

รายงานการวิจัย

ระบบจลระเบิดพลาสมาในเครื่องยนต์แกสโซลีน



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

ระบบจุดระเบิดพลาสมาในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

จิรวัดน์ ปานกลาง
(หัวหน้าโครงการวิจัย)

RCH TJ787 9512 ๕

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

๒๖๐๑๙๖๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการวิจัย

ระบบจุดระเบิดพลาสมาในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

Gassoline Engine Plasma Ignition System

ผู้รับผิดชอบ

หัวหน้าโครงการ

(ภาษาไทย)

นาย จิรวัดน์ ปานกลาง

(ภาษาอังกฤษ)

MR. JIRAWATH PARNKLANG

สัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%)

100%

แผนก/ภาควิชา

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

กอง/ คณะ

วิศวกรรมศาสตร์

กรม/ มหาวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กระทรวง/ ทบวง

กระทรวงศึกษาธิการ

ที่อยู่

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ
10520

โทรศัพท์

02-329-8344

Email :

kpjirawa@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจุดระเบิดพลาสมาในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ปีงบประมาณ 2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาการจุดระเบิดหัวเทียนเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งปกติการจุดระเบิดหัวเทียน ใน 1 รอบ การทำงานของเครื่องยนต์ จะจุดระเบิดหัวเทียน 1 ครั้งต่อ 1 หัว แต่ในงานวิจัยนี้สามารถจุดได้มากกว่า 1 ครั้งต่อ 1 หัวได้ โดยงานวิจัยนี้ จะแบ่งการทำงานหลัก 3 ส่วน คือ 1. ส่วนการประมวลผล คือ ส่วนของการสร้างสัญญาณพัลส์และกำหนดจำนวนครั้งของการจุดระเบิด จากนั้นเข้าสู่การประมวลผลและส่งสัญญาณเข้าสู่ 2. ส่วนขับสัญญาณ คือ ส่วนที่รับสัญญาณจากส่วนประมวลผลและขยายสัญญาณไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ 3. ส่วนการจุดระเบิดที่ใช้คอยล์จุดระเบิด และ ส่วนของหัวเทียนที่จะทำการจุดระเบิดภายในกระบอกสูบหรือห้องสันดาป



||

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gassoline Engine Plasma Ignition System

Year 2010

Abstract

This project is developing spark plug ignition circuit in gasoline engine by controlling the sparked time in 1 cycle of engine from 1 time per spark plug to several times. There are 3 parts of project. First, processing that generate pulse signal and control time of spark plug then reach to process and send to next part. Second, signal driver is receive signal from processing part and amplify into coil. Third, signal from driving part send to step up voltage part by ignition coil and spark plug is igniting in combustion chamber.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ	
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปและตาราง	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 องค์กรประกอบของงานวิจัย	1
1.4 โครงสร้างของรายงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	3
2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	3
2.2 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดและปิดลิ้น	4
2.3 ระบบจุดระเบิด	5
2.4 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา	5
2.4.1 แบตเตอรี่ (Battery)	6
2.4.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด	7
2.4.3 ทองขาว	7
2.4.4 คอนเดนเซอร์	7
2.4.5 คอยล์จุดระเบิด	8
2.4.5.1 คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก	9
2.4.6 สายไฟแรงสูง	10
2.4.7 หัวเทียน	10
2.4.8 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา	11
2.5 การจุดระเบิดล่วงหน้า	13
2.5.1 แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	13
2.5.2 แบบสุญญากาศ	14
2.6 มุมดเวลล์	15
2.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์	16
2.7.1 ระบบจุดระเบิดแบบจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ	17
2.7.2 ระบบจุดระเบิดแบบจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์	21
2.7.3 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จางจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัว	27
2.7.4 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จางจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการทำงานของ PIC16F877A	37
3.1 Microcontroller PIC	37
3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC 16F877A	39
3.2.1 คุณสมบัติหลัก	39
3.2.2 คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม	40
บทที่ 4 หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน	41
4.1 หลักการเบื้องต้น	41
4.1.1 หลักการออกแบบสัญญาณจุดระเบิด	42
4.2 หลักการจุดระเบิด	49
บทที่ 5 ผลการทดลอง	50
5.1 ผลการจำลองสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ค่าต่างๆ	50
5.2 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Gate เทียบ Ground	51
5.3 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Drain เทียบ Ground	52
5.4 ผลการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา Gate เทียบ Ground และ ขา Drain เทียบ Ground	53
5.5 ผลการวัดสัญญาณพัลส์จุดระเบิดที่ตกคร่อม Coil	54
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	55
6.1 ส่วนการประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณจุดระเบิด	55
6.2 ส่วนประมวลผล	55
6.3 ส่วนวงจรจุดระเบิด	55
ภาคผนวก	56
กิตติกรรมประกาศ	62
หนังสืออ้างอิง	63

สารบัญรูปภาพและตาราง

รูปที่ 2.1	แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	3
รูปที่ 2.2	ไดอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	4
รูปที่ 2.3	ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา	5
รูปที่ 2.4	แสดงองค์ประกอบของแบตเตอรี่	6
รูปที่ 2.5	แสดงส่วนประกอบสำคัญของทองขาว	7
รูปที่ 2.6	แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์	8
รูปที่ 2.7	แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคอยล์จุดระเบิด	9
รูปที่ 2.8	เปรียบเทียบโครงสร้างของสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในปัจจุบันกับสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในอดีต	10
รูปที่ 2.9	แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของหัวเทียน	10
รูปที่ 2.10	แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวปิด	11
รูปที่ 2.11	แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวเปิด	12
รูปที่ 2.12	แสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยง	14
รูปที่ 2.13	แสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศ	14
รูปที่ 2.14	แสดงผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงนี้ ศูนย์กลางร่วมกับแบบสุญญากาศ	15
รูปที่ 2.15	แสดงมุมมดเวลล์ของทองขาว	16
รูปที่ 2.16	แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมมดเวลล์	16
รูปที่ 2.17	ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์	17
รูปที่ 2.18	แสดงงานจ่ายไฟของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณ แล้วอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ	19
รูปที่ 2.19	แสดงส่วนประกอบที่ใช้ในระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานจ่ายไฟที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณกับมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ -สัญญาณแรงเคลื่อน จากขดลวดกำเนิดสัญญาณได้ถูกแสดงไว้มุมขวาล่าง	19
รูปที่ 2.20	แสดงงานจ่ายไฟสำหรับจุดระเบิดพลังงานสูง	20
รูปที่ 2.21	แสดงฝางานจ่ายไฟสำหรับระบบจุดระเบิดพลังงานสูงที่ติดตั้งคอยล์จุดระเบิดภายในฝางานจ่ายไฟ	21
รูปที่ 2.22	ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์	22
รูปที่ 2.23	แสดงงานจ่ายไฟที่ใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25	งานจ่ายไฟจุดระเบิดพลังงานสูงที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์	24
รูปที่ 2.26	แสดงมอดูลจุดระเบิดแบบ 7 ขั้วสาย หรือ มอดูลจุดระเบิดพลังงานสูงที่ใช้ในงานจ่ายไฟจุดระเบิดพลังงานสูงของเครื่องยนต์กับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์	24
รูปที่ 2.27	แสดงงานจ่ายไฟแบบไฟโตไดโอดเชิงแสงที่ใช้การเปิด-ปิดของลำแสงในการควบคุมวงจรขดลวดปฐมภูมิ	25
รูปที่ 2.28	แสดงรูปด้านบนของงานจ่ายไฟแบบไฟโตไดโอดเชิงแสง จะเห็นแผ่นที่เจาะเป็นร่องและชุดตรวจจับไฟโตออปติกติดตั้งอยู่ภายใน	26
รูปที่ 2.29	ระบบจุดระเบิดแบบไร้งานจ่ายไฟ	27
รูปที่ 2.30	เครื่องยนต์แบบสูบวี 6 สูบ กับระบบจุดระเบิดแบบไร้งานจ่ายไฟ สังเกตตำแหน่งที่ติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณตำแหน่งของเพลาราวลื่นและตำแหน่งของเพลาช้อเหวี่ยง	28
รูปที่ 2.31	แผนผังของระบบจุดระเบิดแบบไร้งานจ่ายไฟสำหรับเครื่องยนต์แบบสูบวี 6 สูบ ซึ่งใช้คอยล์จุดระเบิด 3 ตัว จุดประกายไฟที่หัวเทียน 6 หัว	28
รูปที่ 2.32	แสดงให้เห็นการทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนพร้อมกันถึง 2 หัวของคอยล์จุดระเบิดเพียงตัวเดียว ซึ่งวิธีนี้เรียกว่าวิธีประกายไฟสูญเสียเปล่า	28
รูปที่ 2.33	แสดงตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาช้อเหวี่ยงแบบแม่เหล็ก ที่เมื่อร่องของแผ่นจัดจังหวะการจุดระเบิดหมุนไปตรงกับตัวตรวจจับก็จะทำให้เกิดพัลส์แรงเคลื่อนหรือสัญญาณซึ่งใช้บอกความเร็วและตำแหน่งของเพลาช้อเหวี่ยง	29
รูปที่ 2.34	แสดงโครงสร้างของตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาช้อเหวี่ยงแบบขดลวดกำเนิดสัญญาณ	30
รูปที่ 2.35	แสดงให้เห็นว่าสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์เปิด-ปิดทรานซิสเตอร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงสัญญาณแรงเคลื่อนอ้างอิงอย่างไร	31
รูปที่ 2.36	แสดงสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาราวลื่นที่สัมพันธ์กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาช้อเหวี่ยง ระหว่างการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง 2 รอบ ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาช้อเหวี่ยง	32
รูปที่ 2.37	ระบบจุดระเบิดโดยตรงซึ่งไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน	33
รูปที่ 2.38	มอดูลจุดระเบิดและคอยล์จุดระเบิด 2 ตัว ติดตั้งอยู่ในตัวเรือนภายใต้ฝาครอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรง	33
รูปที่ 2.39	ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ หรือแบบซีดีไอ ที่หัวเทียนแต่ละหัวจะมีคอยล์จุดระเบิดและตัวเก็บประจุของตนเองติดตั้งเข้าไปในแท่งจุดระเบิดที่ติดตั้งอยู่เหนือหัวเทียน	35

รูปที่ 2.40	ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือแบบซีดีไอ ที่แสดงให้เห็นแหล่งจุดระเบิด ระบบนี้จะทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจร ขดลวดปฐมภูมิ	35
รูปที่ 3.1	แสดงลักษณะตัว PIC 16F877A	37
รูปที่ 3.2	แสดงการจัดขาของ PIC 16F877A	40
รูปที่ 4.1	บล็อกไดอะแกรมของวงจรจุดระเบิดหัวเทียน	41
รูปที่ 4.2	แสดง Flowchart ส่วนของโปรแกรมประมวลผลสัญญาณ	42
รูปที่ 4.3	แสดง chart การทำงานที่ประสานกันของระบบจุดระเบิด	43
รูปที่ 4.4	แสดงลักษณะสัญญาณ PWM	44
รูปที่ 4.5	แสดงลักษณะการทำงานของรีจิสเตอร์ CCP1	45
รูปที่ 4.6	แสดงลักษณะการทำงานในแต่ละ bit เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ของ TIMER2	46
รูปที่ 4.7	แสดงรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ TIMER2	47
รูปที่ 4.8	แสดงถึงการจัดเก็บ bit ในรีจิสเตอร์ CCP1L และ CCP1CON	48
รูปที่ 4.9	แสดงลักษณะการทำงานในแต่ละ bit เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ของ CCP1CON	48
รูปที่ 4.10	วงจรส่วนจุดระเบิด	49
รูปที่ 5.1	สัญญาณพัลส์ ที่ 1000RPM ที่ความถี่ 333.33Hz	50
รูปที่ 5.2	สัญญาณพัลส์ ที่ 2000RPM ที่ความถี่ 2000Hz	50
รูปที่ 5.3	ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา gate เทียบ ground ที่ความถี่ 333.33Hz	51
รูปที่ 5.4	ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา gate เทียบ ground ที่ความถี่ 2000Hz	51
รูปที่ 5.5	ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Drain เทียบ Ground ที่ความถี่ 333.33Hz	52
รูปที่ 5.6	ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Drain เทียบ ground ที่ความถี่ 2000Hz	52
รูปที่ 5.7	ผลการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา Gate เทียบ Ground และ ขา Drain เทียบ Ground ที่ความถี่ 333.33Hz	53
รูปที่ 5.8	ผลการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา Gate เทียบ Ground และ ขา Drain เทียบ Ground ที่ความถี่ 2000Hz	53
รูปที่ 5.9	ผลการวัดสัญญาณพัลส์จุดระเบิดที่ตกคร่อม Coil ที่ความถี่ 333.33Hz	54
รูปที่ 5.10	ผลการวัดสัญญาณพัลส์จุดระเบิดที่ตกคร่อม Coil ที่ความถี่ 2000Hz	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

จากผลกระทบภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่มนุษย์ทุกคนต้องคำนึงถึงในปัจจุบัน และในการใช้รถยนต์ทางหนึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศอย่างมาก ดังนั้นหากเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์แก๊ส โซลีนในรถยนต์ ก็จะเป็นการลดปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง และทั้งนี้ยังเป็นการใช้พลังงานเชื้อเพลิงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การที่เครื่องยนต์จะทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพนั้นประกอบด้วยหลายปัจจัยหลัก หนึ่งในปัจจัยนี้คือการจุดระเบิดและการสันดาป ซึ่งเราจะทำการพัฒนาระบบจุดระเบิดให้มีการจุดระเบิดที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยเพิ่มจำนวนครั้งของการจุดระเบิดในหนึ่งรอบการทำงาน ซึ่งปกติหนึ่งรอบการทำงานของเครื่องยนต์ จะมีการจุดระเบิดเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การสันดาปของเครื่องยนต์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เกิดมลพิษน้อยลง และการจุดระเบิดหลายครั้งนี้เป็นการเพิ่มความแรงของการระเบิด ทำให้อัตราส่วนของเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปรวมกับ ไรดี่นั้นลดลง เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง ได้ในระดับหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

พัฒนาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊ส โซลีน เพื่อให้เกิดการสันดาปสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 องค์ประกอบของโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักที่สำคัญคือ

1. ส่วนจ่ายไฟกระแสสูง คือส่วนแหล่งจ่ายที่ทำงานแทนแบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจร
2. ส่วนการสร้างสัญญาณ คือส่วนการสร้างสัญญาณเพื่อกำหนดจำนวนครั้งในการจุดระเบิด
3. ส่วนการจุดระเบิด คือส่วนที่รับสัญญาณจากสัญญาณที่สร้างขึ้น ไปขับคอยล์จุดระเบิดให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

1.4 โครงสร้างของรายงาน

ผลที่ได้จากการค้นคว้าทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง การสร้างและทดสอบโครงงาน ได้นำมารายงานใน รายงานฉบับนี้ซึ่งมีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 5 บท ซึ่งแต่ละบทจะมีเนื้อหา ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง บทนำ

บทที่ 2 กล่าวถึง หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

บทที่ 3 กล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการทำงานของ PIC16F877A

บทที่ 4 กล่าวถึง หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน

บทที่ 5 กล่าวถึง ผลการทดลอง

บทที่ 6 กล่าวถึง สรุปผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบการจุดระเบิดหัวเทียนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ และเพิ่ม ประสิทธิภาพเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้จริง เป็นการลดมลพิษและใช้เชื้อเพลิงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



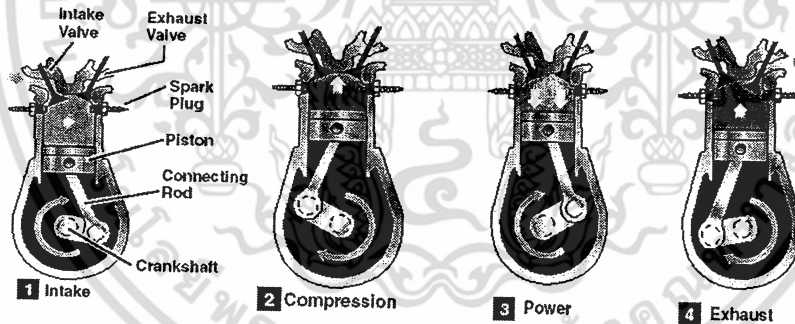
บทที่ 2

หลักการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน พลังงานกลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์จะดูดเอาไอดีเข้ากระบอกสูบและจะอัดไอดีด้วยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ หัวเทียนจะจุดประกายเผาไหม้ไอดีในกระบอกสูบ เกิดแก๊สที่มีแรงดันสูงดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัว การเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบภายในกระบอกสูบจะเปลี่ยนเป็นการหมุนที่เพลาค้อเหวี่ยง โดยส่งแรงผ่านก้านสูบ แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะทำให้เกิดกำลังงานและจะถูกระบายออกไปจากกระบอกสูบทางลิ้นไอเสีย ส่วนไอดีที่ถูกดูดเข้าภายในกระบอกสูบสามารถผ่านเข้ามาทางลิ้นไอดี จากกระบวนการทำงานของเครื่องยนต์ดังกล่าวข้างต้นเรียกว่า กลวัตรหรือไซเคิล (Cycle)

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ จังหวะในการทำงาน 1 ไซเคิล ประกอบด้วยจังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง และจังหวะคาย การประจุไอดีและการคายไปไอเสียจะมีกลไกการเปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะทำงานครบรอบการทำงานเมื่อเพลาค้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ การจุดระเบิดจะเกิดขึ้น 1 ครั้ง ซึ่งการทำงานของเครื่องยนต์จะหมุนเวียนกันอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรติดต่อกันไป ดังรูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ มีดังนี้

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) ลิ้นไอดีจะเปิด ลิ้นไอเสียจะปิดสนิท ไอดีจะถูกดูดเข้าโดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ โดยจะเคลื่อนจากจุดศูนย์ตายบน (TDC) ลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ไอดีจะไหลผ่านลิ้นไอดีเข้ากระบอกสูบ
2. จังหวะอัด (Compression Stroke) ในจังหวะนี้ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้น เป็นการทำงานต่อเนื่องจากจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) ลิ้นไอดี

ดีและลิ้นไอเสียจะถูกปิดด้วยกลไกของลิ้น ไอดีถูกอัดตัวให้มีปริมาตรที่น้อยลง ทำให้เกิดกำลังดันและอุณหภูมิสูงขึ้น

3. จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง (Power Stroke) ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) หัวเทียนจะจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดี ไอดีถูกเผาไหม้ลุกลามอย่างรวดเร็ว เกิดแรงดันดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) อย่างรุนแรง เกิดกำลังงานขับเคลื่อนเครื่องยนต์
4. จังหวะคายไอเสีย (Exhaust Stroke) แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกขับไล่ออกไปจากกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียจะถูกเปิดด้วยลูกเบี้ยวไอเสีย ลูกสูบจะเคลื่อนตัวลงจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) ขับไล่อีไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ

2.2 โคอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานและปิดลิ้น

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะต้องออกแบบให้ทำงานถูกต้องตามไซเคิลการทำงานของเครื่องยนต์ โดยลิ้นไอดีจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเริ่มทำงานในจังหวะดูดก่อนจุดศูนย์ตายบน (BTDC) และจะปิดลงตายล่าง (BBDC) ในจังหวะคายไอเสีย และจะถูกปิดลงหลังจุดศูนย์ตายบน (ATDC) ลิ้นไอดีจะมีช่วงระยะเวลาในการเปิดและปิดของลิ้นที่มากกว่าลิ้นไอเสีย ก็เนื่องมาจากความต้องการให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูง จึงจำเป็นต้องดูดไอดีเข้าภายในกระบอกสูบให้มีปริมาตรที่มาก โคอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โคอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

ในขณะที่ลิ้นไอเสียเปิดให้แก๊สไอเสียออกไกลจะสิ้นสุดในจังหวะคายไอเสีย ลิ้นไอเสียจะถูกเปิดในจังหวะดูดเพื่อให้ไอดีเข้าบรรจุในกระบอกสูบและขับไล่ไอเสีย ทำให้ลิ้นทั้งสองเปิดพร้อมกัน ช่วงจังหวะการเปิดของลิ้นทั้งสองนี้เรียกว่า จังหวะโอเวอร์แลป(Overlap)โดยปกติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะต้องการจังหวะ โอเวอร์แลปของลิ้นมาก เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูง แต่จะทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ

2.3 ระบบจุดระเบิด

เป็นระบบที่ทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนเพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทำให้เกิดกำลังงาน ดังนั้น ระบบจุดระเบิดจะต้องทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

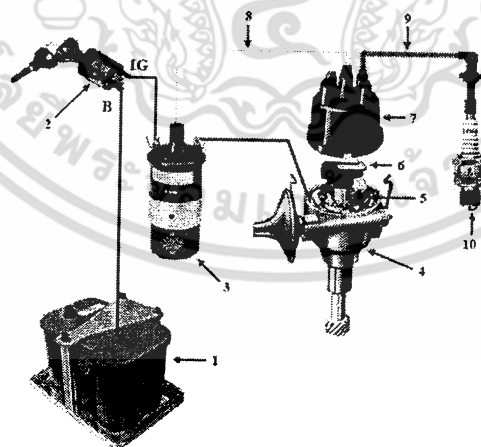
1. เพิ่มไฟแรงดันต่ำจาก 6 หรือ 12 โวลต์ ให้เป็นไฟแรงสูงประมาณ 25,000 ถึง 47,000 โวลต์
2. จัดเวลาในการจุดระเบิดด้วยการจัดส่งไฟแรงสูงไปที่หัวเทียนในเวลาที่เหมาะสม

ระบบจุดหัวเทียนแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (Conventional ignition system)
2. ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์(Electronic ignition system)

2.4 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา ดังรูปที่ 2.3 เป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟที่จัดส่งไฟแรงต่ำ 6 หรือ 12 โวลต์ให้กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบ เพื่อทำให้เกิดไฟแรงสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ ส่งไปยังหัวเทียน เพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้เผาไหม้ต่อไป

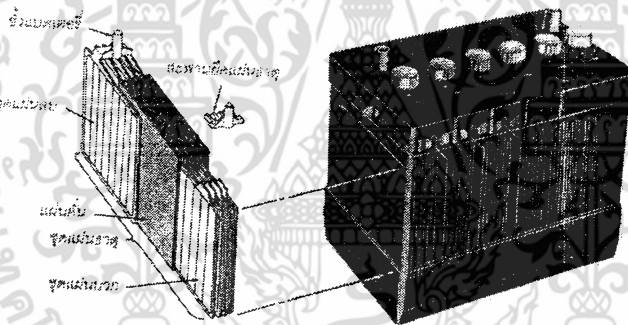


รูปที่ 2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบจลจรเบ็ดแบบธรรมดามีอุปกรณ์ดังนี้

หมายเลข 1	คือ	แบดเตอรื
หมายเลข 2	คือ	สว็ดจลจรเบ็ด
หมายเลข 3	คือ	คอดลจลจรเบ็ด
หมายเลข 4	คือ	จอนจ่ยไฟ
หมายเลข 5	คือ	หน้ทงขว
หมายเลข 6	คือ	โรเคอร
หมายเลข 7	คือ	ฝคอรอบจอนจ่ย
หมายเลข 8	คือ	สยคอดล
หมายเลข 9	คือ	สยห้วเทยน
หมายเลข 10	คือ	ห้วเทยน

2.4.1 แบดเตอรื (Battery)



รูปที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของแบดเตอรื

แบดเตอรื แสดงดังรูปที่ 2.4 เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาเก็บไว้ในรูปแบบของพลังงานเคมี เมื่อต่อสายใช้งาน พลังงานเคมีก็จะแปรรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีก แบดเตอรื เป็นหัวใจของระบบไฟฟ้า เนื่องจากจะต้องจ่ายกระแสไฟให้กับระบบจลจรเบ็ดและมอดเออรืสตรัท เมื่อต้องการสตรัทติดเครื่อง ดังนั้น แบดเตอรืจึงเป็นตัวย่นในวงจรไฟฟ้า เพื่อให้มีแรงเคล็อนไว้ใช้ในวงจรอยู่เสมอ

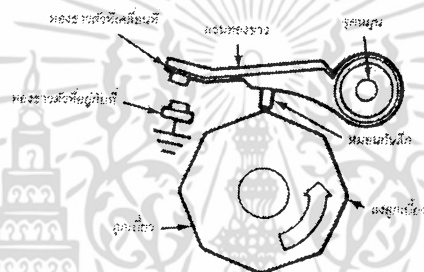
ในการทำงาน กระแสไฟที่แบดเตอรืผลิตออกมาจะเป็นกระแสไฟตรงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแผ่นธาตุต่างชนิดกันกับกรดซัลฟิวริกในน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ภายในหม้อแบดเตอรื เมื่อแผ่นธาตุทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกในน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ภายในหม้อแบดเตอรืจนหมดแล้ว แบดเตอรืก็จะหมดไฟ ถ้าจะใช้ต่อจะต้องนำไปประจุเสียก่อน โดยใช้กระแสไฟตรงจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในแบดเตอรืสวนกับทิศทางเดิม ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นภายในเปลี่ยแปลงภาวะต่างๆ ให้คงคืนสภาพเดิม

2.4.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด

นิยมเรียกกันทั่วไปว่า สวิตช์สตาร์ท จะทำหน้าที่ติดต่อระหว่างแบตเตอรี่กับขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิด ดังนั้น ถ้าปิดสวิตช์ไฟจุดระเบิด ก็จะไม่มีการเสียดสีในวงจรขดลวดปฐมภูมิเลย สวิตช์ไฟจุดระเบิดจึงต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน

สวิตช์ไฟจุดระเบิด นอกจากจะทำหน้าที่ในการตัด-ต่อระหว่างแบตเตอรี่กับขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดและสตาร์ทคิดเครื่องแล้ว สวิตช์นี้ยังทำหน้าที่ในการล็อกหรือปลดล็อกพวงมาลัยของรถ เชื่อมต่อวงจรสัญญาณเตือนที่เป็นเสียงหรือสัญญาณไฟ ขณะที่จะสตาร์ทคิดเครื่องเมื่อยังไม่ปิดประตูรถหรือเมื่อไม่คาดเข็มขัดนิรภัย สวิตช์ไฟจุดระเบิดจะติดตั้งอยู่ที่กึ่งพวงมาลัยของรถ สวิตช์ตัวนี้จะมีตำแหน่งในการทำงานอยู่ 5 ตำแหน่งด้วยกัน ได้แก่ ตำแหน่ง Accessory Lock Off Run และ Start

2.4.3 ทองขาว



รูปที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบสำคัญของทองขาว

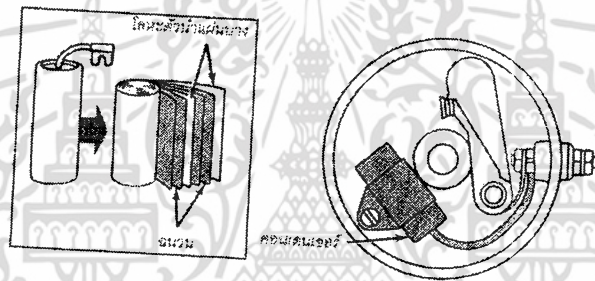
แสดงดังรูปที่ 2.5 จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟแรงต่ำ เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นภายในคอยล์ ในทองขาว 1 ชุด จะประกอบด้วยทองขาว 2 ตัว คือ ตัวที่อยู่กับที่ (stationary point) กับตัวเคลื่อนที่ (moving point) โดยทั่วไปตัวที่เคลื่อนที่จะติดตั้งอยู่บนจุดหมุนซึ่งอยู่บนตัวที่อยู่กับที่ และที่แขนของทองขาวตัวนี้จะมีหมอนสลัก ซึ่งทำจากไนลอนหรือเบคไลต์ ติดอยู่เพื่อให้ลูกเบี้ยวมาดันให้หน้าทองขาวเปิดได้ตามต้องการ หน้าทองขาวทั้งสองตัวนี้จะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน สำหรับวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการทำหน้าทองขาวส่วนใหญ่ ได้แก่ ทังสเตน (tungsten) เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อน ได้สูง

2.4.4 คอนเดนเซอร์

เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คาปาซิเตอร์ (Capacitor) จะทำหน้าที่ป้องกันการอาร์คที่หน้าของทองขาว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้การเกิดไฟแรงสูงของคอยล์ดีขึ้น จากลักษณะการสร้างทำให้คอนเดนเซอร์สามารถใช้เป็นที่สำหรับเก็บกระแสไฟฟ้าที่พยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาว ในขณะที่หน้าทองขาวเริ่มเปิดมาเก็บไว้เป็นการชั่วคราว จึงสามารถช่วยลดการอาร์คที่เป็นสาเหตุทำให้หน้าทองขาวไหม้ลงได้ นอกจากนี้การที่สามารถทำให้กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิภายในคอยล์หยุดไหลอย่างรวดเร็ว นั้นยังมีผลทำให้การเกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ได้ดีขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของการเกิด

ไฟแรงสูงส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดปฐมภูมิติดกับขดลวดทุติยภูมินั่นเอง

คอนเดนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.6 จะทำจากโลหะตัวนำแผ่นบาง ซึ่งอาจจะเป็นดีบุกหรืออะลูมิเนียมก็ได้ จำนวน 2 แผ่น คั่นด้วยฉนวนซึ่งเป็นกระดาษชุบไข ทั้งหมดจะถูกม้วนเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก โดยให้แผ่นหนึ่งต่อลงดินที่ตัวมันเอง อีกแผ่นหนึ่งต่อเข้ากับสายไฟที่จะต่อเข้ากับชุดทองขาว ตัวเปลือกของคอนเดนเซอร์จะมีทั้งชนิดโลหะ หรือชนิดที่ทำจากอีพอกซี ความจุจะขึ้นอยู่กับขนาดเนื้อที่ของแผ่นโลหะที่ใช้ทำ ค่าของความจุจะวัดเป็นฟารัด หรือ ไมโครฟารัด ค่าความจุของคอนเดนเซอร์ที่ใช้จะต้องพอดี เนื่องจากถ้าไม่พอดีแล้วนอกจากจะทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นที่หน้าทองขาวแล้ว ก็ยังจะทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดประกายไฟที่หัวเทียนเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงลดลงด้วย คอนเดนเซอร์จะต่อขนานกับขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ โดยจะต่ออยู่ระหว่างทองขาวด้านที่ไม่ต่อลงดิน หรือทองขาวตัวที่เคลื่อนที่กับทองขาวตัวที่ต่อลงดิน

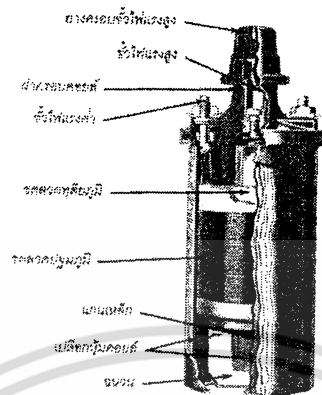


รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์

2.4.5 คอยล์จุดระเบิด

ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าแรงต่ำให้เป็นไฟแรงสูงเพื่อจัดส่งให้กับหัวเทียน คอยล์จุดระเบิดแสดงดังรูปที่ 2.7 จะประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) และขั้วไฟแรงสูง (high tension terminal)

ขดลวดปฐมภูมิ จะประกอบด้วยลวดเส้นใหญ่พันทับอยู่บนขดลวดทุติยภูมิ ขดลวดนี้จะอยู่ในวงจรไฟแรงต่ำ โดยที่ปลายด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับขั้วบวก ขณะที่ปลายอีกข้างหนึ่งจะต่ออยู่กับขั้วลบ สำหรับขดลวดทุติยภูมิจะประกอบด้วยลวดเส้นเล็กพันอยู่บนแกนเหล็กอ่อนของอาร์เมเจอร์หลายพันรอบ ขดลวดชุดนี้เป็นขดลวดอยู่ในวงจรไฟแรงสูง โดยที่ปลายด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับขั้วไฟแรงสูง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่อร่วมกับปลายด้านหนึ่งของขดลวดปฐมภูมิทางขั้วบวก



รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคอยล์จู้ดระเบิด

2.4.5.1 คอยล์จู้ดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก

คอยล์จู้ดระเบิดแบบธรรมดา จะทำงานได้ดีเมื่อเครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วเดินเบาหรือความเร็วต่ำ เนื่องจากระยะเวลาที่หน้าทองขาวสัมผัสกันนานพอที่จะทำให้กระแสไฟไหลเข้าสู่ขลวดคอปมูมิได้มาก จึงไม่มีปัญหาต่อการเกิดไฟแรงสูงในคอยล์ แต่เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้น ระยะเวลาที่หน้าทองขาวสัมผัสกันจะสั้นลง จึงเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่ขลวดคอปมูมิมิปริมาณลดลง การเกิดไฟแรงสูงในคอยล์จึงลดตามลงไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการจุดระเบิดและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงตามลงไปด้วย ดังนั้นเพื่อปรับปรุงให้คอยล์มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้นได้มีการออกแบบให้ขลวดคอปมูมิของคอยล์มีขนาดโตขึ้นและจำนวนรอบลดลง ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้นแต่มีปัญหาคือเมื่อเครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วรอบต่ำ เพราะจะทำให้คอยล์ร้อนและหน้าทองขาวไหม้ได้ ดังนั้นจึงมีการใส่ตัวต้านทานเข้าไปในวงจรขลวดคอปมูมิ เพื่อควบคุมกระแสที่ไหลเข้าสู่ขลวดมิให้มากเกินไป ในขณะที่เครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วรอบต่ำ จึงสามารถป้องกันมิให้คอยล์ร้อนและหน้าทองขาวไหม้ได้จึงเป็นผลทำให้คอยล์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ตัวต้านทานที่ใส่เข้าไปนี้จะอยู่ภายนอกคอยล์ จึงเรียกคอยล์ชนิดนี้ว่า คอยล์จู้ดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก คอยล์แบบนี้นิยมใช้กันมากกับเครื่องยนต์รอบสูงที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาในปัจจุบัน

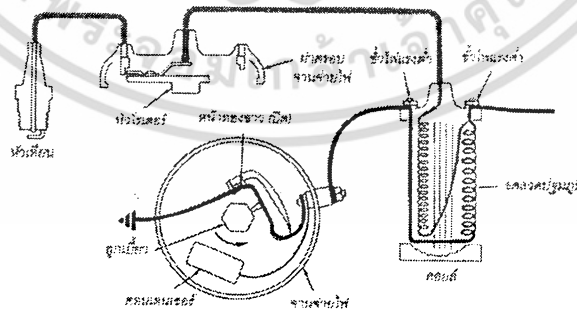
แสดงดังรูปที่ 2.9 เป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบจุดระเบิด ใช้ทำหน้าที่จุดส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การใช้หัวเทียนที่ถูกต้องจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างมหาศาล ทำให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย

หัวเทียนจะประกอบด้วย ตัวนำไฟฟ้า 2 ตัวที่เรียกว่า เชี่ยวหัวเทียน (electrode) เชี่ยวกลางของหัวเทียนมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะทำจากโลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม แมงกานีส และซิลิคอน สำหรับหัวเทียนแบบพิเศษ เชี่ยวกลางจะมีทั้งชนิดที่ทำด้วยความร้อนและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดีกว่าแบบแรกมาก เชี่ยวกลางจะหุ้มด้วยฉนวน ซึ่งส่วนใหญ่จะทำจากกระเบื้องชนิดทนความร้อนสูง จากนั้นเปลือกนอก (outer shell) จะหุ้มด้วยฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ระหว่างฉนวนกับเปลือกนอกจะถูกคั่นด้วยปะเก็น (gasket) เพื่อป้องกันแก๊สรั่ว และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการระบายความร้อนจากchieวของหัวเทียนไปสู่ระบบระบายความร้อน หัวเทียนบางแบบไม่ใช่ปะเก็น ดังนั้น ระหว่างchieวกับฉนวนและระหว่างฉนวนกับเปลือกนอกจะถูกทำให้ติดแน่นด้วยกาว เปลือกนอกของหัวเทียนจะทำด้วยโลหะ

ส่วนบนของหัวเทียนจะทำเป็นนอตหัวหกเหลี่ยมสำหรับใช้ประแจขัน ส่วนล่างจะเป็นเกลียวสำหรับขันเข้าไปในรูหัวเทียนที่ฝาสูบของเครื่องยนต์ เชี่ยวดิน (Ground electrode) จะต่อยื่นออกจากเปลือกส่วนล่างและโค้งเข้าหาchieวกลางโดยมีช่องว่างระหว่างกัน เชี่ยวดินส่วนใหญ่จะทำจากโลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม ปลายด้านบนของchieวกลางจะต่อเข้ากับสกรู ที่ขันเกลียวเข้ากับส่วนบนของฉนวนปลายหัวด้านบนนี้จะต่อเข้ากับสายไฟแรงสูงของระบบจุดระเบิด

2.4.8 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ก่อนการสตาร์ทติดเครื่องยนต์ หน้าทองขาวจะอยู่ในตำแหน่งเปิดหรือปิดนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลูกเบี้ยวที่กระทำต่อทองขาวในขณะนั้น ถ้าหน้าทองขาวเปิดอยู่ก็จะปิดทันทีที่เครื่องยนต์หมุน เมื่อหน้าทองขาวปิด กระแสไฟจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านสวิตช์ไฟจุดระเบิดเข้าไปในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ผ่านหน้าทองขาวลงดินครบวงจร จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆขดลวดปฐมภูมิ แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาขณะหน้าทองขาวปิด

2.5 การจุดระเบิดล่วงหน้า

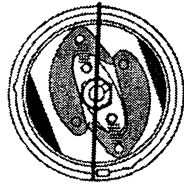
การจุดระเบิดล่วงหน้า (spark advance) ที่เวลาอันถูกต้องจะมีผลทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เชื้อเพลิงโดยทั่วไปจะมีความล่าช้าในการจุดติดไฟและต้องการเวลาสำหรับการเผาไหม้ ดังนั้นการเริ่มจุดประกายไฟเพื่อให้เชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ จึงต้องเริ่มจุดล่วงหน้าก่อนลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเสมอ และจะต้องให้การเผาไหม้สิ้นสุดลงหลังจากลูกสูบเคลื่อนที่หลังศูนย์ตายบนไปเล็กน้อย (ประมาณ 10 องศาหลังศูนย์ตายบน) ก็จะทำให้ได้รับผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงที่สุด การจุดระเบิดล่วงหน้าก่อนหรือหลังเวลาอันควรนั้น นอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงแล้ว ยังสามารถทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้ เช่น การจุดระเบิดล่วงหน้ามากเกินไปก็อาจจะทำให้เครื่องยนต์ดับได้ ซึ่งส่งผลทำให้ชิ้นส่วนเครื่องยนต์เสียหายได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ก็จำเป็นต้องทำงานที่ความเร็วและภาระต่างๆกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมเวลาในการจุดระเบิดให้ล่วงหน้ามากขึ้นออกไปตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ความเร็วรอบ และภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบหรือภาระสูงขึ้นก็จะทำให้มีการจุดระเบิดล่วงหน้ามากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์สิ้นสุดลง ณ ตำแหน่งใด ก็จะทำให้ได้รับประโยชน์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมากที่สุด เครื่องยนต์ก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด

อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอัตโนมัติ (Automatic spark advance) ที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์เบนซินโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

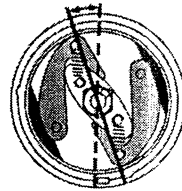
1. แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal advance mechanism)
2. แบบสุญญากาศ (vacuum advance mechanism)

2.5.1 แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดแบบนี้ แสดงดังรูปที่ 2.12 จะทำให้เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยการทำให้ลูกเบี้ยวของจานจ่ายไฟทำงานล่วงหน้ามากขึ้นเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้น ส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วยลูกตุ้มน้ำหนักพร้อมสปริงตุ้มน้ำหนักจำนวนสองชุด ติดตั้งอยู่บนแผ่นซึ่งเป็นที่ติดตั้งลูกเบี้ยวของจานจ่ายไฟ ทั้งหมดจะติดตั้งเข้ากับเพลลาของจานจ่ายไฟ ดังนั้น เมื่อเพลลาจานจ่ายไฟหมุนขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ส่วนประกอบทั้งหมดก็จะหมุนตามไปด้วย การกางตัวของตุ้มน้ำหนักด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ชนะแรงต้านของสปริง จะทำให้ลูกเบี้ยวหมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้หน้าทองขาวเปิดล่วงหน้ามากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เป็นผลทำให้เกิดการจุดระเบิดล่วงหน้าตามไปด้วย ดังรูปที่ 2.12(ข) ปริมาณการล่วงหน้าจะมากหรือน้อยเท่าใด จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเพลลาจานจ่ายไฟหรือความเร็วรอบของเครื่องยนต์นั่นเอง ส่วนสปริงตุ้มน้ำหนักจะทำหน้าที่ในการรับการกางตัวของตุ้มน้ำหนักให้อยู่ในค่าที่กำหนด ตามปกติจะรั้งตุ้มน้ำหนักไม่ให้กางตัวออกในขณะที่เครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วรอบต่ำ เนื่องจากที่ความเร็วรอบดังกล่าวได้รับการจัดตั้งให้มีการจุดระเบิดล่วงหน้าไว้เรียบร้อยแล้ว



(ก) ตำแหน่งปกติ

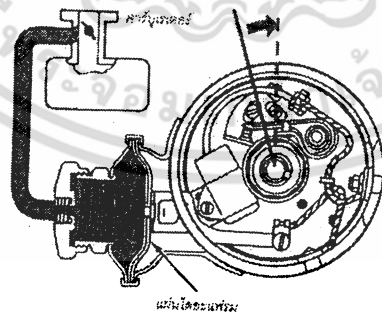


(ข) ตำแหน่งพลังงานสูงสุด

รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจตุระเปิดล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยง

2.5.2 แบบสุญญากาศ

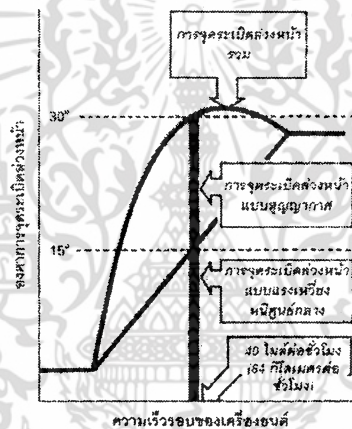
อุปกรณ์ควบคุมการจตุระเปิดแบบนี้ ดังรูปที่ 2.13 จะขึ้นอยู่กับภาวะที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ขณะทำงานจะอาศัยสุญญากาศที่เกิดขึ้นภายในท่อร่วมไอดี ซึ่งจะแปรผันไปตามภาวะที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ ส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย ชุดของแผ่น ไดอะแกรมและสปริงซึ่งประกอบติดอยู่กับจานจ่ายไฟ โดยที่ก้านของแผ่น ไดอะแกรมจะต่อเข้ากับแผ่นที่ใช้สำหรับติดตั้งชุดทองขาว ท่อสุญญากาศจะต่ออยู่ระหว่างชุดไดอะแกรมกับช่องสุญญากาศที่ท่อคาร์บูเรเตอร์เหนือตำแหน่งปิดของลิ้นเร่ง ดังนั้นสุญญากาศที่เกิดขึ้นภายในท่อร่วมไอดีก็จะทำให้แผ่น ไดอะแกรมเกิดการยุบตัวลงโดยชนะแรงต้านของสปริง ทำให้ก้านของแผ่น ไดอะแกรมดึงแผ่นติดตั้งทองขาวให้หมุนสวนทิศทางการหมุนของลูกเบี้ยว ทำให้เกิดการจตุระเปิด ล่วงหน้ามากขึ้น (แสดงดังรูปที่ 2.13) ปริมาณการล่วงหน้าจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสุญญากาศที่เกิดขึ้นภายในท่อร่วมไอดีหรือตำแหน่งของลิ้นเร่งหรือภาวะของเครื่องยนต์นั่นเอง ตามปกติสุญญากาศจะเกิดมากที่สุดเมื่อเครื่องยนต์เดินเบา (ลิ้นเร่งเปิดเล็กน้อย) และจะมีค่าลดลงเมื่อลิ้นเร่งเปิดมากขึ้น (เครื่องยนต์มีภาระมากขึ้น) เป็นผลทำให้การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการจตุระเปิดแบบนี้มีค่าลดลงด้วย



รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจตุระเปิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศ

เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาในปัจจุบัน จะมีอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้ง 2 แบบ โดยที่แบบสัญญาณจะทำงานได้ดีในขณะที่เครื่องยนต์กำลังเดินเบาและเดินเร็วเปิดเล็กน้อย ขณะที่แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำงานได้ดีในขณะที่เครื่องยนต์เดินด้วยความเร็วรอบสูง ดังนั้นเครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าทั้ง 2 แบบ จึงสามารถควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าได้ตามความเร็วและภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดตามต้องการ ผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าร่วมกันทั้งสองแบบได้ถูกแสดงดังรูปที่ 2.14

สำหรับวิธีการตั้งเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบธรรมดา (Manual spark advance) สามารถที่จะกระทำได้ก็โดยการคลายสกรูแผ่นยึดทองขาว แล้วหมุนไปในตำแหน่งที่ทำให้หน้าทองขาวเปิดล่วงหน้ามากขึ้นตามต้องการ จากนั้นจึงยึดสกรูให้แน่นตามเดิม



รูปที่ 2.14 แสดงผลจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาในการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางร่วมกับแบบสัญญาณ

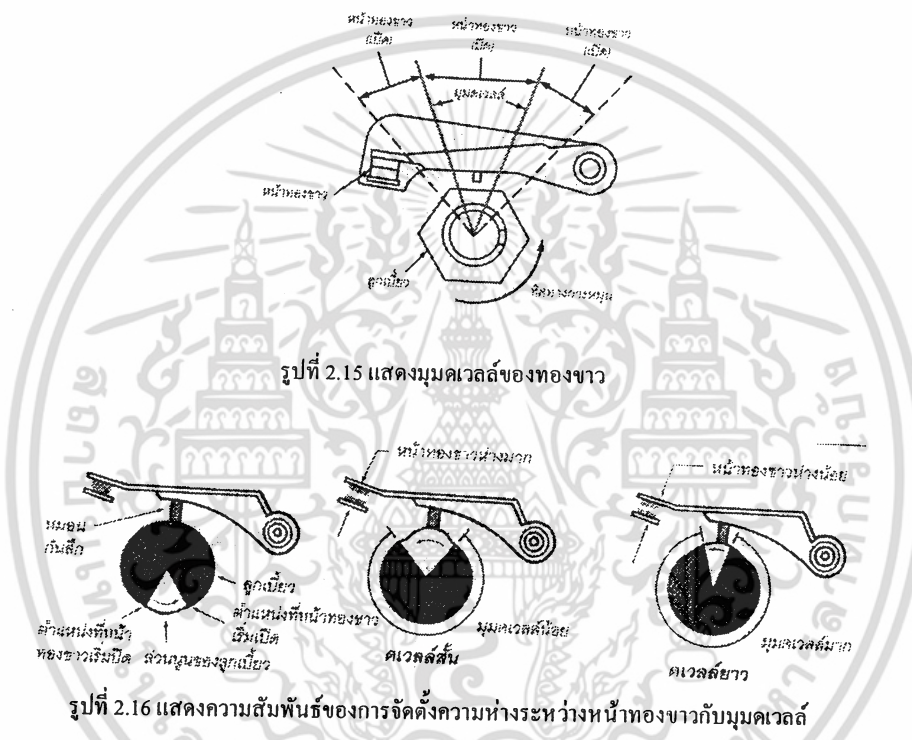
2.6 มุมดwell

มุมดwell (dwell angle) แสดงดังรูปที่ 2.15 คือ มุมที่หน้าทองขาวปิด วัตถุประสงค์โดยรอบลูกเบี้ยวจากจุดที่หน้าทองขาวเริ่มปิด ไปจนถึงจุดที่หน้าทองขาวเริ่มเปิด มุมนี้จะมีผลต่อการเกิดไฟแรงสูงในคอยล์จุดระเบิด หรือการเกิดประกายไฟระหว่างเขี้ยวหัวเทียนนั่นเอง ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องตั้งตามที่บริษัทกำหนดมาให้ และควรมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ รูปที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมดwell จะพบว่าถ้ามุมดwell น้อย หน้าทองขาวจะห่างมากและในทำนองเดียวกัน ถ้ามุมของดwell มาก หน้าทองขาวจะห่างน้อย

สำหรับกรณีหน้าทองขาวห่างมากหรือมุมดwell น้อยนั้น ก็จะทำให้หน้าทองขาวเปิดเร็วขึ้น ซึ่งหมายความว่าหัวเทียนจะจุดประกายไฟเร็วขึ้น ดังนั้น จึงเหมาะกับเครื่องยนต์ที่ใช้งานรอบต่ำๆและ

เนื่องจากหน้าทองขาวจะถูกแยกออกจากกันด้วยความเร็วสูง จึงสามารถช่วยลดการอาร์คระหว่างหน้าทองขาวได้ดี ทำให้ยี่ห้ออายุการใช้งานหน้าทองขาวให้นานขึ้น

ส่วนกรณีที่หน้าทองขาวห่างน้อยหรือมุมเคล็ดมากนั้น ก็จะทำให้หน้าทองขาวเปิดช้าลง ซึ่งหมายถึงหัวเทียนจะจุดประกายไฟช้าลง จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับเครื่องยนต์รอบต่ำๆ เพราะถ้าเครื่องยนต์เดินเบาจะเกิดการอาร์คระหว่างหน้าทองขาว อันเนื่องมาจากความล่าช้าในการเปิดของหน้าทองขาวจึงเหมาะกับเครื่องยนต์ใช้งานรอบสูงๆ



รูปที่ 2.15 แสดงมุมเคล็ดของทองขาว

รูปที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์ของการจัดตั้งความห่างระหว่างหน้าทองขาวกับมุมเคล็ด

2.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

ราวต้นปี พ.ศ. 2513 เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์ส่วนใหญ่ ที่ใช้ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (ทองขาว) ไม่สามารถผ่านมาตรฐานสารมลพิษจากไอเสียได้ กฎข้อบังคับของสหพันธรัฐ (federal regulation) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ต้องการให้ระบบจุดระเบิดทำงาน ได้ถึง 5,000 ไมล์ (80,465 กม.) โดยมีการบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อยหรือ ไม่มีเลย ซึ่งระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะหน้าทองขาวจะไหม้และสึกหรือระหว่างการทำงานตามปกติ ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างหน้าทองขาว ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เดินไม่ครบรอบ และสารมลพิษจากไอเสียเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นในปี พ.ศ. 2518 เครื่องยนต์ที่ใช้กับรถยนต์ส่วนใหญ่และหลังจากนั้นจึงเปลี่ยนไปใช้ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ใช้ทองขาวและคอนเดนเซอร์แต่จะใช้

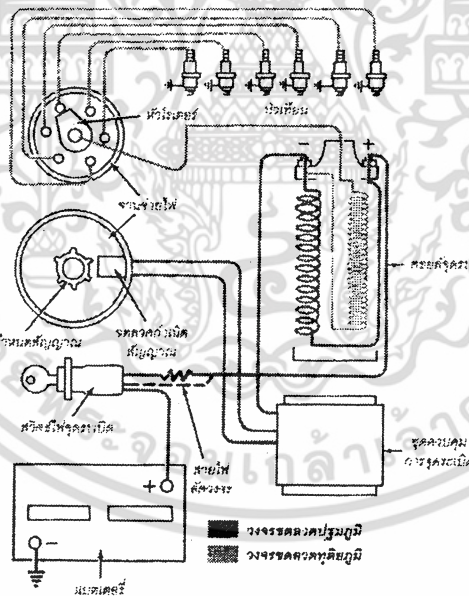
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่นแทน ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ในทศเปิด-ปิด กระแสไฟที่ไหลเข้าสู่วงจรควบคุมประจุไฟฟ้า เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงในขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดจัดส่ง ให้หัวเทียนต่อไป

ระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จำแนกออกได้เป็น 4 แบบด้วยกัน คือ

1. แบบงานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ (distributor type with mechanical centrifugal and vacuum advance)
2. แบบงานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ (distributor type with electronic spark advance)
3. แบบไร้งานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัว (distributor less type with multiple ignition coils)
4. แบบไร้งานจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรง (distributor less type with direct capacitor discharge ignition)

2.7.1 ระบบจุดระเบิดแบบงานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสุญญากาศ



รูปที่ 2.17 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

- หลักการขั้นพื้นฐานของการจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

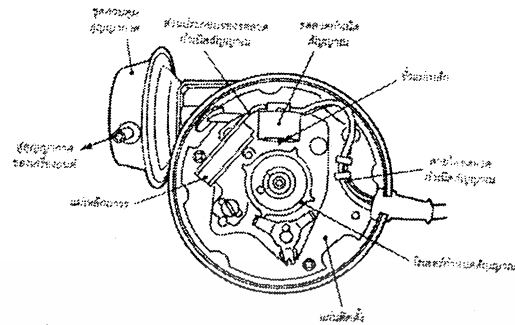
โดยทั่วไปหลักการทำงานและการสร้างระบบจุดระเบิด ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ทองขาวหรือแบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะคล้ายๆกัน งานจ่ายไฟของทั้ง 2 แบบก็อาจจะมีอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิด ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ทองขาวหรือแบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะคล้ายๆกัน งานจ่ายไฟของทั้ง 2 แบบก็อาจจะมีอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสัญญาณเหมือนกันทุกประการ แต่ความแตกต่างที่สำคัญก็คือแทนที่จะใช้สวิตช์ทางกล (ทองขาว) ที่ใช้ในระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา มาควบคุมกระแสในวงจรจุดระเบิด ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์มาแทนที่

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบจุดระเบิดแบบนี้ก็คือสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์หรือชุดกำเนิดสัญญาณ (signal generator unit) ซึ่งประกอบด้วยอาร์มาเจอร์ (armature) หรือ โรเตอร์กำเนิดสัญญาณ (reluctor) ตัวตรวจจับแม่เหล็ก (magnetic sensor) หรือขดลวดกำเนิดสัญญาณ (pickup coil) และมอดูลจุดระเบิด (ignition module) โดยที่โรเตอร์กำหนดสัญญาณจะมีจำนวนที่ขึ้นออกมาเท่ากับจำนวนขั้วของเครื่องยนต์ซึ่งเท่ากับจำนวนลูกเบี้ยวของงานจ่ายไฟ ดังนั้นเมื่อ โรเตอร์กำหนดสัญญาณหมุน ซึ่งแต่ละซี่ก็จะทำให้เกิดพัลส์แรงเคลื่อนขึ้นในขดลวดกำเนิดสัญญาณ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะทำให้มอดูลจุดระเบิดเปิดวงจรจุดระเบิดปฐมภูมิ ทำให้เกิดไฟแรงสูงในวงจรจุดระเบิดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด เป็นผลทำให้หัวเทียนจุดประกายไฟ

มอดูลจุดระเบิดอาจจะเป็นหน่วยที่แยกออกต่างหากหรือติดตั้งอยู่กับหรือภายในงานจ่ายไฟก็ได้ เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์อาจไม่มีมอดูลจุดระเบิดแบบแยกต่างหาก ชุดควบคุมเครื่องยนต์ (Engine controller) หรือมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control module, ECM) หรือที่เรียกว่า อีซีเอ็ม ก็จะทำหน้าที่ในการควบคุมระบบจุดระเบิดได้อย่างสมบูรณ์

- พัลส์แรงเคลื่อนจากขดลวดกำเนิดสัญญาณ (pickup coil voltage pulse)

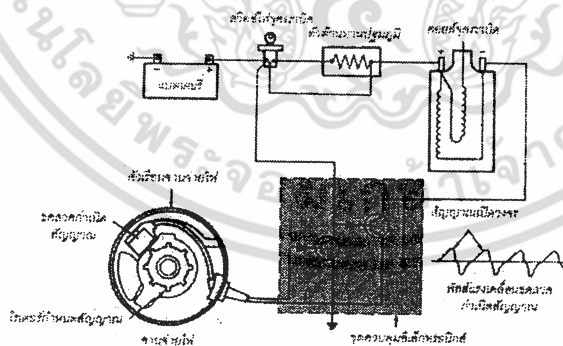
ส่วนประกอบที่สำคัญของขดลวดกำเนิดสัญญาณ จะประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) และขดลวดกำเนิดสัญญาณ แสดงในรูปที่ 2.18 โดยขดลวดกำเนิดสัญญาณจะถูกพันไว้โดยรอบส่วนที่ขึ้นออกมาของเหล็กแผ่นบางที่อัดแน่นเรียกว่า ขาแม่เหล็ก (pole piece) โรเตอร์กำหนดสัญญาณจะทำจากเหล็กโดยจะทำการขึ้นออกมา จำนวนที่เท่ากับจำนวนขั้วของเครื่องยนต์ ติดตั้งอยู่กับแกนเพลลาของงานจ่ายไฟโดยให้มีระยะห่างระหว่างซี่กับขาแม่เหล็กที่เหมาะสม ดังนั้น เมื่อแกนเพลลาของงานจ่ายไฟหมุน โรเตอร์กำหนดสัญญาณก็จะหมุนตามไปด้วย



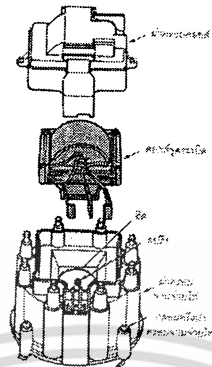
รูปที่ 2.18 แสดงงานจ่ายไฟของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณแล้ว อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ

ขามแม่เหล็กจะช่วยสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น โดยรอบขดลวดกำเนิดสัญญาณ การหมุนผ่านแต่ละครั้งของซีโรเตอร์กำหนดสัญญาณจะเป็นสาเหตุที่ทำให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนตัวผ่านขดลวดกำเนิดสัญญาณทำให้เกิดพัลส์ของแรงเคลื่อนขนาดเล็กๆ รูปที่ 2.19 พัลส์แรงเคลื่อนนี้จะส่งสัญญาณไปยังมอดูลจุดระเบิดเพื่อเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิเหมือนกับการเปิดของหน้าทองขาว กระแสที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายใน ขณะนี้ระบบจุดระเบิดพร้อมที่จะจัดส่งไฟแรงสูงให้กับหัวเทียนในจังหวะต่อไป

หลังจากซีพินของโรเตอร์กำหนดสัญญาณหมุนผ่านออกไปจากขามแม่เหล็กแล้ว มอดูลจุดระเบิดก็จะปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิอีกครั้งหนึ่ง เหมือนกับการปิดของหน้าทองขาว กระแสที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายใน ขณะนี้ระบบจุดระเบิดพร้อมที่จะจัดส่งไฟแรงสูงให้กับหัวเทียนในจังหวะต่อไป



รูปที่ 2.19 แสดงส่วนประกอบที่ใช้ในระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานจ่ายไฟที่ใช้ขดลวดกำเนิดสัญญาณกับมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์-สัญญาณแรงเคลื่อนจากขดลวดกำเนิดสัญญาณ ได้ถูกแสดงไว้มุมขวาล่าง



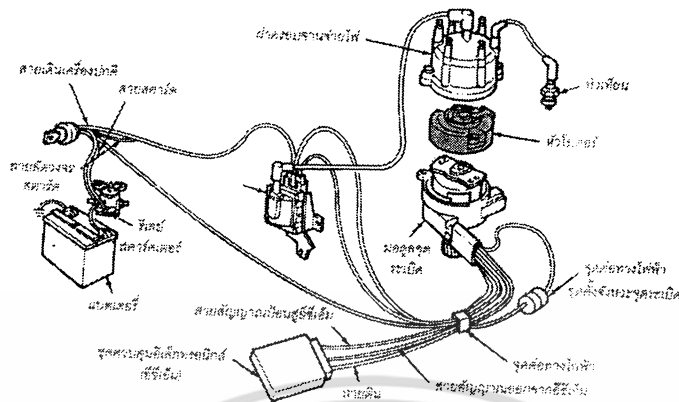
รูปที่ 2.21 แสดงฝาจานจ่ายไฟสำหรับระบบจุดระเบิดพลังงานสูงที่ติดตั้งคอยล์จุดระเบิดภายในฝาจานจ่ายไฟ

รูปที่ 2.21 แสดงให้เห็นส่วนประกอบที่สำคัญของส่วนที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กภายในจานจ่ายไฟ ขาแม่เหล็กจะทำเป็นซี่ๆ เท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ซี่ที่เข้าทางด้านใน สร้างติดกับแหวนทรงกลมแบน โรเตอร์กำหนดสัญญาณจะทำเป็นซี่ยื่นออกทางด้านนอกเท่ากับซี่ของขาแม่เหล็กหรือจำนวนสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งซี่ที่วางนี้ของโรเตอร์กำหนดสัญญาณจะถูกเรียกว่า แกนจัดเวลา (timer core) และประกอบติดอยู่กับเพลาด้านจ่ายไฟ ดังนั้น เมื่อเพลาด้านจ่ายไฟหมุน โรเตอร์กำหนดสัญญาณก็จะหมุนตามไปด้วย และเมื่อซี่หรือแกนจัดเวลาของโรเตอร์กำหนดสัญญาณเคลื่อนที่ผ่านซี่ของขาแม่เหล็กของขดลวดกำเนิดสัญญาณ ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดพัลส์แรงเคลื่อนที่ขึ้นในขดลวดกำเนิดสัญญาณ

2.7.2 ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

- อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic spark advance)

ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและแบบสัญญาณ ซึ่งใช้กับรถยนต์ที่ไม่ใช้ระบบควบคุมเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ หรืออีซีเอ็ม (ECM) ตามปกติรถยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมเครื่องยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์หรืออีซีเอ็มที่ใช้จานจ่ายไฟจะใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าของคอมพิวเตอร์หรืออีซีเอ็มนี้จะขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆที่อยู่ภายในระบบ



รูปที่ 2.22 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.22 แสดงระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบนี้มอดูลจุดระเบิดและอีซีเอ็มจะร่วมกันทำงานในการควบคุมจังหวะการจุดระเบิด มอดูลจุดระเบิดจะติดตั้งอยู่กับตัวเรือนจ่ายไฟ ภายในจ่ายไฟตัวตรวจจับภาพการเกิดประกายไฟจะส่งสัญญาณให้กับมอดูลจุดระเบิดเมื่อลูกสูบของแต่ละลูกสูบเคลื่อนตัวเข้าใกล้ศูนย์กลางขั้วบน มอดูลจุดระเบิดจะใช้ข้อมูลนี้ร่วมกับอีซีเอ็ม จากนั้นจึงจะคำนวณค่าการจุดระเบิดล่วงหน้า ส่วนอีซีเอ็มก็จะผลิตสัญญาณตัวใหม่ส่งกลับไปยังมอดูลจุดระเบิด ซึ่งจะเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิที่เวลาอันถูกต้องเพื่อจุดประกายไฟที่หัวเทียน

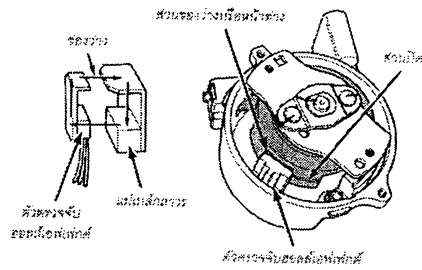
- สวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall-Effect Switch)

ระบบจุดระเบิดบางระบบจะใช้สวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ ซึ่งเป็นสวิตช์แม่เหล็กแทนขดลวดกำเนิดสัญญาณ ความแตกต่างก็คือ ขดลวดกำเนิดสัญญาณจะกำเนิดแรงเคลื่อนเพียงเล็กน้อยขึ้นภายใน เมื่อซี่ของโรเตอร์กำหนดสัญญาณเคลื่อนตัวผ่าน แต่สวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์จะเปลี่ยนแรงเคลื่อนที่จัดส่ง เปิดและปิดกับการปรากฏและไม่ปรากฏของเส้นแรงแม่เหล็ก

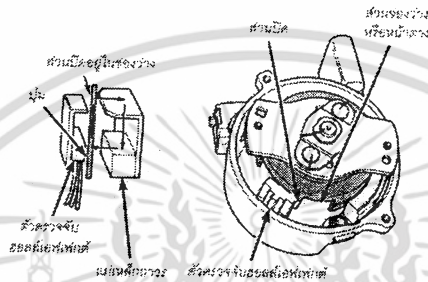
ตัวตรวจจับภาพการเกิดประกายไฟในจ่ายไฟที่แสดงในรูป 2.23 ก็คือสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ซึ่งจะเปิด - ปิดพัลส์แรงเคลื่อน จะบอกตำแหน่งของเพลอาข้อเหวี่ยงให้กับมอดูลจุดระเบิด สัญญาณนี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการฉีดเชื้อเพลิงด้วยเช่นกัน

ฮอลล์เอฟเฟกต์จะเกิดขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กตัดผ่านแผ่นบางๆของวัสดุกึ่งตัวนำที่เป็นตัวนำกระแสแรงเคลื่อนที่ปรากฏที่ขอบของวัสดุกึ่งตัวนำนั้นถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนฮอลล์ (Hall voltage) ตามชื่อผู้ค้นพบ

รูปที่ 2.23 แสดงจ่ายไฟที่ใช้สวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ ซึ่งมีโรเตอร์ทำด้วยเหล็กหรือที่เรียกว่าถ้วยหมุน (rotary cup) กับส่วนที่เป็นช่องว่างหรือหน้าต่าง (window) และส่วนปิด (shutter) มีจำนวนเท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ รูปที่ 2.23 (ก) ส่วนปิดก็คือ ส่วนโค้งที่ขอบของโรเตอร์ที่จะหมุนผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างแม่เหล็กถาวรและตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์ ซึ่งทั้งแม่เหล็กและตัวตรวจจับรวมกันก็คือสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์นั่นเอง



(ก) มีสัญญาณแรงเคลื่อน (ส่วนปิดไม่อยู่ในช่องว่าง)



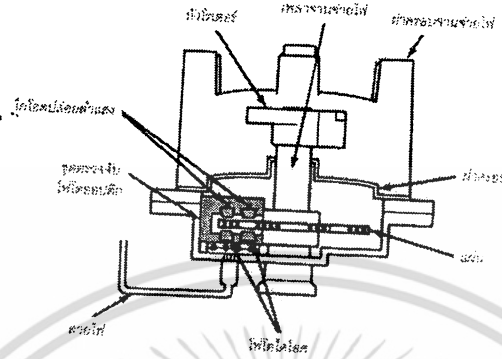
(ข) ไม่มีสัญญาณแรงเคลื่อน (ส่วนปิดอยู่ในช่องว่าง)

รูปที่ 2.23 แสดงงานจ่ายไฟที่ใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์

เมื่อส่วนปิดของ โรเตอร์ไม่อยู่ในช่องว่างระหว่างแม่เหล็กถาวรกับตัวตรวจจับ รูปที่ 2.23 (ก) สนามแม่เหล็กที่กระทำกับตัวตรวจจับที่เป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำ ก็จะทำให้เกิดการจัดส่งสัญญาณแรงเคลื่อน จำนวนเล็กน้อยไปยังมอดูลจุดระเบิด เมื่อส่วนปิดของ โรเตอร์หมุนผ่านเข้าไปในช่องว่าง รูปที่ 2.23 (ข) สนามแม่เหล็กก็จะหมดไป ทำให้แรงเคลื่อนฮอลล์ตัดการทำงานซึ่งเป็นสัญญาณ ให้มอดูลจุดระเบิด-ปิดวงจร ขดลวดปฐมภูมิ สำหรับความกว้างของส่วนปิดของตัว โรเตอร์นั้นจะมีผลต่อการกำหนดค่าของมุมคเวลล์ หรือระยะเวลาที่กระแสไหลในวงจรขดลวดปฐมภูมินั้นเอง

ทันทีที่ส่วนปิดของโรเตอร์เคลื่อนตัวออกจากช่องว่าง รูปที่ 2.23(ก) แรงเคลื่อนฮอลล์ก็จะกลับมา ปรากฏอีกครั้งหนึ่ง อิซีเอ็มก็จะใช้สัญญาณนี้คำนวณการจุดระเบิดล่วงหน้าที่ถูกต้อง และจากนั้นจะส่ง สัญญาณทำให้มอดูลจุดระเบิดเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เป็นผลทำให้เกิดไฟแรงสูงในวงจรขดลวดทุติยภูมิ จัดส่งไปให้กับหัวเทียน

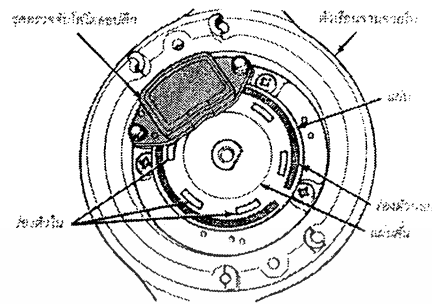
- งานจ่ายไฟแบบโฟโตไดโอดเชิงแสง (optical photodiode distributor)



รูปที่ 2.27 แสดงงานจ่ายไฟแบบโฟโตไดโอดเชิงแสงที่ใช้การเปิด-ปิดของลำแสงในการควบคุมวงจรขดลวดปฐมภูมิ

งานจ่ายไฟแบบโฟโตไดโอด หรืองานจ่ายไฟเชิงแสง รูปที่ 2.27 จะใช้ลำแสงในการควบคุมวงจรขดลวดปฐมภูมิ โฟโตไดโอดคือ ไดโอดที่ใช้การปรากฏขึ้นและการหายไปของแสงเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนกลังที่ใช้ในการเปิด-ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ ในงานจ่ายไฟไดโอดปล่อยลำแสง (light-emitting diode, LED) จะทำหน้าที่ในการจัดเตรียมลำแสงให้กับระบบ

ไดโอดปล่อยลำแสงจำนวน 2 ตัวและโฟโตไดโอดจำนวน 2 ตัวจะได้รับการติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือนงานจ่ายไฟในตำแหน่งตรงกันข้ามกัน โดยมีแผ่นที่เจาะเป็นร่องอยู่ระหว่างกลาง รูปที่ 2.28 แผ่นนี้จะหมุนไปกับเพลลาของงานจ่ายไฟขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ดังนั้นเมื่อร่องที่แผ่นนี้หมุนมาตรงกับไดโอดปล่อยลำแสง ลำแสงจากไดโอดปล่อยลำแสงก็จะพุ่งไปกระทบกับโฟโตไดโอดทันที ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนจัดส่งที่ใช้ในการเปิด-ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เมื่อแผ่นนี้หมุนต่อไปจนกระทั่งส่วนเต็มของแผ่นปิดลำแสงจากไดโอดปล่อยลำแสง สวิตช์โฟโตไดโอดก็จะปิดทันที ทำให้เกิดแรงเคลื่อนกระแสสลับขึ้นในโฟโตไดโอด วงจรรวม(integrated circuit) ในชุดตรวจจับโฟโตออปติก (photo optic sensing unit) ในงานจ่ายไฟก็จะเปลี่ยนจากสัญญาณแรงเคลื่อนมาเป็นสัญญาณพัลส์ สัญญาณเหล่านี้จะทำให้สัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสัญญาณตำแหน่งของเพลลาข้อเหวี่ยง ส่งตรงเข้าสู่มอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ มอดูลจุดระเบิดแบบที่แยกออกมาต่างหากจะไม่ถูกนำมาใช้ จากนั้นมอดูลควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์หรืออีซีเอ็มก็จะใช้สัญญาณนี้ในการควบคุม การฉีดเชื้อเพลิง จังหวะการจุดระเบิดและความเร็วเดินเบา



รูปที่ 2.28 แสดงรูปด้านบนของงานจ่ายไฟแบบโฟโตไดโอดเชิงแสง จะเห็นแผ่นที่เจาะเป็นร่อง และชุดตรวจจับโฟโตนิกติดตั้งอยู่ภายใน

อุปกรณ์จัดจังหวะในการจุดระเบิดที่ใช้กับงานจ่ายไฟชนิดนี้ก็คือ แผ่นที่เจาะเป็นร่องที่ติดตั้งอยู่ภายใน รูปที่ 2.28 ร่องที่แผ่นนี้จะมีอยู่ 2 ชุด คือ ร่องตัวนอก (outer slot) ที่ใช้ผลิตสัญญาณแรงเคลื่อนให้กับโฟโตไดโอดตัวนอก และร่องตัวใน (inner slot) ที่ใช้ผลิตสัญญาณแรงเคลื่อนให้กับโฟโตไดโอดตัวใน สำหรับร่องตัวนอกหรือที่เรียกว่า ร่องอัตราข้อมูลด้านสูง (high data rate slot) หรือร่องสัญญาณความละเอียดสูง (high resolution signal slot) จะทำให้เกิดการผลิตสัญญาณทุกๆ องศาของการหมุนของเพลลาข้อเหวี่ยง สัญญาณจากร่องเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อการตรวจจับทั้งตำแหน่งของเพลลาข้อเหวี่ยง และจังหวะการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงถึง 1,200 รอบต่อนาที ส่วนร่องตัวในหรือร่องอัตราข้อมูลด้านต่ำ (low data rate slot) หรือร่องสัญญาณความละเอียดด้านต่ำ (low resolution signal slot) ซึ่งจะมีจำนวนร่องเท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ สัญญาณที่เกิดจากร่องนี้จะแสดงถึงตำแหน่งศูนย์กลางบนของลูกสูบแต่ละสูบและกระตุ้นให้เกิดการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ร่องนี้ยังถูกใช้สำหรับจัดเวลาในการจุดระเบิดที่ความเร็วของเครื่องยนต์ที่สูงเกินกว่า 1,200 รอบต่อนาทีด้วยเช่นกัน

เช่นเดียวกับงานจ่ายไฟแบบอื่นๆ ที่หัวโรเตอร์และฝาครอบงานจ่ายไฟจะทำหน้าที่จัดส่งไฟแรงสูงไปยังหัวเทียน ดังนั้นเพื่อป้องกันมิให้ชุดตรวจจับที่อยู่ภายในเกิดความเสียหาย และระบบกำเนิดแสงเกิดความสกปรก จึงต้องมีการติดตั้งฝาครอบขึ้นอีกชั้นหนึ่งในตัวเรือนงานจ่ายไฟภายใต้หัวโรเตอร์ รูปที่ 2.27 ในเครื่องยนต์สูบลูกสูบที่ติดตั้งลิ้นเหนือฝาสูบบางแบบ งานจ่ายไฟแบบเชิงแสงจะถูกติดตั้งเข้ากับเพลาราวล้นทางด้านหน้าของเครื่องยนต์โดยตรง

ระบบคอยล์จุดระเบิดเพียง 1 ตัวจะผลิตไฟแรงสูงให้กับหัวเทียนจำนวน 2 หัวในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นวิธีประกายไฟสูญญเปล่า (waste-spark method) ของการแจกจ่ายประกายไฟ ระบบนี้จะจุดประกายไฟครั้งละ 2 สูบ เมื่อสูบหนึ่งสิ้นสุดจังหวะอัด อีกสูบหนึ่งสิ้นสุดจังหวะคาย โดยที่หัวเทียนที่จุดในจังหวะอัดจะใช้กระแสไปข้างหน้า (forward current) ขณะที่หัวเทียนที่จุดในจังหวะคายจะใช้กระแสกลับหลัง (reverse current)

รูปที่ 2.31 แสดงให้เห็นถึงเครื่องยนต์สูบวี 6 สูบกับปลาย 2 ปลายของขดลวดทุติยภูมิของคอยล์ที่ต่อเข้ากับหัวเทียนของสูบที่ 1 และ 4 เมื่อสูบที่ 1 จุดประกายไฟที่ปลายจังหวะอัด ทำให้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้และเกิดการระเบิดเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะระเบิด สูบที่ 4 ก็จะจุดประกายไฟเช่นกัน แต่จะสูญญเปล่าเพราะสูบที่ 4 จะอยู่ในปลายจังหวะคาย สูบที่จะจุดประกายไฟต่อไปคือ สูบที่ 3 และ 6 และตามด้วยสูบที่ 2 และ 5 และจะหมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่

สำหรับการจุดประกายไฟของหัวเทียนที่อยู่ในจังหวะคาย เนื่องจากแก๊สไอเสียส่วนใหญ่ได้ถูกระบายออกไปจากกระบอกสูบแล้วบางส่วน จึงทำให้ความดันภายในกระบอกสูบลดลง ดังนั้นความต้านทานต่อการเกิดประกายไฟที่เชื่อมหัวเทียนของสูบนี้นิ่งต่ำลงไปด้วย พลังงานที่ใช้ในการทำให้เกิดประกายไฟจึงต่ำ ดังนั้น จึงทำให้มีพลังงานอย่างเหลือเฟือสำหรับการทำให้เกิดประกายไฟที่เชื่อมหัวเทียนของสูบที่อยู่ในจังหวะอัด จึงเป็นผลทำให้การเผาไหม้ที่สูบนี้นี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

รูปที่ 2.31 จะแสดงตำแหน่งของตัวตรวจจับสัญญาณของเพลาค้อเหวี่ยงและเพลาราวลิ้น อีซีเอ็ม จะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับเหล่านี้และจากตัวตรวจจับสัญญาณอื่นๆ มาควบคุมการทำงานของระบบจุดระเบิด ระบบเชื้อเพลิง และระบบควบคุมสารมลพิษของเครื่องยนต์

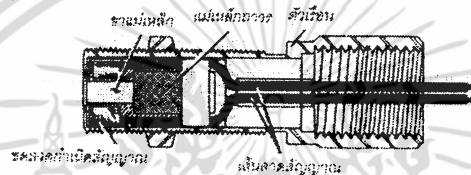


รูปที่ 2.33 แสดงตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยงแบบแม่เหล็ก ที่เมื่อร่องของแผ่นจัดจังหวะการจุดระเบิดหมุนไปตรงกับตัวตรวจจับก็จะทำให้เกิดพัลส์แรงเคลื่อนหรือสัญญาณซึ่งใช้บอกความเร็วและตำแหน่งของเพลาค้อเหวี่ยง

- ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยง (crankshaft-position sensor)

ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยง ดังรูปที่ 2.33 จะทำหน้าที่รายงานความเร็วของเพลาคือเหวี่ยง และตำแหน่งของลูกสูบให้กับมอดูลจุดระเบิด ตัวตรวจจับนี้จะต้องรับรู้เมื่อลูกสูบที่ 1 กำลังเข้าใกล้ตำแหน่ง ศูนย์ตายบนในจังหวะอัด และระบบจุดระเบิดก็ต้องจัดส่งประกายไฟไปยังหัวเทียนของสูบนั้นทันที

สัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยงเมื่อร่องที่แผ่นจัดจังหวะการจุดระเบิด (Timing disc) รูปที่ 2.33 หรือที่วงแหวนพัลส์ (pulse ring) ที่หมุนไปกับเพลาคือเหวี่ยงหมุนไปตรงกับตัวตรวจจับก็ จะทำให้ผลิตพัลส์แรงเคลื่อนขึ้น สัญญาณนี้จะบอกความเร็วและตำแหน่งของเพลาคือเหวี่ยงให้กับมอดูลจุด ระเบิด



รูปที่ 2.34 แสดงโครงสร้างของตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยงแบบขดลวดกำเนิดสัญญาณ

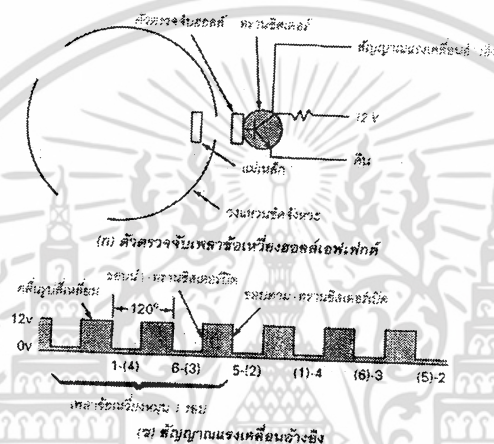
ตัวตรวจจับตำแหน่งของเพลาคือเหวี่ยง อาจจะเป็นได้ทั้งขดลวดกำเนิดสัญญาณหรือสวิทช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ดังต่อไปนี้

1. ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยงแบบขดลวดกำเนิดสัญญาณ (pick up-coil crankshaft sensor)

รูปที่ 2.34 แสดงส่วนสำคัญของตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยงแบบขดลวดกำเนิดสัญญาณจะเห็นได้ว่า ขดลวดกำเนิดสัญญาณจะถูกพันโดยรอบขั้วแม่เหล็กที่ยื่นออกมาจากแท่งแม่เหล็กถาวร สำหรับการทำงานจะ คล้ายๆกับขดลวดกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในงานจ่ายไฟแบบอิเล็กทรอนิกส์ ร่องของแผ่นจัดจังหวะการจุด ระเบิดหรือโรเตอร์กำหนดสัญญาณจะหมุนไปกับเพลาคือเหวี่ยง รูปที่ 2.34 เมื่อแต่ละร่องหมุนผ่านเข้าไป ในสนามแม่เหล็กที่ปลายของขดลวดกำเนิดสัญญาณ ก็จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นภายใน ขนาดของ แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ กล่าวคือ ถ้าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ยิ่งสูง แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย

ร่องคู่หรือร่องดัชนี (index notch) ในโรเตอร์กำหนดสัญญาณจะผลิตสัญญาณพร้อมกัน (sync pulse) สัญญาณนี้จะเป็นตัวระบุตำแหน่งของเพลาคือเหวี่ยง มอดูลจุดระเบิดจะใช้สัญญาณนี้เพื่อทำให้ลำดับขั้นการ จุดระเบิดกับตำแหน่งของเพลาคือเหวี่ยงเกิดขึ้นพร้อมกัน หลังการเกิดสัญญาณนี้แล้ว มอดูลจุดระเบิดก็จะ นับจำนวนร่องของแผ่นจัดจังหวะการจุดระเบิดที่หมุนผ่านไป จากนั้นจึงใช้จำนวนร่องที่นับกระดุนให้คอยล์ แต่ละตัวทำงานที่เวลาอันถูกต้อง อิซีเอ็มก็จะจัดเตรียมสัญญาณการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ให้กับมอดูลจุดระเบิดตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อเรื่องงานจ่ายไฟระบบจุดระเบิดพลังงานสูงกับอุปกรณ์ การจุดระเบิดล่วงหน้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

2. ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยงแบบสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ (hall-effect crankshaft sensor) ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยงแบบนี้จะใช้สวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์เป็นตัวเปิด - ปิดแรงเคลื่อนอ้างอิง (reference voltage) ที่จะจัดส่งโดยมอดูลจุดระเบิด ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนอ้างอิงที่จัดเตรียมชุดของพัลส์ที่เท่าเทียมกัน วงแหวนขัดจังหวะ (interrupt ring) ที่ติดตั้งอยู่ทางด้านหลังของอุปกรณ์ด้านการสั่นของเพลาคือเหวี่ยงจะเป็นตัวทำให้เกิดพัลส์ การหมุนของวงแหวนส่วนที่เป็นช่องว่างและส่วนปิดที่มีจำนวนเท่ากัน เมื่อผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างแท่งแม่เหล็กถาวรกับตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์ รูปที่ 2.35 ก็จะให้เกิดการเปิด-ปิดแรงเคลื่อนฮอลล์



รูปที่ 2.35 แสดงให้เห็นว่าสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์เปิด-ปิดทรานซิสเตอร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงสัญญาณแรงเคลื่อนอ้างอิงอย่างไร

รูปที่ 2.35 แสดงให้เห็นว่าสวิตช์ฮอลล์เอฟเฟกต์เปิด-ปิดทรานซิสเตอร์อย่างไร เมื่อส่วนที่เป็นช่องว่างของวงแหวนหมุนผ่านเข้าสู่ช่องว่างระหว่างแท่งแม่เหล็กกับตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์ สนามแม่เหล็กก็จะสามารถแผ่ไปถึงตัวตรวจจับทำให้เกิดแรงเคลื่อนที่ทำให้ทรานซิสเตอร์เปิด(ทำงาน) ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้สัญญาณแรงเคลื่อนอ้างอิงที่จะส่งไปยังมอดูลจุดระเบิดมีค่าลดลง

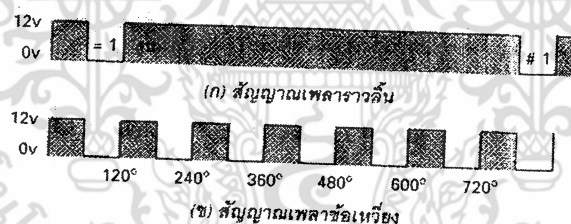
เมื่อส่วนที่ปิดที่อยู่ถัดไปเคลื่อนที่เข้าสู่ช่องว่าง ก็จะทำให้เกิดการปิดกั้นสนามแม่เหล็กไม่ให้แผ่ไปถึงตัวตรวจจับฮอลล์เอฟเฟกต์ได้ จึงทำให้แรงเคลื่อนฮอลล์หมดไป ทรานซิสเตอร์ก็จะกลับมาอยู่ในตำแหน่งปิด (ไม่ทำงาน) และคืนสัญญาณแรงเคลื่อนอ้างอิงสูงให้กับมอดูลจุดระเบิด

- ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลัน (camshaft-position sensor)

ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลัน บางที่เรียกว่าตัวตรวจจับการพิสูจน์กระบอสูบหรือซีดีไอ (Cylinder identification sensor, CDI) ตัวตรวจจับนี้จะจัดเตรียมสัญญาณพัลส์แรงเคลื่อนที่พิสูจน์ตำแหน่งของลูกสูบ สูบที่ 1 ตัวตรวจจับที่ใช้ปกติจะเป็นสวิทช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ มอดูลจุดระเบิดจะยอมรับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลันเมื่อเริ่มจังหวะจุดระเบิดแต่ละจังหวะนี้เป็นการจุดระเบิดของหัวเทียนทั้งหมดระหว่างรอบหรือวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์

ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลันติดตั้งในบ้ำที่เมื่อก่อนใช้เป็นติดตั้งจานจ่ายไฟ ตัวตรวจจับชนิดนี้จะถูกขับโดยเพลาาราวลันผ่านทางเฟืองฟันโค้ง (Spiral gear) นอกจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลันที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลันแบบอื่นอีก อาทิแบบร่องในแผ่นที่ติดอยู่กับเฟืองโซ่ของเพลาาราวลัน ทำหน้าที่ในการเปิด-ปิดสวิทช์ฮอลล์เอฟเฟกต์ หรือแบบที่ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลัน จะเปิด-ปิดเมื่อแท่งแม่เหล็กเล็กๆที่ติดตั้งอยู่กับเฟืองเพลาาราวลันหมุนผ่าน

ระหว่างที่เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ (720 องศา) ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยงก็จะจัดเตรียมพัลส์เท่ากับจำนวนสูบของเครื่องยนต์ 4 สูบที่ 2.36 ขณะที่ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลันจะจัดเตรียมเพียง 1 พัลส์ ตัวตรวจจับนี้จะทำหน้าที่ในการพิสูจน์คอยล์ที่จะจุดประกายไฟ และจัดลำดับขั้นของการจุดประกายไฟของคอยล์ในมอดูลจุดระเบิด

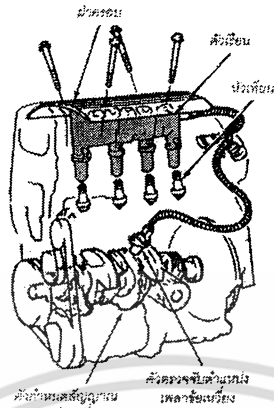


รูปที่ 2.36 แสดงสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาาราวลันที่สัมพันธ์กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยงระหว่างการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 2 รอบ ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง

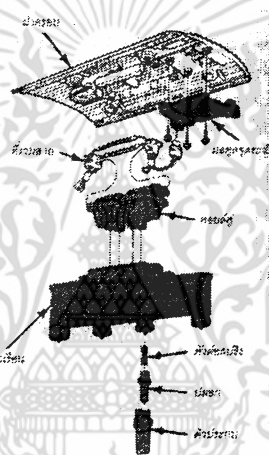
2.7.4 ระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับการจุดระเบิดโดยตรง

- ระบบจุดระเบิด โดยตรงแบบคอยล์หลายตัว

เครื่องยนต์บางแบบจะใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรงที่ไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน ดังรูปที่ 2.37 ในเครื่องยนต์ 4 สูบ มอดูลจุดระเบิดกับคอยล์จำนวน 2 ตัวจะถูกติดตั้งภายใต้ฝาครอบอะลูมิเนียมของเครื่องยนต์ รูปที่ 2.38 การทำงานขั้นพื้นฐานของระบบจะเหมือนกับระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟกับคอยล์จุดระเบิดหลายตัวตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ตัวนำทุติยภูมิที่หล่อเป็นชิ้นเดียว (molded one-piece secondary conductor) หลายตัวก็ได้ถูกนำมาใช้แทนสายไฟหัวเทียน



รูปที่ 2.37 ระบบจุดระเบิดโดยตรงซึ่งไม่ต้องใช้สายไฟหัวเทียน



รูปที่ 2.38 มอเตอร์จุดระเบิดและคอยล์จุดระเบิด 2 ตัว ติดตั้งอยู่ในตัวเรือนภายใต้ฝาครอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรง

รูปที่ 2.38 มอเตอร์จุดระเบิดและคอยล์จุดระเบิด 2 ตัว ติดตั้งอยู่ในตัวเรือนภายใต้ฝาครอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจุดระเบิดโดยตรง

ปัญหาที่มักเกิดขึ้นกับระบบจุดระเบิดที่ใช้สายไฟหัวเทียน คือ การสูญเสียแรงเคลื่อนบางส่วนในสายไฟหัวเทียน ดังนั้นถ้าปราศจากสายไฟหัวเทียนแล้วไฟแรงสูงก็จะเข้าสู่หัวเทียนได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้การกำจัดสายไฟหัวเทียนยังเป็นการลดการบำรุงรักษาลงด้วยเช่นกัน เพราะจะไม่มีสายไฟหัวเทียนให้ตรวจสอบและเปลี่ยนระบบจุดระเบิดแบบนี้ คอยล์จุดระเบิดจะถูกติดตั้งเข้ากับหัวเทียนแต่ละหัวโดยตรง การเปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิในคอยล์แต่ละตัวก็จะทำให้หัวเทียนจุดประกายไฟเพียง 1 หัวเท่านั้น

ข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบไร้จานจ่ายไฟ

ระบบจุดระเบิดแบบจานจ่ายไฟมีข้อดีที่เหนือกว่าระบบจุดระเบิดแบบมีจานจ่ายไฟดังนี้

1. การสึกหรอน้อยกว่าเนื่องจากชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่า
2. ความยืดหยุ่นในการติดตั้งมีมากกว่า เพราะส่วนประกอบในการติดตั้งน้อยลง ซึ่งปัจจุบันมีความสำคัญมากเพราะห้องเครื่องจะมีขนาดเล็กลง
3. การบำรุงรักษาดำเพราะไม่ต้องมีหัวโรเตอร์และฝาครอบจานจ่ายไฟ
4. การแทรกแซงคลื่นความถี่วิทยุลดลงเพราะไม่มีช่องว่างระหว่างหัวโรเตอร์กับขั้วไฟแรงสูงที่ฝาครอบจานจ่ายไฟ
5. ขจัดการจุดระเบิดไม่ครบสูบที่ทำให้เกิดครดในทริกขึ้นในฝาครอบจานจ่ายไฟ
6. ขจัดการปรับตั้งจังหวะการจุดระเบิดทางกล
7. ลดภาระทางกลของเครื่องยนต์
8. ยืดระยะเวลาอิมตัวของคอยล์ทำให้ผลิตไฟแรงสูงได้สูงขึ้น
9. ยืดระยะเวลาระหว่างการจุดระเบิด ทำให้คอยล์มีเวลาในการระบายความร้อนได้มากขึ้น

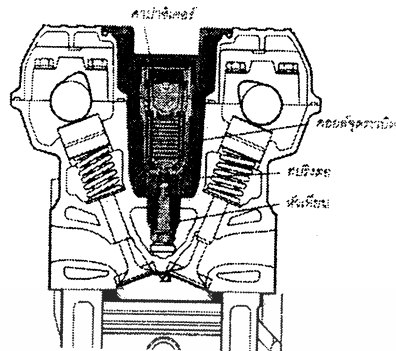
- ระบบจุดระเบิด โดยตรงแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ

ระบบจุดระเบิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมดเป็นระบบจุดระเบิดแบบเหนี่ยวนำ (Induction ignition system)

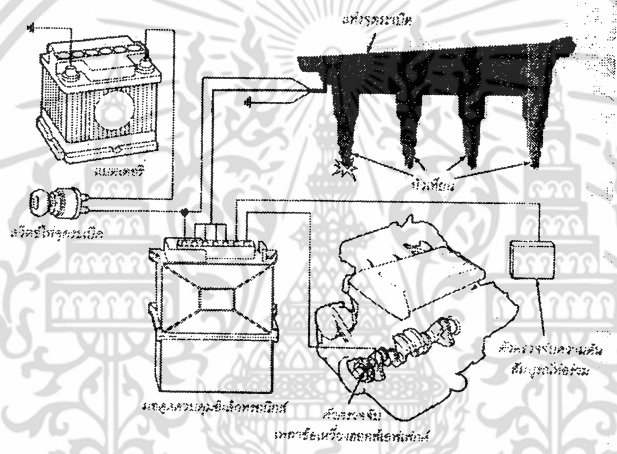
ระบบจุดระเบิดแบบนี้จะเก็บพลังงานป้อนจากรูมูมิไว้ในคอยล์หรือตัวนำทางไฟฟ้า แต่ระบบจุดระเบิดโดยตรงแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือที่นิยมเรียกกันทั่วไปว่าแบบซีดีไอที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเก็บพลังงานป้อนจากรูมูมิไว้ในคาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ ซึ่งอุปกรณ์ทางไฟฟ้าส่วนนี้จะสามารถกักเก็บประจุไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยไว้เพียงชั่วคราวเท่านั้น ระบบจุดระเบิดแบบนี้ ปรากฏไฟที่หัวเทียนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจรขดลวดป้อนจากรูมูมิ จากนั้นคาปาซิเตอร์ที่ได้รับการประจุจากแบตเตอรี่ก็จะคายประจุผ่านคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นภายในคอยล์และทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

รูปที่ 2.39 แสดงให้เห็นถึงระบบจุดระเบิดแบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือแบบซีดีไอของรถซาฮิบ ที่คล้ายๆกับระบบจุดระเบิด โดยตรงแบบคอยล์หลายตัว ระบบนี้หัวเทียนแต่ละหัวจะมีคอยล์จุดระเบิดและคาปาซิเตอร์ของตนเอง ส่วนประกอบทั้งหมดจะถูกผนึกเข้าด้วยกันและติดตั้งเข้ากับหัวเทียนโดยตรง ดังรูปที่ 2.40 ระบบนี้จะสามารถจัดส่งไฟแรงสูงหรือแรงเคลื่อนทุติยภูมิให้กับหัวเทียน ได้สูงถึง 40,000 โวลต์

สำหรับการเพิ่มของแรงเคลื่อนภายในระบบสามารถที่จะกระทำได้ใน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกก็คือการยกกระดุมแรงเคลื่อนจากแบตเตอรี่ให้สูงขึ้นจาก 12 โวลต์เป็น 400 โวลต์ จากนั้นจึงมีการเพิ่มแรงเคลื่อนให้สูงขึ้นอีกเป็น 40,000 โวลต์ในขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 2.39 ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุ หรือแบบซีดีไอ ที่หัวเทียนแต่ละหัวจะมีคอยล์จุดระเบิดและตัวเก็บประจุของตนเองติดตั้งเข้าไปในแท่งจุดระเบิดที่ติดตั้งอยู่เหนือหัวเทียน



รูปที่ 2.40 ระบบจุดระเบิดด้วยตัวเก็บประจุหรือแบบซีดีไอ ที่แสดงให้เห็นแท่งจุดระเบิด ระบบนี้จะทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟเมื่อสวิตช์หรือทรานซิสเตอร์ปิดวงจรขดลวดปฐมภูมิ เพื่อให้ตัวเก็บประจุคายประจุออกมาให้กับคอยล์จุดระเบิดทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

แรงเคลื่อนจากแบตเตอรี่จะเป็นสาเหตุที่ทำให้กระแสจำนวนเล็กน้อยไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ดังนั้น เมื่อวงจรถดลวดปฐมภูมิเปิด เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นก็จะยุบตัวลงทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำสูงถึง 400 โวลต์ในวงจรถดลวดปฐมภูมิเข้าประจุคาปาซิเตอร์อีซีเอ็มที่ใช้ควบคุมจังหวะการจุดระเบิดจะขึ้นอยู่กับสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยงแบบฮอลล์เอฟเฟกต์ ตัวตรวจจับความดันสัมบูรณ์หรือเอ็มเอพี (manifold absolute pressure sensor, MAP) จะจัดเตรียมข้อมูลทางด้านภาวะของเครื่องยนต์ให้กับอีซีเอ็ม ตัวตรวจจับการน็อก (detonation or knock sensor) ก็จะจัดส่งสัญญาณให้กับอีซีเอ็มด้วยเช่นกันเมื่อมีการน็อกเกิดขึ้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะแสดงถึงการลดความต้องการในการจุดประกายไฟล่วงหน้าของระบบ

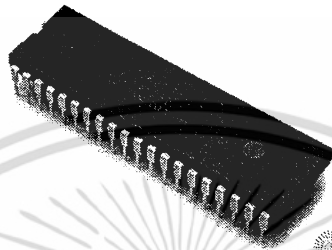
อีซีเอ็มจะทำหน้าที่ในการกระตุ้นให้คอยล์แต่ละตัวจุดประกายไฟที่เวลาอันถูกต้อง การควบคุมคอยล์จุดระเบิดแต่ละตัว จะทำให้อีซีเอ็มสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงจังหวะจุดระเบิดให้เป็นไปตามลำดับชั้นการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้อง

ระบบจุดระเบิดแบบนี้เกือบจะทันทีหลังปิดกุญแจสวิตช์สตาร์ทแล้ว หัวเทียนแต่ละหัวจะจุดประกายไฟไปตามลำดับชั้นการจุดระเบิดประมาณ 50 ครั้ง ปรากฏการณ์นี้จะช่วยให้เชื้อหัวเทียนสะอาดและแห้ง จึงช่วยให้การสตาร์ทติดเครื่องสามารถที่จะกระทำได้ง่าย แต่ถ้าเครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติดหลังจากผู้ใช้รถปล่อยกุญแจสตาร์ทคืนสู่ตำแหน่งเดิมและพยายามที่จะสตาร์ทใหม่อีกครั้งหนึ่งหัวเทียนทั้งหมดก็จะจุดประกายไฟอีกประมาณ 1,000 ครั้ง เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้วและเดินด้วยความเร็วประมาณ 600 รอบต่อนาทีหรือสูงกว่า ระบบจุดระเบิดก็จะจัดให้เกิดประกายไฟเพียง 1 ครั้งต่อหัวเทียน 1 หัวเท่านั้น



บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการทำงานของ PIC16F877A



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะตัว PIC 16F877A

3.1 Microcontroller PIC

PIC คือ Microcontroller ตระกูลหนึ่งย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง Microcontroller ตระกูลนี้จะรวมเอาทุกอย่างไว้ภายในเช่น PROGRAM MEMORY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้ PIC เปรียบเสมือน CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC มีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด กล่าวคือ มีการแยกหน่วยความจำ โปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน โดยมีบัสสำหรับติดต่อแยกกันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1-1 จะเห็นว่าซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสแอดเดรส 13 บิต และบัสข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลรีจิสเตอร์ภายในเป็นแบบ 8 บิตทั้งบัสแอดเดรสและบัสข้อมูล

นอกจากการจัดสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้ว การกระทำคำสั่งทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่ง ภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก (กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปล

คำสั่งนั้นให้เป็นรหัสเลขฐานสิบหกเพื่อให้ซีพียูเข้าใจ ส่วนกระบวนการเอ็กซิกิวต์ (execute) เป็นการกระทำคำสั่งให้เกิดผลลัพธ์ตามที่คำสั่งนั้นๆกำหนด) สำหรับกระบวนการไปป์ไลน์แสดงดังรูปที่ 1-2

เมื่อเริ่มต้นกระทำคำสั่งที่ 1 ซีพียูจะเป็นเฟตซ์คำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมที่แอดเดรส n จากนั้นทำการเอ็กซิกิวต์ในไซเคิลต่อมา และที่ไซเคิลของการเอ็กซิกิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n นั้น ซีพียูก็จะเริ่มต้นเฟตซ์คำสั่งจากแอดเดรส $n+1$ ทันที เมื่อเอ็กซิกิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n เรียบร้อย ซีพียูก็จะสามารถเอ็กซิกิวต์คำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ต่อเนื่องกันไปได้ในทันที และในทำนองเดียวกัน ขณะที่กำลังเอ็กซิกิวต์คำสั่งแอดเดรส $n+1$ ซีพียูก็จะดำเนินการเฟตซ์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไป

ไปป์ไลน์ (pipeline) ทำให้สามารถเฟตซ์คำสั่งถัดไป ในขณะที่กำลังเอ็กซิกิวต์คำสั่งในปัจจุบัน ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของ



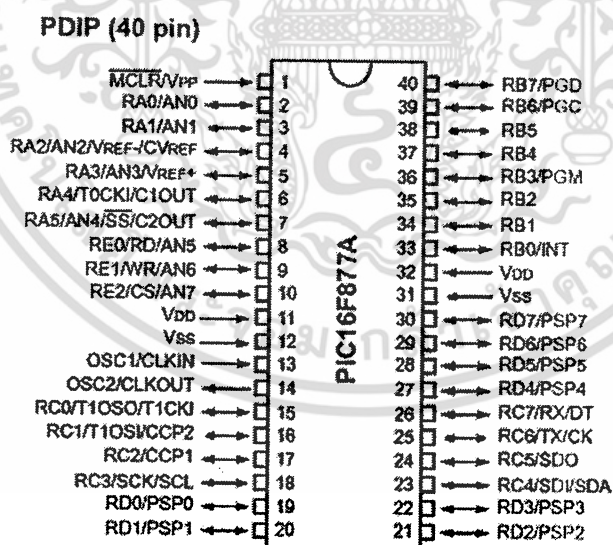
3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC 16F877A

3.2.1 คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction – Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง 35 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20MHz
- หน่วยความจำโปรแกรม 8 กิโลเวิร์ด
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ 368 ไบต์
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม 256 ไบต์
- ตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปสูงสุดถึง 15 แหล่งขึ้นกับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์ออนรีเซต (POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST)
- มีวงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT) ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว ทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- เลือกป้องกันข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสามารถเลือกระดับการป้องกันได้
- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V
- แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD (In-circuit Debugger) ผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 V ถึง +5.5 V
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่จับโหลด
 - น้อยกว่า 2mA ที่ไฟเลี้ยง +5V และสัญญาณนาฬิกา 4MHz
 - 20 μ A ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz
 - น้อยกว่า 1 μ A ในโหมดประหยัดหรือสแตนด์บาย

3.2.2 คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม

- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด หรือ 8 บิต มีปริสเกลขนาด 8 บิตในตัว, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์ และ ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์, โพลสต์สเกลเลอร์ และ รีจิสเตอร์ค่าเวลา (period register) ขนาด 8 บิตในตัว
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดย
 - ส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ (Capture) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาที วงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล 10 บิต (5 ช่องสำหรับรุ่น 28 ขาและ 8 ช่องสำหรับรุ่น 40 ขา)
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้ง SPI และบัส I^2C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พบพร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (บราวเอาต์ดีเทกชัน: Brown-out detection) เพื่อการรีเซตซีพียูหรือ เรียกว่า บราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset : BOR)



รูปที่ 3.2 แสดงการจัดขาของ PIC 16F877A

บทที่ 4

หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน

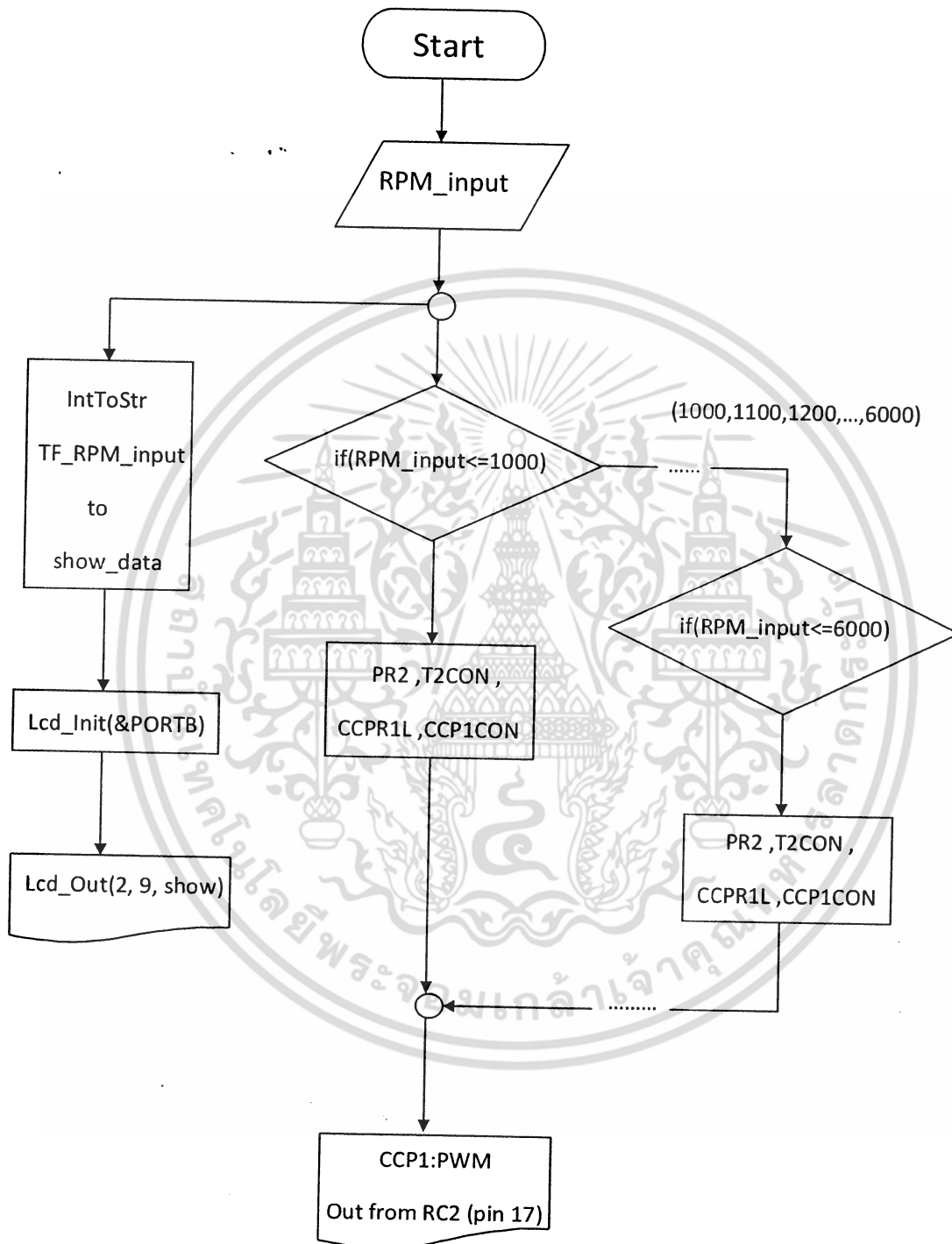
4.1 หลักการเบื้องต้น

จากรูปแบบหลักการทำงานเบื้องต้น เริ่มจากการสร้างสัญญาณพัลส์จุดระเบิดจาก PIC16F877A แล้วประมวลผลออกมา โดยจะทำการคำนวณช่วงเวลาการจุดระเบิดและให้สัญญาณออกมาสัมพันธ์กับจังหวะเวลาการจุดระเบิดจริง หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จะผ่านวงจรมอดูเลชันเพื่อจุดระเบิดหัวเทียนต่อไป



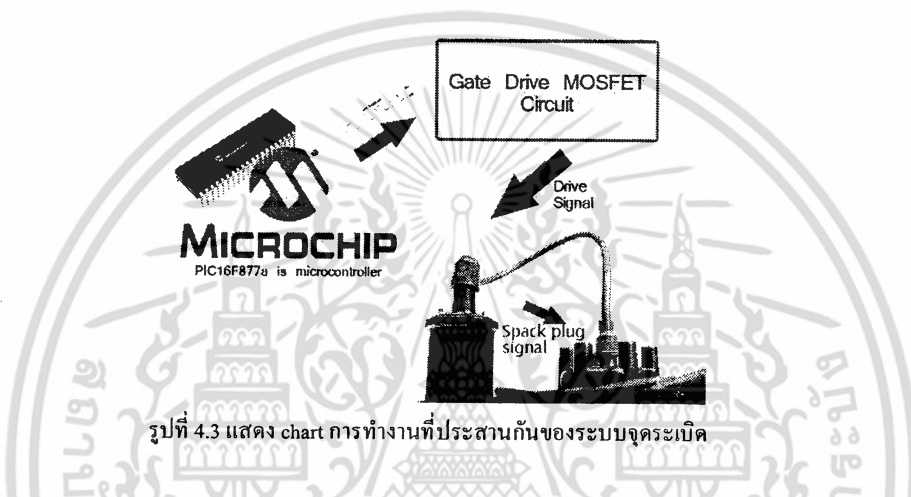
รูปที่ 4.1 บล็อกโคะแกรมของวงจรถูกจุดระเบิดหัวเทียน

4.1.1 หลักการออกแบบสัญญาณจุดระเบิด



รูปที่ 4.2 แสดง Flowchart ส่วนของโปรแกรมประมวลผลสัญญาณ

การจะกำหนดการสร้างรูปแบบการจุดระเบิด หรือ สัญญาณในการจุดระเบิด ได้นั้นเราจำเป็นต้องทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างสัญญาณ โดย ในการออกแบบครั้งนี้ เราได้ใช้ข้อมูลความเร็วรอบเครื่องยนต์ เป็นตัวกำหนดในการสร้าง โดยความเร็วรอบเครื่องยนต์นั้นจะมีผลต่ออัตราการจุดระเบิด เพื่อที่จะต้องการทำการจุดระเบิดให้เกิดการสันดาบ 100% เมื่อเทียบวัดกับเชื้อเพลิงที่ใช้ เพื่อเป็นการใช้เชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในแต่ละการสันดาบ จึงเรียกได้ว่าอัตราการจุดระเบิดเผาไหม้นั้นก็เป็นส่วนหนึ่งในการลดค่าใช้จ่ายให้กับผู้บริโภค



ดังนั้นการจะสร้างสัญญาณในการจุดระเบิดนั้น ผู้ออกแบบ ได้ใช้รูปแบบของสัญญาณ PWM ในการควบคุมการจ่ายไฟสูงให้แก่หัวเทียน โดยคอยล์ไฟสูง ผ่านทางวงจร Gate Drive Mosfet ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เราได้กล่าวถึงนั้นมีความหมายว่า 2 รอบเพลาคือเหวี่ยงนั้นคือการที่เครื่องได้เกิดระยะการทำงาน 4 ระยะ (ดูด-อัด-ระเบิด-คาย) ซึ่งจะเห็นได้ในหน่วย RPM (Revolution per Minute) โดยมีลักษณะการเคลื่อนที่ของเพลาคือเหวี่ยงคือการเดินทางจากศูนย์ตายบน (TDC) ลงสู่ศูนย์ตายล่าง (BCD) และเดินทางกลับไปยังศูนย์ตายบนอีกครั้งหนึ่ง จำนวน 1 ครั้งก็จะเท่ากับ 1 รอบเครื่องยนต์

1 รอบเครื่องยนต์ = 1 รอบเพลาคือเหวี่ยง = เพียงแค่ 2 ระยะ

แต่ที่เรานำความสัมพันธ์นี้มาใช้ในการหาอัตราการจุดระเบิดที่เหมาะสมได้ตั้งเป้าหมายไว้ นั่นคือเราจะใช้เพียงแค่ครึ่งหนึ่งของรอบของรอบเครื่องยนต์ หรือ ระยะการเพียงแค่ระยะระเบิดเพื่อจะช่วงเวลาเครื่องยนต์ทำงานอยู่ในระยะนี้ทำการหาค่าได้ดังนี้

เริ่มจากการหาระยะเวลาในช่วงของการจุดระเบิด โดยกำหนดให้ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ที่ค่าใดๆ RPM (รอบ/นาที) จากนั้นต้องทำให้มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{spark} = \frac{60}{RPM \times 2}$$

โดย T_{spark} = เวลาที่ใช้ในระยะเวลาการระเบิดทั้งหมด (วินาที)

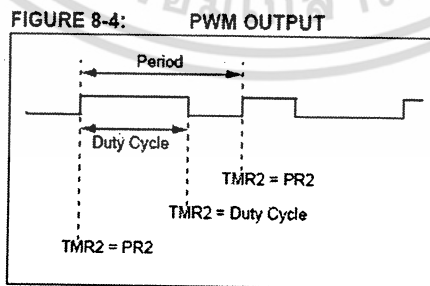
RPM = รอบเครื่องยนต์ที่กำหนด (รอบ/นาที)

ต่อมาถ้าทำการเอาค่าช่วงเวลาในการจุดระเบิดมาแบ่งย่อยออกตามค่าที่เราต้องการ เพราะจุดประสงค์การออกแบบนี้ต้องการใหม่ในช่วงระยะเวลาของการจุดระเบิดนั้น หัวเทียนมีการจุดระเบิดที่หลายครั้งซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วจะจุดเพียง หนึ่ง หรือ สองครั้งเท่านั้น เพราะจากการสันนิษฐานที่ได้ตั้งขึ้นมาว่าการจุดระเบิดหลายๆ ครั้งนั้นจะทำให้การเผาไหม้ที่หมดจด เราจึงจะหาค่าที่เหมาะสมซึ่งในที่นี้เราได้ตั้งไว้ที่ 10 ลูกภายในช่วงเวลา (T_{spark} per 10)

$$T_{spark}(\text{per } 10) = \frac{T_{spark}}{10}$$

และค่าที่ได้นี้เองที่เป็นค่าตั้งต้นในการที่จะนำไปใช้ในการคำนวณค่าที่จะบรรจุในรีจิสเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณ PWM

ในการสร้างสัญญาณ pulse PWM ครั้งนี้ได้นำโมดูลๆ หนึ่งของตระกูล PIC คือโมดูล CCP โดยโมดูลๆ นี้สามารถทำงานได้ 3 รูปแบบย่อยๆ คือ Capture ,Compare ,PWM ซึ่งได้นำโหมดของ PWM มาใช้งานโดยมีรูปแบบการใช้งานคือสามารถสร้างสัญญาณได้ โดยทำงานเป็นอิสระ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการประมวลผลทางเอาต์พุตโดยเสียเปล่า โดยในขณะที่โมดูล นี้ทำงาน MCU สามารถที่จะควบคุมการเปิด-ปิดสัญญาณ ผ่านทาง รีจิสเตอร์ควบคุมได้โดยโมดูล CCP นี้จะทำงานร่วมกับ TIMER2



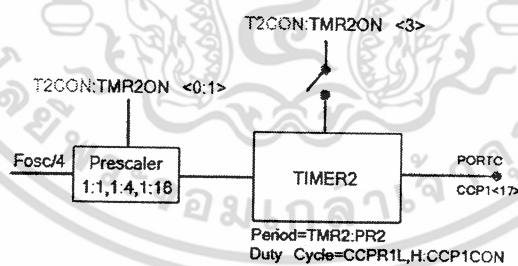
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะสัญญาณ PWM

คุณลักษณะสำคัญในการทำงานของ TIMER2

1. ใช้เป็น timer ขนาด 8-bit (00-FFh) นับได้ 256 ค่า
2. รีจิสเตอร์ Timer2 สามารถเขียนอ่านได้
3. สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาได้จากเฉพาะภายในเท่านั้น
4. มี Interrupt เมื่อการนับเปลี่ยนจาก FFh ไปเป็น 00h (overflow)
5. มีทั้งตัวลดทอนการส่งออก (postscaler) มีค่า 1-16 ,ตัวหารความถี่ออสซิลเลเตอร์ (prescaler) สามารถเลือกอัตราส่วนเป็น 1,4,16 และ รีจิสเตอร์คาบเวลา (period register)
6. สามารถใช้โมดูล CCP(Capture/Compare/PWM) ได้ 1 โมดคือ PWM ในการควบคุม duty cycle ของสัญญาณ PWM ออกทางขา RB3/CCP1
7. สัญญาณเอาต์พุตของ Timer 2 ยังถูกใช้ใน โมดูลสื่อสาร ข้อมูลอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous Serial-Port module :SSP)

คุณลักษณะสำคัญในการทำงานของ TIMER2

1. เก็บข้อมูลในการตรวจจับสัญญาณ (Capture) ใช้งานร่วมกับ TIMER1
2. เก็บข้อมูลเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) ใช้งานร่วมกับ TIMER1
3. เก็บค่า duty cycle ในการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ (PWM Pulse Width Modulator) ใช้งานร่วมกับ TIMER2



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการทำงานของรีจิสเตอร์ CCP1

ขั้นตอนในการคำนวณเพื่อกำหนดค่าในรีจิสเตอร์เพื่อทำการสร้างสัญญาณโดยผ่านโมดูล CCP เริ่มแรกจากการกำหนดค่ารีจิสเตอร์เพื่อให้ทำการนับค่าคาบเวลาในการสร้างพัลส์ซึ่งเป็นหน้าที่ของ TIMER2 ที่จะทำการควบคุมคาบเวลา โดยต้องทำการคำนวณและกำหนดค่าลงในรีจิสเตอร์ PR2 ซึ่งเป็น

รีจิสเตอร์ขนาด 8 bit และมีหลักการคำนวณดังนี้ {จากการคำนวณค่าช่วงเวลาในการจุดระเบิดแบ่งย่อย

$$PWM(\text{period}) = T_{\text{spark per 10}}$$

$$PR2 = \frac{PWM(\text{period})}{4 \times T_{\text{osc}} \times TMR2(\text{prescale})}$$

โดย PWM (period) = คาบเวลาของ PWM ที่เราต้องการ

$$T_{\text{osc}} = \frac{1}{f_{\text{osc}}} \text{ (fosc ความถี่ของ XTAL)}$$

TMR2(prescale) = ค่าของ ปรีสเกลเลอร์ของ TIMER2 มีค่า 1,4,16

และมีรีจิสเตอร์ T2CON เป็นรีจิสเตอร์กำหนดการทำงานของ TIMER2 โดยมีรายละเอียดดังรูปด้านล่าง

REGISTER 7-1: T2CON: TIMER2 CONTROL REGISTER (ADDRESS 12h)

	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
bit 7								bit 0

bit 7 Unimplemented: Read as '0'

bit 6-3 TOUTPS3:TOUTPS0: Timer2 Output Postscale Select bits
 0000 = 1:1 Postscale
 0001 = 1:2 Postscale
 0010 = 1:3 Postscale
 .
 .
 .
 1111 = 1:16 Postscale

bit 2 TMR2ON: Timer2 On bit
 1 = Timer2 is on
 0 = Timer2 is off

bit 1-0 T2CKPS1:T2CKPS0: Timer2 Clock Prescale Select bits
 00 = Prescaler is 1
 01 = Prescaler is 4
 1x = Prescaler is 16

Legend:		
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared
		x = Bit is unknown

รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการทำงานในแต่ละ bit เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ของ TIMER2

TABLE 7-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH TIMER2 AS A TIMER/COUNTER

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
08h, 08h, 108h, 108h	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTF	RBIF	TMR2IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000x
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCPIF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
1Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCPIE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
11h	TMR2	Timer2 Module's Register								0000 0000	0000 0000
12h	T3CON	-	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKFS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the Timer2 module.
 Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the PIC16F873/876; always maintain these bits clear.

รูปที่ 4.7 แสดงรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ TIMER2

และในส่วนของการคำนวณเพื่อกำหนดและควบคุม Duty Cycle เป็นหน้าที่ของรีจิสเตอร์ CCP1CON และมี รีจิสเตอร์ CCP1L เป็นตัวกำหนดค่าเพื่อทำการนับซึ่งมีขนาด 8 bit และมีการคำนวณดังนี้ โดยเริ่มจากการหาค่าของ PWM Duty Cycle ก่อนเป็นอันดับแรกเพื่อนำไปเป็นตัวตั้งในการคำนวณหาค่าที่จะบรรจุลงในรีจิสเตอร์ CCP1L โดยคำนวณจาก

$$D_{pwm} = \frac{(\%Duty) \times PWM(period)}{100}$$

- โดย D_{pwm} = ค่าเวลาของ Duty Cycle ที่ได้จากการคำนวณ
- %Duty = ค่า Duty Cycle คิดเป็นกี่ % ของคาบเวลาทั้งหมด
- PWM(period) = คาบเวลาของ PWM ที่เราจะสร้าง

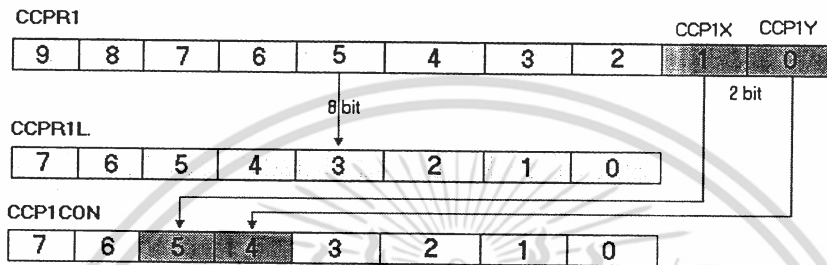
และเมื่อเราคำนวณได้ค่า D_{pwm} ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นในการคำนวณหาค่าที่จะนำไปใส่ในรีจิสเตอร์ CCP1L โดยใช้สูตร

$$CCP1L : CCP1CON < 5:4 > = \frac{D_{pwm}}{T_{osc} \times CCP1(prescale)}$$

โดย T_{osc} = $\frac{1}{f_{osc}}$ (f_{osc} ความถี่ของ XTAL)

CCP1(presale) = ค่าของ ปริสเกลเลอร์

แต่ค่าที่จะคำนวณออกมาได้นั้นจะมีค่าเท่ากับ 10 bit ซึ่งมีขนาด bit เกินจากที่รีจิสเตอร์ CCP1IL ซึ่งมี 8 bit จะรับได้หมดจึงมีการนำส่วนที่เหลือคืออีก 2 bit มาทศใส่ในรีจิสเตอร์ CCP1CON ทั้งนี้รีจิสเตอร์ CCP1CON ยังเป็นรีจิสเตอร์ที่กำหนดค่าการทำงานด้วย



รูปที่ 4.8 แสดงถึงการจับเก็บ bit ในรีจิสเตอร์ CCP1IL และ CCP1CON

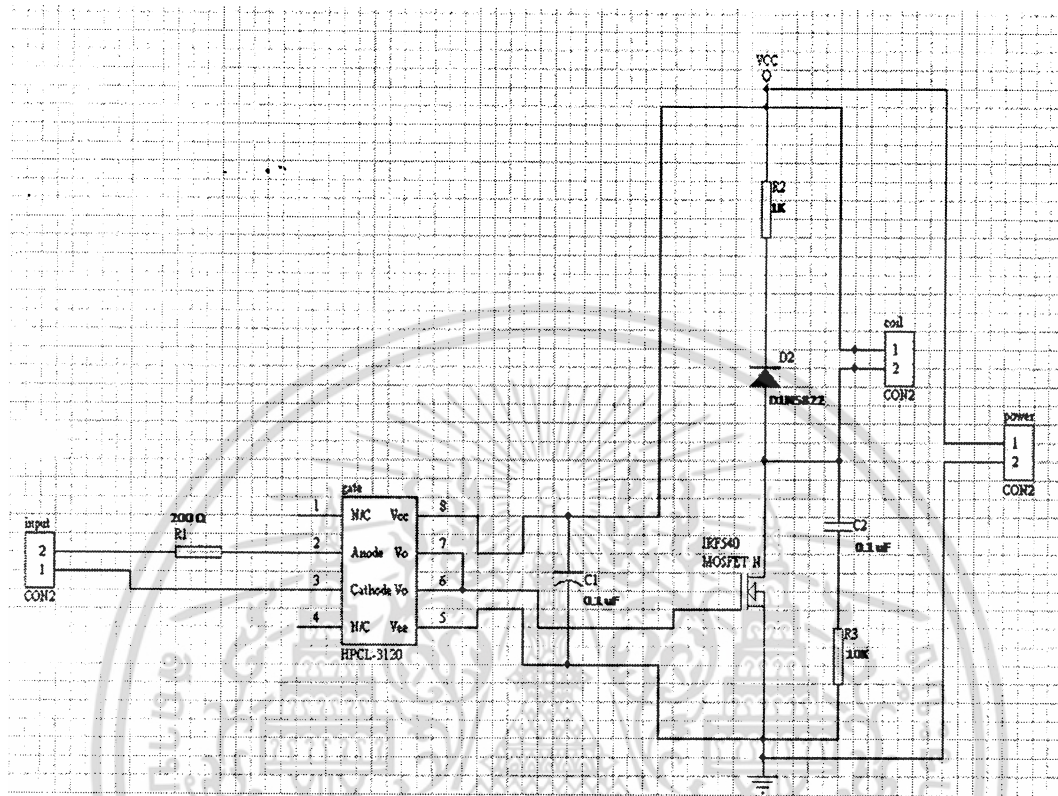
REGISTER 8-1: CCP1CON REGISTER/CCP2CON REGISTER (ADDRESS: 17h/1Dh)

U-0	U-0	RW-0	RW-0	RW-0	R/W-0	RW-0	RW-0	
—	—	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0	
bit 7								bit 0

- bit 7-6: Unimplemented: Read as '0'
- bit 5-4: CCPxX:CCPxY: PWM Least Significant bits
 Capture mode: Unused
 Compare mode: Unused
 PWM mode: These bits are the two LSBs of the PWM duty cycle. The eight MSBs are found in CCPxIL.
- bit 3-0: CCPxM3:CCPxM0: CCPx Mode Select bits
 0000 = Capture/Compare/PWM disabled (resets CCPx module)
 0100 = Capture mode, every falling edge
 0101 = Capture mode, every rising edge
 0110 = Capture mode, every 4th rising edge
 0111 = Capture mode, every 16th rising edge
 1000 = Compare mode, set output on match (CCPxIF bit is set)
 1001 = Compare mode, clear output on match (CCPxIF bit is set)
 1010 = Compare mode, generate software interrupt on match (CCPxIF bit is set, CCPx pin is unaffected)
 1011 = Compare mode, trigger special event (CCPxIF bit is set, CCPx pin is unaffected); CCP1 resets TMR1; CCP2 resets TMR1 and starts an A/D conversion (if A/D module is enabled)
 11xx = PWM mode

รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการทำงานในแต่ละ bit เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ของ CCP1CON

4.2 หลักการจตุระเปิด

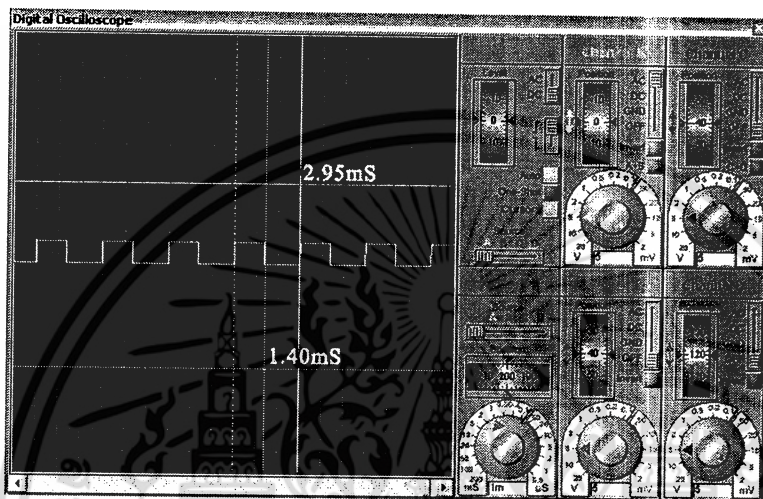


รูปที่ 4.10 วงจรส่วนจตุระเปิด

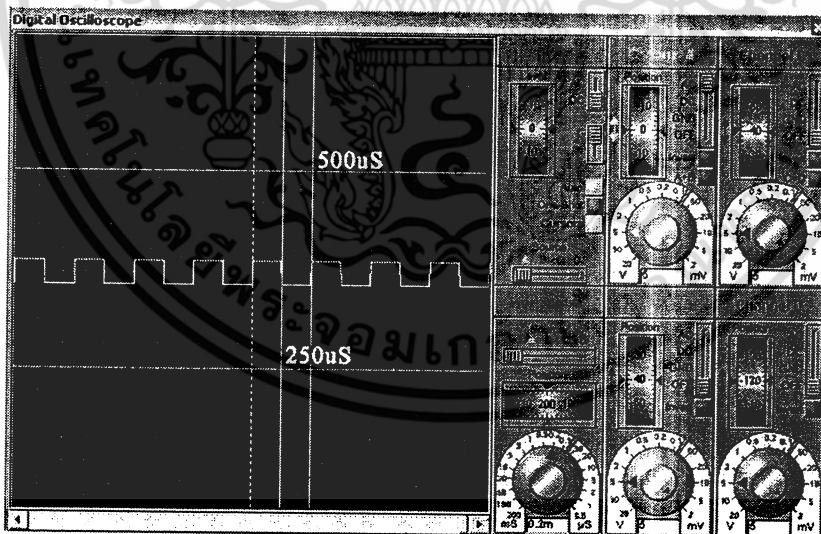
จากรูปที่ 4.10 เลือกใช้ Gate Drive Optocoupler เบอร์ HPCL 3120 เป็นตัวขยายแรงดันสัญญาณที่ได้จากส่วนประมวลผลสร้างสัญญาณพัลส์ย่อย และใช้ MOSFET เบอร์ IRF540N เป็นตัวสวิตช์ปิด/เปิดเพื่อขับให้คอยล์จตุระเปิดสะสมและคายพลังงานเป็นจังหวะตามสัญญาณจากส่วนประมวลผล เพื่อให้เกิดประกายไฟขึ้นที่หัวเทียน

บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1 ผลการจำลองสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ต่างๆ

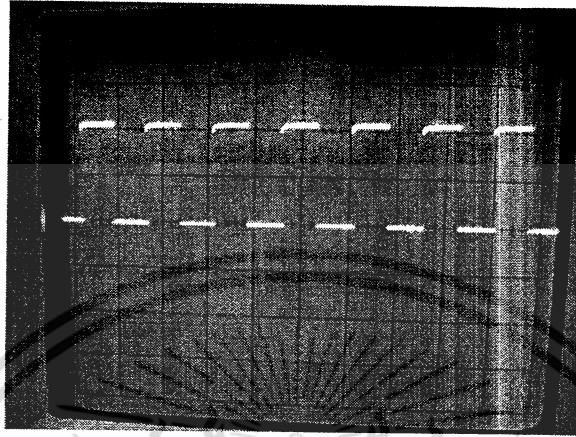


รูปที่ 5.1 สัญญาณพัลส์ ที่ 1000RPM ที่ความถี่ 333.33 Hz



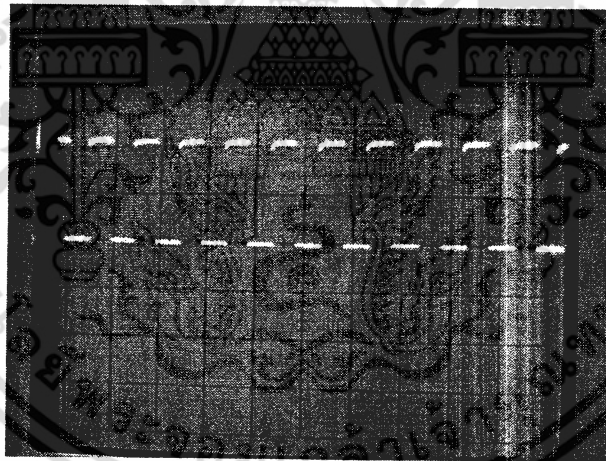
รูปที่ 5.2 สัญญาณพัลส์ ที่ 6000RPM ที่ความถี่ 2000 Hz

5.2 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Gate เทียบ Ground



V/DIV = 5V Time/DIV = 2 mS/DIV

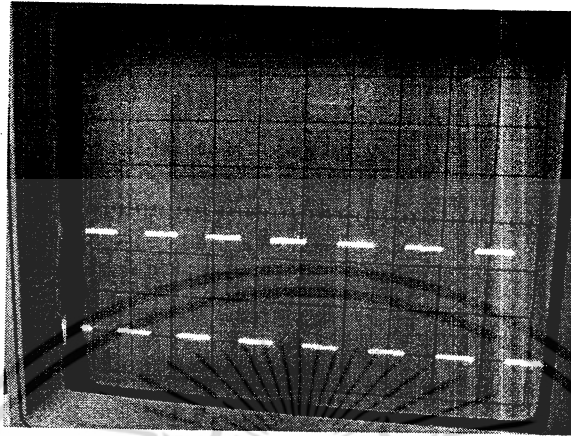
รูปที่ 5.3 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา gate เทียบ ground ที่ความถี่ 333.33 Hz



V/DIV = 5V Time/DIV = 0.5 mS/DIV

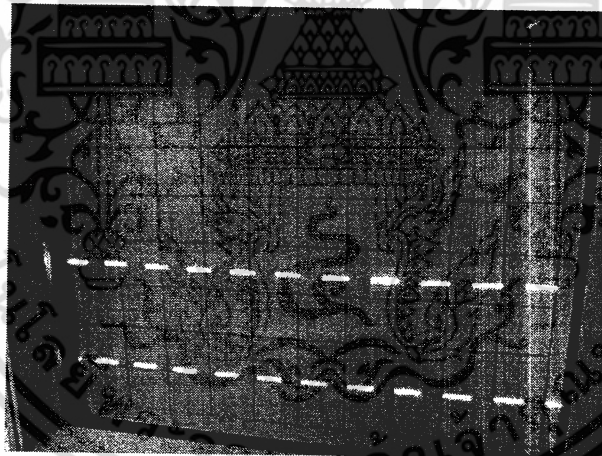
รูปที่ 5.4 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา gate เทียบ ground ที่ความถี่ 2000 Hz

5.3 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Drain เทียบ Ground



V/DIV = 5V Time/DIV = 2 mS/DIV

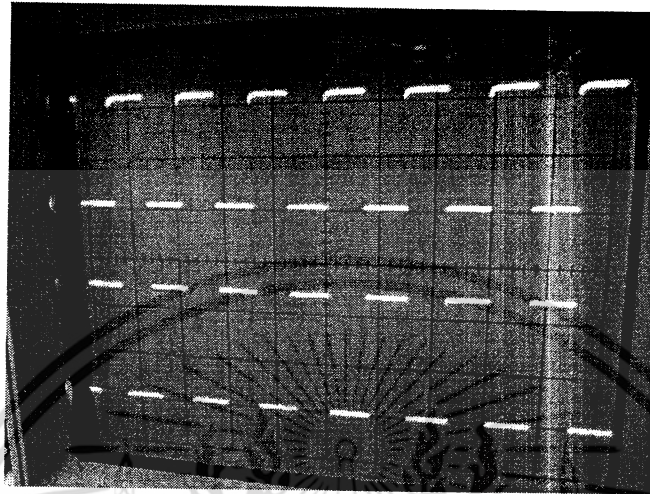
รูปที่ 5.5 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา Drain เทียบ Ground ที่ความถี่ 333.33 Hz



V/DIV = 5V Time/DIV = 0.5 mS/DIV

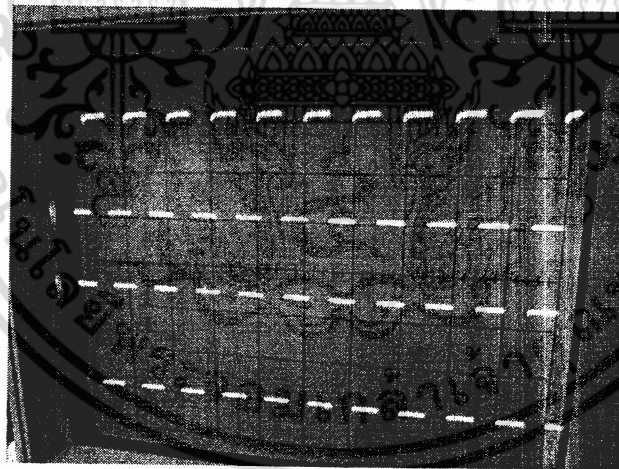
รูปที่ 5.6 ผลการวัดสัญญาณพัลส์ที่ขา gate เทียบ ground ที่ความถี่ 2000 Hz

5.4 ผลการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา Gate เทียบ Ground และ ขา Drain เทียบ Ground



V/DIV = 5V Time/DIV = 2 mS/DIV

รูปที่ 5.7 ผลการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา Gate เทียบ Ground และ ขา Drain เทียบ Ground ที่ความถี่ 333.33 Hz

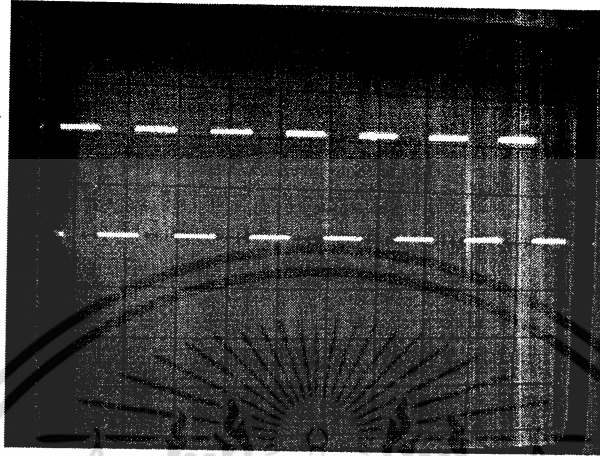


V/DIV = 5V Time/DIV = 0.5 mS/DIV

รูปที่ 5.8 ผลการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา Gate เทียบ Ground

และ ขา Drain เทียบ Ground ที่ความถี่ 2000 Hz

5.5 ผลการวัดสัญญาณพัลส์จุกะเปิดที่ตกร้อม Coil



V/DIV = 5V Time/DIV = 2 mS/DIV

รูปที่ 5.9 ผลการวัดสัญญาณพัลส์จุกะเปิดที่ตกร้อม Coil ที่ความถี่ 333.33 Hz



V/DIV = 5V Time/DIV = 0.5 mS/DIV

รูปที่ 5.10 ผลการวัดสัญญาณพัลส์จุกะเปิดที่ตกร้อม Coil ที่ความถี่ 2000 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง

6.1 ส่วนการประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณจตุระเบ็ด

จากการออกแบบและการทดลองสามารถที่จะสร้างสัญญาณ PWM เพื่อควบคุมการทำงานในการจตุระเบ็ด โดยสร้างสัญญาณจากโมดูล CCP1 ของ PIC16F877a ซึ่งได้ระบบแรงดันของสัญญาณพัลส์ขนาด 5V ตามระดับแรงดันที่ PIC จะสามารถจ่ายได้ และได้ค่าของคาบเวลาที่จะใช้เป็นสัญญาณจตุระเบ็ดได้ตามที่ได้กำหนด คือตั้งแต่ 0-6000 รอบ/นาที

6.2 ส่วนประมวลผล

จากการทดลองในการวัดสัญญาณ โดยใช้โปรแกรม Proteus ในการตรวจสอบจำลองสัญญาณ พบว่าสามารถสร้างสัญญาณ PWM ขนาด 5V ได้จริงแต่คาบเวลาในรูปแบบการจตุระเบ็ดที่กำหนด โดยใช้ PIC16F877a เป็นตัวควบคุมการสร้างสัญญาณ

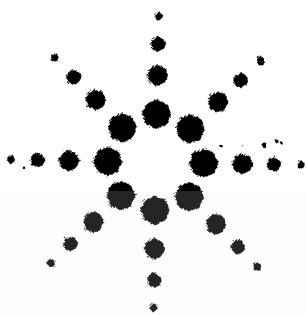
6.3 ส่วนวงจรจตุระเบ็ด

จากผลการทดลองพบว่า สัญญาณพัลส์ที่ขา Gate เทียบ Ground จะแปรผกผันกับสัญญาณพัลส์ที่ขา Drain เทียบ Ground

ภาคผนวก



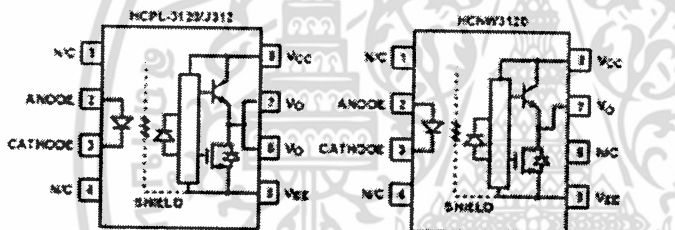
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Agilent 2.5 Amp Output Current IGBT Gate Drive Optocoupler Data Sheet

HCPL-3120
HCPL-J312
HCNW3120

Functional Diagram



TRUTH TABLE

LED	$V_{CC} - V_{EE}$ "POSITIVE GOING" (I.e., TURN-ON)	$V_{CC} - V_{EE}$ "NEGATIVE GOING" (I.e., TURN-OFF)	V_O
OFF	0 - 30 V	0 - 30 V	LOW
CN	0 - 11 V	0 - 9.5 V	LOW
CN	11 - 13.5 V	9.5 - 12 V	TRANSITION
CN	13.5 - 30 V	12 - 30 V	HIGH

A 0.1 μF bypass capacitor must be connected between pins 5 and 8.

Features

- 2.5 A maximum peak output current
- 2.0 A minimum peak output current
- 15 kV/ μs minimum Common Mode Rejection (CMR) at $V_{CM} = 1500$ V
- 0.5 V maximum low level output voltage (VOL) [Eliminates need for negative gate drive]
- $I_{CC} = 5$ mA maximum supply current
- Under Voltage Lock-Out protection (UVLO) with hysteresis
- Wide operating V_{CC} range: 15 to 30 Volts
- 500 ns maximum switching speeds
- Industrial temperature range: -40°C to 100°C
- Safety Approval
UL Recognized
3750 Vrms for 1 min. for HCPL-3120/J312
5000 Vrms for 1 min. for HCNW3120
- CSA Approval
IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Approved
 $V_{ORM} = 630$ V_{peak} for HCPL-3120 (Option 060)
 $V_{ORM} = 891$ V_{peak} for HCPL-J312
 $V_{ORM} = 1414$ V_{peak} for HCNW3120

Applications

- IGBT/MOSFET gate drive
- AC/Brushless DC motor drives
- Industrial inverters
- Switch mode power supplies

CAUTION: It is advised that normal static precautions be taken in handling and assembly of this component to prevent damage and/or degradation which may be induced by ESD.



All Agilent data sheets report the creepage and clearance inherent to the optocoupler component itself. These dimensions are needed as a starting point for the equipment designer when determining the circuit insulation requirements. However, once mounted on a printed

circuit board, minimum creepage and clearance requirements must be met as specified for individual equipment standards. For creepage, the shortest distance path along the surface of a printed circuit board between the solder fillets of the input and output leads must be considered. There are

recommended techniques such as grooves and ribs which may be used on a printed circuit board to achieve desired creepage and clearances. Creepage and clearance distances will also change depending on factors such as pollution degree and insulation level.

IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Insulation Related Characteristics

Description	Symbol	HCPL-3120 Option 060	HCPL-J312	HCMW3120	Unit
Installation classification per DIN VDE 0110/1.89, Table 1					
for rated mains voltage ≤ 150 V rms		I-IV	I-IV	I-IV	
for rated mains voltage ≤ 300 V rms		I-IV	I-IV	I-IV	
for rated mains voltage ≤ 450 V rms		I-III	I-III	I-IV	
for rated mains voltage ≤ 600 V rms			I-III	I-IV	
for rated mains voltage ≤ 1000 V rms				I-III	
Climatic Classification		55/100/21	55/100/21	55/100/21	
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2	2	2	
Maximum Working Insulation Voltage	V_{WDM}	630	891	1414	V_{peak}
Input to Output Test Voltage, Method b* $V_{WDM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100% Production Test, $t_m = 1$ sec, Partial Discharge $< 5pC$	V_{PR}	1181	1670	2652	V_{peak}
Input to Output Test Voltage, Method a* $V_{WDM} \times 1.5 = V_{PS}$, Type and Sample Test, $t_m = 60$ sec, Partial Discharge $< 5pC$	V_{PR}	945	1336	2121	V_{peak}
Highest Allowable Overvoltage* (Transient Overvoltage, $t_m = 10$ sec)	V_{WDM}	6000	6000	8000	V_{peak}
Safety Limiting Values - maximum values allowed in the event of a failure, also see Figure 37.					
Case Temperature	T_S	175	175	150	$^{\circ}C$
Input Current	I_S INPUT	230	400	400	mA
Output Power	P_S OUTPUT	600	600	700	mW
Insulation Resistance at T_S , $V_{IO} = 500$ V	R_S	$\geq 10^9$	$\geq 10^9$	$\geq 10^9$	Ω

*Refer to the IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 section (page 1-5/8) of the Isolation Control Component Designer's Catalog for a detailed description of Method a/b partial discharge test profiles.

Note: These optocouplers are suitable for "safe electrical isolation" only within the safety limit data. Maintenance of the safety data shall be ensured by means of protective circuits. Surface mount classification is Class A in accordance with CECC 0602.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Note
Storage Temperature	T_S	-55	125	$^{\circ}\text{C}$	
Operating Temperature	T_A	-40	100	$^{\circ}\text{C}$	
Average Input Current	I_{AVO}		25	mA	1
Peak Transient Input Current (<1 μs pulse width, 300 pps)	$I_{(TRAV)}$		10	A	
Reverse Input Voltage	HCPL-3120	V_R	5	Volts	
	HCPL-J312		3		
	HCNW3120				
"High" Peak Output Current	I_{OHPEAK}		2.5	A	2
"Low" Peak Output Current	I_{OLPEAK}		2.5	A	2
Supply Voltage	$(V_{CC} - V_{EE})$	0	35	Volts	
Input Current (Rise/Fall Time)	$I_{(RHS)}/I_{(RHS)}$		500	ns	
Output Voltage	V_{OHPEAK}	0	V_{CC}	Volts	
Output Power Dissipation	P_O		250	mW	3
Total Power Dissipation	P_T		295	mW	4
Lead Solder Temperature	HCPL-3120	260 $^{\circ}\text{C}$ for 10 sec., 1.6 mm below seating plane			
	HCPL-J312				
	HCNW3120				
Solder Reflow Temperature Profile		See Package Outline Drawings section			

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	
Power Supply Voltage	$(V_{CC} - V_{EE})$	15	30	Volts	
Input Current (ON)	HCPL-3120	$I_{(ON)}$	7	mA	
	HCPL-J312				16
	HCNW3120				
Input Voltage (OFF)	$V_{I(OFF)}$	-3.0	0.8	V	
Operating Temperature T_A	-40	100	$^{\circ}\text{C}$		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications (DC)

Over recommended operating conditions ($T_A = -40$ to 100°C , $I_{F(\max)} = 7$ to 16 mA, $V_{IF(\max)} = -3.0$ to 0.8 V, $V_{CC} = 15$ to 30 V, $V_{EE} = \text{Ground}$) unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Device	Min.	Typ.*	Max.	Units	Test Conditions	Fig.	Note
High Level Output Current	I_{OH}	..	0.5	1.5		A	$V_O = (V_{CC} - 4$ V)	2, 3,	5
			2.0			A	$V_O = (V_{CC} - 15$ V)	17	2
Low Level Output Current	I_{OL}		0.5	2.0		A	$V_O = (V_{EE} + 2.5$ V)	5, 6,	5
			2.0			A	$V_O = (V_{EE} + 15$ V)	18	2
High Level Output Voltage	V_{OH}		$(V_{CC} - 4)$	$(V_{CC} - 3)$		V	$I_O = -100$ mA	1, 3, 19	6, 7
Low Level Output Voltage	V_{OL}			0.1	0.5	V	$I_O = 100$ mA	4, 6, 20	
High Level Supply Current	I_{CCH}			2.5	5.0	mA	Output Open, $I_F = 7$ to 16 mA	7, 8	
Low Level Supply Current	I_{CCL}			2.5	5.0	mA	Output Open, $V_I = -3.0$ to $+0.8$ V		
Threshold Input Current Low to High	$I_{F(LH)}$	HCPL-3120		2.3	5.0	mA	$I_O = 0$ mA, $V_O = 5$ V	9, 15, 21	
		HCPL-J312		1.0					
		HCNW3120		2.3	8.0				
Threshold Input Voltage High to Low	V_{TH}		0.8			V			
Input Forward Voltage	V_F	HCPL-3120	1.2	1.5	1.8	V	$I_F = 10$ mA	16	
		HCPL-J312		1.6	1.95				
		HCNW3120							
Temperature Coefficient of Forward Voltage	$\Delta V_F / \Delta T_A$	HCPL-3120		-1.6		mV/ $^\circ\text{C}$	$I_F = 10$ mA		
		HCPL-J312		-1.3					
		HCNW3120							
Input Reverse Breakdown Voltage	BV_R	HCPL-3120	5			V	$I_R = 10$ μA $I_R = 100$ μA		
		HCPL-J312	3						
		HCNW3120							
Input Capacitance	C_{IN}	HCPL-3120		60		pf	$f = 1$ MHz, $V_I = 0$ V		
		HCPL-J312		70					
		HCNW3120							
UVLO Threshold	V_{UVLO+}		11.0	12.3	13.5	V	$V_O > 5$ V, $I_F = 10$ mA	22,	
	V_{UVLO-}		9.5	10.7	12.0			34	
UVLO Hysteresis	$UVLO_{HYS}$			1.6					

*All typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_{CC} = V_{EE} = 30$ V, unless otherwise noted.

IRF540N

International
IOR 36111

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{DS(BR)}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0\text{V}, I_D = 250\mu\text{A}$
$\Delta V_{DS(BR)}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.12	—	$^\circ\text{C}^{-1}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	44	m Ω	$V_{GS} = 10\text{V}, I_D = 16\text{A}$
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu\text{A}$
g_m	Forward Transconductance	21	—	—	S	$V_{GS} = 50\text{V}, I_D = 16\text{A}$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{GS} = 100\text{V}, V_{DS} = 0\text{V}$
		—	—	250	μA	$V_{GS} = 80\text{V}, V_{DS} = 0\text{V}, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{DSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS} = 20\text{V}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS} = -20\text{V}$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	71	nC	$I_D = 16\text{A}$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	14	nC	$V_{GS} = 80\text{V}$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	21	nC	$V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 6 and 13
$t_{turn\ on}$	Turn-On Delay Time	—	11	—	ns	$V_{GS} = 50\text{V}$
t_r	Rise Time	—	35	—	ns	$I_D = 16\text{A}$
$t_{turn\ off}$	Turn-Off Delay Time	—	39	—	ns	$R_{\theta} = 5.10$
t_f	Fall Time	—	35	—	ns	$V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 10
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 5mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	1960	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	250	—	pF	$V_{GS} = 20\text{V}$
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	—	40	—	pF	$f = 1\text{MHz}$, See Fig. 5
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy	—	700	185	mJ	$I_{AS} = 16\text{A}, L = 1.5\text{mH}$

Source-Drain Ratings and Characteristics

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	33	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode)	—	—	110	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.2	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 16\text{A}, V_{GS} = 0\text{V}$
t_r	Reverse Recovery Time	—	115	170	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 16\text{A}$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	505	760	nC	$di/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_D + L_S$)				

Notes:

- Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See Fig. 11)
- Starting $T_J = 25^\circ\text{C}, L = 1.5\text{mH}, R_{\theta} = 250, I_{AS} = 16\text{A}$. (See Figure 12)
- $I_D \leq 16\text{A}, di/dt \leq 340\text{A}/\mu\text{s}, V_{GS} \leq V_{GS(max)}, T_J \leq 175^\circ\text{C}$
- Pulse width $\leq 400\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.
- This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.
- This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ\text{C}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ประมต กุลประสูตร, “ทฤษฎีเครื่องยนต์เบนซิน”, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 488 หน้า, 2551
2. ประสานพงษ์ หาเรือนชัย, “งานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน”, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 498 หน้า, 2548
3. ฌัญพล วงศ์สุนทรชัย, “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F877”, สำนักพิมพ์อินโนเวตีฟ เอ็ดเจอร์เมนท์, 421 หน้า, 2521
4. อรพิน ประวัตติบริสุทธิ, “ภาษาซี” สำนักพิมพ์โปรวิชั่น, 384 หน้า, 2552
5. ประสานพงษ์ หาเรือนชัย, “ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน”, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 752 หน้า, 2539
6. PIC 16F877a Datasheet, Microchip Technology Inc., 218 หน้า, 2001

