

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เอทานอล

INJECTION CONTROL MODULE FOR ETHANOL ENGINE



นาย กฤษดิน อมยาบัตร
นาย จักรพงษ์ โคดรัมย์
นาย จักรพงษ์ หมอกใส
นาย จิรวัดน์ นฤพันธ์วาทย์

เลขานุ.....
เลขทะเบียน..... 82178
วัน,เดือน,ปี..... - 9 ก.ค. 2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b..... 11945559
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เอทานอล

INJECTION CONTROL MODULE FOR ETHANOL ENGINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เอทานอล

INJECTION CONTROL MODULE FOR ETHANOL ENGINE

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-----------------|--------------|----------|
| 1. นาย กฤษลิน | ถมชาบัตร | 47010025 |
| 2. นาย จักรพงษ์ | โคคชัย | 47010086 |
| 3. นาย จักรพงษ์ | หมอกใส | 47010090 |
| 4. นาย จิรวัดน์ | นฤพันธ์วาทย์ | 47010106 |



(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เอทานอล

โดย	นาย กฤษลิน ถมยาบัตร	47010025
	นาย จักรพงษ์ โคดข้ม	47010086
	นาย จักรพงษ์ หมอกใส	47010090
	นาย จิรวุฒน์ นฤพันธุ์หาแพทย์	47010106

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดาเจริญพรพาณิชย์

บทคัดย่อ

เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์และยานยนต์ในประเทศไทยนั้น เกือบจะทั้งหมดเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศทำให้ประเทศเราเสียดุลการค้ากับต่างประเทศเป็นมูลค่ามหาศาล และยังมีแนวโน้มว่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นทุกปีไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือดีเซล วิธีหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้คือการใช้พลังงานทดแทน บทความฉบับนี้ มีความประสงค์เพื่อสร้างกล่องควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหัวฉีด ซึ่งพบว่าการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินในปัจจุบันนั้นต้องปรับเปลี่ยนอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมัน (A/F ratio) และจากบทความแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระยะเวลาการฉีดโดยการปรับแก้ ECU เป็นวิธีที่ดีที่สุด อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงสามารถปรับระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อรองรับการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอลได้ทุกอัตราส่วน ซึ่งใช้การเขียนโปรแกรมเปลี่ยนระยะเวลาการฉีดลงใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16877A) โดยรับค่าสัญญาณ 2 สัญญาณคือสัญญาณลิ้นเร่ง (กระแสตรง) และสัญญาณหัวฉีดเดิมจากกล่องหลัก (พัลส์ 12V) ส่งไปเข้าอุปกรณ์เพื่อให้อุปกรณ์เลือกค่าสัญญาณการฉีดใหม่จากการทดลองพบอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นเนื่องเนื่องจากการกำหนดค่าระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงใน โปรแกรมฉีดได้ช้ากว่ากล่องปกติ 0.3ms ส่งผลให้อัตราการกินแก๊สโซลีนเพิ่มขึ้น 6.875% โดยเทียบที่ 6000 รอบอัตราการกินน้ำมันเอทานอล 20 ลดลง 5.23% ปร็อร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INJECTION CONTROL MODULE FOR ETHANOL ENGINE

Kitsarin Thomyabat

Jakkapong Dodyam

Jakkapong Moksai

Chirawat Narupantawat

Assist. Prof. Chinda Charoenphonphanich Advisor

ABSTRACT

In modern day, most engines and automobiles are using imported fuel; consequently, they are generating a huge deficit in Thailand's balance of payment as fuel prices have been surging up continually. The best way to solve this problem is to find an alternative to imported fuel. This project is focusing on a designed microcontroller unit (MCU) and on how it controls the injector. It was found that ethanol used nowadays must be modified its A/F Ratio. The result also shows that modifying ECU in order to lengthen its injection period is optimum. The programmed MCU (PIC 16F877A) can vary the injection period of gasoline fuel of any A/F ratio by receiving two signals (TPS signal, Original Injection signal) and afterward redirecting to the injection module; as a result, the consuming rate of gasoline was increased by 6.875% at 6000 rpm and The consuming rate of gasohol E20 was decreased by 5.23% at 6000 rpm but injection timing delay 0.3 ms in the injection period.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



นาย กฤษลิน ถมยบัตร์
นาย จักรพงศ์ โดคล้าย
นาย จักรพงษ์ หมอกใส
นาย จิรวัดณ์ นฤพันธ์วาทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการปริญญาโท	2
1.3 สมมุติฐานของโครงการปริญญาโท	2
1.4 ขอบเขตของโครงการปริญญาโท	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 เชื้อเพลิงเบนซิน	3
2.1.1 คุณสมบัติที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ในการใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด	4
2.2 เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์	4
2.2.1 ประวัติการเริ่มใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับเชื้อเพลิงเบนซิน	4
2.2.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอล	4
2.2.3 วิธีการหาอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง	6
2.2.4 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการคำนวณ	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 ระบบฉีดเชื้อเพลิง	9
2.3.1 การควบคุมระยะเวลาการฉีดพื้นฐาน	9
2.3.2 การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	10
2.3.3 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	11
2.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบฉีดเชื้อเพลิง	12
2.5 พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F877A	13
2.6 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A	16
2.7 Configuration word	19
2.8 โหมดสัญญาณนาฬิกา	20
2.9 กระบวนการรีเซ็ตใน PIC16F877A	20
2.9.1 เพาเวอร์อ็อกกรีเซต (Power-on reset: POR)	21
2.9.2 เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (PWRT)	21
2.9.3 ออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทมเมอร์ (OST)	21
2.9.4 จังหวะการเกิดเพาเวอร์ออนรีเซต	22
2.9.5 การรีเซ็ตที่ขา MCLR	22
2.9.6 การรีเซ็ตเนื่องจากวอตช์ด็อกไทมเมอร์	22
2.9.7 บรรเทาเอาต์รีเซต	23
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	25
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	25
3.1.1 เครื่องยนต์สำหรับการทดลอง	
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
3.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมชุดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	32
3.2.1 ทำการเก็บค่าสัญญาณลิ้นเร่ง	32
3.2.2 ทำการวัดค่าสัญญาณหัวฉีด	33
3.2.3 เริ่มทำการเขียนโปรแกรม	33
3.2.4 ออกแบบวงจรเพื่อใช้กับโปรแกรม	35
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	38

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	39
4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง	39
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	39
4.3 การทดลอง	39
4.4 ผลการทดสอบเครื่องยนต์	40
4.4.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	40
4.4.2 ผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	46
4.4.3 สัญญาณการฉีดเดิมเมื่อเทียบกับสัญญาณการฉีดใหม่	52
บทที่ 5 สรุปผลและเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผล	53
5.1.1 หลักการออกแบบวงจร	53
5.1.2 กำลังของเครื่องยนต์เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	53
5.1.3 แรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	53
5.1.4 อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก	55
ภาคผนวก ข	57
บรรณานุกรม	61

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน	10
2-2	แสดงไดอะแกรมการควบคุมการเพิ่มระยะเวลาการฉีด	11
2-3	แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	12
2-4	ไดอะแกรมแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฮาร์ดแวร์	14
2-5	แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	14
2-6	แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์เมื่อกระทำคำสั่งการกระโดด	15
2-7	ภาพแสดงสัญญาณนาฬิกา	19
3-1	จักรยานยนต์ที่ใช้สำหรับทดลอง	26
3-2	เซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง	26
3-3	กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM)	27
3-4	แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	27
3-5	อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด (INJECTION CONTROL MODULE)	28
3-6	ออสซิลอสโคป	29
3-7	อุปกรณ์กำเนิดความถี่	29
3-8	อุปกรณ์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์	30
3-9	เครื่องวัดปริมาณไอเสีย	30
3-10	เครื่องทดสอบ	31
3-11	อุปกรณ์วัดปริมาณความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	31
3-12	กราฟแสดงองศาการเปิดของลิ้น (0 – 100 %)	32
3-13	สัญญาณไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง	32
3-14	สัญญาณไฟฟ้าของกล่องที่ส่งเข้าหัวฉีด	33
3-15	แสดงแนวคิดกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	34
3-16	ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC16F877A	35
3-17	วงจรแปลงสัญญาณหัวฉีดเดิมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์	35
3-18	จำลองสัญญาณการฉีดและสัญญาณเข้าอุปกรณ์ระยะเวลาการฉีด	36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3-19	ภาพแสดงวงจรชุดขับหัวฉีด	36
3-20	จำลองสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์และสัญญาณที่ส่งไปยังหัวฉีด	37
3-21	ภาพแสดงวงจรที่ออกแบบแล้ว	38
4-1	การเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด	42
4-2	การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด	42
4-3	กราฟเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	43
4-4	กราฟ Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เปรียบเทียบเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	46
4-5	เปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	48
4-6	เปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่ออุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	48
4-7	กราฟเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	49
4-8	Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เปรียบเทียบเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	51
4-9	แสดงสัญญาณการฉีดเดิมกับสัญญาณการฉีดที่ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	52

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ตารางแสดงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Characteristics of Fuel)	5
2-2 ค่าA/F ratio	7
2-3 ตารางคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A	18
3-1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง	25
4-1 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน	40
4-2 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E10	41
4-3 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E20	41
4-4 ผลการทดลองคุณภาพไอเสียของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน	43
4-5 ผลการทดลองคุณภาพไอเสียของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E10	44
4-6 ผลการทดลองคุณภาพไอเสียของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E20	44
4-7 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน	44
4-8 Brake mean effective pressureของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E10	45
4-9 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E20	45
4-10 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน (ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)	46
4-11 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E10 (ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)	47
4-12 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E20 (ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)	47
4-13 ค่าไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีนขณะเดินเบาเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	49
4-14 ค่าไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E10ขณะเดินเบาเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลา	50
4-15 ค่าไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E20 เดินเบาเมื่อผ่าน อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด	50
4-16 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน	50
4-17 Brake mean effective pressureของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E10	50
4-18 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอลล์E20	51
ก-1 แสดงตัวอย่างค่าระยะเวลาการฉีดที่ 1400-3400 รอบ	55
ก-2 แสดงตัวอย่างค่าระยะเวลาการฉีดที่ 3600-5600 รอบ	56

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่

หน้า

ก-3 แสดงตัวอย่างค่าระยะเวลาการฉีดที่ 5800-7800 รอบ

56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้ แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงที่ถูกใช้เพื่อผลิตพลังงานอย่างกว้างขวาง ซึ่งแก๊สโซลีนในปัจจุบันนั้นมีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับในอดีตที่ผ่านมา เนื่องจากไม่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ ทำให้ต้องซื้อแก๊สโซลีนจากต่างประเทศ ประเทศไทยจึงสูญเสียดุลการค้าไปมากกว่า 2 พันล้านบาท และเนื่องจากราคาน้ำมันแก๊สโซลีนภายในประเทศนั้นขึ้นกับราคาน้ำมันที่ตลาดสิงคโปร์จึงทำให้ราคาน้ำมันแก๊สโซลีนสูงกว่าที่ควรจะเป็น

ดังนั้นจึงได้มีการหาแหล่งพลังงานทดแทนซึ่ง พลังงานทดแทนนั้นแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.พลังงานคินรูปหรือพลังงานหมุนเวียน เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น

2.พลังงานสิ้นเปลือง เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ถ่านหิน ถิกไนท์ แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น

ปัจจุบันได้มีการวิจัย และ พัฒนาพลังงานทดแทนทุกรูปแบบเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน และประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ทางรัฐบาลส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกต่างๆออกมา โดยเริ่มต้นที่เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนผสมกับเอทานอลที่อัตราส่วนเอทานอล 5% แก๊สโซลีน 95% หรือที่เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ เหตุที่ผสมเอทานอลลงไปนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงเนื่องจากราคาเอทานอลภายในประเทศนั้นมีราคาถูกเพราะสามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตรเช่น อ้อย มันสำปะหลัง

ซึ่งในปัจจุบันนี้ทางผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงหลายๆค่ายได้ผลิตเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ซึ่งมีส่วนผสมของเอทานอลถึง 20% ในน้ำมันเชื้อเพลิงและในอนาคตมีแนวโน้มที่อัตราส่วนผสมของเอทานอลจะเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นจึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์เบนซิน ที่จะนำมาใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงที่มีเอทานอลเป็นส่วนผสม เหตุที่ต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์ เพราะคุณสมบัติต่างๆของเอทานอล และแก๊สโซลีนนั้นมีความแตกต่างกัน ทั้งทางกายภาพและทางเคมีจึงทำให้ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ในการจุดระเบิดเมื่อเทียบกับความต้องการพลังงานที่เท่ากันนั้น มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับ แต่งเครื่องยนต์เบนซินเพื่อรองรับการใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการปริญญาโท

- 1.2.1 ปรับแต่งเครื่องยนต์ให้ใช้กับเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลในอัตราส่วนที่สูงในเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ได้
- 1.2.2 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด
- 1.2.3 ศึกษาการทำงานของ ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ภายในรถจักรยานยนต์ และ เซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

1.3 สมมุติฐานของโครงการปริญญาโท

- 1.3.1 พลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20มีค่าน้อยกว่าที่ได้จากเชื้อเพลิงแก๊ส โซลิน ก่อนการปรับแต่งเนื่องจากค่าพลังงานจำเพาะมีค่าน้อยกว่า
- 1.3.2 ปริมาณของเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20ใช้มากกว่าเชื้อเพลิงแก๊ส โซลินเมื่อต้องการ พลังงานเท่ากันส่งผลให้
- 1.3.3 เวลาในการฉีดเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20ต้องมากกว่าเชื้อเพลิงแก๊ส โซลินเมื่อต้องการ พลังงานที่เท่ากันโดยใช้ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงอันเดียวกันและหัวฉีดเชื้อเพลิงอันเดียวกัน

1.4 ขอบเขตของโครงการปริญญาโท

ในการทำโครงการนี้ จะทำการดัดแปลงเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ฮอนด้าเวฟ 125i เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20 ซึ่งขอบเขตของโครงการมีดังนี้

- 1.4.1 ปรับแต่งเครื่องยนต์ให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงแก๊ส โซลิน แก๊ส โซฮอล์E10 และ แก๊ส โซฮอล์E20ได้
- 1.4.2 สร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดเพื่อควบคุมสัญญาณการฉีด
- 1.4.3 วัดสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด โดยเทียบกันระหว่างผ่าน อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดกับ ไม่ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
- 1.4.4 ทดสอบมลภาวะของ ไอเสียที่รอบเดินเบาเมื่อ ใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด เพื่อวัด CO HC NO_x

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถดัดแปลงรถจักรยานยนต์ให้ใช้แก๊ส โซฮอล์E20 ได้โดยมีกำลังเท่าเดิมเมื่อเทียบกับแก๊ส โซลิน
- 1.5.2 ได้รับความรู้ทางด้านระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นภายในรถจักรยานยนต์
- 1.5.3 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานในต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เชื้อเพลิงเบนซิน

แก๊สโซลีนเป็นส่วนผสมที่ซับซ้อนของไฮโดรคาร์บอนมากกว่า 5000 ชนิด ผิดขึ้นจากการกลั่นน้ำมันดิบ มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด

2.1.1 คุณสมบัติที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในการใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด

2.1.1.1 การกลายเป็นไอ การกลายเป็นไอนั้นเป็นคุณสมบัติหลักที่ถูกพิจารณาว่าเหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิดซึ่งคุณสมบัตินี้จะสามารถหาได้จากการวัด การระเหยของเชื้อเพลิงในสถานะพิเศษที่ความดันบรรยากาศและที่ความดันไอของแก๊สโซลีนซึ่งจะที่เราสนใจนั้นคือที่อุณหภูมิ 10 20 50 และ ที่ปริมาตรของไอที่ 90% พอกับอุณหภูมิซึ่งใช้ในการจุดระเบิด

2.1.1.2 การสตาร์ท และการอุ่นเครื่อง แนนอนที่บางส่วนของแก๊สโซลีนจะระเหยที่อุณหภูมิห้องสำหรับการสตาร์ท ซึ่งในการแบ่งส่วนของเส้นโค้งการกลั่นตัวที่ 0-10%จะต่ำ ซึ่งเป็นผลทำให้อุณหภูมิของจุดเดือดต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิจะขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่ใช้งานจริง อุณหภูมิการกลั่นตัวต่ำ สามารถกำหนดได้โดย ช่วงของเส้นโค้งการกลั่นตัวสำหรับหรับอุ่นเครื่องยนต์

2.1.1.3 ช่วงของสมรรถนะการทำงาน เนื่องจากแก๊สโซลีนมีคุณสมบัติด้านการระเหยดี และมีอุณหภูมิกลิ้งตัวต่ำ ข้อดีของมันก็คือสามารถสร้างรูปร่างการกระจายตัวของเชื้อเพลิงเพื่อฉีดเข้าห้องเผาไหม้และลดการเกิดหยดน้ำที่ท่อไอเสียได้

2.1.1.4 ผลทางด้านการหล่อลื่น เนื่องจากในการทำงานของเครื่องยนต์นั้นลูกสูบจะเสียดสีกับเสื่อสูบจึงจำเป็นต้องมีน้ำมันหล่อลื่น เพื่อป้องกันอุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจากการเสียดสี เชื้อเพลิงที่ใช้นั้นเมื่อฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้อาจมีบางส่วนไปเกาะตามผนังเสื่อสูบทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นลดลง เพื่อป้องกันปัญหานี้จึงจำเป็นต้อง เมื่อเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้แล้วควรที่จะระเหยกลายเป็นไอเพื่อป้องกันไม่ให้ น้ำมันที่เป็นของเหลวไปเกาะตามผนังเสื่อสูบและรวมกับน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งแก๊สโซลีนมีคุณสมบัติตามต้องการเนื่องจากระเหยง่าย

2.2 เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์

เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจเพราะเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถผลิตและหาได้จากธรรมชาติ โดยแอลกอฮอล์แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เมทานอล และเอทานอล

เมทานอล เป็นเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่น่ามาใช้แทนแก๊สโซลีน ผลิตได้จากเปลือกไม้ของต้นไม้ชนิดหนึ่ง หลายปีมาแล้วที่ได้มีการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงเมทานอล ทั้งที่เป็นเมทานอลอย่างเคียวและเป็นเมทานอลผสมกับแก๊สโซลีนแต่มีปัญหาทางการกำจัดของเสีย ที่เกิดจากเมทานอล จึงทำให้ไม่เป็นที่นิยม

เอทานอล เป็นเชื้อเพลิงที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายภายในหลายๆประเทศและเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่มีวันหมดเนื่องจากเตรียมได้จากผลผลิตทางการเกษตรทำให้ต้นทุนในการผลิตมีราคาถูก เพราะสามารถหาวัตถุดิบได้ภายในประเทศ จึงเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกอันดับแรก ที่ถูกพิจารณาและนำมาใช้

2.2.1 ประวัติการเริ่มใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับเชื้อเพลิงเบนซิน

บราซิลอาจเป็นประเทศแรกที่น่าเชื้อเพลิงชนิดนี้มาใช้โดยใช้ในเครื่องจักรกลในการผลิตน้ำตาลต่อมาในปี 2462 มีคำสั่งให้ใช้เอทานอลในยานพาหนะของรัฐทำให้เกิด โรงงานผลิตเอทานอลเป็นจำนวนมาก และในปี 2474 ได้ออกข้อบังคับโดยรัฐบาลกลางกำหนดให้รถยนต์ที่ใช้เบนซินทุกคันผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงด้วย และรัฐบาลกลางของบราซิล ได้ตั้งโครงการแอลกอฮอล์แห่งชาติขึ้นเพื่อปรับปรุง โรงกลั่นให้ทันสมัยและสนับสนุน โครงการเกษตรเพื่อให้สามารถป้อนวัตถุดิบเข้าสู่โรงกลั่นได้อย่างไม่ขาดแคลน นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาเครื่องยนต์ให้ใช้เอทานอล 100%ด้วย

2.2.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอล

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลแสดงดังในตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น เนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากแก๊สโซลีนเพราะฉะนั้นการนำเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้แทนแก๊สโซลีนนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติที่แตกต่างเพื่อที่ให้เครื่องยนต์ทำงานได้เหมาะสม นั่นคือ

1. จากสมการเคมีของเอทานอล C_2H_5OH จะเห็นได้ว่านอกเหนือจากอะตอมของไฮโดรเจน (H) และคาร์บอน (C) ที่มีอยู่เหมือนในแก๊สโซลีนแล้วในเอทานอลยังมีอะตอมของออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งอะตอมของออกซิเจนจะจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกไซด์ (Hydroxide – OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นโพลาร์ (Polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาสูงกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้มีอำนาจในการกัดกร่อนสูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งจะส่งผลการกัดกร่อนต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติก ดังนั้นการที่จะนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงใน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวัสดุหรือการเคลือบสารที่ด้านทานการกัดกร่อนของเอทานอลในชิ้นส่วนที่ต้องสัมผัสกับเอทานอล

2. ค่าความจุพลังงาน (Energy Content) จากตารางที่ 2-1 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของเอทานอลนั้นมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 63 % (LHV แก๊สโซลีน 44000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม LHV เอทานอล 26900 กิโลจูลต่อกิโลกรัม) ดังนั้นเมื่อใช้เอทานอลแทนแก๊สโซลีน จะต้องให้ปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้นเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เช่นเดิม

จากการผสมการทางเคมีของเชื้อเพลิงทั้งสองที่การเผาไหม้สมบูรณ์ (Stoichiometric) แก๊สโซลีนจะได้ A/F ประมาณ 14.6 ในขณะที่เอทานอลมีค่าเพียง 9 เพราะฉะนั้นถ้าเอทานอลใช้อัตราส่วนเดียวกับแก๊สโซลีนก็จะทำให้ส่วนผสมของเอทานอลกับอากาศที่ได้บางมากทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างลำบาก เพราะฉะนั้นจะต้องเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Characteristics of Fuel)

	Gasoline	Light diesel	Ethanol	Methanol
Chemical Formula (l)	$C_{8.26}H_{15.5}$	$C_{10.8}H_{18.7}$	C_2H_5OH	CH_3OH
Molecular Weight	114.8	148.6	46.07	32.04
Specific Gravity	0.72-0.78	0.84-0.88	0.785	0.792
Oxygen content (wt%)	-	-	34.8	50.0
Boling Point (°C)	27-225	188-343	78	65
Freezing Point (°C)	-40	(-40)-(-1)	-114	-97.5
Reid Vapor Pressure (kPa)	55-103	-	16	32
Higher Heating Value (kJ/kg)	47,300	44,800	29,700	22,700
Lower Heating Value (kJ/kg)	44,000	42,500	26,900	20,000
Heat of Vaporization (kJ/kg) ^(a)	305	270	840	1,103
LHV of Stoich. Mixture (kJ/kg)	2,830	2,740	2,690	2,680
Specific Heat (kJ/kg.K)				
Liquid	2.4	2.2	2.5	2.6
Vapor C_p	~1.7	~1.7	1.93	1.72
Viscosity@ 40 °C				
Centipoise	0.5	1.45	0.83	0.46
Research Octane Number (RON)	92-98	-	107	106
Motor Octane Number (RON)	80-90	-	89	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1(ต่อ)

Cetane Number	<10	45-55	3	8
Stoichiometric A/F ratio	14.6	14.5	9	6.5

3. ค่าความร้อนแฝงของการระเหย (Latent Heat of Vaporization) จากตารางที่ 2-1 จะเห็นว่าเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 2.5 เท่า(เอทานอล 840 กิโลจูลต่อกิโลกรัม แก๊สโซลีน 305 กิโลจูลต่อกิโลกรัม) ซึ่งแสดงว่าเมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สโซลีน เอทานอลจะมีการดึงความร้อนเพื่อการระเหยตัวในท่อไอดีมากกว่าจะทำให้อุณหภูมิในท่อไอดีต่ำกว่า เกิดปัญหาการสตาร์ทติดยากในขณะที่เครื่องยนต์เย็นแต่มีการศึกษาการแก้ปัญหาตรงนี้โดยบางคนใช้วิธีผสมแก๊สโซลีนเข้าไปประมาณ 5-10 % หรือบางคนทดลองใช้อีเทอร์ (Ether) และอะซิโตน (Acetone) ผสมลงไปประมาณ 21% ในเอทานอลซึ่งจากผลการทดลองปรากฏว่าสามารถสตาร์ทเครื่องได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง -18°C

4. เมื่ออุณหภูมิในท่อไอดีต่ำอากาศที่ถูกดูดเข้ามาก็จะมีความหนาแน่นสูงขึ้นทำให้ลูกสูบสามารถดึงมวลอากาศเข้ามาได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น และกำลังของเครื่องยนต์มากขึ้น มีงานวิจัยชิ้นหนึ่งได้รายงานว่ากำลังที่ได้ (Power Output) จากเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล (ความบริสุทธิ์ 95%) เป็นเชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่าการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 3% ที่อัตราส่วนการอัดเดียวกัน

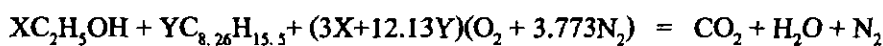
5. ค่าออกเทน (Octane) ค่าออกเทนเป็นตัวเลขที่ใช้บอกคุณสมบัติด้านทานการน็อกของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ จากตารางที่ 2-1 จะเห็นว่าเชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าออกเทนสูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดได้ ซึ่งการศึกษาทดลองใช้ใน บราซิล พบว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง สามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้ถึง 18:1 (สำหรับเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5%) แต่ในการใช้งานจริงจะอยู่ที่ประมาณ 12:1

2.2.3 วิธีการหาอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จะเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอน(C) และ ไฮโดรเจน (H) ในเชื้อเพลิงทำให้ได้พลังงานในรูปของความร้อนออกมา และจะทำให้ความดันภายในกระบอกสูบเพิ่มสูงขึ้น ผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้นี้ จะเกิดขึ้นในจังหวะระเบิดหรือจังหวะงาน จึงทำให้สามารถนำกำลังงานที่ได้รับไปใช้งานได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปอากาศประกอบด้วยออกซิเจน (O₂) ประมาณ 23% โดยน้ำหนัก หรือ 21% โดยปริมาตร ดังนั้นอากาศที่ต้องใช้ผสมกับเชื้อเพลิงจึงมีปริมาณที่มากกว่าเชื้อเพลิงมาก ปริมาณความต้องการอากาศในทางทฤษฎีสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เรียกว่า Stoichiometric Air Fuel Ratio สำหรับแก๊สโซฮอล์ซึ่งมีสมการเคมี C₂H₅OH+ C_{8.26}H_{15.5} สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของแก๊สโซฮอล์ คือ



จะได้ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงคือ

$$(A/F)_s = \frac{(3X + 12.13Y) \times 4.773 \times 29}{46X + 114.8Y}$$

โดย X คืออัตราส่วนของเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น E20 Xคือ 0.2

Yคืออัตราส่วนของแก๊สโซลีนในน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น E20 Yคือ 0.8

ตัวอย่าง การคำนวณหาค่าอัตราส่วนน้ำมันกับอากาศของแก๊สโซฮอล์ E20 X=0.2 Y=0.8

$$(A/F)_s = \frac{(3 \times 0.2 + 12.13 \times 0.8) \times 4.773 \times 29}{46 \times 0.2 + 114.8 \times 0.8}$$

$$(A/F)_s = \frac{1426.25}{101.04} = 14.11$$

นั่นคือเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E20 1 กิโลกรัมจะต้องใช้อากาศ 14.11 กิโลกรัมจึงจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในทางทฤษฎี

จากการแทนค่า หา A/F ratio ของแก๊สโซฮอล์ที่มีสัดส่วนของเอทานอลต่างๆกันจะได้ค่า A/F ratio ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ค่า A/F ratio

E0	14.60
E10	14.39
E20	14.11
E30	13.80
E40	13.44
E50	13.02
E60	12.52
E70	12.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

E80	11.18
E85	10.74
E90	10.24
E100	9.03

2.2.4 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการคำนวณ

เมื่อเรานำค่า Stoichiometric Air Fuel Ratio มาคำนวณต่อหนึ่งหน่วยมวลอากาศ เราพบว่า

ค่า HHV ของเบนซิน เท่ากับ 47300 กิโลจูล ต่อกิโลกรัมอากาศ

ค่า HHV ของเอทานอล เท่ากับ 44800 กิโลจูล ต่อกิโลกรัมอากาศ

ค่า LHV ของเบนซิน เท่ากับ 43000 กิโลจูล ต่อกิโลกรัมอากาศ

ค่า LHV ของเอทานอล เท่ากับ 26950 กิโลจูล ต่อกิโลกรัมอากาศ

ค่า HHV ของแก๊สโซฮอล์ ที่มีอัตราส่วนผสมของเอทานอลต่างๆสามารถหาได้จาก

$$\text{HHV} = 44800X + 47300Y$$

โดย X คืออัตราส่วนของเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น E20 X คือ 0.2

Y คืออัตราส่วนของแก๊สโซลีนในน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น E20 Y คือ 0.8

$$\text{LHV} = 26950X + 43000Y$$

โดย X คืออัตราส่วนของเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น E20 X คือ 0.2

Y คืออัตราส่วนของแก๊สโซลีนในน้ำมันเชื้อเพลิงเช่น E20 Y คือ 0.8

วิธีคำนวณจากพลังงาน

ถ้าต้องการพลังงาน 1000 กิโลจูล จากการเผาไหม้โดยคำนวณจาก LHV ของเชื้อเพลิง

- จะต้องใช้ เบนซิน เท่ากับ 1000 กิโลจูล/43000 กิโลจูล เท่ากับ 23.26 กรัม
- จะต้องใช้ เอทานอล เท่ากับ 1000 กิโลจูล/26950 กิโลจูล เท่ากับ 37.11 กรัม

ต้องปรับมวลเอทานอลเพิ่มขึ้น 37.11 กรัม/23.26 กรัม เท่ากับ 159% ของเบนซินที่ใช้

วิธีคำนวณจากมวลของอากาศในห้องเผาไหม้

ถ้าอากาศและเชื้อเพลิงผสมกันเป็นเนื้อเดียวกันที่ Stoichiometric ภายใน กระบอกสูบที่

มีมวลอากาศบรรจุ 1000 กรัม

- จะต้องใช้ เบนซิน เท่ากับ 1000 กิโลจูล/14.6 เท่ากับ 68.5 กรัม
- จะต้องใช้ เอทานอล เท่ากับ 1000 กิโลจูล/9.0 เท่ากับ 111.1 กรัม

ต้องปรับมวลเอทานอลเพิ่มขึ้น 111.1 กรัม/68.5 กรัม เท่ากับ 162% ของเบนซินที่ใช้

2.3ระบบฉีดเชื้อเพลิง

ในอดีตนั้นระบบจ่ายเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือคาร์บูเรเตอร์ แต่คาร์บูเรเตอร์นั้นมีข้อเสียคือ อัตราส่วนของส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ไหลเข้าท่อไอดีนั้นมีค่าไม่แน่นอน ยิ่งถ้าเป็นรถยนต์ที่มีหลายๆกระบอกสูบ จะยิ่งทำให้เกิดอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนมากยิ่งขึ้น และยังมีข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือ กำลังงานสูงสุดที่เกิดขึ้นสามารถเกิดขึ้นได้ที่รอบๆหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามรอบของเครื่องยนต์ได้ ดังนั้นในปี 1903 พี่น้องบารเธอร์ จึงได้ทำการคิดค้นระบบซึ่งใช้เกียร์ปั๊ม ในการฉีดเชื้อเพลิงเข้าท่อไอดี และต่อมาในปี 1906 บราซีเลียส ชราโทส คูมอนท์ ได้สร้าง พันเซอร์ ปั๊ม มาใช้แทน เกียร์ปั๊ม และหลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ จนเป็นระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

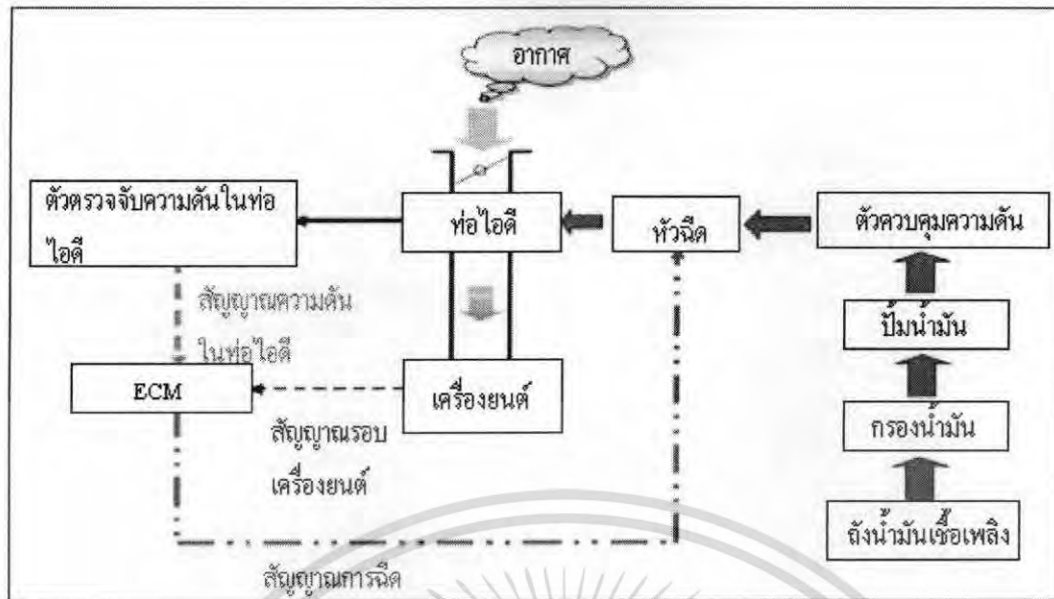
2.3.1 การควบคุมเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง

ระบบจะมีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การควบคุมระยะเวลาการฉีดพื้นฐาน และการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดตามสถานะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยมีรายละเอียดการควบคุมดังนี้

2.3.2 การควบคุมระยะเวลาการฉีดพื้นฐาน

กล่องควบคุมจะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ สัญญาณไฟฟ้าทั้งสองจะเป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับ กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ระยะเวลาในการฉีดที่ได้จากสัญญาณทั้งสองนี้เรียกว่า ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

รูปที่ 2-1อธิบายการควบคุมระยะเวลาการฉีดพื้นฐาน โดยสัญญาณที่เป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานคือ สัญญาณความดันในท่อไอดีและสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจะเป็นสัญญาณที่มีความสำคัญมากเนื่องจากมีผลต่อการเลือกระยะเวลาการฉีดก่อนที่จะมีการปรับแต่งโดยชุดควบคุมระยะเวลาการฉีดภายในกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM)



รูปที่ 2-1 ไลอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

หมายเหตุ

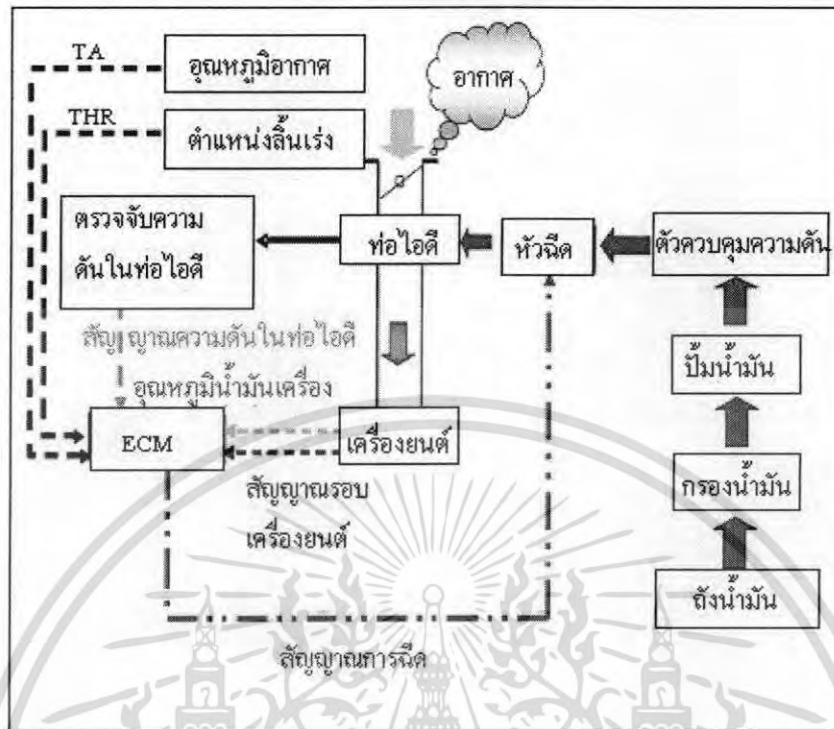
สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะเป็นข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณอากาศต่อรอบการทำงานของเครื่องยนต์ พร้อมทั้งเป็นตัวกำหนดจังหวะการจุดระเบิด และจังหวะเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด

2.3.3 การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานภายใต้สภาวะต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจึงทำให้อัตราส่วนผสมที่ได้จากสัญญาณการฉีดพื้นฐานไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการเครื่องยนต์ในทุกสภาวะการทำงาน ดังนั้นจึงต้องมีตัวตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นตัวส่งข้อมูลสภาวะการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ให้กล่องควบคุมทราบเพื่อที่กล่องจะได้นำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะนั้นๆ แล้วสั่งให้หัวฉีดฉีดน้ำมันออกมาผสมกับอากาศให้ได้สัดส่วนที่พอเหมาะที่สุด

รูปที่2-2อธิบายการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยนำสัญญาณต่างๆ เช่น สัญญาณลิ้นเร่ง สัญญาณอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง สัญญาณอุณหภูมิอากาศ มาเข้ากล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) เพื่อทำการประมวลผลและสั่งไปเพิ่มระยะเวลาการฉีดจากระยะเวลาการฉีดพื้นฐานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

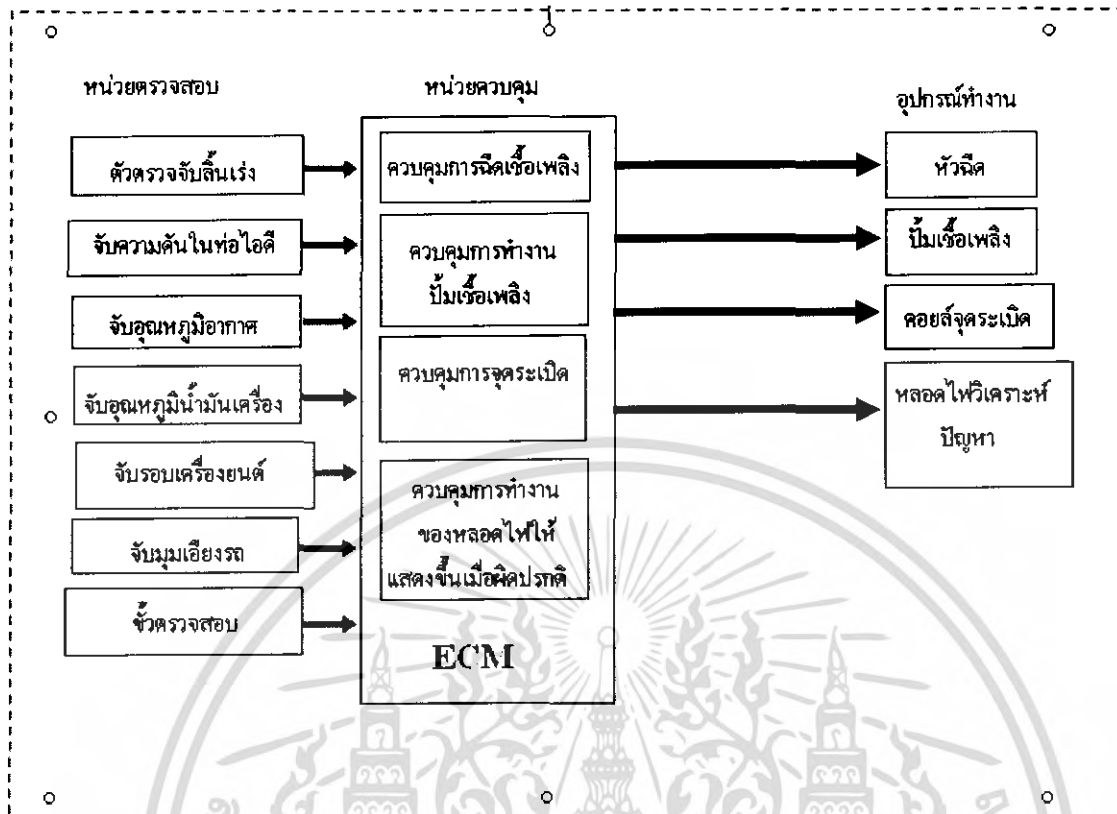


รูปที่ 2-2 แสดง โคอะแกรมการควบคุมการเพิ่มระยะเวลาการฉีด

2.3.4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยหน่วยใหญ่ๆ 3 หน่วยได้แก่

- หน่วยตรวจสอบซึ่งได้แก่เซ็นเซอร์ต่างๆทำหน้าที่ตรวจสอบสภาวะการทำงานต่างๆแล้วส่งไปยังหน่วยต่อไป
- หน่วยควบคุมได้แก่ กล้องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) ทำหน้าที่ประมวลผลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ซึ่งกล้องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) นี้จะประมวลผลใน 4 หัวข้อใหญ่ๆ คือ ควบคุมระยะเวลาการฉีด ควบคุมปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมการจุดระเบิด และควบคุมการทำงานของหลอดไฟให้แสดงขึ้นเมื่อผิดปกติ หลังจากที่ได้ประมวลผลแล้วจะส่งให้อุปกรณ์
- อุปกรณ์ทำงานทำหน้าที่ทำงานตามคำสั่งของหน่วยควบคุมซึ่งอุปกรณ์ทำงานมีดังนี้ หัวฉีด ปั้มเชื้อเพลิง คอยล์จุดระเบิด หลอดไฟวิเคราะห์ปัญหา



รูปที่ 2-3 แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 2-3 แสดงการทำงานของส่วนควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆคือ หน่วยตรวจสอบ หน่วยควบคุม อุปกรณ์ทำงาน

2.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบฉีดเชื้อเพลิง

ข้อดี

1. มีประสิทธิภาพในการบรรจุก๊าซสูง ในเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ ปริมาณอากาศที่ดูดเข้ากระบอกสูบจะถูกขัดขวางโดย (Venturi) แต่เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิง ที่ท่อร่วมไอเสีย จะไม่มีคอคอดมาขัดขวางการไหลของอากาศ ทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้ได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้เครื่องยนต์ได้กำลังสูง

2. สามารถจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้แน่นอนตลอดทุกช่วงความเร็วรอบ เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงได้อย่างแน่นอน ในทุกช่วงความเร็ว เนื่องจากคาร์บูเรเตอร์มีหลายวงจร ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงวงจรการทำงานจำเป็นต้องมีการจ่ายส่วนผสมที่หนาไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์เกิดอาการสะดุด แต่เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิง การจ่ายปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและแน่นอน ไม่ว่าความเร็วหรือภาวะของเครื่องยนต์จะเป็นเช่นไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีการตอบสนองขณะเร่งเครื่องยนต์ได้ดี เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้น ในขณะที่เราเร่งเครื่องยนต์อย่างเต็มที่ทันใด จะทำให้เกิดการสะดุดหรือที่เรียกว่า รอรอบ นั้นเป็นเพราะว่าอากาศจะต้องไหลเข้าห้องเผาไหม้ก่อน น้ำมันจึงจะไหลตามเข้าไปที่ห้อง ทำให้ส่วนผสมในช่วงแรกไม่ถูกต้อง

4. สามารถใช้รถยนต์ที่วิ่งตามถนนที่มีความลาดเอียงได้ดี เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ระดับน้ำมันในห้องกลุกลอยจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลาดเอียงของถนน ทำให้การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์ผิดพลาดไป ส่วนในระบบฉีดเชื้อเพลิง น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกสร้างให้มีความดันในระบบ ความลาดเอียงของถนนจึงไม่มีปัญหา

5. ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้น เมื่อเพลาค้อเหยียงมีการหมุน น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกดูดและจ่ายเข้าไปในกระบอกสูบทุกครั้ง โดยที่ไม่สนใจว่าเวลาใดควรจะจ่ายน้ำมันหรือเวลาใดไม่ควรจ่ายน้ำมัน เช่นขณะที่เราถอนเท้าจากคันเร่งมาเหยียบเบรก เพื่อชะลอรถหรือหยุดรถ ช่วงนี้เป็นช่วงที่ไม่ต้องการกำลังสำหรับเครื่องยนต์ แต่น้ำมันก็ยังถูกจ่ายออกมา ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ถ้าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection system) ช่วงที่ถอนเท้าจากคันเร่งมาเหยียบเบรกไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม น้ำมันจะถูกจัดการจ่ายให้แก่กระบอกสูบ จนกระทั่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ที่กำหนด (ประมาณ 1,000 รอบ/นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องยนต์) การฉีดน้ำมันก็จะเริ่มต้นขึ้นใหม่

ข้อเสีย

ค่าบำรุงรักษามีราคาสูง มีความซับซ้อนกว่าคาร์บูเรเตอร์ทำให้การดูแลรักษายุ่งยากกว่า

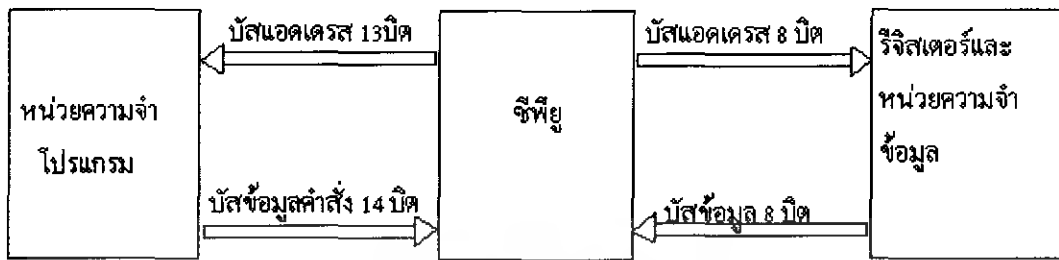
2.5 พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F877A

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC มีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด (Harvard architecture) กล่าวคือ มีการแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน โดยมีบัสสำหรับติดต่อแยกกันด้วย ดังแสดงรูป 2-4 จะเห็นว่าซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสแอดเดรส 13 บิต และบัสข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลและรีจิสเตอร์ภายในเป็นแบบ 8 บิตทั้งบัสแอดเดรสและบัสข้อมูล

นอกจากการจัดสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้ว การกระทำคำสั่งทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไปป์ไลน์ (pipeline) ทำให้สามารถเฟตช์คำสั่งถัดไป ในขณะที่กำลังเอ็กเซคิวต์คำสั่งในปัจจุบัน ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก (กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลคำสั่งนั้นให้เป็นรหัสเลขฐานสิบหกเพื่อให้ซีพียูเข้าใจ

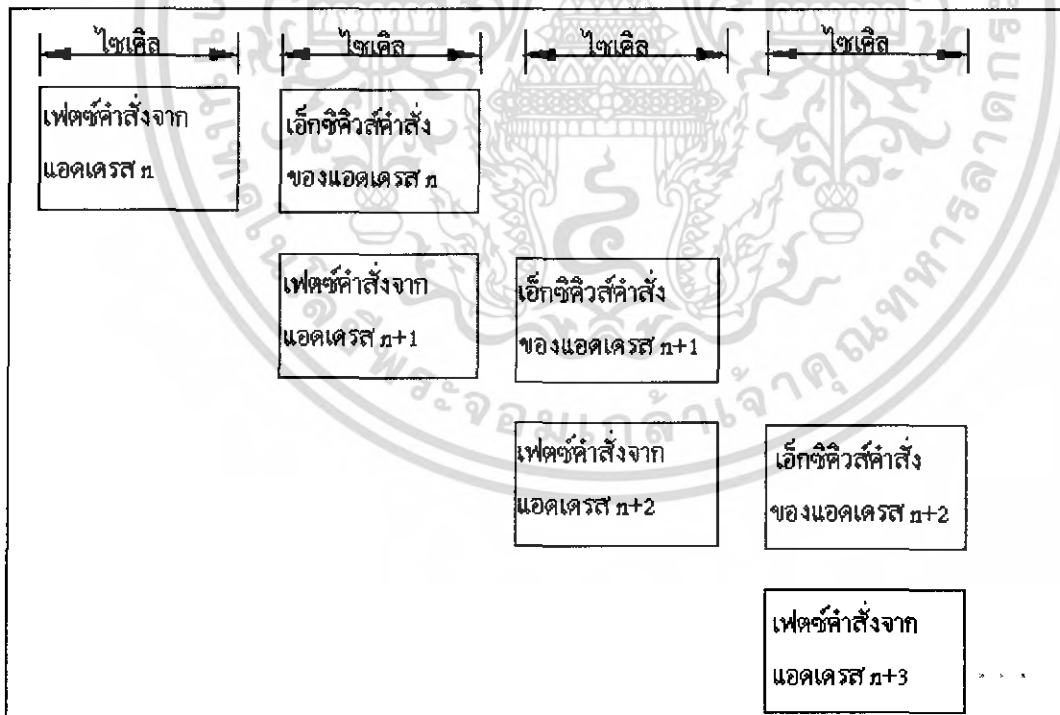
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกระบวนการเอ็กซีคิวต์ (execute) เป็นการกระทำคำสั่งให้เกิดผลลัพธ์ตามคำสั่งนั้นๆ ตามกำหนด) สำหรับกระบวนการไปป์ไลน์แสดง ดังรูปที่ 2-5



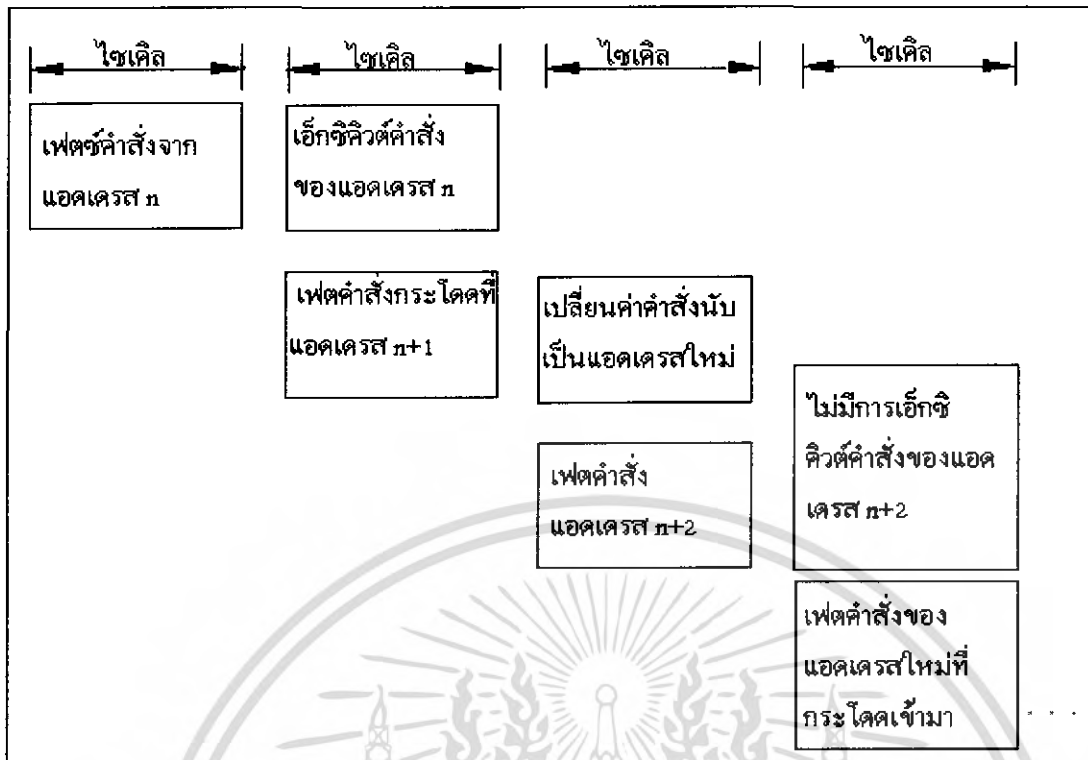
รูปที่ 2-4 ไดอะแกรมแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฮาร์วาร์ด

เมื่อเริ่มต้นกระทำคำสั่งที่ 1 ซีพียูจะเฟตช์คำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมที่แอดเดรส n จากนั้นทำการการเอ็กซีคิวต์ในไซเคิลต่อมา และที่ไซเคิลของการเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n นั้น ซีพียูก็จะเริ่มต้นเฟตช์คำสั่งจากแอดเดรส $n+1$ ทันที เมื่อเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n เรียบร้อย ซีพียูก็จะสามารถเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ต่อเนื่องกันไปได้ในทันที และในทำนองเดียวกัน ขณะที่กำลังเอ็กซีคิวต์คำสั่งแอดเดรส $n+1$ ซีพียูก็จะดำเนินการเฟตช์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไป



รูปที่ 2-5 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 แสดงไคอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์เมื่อกระทำคำสั่งการกระโดด

แต่ถ้าคำสั่งที่กระทำนั้นเป็นคำสั่งการกระโดด จะมีขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 2-6 เมื่อทำการเอ็กซิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n ซีพียูก็จะทำการเฟตซ์คำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ปรากฏว่าคำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ นั้นเป็นคำสั่งการกระโดด ดังนั้นในไซเคิลถัดไปจึงยังไม่เกิดการเอ็กซิวต์ในทันที แต่จะเป็นการเปลี่ยนค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC : Program Counter) ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการระบุแอดเดรส ถัดไปที่ซีพียูจะไปทำงาน ทำให้เกิดการกระโดดไปยังแอดเดรสใหม่ในระหว่างที่เกิดการกระโดดไปยังแอดเดรสใหม่นั้น ซีพียูจะทำการเฟตซ์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไปตามขั้นตอนปกติ แต่ทว่าเมื่อการกระโดดสิ้นสุดลง แอดเดรสของการทำงานเปลี่ยนไปจึงไม่เกิดการเอ็กซิวต์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ แต่จะเกิดการเฟตซ์คำสั่งที่แอดเดรสใหม่ที่กระโดดมาแทน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการทำงานตามปกติต่อไป ดังนั้นคำสั่งการกระโดดจึงต้องใช้ขนาดหน่วยความจำมากกว่า 1 ไบต์ ส่งผลให้ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาในการกระทำคำสั่งในกลุ่มนี้ 2 ลูก ซึ่งแตกต่างจากคำสั่งอื่นๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่ใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก

2.6 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A

แสดงดังในรูปที่ 2-5 ถึง 2-7 ส่วนประกอบหลักคือซีพียู, หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล, ส่วนติดต่อพอร์ต, ส่วนจัดการสัญญาณนาฬิกาของระบบ, วงจรรีเซ็ตหลัก, ส่วนควบคุมการตอบสนองของอินเทอร์รัปต์และส่วนจัดการด้านไฟเลี้ยง แต่จะมีโมดูลพิเศษเพิ่มเติมเข้ามาหากพอควรเพื่อช่วยให้ PIC 16F877A มีความสามารถสูงมากขึ้น ได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซ็ต (brown-out reset), ส่วนแก้ไขข้อมูลในวงจรหรือดีบั๊กเกอร์ (In-circuit debugger), วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (low-voltage programming), ไทเมอร์ที่มีมากถึง 3 ตัว, วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต, โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (SPI : Serial Peripheral Interfacing), โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส I²C, โมดูลสื่อสารอนุกรม (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) และ โมดูลเปรียบเทียบสัญญาณ-ตรวจจับสัญญาณ-วงจรมอดูลชั้นทางความกว้างของพัลส์หรือ PWM (CCP : Compare Capture Pulse-width modulation) นอกจากนี้ในอนุกรม PIC 16F87xA จะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกและ โมดูลสร้างแรงดันอ้างอิงเพิ่มเติมเข้ามาอีกด้วย

2.6.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F877A

คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction-Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง 35 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 MHz
- หน่วยความจำ โปรแกรม
 - 8 กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC 16F877A
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์
 - 368 ไบต์ สำหรับ PIC 16F877A
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีพีรอม
 - 256 ไบต์ สำหรับ PIC 16F877A
- ตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์สูงสุดถึง 15 แหล่งขึ้นกับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์ออนรีเซ็ต (POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST)
- มีวงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT) ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว ทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน + 5V ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD (In-circuit Debugger) ผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซึ่พื้สามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 ถึง +5.5 V
- กระแสซิงค์และซอร์สของพอร์ต 25mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลด
 - น้อยกว่า 2mA ที่ไฟเลี้ยง +5V และสัญญาณนาฬิกา 4MHz
 - 20uA ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz
 - น้อยกว่า 1 uA ในโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บาย

คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม

- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตในตัว, ไทเมอร์ขนาด 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์ และ ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์, โทสต์สเกลเลอร์ และรีจิสเตอร์คาบเวลา (Period register) ขนาด 8 บิตในตัว
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดยส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ (Capture) มีขนาด 16 บิต
- ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาที ส่วนเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) มีขนาด 16 บิต
- ความละเอียดสูงสุด 200 นาโนวินาที วงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัล 10 บิต 8 ช่อง
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และบัส I²C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดเครต 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (บราวเอาต์ดีเทกชัน: Brown-out detection) เพื่อการรีเซตซึ่พื้ หรือเรียกว่า บราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset: BOR)

82178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3 ตารางคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A

คุณสมบัติสำคัญ	PIC16F877A
ความถี่สัญญาณนาฬิกา	ไฟตรง-20 MHz
ส่วนรีเซต (หน่วงเวลา)	POR,BOR(PWRT,OST)
หน่วยความจำโปรแกรม	8K x 14 บิต
หน่วยความจำข้อมูลแรม	368 ไบต์
หน่วยความจำข้อมูลอีพรอม	256 ไบต์
จำนวนแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์	14
จำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	พอร์ต A-E 33 บิต
จำนวนไทมเมอร์/เคาน์เตอร์	3
โมดูลแคปเจอร์/เปรียบเทียบ/PWM	2
ส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม	SPI,I2C,USART
ส่วนสื่อสารข้อมูลขนาน	PSP
วงจร ADC 10 บิต	8 ช่อง
วงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อก	2 ช่อง(PIC16F877A)
โมดูลสร้างแรงดันอ้างอิง	1 ชุด(PIC16F877A)
จำนวนคำสั่ง	35

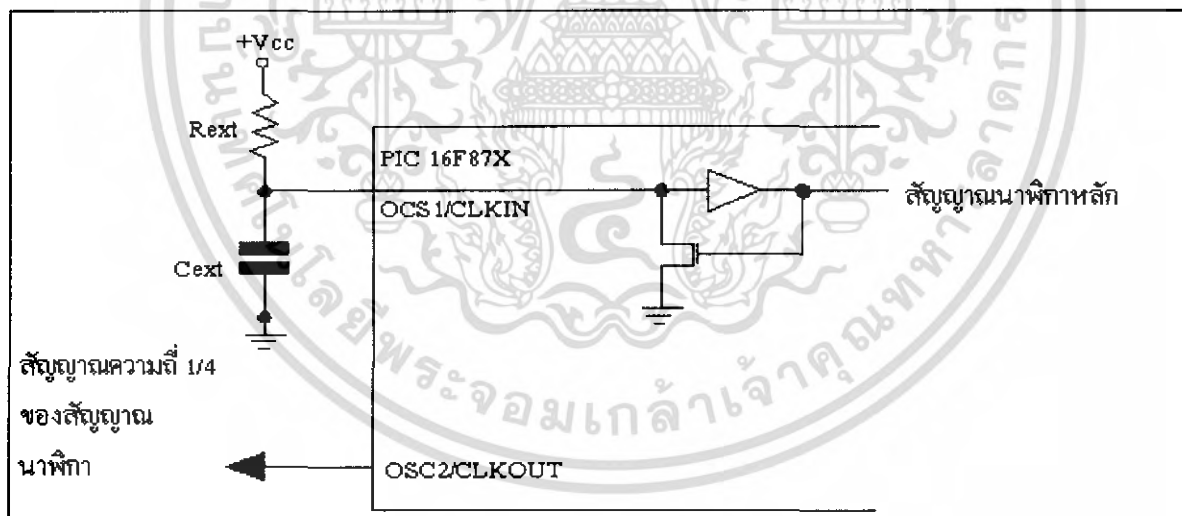
ตารางที่ 2-3 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่จะนำมาใช้ในการสร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดในที่นี้สิ่งที่จำเป็นต้องทราบคือ ความถี่สัญญาณนาฬิกา หน่วยความจำ จำนวนแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ ไทมเมอร์และวงจรADC

2.7 Configuration word

ข้อมูลหลักสำหรับกำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

PIC 16F877A มีรีจิสเตอร์ Configuration word ที่บรรจุข้อมูลกำหนดการทำงานทั้งหมด โดยภายใน Configuration word บรรจุข้อมูลของการเลือกป้องกันการอ่านข้อมูล, เลือกความสามารถรีเซตอัตโนมัติเมื่อ ไฟเลี้ยงลดต่ำถึงค่าที่กำหนด, ควบคุมการทำงานของวอตช์ด็อก ไทเมอร์ หรือกระทั่งการเลือกชนิดของวงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกา การกำหนดข้อมูลสำหรับ Configuration word นี้ทำได้ 2 ทางคือด้วยคำสั่ง CONFIG ในส่วนต้นของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี แล้วแอสเซมเบลอร์ด้วย MPASM ซึ่งบรรจุอยู่ในชุดของโปรแกรม MPLAB หรือ กำหนดที่ซอฟต์แวร์ที่ใช้โปรแกรมหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ การกำหนดสามารถกระทำในทางใดทางหนึ่งหรือทั้งสองทางก็ได้ แต่ถ้ากำหนดแตกต่างกัน การกำหนดที่ซอฟต์แวร์ของเครื่องโปรแกรมจะมีน้ำหนักสูงกว่า

Configuration word มีขนาด 14 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x2007 ดังมีรายละเอียดของการกำหนดข้อมูลแต่ละบิตสรุปไว้ในกรอบแยกที่ 1-1 และ 1-2 โดยในกรอบแยกที่ 1-1 เป็นของ PIC 16F87x ส่วนกรอบแยกที่ 1-2 เป็นของ PIC 16F877A



รูปที่ 2-7 ภาพแสดงสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 โหมดสัญญาณนาฬิกา

PIC 16F877A สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานได้มากถึง 4 โหมด โดยการกำหนดที่บิต FOSCO และ FOSCI ในรีจิสเตอร์ Configuration Word ซึ่งในการทำงานจะต้องเลือกโหมดใดโหมดหนึ่ง ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. โหมด LP ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ความถี่ต่ำ 32 kHz-200 kHz
2. โหมด XT ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ความถี่มาตรฐาน 200 kHz - 4MHz
3. โหมด HS ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ความถี่สูง 4MHz-20MHz
4. โหมด RC (External Resistor / Capacitor) สามารถกำหนดค่าความถี่ได้จากค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อภายนอกเข้ากับขา OSC1/CLKIN ความถี่สูงสุดคือ 4MHz อย่างไรก็ตามความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในโหมดนี้ไม่กำหนดลงไปได้อย่างชัดเจน เนื่องจากต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในขอบเขตที่กว้าง ไม่ว่าจะเป็นค่าของแรงดันไฟเลี้ยง, ค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ซึ่งต้องรวมไปถึงค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ทั้งสองด้วย อย่างไรก็ตามค่าของตัวต้านทานที่เหมาะสมอยู่ในย่าน $3k\Omega$ - $100k\Omega$ ส่วนค่าของตัวเก็บประจุควรมากกว่า 20 pF นอกจากนี้ที่ขา OSC2/CLKOUT จะมีสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1/4 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักส่งออกมาดังรูปที่ 2-7

2.9 กระบวนการรีเซ็ตใน PIC16F877A

รีเซ็ต (Reset) เป็นกระบวนการกำหนดให้ชิปอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นทำงานใหม่เพื่อประโยชน์ในการแก้ไขความผิดปกติหรือการทำงานที่ผิดพลาดของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำให้งานค้างอยู่สถานะใดสถานะหนึ่งหรือหยุดทำงานเมื่อเกิดการรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะกลับมาเริ่มทำงานใหม่ การรีเซ็ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A มี 6 ประเภทดังนี้

1. เพาเวอร์ออนรีเซ็ต (power-on reset) เป็นการรีเซ็ตที่เกิดขึ้นหลังจากเริ่มต้นจ่ายไฟเลี้ยงใหม่
2. การรีเซ็ตที่ขา MCLR ในระหว่างการทำงานปกติ
3. การรีเซ็ตที่ขา MCLR ขณะทำงานในโหมดสลีป
4. การรีเซ็ตจากวอตช์ดีดอทไทมเมอร์ ในขณะที่ทำงานปกติ
5. วอตช์ดีดอทไทมเมอร์เวกซ์ขณะทำงานในโหมดสลีป
6. การรีเซ็ตเนื่องจากไฟเลี้ยงลดต่ำลงจากที่กำหนดโดยวงจรบราวเอาต์ดีเทก

(BOD: Brown-Out Detect) เรียกว่า บราวเอาต์รีเซ็ต (brown-out reset)

การรีเซ็ตในแต่ละประเภทจะส่งผลกระทบต่อรีจิสเตอร์ที่แตกต่างกัน รีจิสเตอร์ส่วนใหญ่จะเข้าสู่สถานะรีเซ็ตเมื่อเกิดเพาเวอร์ออนรีเซ็ต, การรีเซ็ตที่ขา MCLR, การรีเซ็ตจากวอตช์

ค็อกไทเมอร์ และการรีเซ็ตเนื่องจากบราวเอาต์ดีเท็ก และจะไม่ได้รับผลกระทบในกรณีที่ วอชค็อก ไทเมอร์เวกอัป ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสาเหตุของการรีเซ็ตได้จากบิตแสดงสถานะ 4 บิตคือ บิต TO กับ PD ในรีจิสเตอร์ STATUS และบิต POR กับ BOR ในรีจิสเตอร์ PCON ดังสรุปไว้แล้วในตาราง 2-3 แสดงค่าของรีจิสเตอร์ ทั้งหมดของ PIC 16F877 หลังจากที่มีการรีเซ็ตเกิดขึ้น

2.9.1 เพาเวอร์ออร์รีเซ็ต (Power-on reset: POR)

เป็นการรีเซ็ตที่มีนัยสำคัญสูงสุดเกิดขึ้นหลังจากมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นการรีเซ็ตที่เกิดขึ้นแรกสุด โดยวงจร POR จะควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซ็ตจนกว่าไฟเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นถึงจุดที่สูงเพียงพอให้ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมทำงานได้ ปกติใช้เวลาประมาณ 0.05V ต่อมิลลิวินาที ถ้าไฟเลี้ยง 5V ก็จะใช้เวลาสูงสุดประมาณ 100 มิลลิวินาที

หลังจากที่เกิดเพาเวอร์ออร์รีเซ็ตจะมีไทเมอร์อีก 2 ตัวทำงานเพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่เพาเวอร์อัปไทเมอร์ (Power-up Timer: PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (Oscillator start-up timer) มีรายละเอียดดังนี้

2.9.2 เพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT)

ไทเมอร์นี้โดยปกติมีคาบเวลาเท่ากับ 72 มิลลิวินาที จะทำงานหลังจากเกิดเพาเวอร์ออร์รีเซ็ตหรือบราวเอาต์รีเซ็ต โดยเป็นตัวกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซ็ต จนกว่าไฟเลี้ยงจะเพิ่มถึงจุดที่ทำงานได้อย่างไรก็ตามสามารถดีสเอเบิลไทเมอร์ตัวนี้ได้โดยการเซตบิต PWRTTE ใน Configuration word แต่ถ้าเอ็นเอเบิลบราวเอาต์รีเซ็ตไว้ต้องเอ็นเอเบิลไทเมอร์ตัวนี้เสมอ อย่างไรก็ตามค่าเวลาของ PWRT อาจไม่เท่ากันในไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัว และเปลี่ยนแปลงตามค่าของไฟเลี้ยงและอุณหภูมิด้วย

2.9.3 ออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST)

เป็นไทเมอร์ที่มีคาบเวลา 1,024 ไซเคิลของคาบเวลาสัญญาณนาฬิกาหลัก (TOSC) ที่ขาอินพุตสัญญาณนาฬิกา OSCI ไทเมอร์ตัวนี้จะทำงานต่อจากเพาเวอร์อัปไทเมอร์ หน้าที่ของมันคือหน่วงเวลาเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าคริสตัลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ที่ใช้ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได้เริ่มต้นทำงานและสร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีเสถียรภาพเพียงพอแล้ว ไทเมอร์ OST จะทำงานก็ต่อเมื่อเลือกโหมดสัญญาณนาฬิกาเป็น LP, XT หรือ HS เท่านั้น และทำงานเฉพาะเมื่อเกิดเพาเวอร์ออร์รีเซ็ตหรือเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เวกอัปออกจากโหมดสลีป

2.9.4 จังหวะการเกิดเพาเวอร์อนรีเซต

ไคอะแกรมเวลาของการเกิดสัญญาณรีเซตอันเนื่องมาจากการเริ่มต้นจ่ายไฟเลี้ยงใหม่ โดยจะมีเหตุที่เกิดขึ้นได้ 3 ไคอะแกรมเวลาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCLR เข้ากับไฟเลี้ยง กรณีที่ต่อขา MCLR เข้ากับไฟเลี้ยง ไปพร้อม ๆ เมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟเลี้ยง V_{DD} แรงดันจะเพิ่มค่าขึ้น พร้อมกันนั้นสัญญาณ POR ภายในจะเกิดการแอกติฟ ทำให้ PWRT เริ่มต้นทำงานหลังจากนั้น OST จะทำงานรับช่วงต่อ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วสัญญาณรีเซตภายในจึงหยุดลง ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเริ่มต้นทำงานได้ พิจารณาที่ขา MCLR ในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ต่อกับไฟเลี้ยง สถานะที่ขา MCLR จะเป็น "0" หรือ "1" อย่างไม่แน่นอนถ้าหากเกิดเป็นลอจิก "1" ขึ้นก่อนที่ ไทเมอร์ทั้งสองคือ PWRT และ OST จะทำงานสิ้นสุด หลังจากที่ OST หยุดทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานได้ทันที แต่หากขา MCLR ยังคงเป็น "0" หลังจากที่ PWRT และ OST หยุดทำงานแล้วตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงอยู่ในสภาวะรีเซตต่อไปอีกชั่วขณะ หรือบางทีอาจยาวนาน ทั้งนี้ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดได้ จนกระทั่งขา MCLR เป็นลอจิก "1" สัญญาณรีเซตภายในหยุดลง แต่ถ้าหากต่อขา MCLR เข้ากับไฟเลี้ยงโดยผ่านตัวต้านทานพูลอัพ จะทำให้ขา MCLR เป็นลอจิก "1" ไปตามการจ่ายไฟเลี้ยง V_{DD} หลังจากนั้นสัญญาณรีเซตภายในก็จะเกิดขึ้น และหยุดลงหลังจาก OST หยุดทำงาน ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ทันทีอย่างแน่นอน

2.9.5 การรีเซตที่ขา MCLR

เกิดขึ้นเมื่อขา MCLR ได้รับลอจิก "0" ในการใช้งานปกติ ขานี้ตัวต่อต้านทานพูลอัพหรือวงจรเพาเวอร์อนรีเซต ซึ่งหลังจากจ่ายไฟแล้ว สถานะที่ขา MCLR จะถูกรักษาไว้ที่ระดับลอจิก "1" ในกรณีที่ต้องการให้เกิดการรีเซตสามารถต่อขา MCLR นี้ลงกราวด์ชั่วขณะ แล้วปลดออก จะทำให้เกิดการรีเซต ดังนั้นในทางปฏิบัติอาจต่อสวิตช์กดติดปล่อยดับเข้าระหว่างขา MCLR นี้กับกราวด์ หากต้องการให้เกิดการรีเซต ก็เพียงกดสวิตช์แล้วปล่อยเท่านั้น

การรีเซตแบบนี้จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลับมาเริ่มทำงานที่แอดเดรส 0X0000 ใหม่ ค่าในรีจิสเตอร์บางตัวไม่เปลี่ยนแปลง และข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลแรมจะไม่ได้รับผลกระทบ ถ้าหากไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมดสลีป และมีการป้อนลอจิก "0" เข้าที่ขา MCLR นอกจากทำให้เกิดการรีเซตแล้วยังทำให้เกิดการเวกอัพออกจากโหมดสลีปด้วย

2.9.6 การรีเซตเนื่องจาวอตซ์ค็อกไทเมอร์

เกิดขึ้นเมื่อเอ็นเอเบิลให้วอตซ์ค็อกไทเมอร์ทำงานและไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถเคลียร์ค่าการนับของไทเมอร์ได้ทันภายในเวลาของวอตซ์ค็อกไทเมอร์ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาจทำงานผิดพลาด วนอยู่กับบางอย่าง จนกระทั่งวอตซ์ค็อกไทเมอร์เกิดใหม่เอาต์ วอตซ์ค็อกไทเมอร์ก็จะสร้างสัญญาณรีเซตภายในส่งมายังซีพียู ทำให้เกิดการรีเซต ไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้น แต่ถ้าในขณะนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในโหมดสลีป การที่วอตซ์

คือกโทเมอร์โทมเอด์จะเป็นการปลุกหรือกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากโหมดสลีปกลับมาทำงานในโหมดปกติ

2.9.7 บราวเอาต์รีเซต

ภายใน PIC16F877A มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนดหรือเรียกว่า บราวเอาต์ดีเทก (Brown-out detect: BOD) หากพบว่าไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์ลดต่ำลงถึงจุดที่กำหนดก็จะกำเนิดสัญญาณรีเซตภายในส่งไปยังซีพียูเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ถ้าหากไฟเลี้ยงกลับมาอยู่ในระดับปกติ ระบบก็จะสามารถปฏิบัติงานต่อไปได้อย่างไม่ติดขัด การใช้ BOD จะช่วยแก้ปัญหาไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาดหรือหยุดทำงานอันเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของไฟเลี้ยง

สำหรับใน PIC16F877A ระดับแรงดันที่ทำให้วงจร BOD ทำงานคือ 3.4-4.35V ในการทำงานจริงเมื่อแรงดันลดลงถึง 4V เป็นเวลามากกว่า 100 ไมโครวินาที วงจร BOD จะทำงานเพื่อสร้างสัญญาณรีเซตไคอะแกรมเวลาการเกิดสัญญาณรีเซตเนื่องจากการทำงานของวงจร BOD จากรูปไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงอยู่ในสภาวะรีเซตจนกว่าระดับไฟเลี้ยงจะกลับมาอยู่ในระดับต่ำสุดที่สามารถทำงาน ซึ่งทำให้เพาเวอร์อัปโทเมอร์ (PVRT) ทำงาน หนึ่งวงเวลา 72 มิลลิวินาที ถ้าหากในช่วงเวลานั้นไฟเลี้ยงเกิดลดต่ำลงจนวงจร BOD ทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะกลับไปสู่สภาวะรีเซตอีกครั้ง รอคอยไฟเลี้ยงให้กลับมาอยู่ในระดับที่สามารถทำงานได้ นั่นคือเริ่มต้นกระบวนการของเพาเวอร์อัปโทเมอร์ใหม่อีกครั้ง จนกระทั่งไฟเลี้ยงคงที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะกลับมาทำงานตามปกติ

หากไฟเลี้ยงตกลงชั่วขณะแต่ยาวนานพอที่จะทำให้วงจร BOD ตรวจจับได้ ก็จะเกิดสัญญาณรีเซตภายในขึ้น หลังจากที่ไฟเลี้ยงกลับมาอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการทำงาน จะมีการหน่วงเวลาไปอีก 72 มิลลิวินาที

กรณีไฟเลี้ยงเกิดการกระเพื่อม จะมีช่วงเวลานึงที่มีค่าสูงถึงระดับที่ทำงานได้ แต่ทว่ามึระยะเวลาน้อยกว่า 72 มิลลิวินาที จึงยังคงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซต จะเห็นประโยชน์ของเพาเวอร์อัปโทเมอร์ในเวลานี้ เพราะมันจะช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่ต้องทำงานจนกว่าจะแน่ใจว่า มีการจ่ายไฟเลี้ยงที่ถูกต้องและมีระยะเวลานานพอจะแน่ใจได้ว่าไม่ใช่แรงดันกระชากที่ปะปนเข้ามาในสายไฟเลี้ยง

การตกลงของไฟเลี้ยงเป็นเวลายาวนาน ไม่ใช่ชั่วขณะ วงจรบราวเอาต์ดีเทกต์สามารถตรวจสอบได้ และควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซตยาวนานต่อเนื่องและหน่วงเวลาต่อไปอีก 72 มิลลิวินาที หลังจากที่ไฟเลี้ยงกลับมาอยู่ในระดับปกติ

ผู้ใช้งานสามารถเลือกให้วงจร BOD ทำงานหรือไม่ก็ได้ โดยกำหนดที่บิต BODEN ใน Configuration word ถ้าต้องการใช้งานให้เซตบิต BODEN แต่ถ้าต้องการคิสเอเบิลหรือไม่เลือกใช้งานให้เคลียร์บิต BODEN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องคิเสเบิลวงจร BOD ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ยังคงต้องการรีเซตแบบนี้ผู้นี้ก็สามารถทำได้โดยการต่อวงจรภายนอกเพิ่มเติม การป้อนลอจิก “0” ให้แก่ขา MCLR เพื่อรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเองหากเกิดสัญญาณรีเซตนี้จะมีเงื่อนไขคือเมื่อแรงดันไฟเลี้ยงลดต่ำกว่าที่กำหนด ทรานซิสเตอร์ Q1 จะหยุดทำงาน ทำให้แรงดันตกคร่อม R3 เป็น “0” และแรงดัน ตกคร่อม R3 ก็คือแรงดันที่ป้อนให้แก่ขา MCLR เมื่อแรงดันเป็นศูนย์ จึงเกิดเป็นระดับลอจิก “0” ส่งเข้ามาที่ขา MCLR ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเกิดการรีเซตขึ้นในที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องยนต์สำหรับการทดลอง และแนวคิดการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

ในโครงการศึกษานี้เครื่องยนต์ที่ใช้สำหรับทดลองคือเครื่องยนต์ซอนด้าเวฟ 125 i รายละเอียดเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องยนต์	1 สูบ, โอเวอร์เฮดแคมชาฟท์, ใช้อากาศในการหล่อเย็น	
ปริมาตรกระบอกสูบ	124.9 ซีซี	
ระบบจ่ายน้ำมัน	ระบบการฉีดแบบ PGM-FI, ใช้คอมพิวเตอรืควบคุม	
เส้นผ่านศูนย์กลาง x ความยาวกระบอกสูบ	52.4 x 57.9 มิลลิเมตร	
ชนิดของการสตาร์ทเครื่องยนต์	ใช้การเตะ/ใช้การเตะและสวิตซ์ไฟฟ้าในการสตาร์ท	
อัตราส่วนการอัด	9.3:1	
เกียร์	โรตารี 4 จังหวะ	
ความกว้าง x ความยาว x ความสูง	706 x 1881 x 1082 มิลลิเมตร	
ควากว้างฐานล้อ	1239 มิลลิเมตร	
น้ำหนักตัวถังรถ	97 กิโลกรัม	
ระบบจุดระเบิด	CDI	
ระบบเบรก	ล้อหน้า	ดิสค์เบรก
	ล้อหลัง	ดัมเบรก
ขนาดล้อ	ล้อหน้า	60 / 100 - 17 M/C 33P
	ล้อหลัง	70 / 90 - 17 M/C 43P
แบตเตอรี่	12v – 2.5 AH	
ขนาดถังน้ำมัน	4.0 ลิตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



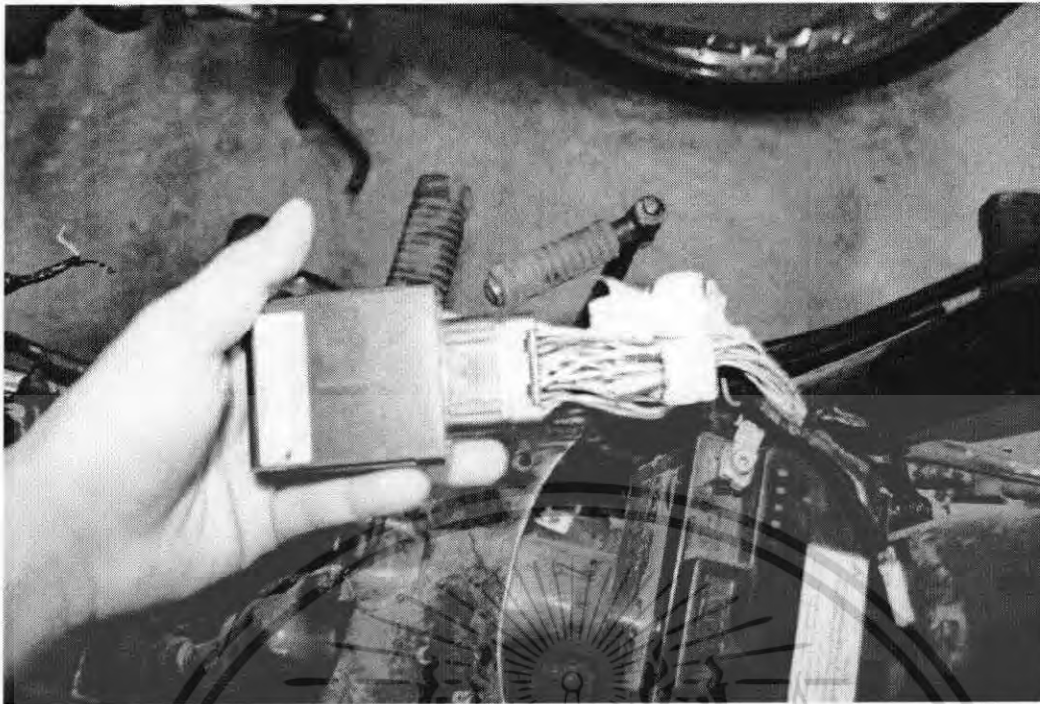
รูปที่ 3-1 จักรยานยนต์ที่ใช้สำหรับทดลอง



รูปที่ 3-2 เซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง

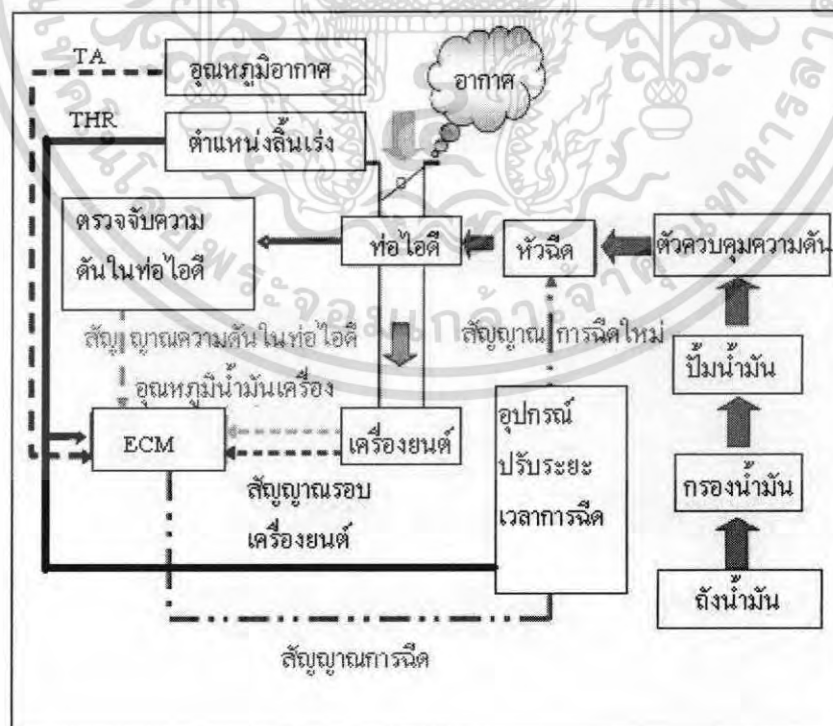
จากรูปที่ 3-2 เซ็นเซอร์ลิ้นเร่งจับสัญญาณ 3 สัญญาณ คือ ตำแหน่งลิ้นเร่ง ความดันในท่อไอดี และอุณหภูมิอากาศ แล้วส่งไปให้กับกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM)

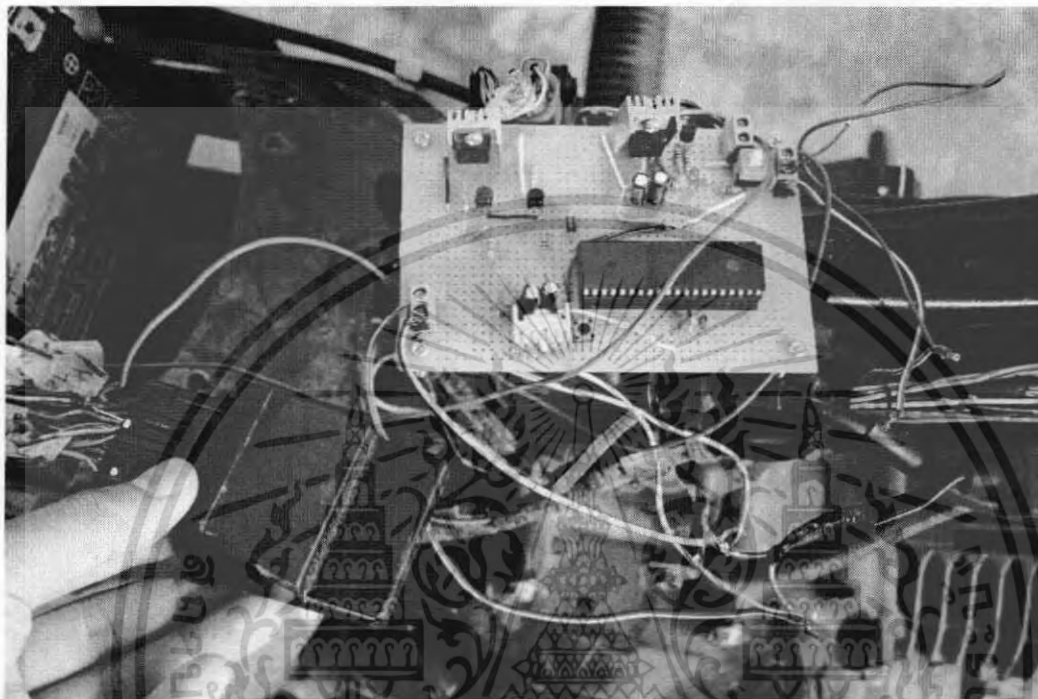
รูปที่ 3-3 กล่องควบคุมการฉีดน้ำมันของรถยนต์รุ่นนี้โดยจะนำสัญญาณต่าง ๆ มาประมวลผลแล้วส่งออกไปเป็นสัญญาณการฉีดส่งไปที่หัวฉีด



รูปที่ 3-4 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-4 เป็นแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด โดยจะทำการนำสัญญาณการฉีดเดิมที่ได้จากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) และสัญญาณลิ้นเร่ง มาเข้าอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดและหลังจากประมวลผลในอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดแล้วจะได้สัญญาณการฉีดใหม่ซึ่งนำไปใช้งานที่หัวฉีด

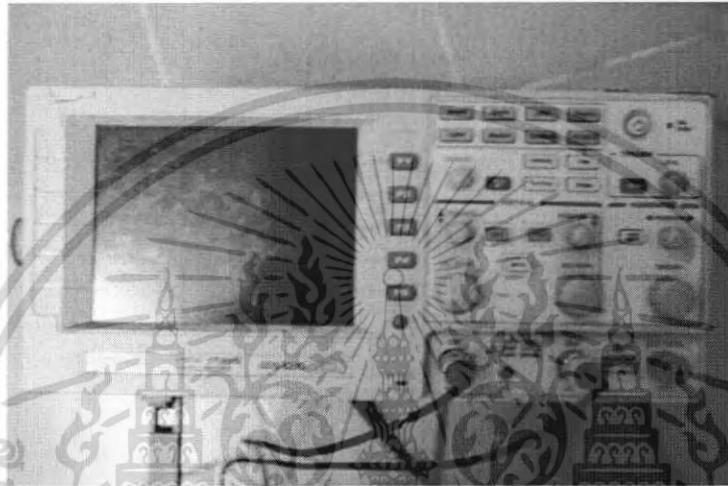


รูปที่ 3-5 อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด(INJECTION CONTROL MODULE)

รูปที่ 3-5 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดซึ่งต่อพ่วงจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) โดยนำสัญญาณการฉีดเดิมและสัญญาณลิ้นเร่งมาเป็นสัญญาณป้อนให้อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดทำงานจากรูปจะแบ่งออกเป็นวงจรรอยางชัดเจนซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไปในหัวข้อการออกแบบวงจร

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. อุปกรณ์ที่ใช้วัดสัญญาณทางไฟฟ้าทั้งแรงดัน ความถี่ ที่ส่งออกมาจากเซ็นเซอร์ต่างๆภายในรถจักรยานยนต์คันนี้เพื่อศึกษาลักษณะพื้นฐานของสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งออกมาซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงตัวเลขและลักษณะสัญญาณของเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อเปรียบเทียบ ในการทำอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดต่อไป



รูปที่ 3-6 ออสซิลโคป

2. อุปกรณ์กำเนิดความถี่ ใช้ในการจำลองสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) โดยสามารถจำลองความถี่ได้ทุกช่วงความเร็วซึ่งใช้ในวงจรออกแบบวงจรอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด



รูปที่ 3-7 อุปกรณ์กำเนิดความถี่

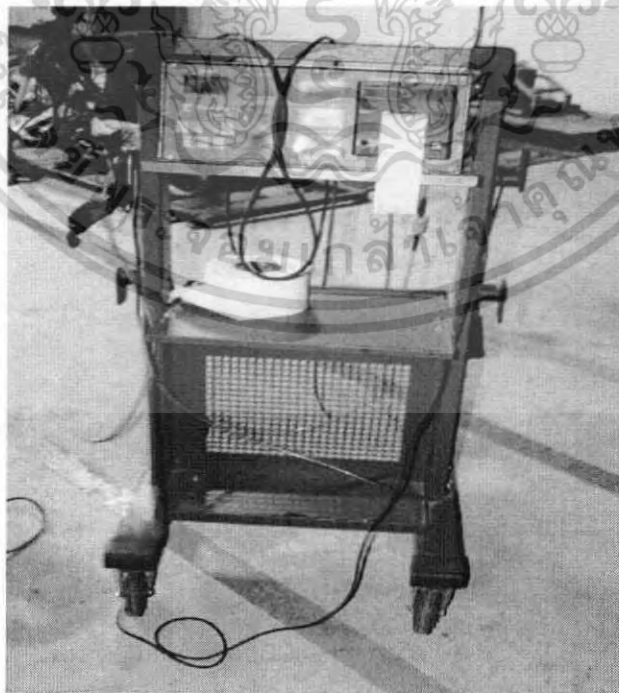
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพื่อเปรียบจากสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากเซ็นเซอร์วัดรอบเครื่องยนต์ และใช้ในการกำหนดรอบในการหาค่าระยะเวลาการฉีดของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน



รูปที่ 3-8 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์

4. เครื่องวัดไอเสีย ทำหน้าที่วัดปริมาณของ CO NO_x HC โดยทำการวัดไอเสียของแก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์E10 และแก๊สโซฮอล์E20 ขณะเดินเบา



รูปที่ 3-9 เครื่องวัดปริมาณไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อุปกรณ์ทดสอบขณะเครื่องยนต์มีโหลด เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชุดหัวฉีด และใช้หาค่า กำลัง แรงบิด ของรถยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่างๆ



รูปที่ 3-10 เครื่องทดสอบ

6. อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อหาอัตราการใช้เชื้อเพลิง



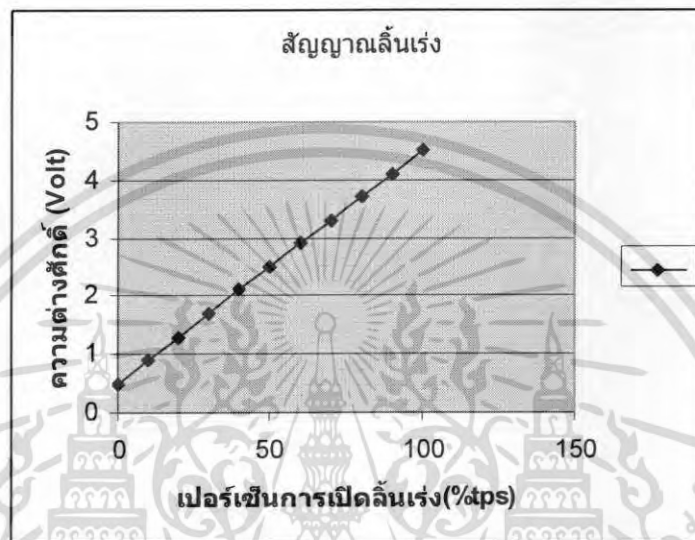
รูปที่ 3-11 อุปกรณ์วัดปริมาณความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

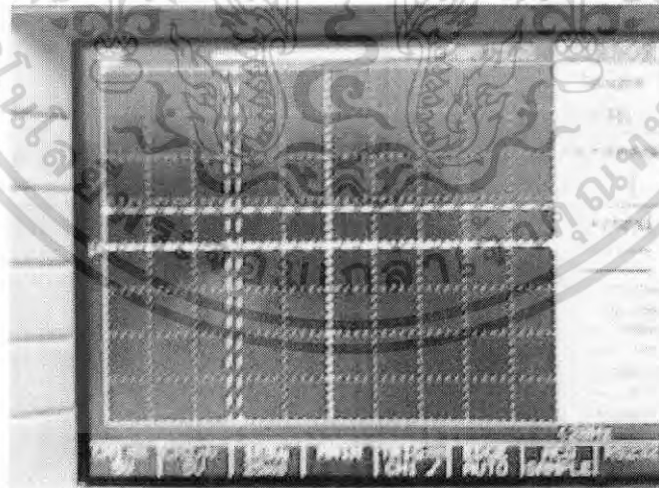
3.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมชุดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

3.2.1 ทำการเก็บค่าสัญญาณลิ้นเร่ง

ทำการทดสอบหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของสัญญาณลิ้นเร่งในจังหวะการเปิดลิ้นเร่ง 0-100% เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์ในการสร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดและพบว่าได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 กราฟแสดงองศาการเปิดของลิ้นเร่ง (0 – 100 %)



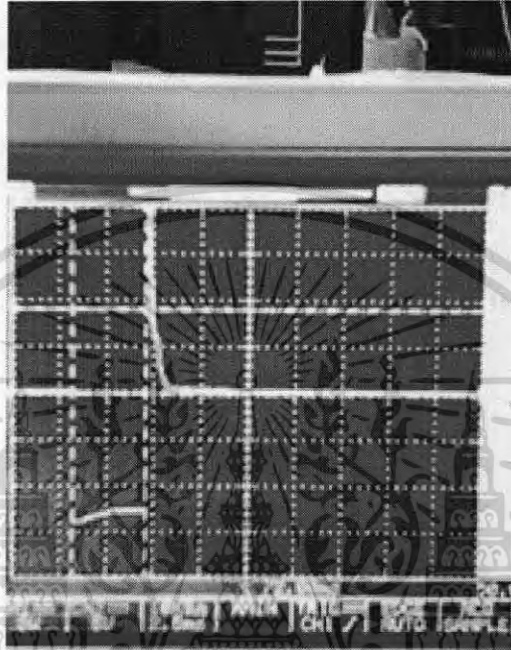
รูปที่ 3-13 สัญญาณไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ลิ้นเร่ง

จากรูปที่ 3-13 แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ลิ้นเร่งจากรูปเป็นการเป็นลิ้นเร่ง 100% จะเห็นว่าสัญญาณไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 4.5 โวลต์ โดยปรับอุปกรณ์วัดสัญญาณทางไฟฟ้า 1 ช่อง เท่ากับ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ทำการวัดค่าสัญญาณหัวฉีด

ทำการเก็บค่าระยะเวลาการฉีดของแก๊สโซลีนเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการสร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดจากรูปที่ 3-14 เป็นตัวอย่างของสัญญาณการฉีดซึ่งระยะเวลาในการฉีดขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการลงกราวนด์ของหัวฉีด



รูปที่ 3-14 สัญญาณ ไฟฟ้าของกล่องที่ส่งเข้าหัวฉีด

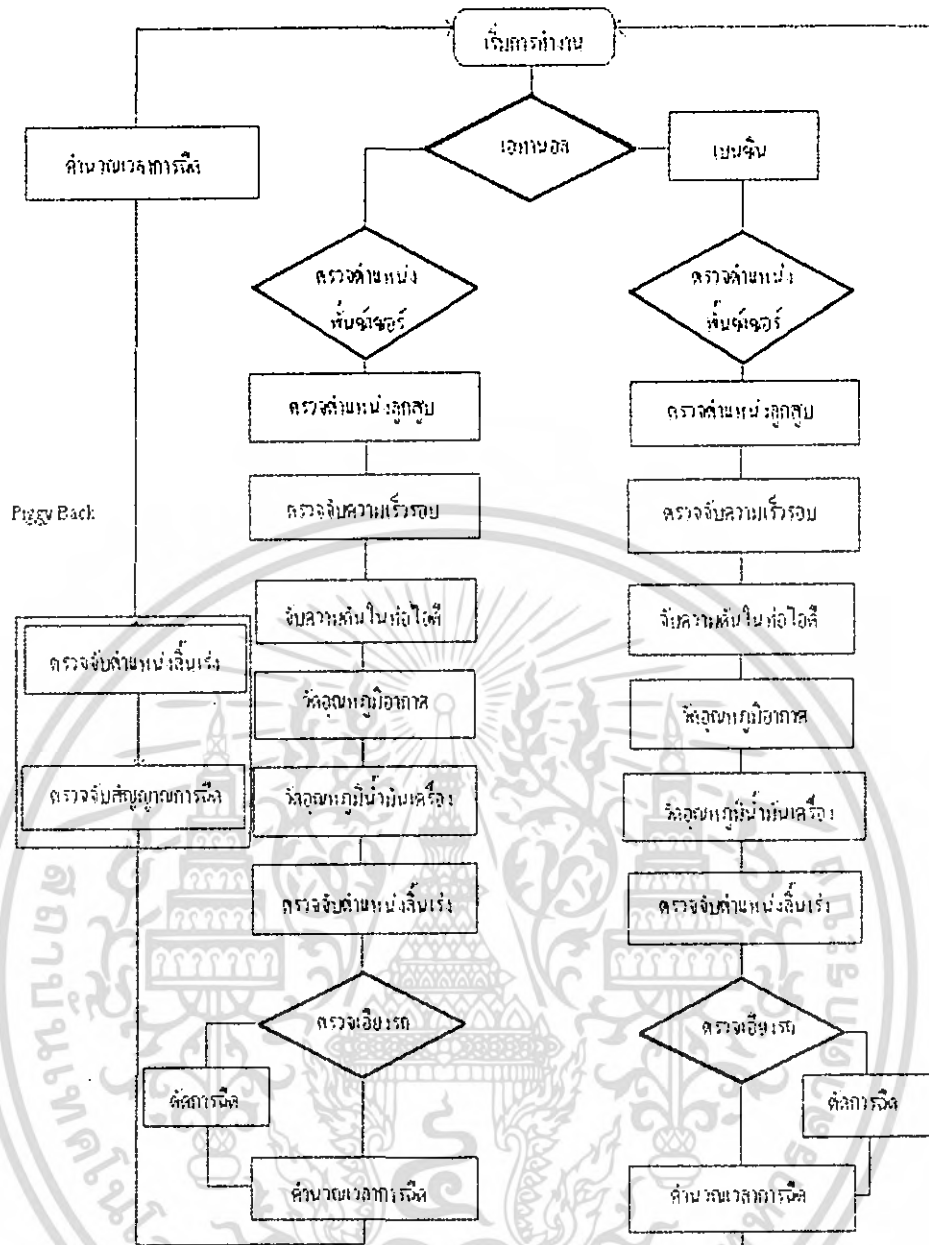
เมื่อเก็บค่าสัญญาณในแต่ละเซ็นเซอร์ และสัญญาณหัวฉีด แล้วนำความสัมพันธ์ที่ได้มาเขียนโปรแกรม

3.2.3 เริ่มทำการเขียนโปรแกรม

นำค่าความสัมพันธ์ของเซ็นเซอร์ต่างๆที่ได้มาเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซีในการเขียนและสั่งการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งรับค่ามาจากสัญญาณไฟฟ้า ของเซ็นเซอร์ต่างๆ และทำการประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้น จะส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสั่งหัวฉีดทำงาน

แนวคิดของการเขียนโปรแกรมคือเราจะสร้างตาราง เก็บค่าระยะเวลาการฉีดใหม่ที่ได้จากการคำนวณหาความต้องการปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น โดยวิธีคำนวณจากพลังงานที่ต้องการหรืออากาศในห้องเผาไหม้ แล้วนำสัญญาณลิ้นเร่งมาเลือกแถวนำสัญญาณหัวฉีดเดิมมาเลือกหลักก็จะได้ค่าระยะเวลาการฉีดใหม่ในแต่ละรอบ โดยค่าระยะเวลาในการฉีดใหม่และกระบวนการเลือกค่าจะกระทำโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูป 3-16

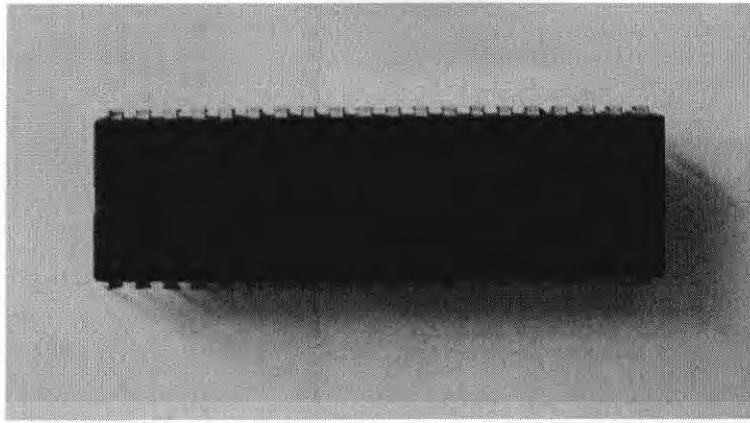
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3-15 แสดงแนวคิดกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

รูปที่3-15 แสดงแนวคิดการทำงานของอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดซึ่งจะเลือกการทำงานได้ระหว่างการใช้แก๊สโซลีนกับแก๊สโซฮอล์E20จะสังเกตเห็นว่าอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดนำมาต่อพ่วงกับกระบวนการประมวลผลเดิมของกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์(ECM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

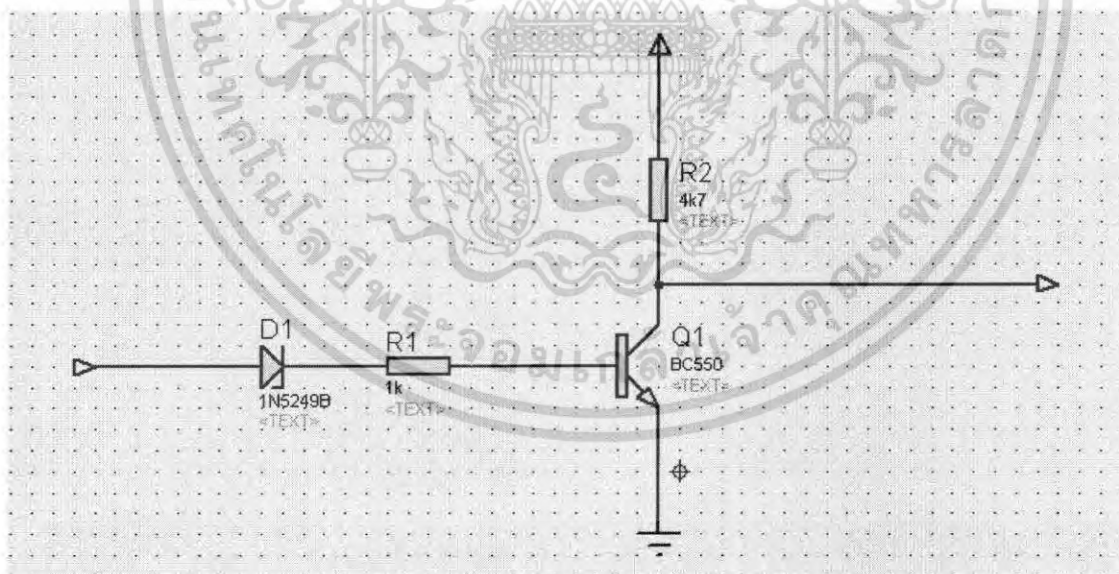


รูปที่ 3-16 ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC16F877A

3.2.4 ออกแบบวงจรเพื่อใช้กับโปรแกรม

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน 5 โวลต์แต่ สัญญาณไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากเซ็นเซอร์วัดรอบเครื่องยนต์นั้น มีขนาดแรงดันไฟฟ้าเกิน 5 โวลต์และยังเป็นคลื่นไฟฟ้าในรูปแบบฟันเลื่อยดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำวงจรลดขนาดสัญญาณลงเพื่อให้เหลือเพียง 5 โวลต์ และเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณฟันเลื่อยให้อยู่ในรูปสัญญาณพัลส์

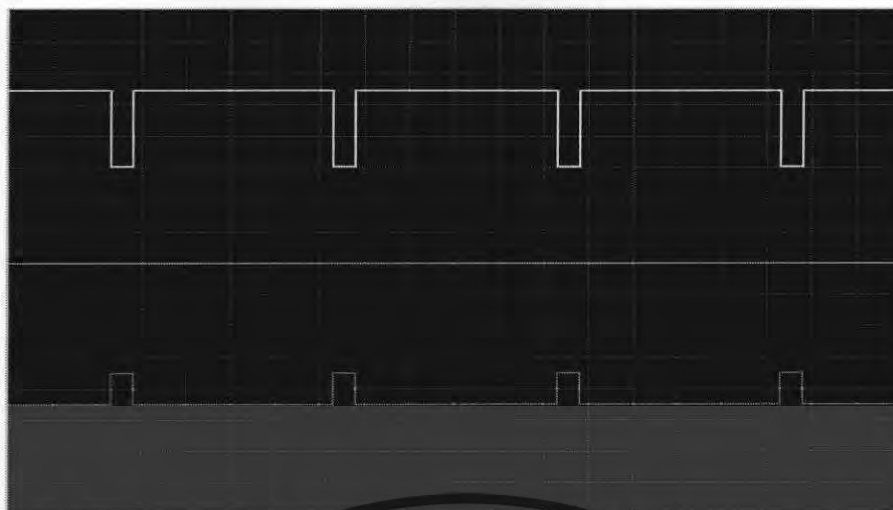
1. ทำการทดลองออกแบบวงจรที่จะใช้ในโปรแกรมจำลองการทำงาน เพื่อจะได้หาข้อผิดพลาดของวงจรและทดสอบวงจรว่าได้ผลออกมาตามที่ต้องการหรือไม่ก่อนการสร้างจริง



รูปที่ 3-17 วงจรแปลงสัญญาณหัวฉีดเดิมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

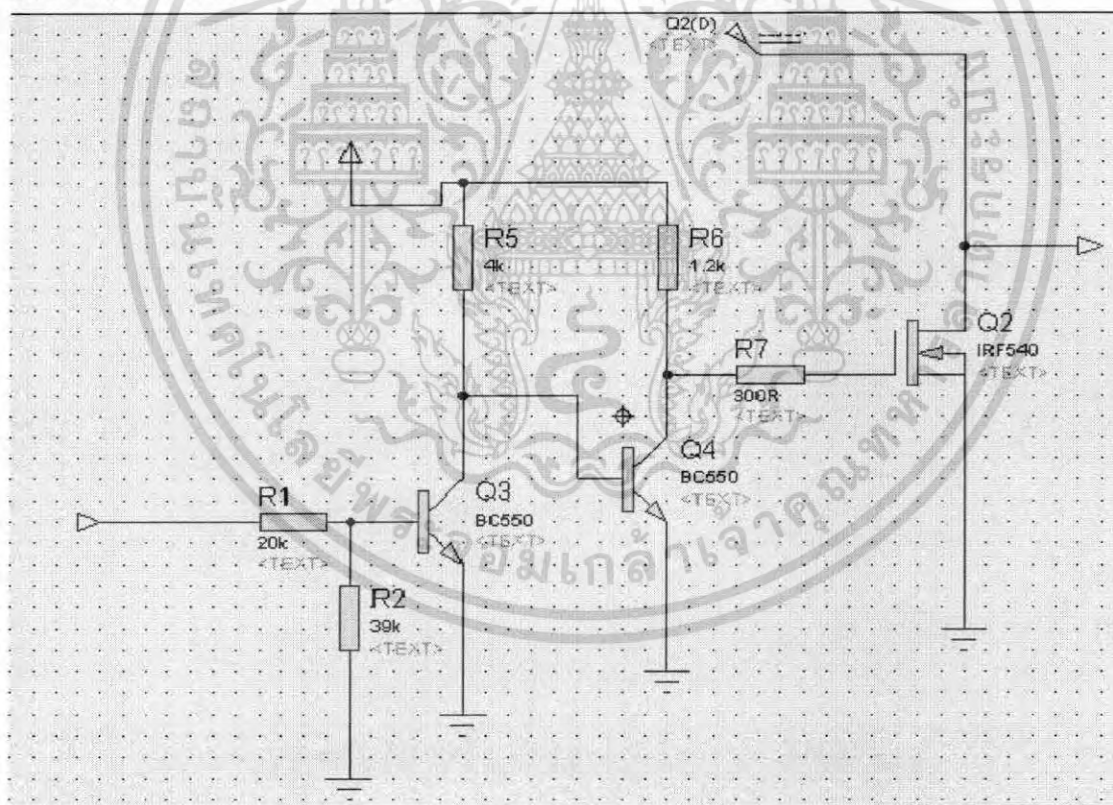
รูปที่ 3-17 เป็นวงจรที่แปลงสัญญาณหัวฉีด 12 โวลต์ให้เป็น 5 โวลต์และกลับเฟส 180 องศา เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ตามที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-18 จำลองสัญญาณการฉีดและสัญญาณเข้าอุปกรณ์ระยะเวลาการฉีด

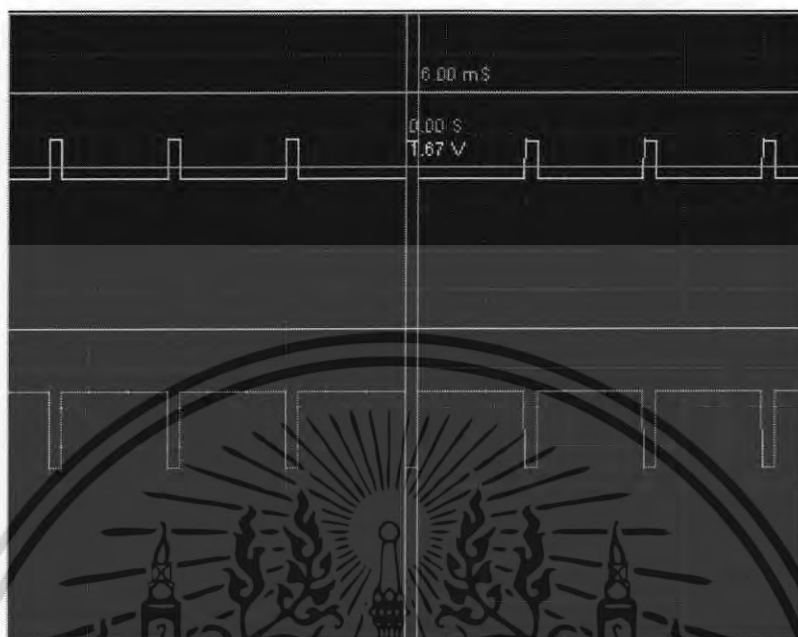
รูปที่ 3-18 สัญญาณด้านบนคือสัญญาณหัวฉีดซึ่งหัวฉีดซึ่งทำงานในช่วง 12-0 โวลต์แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในช่วง 0-5 โวลต์ซึ่งสัญญาณด้านล่างผ่านวงจรแปลงสัญญาณหัวฉีดเดิมเพื่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว สามารถทำงานในช่วง 0-5 โวลต์ได้



รูปที่ 3-19 ภาพแสดงวงจรชุดขับหัวฉีด

รูปที่ 3-19 แสดงวงจรขับชุดหัวฉีด เนื่องจากจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์คือ 5 โวลต์แต่จังหวะการทำงานของหัวฉีดคือ 0 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบวงจรเพื่อให้กลับเฟสเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และขยายความต่างศักย์จาก 0-5 โวลต์เป็น 12-0 โวลต์ และเนื่องจากป้องกันการจ่ายกระแสเกินไปยังหัวฉีดจึงต้องออกแบบวงจรนี้ให้ลดกระแสด้วย



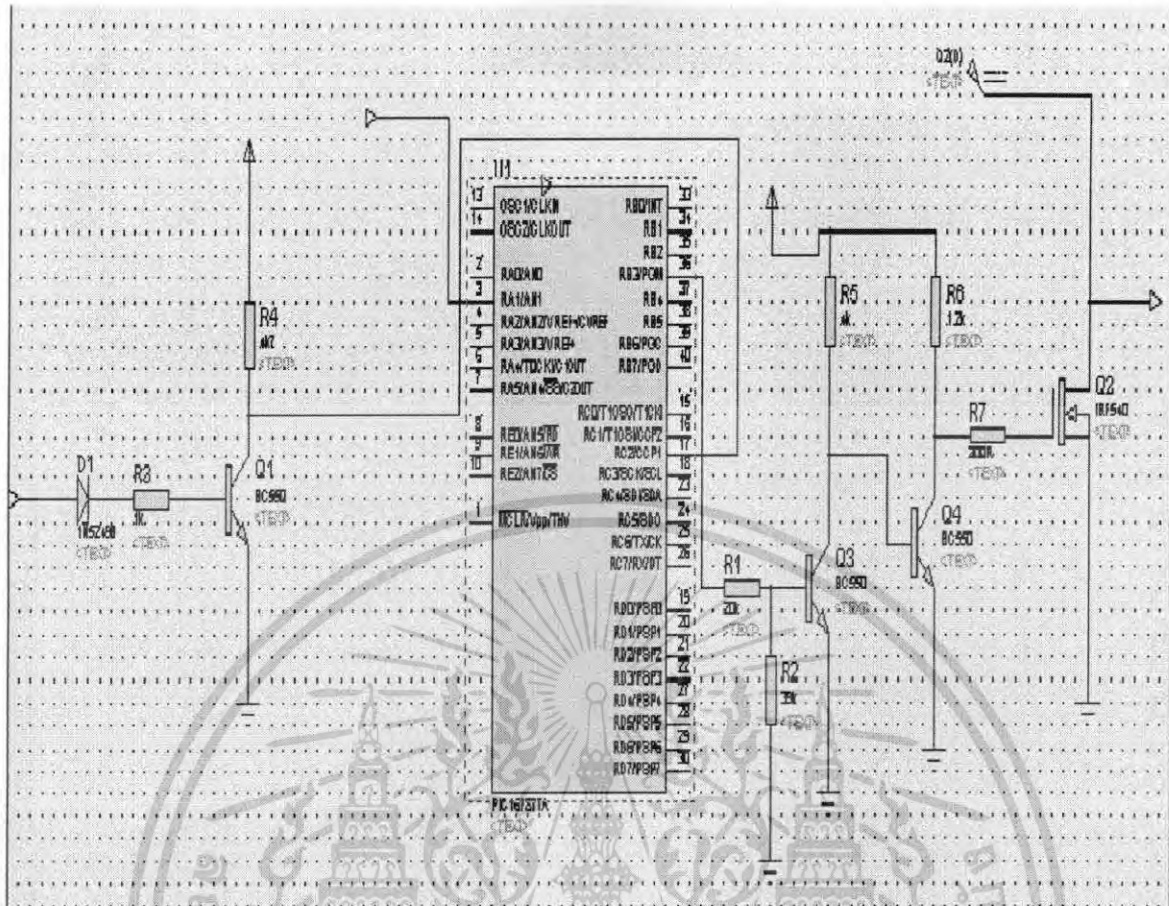
รูปที่ 3-20 จำลองสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์และสัญญาณที่ส่งไปยังหัวฉีด

รูปที่ 3-20 ด้านบนแสดงการจำลองสัญญาณการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์คือช่วง 0-5 โวลต์ ด้านล่างแสดงสัญญาณการทำงานของหัวฉีดซึ่งทำงานช่วง 12-0 โวลต์ จึงทำให้ ต้องกลับเฟสขยายความต่างศักย์และลดกระแสเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับหัวฉีด

เมื่อออกแบบวงจรชุดรับสัญญาณหัวฉีดเดิมและวงจรชุดส่งสัญญาณหัวฉีดใหม่เรียบร้อยแล้วให้นำวงจรทั้งหมดมารวมกันเพื่อจำลองการทำงานโดยรวม

2. นำวงจรที่ออกแบบทั้งหมดมาจำลองการทำงานในโปรแกรมจำลองการทำงานดังรูปที่ 3-21 จุดประสงค์เพื่อดูความเป็นไปได้ในการทำงานจริงซึ่งเมื่อผ่านการจำลองการทำงานแล้วก็ขึ้นกระบวนการสร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดและเมื่อสร้างเสร็จแล้วยังต้องนำไปทดสอบด้วยเครื่องกำเนิดความถี่อีกครั้งเพื่อเป็นการทดสอบจริงอีกครั้งก่อนการทดสอบและติดตั้งกลับรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-21 ภาพแสดงวงจรที่ออกแบบแล้ว

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

- 3.3.1 เมื่ออุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดผ่านการทำงานแล้วทำการสร้างอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดและทดสอบกับรถยนต์ทดสอบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่
- 3.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ กำลัง แรงบิด MEP ของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน แก๊ส โซฮอล์E10 และแก๊ส โซฮอล์E20 ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
- 3.3.3 วัดปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20 แก๊ส โซฮอล์E10 และแก๊ส โซลีน ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
- 3.3.3 วัดปริมาณไอเสียเมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีนแก๊ส โซฮอล์E10 และแก๊ส โซฮอล์E20ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
- 3.3.4 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ กำลัง แรงบิด MEP ของเชื้อเพลิงแก๊ส โซลีน แก๊ส โซฮอล์E10 และแก๊ส โซฮอล์E20 หลังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
- 3.3.5 วัดปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20 แก๊ส โซฮอล์E10 และแก๊ส โซลีน หลังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
- 3.3.6 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับ ระยะเวลาการฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบนซิน แก๊สโซฮอล์E10 แก๊สโซฮอล์E20
2. เพื่อวัดค่ามลพิษทางไอเสีย ปริมาณ HC, CO, และ CO₂ ของเชื้อเพลิงเบนซิน แก๊สโซฮอล์ E10 แก๊สโซฮอล์E20
3. เพื่อเปรียบเทียบกำลัง แรงบิดและMEPของเชื้อเพลิงเบนซิน แก๊สโซฮอล์E10 แก๊สโซฮอล์E20

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย(Gas analyzer)
2. รถจักรยานยนต์ฮอนด้าเวฟ 125 i
3. เครื่องทดสอบแรงม้าและแรงบิด
4. น้ำมันแก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์E10 แก๊สโซฮอล์E20
5. เครื่องวัดปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
6. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ

4.3 การทดลอง

1. นำรถจักรยานยนต์ติดตั้งบนเครื่องทดสอบประตองกำลัง
2. เตรียมเครื่องวิเคราะห์ไอเสียและปรับตั้งค่าในการทดสอบ
3. ติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ
4. คิดเครื่องยนต์เดินเครื่องที่ ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที(รอบเดินเบา)วัดปริมาณไอเสียของแต่ละเชื้อเพลิง
5. บันทึกค่าปริมาณไอเสียลงในตารางทดสอบ
6. ทำการวัดค่า กำลัง แรงบิดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ของรถยนต์ โดยเพิ่มรอบขึ้นทุกๆ500รอบจนถึง8000รอบและทำการบันทึก กำลัง แรงบิดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในทุกๆ500รอบเช่นกันทำเช่นนี้อย่างน้อย 3 ครั้ง ในทุกๆเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดและทำการวัดค่า กำลัง แรงบิดและอัตราการสิ้นเปลือง เชื้อเพลิง ของรถยนต์ โดยเพิ่มรอบขึ้นทุกๆ500รอบจนถึง8000รอบและทำการบันทึก กำลัง แรงบิดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในทุกๆ500รอบเช่นกันทำเช่นนี้อย่างน้อย 3 ครั้ง ในทุกๆเชื้อเพลิง

7. เทียบสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงระหว่างใส่อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดกับไม่ใส่อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด
8. นำผลที่ได้มาวาดกราฟ กำลังกับความเร็วนำ แรงบิดกับความเร็วนำ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ได้มาทำเป็นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะแล้วนำไปวาดกราฟเทียบกับความเร็วนำ ผลที่ได้มาคำนวณหาค่าMEPและนำไปวาดกราฟเทียบกับความเร็วนำ

4.4 ผลการทดสอบเครื่องยนต์

ทำการทดสอบโดยใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันคือ เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์E10 และ เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์E20 โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบชนิดเดียวกันคือเครื่องของรถจักรยานยนต์ ฮอนด้าเวฟ 125 i ซึ่งได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดที่ได้ทำขึ้นเข้าไป ทำการวัด กำลัง แรงบิด อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และมลพิษของไอเสียเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

4.4.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

4.4.1.1 ผลการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

Speed (rpm)	Power (kW)	Torque (Nm)	Speed (km/hr)	bsfc (g/kW-hr)
3140	2	45.66	40	387
4471	2.8	44.89	60	413.6
5938	3.4	41.05	80	480
7390	2.9	28.13	100	687
8797	1.1	8.96	120	1996.4

4.4.1.2 ผลการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

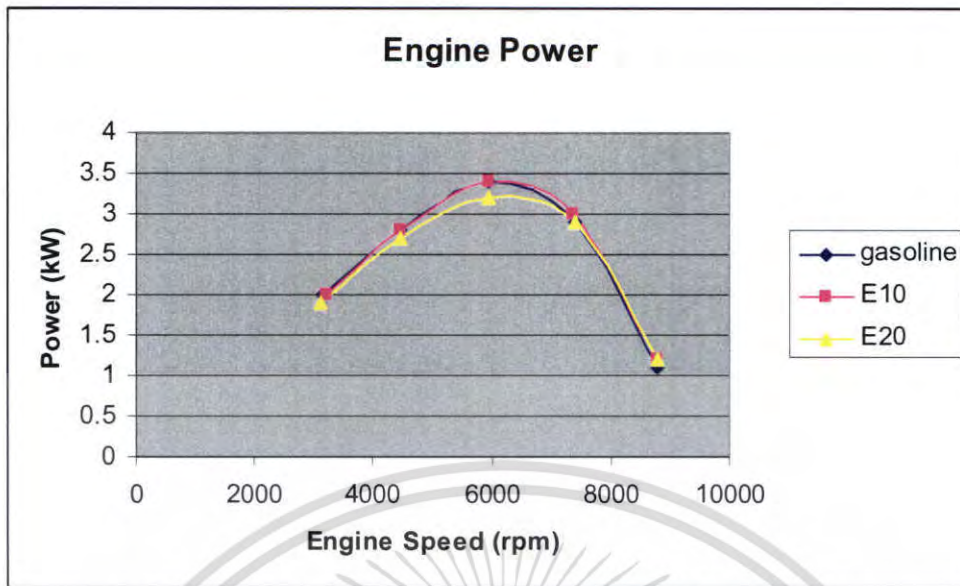
Speed (rpm)	Power (kW)	Torque (Nm)	Speed (km/hr)	bsfc (g/kW-hr)
3199	2	44.82	40	411
4453	2.8	45.07	60	428.6
5938	3.4	41.05	80	482.3
7376	3	29.15	100	670
8792	1.2	8.78	120	1885

4.4.1.3 ผลการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20

Speed (rpm)	Power (kW)	Torque (Nm)	Speed (km/hr)	bsfc (g/kW-hr)
3114	1.9	43.74	40	384.3
4449	2.7	43.5	60	428.2
5930	3.2	38.68	80	510
7382	2.9	28.16	100	686.9
8778	1.2	9.8	120	1935

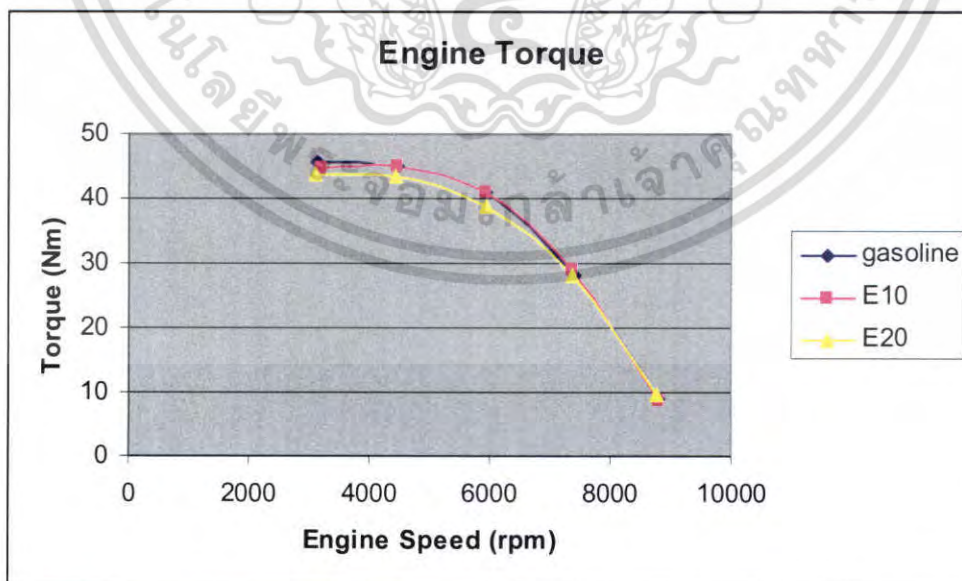
เมื่อได้ข้อมูลจากตารางแล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าต่างๆในตารางกับรอบเครื่องยนต์โดยเปรียบเทียบในแต่ละเชื้อเพลิง



รูปที่ 4-1 การเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4-1 (ข้อมูลจากตาราง 4-1 – 4-3) จะเห็นได้ว่ากำลังของน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E20 จะมีกำลังตกลง 6.25 เปอร์เซ็นต์ (กำลังสูงสุดของแก๊สโซฮอล์และน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E10 มีกำลัง 3.4 กิโลวัตต์แต่น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E20 มีกำลัง 3.2 กิโลวัตต์ที่ 6000 รอบ) กำลังตกลงเนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีส่วนผสมของเอทานอลเพิ่มขึ้นทำให้ค่าพลังงาน (LHV) ต่ำลง

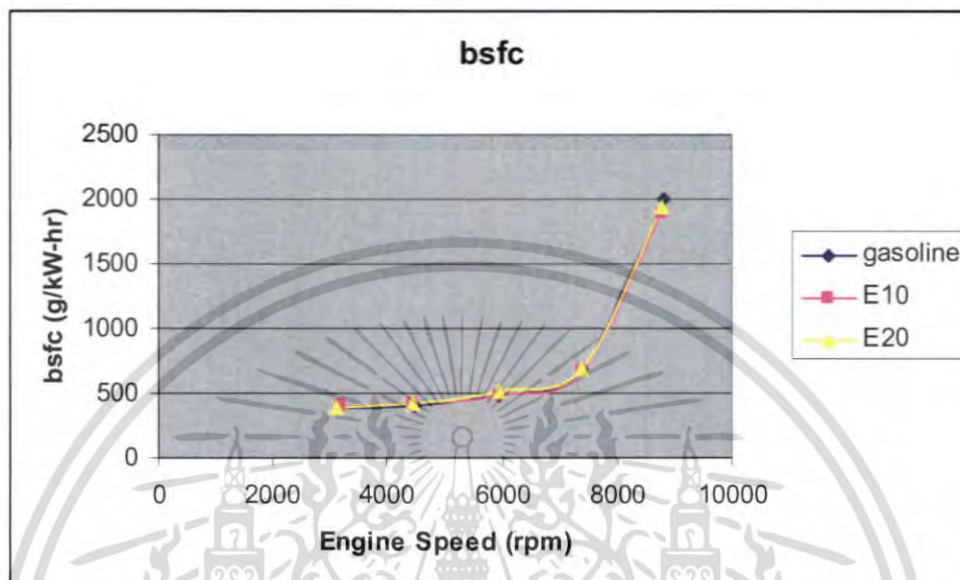
ทำการวาดกราฟแรงบิด



รูปที่ 4-2 การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-2 (ข้อมูลจากตาราง 4-1 – 4-3) จะพบว่าที่ประมาณ 5,900 รอบแรงบิดของแก๊สโซลีนและแก๊สโซฮอล์ E10 (41.05Nm) มีค่ามากกว่าแก๊สโซฮอล์ E20 (38.68Nm) ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงที่ กำลังของแก๊สโซฮอล์ E20 ต่ำกว่าแก๊สโซลีนและแก๊สโซฮอล์ E10 6.25 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4-3 กราฟเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4-3 (ข้อมูลจากตาราง 4-1 – 4-3) อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะมากขึ้นในช่วง 9500 รอบเนื่องจากกำลังงานที่ได้มีน้อยลงแต่อัตราการกินน้ำมันเท่าเดิม

4.4.1.4 ผลการทดลองวัดไอเสียโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองคุณภาพไอเสียของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

Speed (rpm)	CO(%vol)	CO ₂ (%vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (%vol)
1560	0.3	4.7	83	13.4
1780	0.37	3.4	44	15.3
1860	0.52	3.6	23	15.1
1680	0.15	1.1	9	18.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.5 ผลการทดลองวัดไอเสียโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองคุณภาพไอเสียของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

Speed (rpm)	CO(%vol)	CO ₂ (%vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (%vol)
1560	0.05	1.6	50	18.2
1780	0.7	4.4	35	13.7
1860	1.62	3.6	43	14.3

4.4.1.6 ผลการทดลองวัดไอเสียโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองคุณภาพไอเสียของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20

Speed (rpm)	CO(%vol)	CO ₂ (%vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (%vol)
1820	0.19	2.2	10	17.3
1850	1.31	4.1	39	13.7
1850	0.7	7.4	35	13.7

4.4.1.7 ค่า Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ตารางที่ 4-7 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์

Speed (rpm)	BMEP (kPa)
4000	624
5000	576
6000	544
7000	439
8000	276
9000	138.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

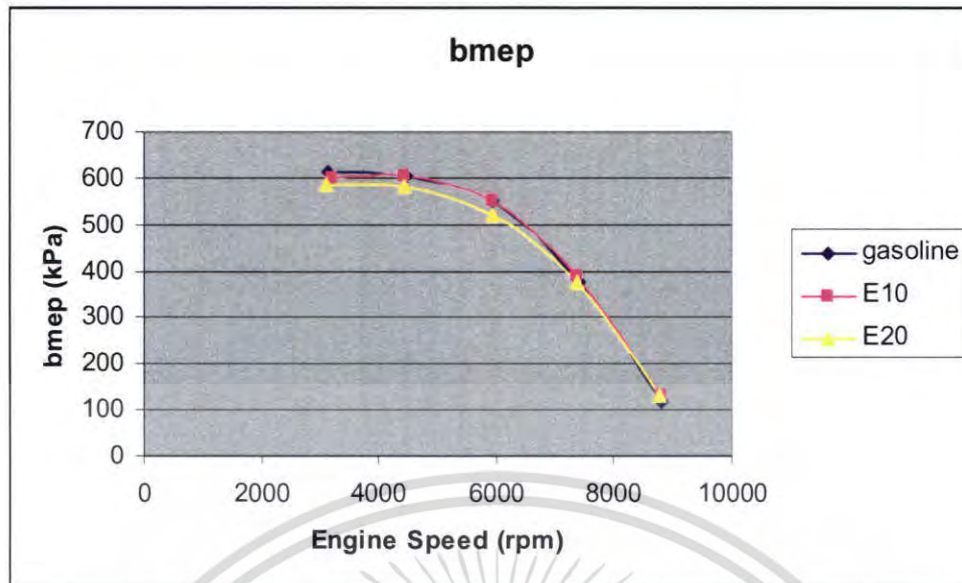
ตารางที่ 4-8 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

Speed (rpm)	BMEP (kPa)
4000	616
5000	582.4
6000	538.7
7000	434.3
8000	284
9000	145.8

ตารางที่ 4-9 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20

Speed (rpm)	BMEP (kPa)
4000	624
5000	585.6
6000	544
7000	439
8000	264
9000	139

เมื่อ ได้ข้อมูลจากตารางแล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าความดันในตารางกับรอบเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบในแต่ละเชื้อเพลิง



รูปที่ 4-4 กราฟ Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4-4 (จากตารางที่ 4.7-4.9) จะเห็นได้ว่าแก๊สโซฮอล์ E20 มีความดันในห้องเผาไหม้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบแก๊สโซลีนและแก๊สโซฮอล์ E10 จึงทำให้กำลังที่ได้ต่ำกว่าแก๊สโซฮอล์ E10 และแก๊สโซลีน

4.4.2 ผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

4.4.2.1 ผลการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ตารางที่ 4-10 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)

Speed (rpm)	Power (kW)	Torque (Nm)	Speed (km/hr)	bsfc (g/kW-hr)
3140	2.2	50.22	40	372
4471	2.9	46.5	60	406.3
5938	3.7	44.67	80	423.5
7376	3	29.1	100	687
8797	1.5	12.22	120	1984.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 ผลการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

ตารางที่ 4-11 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10
(ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)

Speed (rpm)	Power (kW)	Torque (Nm)	Speed (km/hr)	bsfc (g/kW-hr)
3057	2.2	51.59	40	402
4463	2.8	44.97	60	421.3
5938	3.7	44.68	80	454.7
7376	3.1	30.13	100	665
8792	1.6	13.04	120	1826

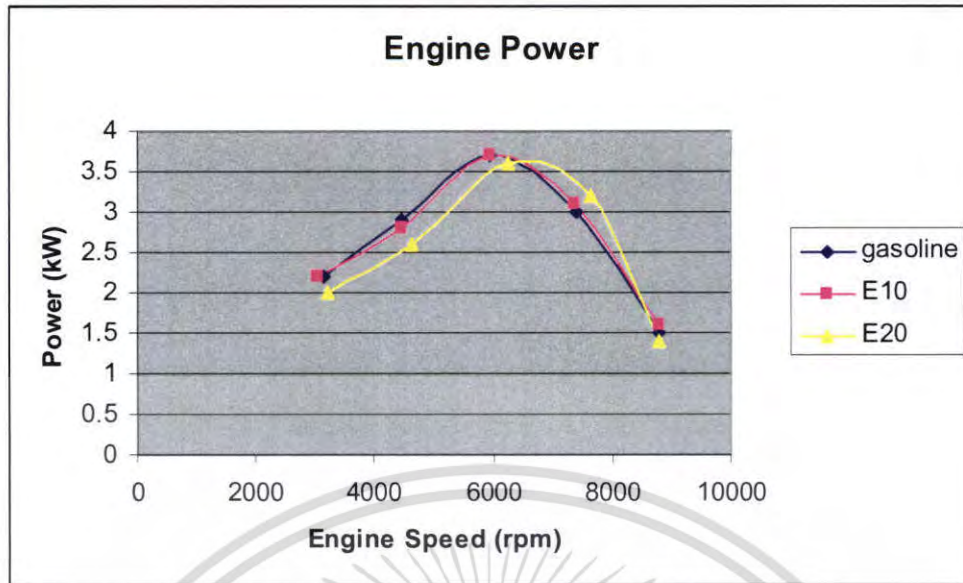
4.4.2.3 ผลการทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20

ตารางที่ 4-12 ผลการทดลองกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20
(ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)

Speed (rpm)	Power (kW)	Torque (Nm)	Speed (km/hr)	bsfc (g/kW-hr)
3225	2	44.46	40	365.8
4615	2.6	40.38	60	445.23
6250	3.6	41.29	80	483.3
7648	3.2	29.99	100	666
8796	1.4	11.41	120	1818

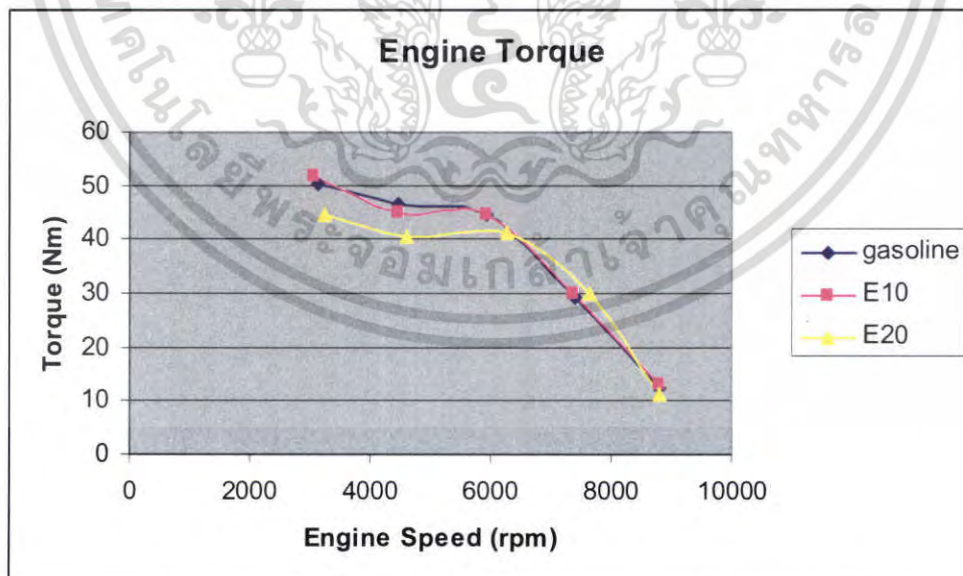
เมื่อได้ข้อมูลจากตารางแล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าต่างๆในตารางกับรอบเครื่องยนต์โดยเปรียบเทียบในแต่ละเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 เปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด
เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

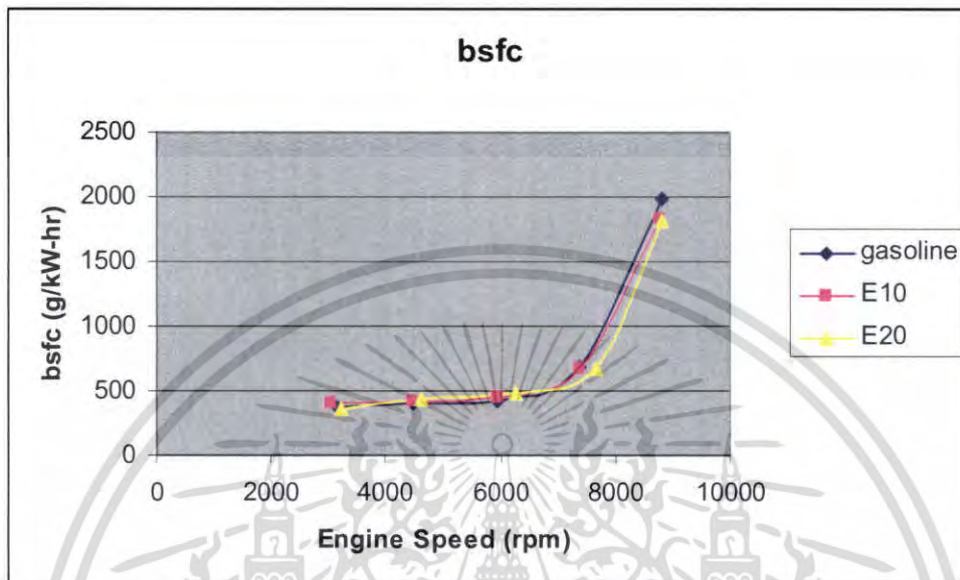
จากกราฟ(ตารางที่ 4-10 – 4-12) จะเห็นว่ากำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากเดิม (ก่อนผ่านอุปกรณ์) เนื่องจากฉีดเชื้อเพลิงมากขึ้นจากกล่องเดิม 0.6875 เปอร์เซ็นต์ ที่ 6000 รอบ กำลังที่ได้จากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนหลังจากผ่านอุปกรณ์มีค่าเพิ่มขึ้น 8.108 เปอร์เซ็นต์ กำลังที่ได้จากอุปกรณ์เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลล์ E20 เพิ่มขึ้น 2.83 เปอร์เซ็นต์ (โดยคิดที่ 6000 รอบ)



รูปที่ 4-6 เปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด
เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-6 (ตารางที่ 4-10 – 4-12) จะเห็นได้ว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเพิ่มขึ้น 8.81 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับก่อนผ่านอุปกรณ์และแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอลล์ E20 เพิ่มขึ้น 6.647 เปอร์เซ็นต์ ที่ 6000 รอบ



รูปที่ 4-7 กราฟเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

จากรูปที่ 4-7 (ตารางที่ 4-10 – 4-12) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะต่ำกว่า ที่ยังไม่ได้ผ่าน อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด เนื่องจากกำหนดค่าระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงใน โปรแกรม ทำให้ ฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่งผลให้กำลังของทุกเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นและส่งผลให้อัตราการกินน้ำมัน เชื้อเพลิงต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงของแก๊สโซลีนลดลง 0.6875 เปอร์เซ็นต์ โดยเทียบที่ 6000 รอบ อัตราการ กินน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ E20 ลดลง 5.23 เปอร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ

4.4.2.4 วัดค่าไอเสียเมื่อใส่อุปกรณ์เพิ่มระยะเวลาการฉีด

ตารางที่ 4-13 ค่าไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนขณะเดินเบาเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

Speed (rpm)	CO(%vol)	CO ₂ (%vol)	HC(ppm vol)	O ₂ (%vol)
1860	0.6	3.1	25	13.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-14 ค่าไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10ขณะเดินเบาเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

Speed (rpm)	CO(%vol)	CO ₂ (%vol)	HC(ppm vol)	O ₂ (%vol)
1860	1.1	4.1	49	15.7

ตารางที่ 4-15 ค่าไอเสียของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E20 เดินเบาเมื่อผ่าน อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

Speed (rpm)	CO(%vol)	CO ₂ (%vol)	HC(ppm vol)	O ₂ (%vol)
1850	1.5	8.8	37	14.4

4.4.2.5 ค่า Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด(ใส่อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด)

ตารางที่ 4- 16 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์

Speed (rpm)	BMEP (kPa)
3140	673.35
4471	623.36
5938	598.84
7390	390.14
8797	163.87

ตารางที่ 4- 17 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10

Speed (rpm)	BMEP (kPa)
3057	691.6
4463	602.95
5938	598.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

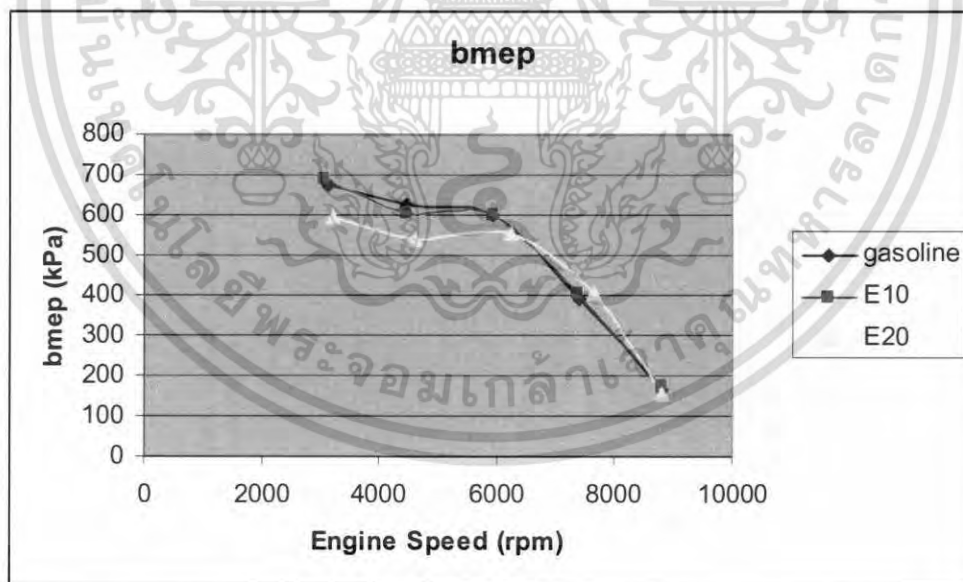
ตารางที่ 4- 17(ต่อ)

7376	403.9
8792	174.89

ตารางที่ 4-18 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์E20

Speed (rpm)	BMEP (kPa)
3225	596
4615	541.44
6250	553.57
7648	404.11
8796	152.96

เมื่อได้ข้อมูลจากตารางแล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าความดันในตารางกับรอบเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบในแต่ละเชื้อเพลิง



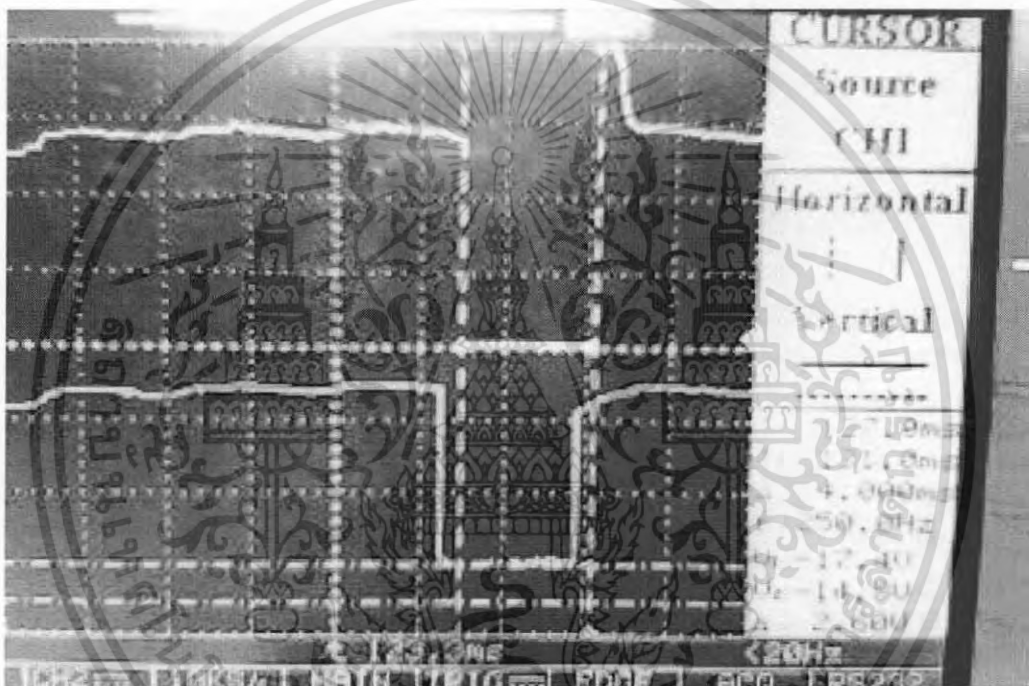
รูปที่ 4-8 Brake mean effective pressure ของเครื่องยนต์โดยใช้เปรียบเทียบเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป4-8(ตาราง4-16 – 4-18)จะพบว่าแก๊สโซฮอล์E20จะมีความดันในห้องเผาไหม้ต่ำกว่าแก๊สโซลินและแก๊สโซฮอล์E10เมื่อเทียบกันเมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดแต่เมื่อเทียบกับแก๊สโซฮอล์E20ที่ไม่ได้ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดพบว่ามีความดันเพิ่มขึ้น6.74เปอร์เซ็นต์

4.4.3 สัญญาณการฉีดเดิมเมื่อเทียบกับสัญญาณการฉีดใหม่

พบว่าเนื่องจากการนำสัญญาณการฉีดเดิมมาประมวลผลอีกครั้งทำให้เกิดการล่าช้าในการฉีดเชื้อเพลิงส่งผลให้กำลังที่ได้ออกมานั้นไม่ใช่กำลังสูงสุดที่น่าจะทำได้จากรูปที่4-9 สัญญาณด้านบนเป็นสัญญาณการฉีดที่ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดจะเห็นได้ว่ามีความล่าช้าจากสัญญาณการฉีดเดิม (สัญญาณด้านล่าง) โดยมีความล่าช้าอยู่ประมาณ 500 ไมโครวินาที



รูปที่4-9 แสดงสัญญาณการฉีดเดิมกับสัญญาณการฉีดที่ผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

อุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงสามารถปรับระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อรองรับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอลได้ทุกอัตราส่วน ซึ่งใช้การเขียนโปรแกรมเปลี่ยนระยะเวลาการฉีด

5.1.1 หลักการออกแบบวงจร

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16877) รับคำสั่งสัญญาณ 2 สัญญาณคือสัญญาณลิ้นเร่ง (กระแสตรง) และสัญญาณหัวฉีดเดิมจากกล่องหลัก (พัลส์ 12V) ส่งไปเข้าอุปกรณ์เพื่อให้อุปกรณ์เลือกคำสั่งสัญญาณการฉีดใหม่

5.1.2 กำลังของเครื่องยนต์เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

จากการทดสอบสามารถเพิ่มกำลังให้กับเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊ส โซฮอล์E20 ได้ 12.5 เปอร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ และสามารถเพิ่มกำลังให้กับเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊ส โซลิน ได้ 8.108 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่ กำลังเพิ่มเนื่องจากผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีดทำให้หัวฉีดฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นทำให้เครื่องยนต์มีกำลังมากขึ้น

5.1.3 แรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อผ่านอุปกรณ์ปรับระยะเวลาการฉีด

จากการทดสอบสามารถเพิ่มแรงบิดให้กับเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊ส โซฮอล์E20 ได้ 6.747 เปอร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ และสามารถเพิ่มแรงบิดให้กับเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊ส โซลิน ได้ 8.81 เปอร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ เหตุที่แรงบิดเพิ่มเนื่องจากกำลังเพิ่มเมื่อรอบเท่ากันและเกิดจากการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น

5.1.4 อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

จากการทดสอบพบว่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อกิโลวัตต์ของแก๊ส โซฮอล์E20 มีค่าลดลง 5.23 เปอร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ เนื่องจากกิโลวัตต์ที่ได้เพิ่มขึ้นและระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อผ่านอุปกรณ์กับไม่ผ่านอุปกรณ์มีค่าไม่ต่างกันมากทำให้อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อกิโลวัตต์ลดลง อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อกิโลวัตต์ของแก๊ส โซลิน มีค่าลดลง 0.68 เปอร์เซ็นต์ที่ 6000 รอบ เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและได้กำลังเพิ่มขึ้นไม่มาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

-ถ้าสามารถหาเซ็นเซอร์วิเคราะห์เชื้อเพลิง (Flexible Fuel Sensor) มาติดตั้งเครื่องยนต์จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในอัตราส่วนของเอทานอลต่างๆกัน

-ใส่หน่วยความจำเพิ่มเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำให้การทำงานมีความละเอียดเพิ่มขึ้น

-ในการฉีดเชื้อเพลิงทุกจังหวะเมื่อผ่านอุปกรณ์เพิ่มระยะเวลาการฉีดจะฉีดซ้ำจากจังหวะเดิม 500 ไมโครวินาทีซึ่งควรจะลองใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรองรับตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Crystal) ได้มากกว่า 20 เมกกะเฮิร์ต เช่น DS PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์

-ขาดแคลนอุปกรณ์ในการทำงานเช่นตัวกำเนิดความถี่ (function gen) ตัวจับสัญญาณ (oscilloscope) ขาดแคลนความรู้เรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งไม่มีสอนในภาควิชา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] นานิดา ทองอรุณ .2544. “การศึกษากระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอล”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] Brinkman N.D.,and Gallopoulos N.E.1975 “Exhaust Emissions,Fuel Economy,and Driveability of Vechicles Fueled with Alcohol-Gasoline Blend”SAE Paper no.750120
- [3] ฉรเชฐ ฐานะวโรธร .2546.การประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] นาวาอากาศโท นวพันธ์ นุดคำแหง.2546. โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล, โรงเรียนนายเรืออากาศ
- [5] <http://www.freepatentsonline.com/>
- [6]http://www.efunda.com/designstandards/oring/oring_chemical.cfm?SM=none&SC=Gasoline%2C%20Automotive#mat
- [7] www.megasquirt.info
- [8]www.babcox.com
- [9]www.e85fuel.com
- [10]www.greencarcongress.com
- [11] คู่มือประกอบการอบรมรถจักรยานยนต์รุ่น wave 125i PGMFI
- [12] นายประจัน พลังสันติกุล “เรียนรู้การเขียน โปรแกรมภาษา C ควบคุมMCU (PIC works)
- [13] นายปรเมษฐ์ สังคะพันธ์, นายประพันธ์พงษ์ วังบุญคง, นายพีรณัฐ พาหะ ประิญญาณีพันธ์ ระบบฉีดเชื้อเพลิงเอทานอลกับรถจักรยานยนต์
- [14] นาย คอนสัน ปงผาน,ทิพวัลย์ คำน้ำนอง “ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์การใช้งาน”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ค่าระยะเวลาการฉีดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมโดยจะนำค่าในตารางมาคูณกับเปอร์เซ็นต์ที่เชื้อเพลิงต้องการเพิ่มขึ้น เช่นจากตารางแก๊สโซลีนชนิด 10.0 มิลลิวนาที เอทานอล ต้องการเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีน 60 % (โดยคิดที่ LHV) จะได้ว่าต้องกำหนดในตารางใหม่เป็น 16มิลลิวนาที เป็นต้นทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลเท่าไร

ตารางที่ ก-1 แสดงตัวอย่างค่าระยะเวลาการฉีดที่ 1400-3400 รอบ

rpm spr(%)	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400
10	4.1	4.1	4.1	4.1	4.3	4.6	4.6	4.5	4.3	4.2	4
20	5.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.1	3.9	3.5	3.2	3.0	2.9
30	6.5	6.4	6.2	6.0	5.8	5.5	5.3	4.8	4.5	4.3	4.2
40	8	7.9	7.7	7.5	7.3	7	6.8	6.2	5.8	5.6	5.5
50	10.2	10.1	10.0	9.9	9.8	9.6	9.4	8.8	8.4	8.2	8.1
60	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6	10.4	10.2	9.6	9.2	9.0	8.9
70	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	10.9	10.7	10.1	9.7	9.5	9.4
80	12	11.9	11.8	11.7	11.6	11.4	11.2	10.6	10.2	10.0	9.9
90	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	11.9	11.7	11.1	10.7	10.5	10.4
100	13	12.9	12.8	12.7	12.6	12.4	12.2	11.6	11.2	11.0	10.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 แสดงตัวอย่างค่าระยะเวลาการฉีดที่ 3600-5600 รอบ

rpm hrs(%)	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600
10	3.9	3.7	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	2.9	2.9	2.8
20	5.5	5.2	5.0	4.9	4.8	4.5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
30	7.5	7.0	6.7	6.5	6.3	6.2	6.2	6.1	6.2	6.2	6.1
40	9.0	8.7	8.6	8.5	8.3	8.3	8.2	8.1	8.1	8.0	7.9
50	9.3	9.3	9.6	9.7	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1	9.1
60	10.0	9.9	9.9	9.9	9.8	9.5	9.8	9.7	9.6	9.5	9.5
70	10.1	10.0	9.9	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7
80	10.2	10.1	10.1	10.1	9.9	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
90	10.2	10.2	10.0	10.0	10.2	10.0	10.0	10.0	10.2	10.0	10.0
100	10.4	10.8	10.4	10.4	10.4	10.5	10.4	10.4	10.4	10.4	10.6

ตารางที่ ก-3 แสดงตัวอย่างค่าระยะเวลาการฉีดที่ 5800-7800 รอบ

rpm hrs(%)	5800	6000	6200	6400	6600	6800	7000	7200	7400	7600	7800
10	2.8	2.8	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1
20	4.7	4.7	4.7	4.6	4.5	4.4	4.4	4.2	4.1	4.0	4.0
30	6.0	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.2	5.2	5.0	4.9	4.7
40	7.8	7.7	7.4	7.2	7.1	6.9	6.9	6.7	6.6	6.5	6.3
50	8.9	8.8	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1	7.9	7.9	7.8
60	9.4	9.2	9.2	9.1	9.1	9.0	8.9	8.7	8.6	8.6	8.5
70	9.6	9.5	9.5	9.5	9.5	9.4	9.3	9.2	9.2	9.1	9.0
80	10.1	10.1	10.1	10.2	10.2	10.1	10.1	10.0	10.0	9.8	9.7
90	10.4	10.4	10.4	10.4	10.2	10.2	10.2	10.0	10.0	9.8	9.8
100	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.4	10.6	10.4	10.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างคำสั่งที่เขียนขึ้นเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถปรับระยะเวลาการถือค้ำ

```
#include <16F877A.h>

#fuses NOWDT,HS, NOPUT, NOPROTECT, NODEBUG, NOBROWNOUT, NOLVP,
NOCPD, NOWRT

#use delay(clock=2000000)

#include <stdlib.h>

/////#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7) // Serial port
BOOLEAN hookrise=true;

int flow_ms;
int16 tps;
float tps2;
unsigned int32 get,rpm,count;
unsigned int32 const columb_rpm[]={
{60000,240,120,80,60,48,40,34,30,27,24,22,20,18,17,16,15,14,13,12,11};
float const row_tps[] ={0.901,1.302,1.703,2.104,2.505,2.906,3.307,3.708,4.109,4.51};
int const flow_time[11][21]={
56 , 56, 56, 54, 51, 47, 43, 40, 35, 33, 31, 29, 28, 24, 23, 22, 21, 19, 17, 15, 13,
56 , 56, 56, 54, 51, 47, 43, 40, 35, 33, 31, 29, 28, 24, 23, 22, 21, 19, 17, 15, 13,
86 , 86, 86, 81, 76, 70, 62, 55, 50, 48, 48, 48, 47, 46, 44, 41, 40, 39, 37, 36, 34,
100 ,100, 97, 95, 90, 85, 80, 74, 67, 63, 61, 61, 58, 56, 53, 50, 45, 42, 40, 39, 38,
110 ,110, 108,106,104,100, 96, 91, 86, 83, 81, 80, 78, 72, 69, 66, 64, 62, 61, 60,
59,115,115,113,112,109,106,101, 99, 96, 96, 93, 91, 88, 85, 82, 79, 76, 75, 74,
73, 71,116,116,114,113,109,104,101,100, 99, 98, 97, 95, 92, 91, 90, 86, 84, 82,
81, 80, 79,117,117,115,114,110,105,101,101, 99, 99, 98, 97, 95, 95, 93, 92,
90, 89, 88, 87,
86,118,118,116,113,111,106,104,102,101,100,100,101,101,102,101,100, 96,
94, 93, 91, 91,
119,119,117,114,112,107,102,102,100,101,100,100,104,103,102, 99, 98, 94,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    93, 93, 92,
    120,120,118,115,113,108,104,104,104,104,104,108,108,108,108,104,100, 97,
    94, 94, 92};

/////*** count = overflow ***////
#int_Timer1
void Timer1_ISR(void)
{
    count=count+1 ;
}

/////*** ccp1 ***////
#int_ccp1
void ccp1_isr(void)
{
    get = get_timer1() ;
    rpm = (((get+(count*65535))*8*2)/10000);
    count = 0;
    set_timer1(0) ;
    hookrise = true;
}

//////////*** main function *****/
void main (void)
{
    //***** set port ADC *****/
    set_tris_A(0x0E);
    set_tris_B(0x00);
    setup_adc_ports(RA0_ANALOG);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    set_adc_channel(1);

    //***** enable interrupt *****/

    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
    setup_ccp1(ccp_capture_RE);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

enable_interrupts(GLOBAL) ;
enable_interrupts (INT_TIMER1);
enable_interrupts(INT_CCP1);
while(true)
{
int j,k;
    /*** set tps */
        /**** AN1 or RA1 */
    tps = read_adc();
    tps2 = tps*(5.0/256);
    /** * choose flow time by tps&rpm */
    for(j=0;j<10;j++)
    {
        if(tps2>=row_tps[j]&&tps2<row_tps[j+1])
        {
            for(k=0;k<20;k++)
            {
                if(rpm<=columb_rpm[k]&&rpm>columb_rpm[k+1])
                {
                    break;
                }
            }
            break;
        }
    }
}

    /**** finish choose flow time */
    flow_ms = flow_time[j][k];
    /**** output flow_time */
    if(hookrise)
    {
        hookrise = false;
        output_high(PIN_B3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    for (j=0; j < 100; j++) {
        delay_us(flow_ms);
    }
    output_low(PIN_B3);
}
}
}
////*** count = overflow ***////
#int_Timer1
void Timer1_ISR(void)
{
    count=count+1 ;
}

////*** ccp1 ***////
#int_ccp1
void ccp1_isr(void)
{
    get = get_timer1();
    rpm = (((get+(count*65535))*8*2)/10000);
    count = 0;
    set_timer1(0);
    hookrise = true;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้