.3, 8 ms ระยะเวลาของโปรแกรมปรับลดที่เหมาะสมคือ 3, 1.5, 1.8, 1.4, 1.8, 2.4, 2.8, 3.4, 3.8 ms เป็นไปตามตารางที่ 3.5 และภาพที่ 3.16

ตารางที่ 3.7 ค่าการปรับลดการฉีดเชื้อเพลิง

ตำแหน่งปรับคันเร่ง (%)	ระยะเวลา ECM (ms)	ระยะเวลาการปรับลด (ms)	ผลต่างที่ปรับลด
สตาร์ท	6	3	3
เดินเบา	3	1.5	1.5
10	2.4	1.8	0.6
20	1.4	1.4	0
30	2.7	1.8	0.9
40	3.4	2.4	1
50	4.2	2.8	1.4
80	7.3	3.4	3.9
100	8	3.8	4.2



ภาพที่ 3.17 กราฟเปรียบเทียบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และค่าปรับลดการประหยัดน้ำมัน

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4. ผลการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นของสัญญาณระหว่างกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และ คอนโทรลเลอร์

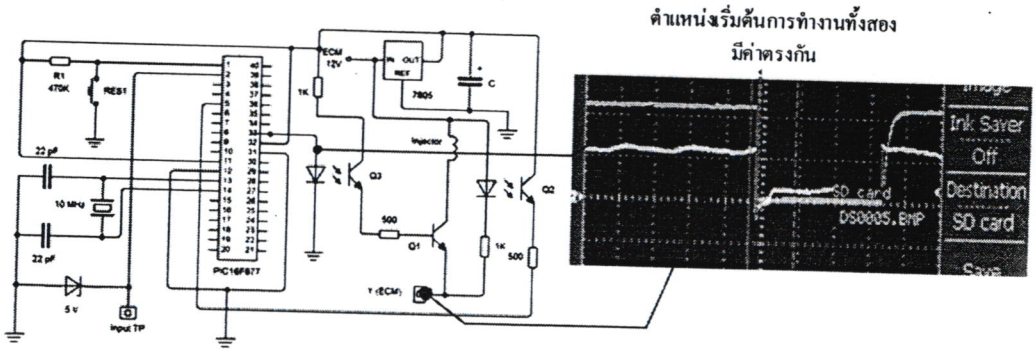
ส่วนที่ 2 สัญญาณควบคุมหัวฉีด จากโปรแกรมประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ส่วนที่ 3 ผลการใช้น้ำมันจากระบบเดิมและระบบที่พัฒนาโดยทดสอบขับขี่จริง

ส่วนที่ 4 วิเคราะห์ผล

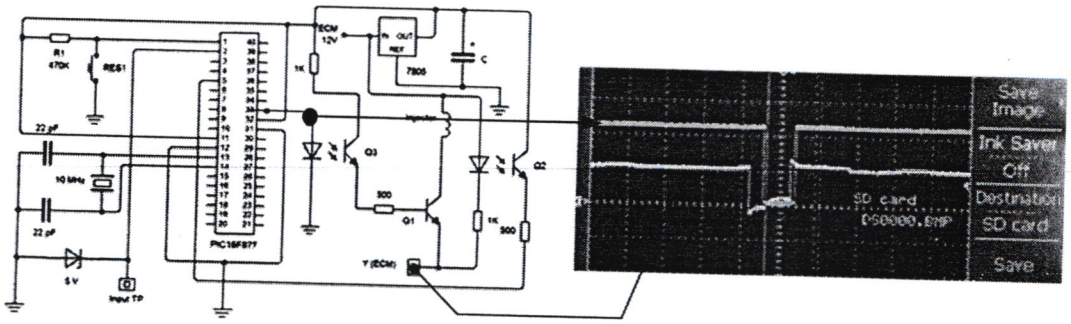
4.1 ผลการเปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นของสัญญาณ ระหว่างกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และคอนโทรลเลอร์

เปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นระยะเวลา ของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และคอนโทรลเลอร์ ทำโดย วัดสัญญาณจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ตำแหน่งเริ่มต้นนั้น สัญญาณเริ่มฉีดเชื้อเพลิงมีค่าตรงกัน ค่าของสัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) มีขนาด 12 V สัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ มีขนาด 5 V ซึ่งระยะเวลามีขนาดเท่ากันคือ 7.65 ms ตำแหน่งเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่วัดได้มีขนาดเท่ากัน แสดงว่า คอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นทำงานควบคุมหัวฉีดร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ได้ แต่รูปสัญญาณอาจแตกต่างกันเล็กน้อย ดังภาพที่ 4.1



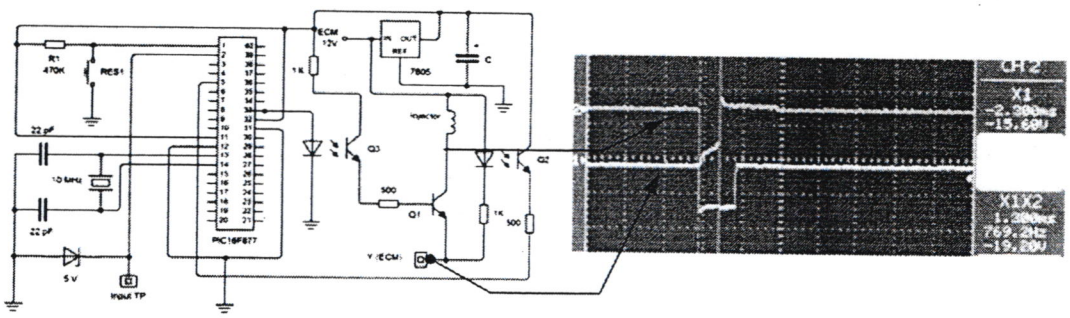
ภาพที่ 4.1 ระยะเวลาจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และ คอนโทรลเลอร์ตรงกันที่จุดเริ่มทำงาน

สัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ขนาด 12 V ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 2.5 ms ค่าสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์มีขนาด 5 V มีระยะเวลา 2.0 ms เป็นสัญญาณที่นำไปลบ สัญญาณ จากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ให้เหลือระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 0.5 ms ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 สัญญาณตัดการฉีดเชื้อเพลิง

สัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ขนาด 12 V ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 2.5 ms สัญญาณควบคุมหัวฉีดหลังจากถูกลดระยะเวลา ขนาด 5 V มีระยะเวลา 1.2 ms ซึ่งจากการการวัดค่าสัญญาณจะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ตรงกันกับสัญญาณจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงสามารถปรับลดลงได้ ดังภาพที่ 4.3

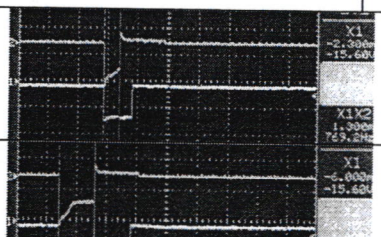
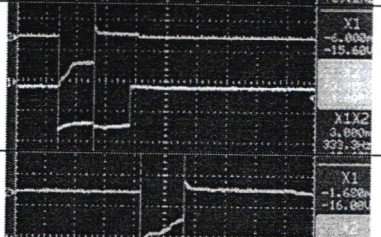
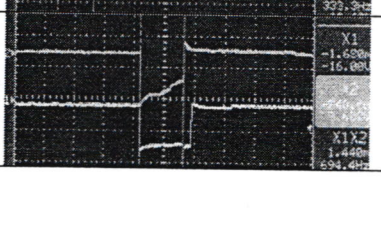


ภาพที่ 4.3 สัญญาณลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิง

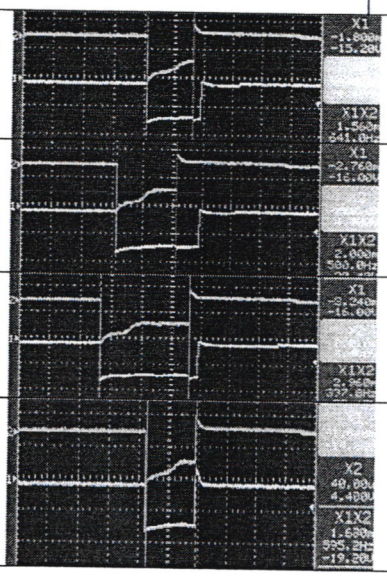
4.2 สัญญาณควบคุมหัวฉีด จากโปรแกรมประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

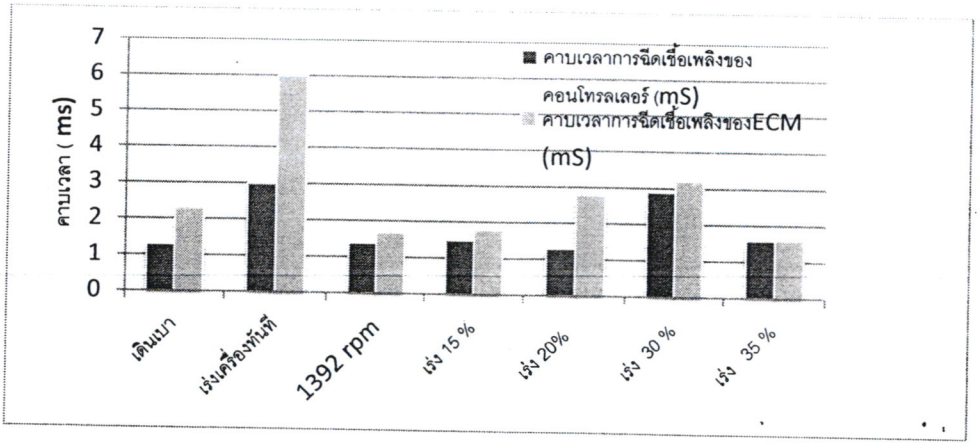
ทดสอบ สัญญาณควบคุมหัวฉีด จากโปรแกรมประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง นั้นแบ่งการทดสอบออกเป็น 7 ครั้งเพื่อเปรียบเทียบสัญญาณจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และสัญญาณที่โปรแกรมปรับลด การทดสอบครั้งที่ 1 – 4 การปรับเปลี่ยนตำแหน่งคันเร่งจากสตาร์ทเครื่องถึง 30 % มีการปรับลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงประมาณ 1 ms จาก 35 % ขึ้นไปไม่มีการปรับลดการฉีดเชื้อเพลิง หมายถึงการควบคุมเชื้อเพลิงที่ใช้โปรแกรมจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ดังนั้นการขับขี่ที่ประหยัดในโปรแกรมที่สร้างขึ้นใหม่อยู่ในช่วงการปรับเปลี่ยนคันเร่ง ไม่เกิน 30 % และยังลดความสิ้นเปลืองจากการปรับเปลี่ยนคันเร่งแบบทันทีทันใดได้ ผลอาจแตกต่างจากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ตามตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง

การทดสอบ	สัญญาณ	คอนโทรลเลอร์ (ms)	ECM (ms)	ระยะเวลาที่ลด
เครื่องยนต์เดินเบา		1.3	2.3	1
เร่งเครื่องทันทีทันใด		3	6	3
ที่ 1392 รอบ/นาที		1.4	1.7	0.3

ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง (ต่อ)

การทดสอบ	สัญญาณ	คอนโทรลเลอร์ (ms)	ECM (ms)	ระยะเวลาที่ลด
ปรับค่าคันเร่ง 15%		1.5	1.8	0.3
ปรับค่าคันเร่ง 20 %		1.3	2.8	1.5
ปรับค่าคันเร่ง 30 %		2.9	3.2	0.3
ปรับค่าคันเร่ง 35 %		1.6	1.6	0



ภาพที่ 4.4 ระยะเวลา (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง

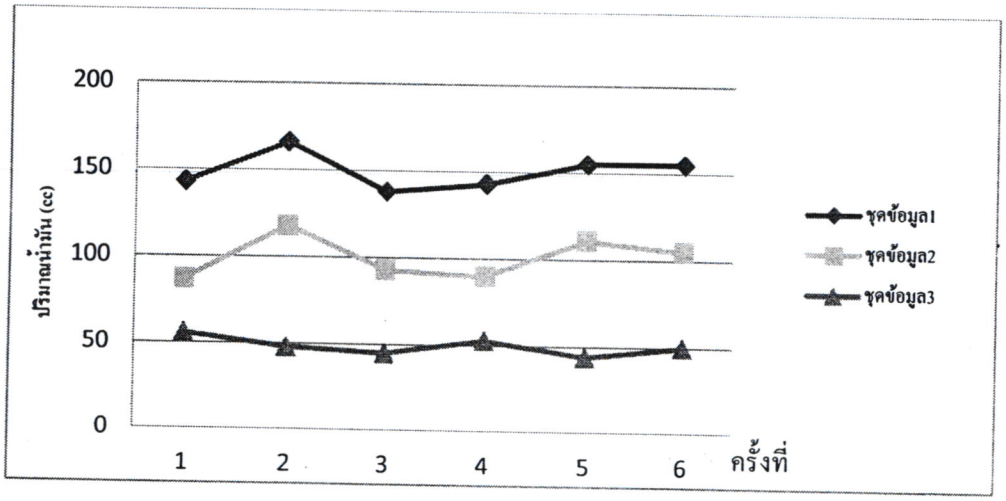
4.3 ผลการใช้น้ำมันจากระบบเดิมและระบบที่พัฒนาโดยทดสอบขับขี่จริง

การทดสอบ 10 กิโลเมตร 6 ครั้ง โดยใช้รถจักรยานยนต์ Wave110i คนขับ เส้นทาง การขับ เวลา และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 (E10) เหมือนกัน โดยสภาพถนนคอนกรีตที่อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ถนนกว้าง 5 เมตร เป็นซอยในชุมชน จากผลการทดสอบมีการใช้น้ำมันในแต่ละครั้งไม่เท่ากันอาจมีสาเหตุจากมีตัวแปรที่มีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อย จึงได้ทดสอบ 6 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย การทดสอบปริมาณการใช้น้ำมันจะลดลง ทุกครั้งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถลดการใช้

สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ ในระบบพีจีเอ็มเอฟไอเดิมใช้น้ำมัน 138 – 155cc. ระบบที่พัฒนา ใช้น้ำมัน 87 – 118 cc. ปริมาณน้ำมันที่ลดได้ เฉลี่ย 33 % ตามตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบขับขี่จริงโดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91(E10)

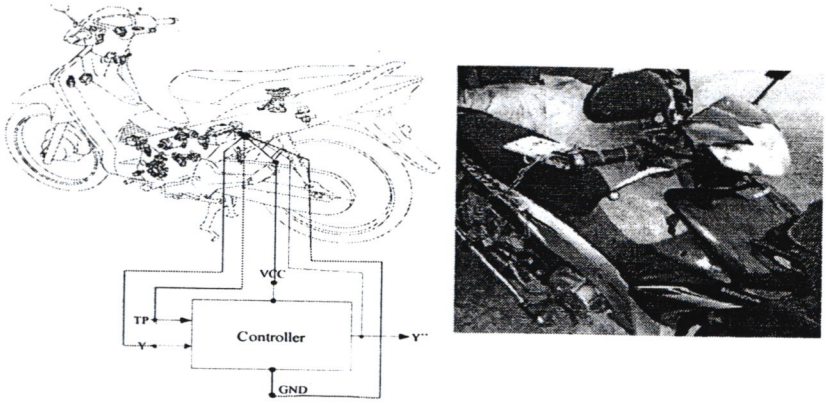
ครั้งที่ทดลอง (10 กิโลเมตร)	ปริมาณน้ำมัน cubic centimeter (cc)			
	ระบบ PGM-FI ของ WAVE110i	ระบบที่พัฒนา	ปริมาณที่ลดได้	% ที่ลดได้
1	143	87	56	39
2	166	118	48	29
3	138	93	45	33
4	143	90	53	37
5	155	111	44	28
6	155	105	50	32
รวม	900 cc	604 cc	296 cc	33%



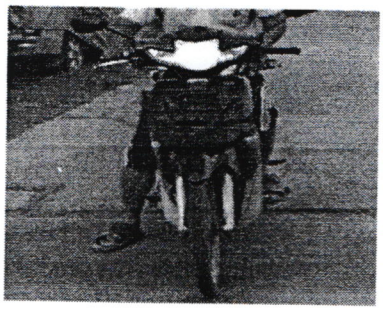
ภาพที่ 4.5 กราฟ เปรียบเทียบ การใช้น้ำมันจากการทดลองจริง

การติดตั้ง คอนโทรลเลอร์ในรถจักรยานยนต์ WAVE 110I ต่อไฟฟ้าจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) วงจรคอนโทรลเลอร์จะทำงานพร้อมกัน อินพุทจากตัวตรวจจับลิ้นเร่งใช้ตัวเดียวกัน ตัดสายสัญญาณขาออกของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ต่อเข้าในวงจรคอนโทรลเลอร์ ต่อสายควบคุมหัวฉีดจากวงจรคอนโทรลเลอร์ ในการต่อวงจรดังกล่าวสามารถควบคุมเครื่องยนต์โดย

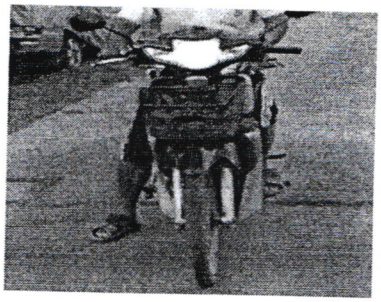
ใช้โปรแกรมจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ได้หรือทำงานจากการควบคุมหัวฉีดไฟฟ้าร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์



ภาพที่ 4.6 การติดตั้งคอนโทรลเลอร์ในรถจักรยานยนต์ Wave 110I



ภาพที่ 4.7 การทดลองขับขี่จริง



ภาพที่ 4.7 การทดลองขับขี่จริง

4.4 วิเคราะห์ผล

จากการทดสอบระบบพีจีเอ็มเอฟไอที่พัฒนาขึ้นโดยให้คอนโทรลเลอร์ปรับปรุงการฉีดเชื้อเพลิงร่วมกับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) ซึ่งช่วงเวลาการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงต้องตรงกันเพราะหลักการทำงานของเครื่องยนต์ จะมีการจ่ายเชื้อเพลิงก่อนมีการจุดระเบิดทุกครั้งถ้าการจ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกต้องตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์มีผลให้เกิดการชิงจุดระเบิดทำให้เครื่องยนต์มีกำลังต่ำและสิ้นเปลืองน้ำมัน ผลการทดสอบช่วงเวลามีค่าตรงกันแสดงว่า ระบบคอนโทรลเลอร์และวงจรที่สร้างขึ้นทำงานร่วมกับ กล่องควบคุมเครื่องยนต์ได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อจังหวะการจุดระเบิด ระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่ จะปรับลดเพียงระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเท่านั้น

จากผลการทดสอบโปรแกรมประหยัดน้ำมันซึ่งต้องการปรับลดการใช้น้ำมันในแต่ละรอบการทำงานเท่านั้นจากหลักการเผาไหม้ซึ่งส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันมีค่า ประมาณ อากาศ 15ส่วนต่อน้ำมัน1ส่วนเมื่อต้องการประหยัดน้ำมันต้องลงปริมาณน้ำมันให้น้อยกว่าเดิมตามกราฟการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในผลการทดสอบ สามารถลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงได้ซึ่งหมายถึงการลดปริมาณการใช้น้ำมัน แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมประหยัดน้ำมันที่สร้างขึ้นประหยัดน้ำมันได้

จากผลการทดสอบขับขี่จริง มีปริมาณน้ำมันที่ใช้ลดลงทุกครั้งที่ทำการทดสอบและลดจากระบบเดิมได้ถึง 33 % แสดงว่า ระบบการฉีดเชื้อเพลิงที่พัฒนาขึ้นสามารถประหยัดน้ำมันได้จริง แต่การปรับส่วนผสมเชื้อเพลิงและอากาศนั้นอาจไม่ตรงตามอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงมากนักเพราะเป็นการประมาณแนวโน้มตามกราฟการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงซึ่งต้องอาจทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ฉีดเชื้อเพลิงและปริมาณเชื้อเพลิงจริงจึงทำให้ได้ค่าที่แม่นยำ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดที่โปรแกรมได้ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) เป็นระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ โดยควบคุมหัวฉีดให้จ่ายเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรม มีส่วนประกอบสำคัญคือ ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System) และระบบจุดระเบิด (Ignition System) ระบบเชื้อเพลิง มีปั๊มซึ่งติดตั้ง ในถังเชื้อเพลิงทำหน้าที่สร้างแรงดันเชื้อเพลิงคงที่ให้หัวฉีดซึ่งติดตั้งในคาร์บูเรเตอร์ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจะควบคุมด้วย สัญญาณระยะเวลาการเปิดหัวฉีดจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) โดยมีการจ่ายเชื้อเพลิงทุกสองรอบการทำงานของเครื่องยนต์ กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) รับสัญญาณอินพุทจากหน่วยตรวจจับ (Sensor Unit) มาประมวลผลด้วยโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงจากโรงงาน จะควบคุมอัตราส่วนไอดีหรืออากาศต่อน้ำมันให้เหมาะสมในการป้อนเข้าห้องเผาไหม้โดยทั่วไปมีอัตราส่วน น้ำมัน1 ส่วนต่ออากาศ 15 ส่วน

การควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรมในกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะควบคุมด้วยระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน เช่น ช่วงการเดินเบา การสตาร์ทเครื่องยนต์ การเร่งเครื่องทันทีทันใด การผ่อนคันเร่งทันทีทันใด เป็นต้น การลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงโดยสร้างคอนโทรลเลอร์ติดตั้งเพิ่มเติมในระบบพีจีเอ็มเอฟไอ (PGM-FI) ควบคุมระยะเวลาแบบใหม่ โดยใช้สัญญาณอินพุทจากเซ็นเซอร์ตำแหน่งคันเร่ง (TP Sensor) ซึ่งเป็นการสื่อถึงผู้ขับขี่มีความต้องการกำลังจากเครื่องยนต์ ในการจ่ายเชื้อเพลิงให้มีจุดเริ่มต้นตรงกับระบบเดิมนั้น ใช้สัญญาณอินพุทจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) เดิมเป็นเอาพุทควบคุมหัวฉีด นำสัญญาณดังกล่าวมาเป็นอินพุทของคอนโทรลเลอร์เพื่อให้มีช่วงการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่ตรงกัน ผลการทดสอบสัญญาณควบคุมหัวฉีดที่พัฒนาขึ้นมีช่วงเริ่มต้นระยะเวลาที่เท่ากัน ทำงานร่วมกับระบบเดิมได้

โปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงจากเดิมได้ในช่วงการปรับเปลี่ยนค่าคันเร่ง 10-30 % หลังจากการปรับเปลี่ยนค่าคันเร่งมากกว่า 30 % ระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับสัญญาณเดิมของระบบ ในโปรแกรมควบคุมจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) จะจ่ายเชื้อเพลิงมากที่สุดช่วงการเร่งเครื่องทันทีทันใด มีระยะเวลาสูงถึง 6 ms โปรแกรมที่สร้างขึ้นปรับลดในสถานการณ์นี้มากที่สุดโดยปรับลด 3 ms หรือ 50 % มีผลให้ลดการกระชากในการขับขี่ เพราะควบคุมกำลังให้เครื่องยนต์น้อยลง เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าคันเร่งมากกว่า 30 % จะมี

การจ่ายเชื้อเพลิงเท่ากับโปรแกรมจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ ทั้งนี้ทำให้อัตราเร่งเมื่อขี่ด้วยความเร็วสูง จะเป็นการขับขี่ด้วยโปรแกรมการจากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM)

ผลการทดสอบระยะทางรวม 60 กิโลเมตร โดยควบคุมตัวแปรให้เหมือนกัน แบ่งการทดสอบออกเป็น 6 ครั้ง ๆ ละ 10 กิโลเมตรในการทดสอบ 6 ครั้ง เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมควบคุมเครื่องยนต์ จากกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECM) และระบบที่พัฒนาขึ้นจะลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทุกครั้ง การทดสอบครั้งที่ 2 ลดลง มากที่สุด 46 % แสดงให้เห็นว่า วิธีการขับขี่อาจมีผลต่อการประหยัดเชื้อเพลิง การทดสอบครั้งที่ 4 ลดปริมาณการใช้น้ำมันน้อยที่สุดเพียง 24 % เท่านั้น โดยเฉลี่ยประหยัดน้ำมันได้ 33 % จากระบบเดิม กำลังของเครื่องยนต์อาจจะมีการลดลงบ้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

กำลังของเครื่องยนต์มากจากการควบคุมปริมาณอากาศและเชื้อเพลิง เมื่อปรับลดปริมาณเชื้อเพลิง ตามโปรแกรมที่สร้างขึ้นใหม่ ย่อมจะทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลงบ้างบางจังหวะของการขับขี่ ซึ่งผู้วิจัยยังไม่ได้ศึกษาส่วนนี้

การเขียนโปรแกรมเพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงผู้วิจัยได้ทดสอบเขียนเพียงโปรแกรมเดียว ซึ่งยังมีโปรแกรมควบคุมเครื่องยนต์ให้ประหยัดเชื้อเพลิงแบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับการขับขี่แบบต่าง ๆ ที่ต้องศึกษา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กันฆ์ หงษาชาติ. การปรับปรุงเครื่องยนต์ให้รองรับเชื้อเพลิง E85. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2554.

เกษม อุทัยไขฟ้า และคนอื่นๆ. การควบคุมตำแหน่งด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี. คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2553.

ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม และคนอื่นๆ. "การปรับปรุงระบบการฉีด เชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 ", วารสารวิจัย มข. 16 (7) : 774-785 ; กันยายน-ตุลาคม, 2554.

วิทวัส อิ่มเอิบ และคนอื่นๆ. "ระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดในเครื่องยนต์รถแข่ง", ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ : ศูนย์รังสิต, 2551.

สมศักดิ์ อินทะไชย. "การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง 100 %", ใน การประชุมวิชาการบทบาทของมหาวิทยาลัยต่อการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติงานจริง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2552.

อนุชา วงศ์จันสม และคนอื่นๆ. "การพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบขับเคลื่อนสำหรับหุ่นยนต์บิน", ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 23. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

AP Honda. Honda Repair Manual wave i. APHonda co Thai., ltd. 2009.

Sritram, Chamniprasart. "Improvementof control fuelinjection system for motorcycle Engine", In proceedings of the 24th Conference of the Mechanical Engineering Network of Ubon Ratchathani. Thailand, 2010.

ภาคผนวก

Pic16F877 Data sheet

Microcontroller Core Features

• High performance RISC CPU

• Only 35 single word instructions to learn

• All single cycle instructions except for program

branches which are two cycle

• Operating speed: DC - 20 MHz clock input DC - 200 ns instruction cycle• Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM) Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory

• Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77

• Interrupt capability (up to 14 sources)

• Eight level deep hardware stack

• Direct, indirect and relative addressing modes

• Power-on Reset (POR)

• Power-up Timer (PWRT) and

Oscillator Start-up Timer (OST)

• Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation

• Programmable code protection

• Power saving SLEEP mode

• Selectable oscillator options

• Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology

• Fully static design

• In-Circuit Serial Programming□ (ICSP) via two pins

• Single 5V In-Circuit Serial Programming capability

• In-Circuit Debugging via two pins

• Processor read/write access to program

• Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V

• High Sink/Source Current: 25 mA

• Commercial, Industrial and Extended temperature ranges

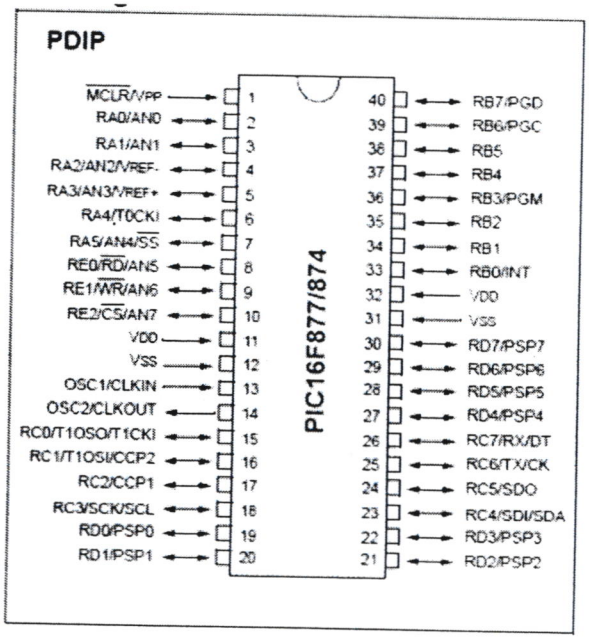
• Low-power consumption:

- < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz

- 20 A typical @ 3V, 32 kHz

- < 1 A typical standby current

Pin Diagram



Key Features **PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)**	**PIC16F877**
Operating Frequency	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory	256
Interrupts	14
I/O Ports	Ports A,B,C,D,E

Timers	3
Capture/Compare/PWM Modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Instruction Set	35 instructions

ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

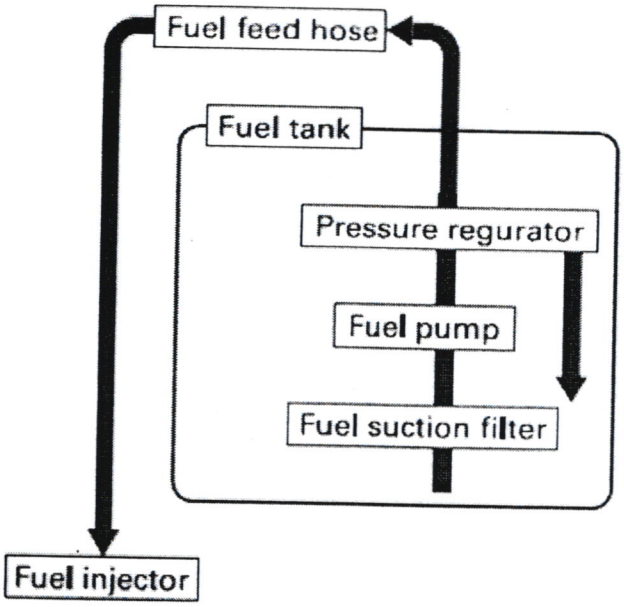
PCFG3: PCFG0	AN7(1) RE2	AN6(1) RE1	AN5(1) RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs(2)
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

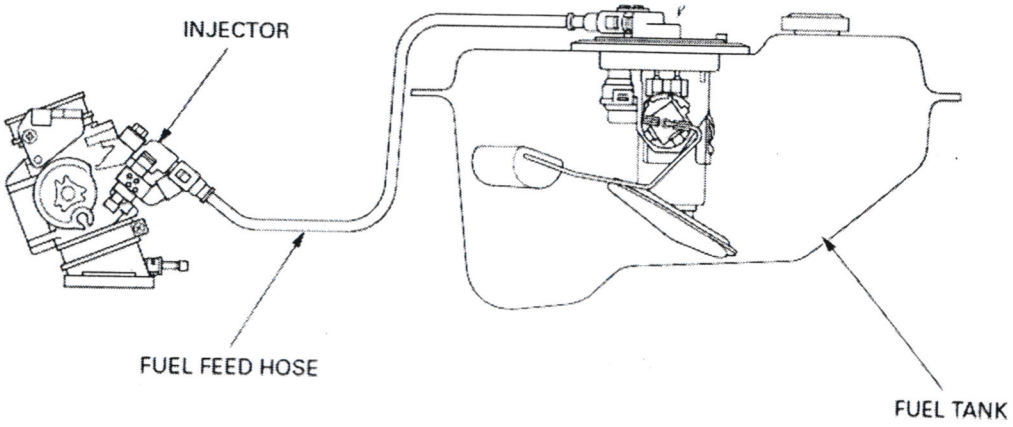
A = Analog input D = Digital I/O

TECHNICAL FEATURE Wave 110i

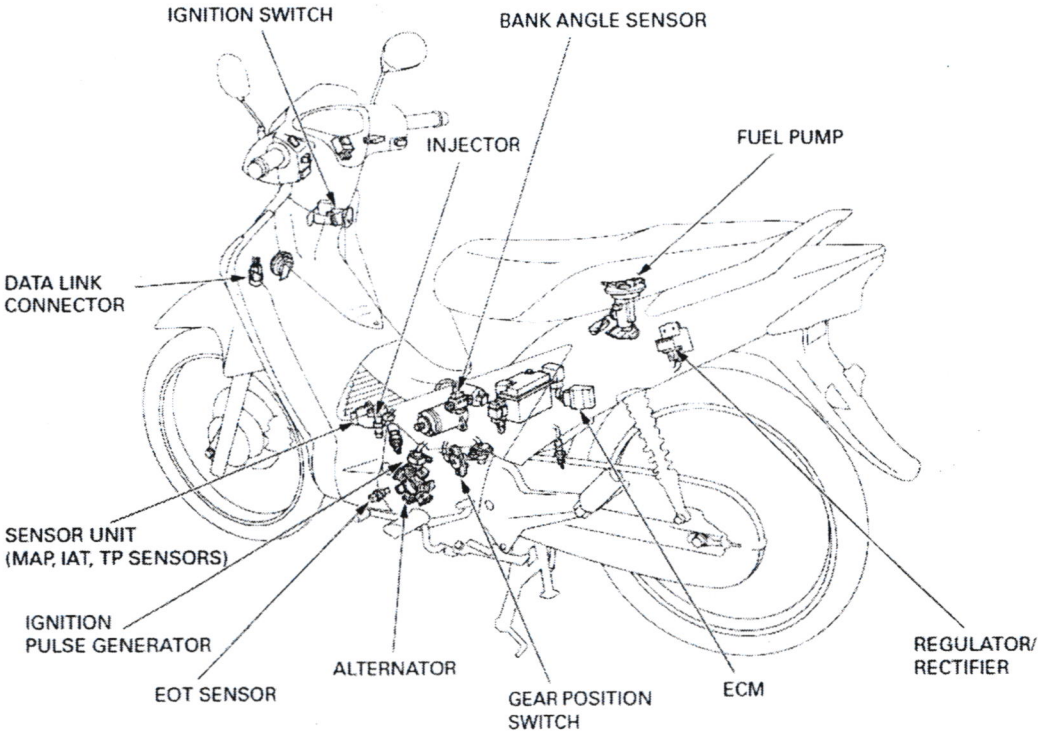
ABSOLUTE PRESSURE FUEL SUPPLY SYSTEM

The fuel delivery system consists of the following components: fuel tank, fuel suction filter, fuel pump, internal pressure regulator, fuel feed hose and injector. This system is eruipped with the absolute fuel pressure. There is no external fuel return hose or vacuum pressure regulator with this system. The fuel pressure in the fuel delivery system is regulated by the internal pressure regulator and always kept absolute; 294 kPa (3.0 kgf/cm2, 43 psi). The internal pressure regurator returns the fuel by opening a valve when the fuel pressure increases more than 294 kPa (3.0 kgf/cm2, 43 psi). This system optimizes injection volume by the ECM control.

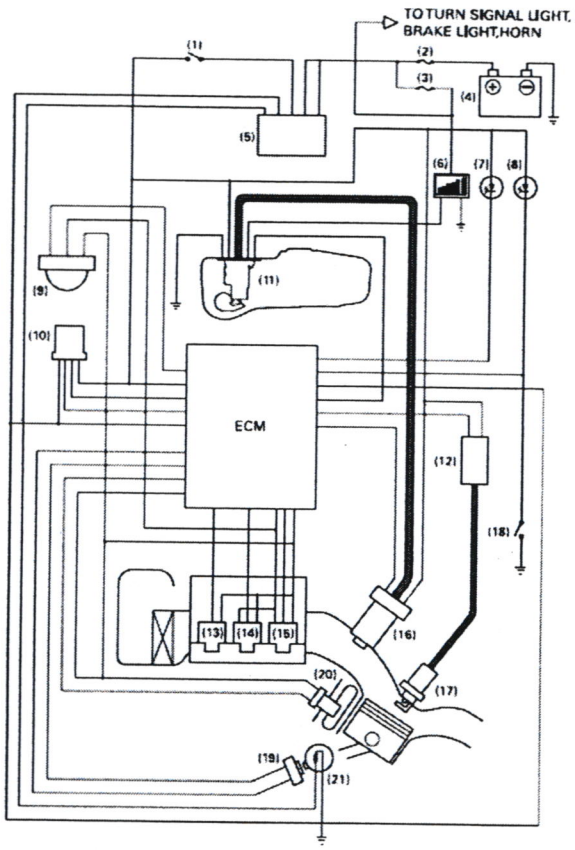

Fuel feed hose
Fuel tank
Pressure regurator
Fuel pump
Fuel suction filter
Fuel injector


INJECTOR
FUEL FEED HOSE
FUEL TANK

PGM-FI SYSTEM LOCATION



PGM-FI SYSTEM DIAGRAM



(1) Ignition switch

(2) Main fuse (15 A)

(3) Sub fuse (10 A)

(4) Battery

(5) Regulator/rectifire

(6) Fuel meter

(7) Malfunction indicator lamp (MIL)

(8) Neutral position indicator

(9) Bank angle sensor

(10) Data Link Connector (DLC)

(11) Fuel pump

(12) Ignition coil

(13) Intake air temperature sensor (IAT sensor)

(14) Throttle position sensor (TP sensor)

(15) Manifold absolute pressure sensor (MAP sensor)

(16) Injector

(17) Spark plug

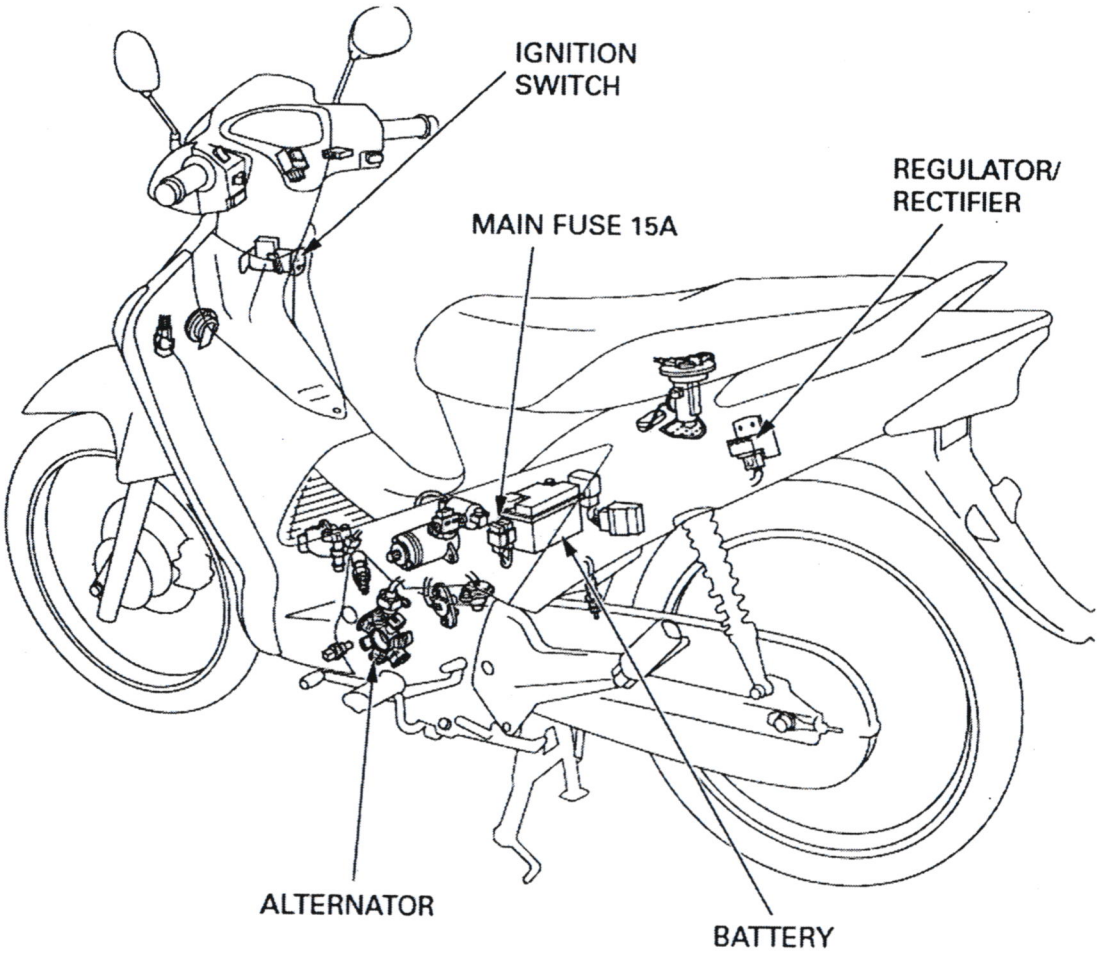
(18) Gear (neutral) position switch

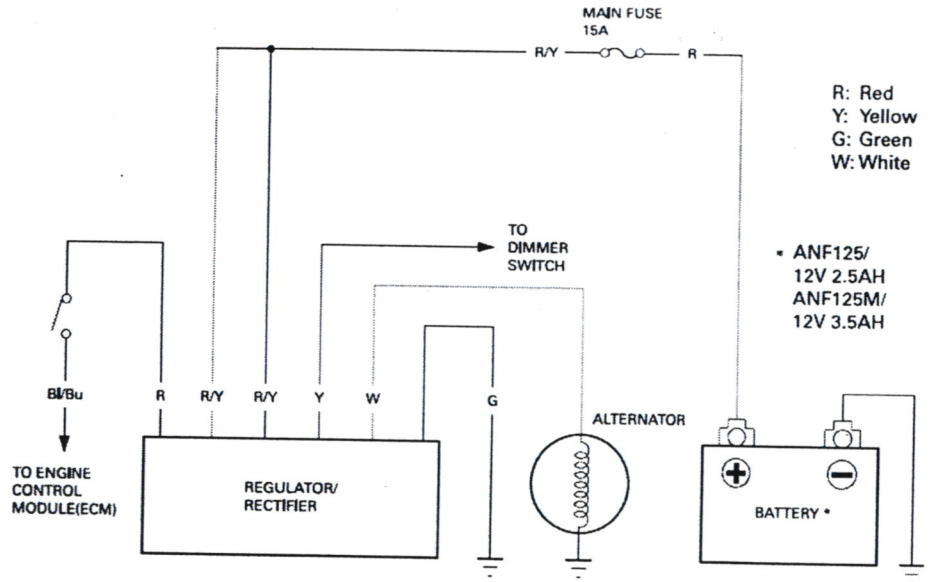
(19) Ignition pulse generator

(20) Engine oil temperature sensor (EOT sensor)

(21) Alternator charging coil

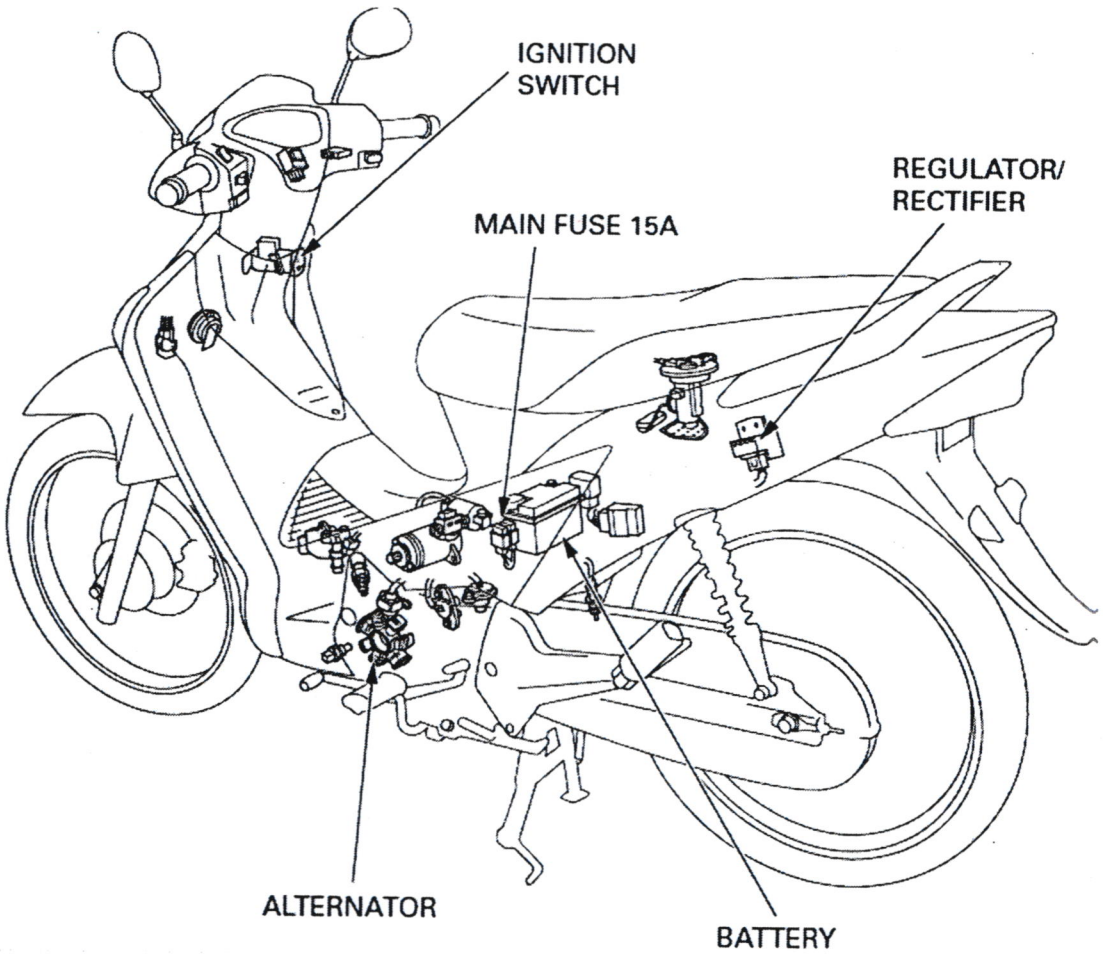
CHARGING SYSTEM DIAGRAM

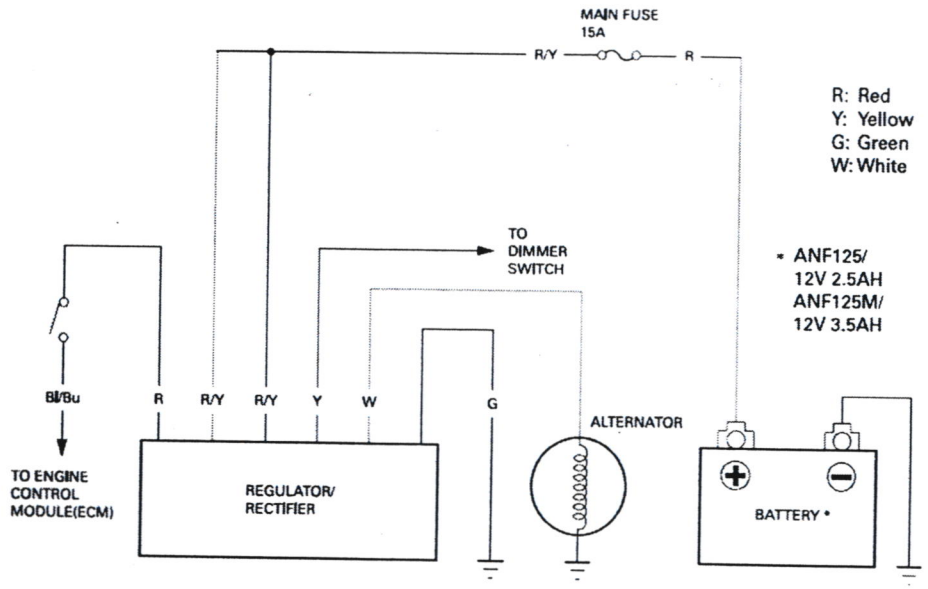




CHARGING SYSTEM TROUBLESHOOTING

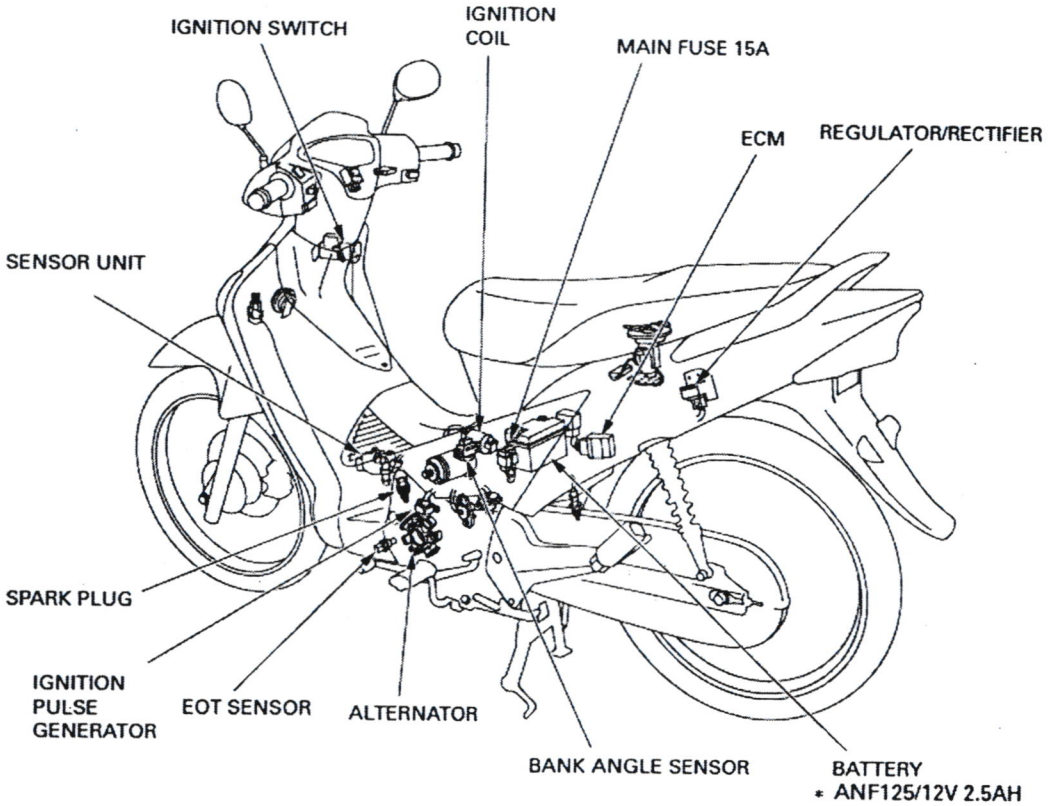
CHARGING SYSTEM DIAGRAM

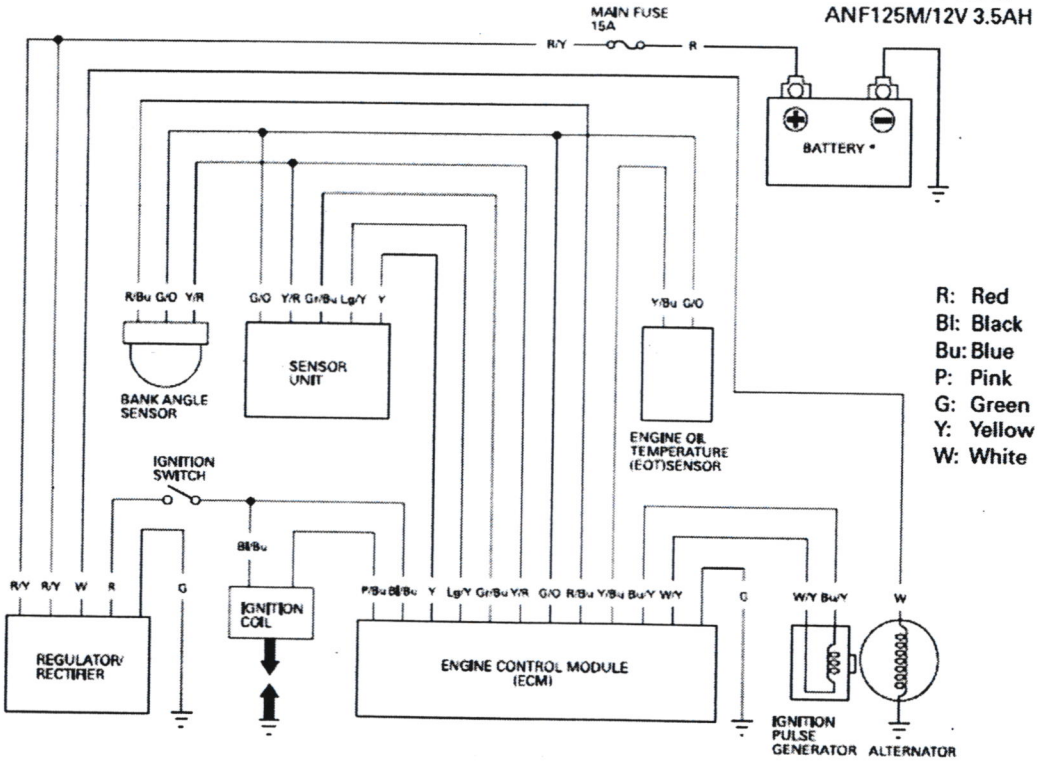




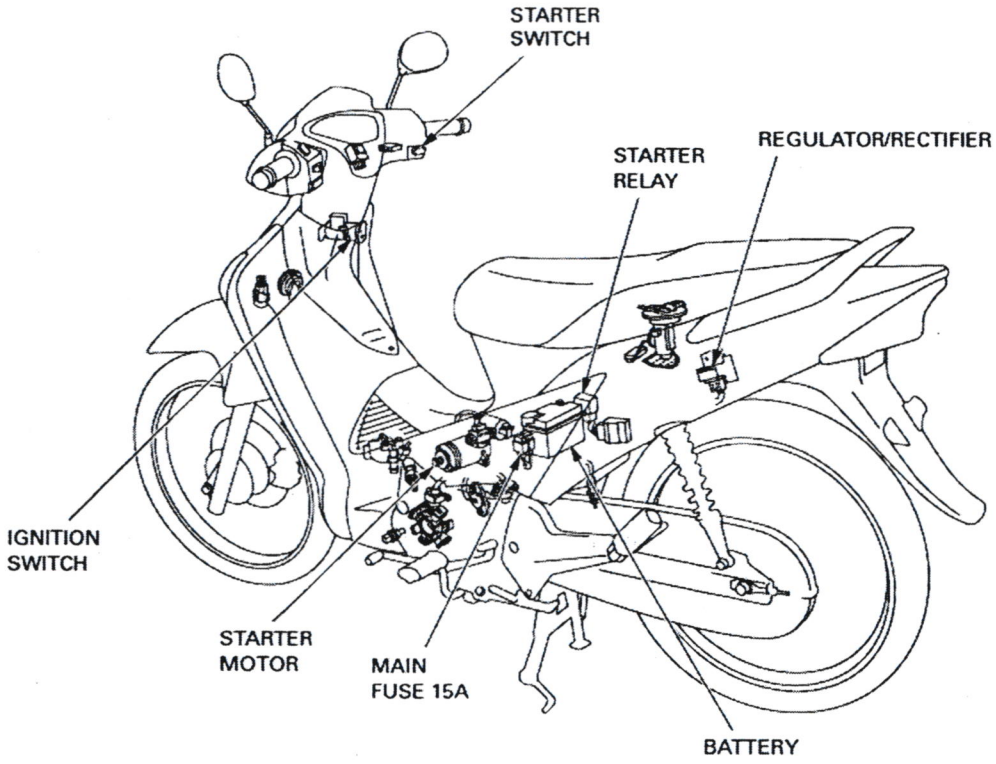
CHARGING SYSTEM TROUBLESHOOTING

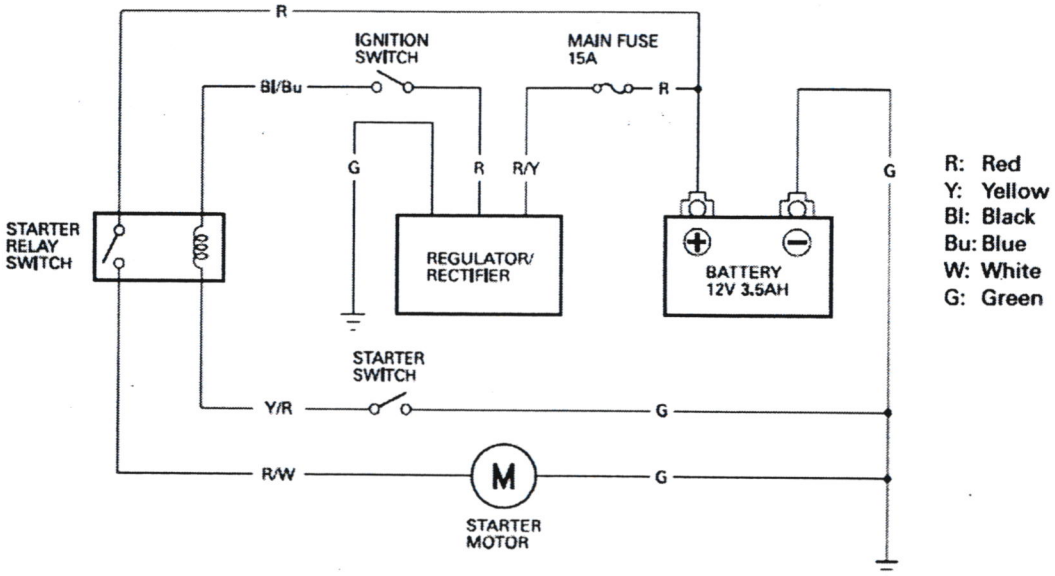
IGNITION SYSTEM DIAGRAM



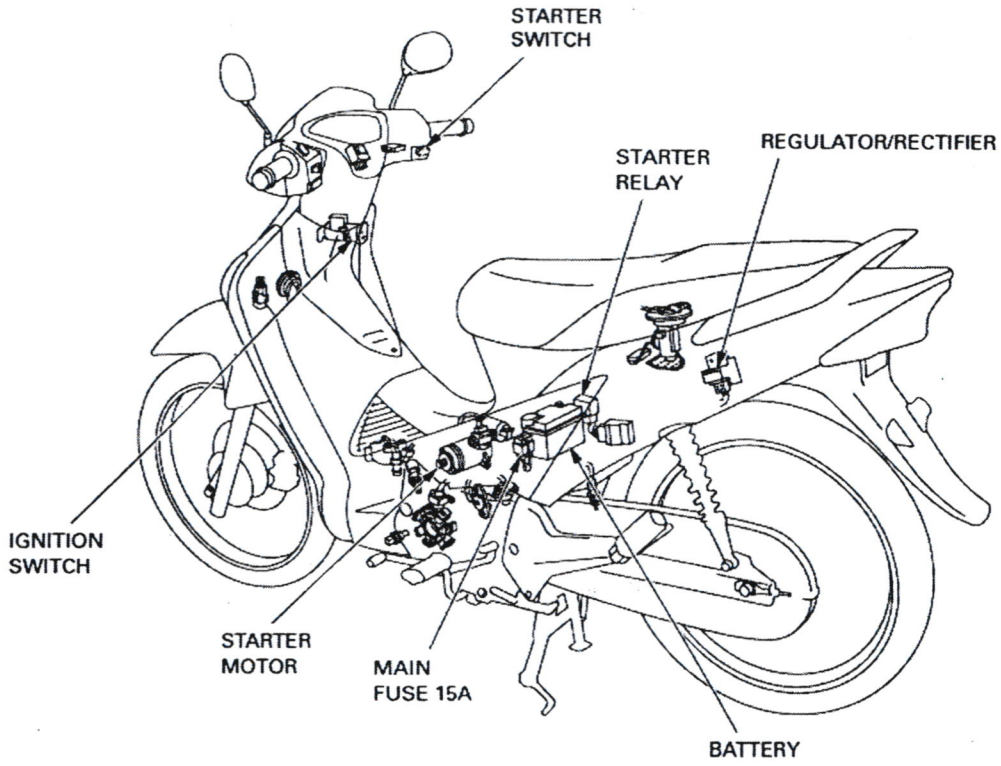


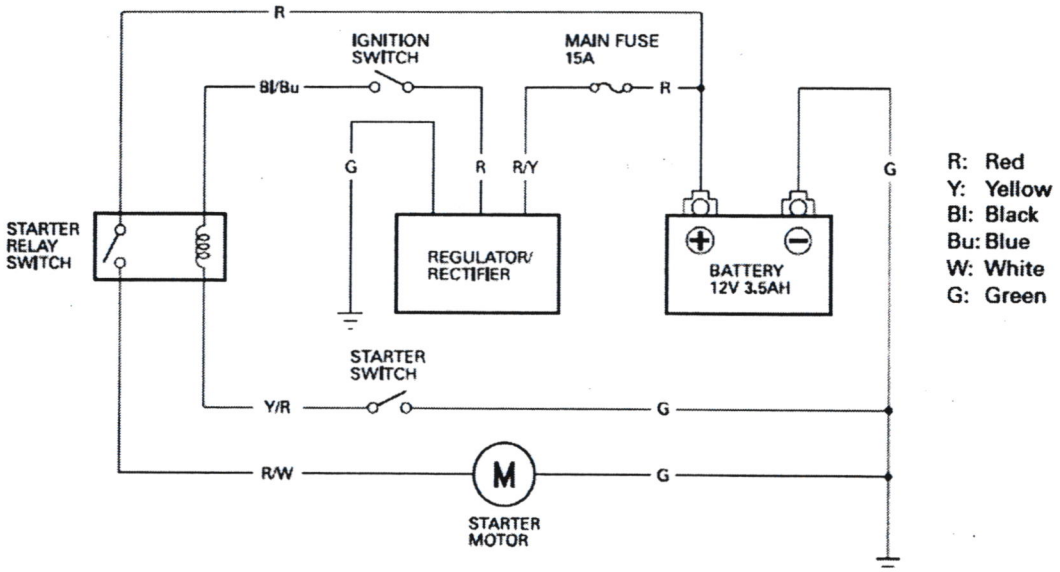
ELECTRIC STARTER SYSTEM DIAGRAM





ELECTRIC STARTER SYSTEM DIAGRAM





Air Cleaner Capacity	2.2 litters
Fuel Tank Capacity	3.7 litters
Fuel Consumption	56.7km/l (HUDC)
ELECTRICAL SYSTEM Ignition System	Computer-controlled digital transistorised with electronic advance
Ignition Timing	10° BTDC (idle) ~ 62.3° BTDC (8,000min-1)
Sparkplug Type	CPR6EA-9S
Battery Capacity	12V-3AH
Transmission Type	4-speed, rotary
Final drive	Clip type 420 chain
Wheelbase	1227mm
Kerb Weight	99.1kg (F: 42.2kg; R: 56.9kg)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายเดชชาติ เชิดชัย
ประวัติการศึกษา	โรงเรียนบ้านโคกมะเมียนบ้านหลักวอ จังหวัดสุรินทร์
	โรงเรียนสุรวิทยาคารจังหวัดสุรินทร์
	ประกาศนียบัตรเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตสุรินทร์
	วิทยาศาสตรบัณฑิตไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ประวัติการวิจัย	การปรับปรุงระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85
	พัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์เพื่อประหยัดน้ำมัน
ประวัติการทำงาน	พนักงานราชการ (ปฏิบัติหน้าที่การสอน) โปรแกรมวิชาไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	88/3 ชุมชนใจแก้ว ตำบลหนองหอย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50000 (085-7784155)