

ระบบจุดระเบิดด้วยคอยล์คู่หัวเทียนคู่ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

DUAL COIL ON DUAL SPARK PLUG IGNITION SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบจุดระเบิดด้วยคอยล์คู่หัวเทียนคู่ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

DUAL COIL ON DUAL SPARK PLUG IGNITION SYSTEM

โดย

ณรงค์ศักดิ์ กุลแก้ว

ตнуสรณ์ เรืองศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2556

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง ระบบจุดระเบิดด้วยคอยล์คู่หัวเทียนคู่ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

DUAL COIL ON DUAL SPARK PLUG IGNITION SYSTEM

ผู้จัดทำ 1.นายณรงค์ศักดิ์ กุลแก้ว เลขประจำตัว 53010518

2.นายคนุสรณ์ เรืองศรี เลขประจำตัว 53010536

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



( รศ.จิววัฒน์ ปานกลาง )

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

ระบบจุดระเบิดด้วยคอยล์คู่หัวเทียนคู่ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

นักศึกษา

นาย ณรงค์ศักดิ์ กุลแก้ว 5301428

นาย ดนุสรณ์ เรืองศรี 53010536

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ จิรวัดน์ ปานกลาง

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาการควบคุมการจุดระเบิดในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แบบดั้งเดิมมีจุดบกพร่องที่สำคัญคือ ไม่สามารถควบคุมจังหวะการจุดได้อย่างแม่นยำ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาการควบคุมการจุดระเบิดของคอยล์คู่และหัวเทียนคู่ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งจะใช้คอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ในการควบคุม โดยจะป้อนโปรแกรมควบคุมให้กับคอนโทรลเลอร์และใช้โปรแกรมภาษาซี เพื่อควบคุมจังหวะการจุดระเบิด โดยสัญญาณขาออกที่ได้จะนำไปควบคุมคอยล์จุดระเบิดทั้งสองคอยล์ซึ่งอยู่ในรูปแบบของสัญญาณพัลส์ หลายพัลส์ โดยจะสามารถโปรแกรมระยะ delay ของพัลส์ของทั้ง 2 คอยล์ได้ ขนาดพัลส์จะขึ้นอยู่กับสัญญาณขาเข้าที่ป้อนผ่านเมทริกซ์คีย์บอร์ด และจะมี LCD ชนิดกราฟฟิกแสดงผลตามข้อมูลที่ถูกป้อนผ่านเมทริกซ์คีย์บอร์ด ที่ถูกโปรแกรมประมวลผลร่วมกับคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ไฟเลี้ยง 5 V ผลที่คาดว่าจะได้จากการวิจัยคือ ทำให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์สมบูรณ์มากขึ้น ลดมลภาวะทางอากาศ เกิดพลังงานสูงสุด สามารถลดการใช้เชื้อเพลิง และไม่จำเป็นต้องใช้ระบบ EGR ในการลดไอเสียได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Dual coil on dual spark plug ignition system
Student	Mr.Narongsak Kulkaew Student ID.53010428 Mr.Danusorn Ruangsri Student ID.5301536
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Assoc.prof. Jirawat Parnklang

### Abstract

The ignition controls in the engine a conventional method. Traditional debugging is important. Cannot control the ignition timing in the engine, cause incomplete combustion. In this research, development control dual ignition coil and spark plug of the engine with gasoline. PIC microcontroller is the main, which is used to control the controller by enter and use the C language to control the ignition timing. The output will be used to control the ignition coil, which is in the form of pulses; several pulses are programmable phase delay of the pulses of the second coil size pulse will. Depending on the input signal are fed through a matrix keyboard and a graphic LCD type display data that is fed through the matrix key board. The application process with the controller 5 V power supply using the results of this research is expected. Make more complete combustion in the engine. Reduce air pollution Maximum energy Can reduce fuel and do not need the EGR system to reduce emissions as well.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการระบบจุดระเบิดหลายครั้งบนคอยล์จุดระเบิดเดี่ยวเครื่องยนต์แก๊สโซลีนซึ่งประกอบไปด้วย  
ชิ้นงานและเอกสารประกอบโครงการ โดยโครงการชิ้นนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดีมีได้ถ้าหากไร้ซึ่งบุคคล  
เหล่านี้ได้แก่ บิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำ ประกอบกับ อาจารย์ จิรวัดน์ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้  
คำแนะนำและข้อมูลประกอบการทำโครงการ และยังได้สนับสนุนค่าใช้จ่าย จัดหาอุปกรณ์ในระหว่างการ  
ดำเนินงานด้วย

นายณรงค์ศักดิ์ กุลแก้ว รหัส 53010428

นายอนุสรณ์ เรืองศรี รหัส 53010536

ผู้จัดทำ

( *Jirawat Palak* )

รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง  
อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	V
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 หลักการพื้นฐานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	2
2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ.....	2
2.1.1 ไตอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น.....	6
2.2 ระบบจุดระเบิด.....	7
2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา.....	7
2.3.1 แบทเตอรี.....	8
2.3.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด.....	8
2.3.3 จานจ่าย.....	9
2.3.3.1 ทองขาว.....	9
2.3.3.2 คอนเดนเซอร์.....	10
2.3.4 คอยล์จุดระเบิด.....	10
- โครงสร้างของ Direct Coil.....	13
2.3.5 สายไฟแรงสูง.....	14
2.3.6 หัวเทียน.....	15
2.3.7 โรเตอร์.....	17
2.3.8 มุมดเวลล์.....	17
2.3.9 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา.....	18
2.4 ระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์.....	19
2.4.1 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์.....	19
2.4.2 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์.....	20
2.4.3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าปีกอับ.....	21
2.4.4 ดเวลล์และไทมิ่งในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์.....	22
2.4.5 จานจ่ายฮอลล์เอฟเฟค.....	23
2.4.6 ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ของโครสเลอร์.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ IV การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ ( ต่อ )

2.4.7 ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ของฟอร์ด.....	24
2.4.8 ระบบจุดระเบิดพลังงานสูงของ GM.....	24
2.4.9 การปรับไทมิ่งจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์.....	25
2.4.10 การควบคุมการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (ESC) ของไครส์เลอร์.....	26
2.4.11 ระบบควบคุมเครื่องยนต์อิเล็กทรอนิกส์ของฟอร์ด.....	27
2.4.12 ไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (EST) ของ GM.....	28
2.5 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหัวเทียนแบบ standard และแบบ iridium.....	29
บทที่ 3 หลักการพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์.....	33
3.1 บทนำ.....	33
3.2 แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC.....	33
3.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	33
3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา.....	34
3.5 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	35
3.5.1 คุณสมบัติของ PIC16F877.....	35
3.5.2 การจัดการกับหน่วยความจำส่วนโปรแกรม.....	37
3.5.3 หน้าที่ของพอร์ตที่ใช้งาน.....	38
3.5.3.1 PORT A.....	38
3.5.3.2 PORT C.....	39
3.5.4 การอินเตอร์รัプト.....	39
3.5.5 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....	40
บทที่ 4 หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน.....	41
4.1 หลักการเบื้องต้น.....	41
4.2 การออกแบบโปรแกรมกำเนิดสัญญาณพัลส์.....	42
4.3 การประมวลผล.....	42
4.4 แนวความคิด.....	43
4.5 FLOW CHART.....	44
4.6 การออกแบบ Schematic.....	45
4.7 การออกแบบลาย PCB.....	47
4.8 การออกแบบโปรแกรม.....	48
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	49
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ IV การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ ( ต่อ )

6.1 ส่วนการจำลองสัญญาณจุดระเบิด.....	55
6.2 ส่วนการประมวลผล.....	55
6.3 ส่วนการจุดระเบิด.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก	



## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 จังหวะดูด.....	2
2.2 จังหวะอัด.....	3
2.3 จังหวะกำลัง.....	3
2.4 จังหวะคาย.....	4
2.5 แผนภูมิความดันภายในกระบอกสูบในช่วงการอัดตัวและการสันดาป.....	5
2.6 แผนภูมิความดันและปริมาตรภายในกระบอกสูบทั้ง 4 จังหวะ.....	5
2.7 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ.....	7
2.8 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่ใช้คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก.....	8
2.9 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของทองขาว.....	9
2.10 แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์.....	10
2.11 โครงสร้างคอยล์จุดระเบิด.....	11
2.12 โครงสร้างของไดเรกคอยล์.....	13
2.13 เปรียบเทียบสายไฟแรงสูงที่ใช้ในปัจจุบันกับอดีต.....	14
2.14 แสดงส่วนประกอบของหัวเทียน.....	15
2.15 แสดงโครงสร้างของโรเตอร์.....	17
2.16 มุมเดเวลมีค่ามากและน้อยเกินไป.....	18
2.17 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหัวเทียนแบบสแตนด์ดาร์ดและแบบอิริเดียม.....	29
2.18 การสร้างประกายไฟของหัวเทียน.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ ( ต่อ )

3.1 แสดง IC 16F877.....	34
3.2 แสดงโครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877.....	35
3.3 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877.....	36
3.4 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำ.....	37
3.5 แสดงบิทของพอร์ต A.....	38
3.6 แสดงบิทของพอร์ต C.....	39
3.7 แสดงบิทการเลือกอินเตอร์รัปต์.....	40
4.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถูกกระตุ้นด้วยเทียน.....	41
4.2 แสดงช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของพัลส์ถูกกระตุ้น.....	42
4.3 Flow Chart.....	44
4.4 Schematic ของวงจรถูกกระตุ้นด้วยเทียน.....	45
4.5 Schematic ของวงจรถูกกระตุ้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	46
4.6 วงจร PCB 555 stable.....	47
4.7 วงจร PCB Microcontroller.....	47
4.8 การออกแบบโปรแกรม.....	48
5 ผลการทดลอง.....	49

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวคิดพื้นฐาน

ในปัจจุบันภาวะโลกร้อนและเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นปัญหาที่ทุกคนหันมาตระหนักกันมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ใช้รถยนต์ยานพาหนะเป็นส่วนหนึ่งที่กำลังสร้างปัญหามลพิษรวมทั้งได้รับผลกระทบจากราคาเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ดังนั้นหากเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนซึ่งนิยมใช้กันในรถยนต์ปัจจุบัน ก็จะเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง

การที่ระบบเครื่องยนต์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญก็คือระบบการจุดระเบิดและการสันดาป ซึ่งหากเราสามารถปรับปรุงระบบการจุดระเบิด โดยเพิ่มจำนวนครั้งของการจุดระเบิดของหัวเทียนต่อหนึ่งรอบการทำงานของเครื่องยนต์แล้ว จะเป็นการช่วยให้เครื่องยนต์มีการสันดาปที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ได้กำลังเครื่องอย่างเต็มประสิทธิภาพ ห้องเผาไหม้สะอาด ลดปัญหาการน็อคของเครื่องอันเนื่องมาจากคราบเขม่าที่จับในห้องเผาไหม้ได้ และอาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ระบบ EGR อีกด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อทดลอง ปรับปรุง ระเบิดด้วยหัวเทียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการจุดระเบิด

### 1.3 องค์ประกอบของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ

1. ส่วนการจำลองสัญญาณ คือส่วนที่ทำการจำลองสัญญาณการจุดระเบิดจากลูกสูบเครื่องยนต์ โดยสัญญาณจะเป็นพัลส์ที่ความกว้างถูกกำหนดจากรอบของเครื่องยนต์
2. ส่วนการประมวลผล คือส่วนที่รับสัญญาณจากส่วนจำลองสัญญาณและกำหนดครั้งของการจุดระเบิด จากนั้นทำการประมวลผลและสร้างสัญญาณออกเป็นพัลส์ตามจำนวนครั้งที่ต้องการ
3. ส่วนการจุดระเบิด คือส่วนที่รับสัญญาณจากส่วนประมวลผลเพื่อไปขับเคลื่อนจุดระเบิดให้เกิดการจุดประกายที่หัวเทียน

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบการจุดระเบิดหัวเทียนเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ทำให้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีประสิทธิภาพสูง เพื่อเป็นการช่วยลดมลพิษและใช้เชื้อเพลิงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

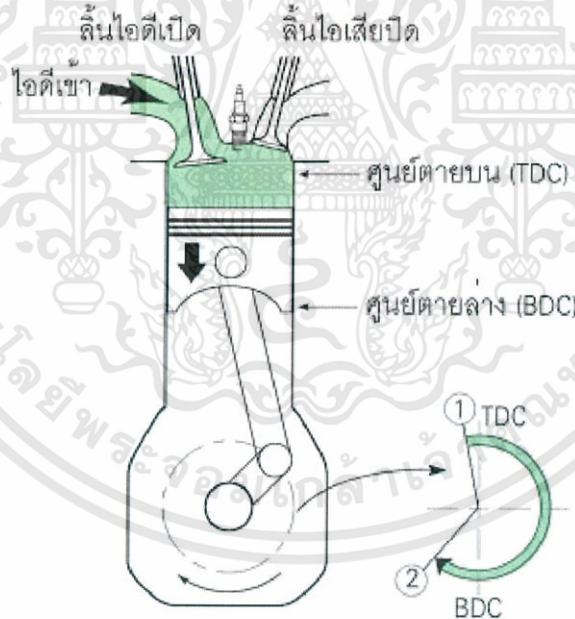
## บทที่ 2

### หลักการพื้นฐานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

#### 2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

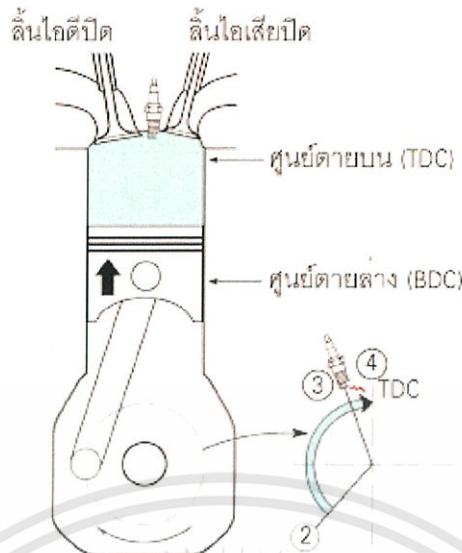
เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีหลักการทำงานคือใน 1 กลวัตร (Cycle) ของ แต่ละสูบ เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบ ต่อการจุดระเบิดให้กำลังงาน 1 ครั้ง นั่นหมายถึงลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น-ลงรวม 4 ครั้ง (ขึ้น 2 ครั้ง และลง 2 ครั้ง) คือเพลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบที่ 1 ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะดูด (Intake Stroke). ต่อมาลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะอัด (Compression Stroke) เพลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบที่ 2 ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะกำลัง หรือจังหวะระเบิด (Power Stroke or Expansion Stroke) สุดท้ายลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะคาย (Exhaust Stroke) ถ้าเครื่องยนต์มีหลายสูบ แต่ละสูบจะทำงานเวียนตามลำดับการจุดระเบิด

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 จังหวะดูด

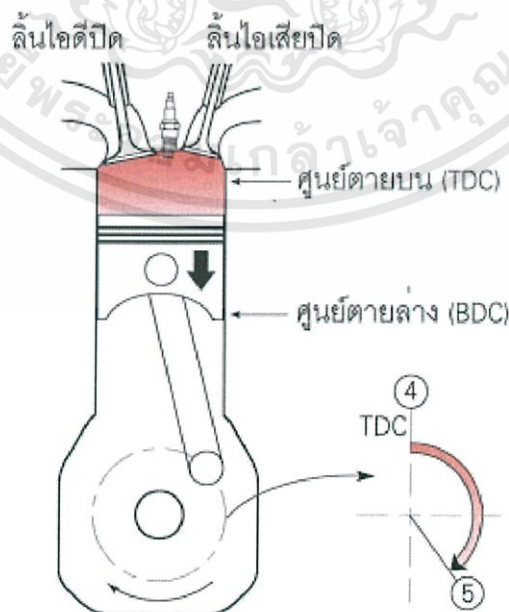
**จังหวะดูด (Intake Stroke)** ลิ้นไอดีจะเริ่มเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบน (ดังแสดงในรูปที่ 1 ในตำแหน่งที่ 1) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน (TDC หรือ Top Dead Center) ไอดี (ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง) จะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายล่าง (BDC หรือ Bottom Dead Center) ไอดีจะยังคงไหลเข้ากระบอกสูบด้วยแรงเฉื่อย จนกว่าลิ้นไอดีจะปิด (ดังแสดงในรูปที่ 1 ในตำแหน่งที่ 2)



รูปที่ 2.2 จังหวะอัด

**จังหวะอัด (Compression Stroke)** เมื่อลิ้นไอดีปิด (ดังแสดงในรูปที่ 2 ในตำแหน่งที่ 2) อันเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะอัดซึ่งลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ศูนย์ตายบน จังหวะนี้ไอดีประมาณ 10 ส่วนที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบมาในจังหวะดูดจะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลง เหลือประมาณ 1 ส่วน ดังนั้นไอดีซึ่งเป็นส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจึงมีความดันและอุณหภูมิ ที่สูงขึ้นพร้อมสำหรับการสันดาป

**หมายเหตุ** ช่วง ปลายของจังหวะอัดคือก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบน (ดังแสดงในรูปที่ 2 ในตำแหน่งที่ 3) หัวเทียนจะเกิดประกายไฟขึ้น โดยที่หัวเทียนจะเกิดประกายไฟก่อนที่หัวลูกสูบจะเคลื่อนถึงศูนย์ตายบนก็ หมายความว่าขึ้นอยู่ด้วยความเร็วรอบ, อุณหภูมิและภาวะของเครื่องยนต์ ซึ่งเรียกว่าไฟแก่หรือการจุดระเบิดล่วงหน้าหรือ Spark Advance)

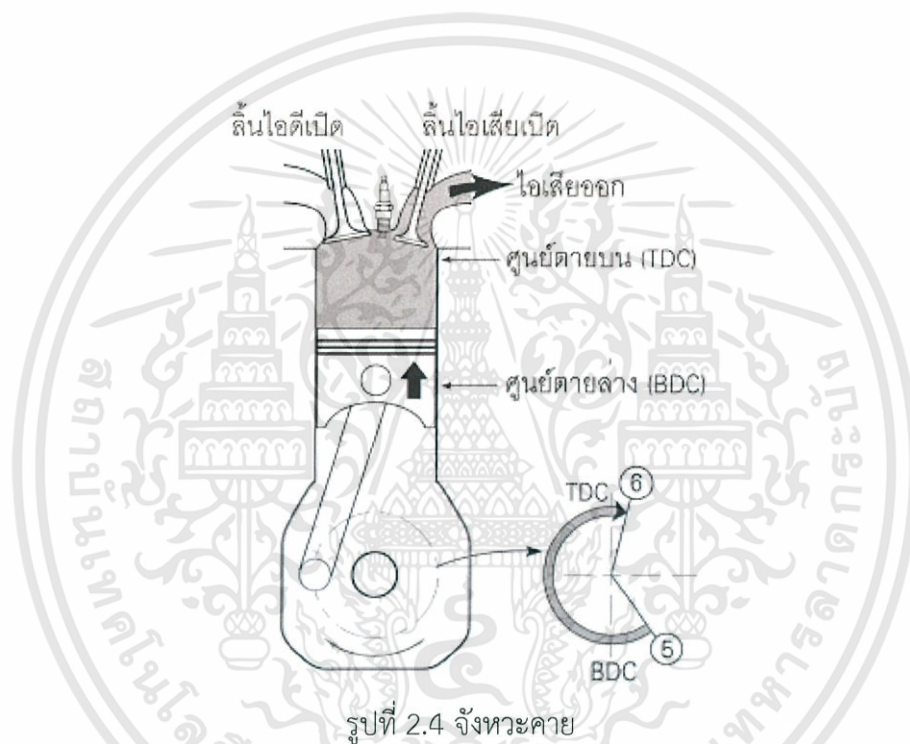


รูปที่ 2.3 จังหวะกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จังหวะกำลัง (Power Stroke)** (ซึ่งเริ่มนับจากหัวลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน) หรือบางครั้งเรียกว่า **จังหวะระเบิด (Expansion Stroke)** (ซึ่งเริ่มนับจากหัวเทียนเกิดประกายไฟ) กำลังจากการระเบิดหรือการสันดาป (Combustion) ภายในห้องเผาไหม้จะผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาเป็นกำลังงานขับเคลื่อนของ เครื่องยนต์ ในจังหวะนี้จะไปสิ้นสุดจนกว่าลิ้นไอเสียจะเปิด (ดังแสดงในรูปที่ 3 ในตำแหน่งที่ 5)

**หมายเหตุ** ในความเป็นจริงแล้วการจุดระเบิดถูกเริ่มต้นก่อนที่หัวลูกสูบจะถึงศูนย์ตายบน แล้วมาระเบิดรุนแรงที่สุดในช่วงที่หัวลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายบนมาแล้วเล็กน้อย (ดังแสดงในรูปที่ 5)

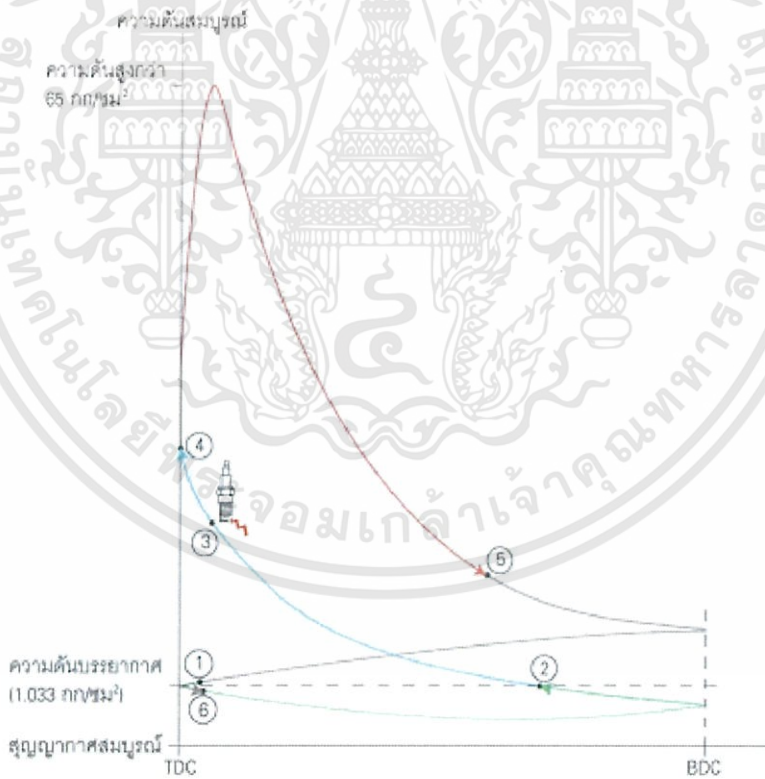
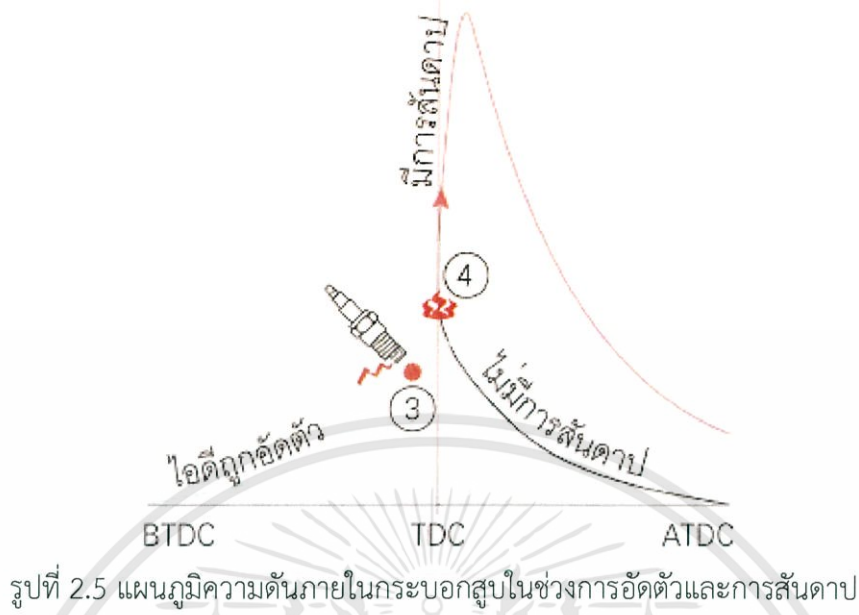


รูปที่ 2.4 จังหวะคาย

**จังหวะคาย (Exhaust Stroke)** จังหวะนี้เริ่มต้นจากลิ้นไอเสียจะเริ่มเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึง ศูนย์ตายล่าง (ดังแสดงในรูปที่ 4 ในตำแหน่งที่ 5) แก๊สไอเสียซึ่งยังมีความดันจากการขยายตัวอยู่จะระบายออกทางลิ้นไอเสีย เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายล่าง (BDC) จะผลักดันให้ไอเสียไหลออกไปจากกระบอกสูบ

**หมายเหตุ** ขณะที่หัวลูกสูบเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบนนั้น ลิ้นไอเสียยังไม่ปิดสนิทแต่จะเปิดเล็กน้อยแล้วไปปิดเมื่อเลยจากศูนย์ตายบนไป เล็กน้อย (ดังแสดงในรูปที่ 4 ในตำแหน่งที่ 6) ซึ่งในช่วงนี้ไอเสียจะสามารถไหลออกจากกระบอกสูบด้วยแรงเฉื่อย และขณะเดียวกันนี้จะเกิดแรงดูดไอดีให้เริ่มเข้ากระบอกสูบ ช่วงที่ลิ้นไอเสียเริ่มปิด และไอดีเริ่มเปิดนี้เรียกว่าซ้อนเหลื่อม (Overlap)

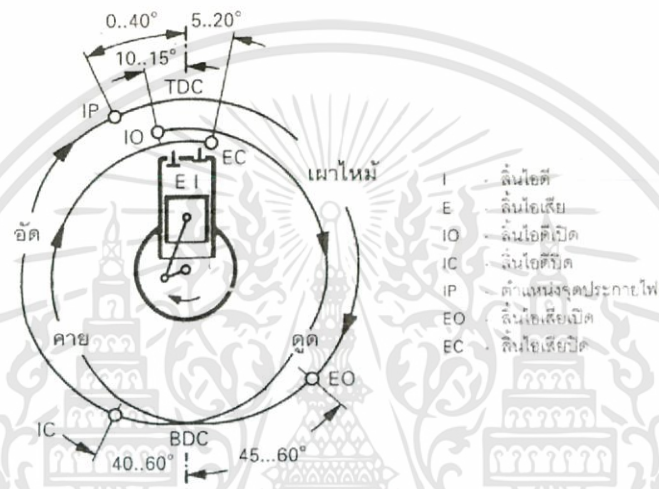
### ความดันในกระบอกสูบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 ไตอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น

ไตอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเครื่องยนต์ดีเซลก็ตาม จะเป็นเครื่องแสดงถึงตำแหน่งหรือองศาในการเปิด-ปิดของลิ้น ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบเครื่องยนต์ที่ไม่เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญก็คือ ต้องการให้การบรรจุไอดีเข้าสู่กระบอกสูบ การจัดเวลาในการจุดเชื้อระเบิด หรือการฉีดเชื้อเพลิง และการขับไล่ไอเสียให้ออกไปจากกระบอกสูบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูงสุดตามต้องการ ไตอะแกรมจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.7 ไตอะแกรมแสดงจังหวะการทำงานของลิ้นสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

จากการศึกษาไตอะแกรมพบว่า จังหวะการทำงานของลิ้นในทางปฏิบัติจะมีความแตกต่างไปจากทางทฤษฎีมาก เช่น ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ จะพบว่าทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะเปิดก่อนและปิดหลังตำแหน่งการเปิด-ปิดของลิ้นในทางทฤษฎี ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลหลายประการ เช่น ความล่าช้าในการเคลื่อนตัวของลิ้น และกลไกประกอบลิ้น รูปร่างของลูกเบี้ยว ความเร็วของเครื่องยนต์และความเฉื่อยของแก๊สไอดีเป็นต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดจังหวะการทำงานของลิ้นในทางปฏิบัติให้แตกต่างกันออกไป เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

## 2.2 ระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดเครื่องยนต์ เป็นระบบที่ทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียนเพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทำให้เกิดกำลังงาน ดังนั้น เพื่อที่จะบรรลุหน้าที่ดังกล่าวนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ระบบจุดระเบิดจะต้องทำหน้าที่ดังต่อไปนี้ คือ

1. เพิ่มแรงดันไฟจาก 6 หรือ 12 โวลต์ ให้เป็นไฟแรงสูงประมาณ 15,000 ถึง 40,000 โวลต์ หรือสูงกว่า

2. จัดเวลาในการจุดระเบิดด้วยการจัดส่งไฟแรงสูงไปให้กับหัวเทียนในเวลาอันถูกต้อง

ระบบจุดระเบิดที่นิยมใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยทั่วไปจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

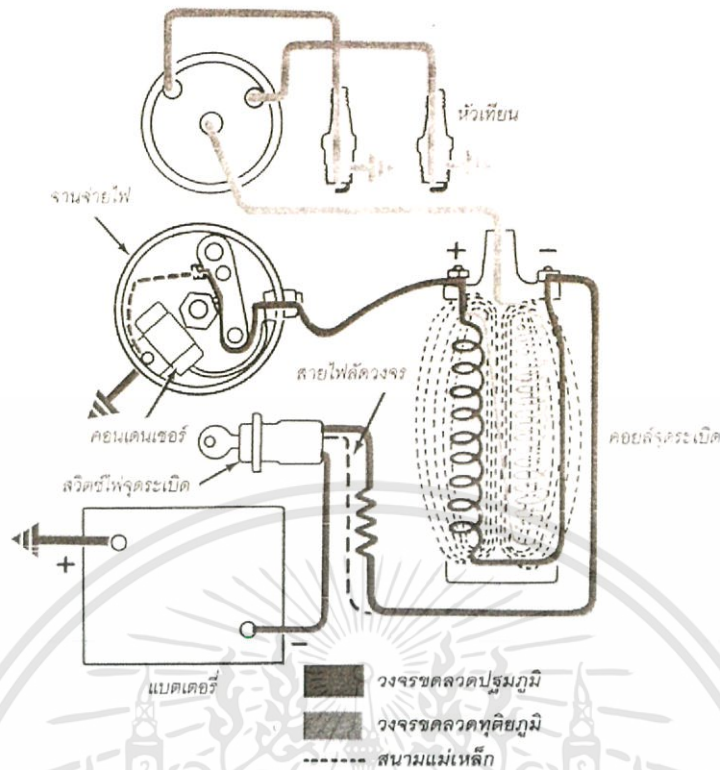
2. ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

## 2.3 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาดังรูปที่ 2.3 เป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟที่จะจัดส่งไฟแรงต่ำ 6 หรือ 12 โวลต์ ให้กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบ เพื่อทำให้เกิดไฟแรงสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ ส่งไปยังหัวเทียน เพื่อจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้เกิดการเผาไหม้ต่อไป

ส่วนประกอบชิ้นพื้นฐานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา ประกอบด้วย

1. แบตเตอรี่
2. สวิตช์ไฟจุดระเบิด
3. จานจ่าย
4. คอยล์จุดระเบิด
5. สายไฟแรงสูง
6. หัวเทียน



รูปที่ 2.8 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่ใช้คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก

### 2.3.1 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาเก็บไว้ในรูปของพลังงานเคมี เมื่อเราต่อสายออกใช้งานเมื่อใด พลังงานเคมีก็จะแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีก แบตเตอรี่เป็นหัวใจของระบบไฟฟ้า เนื่องจากจะต้องจ่ายกระแสไฟให้กับระบบจุดระเบิดและมอเตอร์สตาร์ท (สำหรับระบบสตาร์ทติดเครื่องด้วยกระแสไฟฟ้า) เมื่อต้องการสตาร์ทติดเครื่อง ดังนั้น แบตเตอรี่จึงเป็นตัวย่นในวงจรไฟฟ้า เพื่อให้มีแรงเคลื่อนไว้ใช้ในวงจรอยู่เสมอ

### 2.3.2 สวิตช์ไฟจุดระเบิด

สวิตช์ไฟจุดระเบิด หรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าสวิตช์สตาร์ท จะทำหน้าที่ตัดต่อระหว่างแบตเตอรี่กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิด ดังนั้น ถ้าปิดสวิตช์จุดระเบิด ก็จะไม่มีการแสไหลในวงจรปฐมภูมิเลย สวิตช์จุดระเบิดจึงต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน

สวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือสวิตช์สตาร์ทในปัจจุบัน นอกจากจะทำหน้าที่ในการตัด-ต่อระหว่างแบตเตอรี่กับวงจรขดลวดปฐมภูมิของระบบจุดระเบิดและสตาร์ทติดเครื่องแล้ว สวิตช์ตัวนี้ยังทำหน้าที่ในการล็อกหรือปลดล็อกพวงมาลัยของรถ เชื่อมต่อวงจรสัญญาณเตือนที่เป็นเสียงหรือสัญญาณไฟ ขณะที่จะสตาร์ทติดเครื่องเมื่อยังไม่ปิดประตูรถหรือเมื่อไม่คาดเข็มขัดนิรภัย ในรถยนต์หลายยี่ห้อ

เชื้อเพลิงแบบไฟฟ้าจะต่อเข้ากับแบตเตอรี่โดยผ่านทางสวิตช์สตาร์ท อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ อาทิ วิทยุเทป วีซีดี ฯลฯ ล้วนรับกำลังงานจากแบตเตอรี่ผ่านทางสวิตช์ไฟจุดระเบิดหรือสวิตช์สตาร์ทแทบทั้งสิ้น

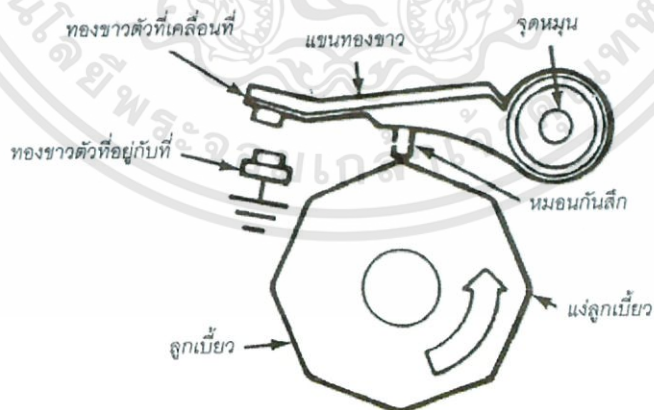
### 2.3.3 จานจ่าย

จานจ่าย จะติดตั้งอยู่ที่เครื่องยนต์ ทำหน้าที่ให้หน้าทองขาวเป็นสวิตช์ปิด-เปิดของวงจรปฐมภูมิ เมื่อหน้าทองขาวปิดกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านคอยล์จุดระเบิดและเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในคอยล์ เมื่อหน้าทองขาวเปิดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปยังคอยล์จะถูกตัดวงจร และสนามแม่เหล็กที่แกนเหล็กอ่อนก็จะยุบตัว ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำเกิดแรงเคลื่อนไฟแรงสูง จานจ่ายจะจ่ายแรงเคลื่อนไฟแรงสูงจากคอยล์ไปยังกระบอกสูบตามจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ในเวลาที่เหมาะสมเพื่อจุดระเบิดส่วนผสมของไอติภายในกระบอกสูบ

จานจ่ายจะประกอบด้วยฝาครอบจานจ่าย, โรเตอร์, ชุดหน้าทองขาว, คอนเดนเซอร์, ชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบสูญญากาศ และชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

#### 2.3.3.1 ทองขาว

ทองขาว ดังรูปที่ 2.4 จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟแรงต่ำ เพื่อให้เกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ ในทองขาว 1 ชุดจะประกอบด้วยทองขาว 2 ตัว คือ ตัวที่อยู่กับที่ (stationary point) กับตัวเคลื่อนที่ (moving point) โดยทั่วไปตัวเคลื่อนที่จะติดตั้งอยู่บนจุดหมุนซึ่งอยู่บนตัวที่อยู่กับที่ และที่แขนของทองขาวตัวนี้จะมีหมอนกันสีก ซึ่งทำจากไนลอนหรือเบเคไลต์ ติดอยู่เพื่อให้ลูกเบี้ยวมาดันให้หน้าทองขาวเปิดได้ตามต้องการ หน้าทองขาวทั้งสองตัวนี้จะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน สำหรับวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการทำหน้าทองขาวส่วนใหญ่ได้แก่ ทั้งสแตน เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อนได้สูง



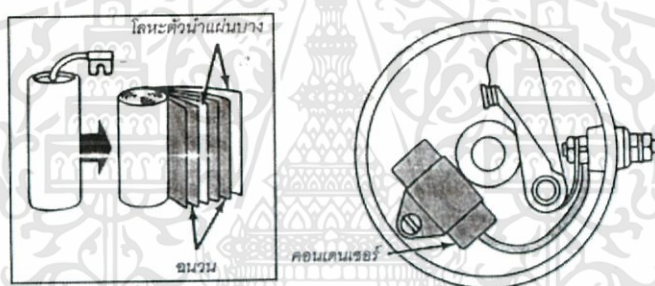
รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของทองขาว

ช่องว่างระหว่างหน้าทองขาวนี้จะต้องได้รับการปรับตั้งอย่างถูกต้องตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ เนื่องจากช่องว่างดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการสร้างสนามแม่เหล็กของคอยล์และปรับจังหวะในการจุดระเบิดด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องจัดตั้งอย่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้องและเที่ยงตรง สำหรับการเปิด-ปิดของหน้าทองขาวในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 800 ถึง 4,500 ครั้งต่อนาทีหรือมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เป็นสำคัญ

### 2.3.3.2 คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์หรือบางที่เรียกว่า คาปาซิเตอร์ จะทำหน้าที่ป้องกันการอาร์กที่หน้าทองขาว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้การเกิดไฟแรงสูงของคอยล์ดีขึ้น จากลักษณะการสร้างทำให้คอนเดนเซอร์สามารถใช้เป็นที่สำหรับเก็บกระแสไฟที่พยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาวในขณะที่หน้าทองขาวเริ่มเปิดมาเก็บไว้เป็นการชั่วคราว จึงสามารถช่วยลดการอาร์กที่เป็นสาเหตุทำให้หน้าทองขาวไหม้ลงได้ นอกจากนั้นการที่สามารถทำให้กระแสในวงจรขดลวดปฐมภูมิภายในคอยล์หยุดไหลอย่างรวดเร็ว นั้น ยังมีผลทำให้การเกิดไฟแรงสูงภายในคอยล์ดีขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของการเกิดไฟแรงสูงส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการยุบตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดปฐมภูมิตัดกับขดลวดทุติยภูมินั่นเอง

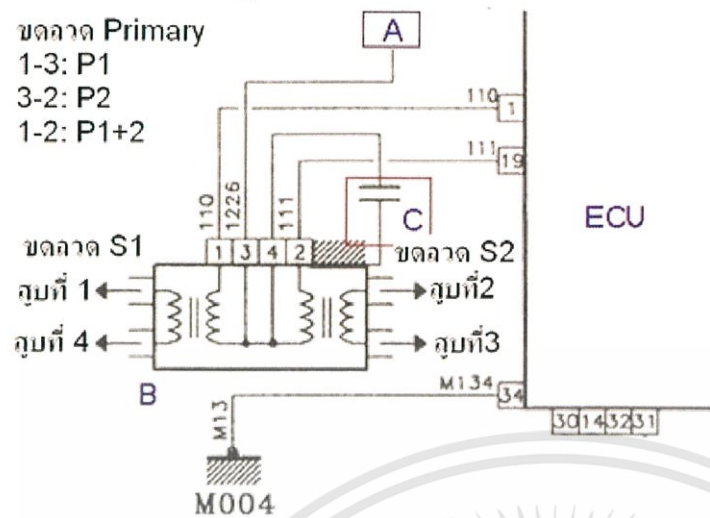


รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของคอนเดนเซอร์

### 2.3.4 คอยล์จุดระเบิด

Ignition Coil เป็น อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำให้เป็นไฟฟ้าแรงดันสูง ส่งไปยังหัวเทียนเพื่อให้เกิดประกายไฟใช้ในการจุดระเบิดส่วนผสมของน้ำมัน เชื้อเพลิงกับอากาศ ที่ถูกอัดอยู่ใน

ตอนบนของกระบอกสูบ



รูปที่ 2.11 โครงสร้างคอยล์จุดระเบิด

- ( A ) = เชื่อมต่อไปเข้า Relay หัวฉีด/ปั๊มไพบวกแบตเตอรี่
- ( B ) = ตัว Coil จุดระเบิด / HT Coil / Ignition Coil
- ( C ) = Suppression Capacitor

โครงสร้างของ Ignition Coil ประกอบด้วย ขดลวด Primary เส้นโตๆพันอยู่รอบแกนเหล็กแผ่นที่ซ้อนกันอยู่และมี ขดลวด Secondary เส้นเล็กมากพันอยู่รอบนอกของขดลวด Primary อีกที โดยที่ขดลวด Secondary นี้จะมีจำนวนรอบที่พันไว้มากกว่าขดลวด Primary มาก และระหว่างแกนเหล็กแผ่น, ขดลวด Primary, ขดลวด Secondary และเปลือกนอกจะถูกหล่อด้วยเรซินที่เป็นฉนวนไฟฟ้า

แต่ด้วยมี Ignition coil 2 ชุดประกอบต่อกันอยู่เป็นชุดตัวเดียวกันจึงเรียกชื่อเป็น Twin Static Ignition Coil โดยที่ขดลวด Secondary ของชุดที่ 1 จะส่งไปยังหัวเทียนสูบที่ 1 และ 4 และขดลวด Secondary ของชุดที่ 2 จะส่งไปยังหัวเทียนสูบที่ 2 และ 3

การทำงานของคอยล์จุดระเบิด อาศัยหลักการเหนี่ยวนำร่วมกล่าวคือเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวด Primary จะค่อยๆเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบขดลวดไปเหนี่ยวนำให้แผ่นแกนเหล็กกลายเป็นแม่เหล็กอย่างช้าๆเช่นกันและสนามแม่เหล็กนี้จะไปเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดัน ไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด Secondary อย่างช้าๆ จึงเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นต่ำๆ แต่ทันทีที่ตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวด Primary สนามแม่เหล็กที่ขดลวดและแผ่นแกนเหล็กจะยุบตัวหมดลงทันทีทันใดจึงเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด Secondary ที่ประมาณ 8 kV ~ 20 kV ซึ่งชุดควบคุมการจุดระเบิดในตัว ECU ได้คำนวณชดเชยเวลาการหน่วงนี้ไว้ให้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

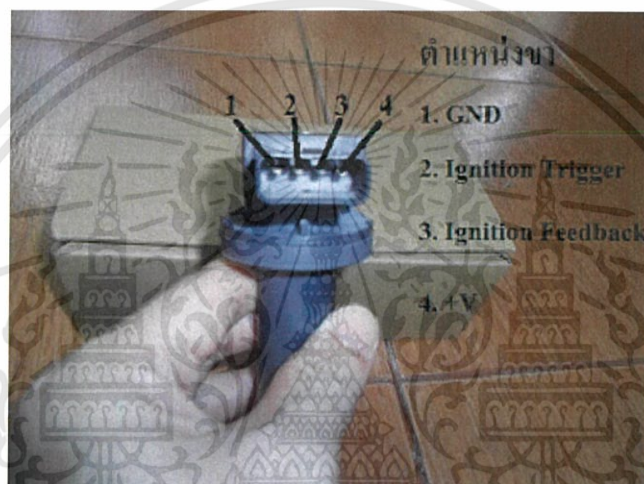
คอยล์จุดระเบิด ในรุ่น VIOS และ YARIS หรือรุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบันจะเป็น คอยล์จุดระเบิดแบบไดเรคคอยล์ (Direct Coil) จะมีคอยล์ 1 ตัว ต่อ 1 กระจกสูบ ในรหัสเครื่องยนต์ 1NZ เป็นเครื่องยนต์ 4 กระจกสูบจึงมีคอยล์ทั้งหมด 4 ตัว Direct คอยล์จะต่างจากคอยล์ในรุ่นก่อนๆ ที่เป็นคอยล์ชุดเดียวแล้วอาศัยจานจ่ายเป็นตัวหมุนให้สัมพันธ์กับเครื่องยนต์ เพื่อให้จุดระเบิด ข้อดีของไดเร็ก คอยล์ที่เห็นได้ชัดคือ หากมีคอยล์ตัวใดตัวหนึ่งชำรุดก็ยังสามารถวิ่งได้ แต่กำลังของเครื่องยนต์จะลดลงจากเดิม ทำให้ผู้ขับขี่สามารถประคองรถเพื่อเข้าสู่ศูนย์บริการหรืออยู่ภายนอกเพื่อเปลี่ยนคอยล์ตัวใหม่ได้ หากเป็นคอยล์ในรูปแบบเก่าถ้าคอยล์ชำรุดก็ต้องลากเข้าอู่อย่างเดียว อีกทั้งไดเรคคอยล์นี้จะไม่มีส่วนหัวเทียนเหมือนจานจ่ายทำให้ตัดปัญหาเรื่องสายหัวเทียนร้าวหรือขาดได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โครงสร้างของ Direct Coil

ภายใน Direct Coil ประกอบด้วยชุดขดลวดที่เป็นหม้อแปลงแบบ Step Up ทำหน้าที่ยกระดับแรงดันไฟจาก แบตเตอรี่ 12V-15V ให้มีค่าอยู่ในช่วง 35,000-40,000 โวลท์ (ค่าแรงดันนี้เป็นค่ามาตรฐานของการจุดระเบิดของเครื่องยนต์เบนซิน) นอกจากชุดขดลวดแล้วยังมีอุปกรณ์สำคัญอีกตัวหนึ่งก็คือ อุปกรณ์ขับเคลื่อน อาจเป็น Power Transistor หรือ Power Mosfet ก็ได้ แล้วแต่รุ่น ทำหน้าที่สวิทช์ แรงดันให้กับชุดขดลวด



2.12 โครงสร้างของ Direct Coil

ไดเร็กคอยล์ โดยทั่วไปมีขั้วต่อแบบ 4 สาย ตำแหน่งขาจะเหมือนกันหมด ขา 1 GND หมายถึงตำแหน่งกราวด์หรือก็คือขั้วลบของแบตเตอรี่ ขา 2 Ignition Triger เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจาก ECU เป็นสัญญาณ Pluse ที่ใช้ควบคุมการจุดระเบิด ขา 3 Ignition Feedback เป็นสัญญาณที่ส่งกลับมาจากคอยล์เพื่อตรวจสอบว่ามีการจุดระเบิดหรือไม่ที่ขานี้จะมีแรงดันออกและส่งกลับไปให้ ECU หากไม่มีสัญญาณออกมาแสดงว่าคอยล์ไม่มีการจุดระเบิด ขา 4 +V เป็นสายไฟเลี้ยงคอยล์ต่อมาจากแบตเตอรี่

อาการเบื้องต้นเมื่อคอยล์ชุด แบ่งเป็น 2 กรณี

1. ขดลวดขาดหรือชุดขับเคลื่อนพัง อันนี้ชัดเจน เครื่องจะเดินไม่ครบสูบตลอดเวลา วิธีการตรวจสอบก็ถอดคอยล์ออกมาที่ละตัว ถ้าถอดตัวไหนแล้วกำลังเครื่องไม่ตกลงจากเดิมตัวนั้นก็เสีย
2. เสียแบบคอยล์รว หรือ คอยล์ช็อตรอบแต่ไม่มาก แบบนี้เครื่องอาจมีอาการสะดุดในบางจังหวะ โดยเฉพาะตอนเดินเบา แต่ถ้าขับเร็วๆ จะไม่ค่อยเห็นผล แบบนี้ตรวจสอบยาก ต้องหาคอยล์ตัวใหม่มาลองเปลี่ยนอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.5 สายไฟแรงสูง

สายไฟแรงสูง ดังรูปที่ 9.7 จะทำหน้าที่ลำเลียงกระแสไฟแรงสูงจากคอยล์จุดระเบิดไปให้กับหัวเทียน ทำให้เกิดประกายไฟจุดเชื้อระเบิดภายในห้องเผาไหม้ต่อไป สายไฟหัวเทียนจะต้องมีฉนวนหุ้มหนาเพื่อสามารถป้องกันไฟแรงสูงรั่วลงสู่ดิน นอกจากนั้นยังต้องสามารถทนต่อน้ำมันความชื้นเสทือน ความร้อนหรือวัสดุที่แหลมคมได้เป็นอย่างดี

สายไฟแรงสูงนี้ ได้แก่ สายไฟที่ต่อระหว่างขั้วไฟแรงสูงของคอยล์กับขั้วไฟแรงสูงขั้วกลางที่ฝาจานจ่ายไฟกับสายไฟที่ต่อระหว่างขั้วไฟแรงสูงที่อยู่โดยรอบขั้วกลางของฝาจานจ่ายไฟกับหัวเทียน สายไฟแรงสูงในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติดีขึ้นกว่าเดิมมาก เนื่องจากระบบจุดระเบิดที่ใช้ในปัจจุบันเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถผลิตไฟแรงสูงได้สูงกว่าระบบจุดระเบิดแบบเดิมที่ใช้ทองขาวมาก ดังนั้น สายไฟแรงสูงที่ใช้ในปัจจุบัน จึงต้องหุ้มด้วยฉนวนที่ทำมาจากวัสดุชนิดต่างๆ หลายชั้นแทนการหุ้มด้วยฉนวนเพียงชั้นเดียวเหมือนกับแบบเดิม นอกจากนั้นตัวนำไฟฟ้าก็ได้รับการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเปลี่ยนจากการใช้ลวดตัวนำเพียงเส้นเดียวไปใช้เส้นลิตินิซุบคาร์บอนหลายเส้น ลักษณะโครงสร้างของสายไฟแรงสูงทั้ง 2 แบบดูได้จากรูปที่แสดง และเนื่องจากสายไฟแรงสูงแบบใหม่ต้องหุ้มด้วยฉนวนหลายชั้นจึงมีขนาดโตกว่าแบบเดิม โดยที่แบบนี้จะหิขนาดโตถึง 0.315 นิ้ว (8มม.) ขณะที่แบบเดิมจะมีขนาดโตเพียง 0.276 นิ้ว (7มม.) เท่านั้น



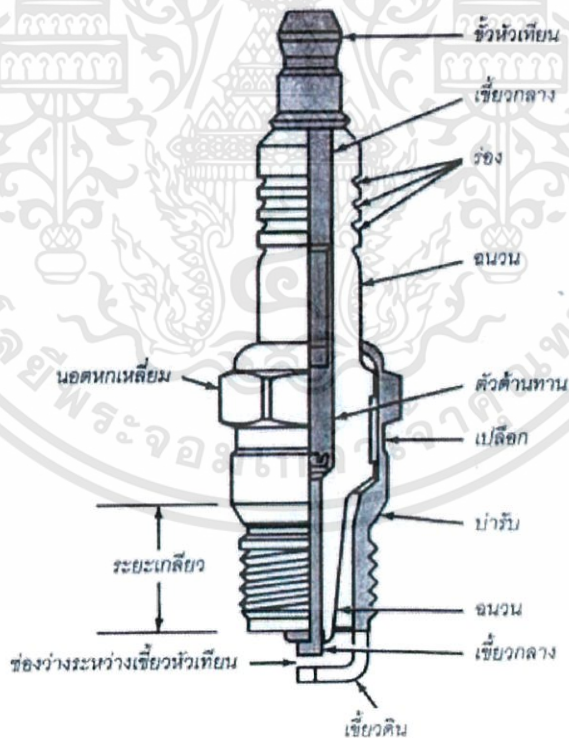
รูปที่ 2.13 เปรียบเทียบสายไฟแรงสูงที่ใช้กันในปัจจุบันกับในอดีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.6 หัวเทียน

หัวเทียน ดังรูปที่ 2.8 เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบจุดระเบิดใช้ทำหน้าที่จุดส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การใช้หัวเทียนที่ถูกต้องจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างมหาศาล ทำให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย

หัวเทียนจะประกอบด้วย ตัวนำไฟฟ้า 2 ตัวที่เรียกว่า เชี่ยวหัวเทียน (electrode) เชี่ยวกลาง (center electrode) ของหัวเทียนมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จำทำจากโลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม แมงกานีส และซิลิคอน สำหรับหัวเทียนแบบพิเศษchieวกลางจะมีทั้งชนิดที่ทำด้วย เงิน (silver) และทองคำขาว (platinum) เชี่ยวกลางที่ทำจากโลหะทั้งสองชนิดนี้จะมีคุณสมบัติในการนำความร้อนและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้มากกว่าแบบแรกมาก เชี่ยวกลางจะหุ้มด้วยฉนวน ซึ่งส่วนใหญ่จะทำจากกระเบื้องชนิดทนความร้อนสูง จากนั้นเปลือกนอก (outer shell) จะหุ้มห่อด้วยฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ระหว่างฉนวนกับเปลือกนอกจะถูกคว้ไว้ด้วยปะเก็น (gasket) เพื่อป้องกันแก๊สรั่ว และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการระบายความร้อนจากchieวของหัวเทียนไปสู่ระบบระบายความร้อน หัวเทียนบางแบบไม่ใช้ปะเก็นดังนั้น ระหว่างchieวกับฉนวนและระหว่างฉนวนกับเปลือกจากจะถูกทำให้ติดแน่นด้วยกาว เปลือกนอกของหัวเทียนจะทำด้วยโลหะ



รูปที่ 2.14 แสดงส่วนประกอบของหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนบนของหัวเทียนจะทำเป็นนอตหัวหกเหลี่ยมสำหรับใช้กับปกแจ๊คชั่น ส่วนล่างจะทำเป็นเกลียวสำหรับขันเข้าไปในรูปหัวเทียนที่ฝาสูบของเครื่องยนต์ เชื้อวอดิน (Ground electrode) จะต่อยื่นออกจากเปลือกส่วนล่างและโค้งเข้าหาเชื้อวกลางโดยมีช่องว่างระหว่างกัน เชื้อวอดินส่วนใหญ่จะทำจากโลหะผสมนิกเกิลกับโครเมียม ปลายด้านบนของเชื้อวกลางจะต่อเข้ากับสกรู ที่ขันเกลียวเข้ากับส่วนบนของฉนวนปลายหัวด้านนี้จะต่อเข้ากับสายไฟแรงสูงของระบบจุดระเบิด

หัวเทียนร้อน คือหัวเทียนที่ระยะทางระบายความร้อนจากเชื้อวหัวเทียนถึงปลายล่างฉนวนยาว

ความร้อนจึงสะสมอยู่ในตัวได้มากใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วต่ำระยะเวลาในการทำงานช่วงสั้นๆ

หัวเทียนมาตรฐาน คือหัวเทียนที่มีขีดความร้อนปานกลางเหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วย

ความเร็วปานกลาง

หัวเทียนเย็น คือหัวเทียนที่มีระยะทางระบายความร้อนจากเชื้อวหัวเทียนถึงปลายล่างฉนวนสั้น

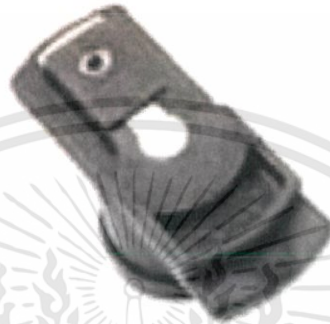
ความร้อนระบายได้เร็วใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงหรือใช้วิ่งทางไกล

**การสังเกตสีและลักษณะของหัวเทียนสามารถบอกถึงสภาพการต่างๆ ดังนี้**

- 1.) มีสภาพสีดำแห้งสามารถเช็ดออกได้ง่าย แสดงว่าส่วนผสมหนา
- 2.) มีสภาพน้ำมันเครื่องเปียก แสดงว่าลูกสูบ ระบายออกสูบ แหวนลูกสูบสึกหรอ
- 3.) มีสภาพไหม้ร้อน แสดงว่าเครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิสูงเกินไป อาจใช้หัวเทียนผิดเบอร์
- 4.) มีสภาพสีขาวจับหรือสีเหลืองจับ แสดงว่าไฟอ่อนเปลี่ยนหัวเทียนให้ร้อนขึ้น

### 2.3.7 โรเตอร์ (Rotor)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หมุนจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงสูงที่รับมาจากคอยล์จุดระเบิดและส่งไปยัง  
ฝาครอบจานจ่ายตามจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์

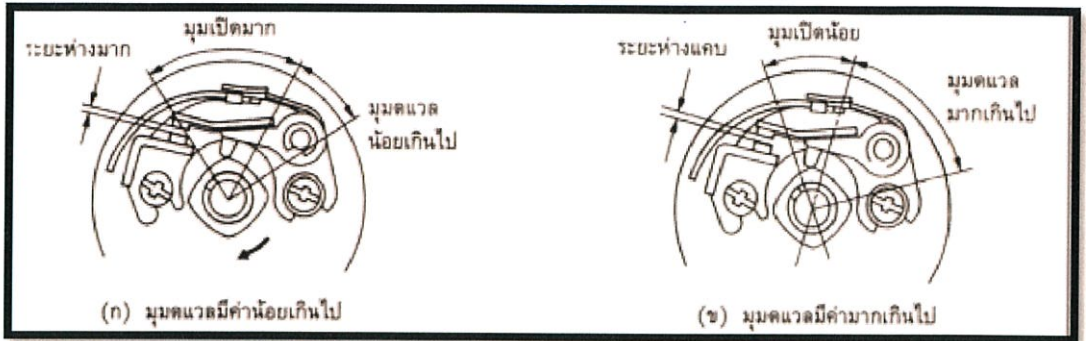


รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างของโรเตอร์

### 2.3.8 มุมตเวลล์ (Dwell angle)

คือ มุมของลูกเบี้ยวจานจ่ายในตำแหน่งที่หน้าทองขาวปิด ในเครื่องยนต์ 4 สูบ การปรับตั้งระยะห่างของหน้าทองขาวถูกต้องตามมาตรฐาน มุมตเวลล์จะอยู่ในค่าประมาณ 46-58 องศา มุมตเวลล์จะสัมพันธ์กันระหว่างระยะห่างของหน้าทองขาว เมื่อหน้าทองขาวห่างมากเกินไป (Point gap too wide) เป็นผลให้มุมตเวลล์มีค่าน้อย เมื่อหน้าทองขาวห่างน้อยเกินไป (Point gap too small) เป็นผลให้มุมตเวลล์มีค่ามาก มุมตเวลล์น้อยเกินไป (Dwell angle too small)

จะทำให้ระยะเวลาที่หน้าทองขาวปิดสั้นทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิมีเวลาน้อยลงเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น กระแสไฟฟ้าวงจรปฐมภูมิจะไม่เพียงพอและทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจรทุติยภูมิลดลงจังหวะจุดระเบิดก็จะผิดพลาด มุมตเวลล์มากเกินไป (Dwell angle too large) ระยะห่างหน้าทองขาวจะแคบลงเกิดประกายไฟได้ง่ายเมื่อน้ำทองขาวเริ่มเปิด กระแสไฟไหลผ่านหน้าทองขาวได้ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ถูกตัดวงจรอย่างทันทีทันใดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจรทุติยภูมิจะเกิดขึ้นน้อยจังหวะการจุดระเบิดจะผิดพลาดเช่นกัน



รูปที่ 2.16 มุมตแวลที่มีค่ามากและน้อยเกินไป

### 2.3.9 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ก่อนการสตาร์ทติดเครื่องยนต์ หน้าทองขาวจะอยู่ในตำแหน่งเปิดหรือปิดนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลูกเบี้ยวที่กระทำต่อทองขาวในขณะนั้น ถ้าหน้าทองขาวเปิดอยู่ก็จะปิดทันทีเมื่อเครื่องยนต์หมุน เมื่อหน้าทองขาวปิด กระแสไฟจากแบตเตอรี่ก็จะไหลผ่านสวิตช์ไฟจุดระเบิดเข้าไปในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์ผ่านหน้าทองขาวลงดินครบวงจร จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวดปฐมภูมิ ดังรูปที่ 2.9

เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไป ลูกเบี้ยวก็จะดันหน้าทองขาวให้แยกออกจากกัน วงจรขดลวดปฐมภูมิจะขาดตอนลงทันที ทำให้กระแสไฟในวงจรนี้หยุดไหล ดังนั้น สนามแม่เหล็กที่เกินขึ้นรอบ ๆ ขดลวดปฐมภูมิก็จะยุบตัวลงตัดกับขดลวดทุติยภูมิ แต่เนื่องจากขดลวดทุติยภูมิ เป็นลวดเส้นเล็กพันมารอบคั่นนั้น แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นภายในขดลวดขุดนี้จึงสูงมาก โดยทั่วไปจะสูงประมาณ 15,000 ถึง 25,000 โวลต์ เป็นผลทำให้หัวเทียนเกิดประกายไฟจุดเชื้อระเบิดภายในกระบอกสูบ ทำให้เกิดการเผาไหม้ดังรูปที่ 2.10

ในจังหวะที่หน้าทองขาวแยกออกจากกันนี้ กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิที่เคยไหลผ่านหน้าทองขาวลงดิน ก็จะไหลเข้าประจุในคอนเดนเซอร์ที่ต่อขนานอยู่ จึงทำให้สามารถป้องกันการอาร์คที่หน้าทองขาว อันเกิดจากการที่กระแสไฟพยายามจะไหลผ่านหน้าทองขาวในจังหวะที่หน้าทองขาวเริ่มแยกออกจากกันได้ นอกจากนั้นยังทำให้กระแสไฟในวงจรขดลวดปฐมภูมิหยุดไหลได้เร็วยิ่งขึ้นจะเป็นผลทำให้เกิดไฟแรงสูงในคอยล์ดีขึ้นอีกด้วย

เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไปจนกระทั่งหน้าทองขาวปิด คอนเดนเซอร์ก็จะคายประจุปล่อยให้กระแสไฟไหลผ่านหน้าทองขาวลงดินครบวงจรอีกครั้งหนึ่ง

สำหรับระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาที่มีตัวต้านทานภายนอกต่อร่วมอยู่ ดังรูปที่ 2.3 จะมีการลัดวงจรในขณะทำการสตาร์ทติดเครื่องโดยจะลัดวงจรที่ตัวสวิตช์สตาร์ท กล่าวคือ ขณะทำการสตาร์ทติดเครื่อง เนื่องจากกระแสไฟจำนวนมากจะไหลเข้าสู่ตัวมอเตอร์สตาร์ท จึงมีผลทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตัวแบตเตอรี่ลดลง ดังนั้นถ้าให้กระแสไฟไหลผ่านตัวต้านทานในขณะทำการสตาร์ท

ติดเครื่อง ก็จะทำให้คอยล์จุดระเบิดผลิตไฟแรงสูงได้น้อยลง จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ลดตามลงไปด้วย ดังนั้น เพื่อให้การผลิตไฟแรงสูงของคอยล์จุดระเบิดเป็นไปตามปกติ จึงทำให้เกิดการลัดวงจรที่ตัวสวิทช์สตาร์ท เพื่อมิให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานในขณะทำการสตาร์ทติดเครื่อง จึงทำให้เครื่องยนต์สามารถติดเครื่องได้โดยง่าย และเมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้วสวิทช์สตาร์ทก็จะคืนสู่ตำแหน่งเดิม ตัวต้านทานก็จะถูกใส่กลับคืนเข้าสู่วงจร กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่วงจรขดลวดปฏุมภูมิ ก็จะไหลผ่านตัวต้านทานตามปกติ

## 2.4 ระบบจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ในปัจจุบันเครื่องยนต์จำนวนมากใช้ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ignition system หรือ EIS) ซึ่งมักจะเรียกว่า การจุดระเบิดโซลิดสเตต (solid-state ignition หรือ SSI) ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะใช้ทรานซิสเตอร์และเซมิคอนดักเตอร์ทำหน้าที่ แทนหน้าทองขาว

เมื่อไม่มีหน้าทองขาวที่จะสึกหรอและไม่มีการปรับและการเปลี่ยน จึงทำให้การบริการของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์น้อยลง นอกจากนี้ ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะให้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าระบบจุดระเบิดแบบทองขาว สิ่งนี้สำคัญมากเพราะว่าแรงดันไฟฟ้าสูงจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีขึ้น เมื่อส่วนผสมบาง ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ในวงจรทุติยภูมิมักเรียกว่า ระบบจุดระเบิดพลังงานสูง (High-energy ignition หรือ HEI)

วงจรถูติยภูมิของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ใช้สายไฟที่มีฉนวนหนากว่า ระบบจุดระเบิดแบบทองขาว ดังนั้นสายไฟแรงดันสูงจะมีขนาด 8 mm ในขณะที่แบบทองขาวใช้ขนาด 7 mm ฉนวนทำด้วยสารประกอบซิลิคอน ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดีสำหรับไฟแรงดันสูง

### 2.4.1 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 17.11 แสดงส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์ โดยมีส่วนประกอบพื้นฐานเช่นเดียวกับกับระบบจุดระเบิดแบบหน้าทองขาว ทั้ง 2 ระบบประกอบด้วยแบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์ สวิตช์กุญแจ จานจ่ายจุดระเบิด คอยล์จุดระเบิด สายไฟ และหัวเทียน แต่ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยชุดควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ (electronic control unit หรือ ECU) หรือแผงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control module หรือ ECM)

ในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ งานจ่ายจะมีอุปกรณ์ซึ่งสร้างสัญญาณกระตุ้นและส่งเข้าสู่ ECU เพื่อเปิดวงจรปฐมภูมิ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าในวงจรปฐมภูมิหยุดไหล สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบคอยล์จุดระเบิดจะสลายตัว ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงซึ่งจะผ่านสายไฟแรงสูง โรเตอร์ และฝาครอบจานจ่ายไปยังหัวเทียนในแต่ละกระบอกสูบ

#### 2.4.2 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

งานจ่ายอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปซึ่งถอดฝาครอบออก ชุดคอยล์ปิกอัป ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรและคอยล์ซึ่งพันรอบแท่งโลหะซึ่งเรียกว่าขั้วรีลักเตอร์มีลักษณะคล้ายเฟืองและยึดติดกับส่วนบนของเพลางานจ่าย คล้ายกับลูกเบี้ยวของงานจ่ายที่ใช้ทองขาว รีลักเตอร์ทำด้วยเหล็กและมีจำนวนฟันเท่ากับจำนวนกระบอกสูบ ฟันของรีลักเตอร์จะมีระยะช่องว่างเล็กน้อยห่างจากชุดคอยล์ปิกอัป ดังนั้นชิ้นส่วนทั้งสองจะไม่สัมผัสกัน

รีลักเตอร์ไม่ใช่แม่เหล็ก เมื่อฟันของรีลักเตอร์เข้าสู่สนามแม่เหล็ก ฟันของรีลักเตอร์จะเป็นเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กดีกว่าอากาศโดยรอบ สิ่งนี้จะทำให้รีลักแตนซ์ (Reluctance) ลดลง ซึ่งรีลักแตนซ์ก็คือความต้านทานการไหลของเส้นแรงแม่เหล็กไปตามเส้นทางแม่เหล็กแม่เหล็กถาวรในชุดคอยล์ปิกอัปสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้มต่ำ สนามแม่เหล็กนี้ ผ่านขดลวดของคอยล์ปิกอัปซึ่งพันโดยรอบขั้ว (ดูรูปที่ 17.15 (ก)) สนามแม่เหล็กนี้ค่อนข้างอ่อน เมื่อระยะช่องว่างระหว่างขั้วกับฟันของรีลักเตอร์มีขนาดกว้าง

ในขณะที่ฟันของรีลักเตอร์เข้าใกล้คอยล์ปิกอัป ระยะช่องว่างนั้นลดลง เส้นทางเดินของสนามแม่เหล็กจะดีขึ้น (ดูรูปที่ 17.15 (ข)) ในขณะนี้ความเข้มของสนามแม่เหล็กรอบคอยล์ปิกอัป เริ่มเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลง (การเพิ่ม) ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า บวกที่ขั้วหนึ่งของขั้วคอยล์ปิกอัปแรงดันไฟฟ้าบวกจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งฟันของรีลักเตอร์อยู่ตรง กันข้ามกับขั้ว ในตำแหน่งนี้จะมีความเข้มช่องว่างระหว่างขั้วกับฟันของรีลักเตอร์ น้อยที่สุด

หลังจากที่ฟันของรีลักเตอร์เคลื่อนที่ผ่านขั้วไปแล้ว ระยะช่องว่างนั้นจะเพิ่มขึ้น (ดูรูปที่ 17.15 (ค)) สิ่งนี้ทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์ปิกอัปเริ่มลดลงหรือสลายตัว การลดลงของความเข้มสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าลบที่ขั้วเดิม ของคอยล์ปิกอัป แรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นสัญญาณบ่อนเข้าสู่ ECU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 2.4.4 ดเวลล์และไทมิ่งในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ECU จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรปฐมภูมิก่อนที่จะหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า สิ่งนี้จะคล้ายกับดเวลล์ (dwell) หรือมุมปิดของหน้าทองขาวในระบบจุดระเบิดแบบทองขาว เนื่องจาก ECU ปิดฉนวนและไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ดังนั้นดเวลล์จึงไม่เปลี่ยนแปลง ECU คอยล์ปิกอัป และรีล็กเตอร์จะทำงานร่วมกัน ในการกำหนดระยะเวลาการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรปฐมภูมิ (ระยะเวลาดังกล่าวคือดเวลล์นั่นเอง) และเมื่อใดจึงจะตัดกระแสไฟฟ้าในระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ การเพิ่มของรอบเครื่องยนต์อาจทำให้ค่าดเวลล์เพิ่มขึ้น ลดลง หรือยังคงเดิม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของการออกแบบระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์นั้น ๆ เช่น ระบบ HE1 ของ GM ค่าดเวลล์จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของรอบเครื่องยนต์ ไทมิ่งจุดระเบิดถูกควบคุมด้วยการตั้งจาง่ายตั้งแต่เริ่มต้นและถูกควบคุม ด้วยกลไกปรับล่วงหน้าแบบสูญญากาศและแบบแรงเหวี่ยง ทั้งหมดจะควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของฟิรล็กเตอร์กับตำแหน่งของเพลลาข้อเหวี่ยงและลูกสูบ ระบบจุดระเบิดรุ่นใหม่จำนวนมากจะมีไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (electronic spark I timing หรือ EST) หรือการปรับล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ (electronic spark advance หรือ ESA) แต่จะไม่มีกลไกปรับล่วงหน้าทั้งแบบสูญญากาศและแบบแรงเหวี่ยงยึดกับจาง่ายไทมิ่งจุดระเบิดหาได้จากระบบคอมพิวเตอร์ ในบางระบบจะไม่มีจาง่าย (ระบบจุดระเบิดแบบไม่มีจาง่าย) ในแบบอื่น ๆ จาง่ายจะทำหน้าที่เป็นเพียงกระจายแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังหัวเทียนต่าง ๆ

จาง่ายอิเล็กทรอนิกส์บางแบบมีชุดคอยล์ปิกอัปแม่เหล็ก 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นสตาร์ทปิกอัป (start pickup) สำหรับการสตาร์ท ส่วนอีกชุดหนึ่งเป็นรันปิกอัป (run pickup) ตำแหน่งของสตาร์ทปิกอัปทำให้เกิดการหน่วงไทมิ่งจุดระเบิดเล็กน้อยในระหว่าง การสตาร์ท สิ่งนี้จะช่วยทำให้สตาร์ทเครื่องยนต์ได้ง่ายขึ้น

#### 2.4.5 จานจ่ายฮอลล์เอฟเฟกต์

รถยนต์บางคันมีจานจ่ายอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ (Hall Effect sensor) แทนคอยล์ปิกอัพแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 17.17

ชิ้นเซมิคอนดักเตอร์ซึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะถูกวางในตำแหน่งทำมุมฉาก กับ สนามแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นที่ขอบของคอนดักเตอร์ แรงดันไฟฟ้าเรียกว่า แรงดันไฟฟ้าฮอลล์ (Hall voltage) แรงดันไฟฟ้าฮอลล์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคอนดักเตอร์ และความเข้มของสนามแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้านี้ไม่มีผลเนื่องจากอัตราเร็วซึ่งสนามแม่เหล็กตัดขวาง คอนดักเตอร์

ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ (Hall-effect sensor) ยึดติดกับแผ่นรองในจานจ่าย (ดูรูปที่ 17.18) แม่เหล็กถาวรขนาดเล็กก็ติดตั้งบนแผ่นรองในจานจ่ายด้วยเช่นกันโดยหันหน้าเข้าหาเซนเซอร์ ซึ่งมีระยะช่องว่างเล็กน้อยระหว่างชิ้นส่วนทั้งสอง โรเตอร์ยึดติดกับเพลาจานจ่าย โรเตอร์จะมีจำนวนซี่เตอร์ (อาจเรียกว่าแท็บ (tab) หรือเวน (vane)) เท่ากับจำนวนกระบอกสูบ ระยะช่องว่างระหว่างซี่เตอร์เหล่านั้นเรียกว่า วินโดว์ (window) ในขณะที่เพลาหมุน ซี่เตอร์และวินโดว์จะหมุนผ่านระยะช่องว่างระหว่างแม่เหล็กและเซนเซอร์เมื่อวินโดว์อยู่ในช่องว่าง เซนเซอร์จะถูกกระทำด้วยสนามแม่เหล็กอย่างอ่อนจากแม่เหล็กถาวร ในขณะที่สนามแม่เหล็กกระทำกับเซนเซอร์ มันจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจำนวนน้อยไปยัง ECU สัญญาณแรงดันไฟฟ้านี้จะทำให้ ECU รักษาให้วงจรปฐมภูมิไม่ครบวงจร จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด อย่างไรก็ตามในขณะที่ซี่เตอร์เข้าไปอยู่ในช่องว่าง ผลของสนามแม่เหล็กบนเซนเซอร์จะถูกตัดออก จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าฮอลล์ลดลงจนเป็นศูนย์ เมื่อไม่มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์ ECU จะทำให้วงจรปฐมภูมิครบวงจร กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด สิ่งนี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์ กระแสไฟฟ้ายังคงไหลต่อไปตรงไปที่ซี่เตอร์ที่อยู่ระหว่างแม่เหล็กกับเซนเซอร์ ในขณะที่ซี่เตอร์เคลื่อนที่ออกจากช่องว่าง วงจรปฐมภูมิจะถูกตัด ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กโดยรอบคอยล์จุดระเบิดสลายตัว สิ่งนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นในวงจรทุติยภูมิไปยังหัวเทียน ค่าดเวลล์หรือระยะเวลาที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรปฐมภูมิสามารถหาได้ จากความกว้างของซี่เตอร์แต่ละอัน (ดูรูปที่ 17.18) ในขณะที่ซี่เตอร์เข้าสู่ช่องว่างจะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปฐมภูมิ แต่เมื่อซี่เตอร์ออกจากช่องว่าง กระแสไฟฟ้าจะหยุดไหล

ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ช่วยทำให้ไม่ต้องมีกลไกปรับล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยง ในจานจ่าย ความยาวและความถี่ของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าควบคุมโดย ECU เพื่อให้เกิดประกายไฟล่วงหน้าสัมพันธ์กับรอบเครื่องยนต์

#### 2.4.6 ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ของโครสเลอร์

ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์หลายแบบที่ใช้ในรถยนต์ผลิตขึ้นโดยโครสเลอร์ ดังเช่นที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 17.14 และหัวข้อที่ 17.15 งานจ่ายของระบบอิเล็กทรอนิกส์ของโครสเลอร์แสดงในรูปที่ 17.14 ส่วนการทำงานแสดงในรูปที่ 17.15 และรูปที่ 17.16

ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์แบบอื่น ๆ ของโครสเลอร์ ได้แก่ ระบบที่ใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์ เซนเซอร์ในงานจ่าย และที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการจุดระเบิดแทนการใช้ ECU คอมพิวเตอร์ควบคุมการจุดระเบิด (spark-control computer) จะช่วยในการปรับการจุดระเบิดล่วงหน้า

#### 2.4.7 ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ของฟอร์ด

ฟอร์ดมีระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ 4 ระบบ ได้แก่ ดูราสปาร์ก I (Duraspark I) ดูราสปาร์ก II ดูราสปาร์ก III และดูราสปาร์ก IV สำหรับดูราสปาร์ก I และดูราสปาร์ก II นั้นคล้ายกันมาก การทำงานเหมือนกับระบบที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 17.14 และหัวข้อที่ 17.15 ทั้ง 2 ระบบมีกลไกปรับล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงและแบบสุญญากาศที่งานจ่าย อย่างไรก็ตาม ดูราสปาร์ก II, III และ IV เป็นระบบจุดระเบิดพลังงานสูง (high-energy ignition system)

ฝาครอบงานจ่ายของดูราสปาร์ก II มีขนาดใหญ่กว่างานจ่ายแบบทองขาว (ดูรูปที่ 17.22) ทำให้มีเนื้อที่ว่างเพียงพอสำหรับคอยล์ปิกอัพและชิ้นส่วนอื่น ๆ ในงานจ่าย และทำให้ขั้วมีช่องว่างห่างกันเพียงพอเพื่อลดโอกาสที่จะเกิดการรั่วไหลของ แรงดันไฟฟ้าสูงระหว่างขั้วแรงดันไฟฟ้าสูง นั้นอาจมีค่าสูงถึง 47,000 โวลต์

#### 2.4.8 ระบบจุดระเบิดพลังงานสูงของ GM

ระบบจุดระเบิดพลังงานสูง (high-energy ignition หรือ HEI) เป็นอุปกรณ์มาตรฐาน ซึ่งติดตั้งในรถยนต์ของเจนเนอรัลมอเตอร์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1975 ที่เรียกชื่อดังกล่าวเพราะว่าระบบผลิตแรงดันไฟฟ้าสูง (พลังงานสูง) มากกว่า 35,000 โวลต์ คอยล์จุดระเบิดติดตั้งในส่วนบนของฝาครอบงานจ่าย

เมื่อใช้ระบบกับเครื่องยนต์กระบอกสูบวี สิ่งนี้ทำให้วงจรการต่อของสายไฟง่ายขึ้น (ดู รูปที่ 17.24) การต่อระหว่างคอยล์จุดระเบิดและจานจ่าย และแผงอิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายในจานจ่ายทั้งหมด (ดูรูปที่ 17.23)

จานจ่าย HEI มีชุดปีกอัปแม่เหล็กอยู่ภายในจานจ่าย (ดูรูปที่ 17.23) ชุดปีกอัปประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร ขั้วพร้อมด้วยฟันภายใน (ฟันแต่ละอันสำหรับแต่ละกระบอกสูบ) และคอยล์ปีกอัป (ดูรูปที่ 17.25) ไทเมอร์คอร์ (timer core) ซึ่งมีฟันยื่นออกมาสำหรับแต่ละกระบอกสูบ ยึดติดกับเพลลาจานจ่าย ทุกครั้งเมื่อฟันบนไทเมอร์คอร์ตรงกับฟันบนขั้วแล้วเคลื่อนที่ออกจากแนวตั้ง กล่าว จะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในคอยล์ปีกอัป (ดูรูปที่ 17.26) สิ่งนี้จะเป็นสัญญาณป้อนเข้า ECU เพื่อตัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรปฐมภูมิ

คาปาซิเตอร์ (capacitor) ในจานจ่าย HEI (ดูรูปที่ 17.23) ทำหน้าที่ลดเสียงรบกวนที่มีต่อวิทยุ จานจ่ายมีกลไกปรับล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงและแบบสัญญาณ โดยไม่มีไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์

#### 2.4.9 การปรับไทมิ่งจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์

ระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์รุ่นใหม่จำนวนมากมีการปรับไทมิ่งจุดระเบิด ล่วงหน้าด้วยการควบคุมของอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งนี้ใช้แทนกลไกปรับล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงและแบบสัญญาณ ที่อยู่ในหรือยึดติดกับจานจ่าย ดังนั้นจานจ่ายจึงมีหน้าที่เพียงจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังหัวเทียนต่าง ๆ ตามลำดับที่เหมาะสม (ดูรูปที่ 17.27) ระบบนี้เรียกว่าไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (electronic spark timing หรือ EST) หรือการปรับล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ (electronic spark advance หรือ ESA) เมื่อใช้การปรับล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ต่าง ๆ จะส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องไปยัง ECU หรือคอมพิวเตอร์จุดระเบิด ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ รอบเครื่องยนต์ ตำแหน่งลูกสูบ อุณหภูมิ เครื่องยนต์ และสัญญาณในท่อร่วมไอดี ซึ่ง ECU จะใช้ข้อมูลต่าง ๆ คำนวณไทมิ่งจุดระเบิดตามสภาพการทำงานในขณะนั้น

## 2.4.10 การควบคุมจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (ESC) ของโครสเลอร์

ประกอบด้วยงานจ่ายอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไม่มีกลไกปรับล่วงหน้า คอมพิวเตอร์ควบคุมการจุดระเบิดเซนเซอร์ต่าง ๆ และคาร์บูเรเตอร์แบบฉีดแบ็กหรือระบบ EFI จุดประสงค์ของการควบคุมจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ก็เพื่อให้เกิดประกายไฟที่ หัวเทียนตรงตามเวลาที่ถูกต้อง สิ่งนี้ทำให้ส่วนผสมมีการเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น ช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง และเดินเบาราบเรียบมากขึ้น ระบบของโครสเลอร์จะปรับเวลาจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้เหมาะสม กับสภาพการทำงาน โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับรอบเครื่องยนต์ อุณหภูมิเครื่องยนต์ สัญญากาศในท่อร่วมไอดี และอุณหภูมิของไอดี ดังนั้นระบบจะใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการจุดระเบิด งานจ่ายอิเล็กทรอนิกส์ พร้อมด้วยเซนเซอร์หนึ่งหรือสองชุด (ดูรูปที่ 17.29) และเซนเซอร์อื่นๆ ที่จะได้กล่าวต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ควบคุมการจุดระเบิด (spark-control computer) อุปกรณ์นี้ติดตั้งที่กรองอากาศ (ดูรูปที่ 17.30) คอมพิวเตอร์มีโหมดควบคุม 2 โหมดซึ่งได้แก่ สตาร์ทโหมด (start mode) และรันโหมด (run mode) สตาร์ทโหมคนั้นใช้สำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์ ปริมาณการปรับล่วงหน้าได้จากตำแหน่งของงานจ่าย โดยใช้ไทมิ่งพื้นฐานที่ตั้งไว้เท่านั้น หลังจากเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้ว รันโหมดจะรับช่วงการทำงานต่อจากสตาร์ทโหมด มันจะรับสัญญาณจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ทำให้คอมพิวเตอร์คำนวณไทมิ่งจุดระเบิดได้อย่างถูกต้องตามสภาพการทำงานคอมพิวเตอร์จะปรับไทมิ่งจุดระเบิดซึ่งอาจเป็นการปรับล่วงหน้าหรือการปรับ หน่วงก็ได้ ระบบนี้มีความละเอียดและรวดเร็วกว่าการใช้กลไกปรับล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยงและ แบบสัญญาณภาค

2. งานจ่ายจุดระเบิด งานจ่ายที่ใช้ในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์มีเซนเซอร์ปีกอัป 2 ชุด (ดูรูปที่ 17.29) สตาร์ทปีกอัปเซนเซอร์ (start-pickup sensor) ทำงานในช่วงการสตาร์ทเครื่องยนต์ ซึ่งใช้ไทมิ่งจุดระเบิดคงที่ หลังจากเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้ว รันปีกอัปเซนเซอร์จะรับช่วงแทน หลังจากวิเคราะห์สัญญาณต่าง ๆ จากเซนเซอร์แล้ว คอมพิวเตอร์จะคำนวณไทมิ่งจุดระเบิดที่เหมาะสม

3. เซนเซอร์ ระบบ ESC ของโครสเลอร์มีเซนเซอร์จำนวน 7 หรือ 8 ชุด เซนเซอร์แต่ละชุดส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณไทมิ่งจุดระเบิดที่เหมาะสม เซนเซอร์เหล่านี้ได้แก่

1. เซนเซอร์อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น
2. เซนเซอร์อุณหภูมิ อดี
3. เซนเซอร์หยุดเดินเบา
4. เซนเซอร์สัญญาณทอร่วม อดี
5. เซนเซอร์การเผาไหม้ผิดปกติ (การน็อก)
6. สตาร์ทและรันปิกอัปเซนเซอร์ในจานจ่าย
7. เซนเซอร์ออกซิเจน

#### 2.4.11 ระบบควบคุมเครื่องยนต์อิเล็กทรอนิกส์ของฟอร์ด

ระบบควบคุมเครื่องยนต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic engine control หรือ EEC) นี้ (ดูรูปที่ 17.31) ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์และมีหลายอย่างคล้ายกับระบบ ESC ของโครสเลอร์ นอกจากการควบคุมไทมิ่งจุดระเบิดแล้ว ระบบ EEC ของฟอร์ดยังควบคุมวาล์ว EGR (การไหลเวียนก๊าซไอเสีย) และระบบการฉีดอากาศ ระบบการควบคุมไอเสียทั้งสองนี้ช่วยลด HC, CO และ NO<sub>x</sub> ในก๊าซไอเสีย

ไมโครโปรเซสเซอร์ในระบบ EEC ได้รับข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งส่งข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้

1. อุณหภูมิอากาศเข้า
2. ตำแหน่งวาล์วปีกผีเสื้อ
3. อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น
4. ความดันบรรยากาศ
5. สัญญาณทอร่วม อดี
6. ตำแหน่งลูกสูบและเพลลาข้อเหวี่ยง
7. รอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการต่อเนื่อง สัญญาณจากเซนเซอร์แต่ละชุดจะถูกวิเคราะห์โดยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะ  
ให้ไทมิ่งจุดระเบิดที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ในขณะนั้น ระบบ EEC ที่ใช้ในรถยนต์รุ่น  
ใหม่มีคาร์บูเรเตอร์แบบฉีดแบบแก๊ส มันจะปรับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างอัตโนมัติจนกระทั่งส่วนผสม  
ของไอดี เหมาะสมที่สุดในขณะนั้น

#### 2.4.12 ไทมิ่งจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ (EST) ของ GM

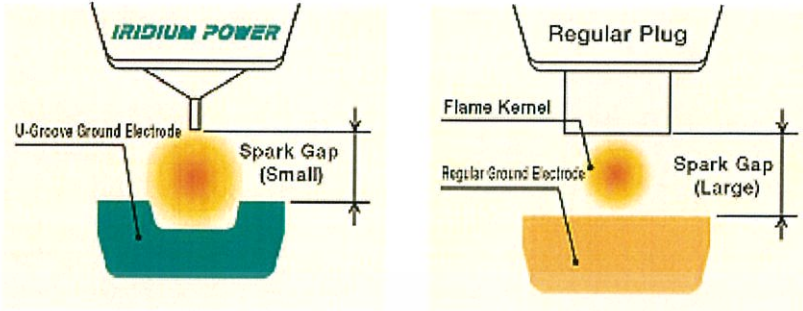
ระบบนี้คล้ายกับระบบของไครส์เลอร์และฟอร์ดที่ได้กล่าวไปแล้ว ระบบประกอบด้วยวงจรรควบคุม  
ภายใน ECM และจานจ่าย HEI พร้อมด้วยแผงพิเศษที่มีขั้ว 7 ขั้ว (ดูรูปที่ 17.32) จานจ่ายนี้ไม่มีกลไก  
ปรับล่วงหน้าแบบแรงเหวี่ยง รุ่นแรก ๆ ของระบบนี้เรียกว่า ระบบ micro processed sensing and  
automatic regulation (MISAR) ปัจจุบันนี้ใช้ระบบควบคุมคำสั่งคอมพิวเตอร์ (computer  
command control หรือ CCC) แผงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) จะรับสัญญาณต่าง ๆ จาก  
เซนเซอร์อย่างต่อเนื่อง แล้วปรับไทมิ่งจุดระเบิดให้ดีที่สุดสำหรับการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง การขับซี  
และก๊าซพิษในไอเสียให้น้อยที่สุด เซนเซอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

1. เซนเซอร์รอบเครื่องยนต์และตำแหน่งจานจ่าย
2. เซนเซอร์น้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์
3. เซนเซอร์สัญญาณอากาศที่ร่วมไอดี
4. เซนเซอร์ความดันบรรยากาศ

ในการทำงาน ECM รับสัญญาณจากเซนเซอร์ แล้วคำนวณไทมิ่งจุดระเบิด และส่งสัญญาณไปยังแผง  
HEI ในจานจ่าย สัญญาณนี้ทำให้แผง HEI สั่งการให้หัวเทียนจุดระเบิด ด้วยเวลาที่เหมาะสม

## 2.5 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหัวเทียนแบบ standard และแบบ iridium

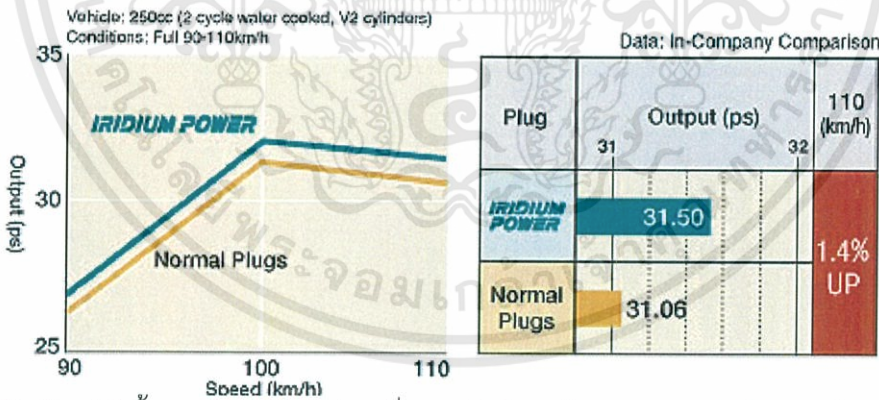
ประสิทธิภาพในการจุดระเบิดที่เหนือกว่า



รูปที่ 2.17 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหัวเทียนแบบ standard และแบบ iridium

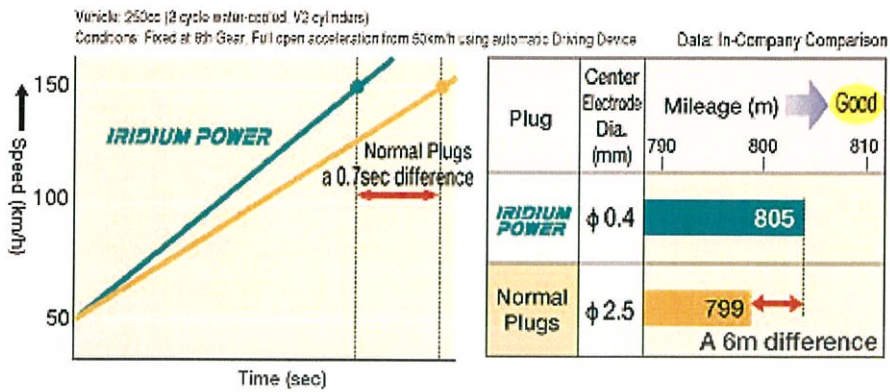
ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจุดระเบิด จุดสำคัญก็คือการที่ทำให้พื้นที่ประกายไฟ (Flame kernel) สามารถขยายตัวให้มีขนาดใหญ่ได้ ซึ่งโดยปกติสามารถทำได้โดยการเพิ่มช่องว่างระหว่างแกนกลางและขั้วหัวเทียน อย่างไรก็ตามผลเสียที่ตามมาคือจะต้องอาศัยแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน หัวเทียนเดินโซ่ อิริเดียม พาวเวอร์สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ด้วยร่องขั้วที่ขั้วหัวเทียน ที่เป็นลักษณะเฉพาะของเดินโซ่ โดยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจุดระเบิดที่เหนือกว่าหัวเทียนธรรมดาทั่วไป แต่ยังคงใช้แรงดันของกระแสไฟฟ้าที่เท่าเดิม

### กำลังเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์



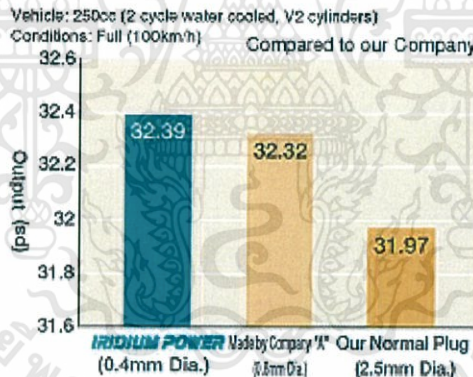
หัวเทียนอิริเดียม พาวเวอร์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจุดระเบิด โดยอาศัยแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำ และผลลัพธ์ที่ได้คือโอกาสในการเกิดอาการหัวเทียนบอดจะน้อยมาก, ช่วยให้การเผาไหม้หมดจดสมบูรณ์, และกำลังของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันต่อผลลัพธ์ที่ได้นี้ เราได้นำเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์มาทดสอบเปรียบเทียบการเผาไหม้ที่หมดจดกว่า จากการใช้หัวเทียนอิริเดียม พาวเวอร์ เมื่อเทียบกับหัวเทียนธรรมดา (ที่ความเร็ว 110 กม./ชม. แรงม้าเพิ่มขึ้น 0.5 หรือ 1.4%

**ช่วยเพิ่มอัตราเร่งของเครื่องยนต์**



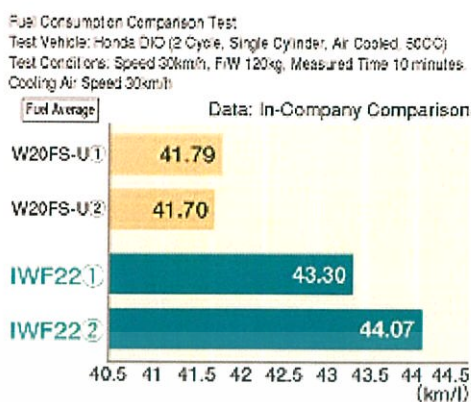
ข้อแตกต่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนจากการใช้หัวเทียนอิริเดียม พาวเวอร์ก็คือการตอบสนองที่ดีขึ้นของอัตราเร่ง ด้วยขนาดของแกนกลางที่เล็กที่สุดเพียง 0.4 มม. และรูปร่างที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะของขั้วหัวเทียน ทำให้หัวเทียนเดินโซ่ อิริเดียม พาวเวอร์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจุดระเบิดได้แม้ในภาวะที่แรงดันไฟฟ้าต่ำ จากตารางเปรียบเทียบด้านล่างจะเห็นข้อแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับหัวเทียนธรรมดา

**กำลังเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น**



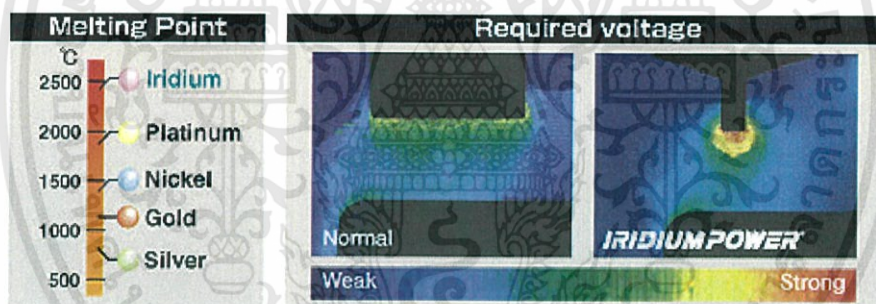
ด้วยแกนกลางอิริเดียมขนาดเล็กเพียง 0.4 มม. ที่เหนือกว่าหัวเทียนชนิดอื่นๆ ทำให้หัวเทียนอิริเดียม พาวเวอร์ สามารถเพิ่มกำลังให้กับเครื่องยนต์ได้ โดยดูจากตารางเปรียบเทียบผลของกำลังเครื่องยนต์ระหว่างหัวเทียนเดินโซ่ อิริเดียม พาวเวอร์กับหัวเทียนประสิทธิภาพสูงชนิดอื่นๆ (แกนกลางขนาด 0.4 มม. ของเดินโซ่เพิ่มกำลังให้กับเครื่องยนต์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหัวเทียนที่มีแกนกลางขนาด 0.8 มม. และ 2.5 มม.)

## ประหยัดน้ำมันและลดเสียงเครื่องยนต์แม้ในระหว่างรอบเดินเบา



ด้วยการจุดระเบิดที่มีประสิทธิภาพจากแกนกลางขนาด 0.4 มม. ของเดินโซ่ อิริเดียม พาวเวอร์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ จากการเปรียบเทียบระหว่างหัวเทียนธรรมดา (W20FS-U) กับหัวเทียนอิริเดียม (IWF22) ในเครื่องยนต์แบบ 2 จังหวะ 50 ซีซี อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลงจาก 41.74 กม./ลิตร เป็น 43.69 กม./ลิตร หรือลดลง 5%

## ความลับเรื่องลิขสิทธิ์อิริเดียมของหัวเทียนเดินโซ่

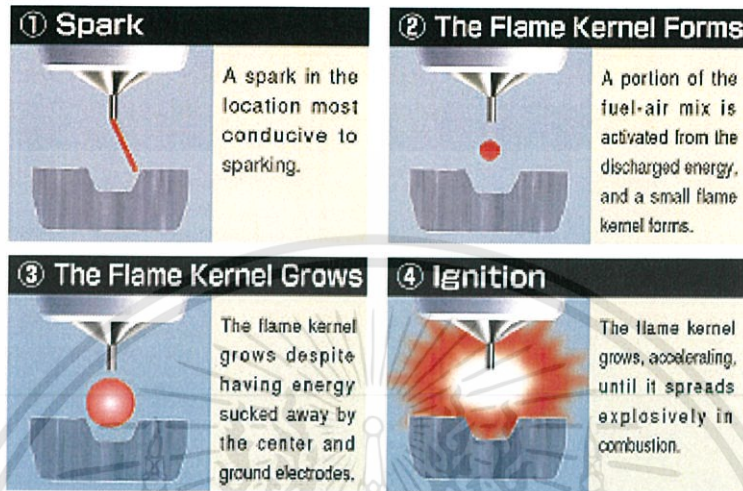


โดยทั่วไปนั้น แกนกลางและขั้วหัวเทียนมักจะทำจากนิกเกิล และ ทองคำขาว แต่ทั้งสองอย่างนี้ไม่ได้เป็นโลหะบริสุทธิ์ แต่ถูกผสมด้วยโลหะอย่างอื่น เพื่อให้เกิดความแข็งแรงและทนทาน ดังนั้นการเลือกชนิดของโลหะที่จะนำมาผสมกัน จึงถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้โลหะผสมนั้นเกิดความแข็งแรงและมีความทนทานที่สุด ด้วยวิธีเดียวกันนี้โลหะอิริเดียมจึงถูกผสมด้วยโลหะโรเดียม โดยชั้นของโรเดียมจะคลุมทับบนอิริเดียม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญทำให้อิริเดียมมีความแข็งแรงและทนทานเป็นเยี่ยม ซึ่งเทคโนโลยีของการผสมกันระหว่างอิริเดียม/โรเดียมนี้ ได้รับการยอมรับจากองค์กรสิทธิบัตรของญี่ปุ่นและอังกฤษ ซึ่งในเดือนมกราคม ปี 1999 ลิขสิทธิ์นี้ได้รับการยืนยันจากประเทศชั้นนำทั่วโลก (ลิขสิทธิ์ เลขที่ – ญี่ปุ่น : 2877035, อังกฤษ : 2302367) เนื่องจากเดินโซ่เป็นผู้ถือลิขสิทธิ์นี้ จึงมีสิทธิ์ในการคิดค้นและออกแบบแกนกลางให้เล็กที่สุดเพียง 0.4 มม.

สิ่งที่ถือว่าสำคัญที่สุดสำหรับประสิทธิภาพการทำงานของหัวเทียนก็คือการจุดระเบิดและการสร้างประกายไฟ ในการสร้างแกนกลางและขั้วหัวเทียนให้เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้คือจุดมุ่งหมายของ

ผู้ผลิตหัวเทียนทั่วโลก และเดินโซ่ถือเป็นผู้นำด้วยการนำเสนอหัวเทียนที่มีแกนกลางเล็กเพียง 0.4 มม. (เล็กที่สุดในโลก ในขณะนี้)

### รูปแบบการสร้างประกายไฟของหัวเทียน



รูปที่ 2.18 รูปแบบการสร้างประกายไฟของหัวเทียน

ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “เขี้ยวดับ (Quenching Effect)” จะเกิดขึ้นจากการดูดซับความร้อนของแกนกลางและเขี้ยวของหัวเทียน โดยที่อาการเขี้ยวดับนี้จะเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อแกนกลางและเขี้ยวหัวเทียนมีขนาดใหญ่ และบางครั้ง อาจเกิดจากการจุดระเบิดใช้ระยะเวลาสั้นเกินไป (ในรูปที่ 4) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจุดระเบิด จึงได้มีการลดขนาดของพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างพื้นที่ประกายไฟและแกนกลาง, เขี้ยวหัวเทียนลง นั่นเป็นสาเหตุหลักๆทำไมแกนกลางและเขี้ยวของหัวเทียนเดินโซ่ อีรีเดียม พาวเวอร์จึงมีขนาดเล็กมาก

## บทที่ 3

# หลักการพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.1 บทนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่คุ้นเคย กล่าวคือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

### 3.2 แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

PIC คือ microcontroller อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของเจ้า microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่ง คำ สั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 uSec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

### 3.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

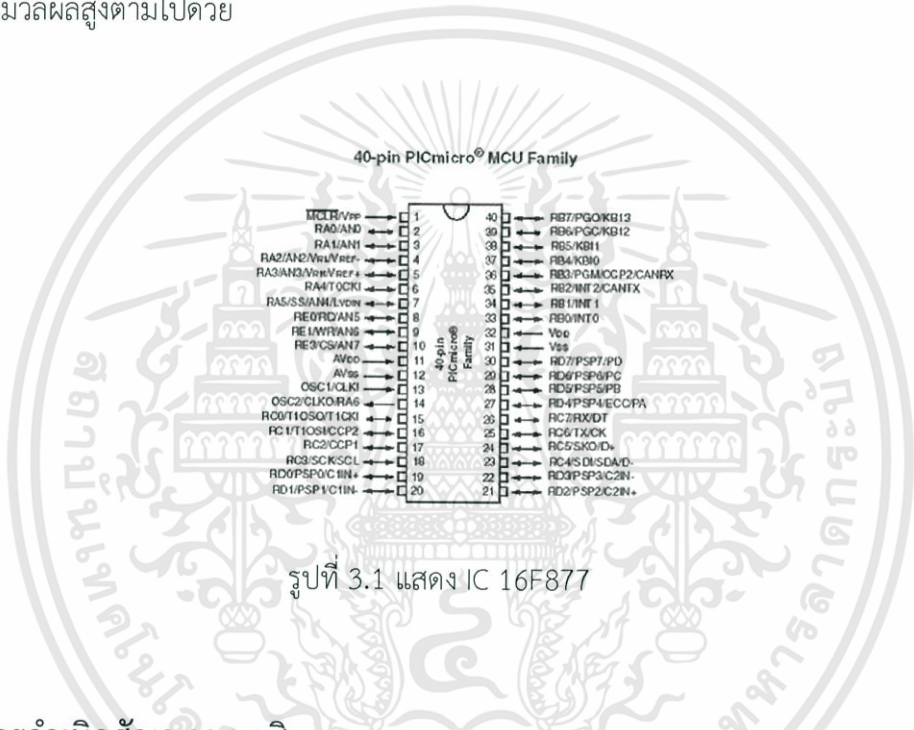
1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

4. ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะการทำงานจะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



รูปที่ 3.1 แสดง IC 16F877

### 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

การทำงานในคำสั่งต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบไปด้วยรอบการทำงาน (Machine Cycle) ในแต่ละรอบการทำงานก็จะประกอบไปด้วยสภาวะเฟดซ์และเอ็กซิกคิว โดยนับหน่วยของรอบการทำงานหรือแมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) สามารถหาได้จาก

$$T = MC \times 12 / f_{-xtal} \tag{3.1}$$

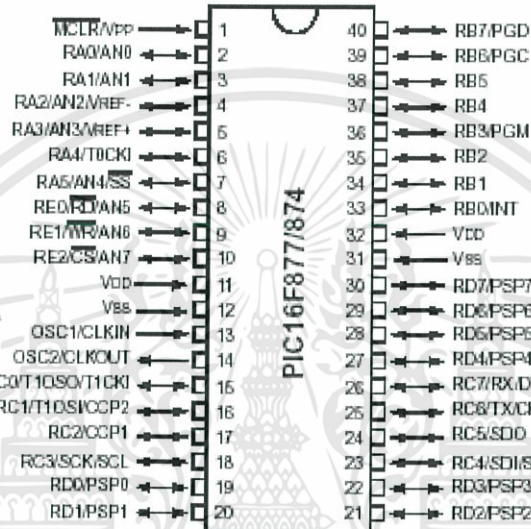
- เมื่อ T คือค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลคำสั่ง
- MC คือจำนวนแมชชีนไซเคิล
- f-tal คือค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้
- 12 คือใน 1 แมชชีนไซเคิล CPU จะใช้ สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัท MICROSHIP เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลายมาก เพราะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีฟังก์ชันต่างๆมากมายอยู่ในตัว และความเร็วการทำงานนี้ จะมีความเร็วในการทำงานมากกว่า CPUทั่วไปที่ความเร็วเดียวกัน เพราะว่า CPUของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ จะใช้เวลาในการกระทำคำสั่งต่าง ๆ เพียง 1หรือ 2 cycle ต่อคำสั่ง เท่านั้นโดยการทางานนี้มีลักษณะการทำงานแบบ Pipe line

#### PDIP



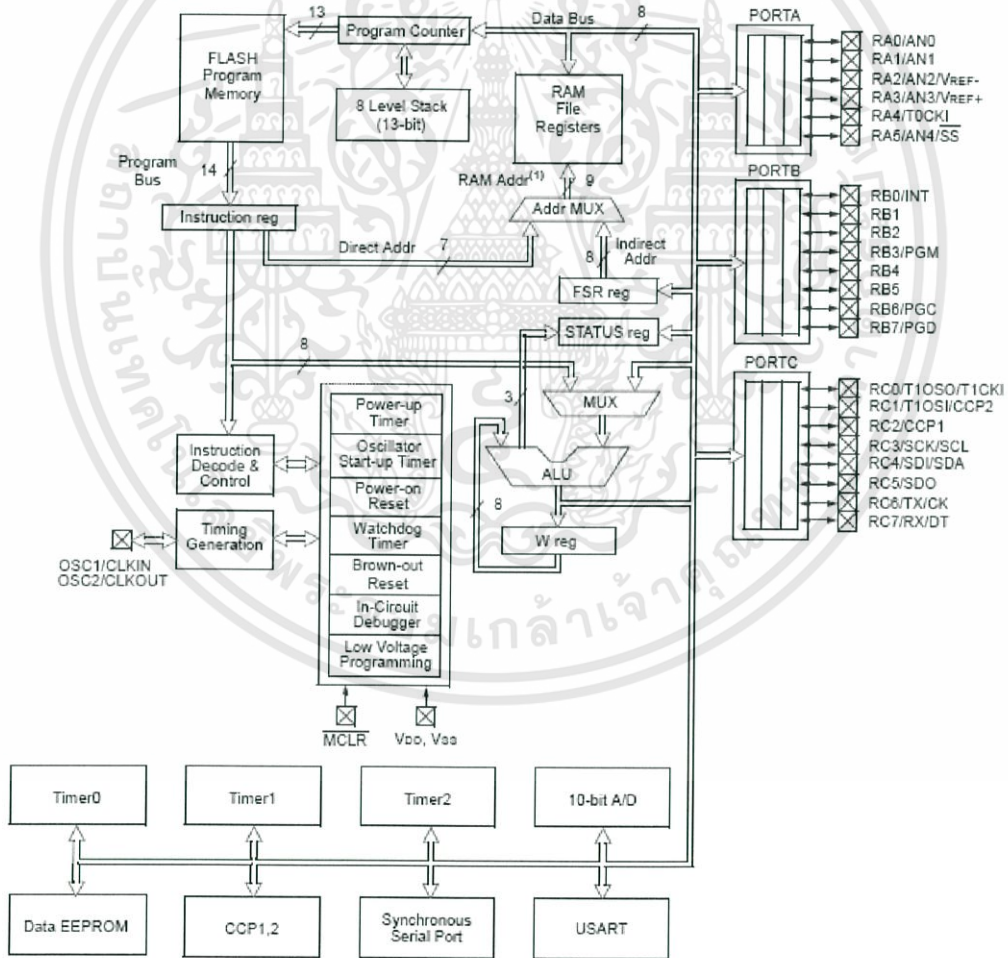
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

#### 3.5.1 คุณสมบัติของ PIC16F877

- ในการปฏิบัติงานใช้เพียง cycle เดียว หรือ 2 cycle ในคำสั่งที่เป็นการกระโดด
- ความถี่สูงสุดที่ใช้งานได้คือ 20MHZ
- มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
- ทำงานแบบ Pipe-lineทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมๆกันได้
- หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8KWord (1 word=14 บิต)
- มี RAM ขนาด 368 ไบต์
- มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
- ตอบสนองกับอินเตอร์รัฟต์ทั้งหมด 14 แหล่ง
- มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีระบบ Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up timer
- Watchdog timer
- มีระบบ Code Protection
- โหมดประหยัดพลังงาน
- สัญญาณนาฬิกาามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือ วงจร RC ก็ได้
- สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5VDC
- มี Timer/Counter 3 ตัว
- มีโมดูล Capture/Compare/PWM อีก 2 ชุด
- มี A-T-O-D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้า ในตัวเอง
- มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต
- มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232



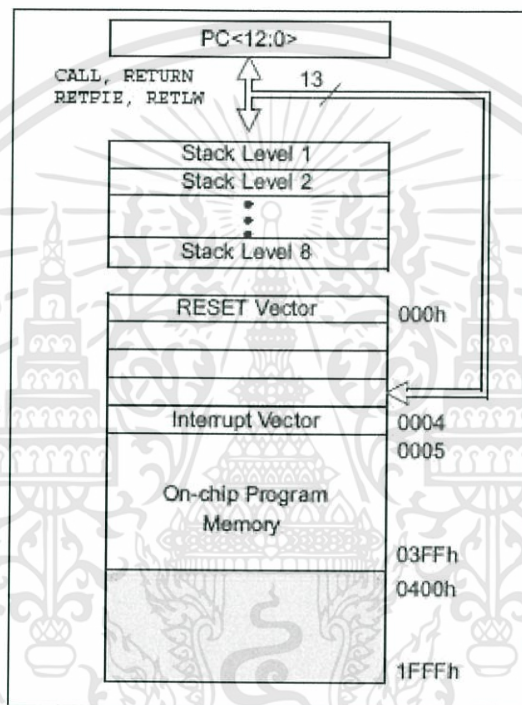
Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.2 การจัดการกับหน่วยความจำโปรแกรม

ใน PIC16F877 มีโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ขนาด 13บิตเพื่อกำหนดการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรม โดยใน PIC16F877 มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม  $8K \times 14$  บิต (หรือ 8 กิโลเวิร์ด) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรมนี้มีความจุของหน่วยความจำโปรแกรมค่อนข้างใหญ่ จึงต้องจัดสรรเป็นเพจ (page) โดยในแต่ละเพจมีขนาด 2 กิโลเวิร์ด ทั้งนี้เนื่องจากชุดคำสั่งเกี่ยวกับการกระโดดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งของหน่วยความจำสูงสุดได้ 2048 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำ

จากรูป 3.4 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC16F877 การจัดสรรดังกล่าวเป็นการจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งอยู่ในช่วง  $0x0000h-0x1FFFh$  สำหรับพื้นที่ 4 แอดเดรสแรกจะสงวนไว้เป็นที่เก็บค่าแอดเดรสรีเซตเวกเตอร์ซึ่งจัดสรรไว้ที่ตำแหน่ง  $0x0000h$  และที่ตำแหน่ง  $0x0004h$  เป็นที่เก็บค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมที่ดีควรกระโดดมาเริ่มต้นทำงานที่แอดเดรส  $0x0005h$  จะเหมาะสมมากที่สุด

### 3.5.3 หน้าทีของพอร์ตที่ใช้งาน

พอร์ต I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต ประกอบไปด้วย A, B, C, D, E และแต่ละพอร์ตจะมีจำนวนบิตที่ไม่เท่ากันซึ่งรวมแล้วจะมีพอร์ต I/O พอร์ตทั้งหมด จำนวน 33 บิต

#### 3.5.3.1 PORT A

มีทั้งสิ้น 6 ช่องหรือ 6 บิตกำหนดชื่อขาเป็น RA0-RA5 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTA มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x05h เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แต่ใช้งานเพียง 6 บิต ที่เหลือ 2 บิต ต้องกำหนดให้เป็น "0" ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISA ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x85h มีขนาด 8 บิต และใช้เพียง 6 บิตเช่นกัน 2 บิตบนคือ บิต 6 และบิต 7 ต้องกำหนดให้เป็น "0" บิต 0 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA0 ไล่เรียงลำดับจนถึงบิต 5 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA5 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุต ต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุตให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้นดังแสดงรูปที่ 3.8

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0
bit 7							bit 0
U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	TRISA5	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0
bit 7							bit 0

รูปที่ 3.5 แสดงบิตของพอร์ต A

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย

พอร์ต A สามารถทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ โดยมีหน้าที่อื่นๆอีกโดยใช้เป็น

ขา RA0, RA1 จะมีการทำงานที่เหมือนกัน ซึ่งสามารถใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณอนาล็อก

ขา RA2 สามารถใช้เป็นขาเอาต์พุตแสดงสัญญาณดิจิทัล, ใช้เป็นอินพุตสำหรับรับสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 0, ใช้เป็นอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก

ขา RA3 สามารถใช้เป็นขารีเซตหลัก

ขา RA4 สามารถใช้เป็นขาต่อคริสตอล, รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก, เป็นอินพุตเกตของไทเมอร์ 1

ขา RA5 สามารถใช้เป็นขาต่อคริสตอล, รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก, เป็นอินพุตรับสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 1

เมื่อ ขาพอร์ต A ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตดิจิตอล จะสามารถรับสัญญาณดิจิตอล ระดับที่ทีแอล (0-5V) ได้โดยตรง หากทำงานเป็นเอาต์พุตจะสามารถขับโหลดที่ต้องการกระแส 20 mA ได้หากนำมาขับ LED ต้องต่อตัวต้านทานจำกัดกระแส หรือถ้าใช้ไฟเลี้ยง 3 V ก็จะสามารถขับ LED ได้โดยตรง

### 3.5.3.2 PORT C

มีทั้งสิ้น 6 บิตกำหนดชื่อขาเป็น RC0-RC5 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x07h เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x87h มีขนาดเช่นเดียวกับพอร์ต A หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุตให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้นดังแสดงรูปที่ 3.6

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0
bit 7							bit 0
U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	TRISC5	TRISC4	TRISC3	TRISC2	TRISC1	TRISC0
bit 7							bit 0

รูปที่ 3.6 แสดงบิตของพอร์ต C

### โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

พอร์ต C สามารถทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตปกติได้ โดย ขา RC0-RC5 จะมีการทำงานที่เหมือนกัน

### 3.5.4 การอินเทอร์รัปต์

การอินเทอร์รัปต์ (interrupt) หรือการขัดจังหวะการทำงานของซีพียู นับเป็นคุณสมบัติที่ต้องมีไมโครคอนโทรลเลอร์ และเป็นคุณสมบัติที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากเมื่อนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยมีเงื่อนไขของการเกิดอินเทอร์รัปต์เป็นจริง จะมีการเซตแฟล็กของอินเทอร์รัปต์นั้นๆขึ้น (ชื่อของแฟล็กจะลงท้ายด้วยตัวอักษร F) จากนั้นจะตรวจสอบว่ามีการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์นั้นๆหรือไม่(ชื่อของการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์จะเหมือนกับชื่อแฟล็กแต่จะลงท้ายด้วยตัวอักษร E)เช่น หากเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์เข้ามาที่ขา RA2 แฟล็ก INTF จะเซต และถ้าหากมีการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์แบบนี้ ซึ่งตรวจสอบจากบิต INTE และมีการเอ็นเอเบิลการอินเทอร์รัปต์รวมไว้ก็จะเกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้นในระบบดังแสดงรูปที่ 3.7

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
GIE	PEIE	TOIE	INTE	RAIE	TOIF	INTF	RAIF
bit 7							bit 0

รูปที่ 3.7 แสดงบิตของการเลือกอินเตอร์รัปต์

นั่นหมายความว่า การจะกำหนดให้เกิดอินเตอร์รัปต์ขึ้นได้ ต้องมีการเตรียมการ 4 ขั้นตอน คือ

1. เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์รวม โดยการเซตบิต GIE ในรีจิสเตอร์ INTCON มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x0Bh/0x8Bh หากบิตนี้ไม่มีการเซต จะไม่มีทางเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นได้ แม้ว่าเงื่อนไขในการอินเตอร์รัปต์ของแหล่งกำเนิดต่างๆ จะเป็นจริง และมีการเอ็นเอเบิลแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์แล้วก็ตาม

2. เอ็นเอเบิลแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์

3. เขียนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ โดยมีแอดเดรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0x0004h

4. รอคอยให้เงื่อนไขของการอินเตอร์รัปต์ในลักษณะต่างๆ เกิดขึ้น

### 3.5.5 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นวงจรสำคัญ ในการนำไปใช้ตรวจจับสัญญาณที่เป็นระดับ เช่น ความดัน ความเร็ว เป็นต้น ในการตรวจจับสัญญาณเหล่านี้เราต้องมีวงจรแปลงสัญญาณเหล่านี้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าก่อน จากนั้นจึงได้แปลงมาเป็นสัญญาณดิจิตอล

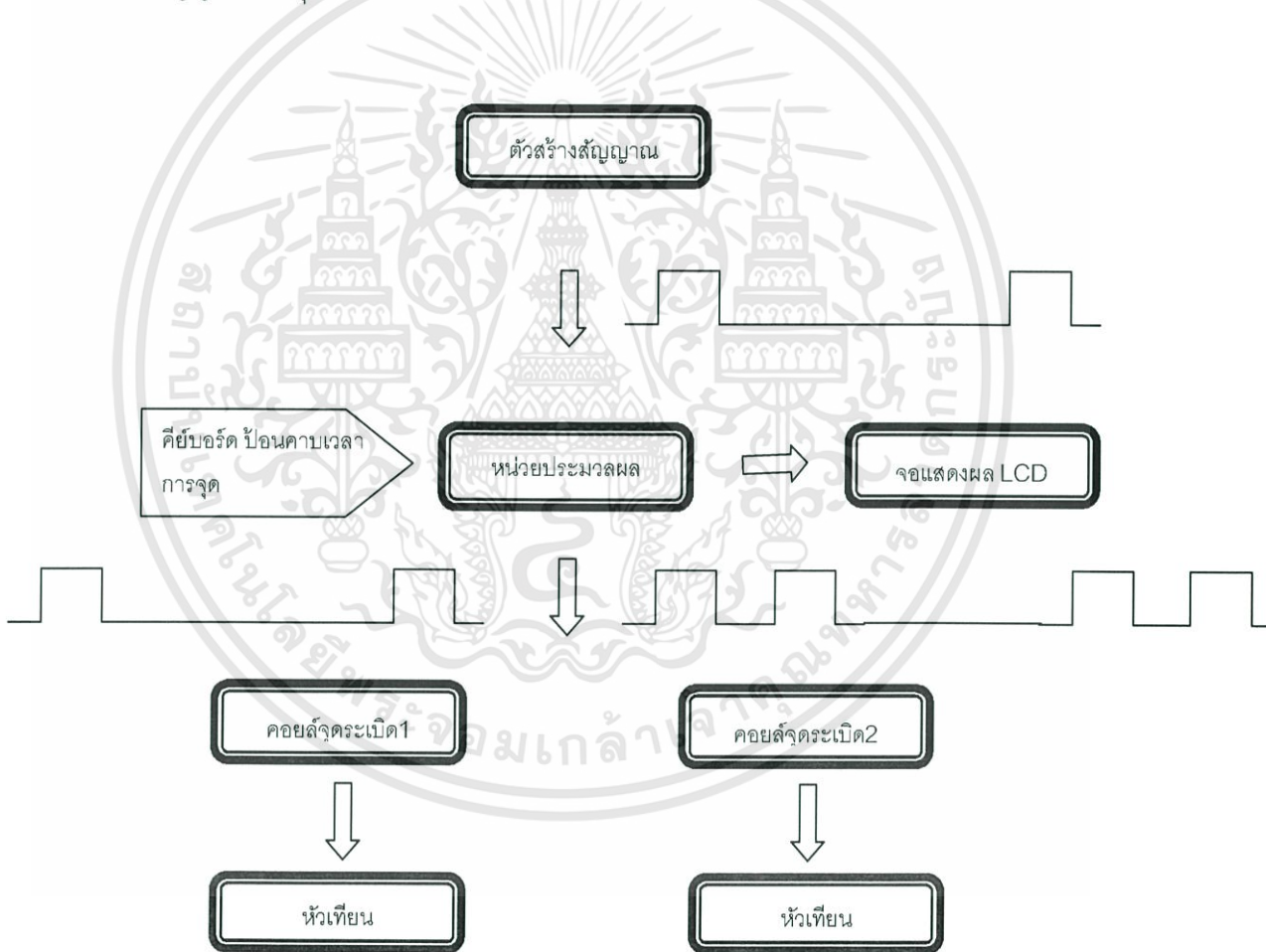
สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F877 จะมีขา I/O ที่รับสัญญาณ A/D ได้ถึง 8 ช่อง โดยใช้ PORT A 5 ขา และ PORT E 3 ขา สำหรับความละเอียดในการแปลงสามารถเลือกได้ 2 ระดับ คือ ระดับ 8 บิต และระดับ 10 บิต โดยระดับ 8 บิตจะแปลงสัญญาณอนาลอก 0-5V มาเป็นดิจิตอลได้ 256 ค่า และระดับ 10 บิตจะแปลงสัญญาณอนาลอก 0-5V มาเป็นดิจิตอลได้ 1024 ค่า

## บทที่ 4

### หลักการออกแบบวงจรจุดระเบิดหัวเทียน

#### 4.1 หลักการเบื้องต้น

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานเบื้องต้น เริ่มจากการสร้างสัญญาณพัลส์จุดระเบิดจากนั้น ป้อน คาบเวลาการจุดที่ต้องการ จำนวนรอบของเครื่องยนต์ และกำหนด Delay ระหว่างการจุดของ สองหัวเทียน แล้วผ่านหน่วยประมวลผล โดยหน่วยประมวลผลจะรับสัญญาณจากวงจรสร้างพัลส์ เพื่อนำไปประมวลผลและสร้างพัลส์ตามเงื่อนไขที่สร้างไว้ในโปรแกรม หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จะผ่านวงจรขับสัญญาณเพื่อจุดระเบิดหัวเทียนต่อไป

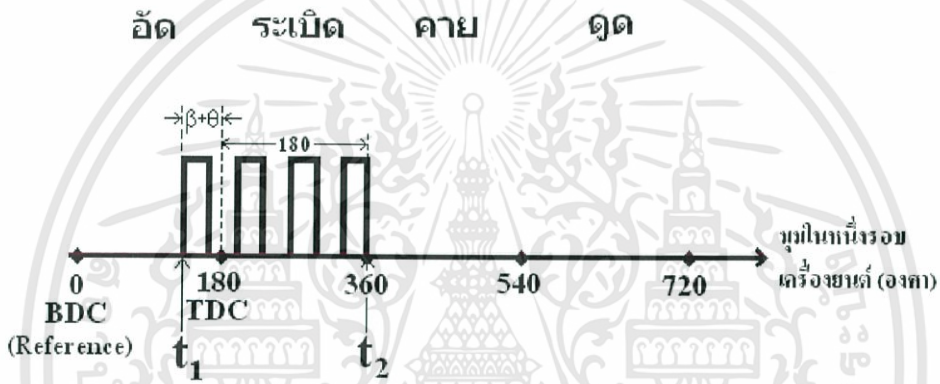


รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรจุดระเบิดหัวเทียน

### 4.2 การออกแบบโปรแกรมกำเนิดสัญญาณพัลส์

ในการจำลองสัญญาณนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อใช้ในการจุดระเบิด ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานได้นั้น จะต้องป้อนโปรแกรมการทำงานให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณTrigger มาจากวงจร 555 Astable (เปรียบเสมือนสัญญาณจากเครื่องยนต์) ในกรณีการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อจุดระเบิดในโครงการครั้งนี้ ได้เลือกใช้ภาษาซี ในการเขียนโปรแกรมควบคุม

### 4.3 การประมวลผล



รูปที่ 4.2 แสดงช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของพัลส์จุดระเบิด

ในส่วนของหน่วยประมวลผล เมื่อได้รับสัญญาณพัลส์จุดระเบิดมาก็จะทำการสร้างพัลส์ย่อย 2, 3, หรือ 4 พัลส์ตามต้องการแต่จุดสิ้นสุด  $t_2$  ของพัลส์จะอยู่ที่มุม 360 องศาแทน ดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นขนาดของพัลส์จุดระเบิดจึงเท่ากับ  $\beta + \theta + 180 = 7 + \theta + 180 = 187 + \theta$  องศา และมี

$$t_1 = \frac{1}{f} \left[ \frac{180 - (\beta + \theta)}{720} \right] = \frac{1}{f} \left[ \frac{180 - (7 + \theta)}{720} \right] = \frac{1}{f} \left[ \frac{173 - \theta}{720} \right]$$

$$t_2 = \frac{1}{f} \left[ \frac{360}{720} \right]$$

$$t_D = \frac{T}{4}$$

ส่วนของการประมวลผลจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F877 ประมวลผลสัญญาณที่ได้มาจากส่วนสร้างสัญญาณจุดความสัมพันธ์ที่ว่า  $t_{MULTIION} = T/4$  เนื่องจากช่วงเวลาการจุดระเบิดของจังหวะระเบิดนั้น เป็น 1/4 ของคาบเวลาหนึ่งรอบเครื่องยนต์ และคำนวณเพิ่มค่าเวลาการจุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

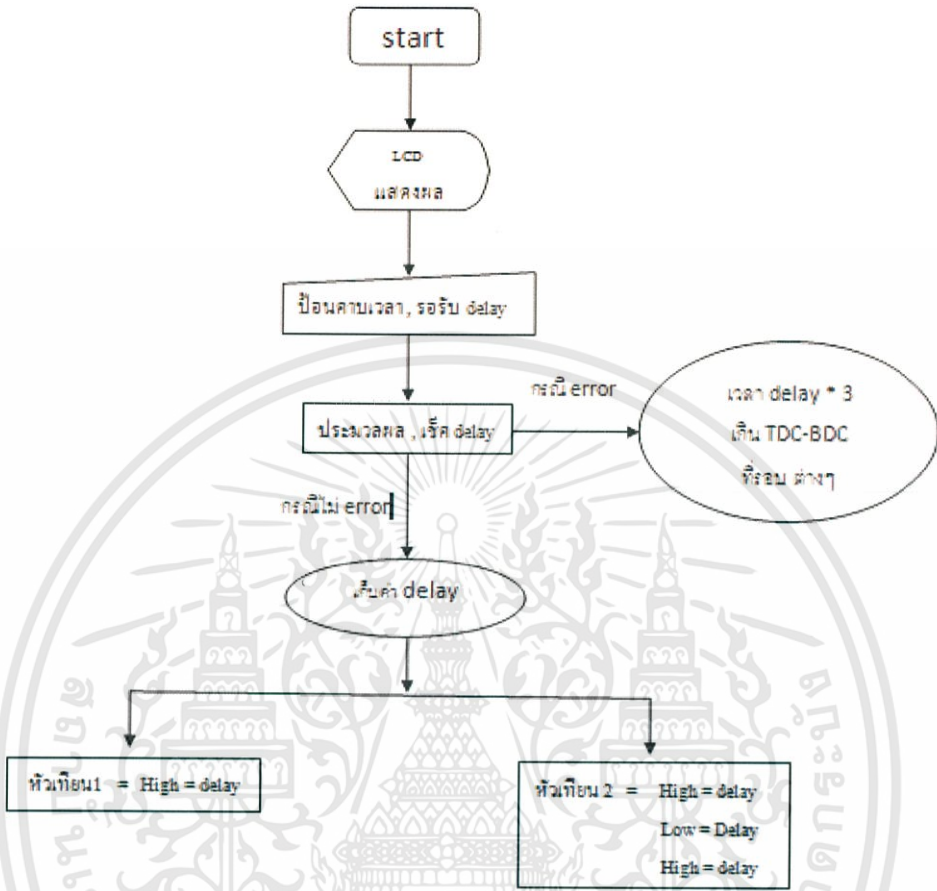
ล่วงหน้าเข้าไปด้วย เมื่อได้ช่วงเวลากการจุดระเบิดของสัญญาณลูกที่ 1  $t_{m1ON}$  แล้ว ก็จะนำพัลส์ลูกที่ 1 ที่มีช่วงเวลา  $t_{1mON}$  นั้นมาสร้างพัลส์จุดระเบิดหารคอยล์ที่ 1 และคอยล์ที่ 2 พร้อมๆกัน เมื่อคอยล์ตัวที่ 1 และ 2 ดับ คอยล์ตัวที่ 2 จะจุดอีกครั้งโดยที่  $T_{on}$  เท่ากับ  $T_{off}$  ของสัญญาณลูกแรก

#### 4.4 แนวความคิด

ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่ หัวเทียนคู่ จะรับสัญญาณพัลส์จากโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ จะรับสัญญาณพัลส์ที่เป็นความถี่เครื่องยนต์มาจากวงจรสร้างพัลส์ (IC555) เมื่อได้รับสัญญาณพัลส์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณจาก IC555 เป็นต้นแบบเวลา ในการสร้างสัญญาณพัลส์ตามที่ได้โปรแกรมไว้ จากนั้นจะส่งสัญญาณพัลส์ที่สร้างต่อไปที่คอยล์เพื่อทำการจุดระเบิดต่อไป เมื่อหัวเทียนจุดระเบิด ที่คาบเวลากการจุดต่างๆกัน จะสามารถมองเห็นเปลวไฟ และเสียงที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ทราบได้ว่าที่คาบเวลาเท่าใด จะใช้ประสิทธิภาพจากคอยล์ และหัวเทียนได้ดีที่สุด



4.5 FLOW CHART

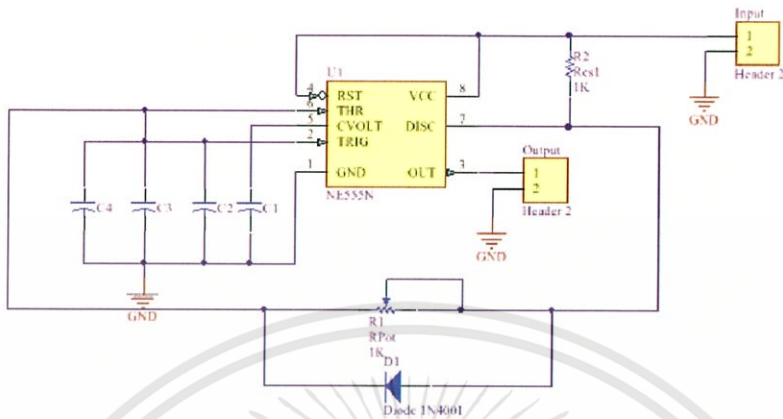


รูปที่ 4.3 FLOW CHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.6 การออกแบบ Schematic

### 4.5.1 วงจรสร้างสัญญาณ 555 astable



รูปที่ 4.4 Schematic 555 astable

$V_r = 50K \text{ ohm}$

$R = 1K \text{ ohm}$

$C = 1 \text{ uF}$

การคำนวณ

$$\text{duty cycle} = R1 / (R1+R2)$$

$$T_{\text{max}} = 0.693(R1+R2) \times C$$

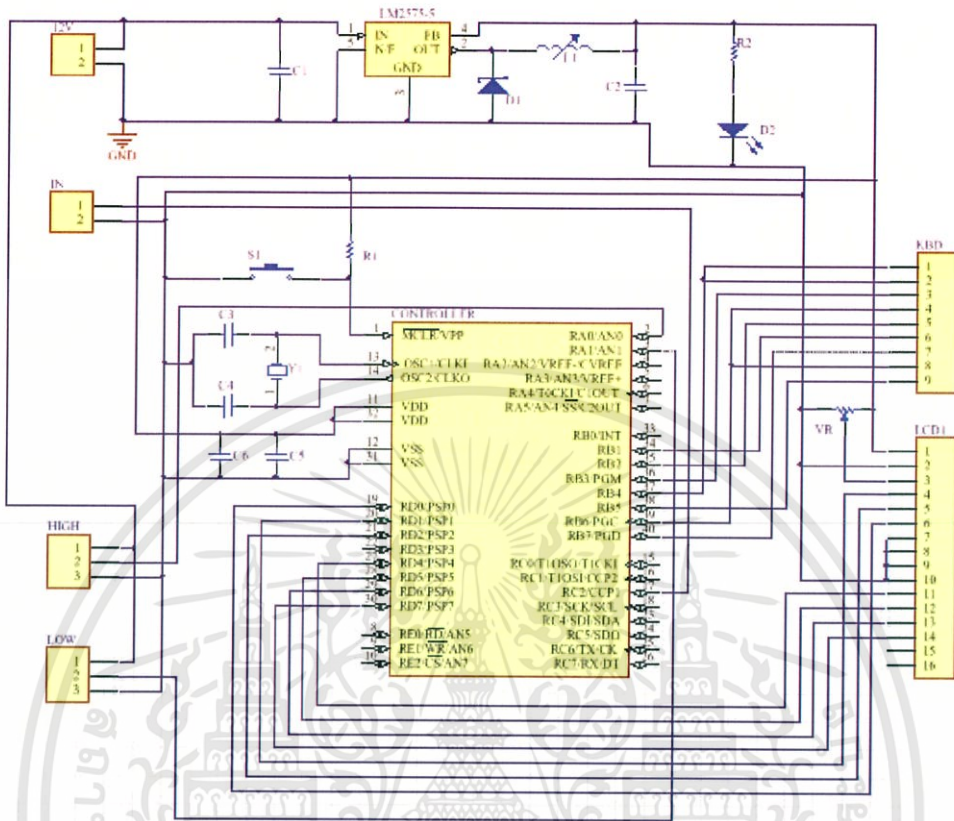
$$T_{\text{min}} = 0.693 \times R2 \times C$$

$$f = 1/T = 1.44 / (R1+R2) \times C$$

$$\text{Duty cycle} = R1+R2 / R1+2R2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.6.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

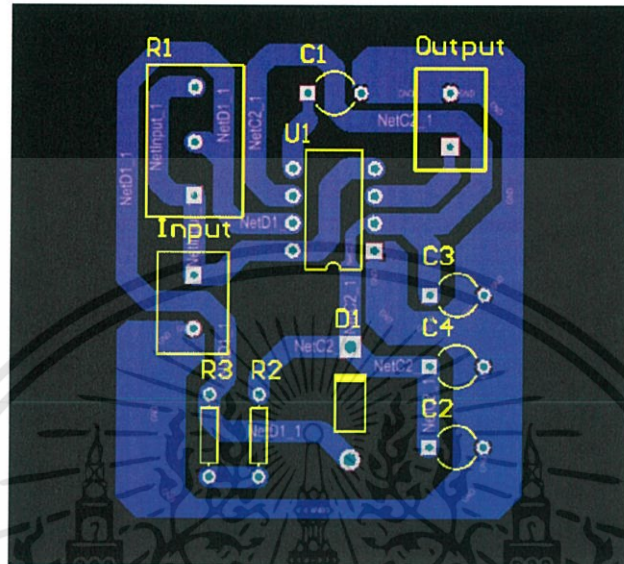


รูปที่ 4.5 Schematic microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

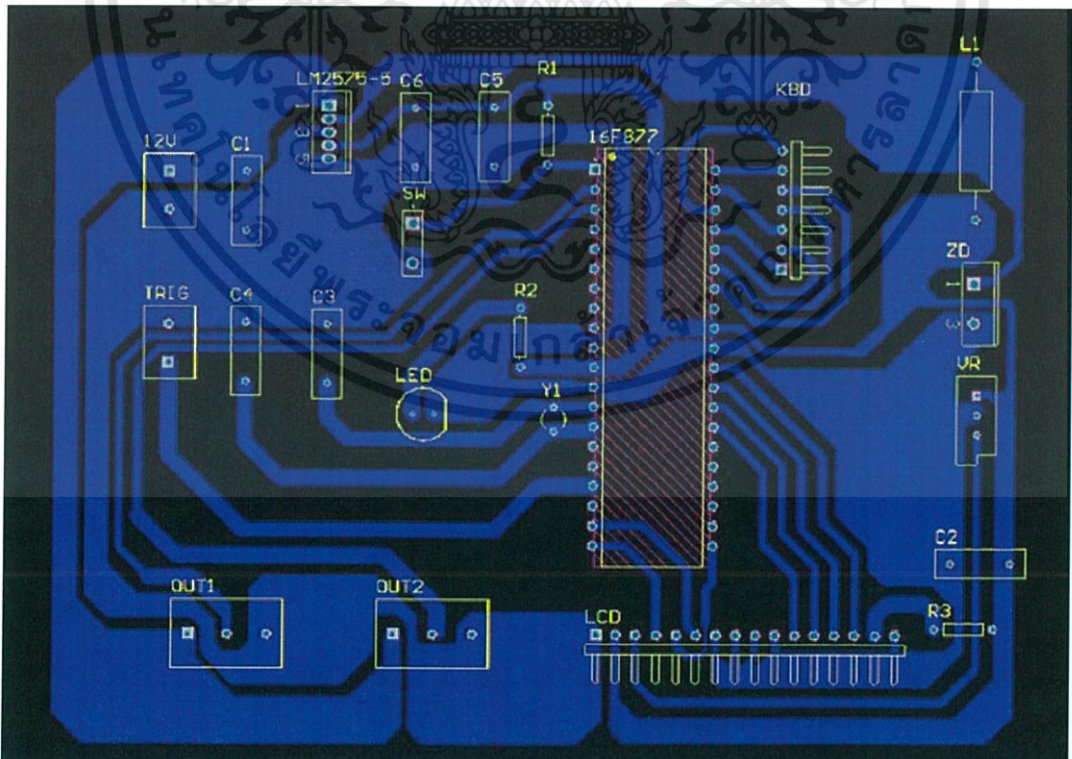
## 4.7 การออกแบบลาย PCB

### 4.7.1 วงจรสร้างสัญญาณ 555 astable



รูปที่ 4.6 PCB 555 astable

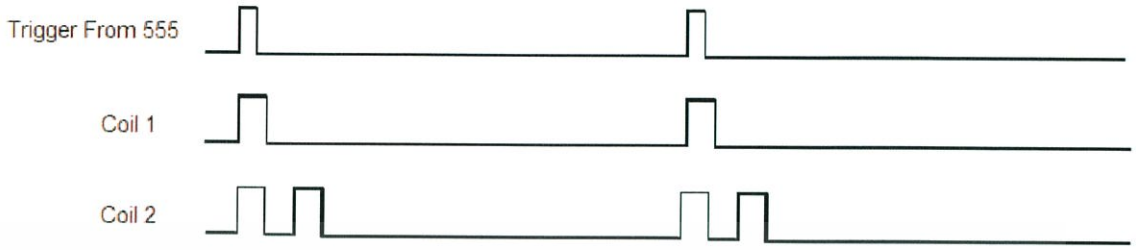
### 4.7.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.7 PCB microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.8 การออกแบบโปรแกรม



รูปที่ 4.8 การออกแบบโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

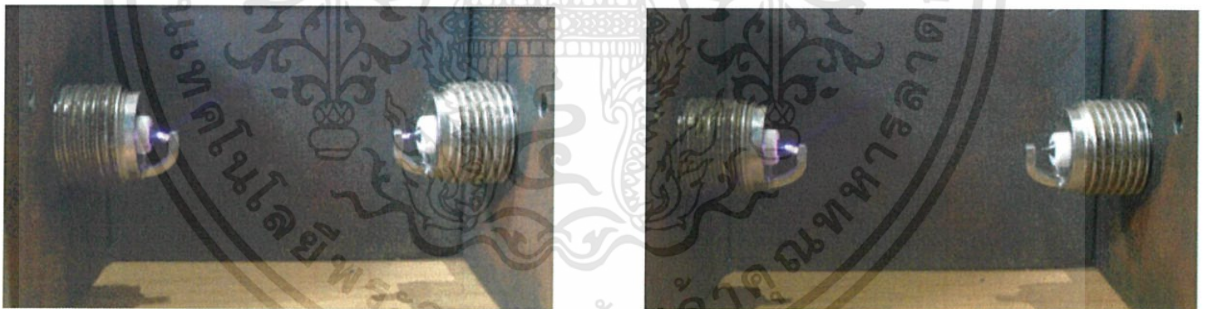
ผลการทดลองที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆ และ ที่ความกว้างพัลส์(Ton) ต่างๆ

#### 1. ช่วงความกว้าง $T_{on}$ เท่ากัน 0.2ms

##### 1.1 รอบเครื่องยนต์ 1000 รอบ/นาที

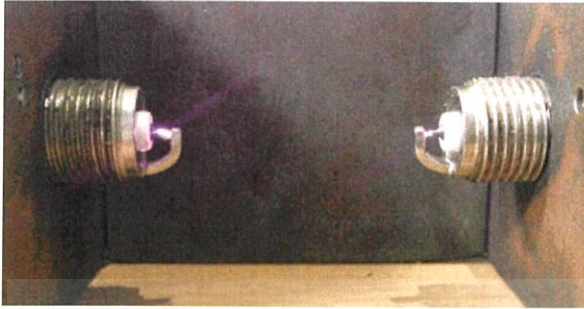


##### 1.2 รอบเครื่องยนต์ 2000 รอบ/นาที

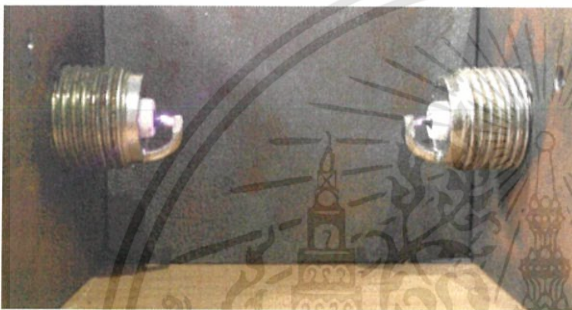


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 รอบเครื่องยนต์ 3000 รอบ/นาที



### 1.4 รอบเครื่องยนต์ 4000 รอบ/นาที



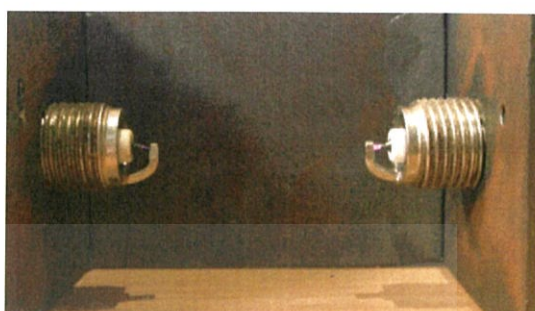
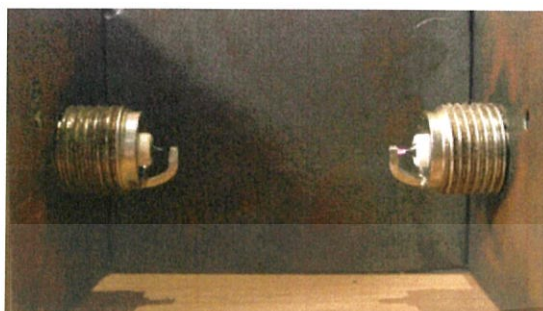
### 1.5 รอบเครื่องยนต์ 5000 รอบ/นาที



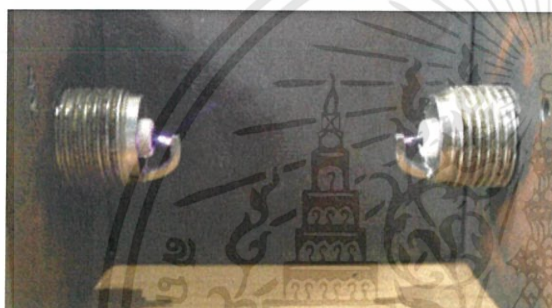
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ช่วงความกว้าง $T_{on}$ เท่ากัน 0.4ms

### 2.1 รอบเครื่องยนต์ 1000 รอบ/นาที



### 2.2 รอบเครื่องยนต์ 2000 รอบ/นาที



### 2.3 รอบเครื่องยนต์ 3000 รอบ/นาที

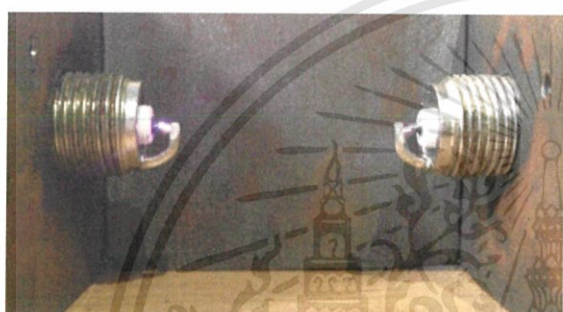


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4 รอบเครื่องยนต์ 4000 รอบ/นาที



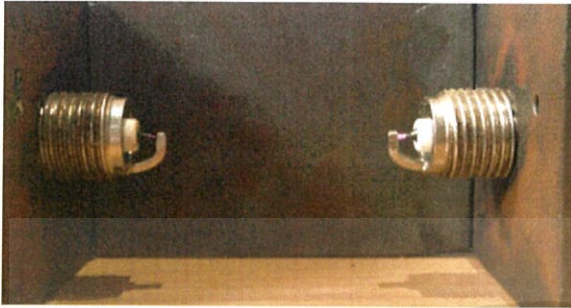
#### 2.5 รอบเครื่องยนต์ 5000 รอบ/นาที



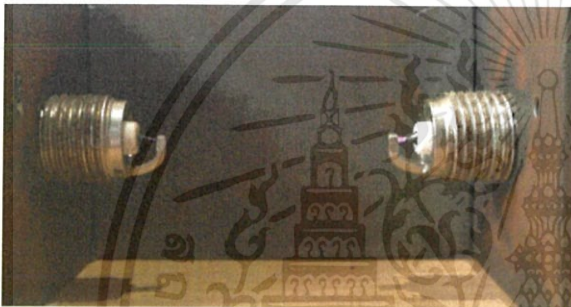
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ช่วงความกว้าง $T_{on}$ เท่ากัน 0.6 ms

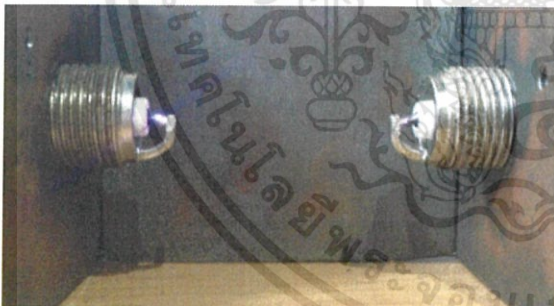
#### 3.1 รอบเครื่องยนต์ 1000 รอบ/นาที



#### 3.2 รอบเครื่องยนต์ 2000 รอบ/นาที

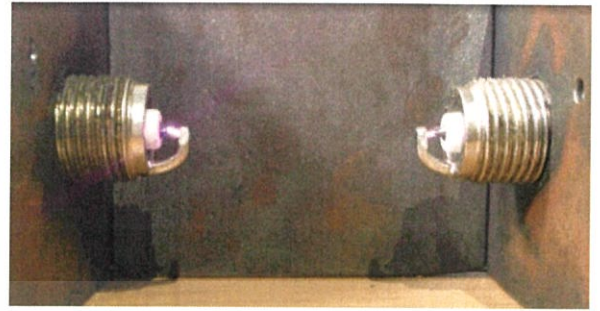
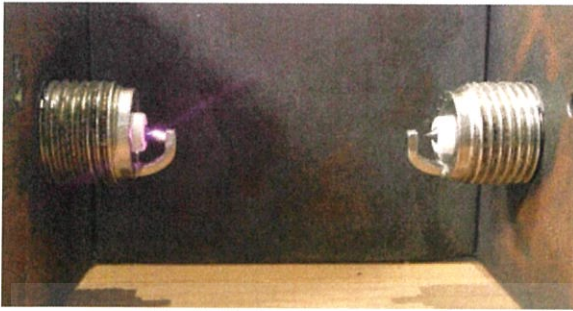


#### 3.3 รอบเครื่องยนต์ 3000 รอบ/นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 รอบเครื่องยนต์ 4000 รอบ/นาที



### 3.5 รอบเครื่องยนต์ 5000 รอบ/นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลอง

#### 6.1 ส่วนการจำลองสัญญาณจตุระเปิด

จากการทดลองและวัดสัญญาณจากวงจรสร้างพัลส์ 555 astable พบว่าสัญญาณที่ได้ มีคาบเวลาตั้งแต่ ประมาณ 2ms - 98 ms ซึ่งเป็นคาบเวลาที่ครอบคลุมรอบเครื่องยนต์ที่ต้องการทดลองคือ 1000 - 5000 รอบต่อนาที สัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 5V. ตามต้องการ

#### 6.2 ส่วนการประมวลผล

จากการทดลองและจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าสามารถสร้างสัญญาณจตุระเปิด 5V โดยสัญญาณจาก output1 และ output2 มีขนาด Ton เท่ากัน แสดงสัญญาณบนออสซิลอสโคปพร้อมๆกันเมื่อมีสัญญาณ Trigger จาก 555 astable เข้ามา เมื่อ output1 และ output2 ดับ และมี delay เท่ากับความกว้างของ Toff output2 จะมีสัญญาณออกมาความกว้างเท่ากับ Ton และดับเพื่อรอสัญญาณ Trigger จาก 555 astable อีกครั้ง

#### 6.3 ส่วนการจตุระเปิด

จากการทดลองจตุระเปิดด้วยหัวเทียนอิริเดียม ที่ความถี่เครื่องยนต์ต่างๆ และความกว้างของพัลส์การจุดต่างๆพบว่า

เมื่อคอยล์จตุระเปิดได้รับสัญญาณพัลส์ขนาด 5 V จากไมโครคอนโทรลเลอร์ คอยล์จตุระเปิด จะทำการแปลงไฟจาก 12 V เป็น highvolt (ประมาณ 20,000 โวลต์) และทำการจุดหัวเทียนตามจังหวะของสัญญาณพัลส์ที่ได้มาจากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผลการจตุระเปิดของหัวเทียนพบว่าจะขึ้นอยู่กับ ความถี่ของรอบเครื่องยนต์ที่ป้อนให้กับวงจร 555 astable และ คาบเวลาการจุดของ Ton ที่ป้อนให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเมื่อป้อนความถี่รอบเครื่องยนต์ต่ำ และคาบการจุดน้อยๆ จะเปิดเปลวไฟที่ปลายหัวเทียนเพียงเล็กน้อย แต่เปลวไฟจะมีความเข้มมาก และถ้าป้อนคาบเวลาการจุดมากๆ จะทำให้เกิดเปลวไฟนานขึ้นและมีความเข้มของเปลวไฟที่เข้มมากเนื่องจากคอยล์มีเวลาในการชาร์จประจุมาก แต่ถ้าป้อนความถี่สูง และป้อนคาบเวลาที่มาก จะเห็นเปลวไฟที่ต่อเนื่อง ปริมาณมาก แต่มีความเข้มน้อย เนื่องจากคอยล์มีเวลาในการชาร์จประจุน้อยลง

## บรรณานุกรม

1. หนังสือ Advance PIC Microcontroller in C การประยุกต์ใช้งาน PIC ขั้นสูงด้วย ภาษา C
2. CD สอน+ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมบน PIC 16f877 ของบริษัท ETT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



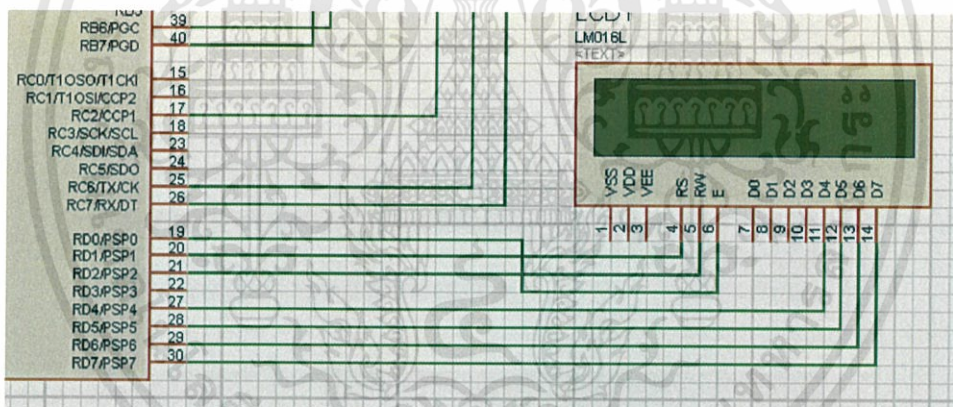
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LCD



GLCD MTB-368 (A-LC-G-0023):

เป็น LCD ในแบบ GRAPHIC TYPE ขนาด 122 x 32 DOT พร้อม LED BACKLIGHT สีส้ม (ORANGE) ชนิด TRANSMISSIVE จะต้องต่อ LED BACKLIGHT จึงจะมองเห็น DOT ของ LED



แสดงการต่อจอ LCD

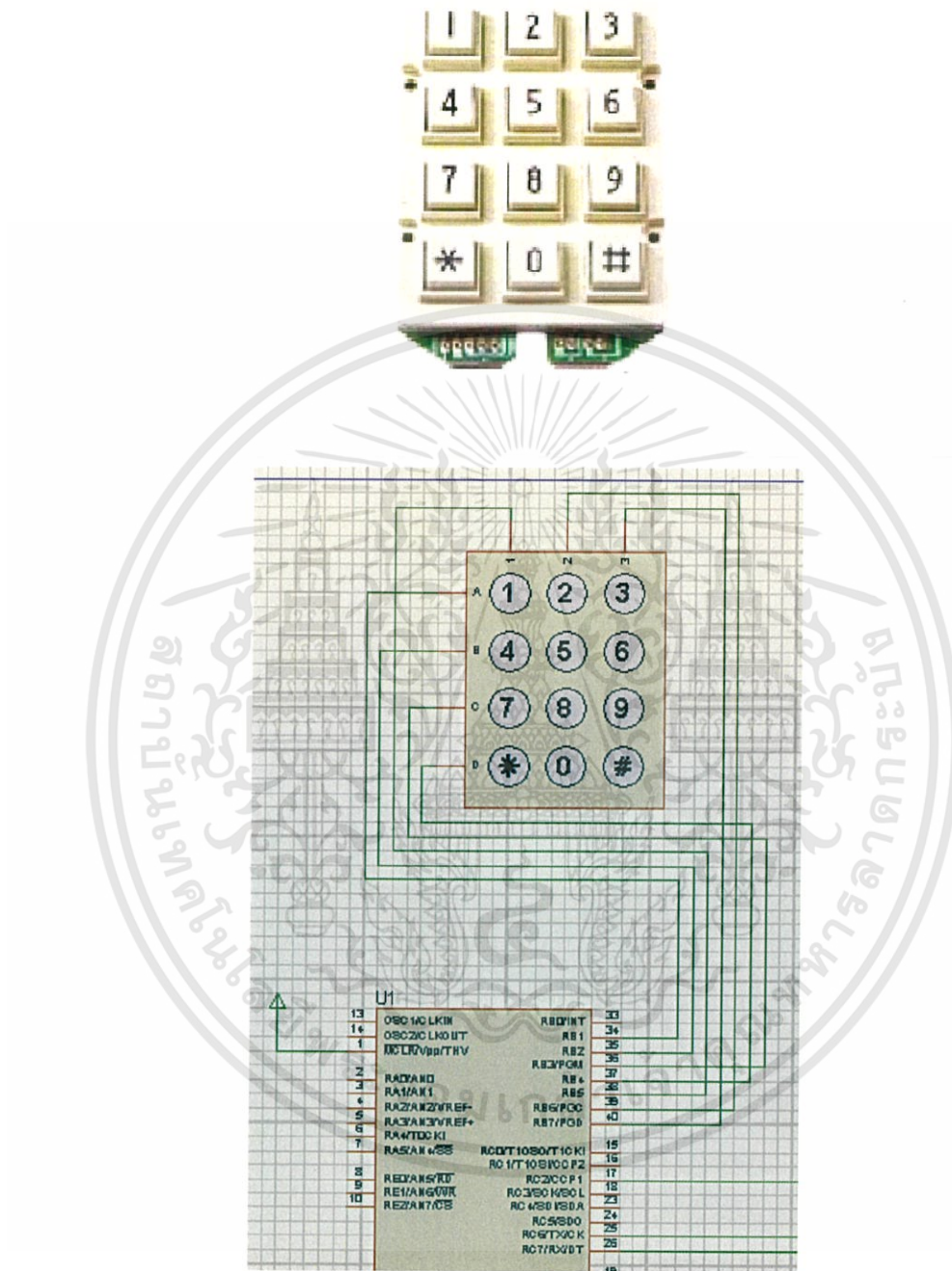
ขาที่ 1 ต่อ กราวด์

ขาที่ 2 ต่อ ไฟเลี้ยง 5V

ขาที่ 3 ต่อ ตัวต้านทานปรับค่าได้

ขาที่ 7 8 9 10 11 ต่อ กราวด์

# Keyboard



รูปภาพแสดงการต่อ keyboard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PIC16F87X



MICROCHIP

## PIC16F87X

## 28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

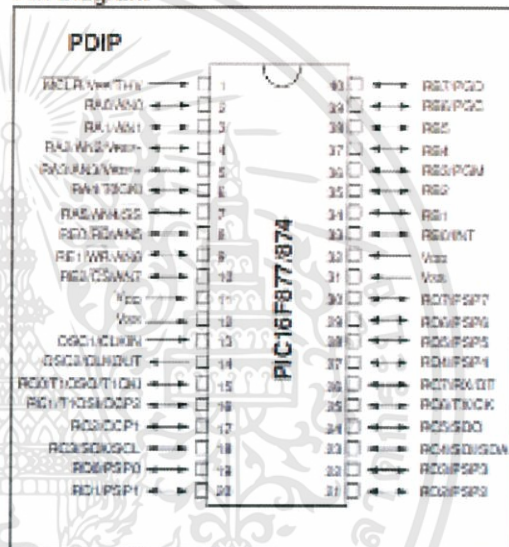
## Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

## Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM data memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and  
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

## Pin Diagram



## Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during sleep via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
Mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม

```

#include <16F877.h>
#include HS,NOPROTECT,NOPUT,NOWDT
#include delay(clock=1000000)
#include use_rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
#define use_portb_kbd
#include <lcd.c>
#include <kbd.c>

unsigned long time,Ton=0;
unsigned int k,kp[4],i,m=0;

#include int_ccp1
void CCP1_ISR(void)
{
time=get_timer1();

output_high(pin_a0);
output_high(pin_a1);
delay_us(Ton);
output_low(pin_a0);
output_low(pin_a1);
delay_us(Ton);
output_high(pin_a1);
delay_us(Ton);
output_low(pin_a1);

set_timer1(0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

```

```
void kbd_pullup_init()
{
    port_b_pullups(true);
}

```

```
void main()
{
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_CCP1);

    lcd_init();
    kbd_pullup_init();

    lcd_putc(" Dual Coil IG \n");
    lcd_putc("ID : 0428 0536");
    delay_ms(1000);
    lcd_putc("\f");
    lcd_putc(" Ton =    us\n");
    lcd_putc(" # >>> ENTER. ");

```

```
while(true)
{
    Ton=0;
    k=kbd_getc();
    if(k!=0)
    {

        if(k=='#')break;

        lcd_gotoxy(9+m,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    lcd_putc(k);
    kp[m]=k-48;
    m++;
    k=0;
}
}

```

```

for(i=0;i<m;i++)
{
    Ton=Ton*10+kp[i];
}
m=0;
printf("\t %Ld",Ton);

    lcd_putc("\f");
    lcd_putc(" COMPLETE \n");
    lcd_putc("PROGRAM RUNNING");

setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_4);
set_timer1(0);

set_tris_a(0x10);
set_tris_b(0xff);

while(true)
{
;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้