

การควบคุมจังหวะการจุดประกายไฟหลายครั้งของหัวเทียนจุดระเบิดแบบ
คอยล์สำเร็จรูปในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

MULTI-TIMES CONTROL OF SPARK PLUG ON DIRECT COIL IN
GASOLINE ENGINE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559
KMUTL-2016-EN-M-040-129

การควบคุมจังหวะการจุดประกายไฟหลายครั้งของหัวเทียนจุดระเบิดแบบ
คอยล์สำเร็จรูปในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

MULTI-TIMES CONTROL OF SPARK PLUG ON DIRECT COIL IN
GASOLINE ENGINE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-040-129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTI-TIMES CONTROL OF SPARK PLUG ON DIRECT COIL IN
GASOLINE ENGINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE MASTER DEGREE
OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-EN-M-040-129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมจังหวะการจุดประกายไฟหลายครั้งของหัวเทียนจุดระเบิดแบบคอยล์สำเร็จรูป
ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

Thesis Title Multi-times Control of Spark Plug on Direct Coil in Gasoline Engine

นักศึกษา นายปรมินทร์ ทิมธรรม

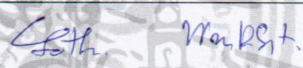
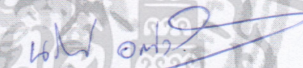
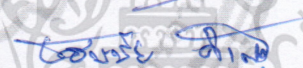
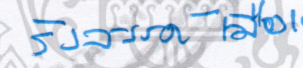
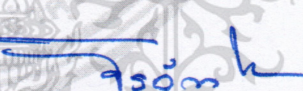
รหัสประจำตัว 54611014

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.จิววัฒน์ ปานกลาง

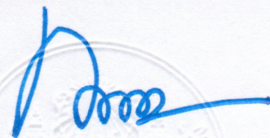
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-040-129

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.โยธิน	วงศ์ประเสริฐ	
ดร.นรินทร์	อดิวงศ์แสงทอง	
ดร.ธวัชชัย	คำศรี	
ดร.รังสรรค์	เมืองเหลือ	
รศ.จิววัฒน์	ปานกลาง	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-301

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมจังหวะการจุดประกายไฟหลายครั้งของหัวเทียนจุดระเบิดแบบคอยล์สำเร็จรูปในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
นักศึกษา	ปรมินทร์ ทิมธรรม
รหัสนักศึกษา	54611014
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ได้ทำการออกแบบวิธีการสร้างประกายไฟจุดระเบิดของหัวเทียนในเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน โดยเพิ่มจำนวนครั้งของการสร้างประกายไฟดังกล่าวให้มากกว่า 1 ครั้งต่อรอบของการจุดระเบิดในจังหวะระเบิดของเครื่องยนต์ โดยให้เวลารวมทั้งหมดของจำนวนครั้งที่มากที่สุดมีค่าไม่เกินกว่าค่าเวลาที่ลูกสูบของเครื่องยนต์เคลื่อนที่จากจุดตำแหน่งการจุดระเบิดปกติก่อนศูนย์ตายบน จนถึงจุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายล่าง ที่ความเร็วรอบสูงสุดของเครื่องยนต์ 8000 รอบต่อนาที จากการออกแบบระบบโดยใช้คอยล์จุดระเบิดสำเร็จรูปที่มีวงจรขับมาพร้อมแล้ว พบว่าจำนวนครั้งของการจุดระเบิดประกายไฟหัวเทียนสามารถทำได้มากถึง 4 ครั้ง โดยที่ค่าแรงดันขาออกของคอยล์จุดระเบิดมีค่าลดลงจากสภาวะการจุดประกายไฟปกติไม่เกิน 10% โดยมีค่าช่วงเวลาในการสะสมประจุของคอยล์จุดระเบิดต่ำสุดคือ 1 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Muti Time Spark Control of Plug on Direct Coil in Gasoline Engine
Student	Mr. Paramin Timtam
Student ID.	54611014
Degree	Master of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Jirawat Parnklang

Abstract

This article presents the design and fabrication of multiple time ignition flame of ignition plug in the 4 stroke internal combustion gasoline engine. The idea concept is to increase the number of controlled ignition voltage signals, so the ignition flame of the spark plug is igniting several times in one engine ignition cycle. Ensuring that the overall signal timing of the maximum ignition period is not over than the period of the engine piston in normal position from Before Top Dead Center (BTDC) to the Bottom Dead Center (BDC) at the maximum 8000 round per minute (*rpm*). Based on the usual gasoline engine ignition system, a complete driver circuit of ignition coil unit, it is found that the new idea of ignition pulse signal of the spark plug can be created up to 4 times while the output voltage of the sample ignition coil decrease not less than 10% compared to the normal ignition signal condition. The lowest accumulated charging time of ignition coil is 1ms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้ ด้วยการให้คำปรึกษา ชี้แนะ แนะนำ และสั่งสอนจาก รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้ ข้าพเจ้ารู้สึกดีใจและ โชคดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้อาจารย์เป็นที่ปรึกษาในการเรียนระดับปริญญาโทฉบับนี้ หากไม่มีคำปรึกษา ชี้แนะ แนะนำ และสั่งสอนจากอาจารย์ ตัวข้าพเจ้าก็มิอาจสำเร็จการศึกษานี้แต่เพียงลำพังได้

นอกจากนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้ติดต่อประสานงานตลอดช่วงระยะเวลาที่ ทำการศึกษาอยู่ในสถาบันแห่งนี้ที่ช่วยเหลือและช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดมา ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์และอาจารย์ในภาควิชาทุกท่านที่มอบความรู้ความสามารถแก่ข้าพเจ้าและขอขอบคุณเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี หากไม่มีทุกๆท่านข้าพเจ้าเองก็มิอาจประสบ ผลสำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ปรมินทร์ ทิมธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ส่วนประกอบของงานวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	4
2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ.....	4
2.1.1 จังหวะดูด (Intake Stroke).....	4
2.1.2 จังหวะอัด (Compression Stroke).....	5
2.1.3 จังหวะกำลัง (Power Stroke).....	5
2.1.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke).....	6
2.2 ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่หัวเทียนคู่.....	7
2.3 โครงสร้างและคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องของคอยล์จุดระเบิดแบบตรง.....	10
2.3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของคอยล์จุดระเบิดแบบตรง.....	11
2.3.2 สัญญาณการจุดระเบิด.....	16
2.4 หัวเทียน.....	17
2.4.1 รูปทรงแกนกลางของหัวเทียน.....	17
2.4.2 ระยะห่างของขั้วหัวเทียน.....	18
บทที่ 3 สัญญาณรูปแบบใหม่ที่ใช้ในการจุดระเบิดหัวเทียน.....	23
3.1 การสร้างสัญญาณรูปแบบใหม่ที่ใช้ในการจุดระเบิดหัวเทียน.....	23
3.1.2 Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ iv อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	24
4.1 การออกแบบระบบจำลองการจุดระเบิด.....	24
4.1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบจำลองการจุดระเบิด.....	25
4.1.2 Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	26
4.2 แรงดันการจุดระเบิดที่ได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด.....	27
4.2.1 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000rpm.....	27
4.2.2 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 4000rpm.....	31
4.2.3 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 6000rpm.....	35
4.2.4 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 8000rpm.....	38
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
เอกสารอ้างอิง.....	43
ภาคผนวก ก.....	45
ภาคผนวก ข.....	49
ภาคผนวก ค.....	59
ภาคผนวก ง.....	61
ประวัติผู้เขียน.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าแรงดันที่ใช้ในการจุดประกายไฟหัวเทียน (X_0) และ ค่าแรงดันที่ได้จากการจุดประกายไฟหัวเทียน (η) ที่ค่าความดัน 10^{-4} และ 10^{-1} ตามค่าระยะห่างของขั้วหัวเทียน (d).....	20
2.2 แสดงค่าเบรกดาว์นของอากาศที่แรงดันบรรยากาศทั่วไป.....	20
4.1 ตารางแสดงผลแรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณจุดระเบิดรูปแบบใหม่.....	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ.....	4
2.2 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะดูด.....	5
2.3 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะอัด.....	5
2.4 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะกำลัง.....	6
2.5 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะคาย.....	6
2.6 ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่หัวเทียนคู่.....	7
2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว (ซ้าย) กับ หัวเทียนคู่ (ขวา).....	8
2.8 แสดงเปอร์เซ็นต์ก๊าซ CO ที่ได้จากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว, หัวเทียนคู่ และ สามหัวเทียน.....	9
2.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพทางความร้อนได้จากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิด แบบหัวเทียนเดี่ยว, หัวเทียนคู่ และ สามหัวเทียน.....	10
2.10 คอยล์จุดระเบิดแบบตรง.....	11
2.11 วงจรภายในคอยล์จุดระเบิดแบบตรง.....	12
2.12 วงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จุดระเบิด.....	12
2.13 วงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จุดระเบิดโดยเปรียบเทียบให้ Spark Plug เสมือนเป็น Air gap.....	13
2.14 กราฟความสัมพันธ์ผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวด ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา.....	15
2.15 กราฟความสัมพันธ์ผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวด ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา.....	16
2.16 แสดงตัวอย่างสัญญาณที่มีช่วงการสะสมพลังงาน (Time Constant) และ ช่วงสภาวะคงที่หลังจากการปลดปล่อยพลังงาน (Steady State).....	17
2.17 แสดงการเกิดประกายไฟได้ง่ายของแกนกลางลักษณะต่างๆ.....	17
2.18 ภาพตัดขวางของหัวเทียน.....	18
2.19 แสดงการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ของประกายไฟของหัวเทียนแบบธรรมดาทั่วไป กับหัวเทียนอิริเดียม.....	19
3.1 ตัวอย่างผลการทดลองเพื่อหาค่า Time ON Stage ที่น้อยที่สุดที่สามารถจุดระเบิดเพื่อ สร้างแรงดันให้อยู่ในระดับเดียวกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง.....	22
3.2 กราฟผลการทดลองหาค่า Time ON Stage ที่มีค่าน้อยที่สุดที่สามารถจุดระเบิดเพื่อ สร้างแรงดันให้อยู่ในระดับเดียวกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานในท้องถิ่นเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 เปรียบเทียบสัญญาณตัวอย่าง (ล่าง) กับ สัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้น (บน) ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000rpm.....	23
4.1 ชุดแบบจำลองการจู่ระเบิดด้วยสัญญาณจู่ระเบิดรูปแบบใหม่.....	24
4.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบจำลองการจู่ระเบิด.....	25
4.3 Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	26
4.4 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	27
4.5 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	28
4.6 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	28
4.7 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	29
4.8 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	29
4.9 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	30
4.10 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	30
4.11 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm.....	31
4.12 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	32
4.14 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	32
4.15 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	33
4.16 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	33
4.17 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	34
4.18 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	34
4.19 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm.....	35
4.20 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm.....	35
4.21 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm.....	36
4.22 สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จู่ระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm.....	36
4.23 สัญญาณแรงดันจากการจู่ระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอยล์จู่ระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24 สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จตุระเปิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm.....	37
4.25 สัญญาณแรงดันจากการจตุระเปิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm.....	38
4.26 สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จตุระเปิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm.....	38
4.27 สัญญาณแรงดันจากการจตุระเปิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm.....	39
4.28 สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ จตุระเปิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm.....	39
4.29 สัญญาณแรงดันจากการจตุระเปิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm.....	40
4.30 ประกายไฟจากหัวเทียนที่ใช้สัญญาณจตุระเปิดตัวอย่าง (ซ้าย) และ ประกายไฟจากหัวเทียนที่ใช้สัญญาณจตุระเปิดรูปแบบใหม่ 3 พัลส์ (ขวา).....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในปัจจุบันมีการพัฒนาเพื่อให้เครื่องยนต์มีขนาดความจุลดลง มีกำลังงานขาออกมากขึ้น อีกทั้งใช้เชื้อเพลิงลดลง รวมทั้งมีค่ามลพิษที่เกิดจากการสันดาปที่ปล่อยออกสู่ภายนอกลดลง มีเสียงในการทำงานทั้งระบบลดลง ซึ่งการพัฒนาการทั้งหมดเบื้องต้นนี้บางครั้งเมื่อพัฒนาให้กำลังงานสูงขึ้นก็ต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นและมีมลพิษเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงพบว่าผู้ผลิตเครื่องยนต์สันดาปภายในเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเมื่อพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีจุดเด่นด้านใดแล้วมักจะทำให้คุณสมบัติด้านอื่นที่ลดลงนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเท่านั้น ซึ่งเป็นวิวัฒนาการที่ได้ซ้ำกว่าข้อกำหนดแต่ละประเทศ

การจุดระเบิดสร้างประกายไฟให้กับหัวเทียนของเครื่องยนต์สันดาปภายในเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนถือเป็นหนึ่งในวิวัฒนาการเพื่อให้ได้การจุดระเบิดที่สมบูรณ์มีมลพิษน้อย เช่น เทคนิคในการจุดระเบิดประกายไฟหัวเทียนในขณะที่เครื่องยนต์กำลังคายไอเสียเพื่อลดมลพิษที่กำลังจะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศโดยการเผาไหม้ซ้ำเชื้อเพลิงที่หลงเหลืออีกครั้งหนึ่งซึ่งการกระทำนี้ไม่ก่อให้เกิดกำลังงานขาออกจากเครื่องยนต์ เป็นต้น เดิมทีนั้นการพัฒนาให้การจุดระเบิดประกายไฟหัวเทียนเพื่อสร้างกำลังงานให้สูงขึ้นนั้น มีการพัฒนาโดยการออกแบบให้ผ่าสับเครื่องยนต์สามารถบรรจุจำนวนหัวเทียนให้มากขึ้น (สูงสุดเพียง 2 หัวเทียน) แต่ก็ยังติดปัญหาจุดติดตั้งที่เหมาะสมตรงที่จุดสร้างประกายไฟจุดระเบิดควรอยู่ที่กึ่งกลางของห้องเผาไหม้ เมื่อพยายามติดตั้งหัวเทียนจำนวนมากเข้าไปแล้วทำให้ตำแหน่งติดตั้งหัวเทียนไม่อยู่ในจุดที่ดีพอ ดังนั้นผู้ผลิตเครื่องยนต์และผู้ผลิตหัวเทียนจึงทำการแก้ไขปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนขั้วไฟฟ้าของหัวเทียนเป็นจำนวน 2, 4 ขั้ว (เดิมมีเพียง 1 ขั้วเท่านั้น) และทำการติดตั้งหัวเทียนดังกล่าวในจุดที่เหมาะสมและดีที่สุดที่จะให้กำลังงานขาออกจากเครื่องยนต์มากที่สุดแต่ยังคงพบปัญหาว่า การเกิดประกายไฟหัวเทียนนั้นเกิดขึ้นเพียงจุดเดียวของขั้วขั้วเล็กโทรดที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุดเท่านั้น ดังนั้นพัฒนาการนี้จึงสามารถแก้ปัญหาหัวเทียนบอดได้เพียงอย่างเดียว กล่าวคือเมื่อขั้วเล็กโทรดที่เกิดการจุดระเบิดมาอย่างยาวนานและไม่สามารถจุดระเบิดได้ต่อไปก็จะหยุดทำงานลงและการจุดระเบิดรอบใหม่ก็จะเกิดขึ้นที่ขั้วหัวเทียนที่ยังเหลือต่อไป นอกจากนี้การพัฒนาให้หัวเทียนมีขั้วไฟฟ้าสร้างจากโลหะที่นำไฟฟ้าได้ดีและมีความสึกกร่อนน้อยสร้างไฟจุดระเบิดได้อย่างแม่นยำจุดเดียวที่ดีที่สุดก็เป็นวิวัฒนาการในขั้นต่อมาจนถึงปัจจุบัน

อย่างไรก็ตามพัฒนาการทั้งหมดของการจุดประกายไฟหัวเทียนดังกล่าวจะดำเนินการสร้างประกายไฟเพียงครั้งเดียวเท่านั้นต่อการจุดระเบิด 1 รอบการทำงานเนื่องจากอุปกรณ์ส่วนควบคุมการจุดระเบิดที่ผ่านมามีข้อจำกัดเชิงกลในการสร้างสัญญาณ แต่ในปัจจุบันนี้อุปกรณ์สร้างแรงดันสูงเพื่อให้เกิดการพังทลายของบรรยากาศรอบๆหัวเทียนในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ได้พัฒนาการให้ 1 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงกว้าง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียนจุดระเบิดต่อ 1 คอยล์จุดระเบิดและวงจรถับคอยล์จุดระเบิดดังกล่าว ด้วยเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์กำลังในวงจรรวม สามารถสร้างให้ชุดควบคุมรวมกับคอยล์จุดระเบิดได้เป็นยูนิต เดียวกัน มีขนาดเล็กกะทัดรัด มีช่วงเวลาในการจุดระเบิดน้อยลง ตอบสนองต่อความถี่ในการจุดระเบิดมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

สร้างแบบจำลองการจุดระเบิดแบบคอยล์เดี่ยวจำนวน 2 คอยล์โดยใช้สัญญาณการจุดระเบิดที่ต่างกันเพื่อเปรียบเทียบการจุดประกายไฟหัวเทียน เพื่อหารูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่ทำให้การจุดประกายไฟสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.3 ส่วนประกอบของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนกำเนิดสัญญาณ ส่วนประมวลผลสัญญาณ และ ส่วนจุดระเบิด

1.3.1 ส่วนกำเนิดสัญญาณ

ส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณต้นแบบเพื่อส่งสัญญาณไปยังส่วนประมวลผลสัญญาณ โดยสัญญาณต้นแบบในงานวิจัยนี้เลือกใช้สัญญาณตัวอย่างสัญญาณต้นแบบที่ใช้ในการจุดระเบิดของ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1.3.2 ส่วนประมวลผลสัญญาณ

ส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณต้นแบบมาจากส่วนกำเนิดสัญญาณมาประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณจุดระเบิดรูปแบบใหม่ที่จะนำไปใช้จุดระเบิดในส่วนจุดระเบิดต่อไป โดยวงจรมประมวลผลสัญญาณจะใช้ PIC16F877 ในการประมวลผลสัญญาณต้นแบบที่รับเข้ามาและสร้างสัญญาณรูปแบบใหม่ โดยสามารถกำหนดรูปแบบสัญญาณที่จะสร้างขึ้นใหม่ได้โดยการป้อนข้อมูลผ่านคีย์บอร์ดและแสดงผลออกที่หน้าจอ LCD จากนั้นส่งสัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้นไปยังส่วนจุดระเบิดเพื่อใช้ในการจุดประกายไฟที่หัวเทียน

1.3.3 ส่วนจุดระเบิด

ส่วนที่รับสัญญาณรูปแบบใหม่มาจากส่วนประมวลผลสัญญาณเพื่อใช้ในการจุดระเบิด โดยสัญญาณรูปแบบใหม่จากส่วนประมวลผลสัญญาณจะถูกส่งไปยังชุดวงจรถับคอยล์จุดระเบิด เพื่อใช้ในการจุดประกายไฟที่หัวเทียน

1.3.4 ส่วนวัดค่าสัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิด

ส่วนที่วัดค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถับคอยล์จุดระเบิด โดยใช้ชุดวงจรถอนแรงดันเพื่อให้ สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถับคอยล์จุดระเบิดมีค่าลดทอนลงมาอยู่ในระดับที่สามารถใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าได้และแสดงผลเป็นรูปสัญญาณแรงดันที่มีค่า Volt Pk-Pk เป็นตัวบอกแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถับคอยล์จุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

สร้างแบบจำลองการจลระเบิดแบบคอลลีคู้หวัเทียณคู้เพือหาค่าการจลระเบิดที่หำให้ระบบจลระเบิดสมบูรณ่มากขึ้นโดยใช้สัญญาณจลระเบิดรูปแบบใหม่ทึสร้างขึ้ ซึ่งสัญญาณจลระเบิดทึสร้างขึ้ใหม่นั้นจะต้องสามารถจลประกายไฟที่หวัเทียณได้โดยสัญญาณจลระเบิดทึสร้างขึ้ใหม่นั้นจะต้องอยู่ในช่วงคาบเวลาของการจลระเบิด

โดยทำการทดลองการจลประกายไฟที่หวัเทียณที่สภาวะแรงดันบรรยากาศหวัไปโดยสัญญาณทึสร้างขึ้ใหม่จะสร้างสัญญาณทึมึขนาดเล็กสุดทึสามารถจลประกายไฟหวัเทียณแล้วได้ค่าแรงดันการจลประกายไฟเท่ากับสัญญาณตัวอย่าง และสัญญาณทึสร้างขึ้ใหม่จะทำการสร้างสัญญาณทึมึจำนวนลुकคลื่นสัญญาณมากที่สุดทึจะทำได้เพือใช้ในการจลประกายไฟหวัเทียณภายในช่วงคาบเวลาของการจลระเบิด ถือเป็ขอบเขตของวิทยานพนธ์นี้

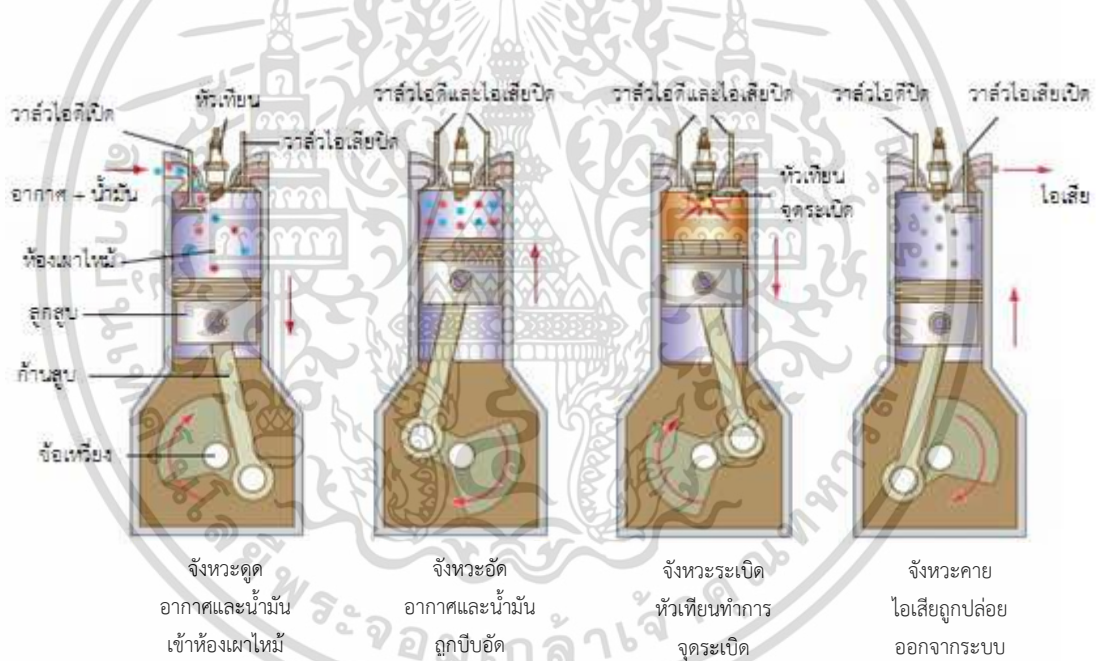
1.5 ผลที่คาคว่าจึได้รับ

- 1 สรุปลผลและหาค่าการจลประกายไฟหวัเทียณด้วยสัญญาณจลระเบิดรูปแบบใหม่ทึสร้างขึ้บนพื้นฐำนระบบจลระเบิดเดิม
- 2 ให้งานวิจัยนี้เป็แนวทางในการพัฒนาเพือเพิ่มประสิทธิภำพการจลระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบต้งๆ ต้อไป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ [1]

เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีหลักการทำงานคือใน 1 กลวัตร (Cycle) ของแต่ละสูบเพลลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบต่อการจุดระเบิดให้กำลังงาน 1 ครั้งนั้นหมายถึงลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น-ลงรวม 4 ครั้ง (ขึ้น 2 ครั้ง และลง 2 ครั้ง) คือเพลลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบที่ 1 ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะดูด (Intake Stroke) ต่อมาลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะอัด (Compression Stroke) เพลลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบที่ 2 ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะกำลัง หรือ จังหวะระเบิด (Power Stroke or Expansion Stroke) สุดท้ายลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะคาย (Exhaust Stroke) ถ้าเครื่องยนต์มีหลายสูบ แต่ละสูบจะทำงานเวียนตามลำดับการจุดระเบิด

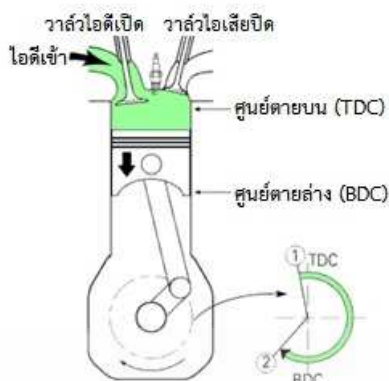


รูปที่ 2.1 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ [2]

2.1.1 จังหวะดูด (Intake Stroke) [3]

วาล์วไอดีจะเริ่มเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบน (ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ในตำแหน่งที่ 1) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน (TDC หรือ Top Dead Center) ไอดี (ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง) จะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายล่าง (BDC หรือ Bottom Dead Center) ไอดีจะยังคงไหลเข้ากระบอกสูบด้วยแรงเฉื่อยจนกว่าวาล์วไอดีจะปิด (ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ในตำแหน่งที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะดูด [3]

2.1.2 จังหวะอัด (Compression Stroke) [3]

เมื่อลิ้นไอดีปิด (ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในตำแหน่งที่ 2) อันเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะอัดซึ่งลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ศูนย์ตายบน จังหวะนี้ไอดีประมาณ 10 ส่วนที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบมาในจังหวะดูด จะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงเหลือประมาณ 1 ส่วน ดังนั้นไอดีซึ่งเป็นส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจึงมีความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้นพร้อมสำหรับการสันดาป

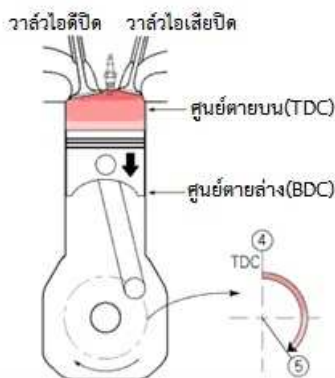


รูปที่ 2.3 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะอัด [3]

2.1.3 จังหวะกำลัง (Power Stroke) [3]

จังหวะกำลัง (Power Stroke) (ซึ่งเริ่มนับจากหัวลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน) หรือ บางครั้งเรียกว่า จังหวะระเบิด (Expansion Stroke) (ซึ่งเริ่มนับจากหัวเทียนเกิดประกายไฟ) กำลังจากการระเบิดหรือการสันดาป (Combustion) ภายในห้องเผาไหม้จะผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาเป็นกำลังงานขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ ในจังหวะนี้จะไปสิ้นสุดจนกว่าลิ้นไอเสียจะเปิด (ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในตำแหน่งที่ 5)

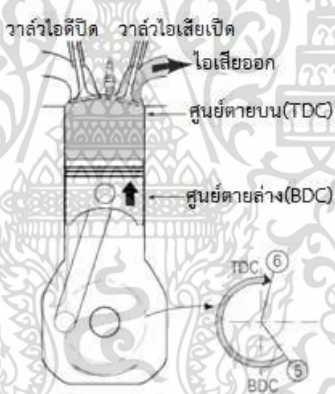
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะกำลัง [3]

2.1.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke) [3]

จังหวะนี้เริ่มต้นจากลิ้นไอเสียจะเริ่มเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายล่าง (ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ในตำแหน่งที่ 5) แก๊สไอเสียซึ่งยังมีความดันจากการขยายตัวอยู่จะระบายออกทางลิ้นไอเสีย เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เลยจากศูนย์ตายล่าง (BDC) จะผลักดันให้ไอเสียไหลออกไปจากกระบอกสูบ



รูปที่ 2.5 จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะในจังหวะคาย [3]

ในเครื่องยนต์สันดาปภายในแก๊สโซลีนที่จุดระเบิดด้วยอุปกรณ์หัวเทียนในปัจจุบัน จะทำการจุดประกายไฟในจังหวะที่เครื่องยนต์อยู่ในจังหวะอัด (compress) และลูกสูบกำลังเคลื่อนที่ก่อนถึงจุดตายบน ซึ่งเรียกรวมกันว่า การจุดระเบิดล่วงหน้า (BTDC) ซึ่งจะเกิดขึ้นในองศาใดขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องยนต์และช่วงเวลาในการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะเริ่มจากจุดปลายของเขี้ยวหัวเทียนและจุดระเบิดเพื่อลุกไหม้เชื้อเพลิงทั่วทั้งห้องเผาไหม้พอดีเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบนพอดีและลูกสูบจะเคลื่อนที่ลงเพื่อสร้างกำลังในการขับเคลื่อนรถยนต์และกำลังจากการระเบิดจะสิ้นสุดลงเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่าง ซึ่งช่วงเวลานับตั้งแต่ว่าหัวเทียนสร้างประกายไฟจนถึงเวลาที่ลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่างคือช่วงเวลาที่งานวิจัยฉบับนี้จะสร้างประกายไฟจุดระเบิดที่หัวเทียนอย่างต่อเนื่องซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = \frac{D + 180^\circ}{360} \times \frac{60}{rpm} \quad (2.1)$$

T คือ เวลาตั้งแต่การจุดระเบิดล่วงหน้าจนถึงเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่าง (วินาที)

D คือ องศาจุดระเบิดที่ศูนย์ตายบน (องศา)

rpm คือ รอบของเครื่องยนต์ใน 1 นาที

ระบบจุดระเบิดในปัจจุบันได้มีการคิดค้นและพัฒนาหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และการลดมลพิษที่เกิดจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้ได้มากที่สุด แนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจุดระเบิดและลดมลพิษจากการจุดระเบิดได้คือ ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่หัวเทียนคู่

2.2 ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่หัวเทียนคู่



รูปที่ 2.6 ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่หัวเทียนคู่ [4]

ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่เปรียบเสมือนการใช้ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา 2 ระบบมา รวมกันโดยคอยล์ทั้งสองจะเชื่อมต่อกันในด้านขดลวดปฐมภูมิ (Primary) ส่วนด้านขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) จะแยกกันไปเชื่อมต่อกับไดโอดแรงดันสูงเพื่อเลี้ยงการรบกวนกันระหว่าง 2 วงจรและ ไดโอดทั้งสองตัวจะไปเชื่อมต่อกับหัวเทียน จากการที่คอยล์ทั้งสองได้เชื่อมต่อกับหัวเทียนร่วมกันจึงทำ

ให้เกิดกระแสรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

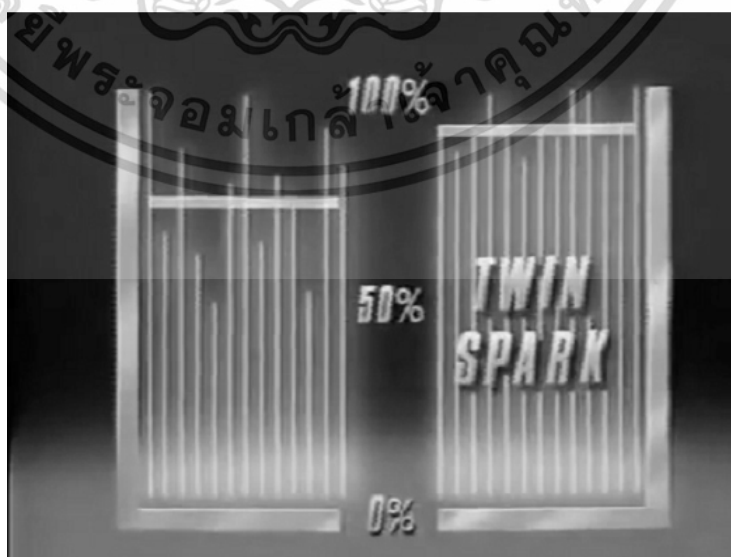
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่ ECU (Engine Control Unit) จะกำหนดสัญญาณการจุดระเบิดให้กับคอยล์จุดระเบิดชุดที่ 1 และ 2 ทำงานสลับกันทุกๆ 180 องศาโดยสัญญาณที่ ECU จ่ายมายังคอยล์จุดระเบิดจะผ่านชุด Power Transistor ที่ทำหน้าที่ขยายกระแสไปยังขดลวดปฐมภูมิ (Primary) ทำให้คอยล์จุดระเบิดสร้างไฟแรงสูงขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) เพื่อจ่ายต่อไปยังหัวเทียน

การใช้ระบบจุดระเบิดแบบคอยล์คู่จะช่วยทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่งผลให้ออเสียดที่ออกมามีสารที่ก่อมลพิษลดน้อยลงและเมื่อระบบ EGR (exhaust gas recirculation) ที่มีหน้าที่ดึงไอเสียกลับไปใช้ในการเผาไหม้อีกครั้งหนึ่งนั้น ทำการดึงไอเสียกลับไปใช้ในการเผาไหม้ก็จะช่วยลดคราบเขม่าที่เกิดขึ้นให้น้อยลงและช่วยให้ระบบ EGR มีความทนทานมากขึ้น มีการเสื่อมสภาพช้าลงทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้เครื่องยนต์เย็นลงและมีการสึกหรอของเครื่องยนต์น้อยลงเมื่อเทียบกับระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ในรถยนต์ทั่วไปจะใช้ระบบการจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยวเพื่อจุดระเบิดเครื่องยนต์ในหนึ่งรอบการทำงาน แต่ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา Alfa Romeo ได้ทำการทดลองโดยการใส่หัวเทียนเพิ่มเข้าไปในระบบจุดระเบิดเครื่องยนต์ทำให้เกิดเป็นการจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่ในหนึ่งรอบการทำงาน โดยออกแบบให้หัวเทียนทั้งสองมีระยะและตำแหน่งที่ห่างกันอย่างเหมาะสม ซึ่งจากการทดลองพบว่าการจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่ในหนึ่งรอบการทำงานของเครื่องยนต์ เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์มากขึ้น ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีมลพิษที่น้อยลงไปด้วย

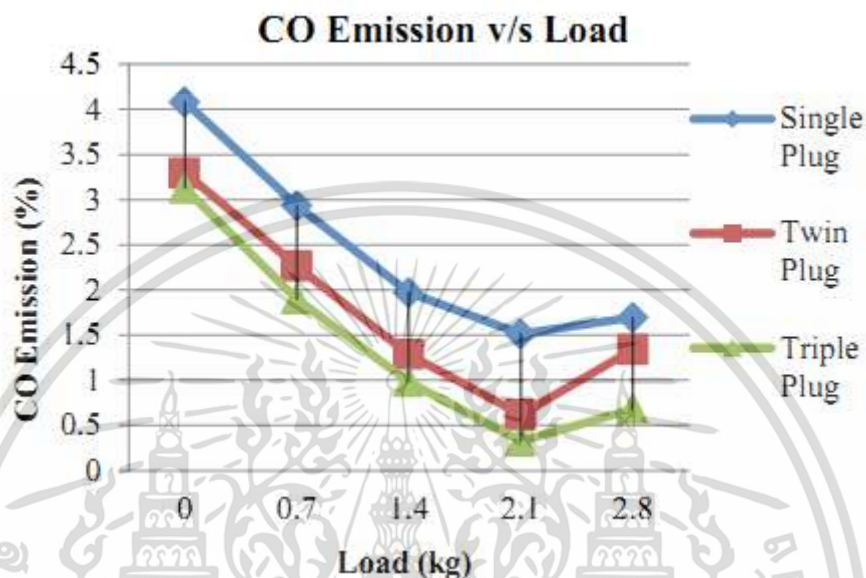
จากการทดลองของ Alfa Romeo พบว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่จะเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ดีกว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว เนื่องจากตำแหน่งการจุดระเบิดที่ครอบคลุมกว่า มีประกายไฟมากกว่า มีแรงดันไฟจากการจุดระเบิดมากกว่า ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าและมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว



รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว (ซ้าย) กับ หัวเทียนคู่ (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

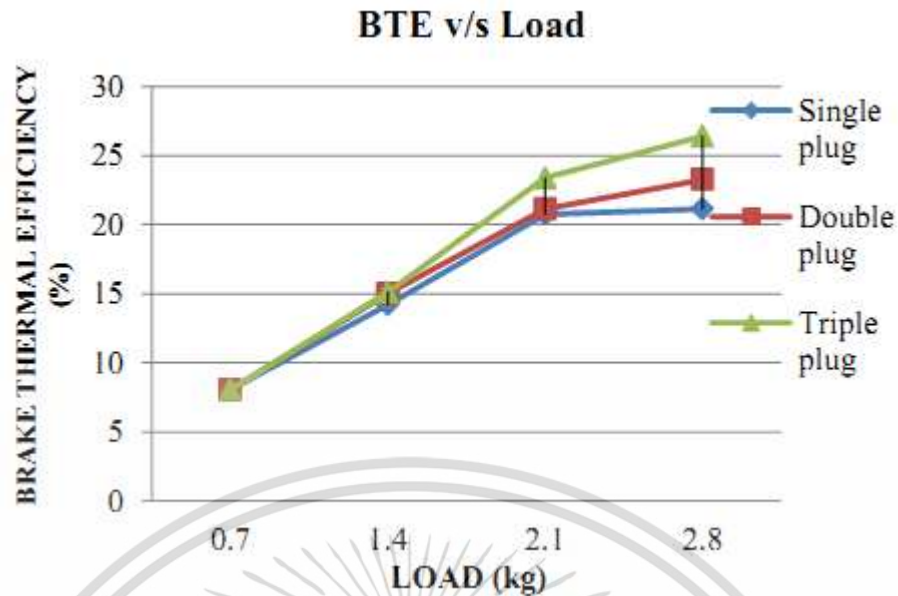
การจุดระเบิดแบบคอยล์คู่่นั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในด้านต่างๆ ได้ดีขึ้นกว่าการจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการเพิ่มความสามารถในการเผาไหม้ที่ดีและสมบูรณ์ขึ้น เกิดคราบเขม่าควันลดลง เกิดก๊าซ CO จากการเผาไหม้ลดลง โดยก๊าซ CO นั้นจัดว่าเป็นก๊าซที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.8 แสดงเปอร์เซ็นต์ก๊าซ CO ที่ได้จากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว, หัวเทียนคู่ และ สามหัวเทียน [5]

จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ก๊าซ CO ที่ได้จากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว, หัวเทียนคู่ และ สามหัวเทียน พบว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่ นั้น สามารถลดก๊าซ CO ที่เกิดจากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิดลงได้จนมีก๊าซ CO เหลือจากการเผาไหม้ของระบบน้อยกว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว

นอกจากการเพิ่มความสามารถในการเผาไหม้ที่ดีและสมบูรณ์ขึ้นแล้ว ระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่ยังสามารถเพิ่มความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือที่เรียกว่าประสิทธิภาพทางความร้อนได้ดีกว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว ซึ่งประสิทธิภาพทางความร้อนจะแสดงถึงกำลังงานที่สามารถเปลี่ยนจากความร้อนได้



รูปที่ 2.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพทางความร้อนได้จากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว, หัวเทียนคู่ และ สามหัวเทียน [5]

จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพทางความร้อนได้จากการเผาไหม้ของระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว, หัวเทียนคู่ และ สามหัวเทียน พบว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนได้มากขึ้นกว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนคู่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนและทำให้กระบวนการเผาไหม้สมบูรณ์ดีขึ้นกว่าระบบจุดระเบิดแบบหัวเทียนเดี่ยว ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองเพื่อสร้างระบบการจุดระเบิดที่จะสามารถเพิ่มประกายไฟให้มากขึ้นเพื่อทำให้มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ดีขึ้นและสามารถเพิ่มแรงดันการจุดระเบิดเพื่อทำให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนจากการจุดระเบิดที่ดีขึ้น

2.3 โครงสร้างและคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องของคอยล์จุดระเบิดแบบตรง

คอยล์จุดระเบิดแบบตรง (Direct Coil) จะมีคอยล์ 1 ตัว ต่อ 1 กระจกสูบ เครื่องยนต์ 4 กระจกสูบจึงมีคอยล์ทั้งหมด 4 ตัว Direct คอยล์จะต่างจากคอยล์ในรุ่นก่อนๆ ที่เป็น คอยล์ชุดเดียวแล้วอาศัยงานจ่ายเป็นตัวหมุนให้สัมพันธ์กับเครื่องยนต์ เพื่อให้จุดระเบิด ข้อดีของ Direct Coil ที่เห็นได้ชัดคือ หากมีคอยล์ตัวใดตัวหนึ่งชำรุดก็ยังสามารถวิ่งได้ แต่กำลังของ เครื่องยนต์จะลดลงจากเดิมทำให้ผู้ขับขี่สามารถประคองรถเพื่อเข้าสู่ศูนย์บริการหรืออยู่ภายนอกเพื่อ เปลี่ยนคอยล์ตัวใหม่ได้ หากเป็นคอยล์ในรูปแบบเก่าถ้าคอยล์ชำรุดก็ต้องลากเข้าอู่อย่างเดียว อีกทั้ง Direct Coil นี้จะไม่มีสายหัวเทียนเหมือนงานจ่ายทำให้ตัดปัญหาเรื่องสายหัวเทียนรั่วหรือขาดได้

ภายใน Direct Coil ประกอบด้วยชุดขดลวดที่เป็นหม้อแปลงแบบ Step Up ทำหน้าที่ยกระดับแรงดันไฟจากแบตเตอรี่ 12V-15V ให้มีค่าอยู่ในช่วง 35,000-40,000 โวลต์ (ค่าแรงดันนี้เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามาตรฐานของการจุดระเบิดของเครื่องยนต์เบนซิน) นอกจากชุดขดลวดแล้วยังมีอุปกรณ์สำคัญอีกตัวหนึ่งก็คือ อุปกรณ์ขับเคลื่อนอาจเป็น Power Transistor หรือ Power Mosfet ก็ได้ แล้วแต่รุ่นทำหน้าที่สวิตช์แรงดันให้กับชุดขดลวด



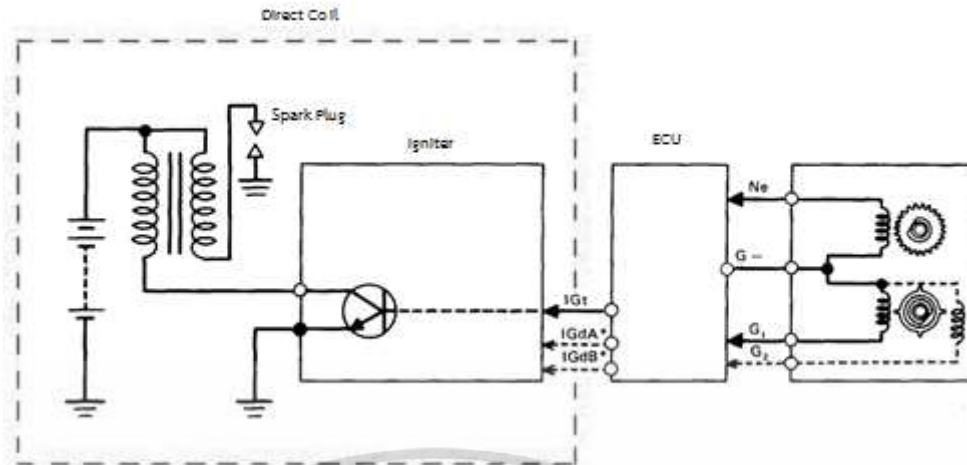
รูปที่ 2.10 คอยล์จุดระเบิดแบบตรง [6]

2.3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของคอยล์จุดระเบิดแบบตรง

หลักการที่ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟแรงสูงการเหนี่ยวนำตัวเอง (self-induction effect) เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวดจนเต็มและถูกตัดวงจรอย่างทันทีทันใด สนามแม่เหล็ก จะยุบตัวลงตัดกับขดลวดเกิดการเปลี่ยนแปลงการเหนี่ยวนำของแรงแม่เหล็กของขดลวดทำให้เกิด แรงดันไฟฟ้าขึ้น

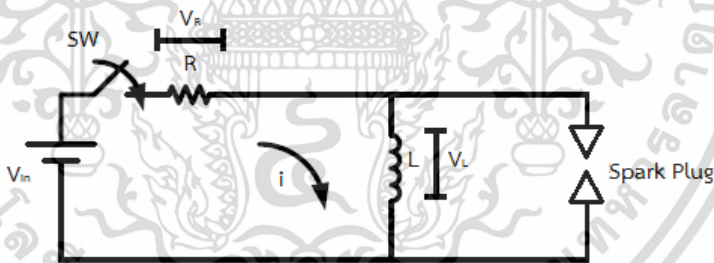
การเหนี่ยวนำร่วม (mutual induction effect) เมื่อขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิที่ผูกพันอยู่รอบๆแกนเหล็กอ่อนเดียวกัน เมื่อขดลวดปฐมภูมิถูกตัดวงจรอย่างทันทีทันใดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กโดยเส้นแรงแม่เหล็กยุบตัวทำให้ขดลวดทุติยภูมิเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนของเส้นแรงแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดมีมากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำก็จะมาก จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิมากก็จะเกิดการเหนี่ยวนำเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้สูง ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กเพื่อที่จะได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงในระหว่างการเหนี่ยวนำร่วม กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรขดลวดปฐมภูมิจะต้องมากและจะต้องถูกตัดวงจรอย่างทันทีทันใด

คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก ตัวต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดปฐมภูมิ จะใช้ขดลวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้จำนวนรอบลดลงความต้านทานลดลงกระแสไฟฟ้าไหลเข้าได้มากและเร็ว การนำความต้านทานภายนอกมาต่ออนุกรมกับขดลวดปฐมภูมิก็เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดมากเกินไปเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำจะทำให้คอยล์ร้อนจนอาจเสียหายได้



รูปที่ 2.11 วงจรภายในคอยล์จุดระเบิดแบบตรง [7]

ภายในตัวคอยล์จุดระเบิดแบบตรงเป็นวงจรรวมที่มีองค์ประกอบภายในต่างๆมากมายโดยแต่ละยี่ห้อก็จะต่างกันไป แต่องค์ประกอบหลักที่สำคัญที่ทุกยี่ห้อจะมีอยู่เหมือนกัน คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) และนอกจากนี้จะต้องมีความต้านทานรวมของวงจรที่ต่ออนุกรมอยู่กับขดลวดปฐมภูมิ (Primary) อีกด้วย วงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จุดระเบิดแบบตรงแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จุดระเบิด

เมื่อทำการปิดวงจรให้กระแสไหลผ่านเข้าสู่ขดลวดปฐมภูมิจะเกิดการสะสมพลังงานที่ขดลวดปฐมภูมิ โดยจะต้องใช้เวลาในการสะสมพลังงานจนพลังงานในขดลวดปฐมภูมิ หลังจากทีพลังงานในขดลวดเต็มจะเป็นช่วงที่ค่าความต้านทานที่ขดลวดปฐมภูมิเป็นศูนย์ ดังนั้นวงจรคอยล์จุดระเบิดจึงต้องมีค่าความต้านทานต่ออนุกรมเพื่อแบ่งแรงดันส่วนหนึ่งเอาไว้หลังจากที่ขดลวดปฐมภูมิสะสมพลังงานจนเต็มแล้วเพื่อไม่ให้ขดลวดปฐมภูมิเสียหาย จากวงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จุดระเบิดแบบตรงสามารถเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณวงจรได้ดังสมการที่ (2.2)

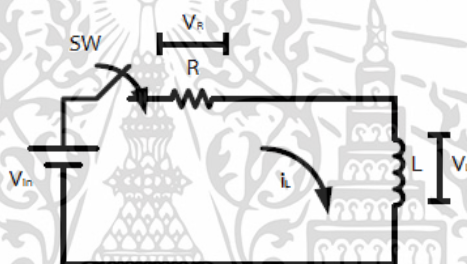
$$V_{in} = V_R + V_L$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{in} = iR + L \frac{di}{dt} \quad (2.2)$$

- V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับชุดวงจรคอยล์จู่ระเบิด
- V_R คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน
- V_L คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิ
- i คือ กระแสที่ไหลในชุดวงจรคอยล์จู่ระเบิด
- R คือ ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน
- L คือ ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

จากรูปที่ 2.12 เปรียบให้ Spark Plug เสมือนเป็น Air gap และนำมาเขียนเป็นวงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จู่ระเบิดได้ใหม่ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วงจรเสมือนเทียบเคียงของคอยล์จู่ระเบิดโดยเปรียบเทียบให้ Spark Plug เสมือนเป็น Air gap

จากรูปที่ 2.13 เมื่อทำการปิดวงจรที่สวิตช์ (SW) กระแสจะไหลผ่านไปยังขดลวดเพื่อทำการสะสมพลังงาน และเมื่อขดลวดทำการสะสมพลังงานจนเต็มแล้ว สวิตช์ (SW) ก็ทำการเปิดวงจร ซึ่งในจังหวะที่เปิดวงจรจะเรียกสภาวะนี้ว่า ผลตอบสนองสภาวะเข้าสู่ศูนย์

จากนิยามค่าคงตัวเวลาของวงจร RL เท่ากับค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำสมมูลหารด้วยค่าความต้านทานเทวินินที่มองจากขั้วของตัวเหนี่ยวนำสมมูล แสดงในสมการ (2.3)

$$\tau = \frac{L}{R} \quad (2.3)$$

τ คือ ค่า ผลตอบสนองสภาวะเข้าสู่ศูนย์ของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและผลตอบสนองสภาวะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือที่เรียกว่าช่วง Time Constant (Time Constant)

ทำการพิจารณาอุปกรณ์วงจรที่ 2.13 ผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ที่เวลา $t \geq 0$ จากวงจรสามารถพิจารณาได้เป็นสมการที่ (2.4)

$$V_{in} = i_L R + L \frac{di_L}{dt}, t \geq 0$$

จัดรูปใหม่โดยนำ L ทหารตลอด จะได้

$$\frac{V_{in}}{L} = \frac{i_L R}{L} + \frac{di_L}{dt}, t \geq 0$$

$$\frac{di_L}{i_L - V_{in}/R} = -\frac{R}{L} dt, t \geq 0$$

ทำการหาปริพันธ์ทั้งสองข้างของสมการ

$$\int \frac{di_L}{i_L - V_{in}/R} = -\frac{R}{L} \int dt, t \geq 0$$

$$\ln(i_L - V_{in}/R) = -\frac{R}{L} t + K, t \geq 0$$

เขียนผลการหาปริพันธ์ในรูปฟังก์ชันเลขชี้กำลัง จะได้

$$i_L(t) = \frac{V_{in}}{R} + Ae^{-(R/L)t} \quad ; \text{เมื่อ } A = e^K$$

แทนค่ากระแสเริ่มต้นเท่ากับ $i(t)=0, t=0$ เพื่อหาค่า A จะได้

$$0 = \frac{V_{in}}{R} + A$$

$$A = -\frac{V_{in}}{R}$$

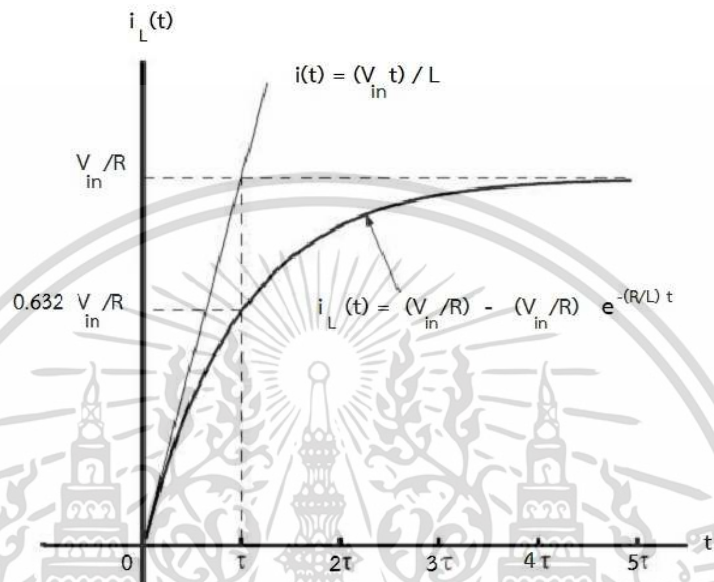
ดังนั้น ผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวด จะได้

$$i_L(t) = \frac{V_{in}}{R} - \frac{V_{in}}{R} e^{-(R/L)t}, t \geq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_L(t) = \frac{V_{in}}{R}(1 - e^{-(R/L)t}), t \geq 0 \quad (2.4)$$

จากสมการที่ (2.4) การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เปลี่ยนไป สามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กราฟความสัมพันธ์ผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา [8]

ดังนั้น จากสมการผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะสามารถหาผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดได้เป็นสมการที่ (2.5)

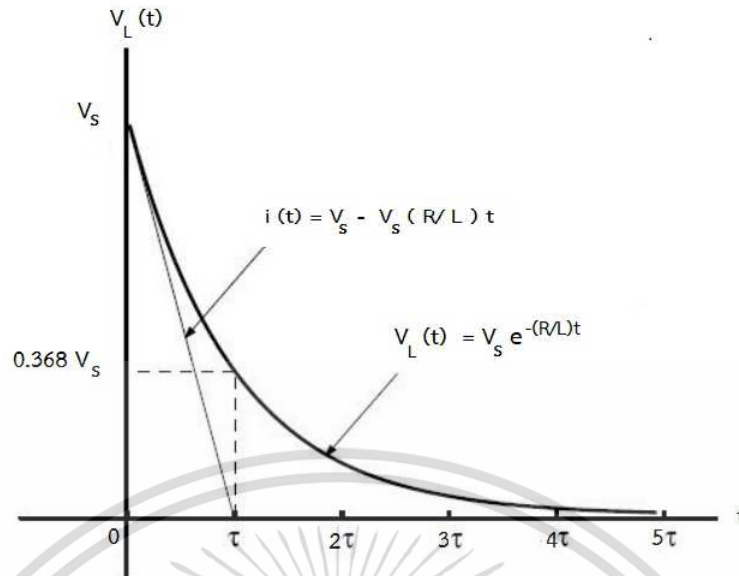
$$V_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$V_L(t) = L \left(-\frac{R}{L} \right) \left(-\frac{V_{in}}{R} \right) e^{-(R/L)t}$$

$$V_L(t) = V_{in} e^{-(R/L)t}, t > 0 \quad (2.5)$$

จากสมการที่ (2.5) การเปลี่ยนแปลงของแรงดันตกคร่อมขดลวดที่เปลี่ยนไปตามเวลาที่เปลี่ยนไป สามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

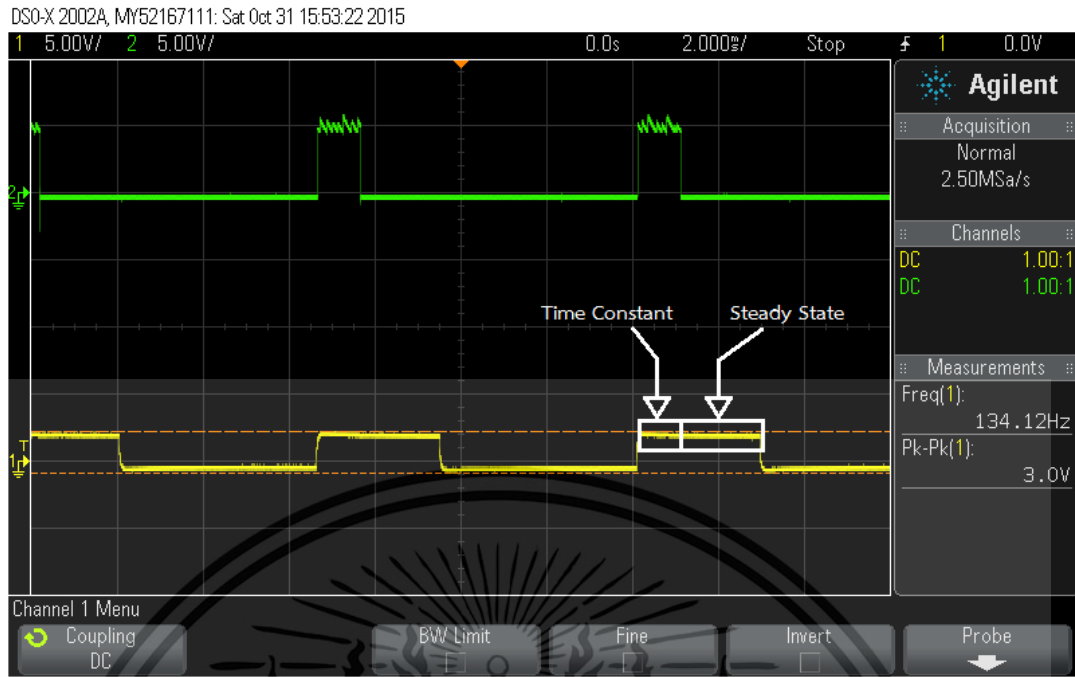


รูปที่ 2.15 กราฟความสัมพันธ์ผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา [8]

จากการพิสูจน์คุณสมบัติทางไฟฟ้าของคอยล์กระแสเปิดแบบตรงโดยการทำเป็นวงจรเสมือนเทียบเคียงเพื่อให้สามารถคิดคำนวณออกมาเป็นสมการต่างๆได้ ทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือที่เรียกว่าช่วง Time Constant และช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เปลี่ยนไปก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State)

2.3.2 สัญญาณการจู่ระเบิด

สัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดของรถยนต์ในแต่ละยี่ห้อขึ้นแตกต่างกันออกไป แต่โดยทั่วไปสัญญาณที่ใช้ในการจู่ระเบิดจะต้องมีช่วงการสะสมพลังงานและปลดปล่อยพลังงาน โดยช่วงผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและผลตอบสนองสถานะเข้าสู่ศูนย์ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือที่เรียกว่าช่วง Time Constant โดยช่วงเวลาที่ใช้ในการสะสมพลังงานสามารถดูได้จากรูปที่ 2.16 เมื่อพลังงานสะสมจนเต็มแล้วถูกตัดวงจรอย่างทันทีจะเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาโดยพลังงานที่ปลดปล่อยออกมานั้นจะมีช่วงสูงสุดแค่ช่วงแรกที่ปลดปล่อยพลังงานออกมาและหลังจากนั้นจะค่อยๆลดลงเล็กน้อยและเข้าสู่สภาวะคงที่ในที่สุด สภาวะคงที่ของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมานั้นเรียกว่า Steady State โดยสภาวะคงที่ของแรงดันที่ปลดปล่อยออกมาสามารถดูได้จากรูปที่ 2.16



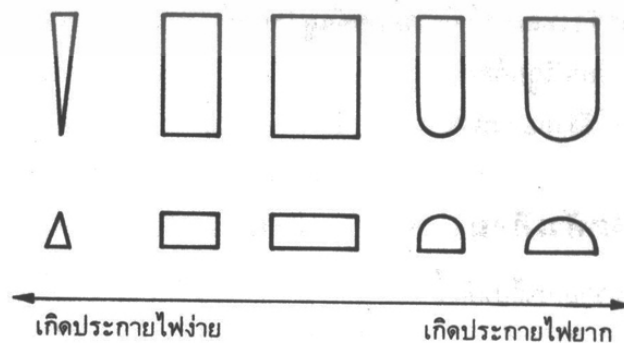
รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างสัญญาณที่มีช่วงการสะสมพลังงาน (Time Constant) และ ช่วงสภาวะคงที่ หลังจากการปลดปล่อยพลังงาน (Steady State)

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สัญญาณจตุระเปิดและคอยล์จตุระเปิดแบบตรงชนิดมาตรฐานที่ใช้อยู่ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนในปัจจุบัน โดยสัญญาณตัวอย่างมีค่าแรงดันอยู่ที่ประมาณ 3V และมีค่าคาบเวลาของสัญญาณพัลส์ประมาณเท่ากับ 3.9ms

2.4 หัวเทียน [9]

หัวเทียนเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จุดประกายไฟฟ้าให้ไอเกิดการเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยประสิทธิภาพการจุดระเบิดของหัวเทียนจะดีได้ต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก ดังนี้

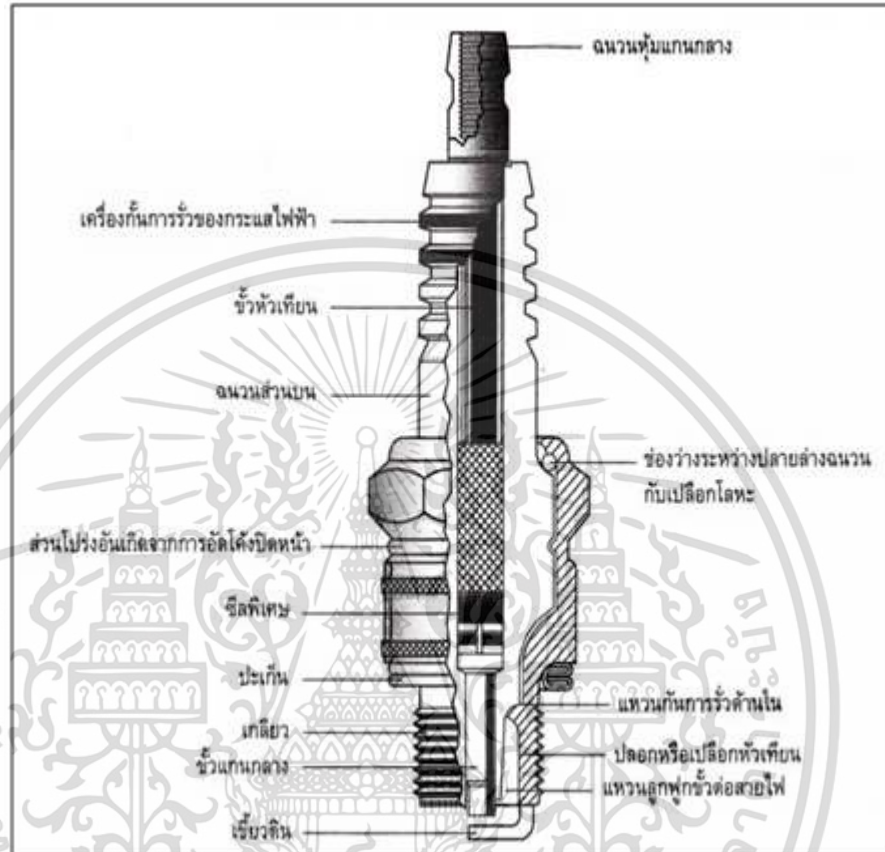
2.4.1 รูปทรงแกนกลางของหัวเทียน (Electrode) จะพบว่าขั้วแกนกลางหัวเทียนที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมหรือแบบปลายแหลมจะให้ประกายไฟได้ดีกว่าแกนกลางที่มีรูปทรงกลมมน แต่อายุการใช้งานสั้นกว่า



รูปที่ 2.17 แสดงการเกิดประกายไฟได้ง่ายของแกนกลางลักษณะต่างๆ [9]

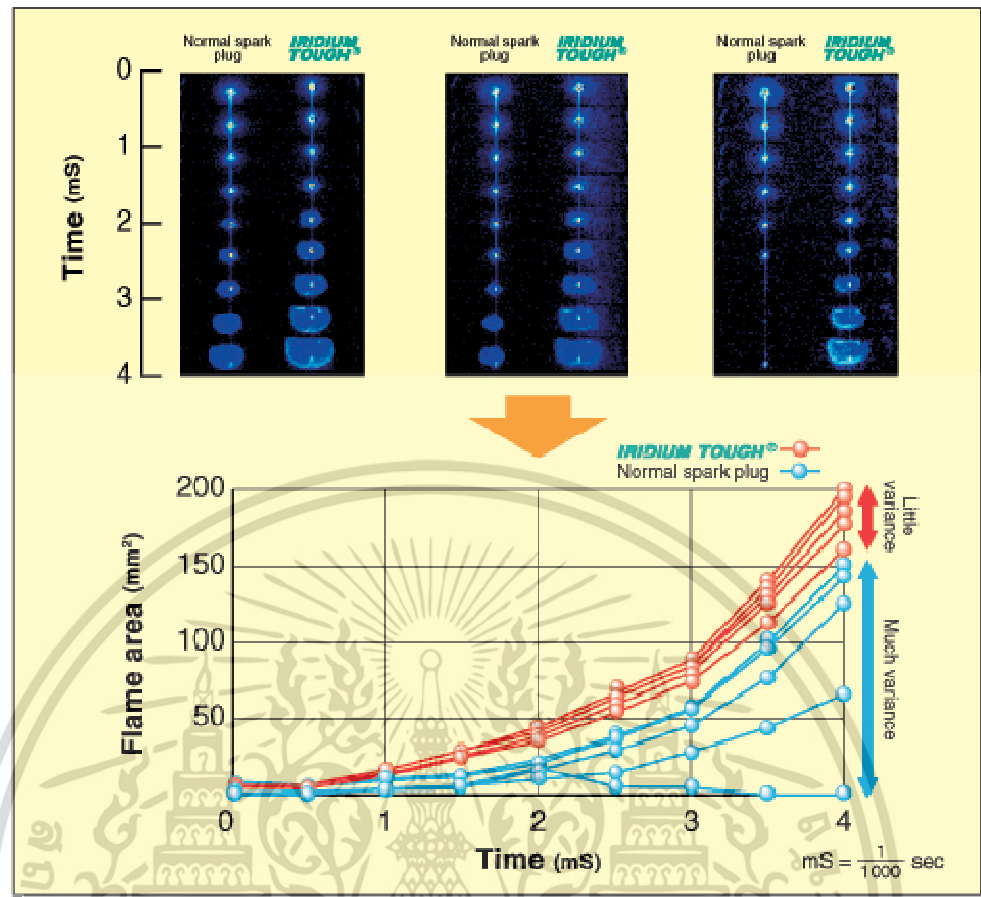
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ผ่านการคัดค้านการคัดค้านไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ระยะห่างของขั้วหัวเทียน หัวเทียนที่มีระยะห่างของขั้วหัวเทียนที่แคบและมีรูปทรงแกนกลางเป็นรูปกลมมนนั้น จะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าได้มากกว่าหัวเทียนที่มีระยะขั้วหัวเทียนที่ห่างมาก และมีแกนกลางเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม



รูปที่ 2.18 ภาพตัดขวางของหัวเทียน [9]

ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตหัวเทียนก็มีผลต่อการทำงานของหัวเทียน ยิ่งใช้หัวเทียนชนิดที่สามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีก็จะยิ่งทำให้มีการจุดประกายไฟที่ดีมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างประกายไฟได้มาก เผาผลาญเชื้อเพลิงได้ดี มีไอเสียน้อย โดยในปัจจุบันหัวเทียนที่ทำจากอิริเดียมนับว่าเป็นหัวเทียนที่มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงที่สุด



รูปที่ 2.19 แสดงการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ของประกายไฟของหัวเทียนแบบธรรมดาทั่วไปกับหัวเทียนอิริเดียม [10]

นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจุดระเบิดอีกปัจจัยหนึ่งคือแรงดันบรรยากาศและระยะห่างปลายขั้วของหัวเทียนที่ทำการจุดประกายไฟ โดยถ้าระยะห่างปลายขั้วของหัวเทียนที่ทำการจุดประกายไฟมีมากก็จำเป็นต้องใช้แรงดันไฟที่สูงขึ้นเพื่อทำการจุดประกายไฟที่ขั้วหัวเทียน และในขณะเดียวกันถ้าค่าความดันบรรยากาศมีค่าต่ำมากๆ ก็จำเป็นต้องใช้แรงดันไฟที่สูงขึ้นเพื่อทำการจุดประกายไฟที่ขั้วหัวเทียน

เนื่องจากขอบเขตการทดลองของงานวิจัยนี้ จะทำการทดลองที่สภาวะแรงดันบรรยากาศทั่วไป ดังนั้น ตัวแปรที่จะส่งผลต่อการจุดระเบิดเพื่อสร้างประกายไฟที่หัวเทียนคือ ค่า เบรกดาวนของอากาศที่แรงดันบรรยากาศทั่วไป

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าแรงดันที่ใช้ในการจุดประกายไฟหัวเทียน (X_0) และ ค่าแรงดันที่ได้จากการจุดประกายไฟหัวเทียน (η) ที่ค่าความดัน 10^{-4} และ 10^{-1} ตามค่าระยะห่างของขั้วหัวเทียน (d) [11]

pressure	10^{-4} mbar			10^{-1} mbar		
d [mm]	X_0 [kV]	η [kV]	δ	X_0 [kV]	η [kV]	δ
0.1	4.688	4.288	5.42	2.01	2.7	3.44
0.2	8.608	7.824	5.38	2.03	3.92	3.35
0.3	13.488	11.968	5.18	2.03	7.11	3.41
0.4	17.568	15.968	5.25	2.05	9.72	3.37
0.5	22.432	20.512	5.45	2.06	12.01	3.34
0.6	26.304	24.4	5.32	2.05	12.2	3.38
0.7	30.8	28.448	5.16	2.08	15.8	3.45
0.8	34.608	31.968	5.52	2.09	18.7	3.25
0.9	38.912	36.064	5.41	2.09	19.8	3.28
1.0	44	40.672	5.60	2.10	22.37	3.42

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าเบรกดาวน์ของอากาศที่แรงดันบรรยากาศทั่วไป [12]

Gap in millimeters	Minimum KVolts to breach gap (breakdown)	Pulse Width (nanoseconds)	Representative Current Across gap (Amps)	Total Charge from electrode (Coulombs)	Net Energy to tissue (Joules)
0.1	0.9	7	4	2.8×10^{-8}	0.000025
1	4.3	10	11	1.1×10^{-7}	0.00047
2	7.6	12	15	1.8×10^{-7}	0.0014
5	16.4	29	16	4.6×10^{-7}	0.0076
10 (1 cm)	30.3	40	20	8.0×10^{-7}	0.024
15	43.8	40	22	8.8×10^{-7}	0.039
20 (2 cm)	57.0	40	29	1.2×10^{-6}	0.066
25	70.2	40	35	1.4×10^{-6}	0.098
30 (3 cm)	83.2	45	38	1.7×10^{-6}	0.14
35	96.1	40	60	2.4×10^{-6}	0.23
40 (4 cm)	109.0	35	70	2.5×10^{-6}	0.27

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างของช่องว่างของอากาศ (air gap) ที่ปลายระหว่างขั้วหัวเทียนด้วยว่ามีระยะห่างเท่าไร ซึ่งโดยทั่วไปหัวเทียนจะมีระยะห่างระหว่างขั้วอยู่ที่ 0.6mm-1.8mm ดังนั้นหากทำการทดลองจุดประกายไฟหัวเทียนที่แรงดันบรรยากาศทั่วไป ค่าแรงดันที่ได้ควรจะอยู่ในช่วง มากกว่า 0.9kV แต่ไม่ถึง 7.6kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

สัญญาณรูปแบบใหม่ที่ใช้ในการจตุระเปิดหัวเทียน

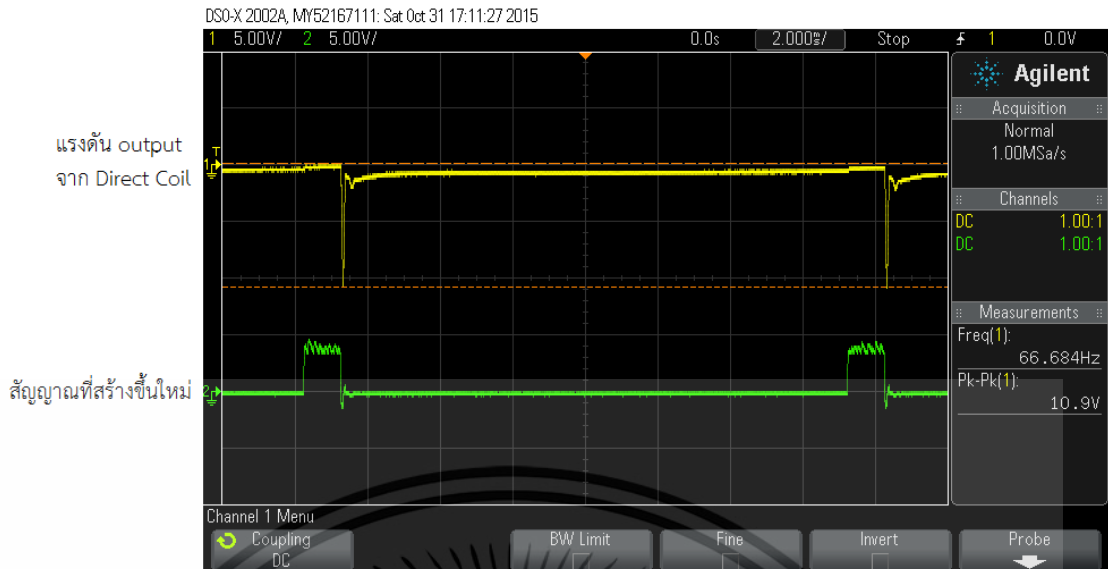
3.1 การสร้างสัญญาณรูปแบบใหม่ที่ใช้ในการจตุระเปิดหัวเทียน

สัญญาณรูปแบบใหม่ที่ใช้ในการจตุระเปิดหัวเทียนที่ 2 นั้น จะเป็นสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่ที่มีขนาดของสัญญาณเล็กกว่าสัญญาณตัวอย่าง เพื่อที่จะสร้างสัญญาณจตุระเปิดให้มีจำนวนพัลส์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยขนาดของสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่ที่ 1 พัลส์จะต้องมีขนาดที่สามารถสร้างแรงดันการจตุระเปิดได้เท่ากับสัญญาณตัวอย่าง เช่นกัน ดังนั้น สัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่จะมีขนาดเล็กสุดได้เท่ากับค่าช่วงเวลาการสะสมพลังงานจนเต็มและคายพลังงานออกมาจนหมด (Time Constant) ของสัญญาณตัวอย่าง (เลือกสัญญาณตัวอย่างมีค่าแรงดัน 3V และมีค่าคาบเวลาของสัญญาณ 3.9ms)

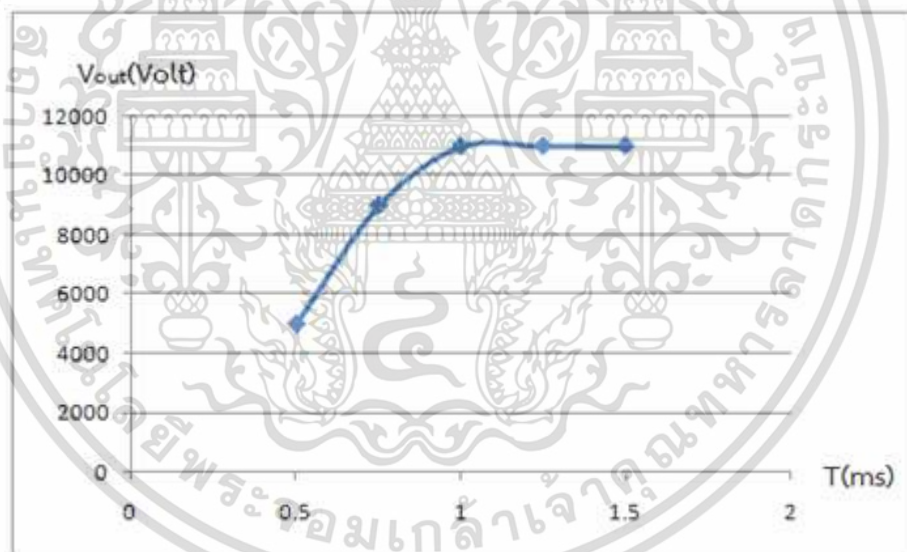
ช่วงเวลาในการสะสมพลังงานจนเต็มนั้นคือ $5T$ ดังนั้นช่วงเวลาในการคายพลังงานจนหมดจึงมีค่าเท่ากับช่วงเวลาที่ใช้ในการสะสมพลังงานจนเต็มนั้นคือ $5T$ เช่นกัน ดังนั้นสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถจตุระประกายไฟหัวเทียนเพื่อสร้างแรงดันการจตุระเปิดได้เท่ากับสัญญาณตัวอย่างมีค่าคาบเวลาของสัญญาณ (Time ON Stage) คือ 5τ และ 1 cycle ของสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่จึงมีค่าเท่ากับ $10T$ จึงสามารถหาช่วงเวลาตั้งแต่การจตุระเปิดล่วงหน้าจนถึงเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่างได้จากสมการ (3.1)

$$T = \left(\frac{D + 180}{360} \times \frac{60}{rpm} \right) / 10\tau \quad (3.1)$$

เนื่องจากชุดคอยล์จตุระเปิดแบบตรงเป็นวงจรจตุระเปิดแบบรวมอยู่ในยูนิตเดียวจึงไม่สามารถหาค่า L, R หรือวัดค่ากระแสที่อยู่ภายในได้ ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าขนาดของสัญญาณ (Time ON Stage) ที่มีค่าน้อยที่สุดที่สามารถจตุระเปิดเพื่อสร้างแรงดันได้อยู่ในระดับเดียวกับสัญญาณจตุระเปิดตัวอย่าง อยู่ที่ประมาณ 11000V แสดงผลการทดลองเพื่อหาค่า Time ON Stage ที่น้อยที่สุดในรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างผลการทดลองเพื่อหาค่า Time ON Stage ที่น้อยที่สุดที่สามารถจุดระเบิดเพื่อสร้างแรงดันให้อยู่ในระดับเดียวกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง

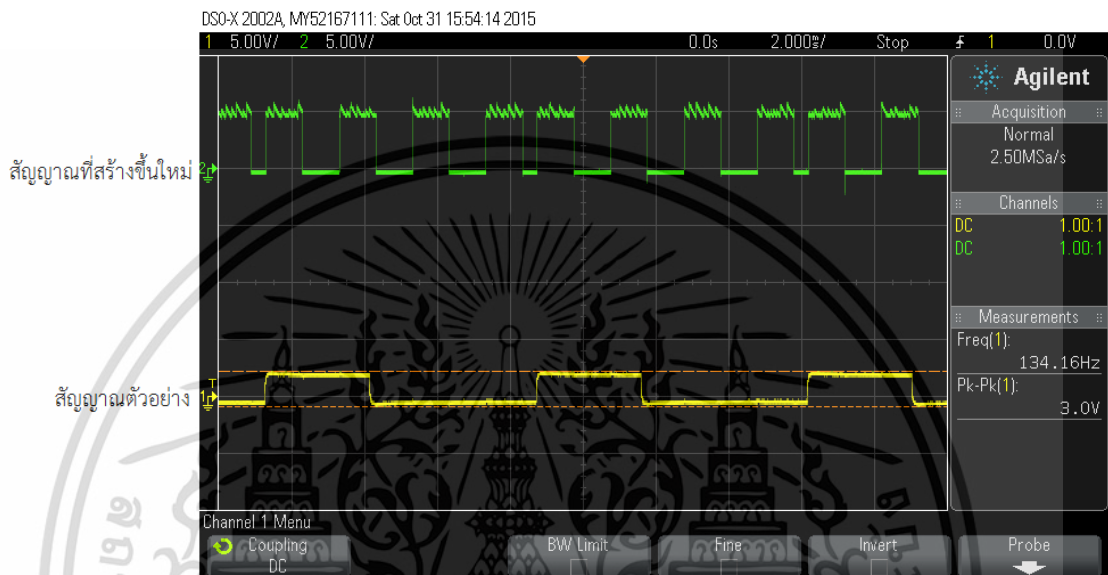


รูปที่ 3.2 กราฟผลการทดลองหาค่า Time ON Stage ที่มีค่าน้อยที่สุดที่สามารถจุดระเบิดเพื่อสร้างแรงดันให้อยู่ในระดับเดียวกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง

จากกราฟผลการทดลองเพื่อหาค่า Time ON Stage ที่มีค่าน้อยที่สุดเพื่อสร้างแรงดันให้อยู่ในระดับเดียวกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง สรุปได้ว่าค่า Time ON Stage ที่น้อยที่สุดที่สามารถจุดระเบิดสร้างแรงดันได้ระดับเดียวกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง คือ 1ms

สัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้นมีค่า Time ON Stage เท่ากับ 1ms ดังนั้นใน 1 cycle จึงมีค่าเท่ากับ 2ms เพื่อเป็นการหาขอบเขตของจำนวนคลื่นสัญญาณพัลส์ที่จะสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองเพื่อหาจำนวนสัญญาณพัลส์มากที่สุดที่สามารถสร้างได้ โดยที่จะต้องไม่เกินไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงค่าคาบเวลาการจตุระเปิด ดังนั้น จึงทำการปรับค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุดที่ 8000rpm เพราะเป็นค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุดโดยทั่วไป และใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าเปรียบเทียบกับสัญญาณตัวอย่างกับสัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อหาจำนวนสัญญาณพัลส์สูงสุดที่สามารถสร้างได้โดยไม่เกินช่วงค่าคาบเวลาการจตุระเปิดของสัญญาณตัวอย่าง ซึ่งสัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้นจะต้องอยู่ในช่วง 1 cycle ของสัญญาณตัวอย่าง



รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบสัญญาณตัวอย่าง (ล่าง) กับ สัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้น (บน) ที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000rpm

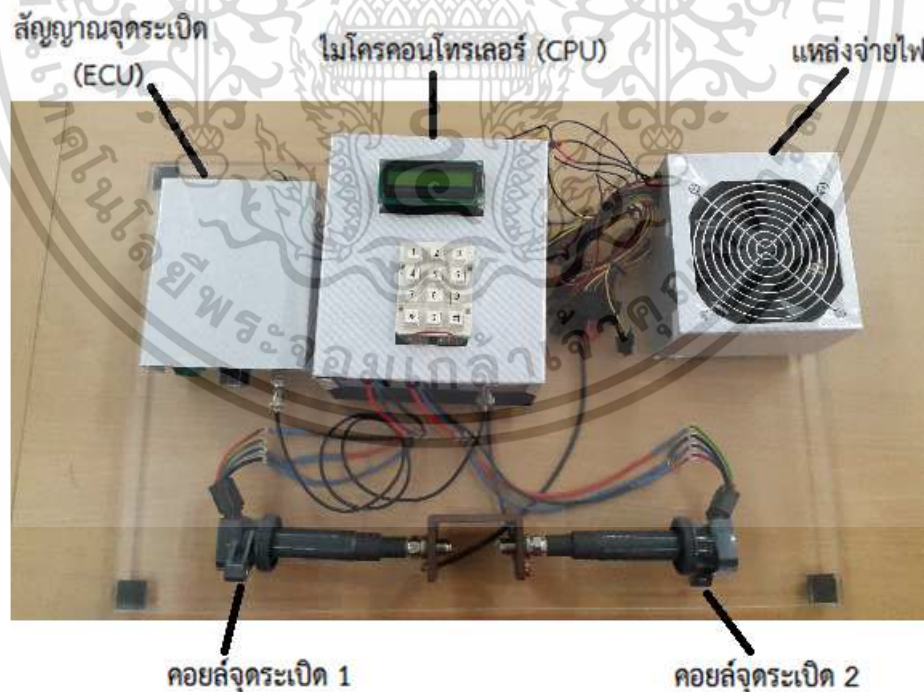
จากรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000rpm สามารถสร้างสัญญาณรูปแบบใหม่สูงสุดที่อยู่ภายในช่วงคาบเวลาการจตุระเปิดได้ 4 พัลส์ พัลส์ที่ 5 เป็นต้นไปจะเกินช่วงคาบเวลาการจตุระเปิดออกไป ดังนั้น จึงเป็นขอบเขตของงานวิจัยนี้ที่ทำการทดลองการจตุระเปิดด้วยสัญญาณจตุระเปิดรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้น โดยมีค่า Time ON Stage = 1ms และจำนวนพัลส์สูงสุดที่สามารถสร้างเพื่อใช้ในการจตุระเปิดได้คือ 4 พัลส์

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การออกแบบระบบจำลองการจุดระเบิด

ได้ทำการออกแบบระบบจำลองการจุดระเบิดหัวเทียนเดี่ยวของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และดำเนินการสร้างอุปกรณ์เพื่อตอบสนองแนวความคิดการจุดระเบิดให้เกิดประกายไฟหลายครั้งดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และดำเนินการทดลองตามแนวคิดโดยทำการสร้างสัญญาณจำลองของสัญญาณที่ได้จาก ECU เครื่องยนต์ที่รอบเครื่องยนต์ 4 สิบทำงานที่ความเร็วรอบต่างๆคือ 2000rpm, 4000rpm, 6000rpm และ 8000rpm นำสัญญาณดังกล่าวป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการสร้างสัญญาณจุดระเบิดขึ้นมาใหม่ให้ได้สัญญาณจุดระเบิด 1, 2, 3 และ 4 ครั้ง โดยที่ถึงแม้ว่าจะเป็นการจุดระเบิดที่มีจำนวนครั้งมากเท่าใดก็ตามการจุดประกายไฟหัวเทียนจะสิ้นสุดลงในช่วงเวลาที่เหมาะสมคือ ช่วงเวลาจุดระเบิดล่วงหน้า (Before Top Dead Center (BTDC)) จนถึงจุดที่ลูกสูบเครื่องยนต์ในลูกสูบที่ได้รับสัญญาณจุดระเบิดดังกล่าวเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center (BDC)) จากนั้นทำการวัดค่าแรงดันที่ได้จากประกายไฟฟ้าของหัวเทียนจุดระเบิดเทียบกับสัญญาณที่ทำการจุดระเบิดดังกล่าว



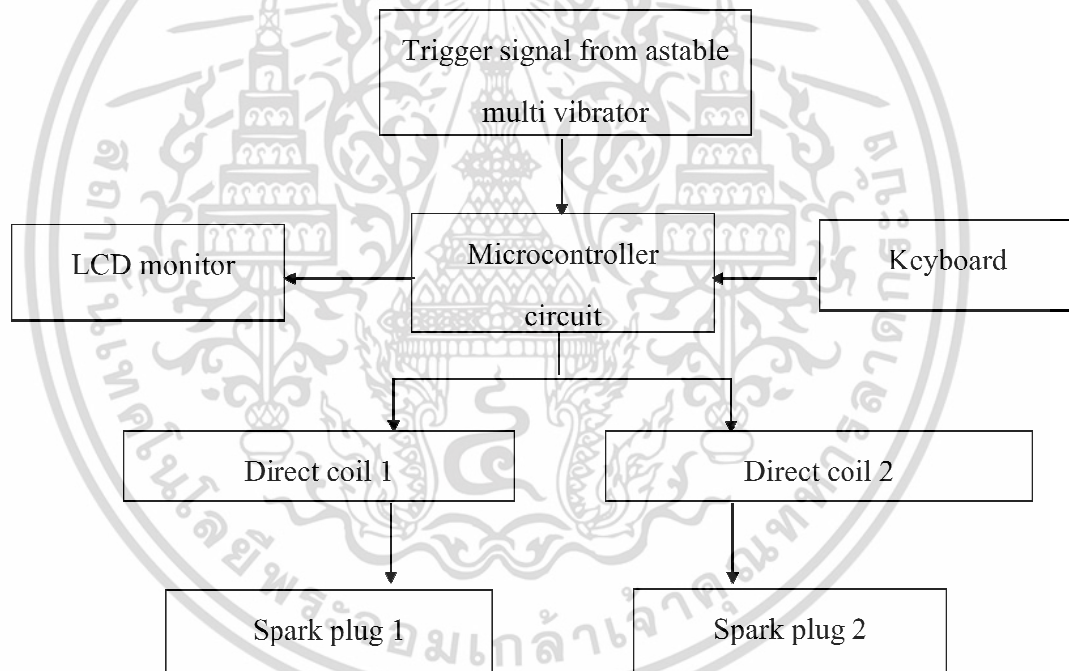
รูปที่ 4.1 ชุดแบบจำลองการจุดระเบิดด้วยสัญญาณจุดระเบิดรูปแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบจำลองการจุดระเบิด

ขั้นตอนการทำงานของชุดจำลองการจุดระเบิดที่สร้างขึ้น จะทดสอบและบันทึกผลในส่วนของ การจุดประกายไฟที่หัวเทียน โดยไม่ได้ทำการจุดระเบิดกับเครื่องยนต์ของจริง ดังนั้นแรงดันบรรยากาศในการจุดระเบิดจึงเป็นแรงดันบรรยากาศทั่วไป ซึ่งหากต้องการทดสอบการนำไปใช้งานจริงจะต้องทำการทดสอบจุดระเบิดในกระบอกสูบที่มีแรงดันบรรยากาศเฉพาะของตนเองใน เครื่องยนต์แต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อ ทั้งนี้การทดสอบที่แรงดันบรรยากาศถือเป็นขอบเขตของงานวิจัยนี้

ขั้นตอนการทำงานของชุดจำลองการจุดระเบิดจะทำการจุดประกายไฟที่หัวเทียนโดยใช้ สัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง จุดประกายไฟที่หัวเทียนที่ 1 และใช้สัญญาณจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่จุด ประกายไฟที่หัวเทียนที่ 2 และทำการบันทึกผลการทดลองทั้งค่าแรงดันที่ออกมาจากคอยล์จุดระเบิด และประกายไฟจากการจุดระเบิดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการจุดระเบิดด้วยสัญญาณตัวอย่างกับ สัญญาณจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบจำลองการจุดระเบิด

1 Trigger signal from astable multi vibrator คือ ชุดวงจรกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดโดยในงานวิจัยนี้จะใช้สัญญาณจุดระเบิดตัวอย่างที่ใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไป สัญญาณจุดระเบิดจากชุดวงจรนี้จะส่งต่อสัญญาณไปยังชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณจุดระเบิดรูปแบบใหม่ที่จะใช้ในการจุดระเบิดต่อไป

2 Microcontroller circuit คือ ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณรูปแบบใหม่ที่จะใช้ในการจุดระเบิด โดยจะรับสัญญาณทริกเกอร์มาจากชุดวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณรูปแบบต่างๆ ขึ้นมาใหม่ ซึ่งรูปสัญญาณที่จะสร้างขึ้นมานี้จะสามารถกำหนดได้โดยการป้อนคำสั่งผ่านแป้นพิมพ์

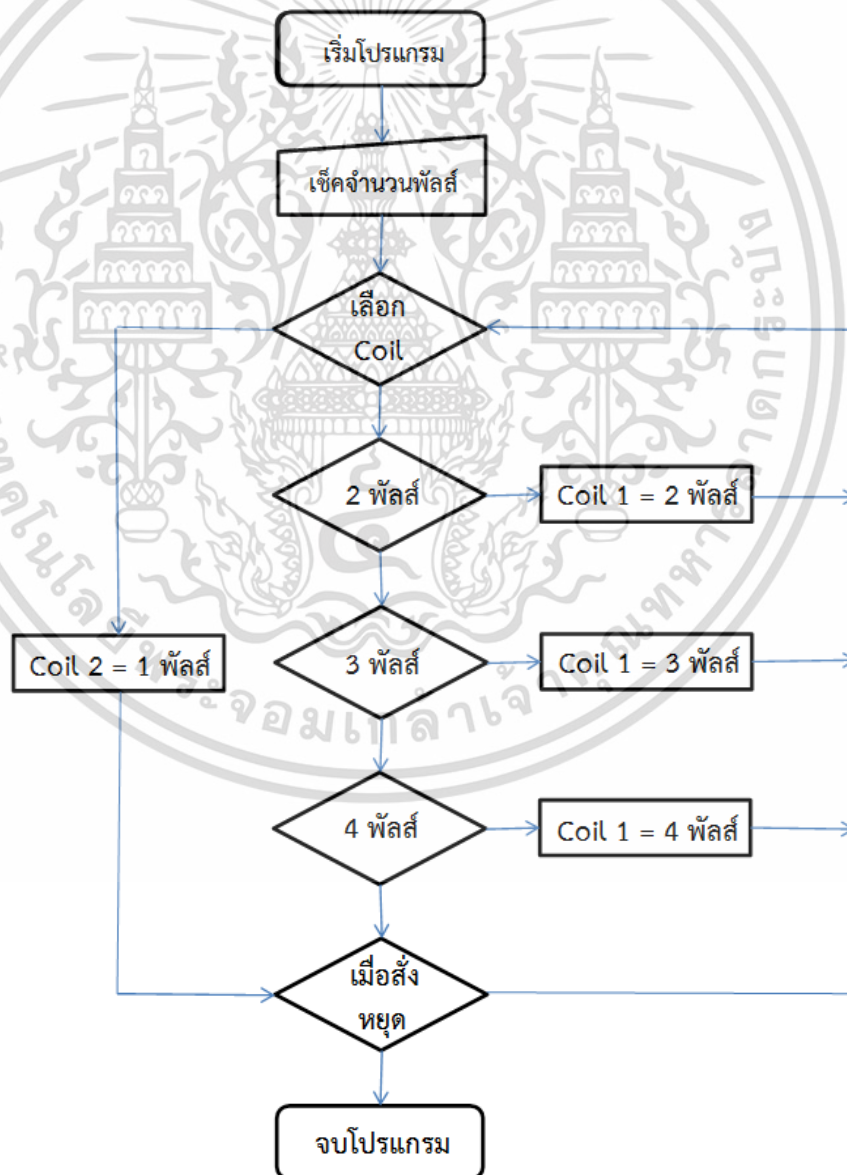
3 Keyboard คือ แป้นพิมพ์ที่ใช้ป้อนคำสั่งไปยังชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อกำหนดรูปแบบสัญญาณที่จะสร้างขึ้นใหม่

4 LCD monitor คือ จอแสดงผลที่จะแสดงผลคำสั่งที่ป้อนคำสั่งมาจากแป้นพิมพ์

5 Direct coil คือ คอยล์จตุระเปิดแบบตรงที่ทำหน้าที่รับสัญญาณจากชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการจตุระเปิดที่หัวเทียน

6 Spark plug คือ หัวเทียนที่ทำหน้าที่จตุระเปิดเพื่อสร้างประกายไฟแรงดันสูง โดยใช้สัญญาณในการจตุระเปิดที่ได้มาจากคอยล์จตุระเปิดแบบตรง

4.1.2 Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.3 Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณรูปแบบใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้ในการจตุระเปิด โดยสัญญาณที่จะส่งต่อไปยังคอยล์จตุระเปิดเพื่อใช้ในการจตุระเปิดเพื่อสร้างประกายไฟที่หัวเทียนที่ 1 และ 2 นั้นจะได้รับสัญญาณที่แตกต่างกัน สัญญาณจตุระเปิดที่หัวเทียนที่ 1 จะเป็นสัญญาณตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ในเครื่องยนต์ทั่วไป ส่วนสัญญาณจตุระเปิดที่หัวเทียนที่ 2 จะเป็นสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่โดยการกำหนดรูปแบบสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สร้างรูปสัญญาณที่มีจำนวนพัลส์ 1, 2, 3 และ 4 พัลส์ตามต้องการ

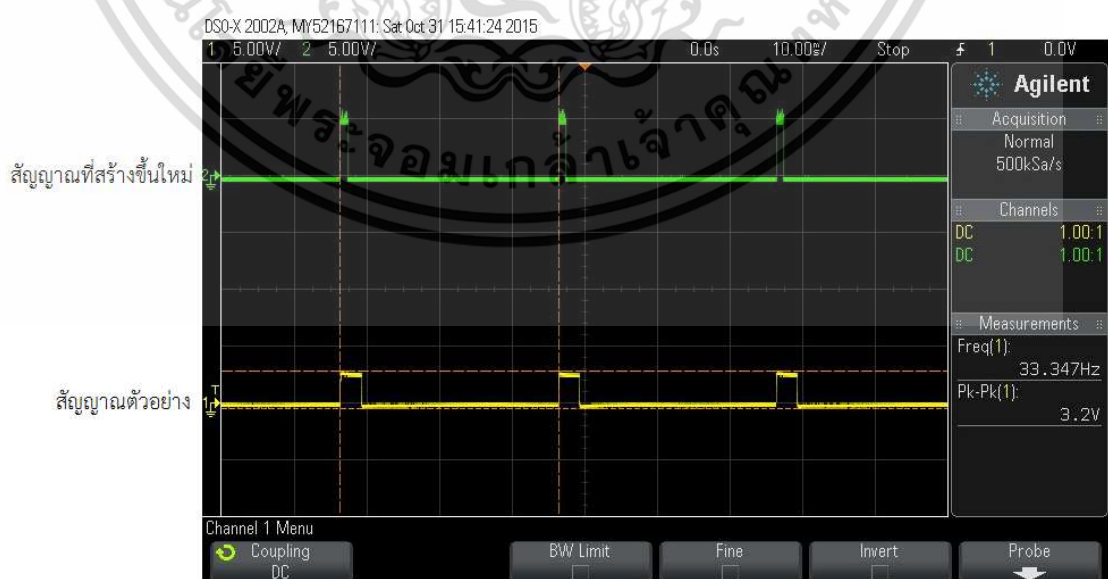
4.2 แรงดันการจตุระเปิดที่ได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิด

โดยค่าสัญญาณแรงดันการจตุระเปิดที่ได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิดนั้นจะได้รับการปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆคือ 2000rpm, 4000rpm, 6000rpm และ 8000rpm และใช้สัญญาณจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่จากชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์โดย CPU จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ใหม่เพื่อจ่ายให้กับชุดวงจรคอยล์จตุระเปิดคือ 1พัลส์, 2พัลส์, 3พัลส์ และ 4 พัลส์ เพื่อใช้ในการจตุระเปิด โดยที่ค่าสัญญาณแรงดันจากการจตุระเปิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิดนั้นสามารถวัดค่าออกมาเป็นสัญญาณแรงดันโดยใช้ออสซิลโลสโคปในการวัดค่า และใช้ Probe High Voltage ว่าค่าแรงดันและแสดงผลที่ออสซิลโลสโคปเป็นรูปสัญญาณแรงดันที่มีค่า Volt Pk-Pk เป็นตัวบอกแรงดันจากการจตุระเปิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จตุระเปิด

4.2.1 แรงดันการจตุระเปิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000rpm

แรงดันการจตุระเปิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000rpm จะได้ค่าความถี่ของสัญญาณ $f = 2000/60 = 33.33\text{Hz}$ จตุระเปิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1, 2, 3 และ 4 พัลส์ ดังนี้

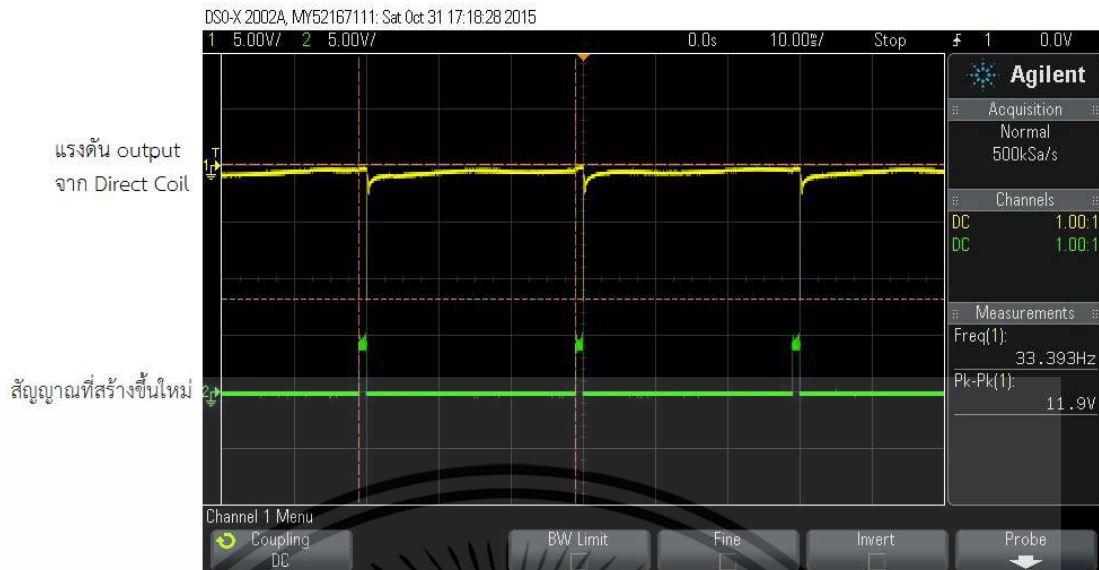
1 แรงดันการจตุระเปิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 สัญญาณที่ใช้ในการจตุระเปิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการ

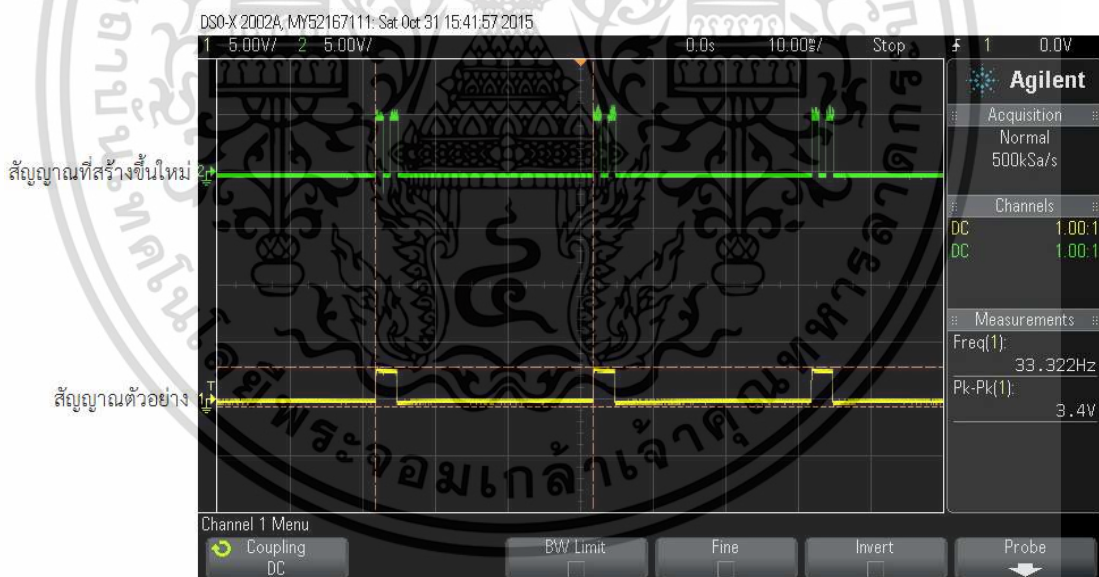
เอกสารนี้ จตุระเปิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



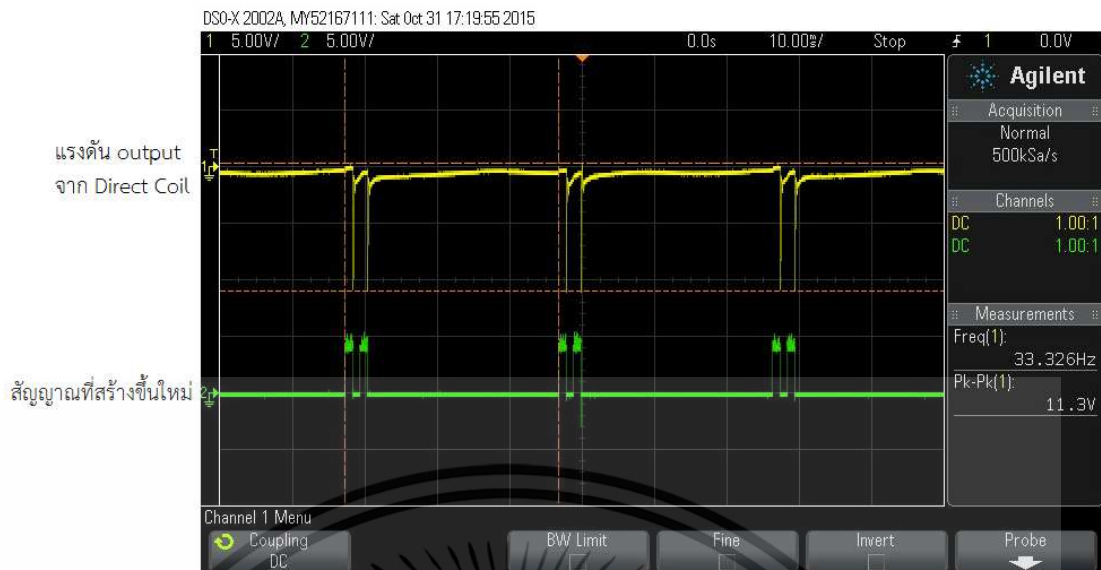
รูปที่ 4.5 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

2 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 2 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7



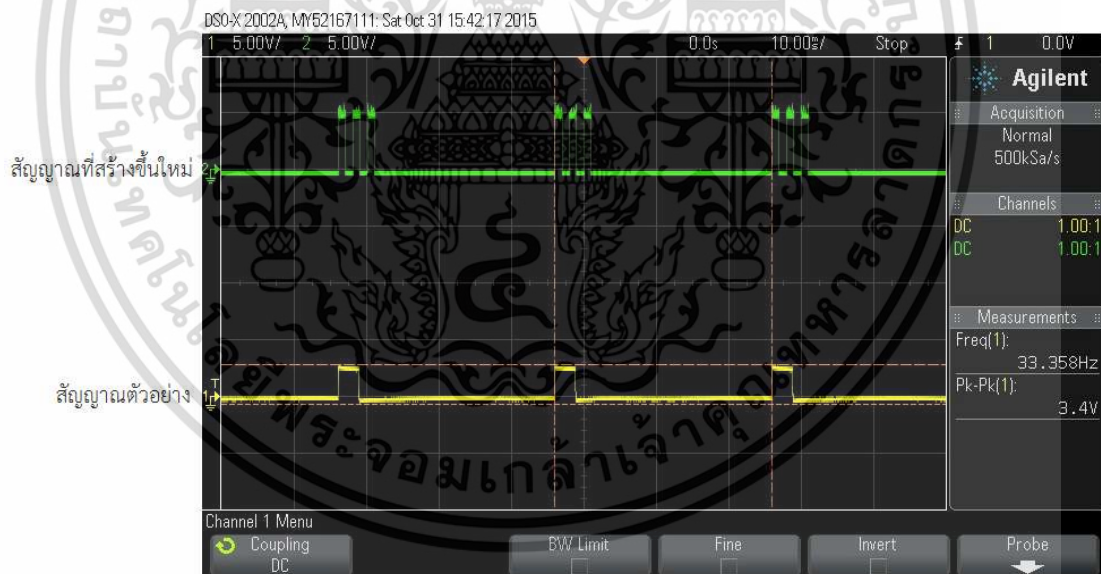
รูปที่ 4.6 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



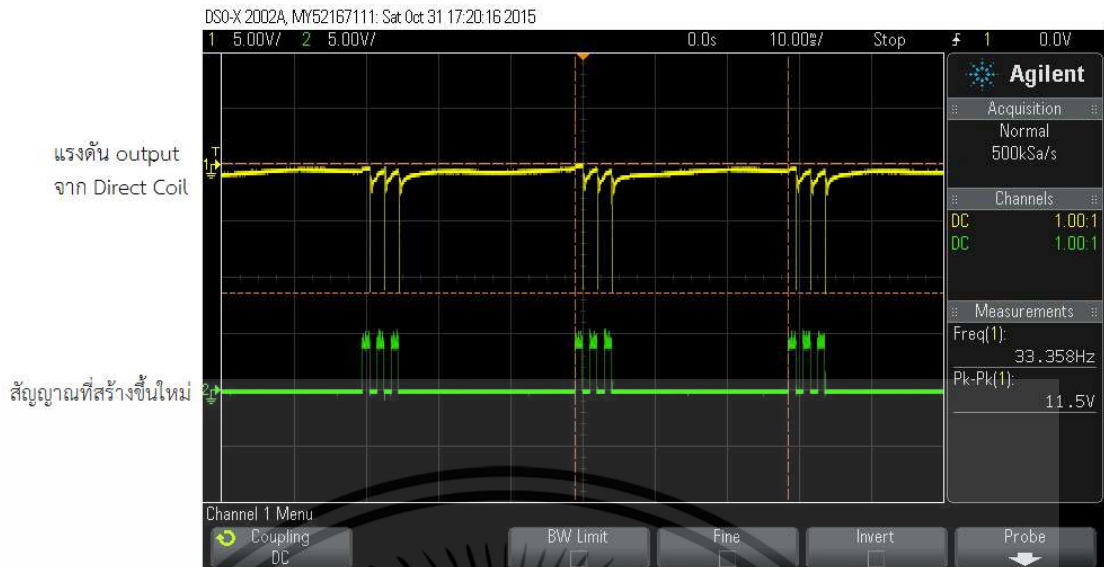
รูปที่ 4.7 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

3 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 3 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9



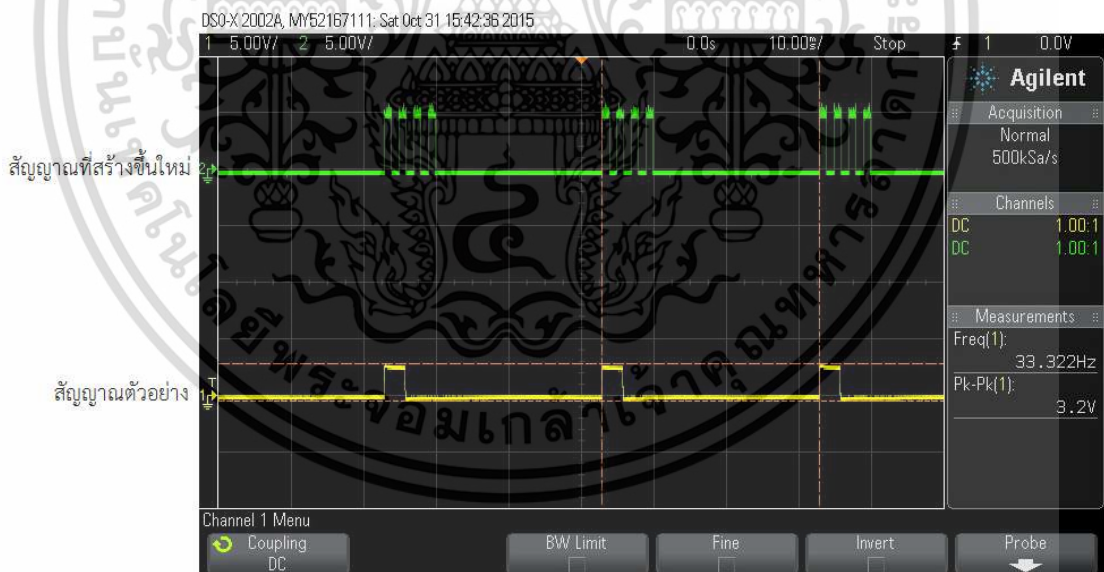
รูปที่ 4.8 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



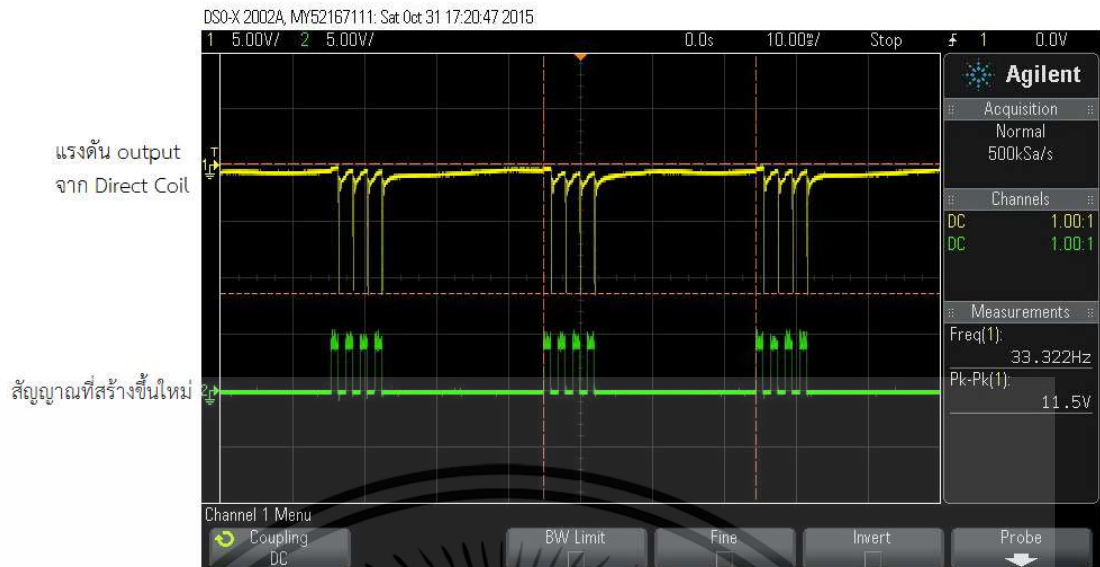
รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

4.11 4 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 4 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.10 และ รูปที่



รูปที่ 4.10 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

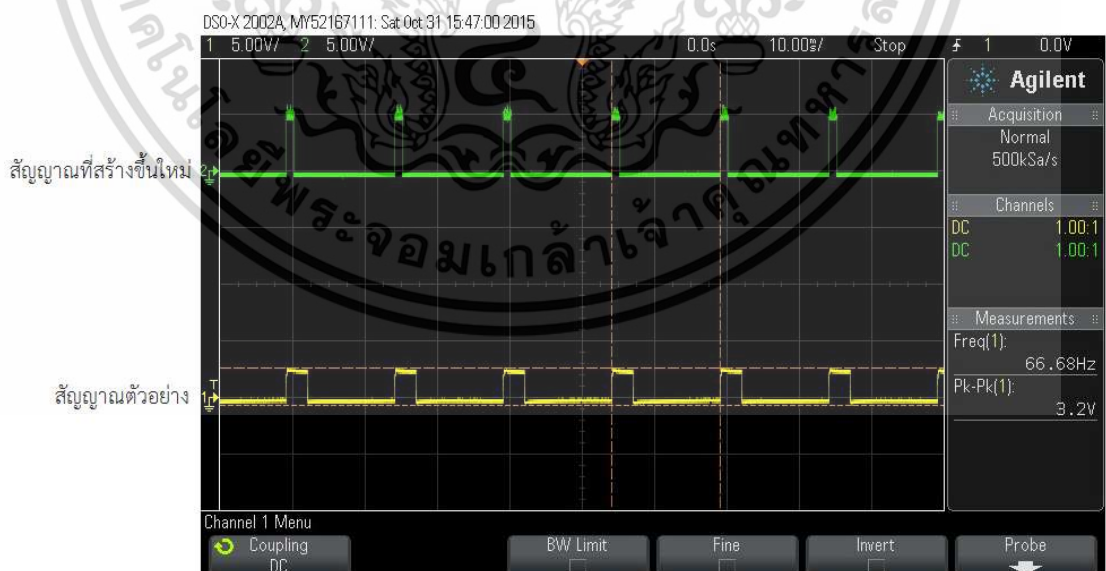


รูปที่ 4.11 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอดสัญญาณจุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm

4.2.2 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 4000rpm

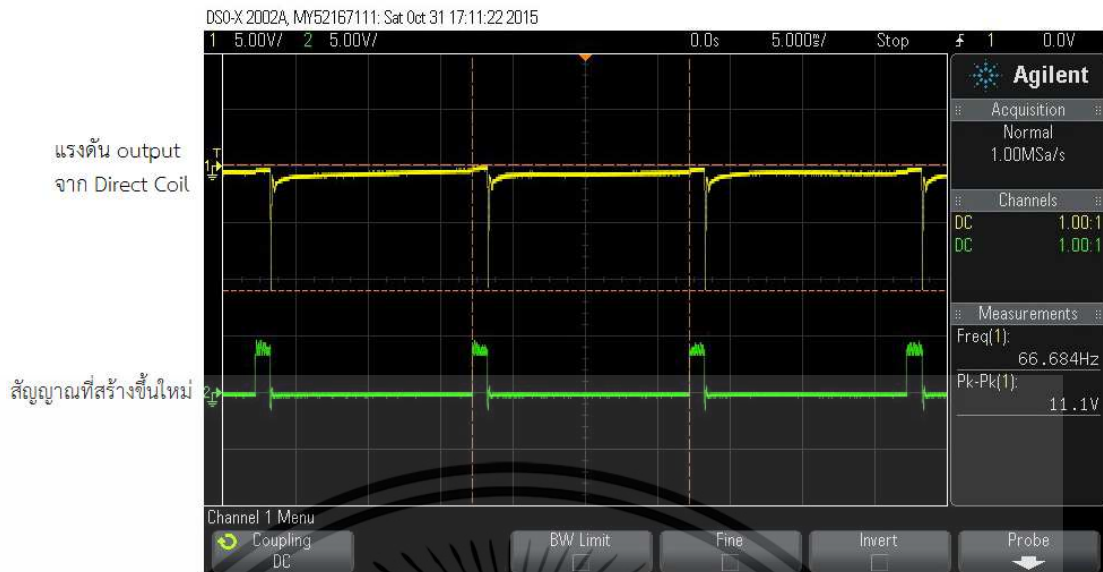
แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 4000rpm จะได้ค่าความถี่ของสัญญาณ $f = 4000/60 = 66.66\text{Hz}$ จุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1, 2, 3 และ 4 พัลส์ ดังนี้

1 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.12 และ รูปที่ 4.13



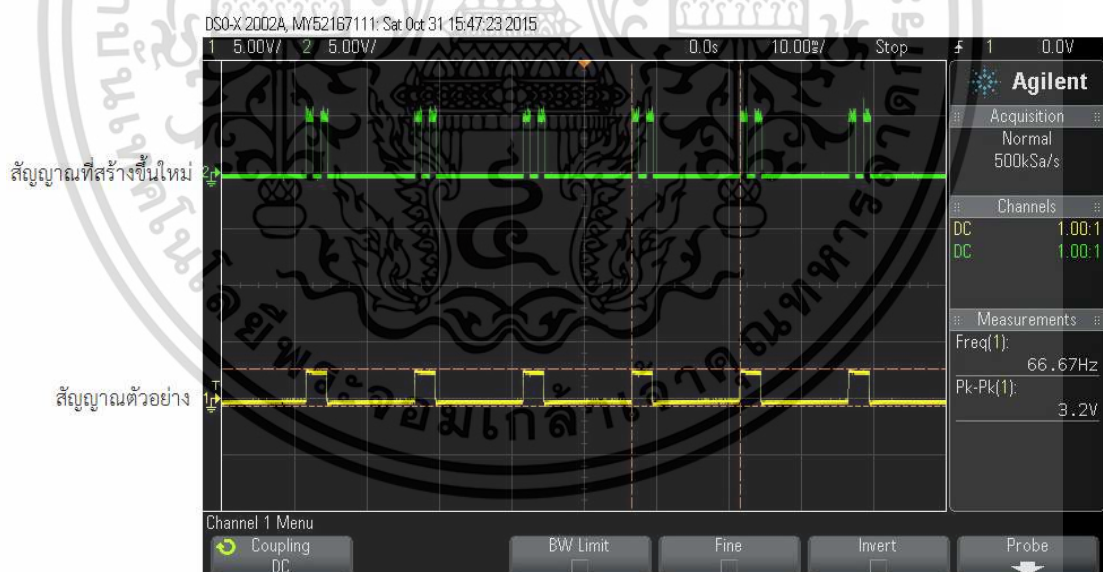
รูปที่ 4.12 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

2 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 2 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.14 และ รูปที่ 4.15



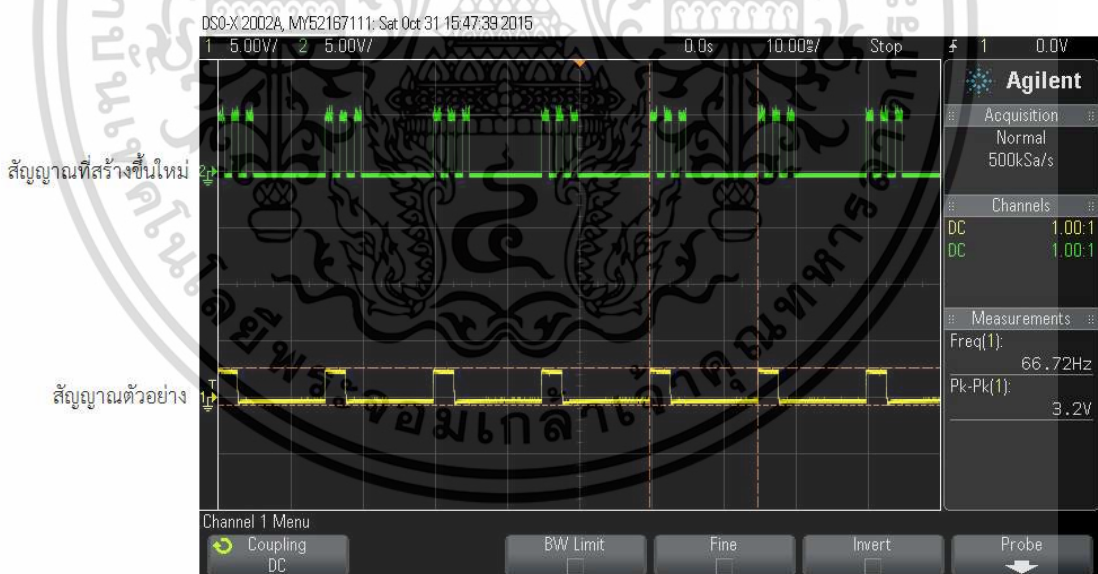
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



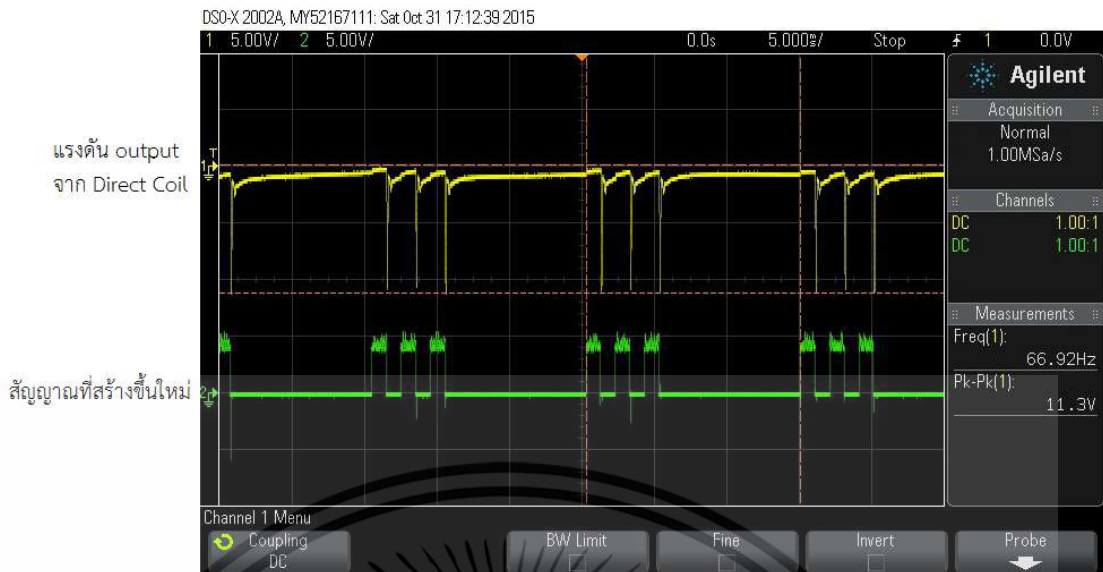
รูปที่ 4.15 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอดสัญญาณจุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

3 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 3 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.16 และ รูปที่ 4.17



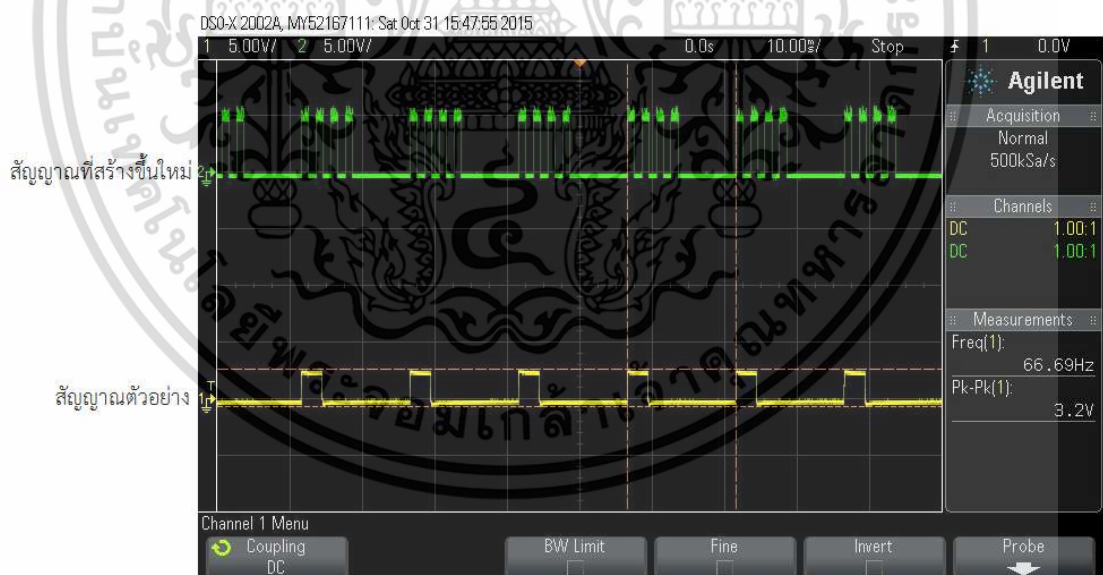
รูปที่ 4.16 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



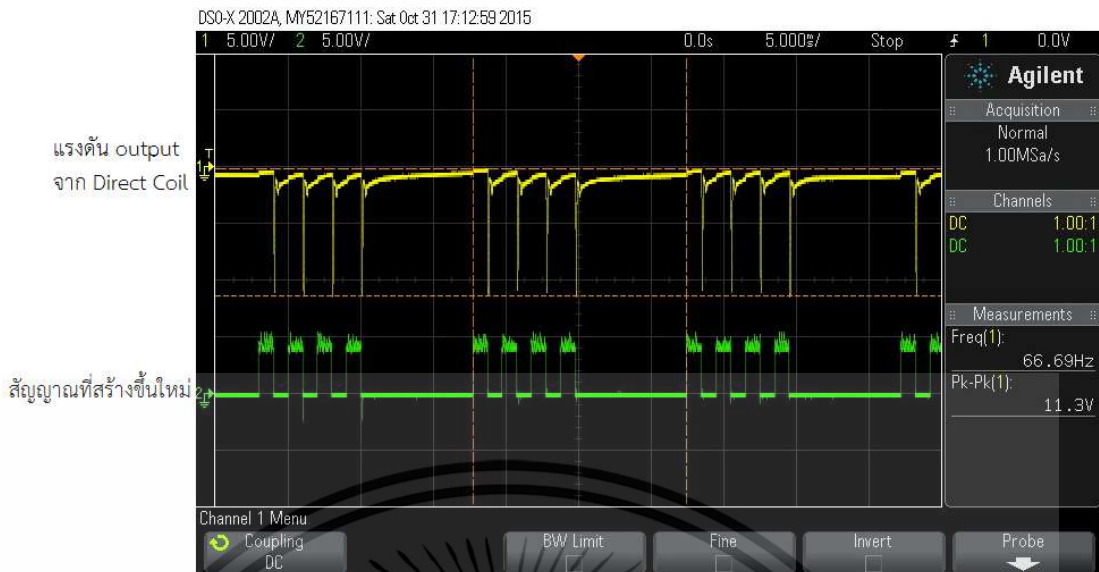
รูปที่ 4.17 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

4 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 4 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.18 และ รูปที่ 4.19



รูปที่ 4.18 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 4 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4000 rpm

4.2.3 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 6000rpm

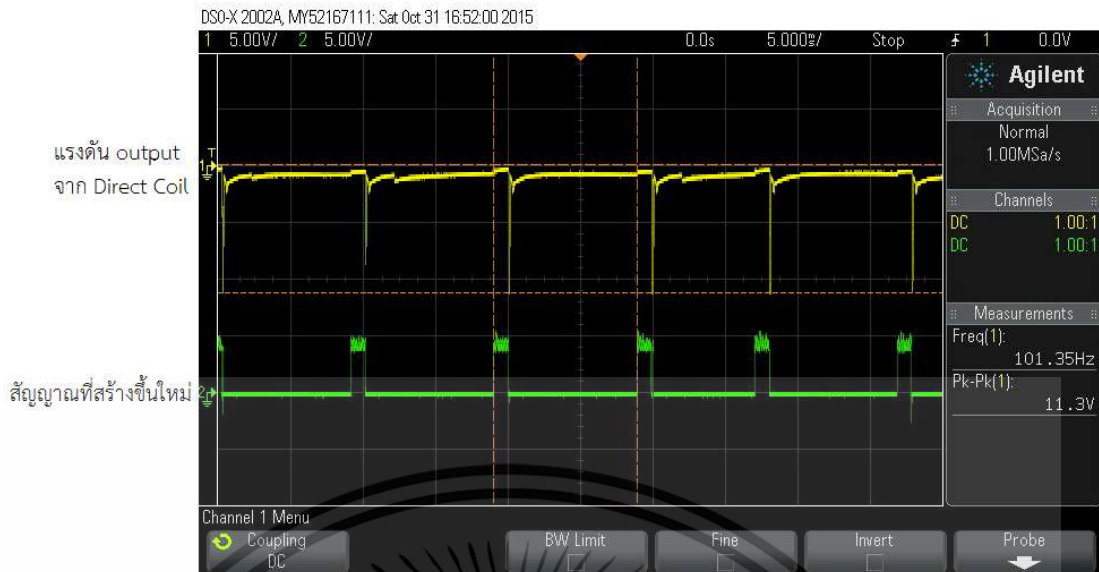
แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 6000rpm จะได้ค่าความถี่ของสัญญาณ $f = 6000/60 = 100\text{Hz}$ จุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1, 2 และ 3 พัลส์ ดังนี้

1 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.20 และ รูปที่ 4.21



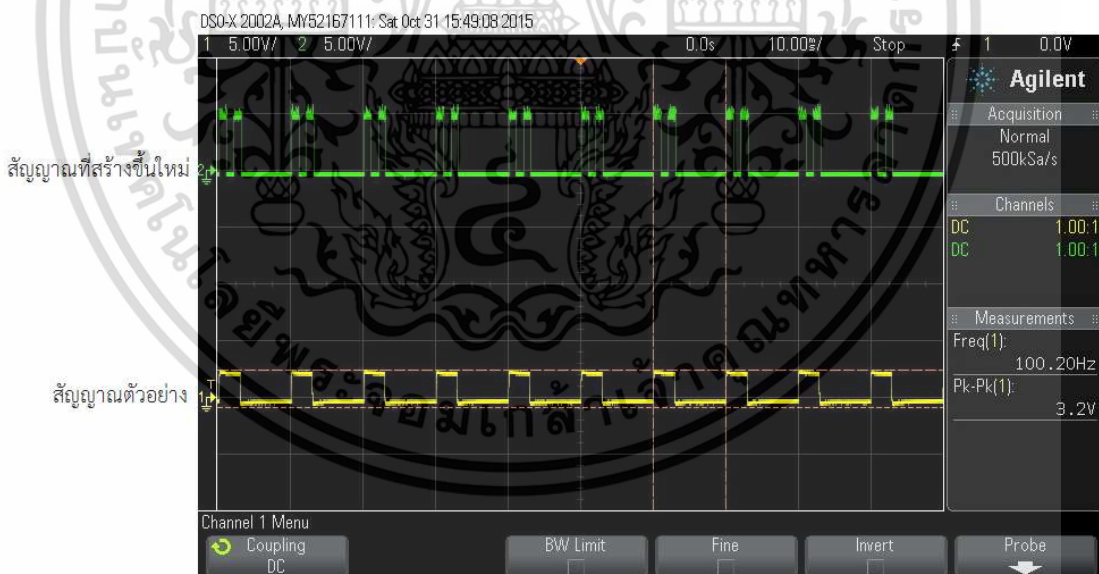
รูปที่ 4.20 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



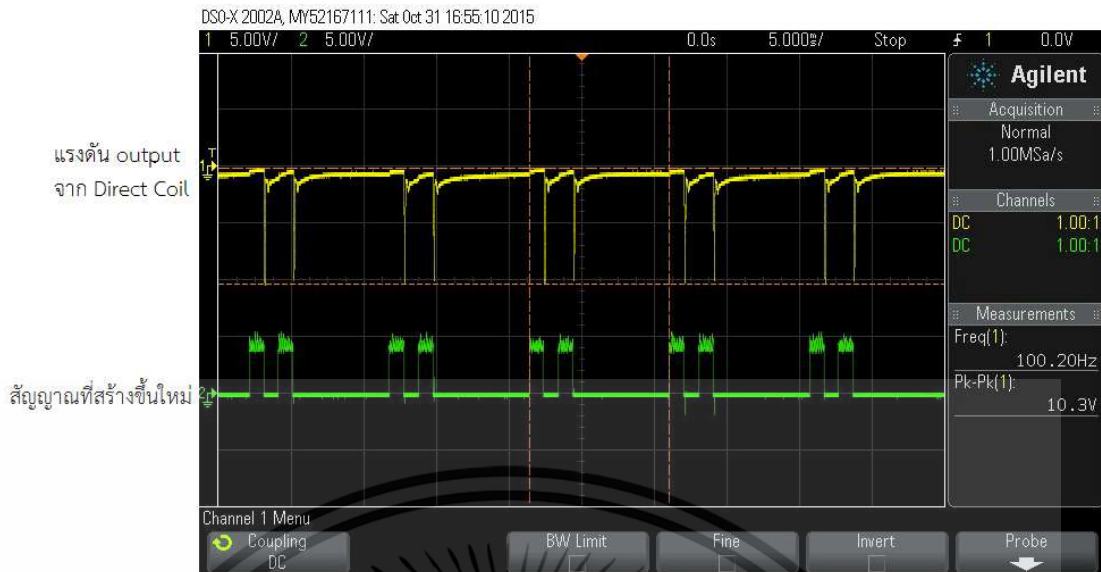
รูปที่ 4.21 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm

2 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 2 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.22 และ รูปที่ 4.23



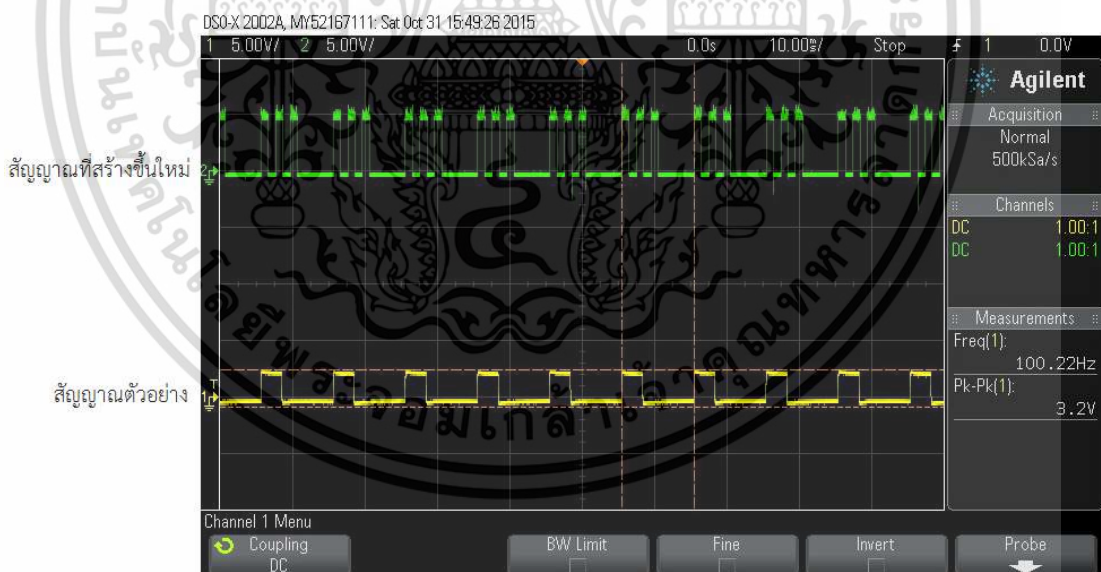
รูปที่ 4.22 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



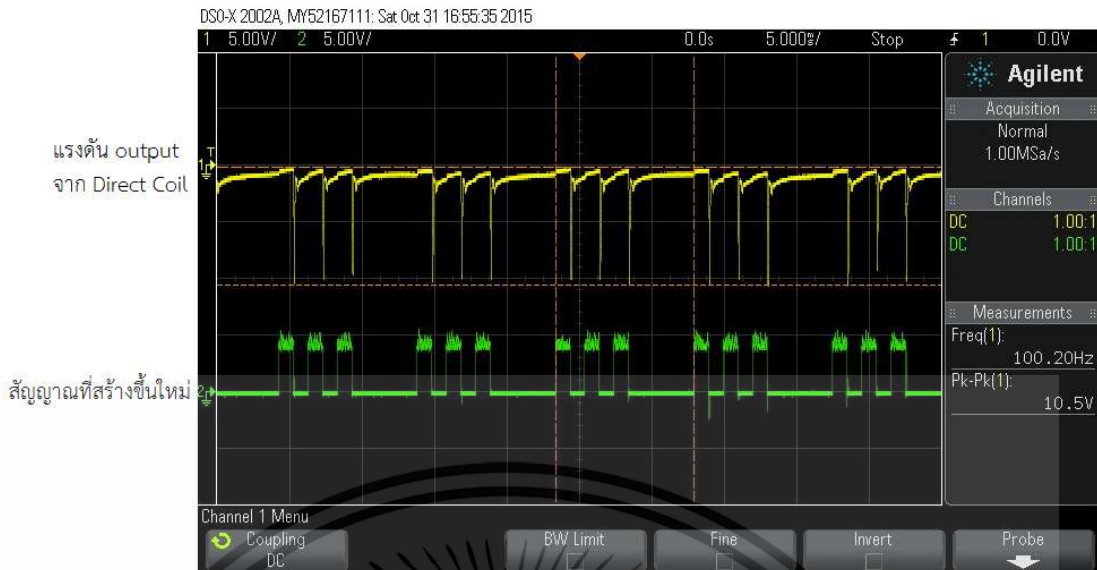
รูปที่ 4.23 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถอดสัญญาณจุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm

3 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 3 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.24 และ รูปที่ 4.25



รูปที่ 4.24 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



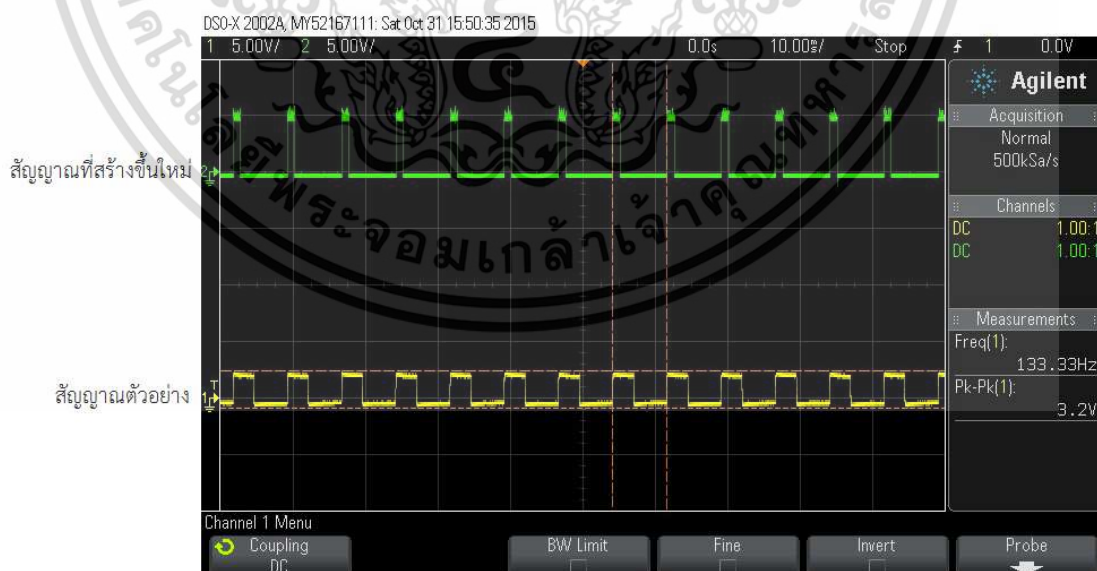
รูปที่ 4.25 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรถ่ายรูปจุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 3 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 6000 rpm

4.2.4 แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 8000rpm

แรงดันการจุดระเบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 8000rpm จะได้ค่าความถี่ของสัญญาณ

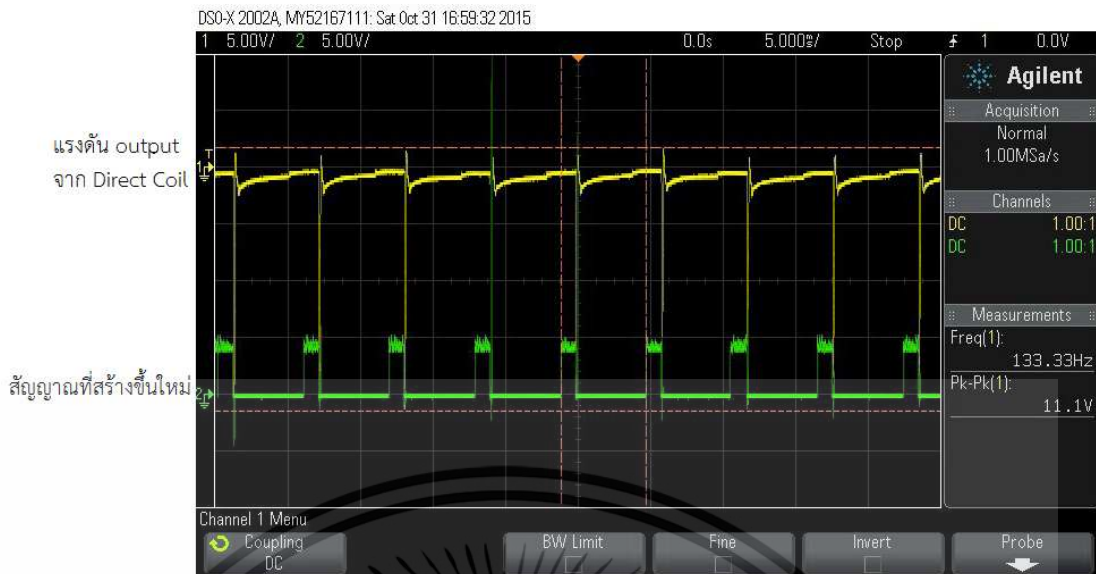
$f = 8000/60 = 133.33\text{Hz}$ จุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1 และ 2 พัลส์ ดังนี้

1 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 1 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.26 และ รูปที่ 4.27



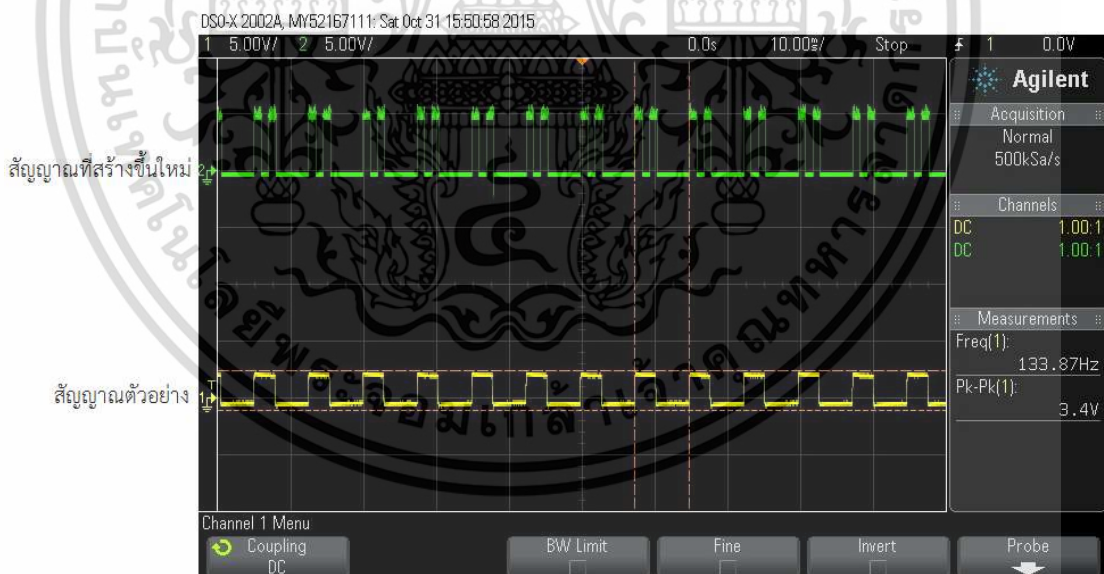
รูปที่ 4.26 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 1 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm

2 แรงดันการจุดระเบิดด้วยสัญญาณรูปแบบใหม่ 2 พัลส์ แสดงผลในรูปที่ 4.28 และ รูปที่ 4.29



รูปที่ 4.28 สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดตัวอย่าง (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 สัญญาณแรงดันจากการจุดระเบิดที่วัดได้จากชุดวงจรคอยล์จุดระเบิด (บน) และ สัญญาณที่ใช้ในการจุดระเบิดที่สร้างขึ้นใหม่ 2 พัลส์ (ล่าง) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000 rpm

การจุดระเบิดด้วยสัญญาณจุดระเบิดรูปแบบใหม่ นอกจากแรงดันที่วัดได้จากการจุดระเบิดแล้ว ยังมีประกายไฟจากการจุดระเบิดที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับสัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง โดยมีพื้นที่ประกายไฟการจุดระเบิดที่หัวเทียนมากขึ้น คาดว่าน่าจะสามารถช่วยในกระบวนการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ช่วยลดมลพิษจากการเผาไหม้ได้ดีขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ประกายไฟจากหัวเทียนที่ใช้สัญญาณจุดระเบิดตัวอย่าง (ซ้าย) และ ประกายไฟจากหัวเทียนที่ใช้สัญญาณจุดระเบิดรูปแบบใหม่ 3 พัลส์ (ขวา)

ประกายไฟจากการจุดระเบิดด้วยสัญญาณจุดระเบิดจำนวน 3 พัลส์ให้ประกายไฟที่มากกว่าการจุดระเบิดด้วยสัญญาณจุดระเบิด 1 พัลส์ซึ่งน่าจะส่งผลดีต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อลดมลพิษและเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลแรงดันการจลจรเปิดด้วยสัญญาณจลจรเปิดรูปแบบใหม่

จำนวน สัญญาณ พัลส์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rpm)	ช่วงเวลาการจล จรเปิด (ms)	แรงดันการจลจรเปิดที่มา จากคอยล์จลจรเปิดแบบ ตรง (V)
1	2000	15.83	11900
	4000	7.917	11100
	6000	5.28	11300
	8000	3.958	11100
2	2000	15.83	11300
	4000	7.917	10900
	6000	5.28	10300
	8000	3.958	10700
3	2000	15.83	11500
	4000	7.917	11300
	6000	5.28	10500
	8000	3.958	-
4	2000	15.83	11500
	4000	7.917	11300
	6000	5.28	-
	8000	3.958	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโดยการสร้างสัญญาณจตุระเบิดรูปแบบใหม่เพื่อใช้ในการจตุระเบิดที่ค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ค่าต่างๆ และทำการวัดค่าแรงดันที่ได้จากการจตุระเบิดที่ปลายขั้วอิเล็กโทรด โดยสัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้นนี้จะมีขนาดเล็กกว่าสัญญาณตัวอย่าง (เลือกสัญญาณตัวอย่างมีค่าแรงดัน 3V และมีค่าคาบเวลาของสัญญาณ 3.9ms) และจะสร้างให้มีค่า Time ON Stage ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่ยังคงสามารถจตุระเบิดได้เต็มประสิทธิภาพเท่ากับสัญญาณตัวอย่าง เพื่อนำไปสร้างสัญญาณรูปแบบใหม่ที่จะใช้ในการจตุระเบิดให้มีจำนวนพัลส์มากที่สุด ซึ่งมีค่า Time ON Stage ประมาณ 1ms และจำนวนพัลส์สูงสุดที่สร้างได้จะต้องอยู่ในช่วงคาบเวลาการจตุระเบิดนั่นก็คือ 4 พัลส์ ทำการทดลองจตุระเบิดที่ค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000rpm, 4000rpm, 6000rpm และ 8000rpm ที่แรงดันบรรยากาศทั่วไป ซึ่งถือเป็นขอบเขตของงานวิจัยนี้

ค่าแรงดันจากการจตุระเบิดที่ใช้สัญญาณการจตุระเบิดที่อยู่ในเวลาตั้งแต่การจตุระเบิดล่วงหน้าจนถึงเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่าง จะมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 11000V ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าเบรคตาวาน์ของอากาศของหัวเทียน ซึ่งโดยทั่วไปหัวเทียนจะมีระยะห่างระหว่างขั้วอยู่ที่ 0.6mm-1.8mm ดังนั้น จากตารางที่ 2.2.2 ที่แสดงค่าเบรคตาวาน์ของอากาศที่แรงดันบรรยากาศทั่วไป ค่าแรงดันที่ได้ควรจะอยู่ในช่วง มากกว่า 0.9kV แต่ไม่ถึง 7.6kV แต่ยังมีช่วงค่าคาบเวลาบางช่วงที่สัญญาณพัลส์รูปแบบใหม่ไม่สามารถจตุระเบิดได้ เนื่องจากพัลส์ที่สร้างใหม่นั้นเกินช่วงค่าเวลาตั้งแต่การจตุระเบิดล่วงหน้าจนถึงเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่าง เช่น ที่สัญญาณ 3 พัลส์ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 8000rpm ไม่สามารถจตุระเบิดได้เนื่องจากช่วงเวลาการจตุระเบิด คือ 3.958ms แต่สัญญาณรูปแบบใหม่ 3 พัลส์มีค่าช่วงเวลาจตุระเบิดทั้งหมดประมาณ 5ms ซึ่งเกินกว่าค่าช่วงเวลาจตุระเบิด จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า สัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการจตุระเบิดหากมีค่า Time ON Stage เท่ากับ 5τ ขึ้นไปจะสามารถทำการจตุระเบิดที่มีประสิทธิภาพได้ใกล้เคียงกัน แต่ถ้าสัญญาณที่ใช้ในการจตุระเบิดมีค่าน้อยกว่า 5τ หรือสัญญาณพัลส์ที่ใช้จตุระเบิดมีค่าคาบเวลาเกินกว่าช่วงค่าคาบเวลาที่สามารถจตุระเบิด จะไม่สามารถทำการจตุระเบิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สัญญาณรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจตุระเบิดเพื่อสร้างประกายไฟที่หัวเทียนที่มีค่า Time ON Stage เท่ากับ 5τ ยังคงให้ค่าแรงดันจากการจตุระเบิดเท่าเดิมกับสัญญาณจตุระเบิดตัวอย่าง

ประกายไฟที่ได้จากการจตุระเบิดเพื่อสร้างประกายไฟที่หัวเทียนด้วยสัญญาณจตุระเบิดรูปแบบใหม่ที่สร้างขึ้น พบว่ามีพื้นที่ของประกายไฟจากการจตุระเบิดที่หัวเทียนมากขึ้น ซึ่งคาดว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประณต กุลประสูต, “ทฤษฎีเครื่องยนต์เบนซิน”, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 448 หน้า, 2551
- [2] รศ.บรรจบ อรชร, วรณศิลป์ พัวโสพิศ, ศุภสิริ อุดมศิลป์, “วิจัยการทำงานของเครื่องยนต์เล็กเบนซิน 4 จังหวะ”, ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, [Online], Available : <http://www.gamerth.com/kengbboy/บทเรียนที่-3/วิจัยการทำงานของเครื่อง/>, 2016
- [3] Vallop Magmae, “เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ”, Kanchanaburi Technical College, ครู วิทยฐานะเชี่ยวชาญ (ค.ศ.4), [Online], Available : https://vallop-automechanics.blogspot.com/2012/05/4_30.html, Last Modified 30 May 2012.
- [4] Wiesław Kozaczewski, “Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych”, ISBN : 832061533X, 2004.
- [5] Arpit Dubey, Akshay Pareta, Pawan Sharma, “Study of Multiple Spark Ignition Engines with Single Spark Ignition Engines on the Basis of Engine Efficiency and Emission Characteristics Size”, Department of Mechanical Engineering, Maharishi Arvind Institute of Engineering and Technology, Jaipur, India, Accepted 10 March 2014, Available online 01 April 2014, Special Issue-3, (April 2014)
- [6] Taiwan Ignition System Co., Ltd., “TOYOTA Pencil Coil”, [Online], Available : <http://www.ignition.com.tw/Product-20081029162353.html>, Copyright 2016.
- [7] TOYOTA Motor Sale, U.S.A., Inc. from #850 EFI Course Book. [Online] Available : <http://educyclopedia.karadimov.info/library/h23.pdf>, 2016.
- [8] Chulalongkorn University, Department of Electrical Engineering, บทที่ 5 วงจรอันดับหนึ่ง RL และ RC”, [Online], Available : <http://www.ee.eng.chula.ac.th/eecu/oldee/2102210/CCR/2102-210-05.pdf>, 2012.
- [9] ประสานพงษ์ หาเรือนชัย, “งานไฟฟ้ารถยนต์”, ISBN : 978-616-08-1624-8, พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ.2553, 2556
- [10] DENSO CORPORATION, “IRIDIUM TOUGH Q&A, The flame is rapidly spread for quick combustion in comparison to a normal spark plug”, [Online], Available : http://www.globaldenso.com/en/products/aftermarket/plug/qa/tough/qa_3.html, Copyright 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] D. Ilic, D. Mostic, E. Dolicanin, K. Stankovic, P. Osmokrovic, “Mechanisms of Electrical Berakdown in Low Vacuums”, Scientific Publications Of The State University Of Novi Pazar Ser. A: Appl. Math. Inform. and Mech. vol. 3, 2 (2011), 85-99.
- [12] Wikipedia, the free encyclopedia, “Spark Plug”. [Online]
Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Spark_plug , last modified on 21 April 2016, at 16:22.
- [13] วีระเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์, “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง”, วิ.เจ.พรีนตัง, 845 หน้า, 2547
- [14] Lars Eriksson, Spark Advance Modeling and Control, Department of Electrical Engineering Linkoping University, SE{581 83 Linkoping, Sweden, Linkoping 1999.

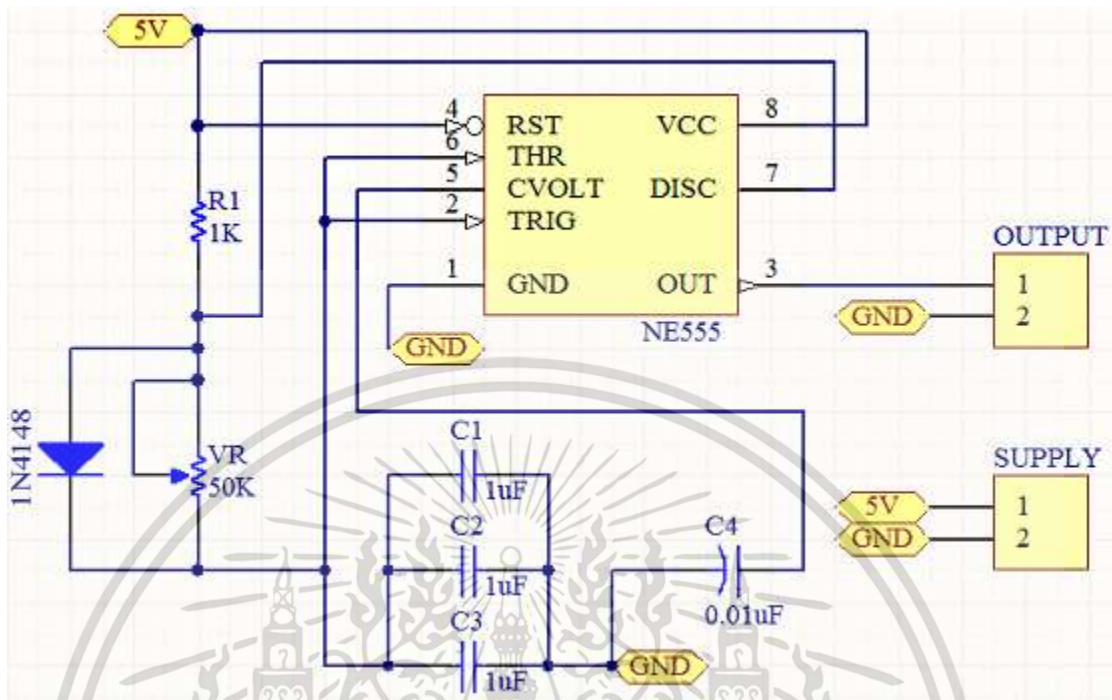


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



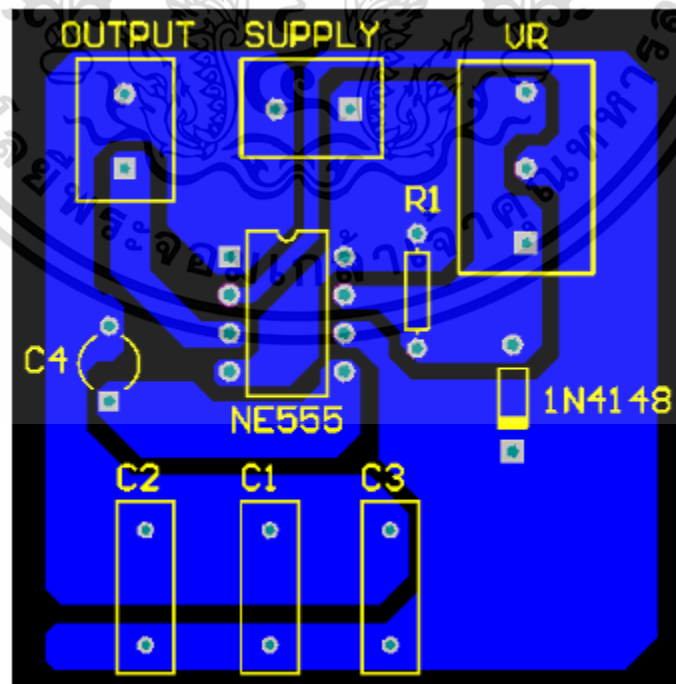
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



รูปที่ ก Schematic ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

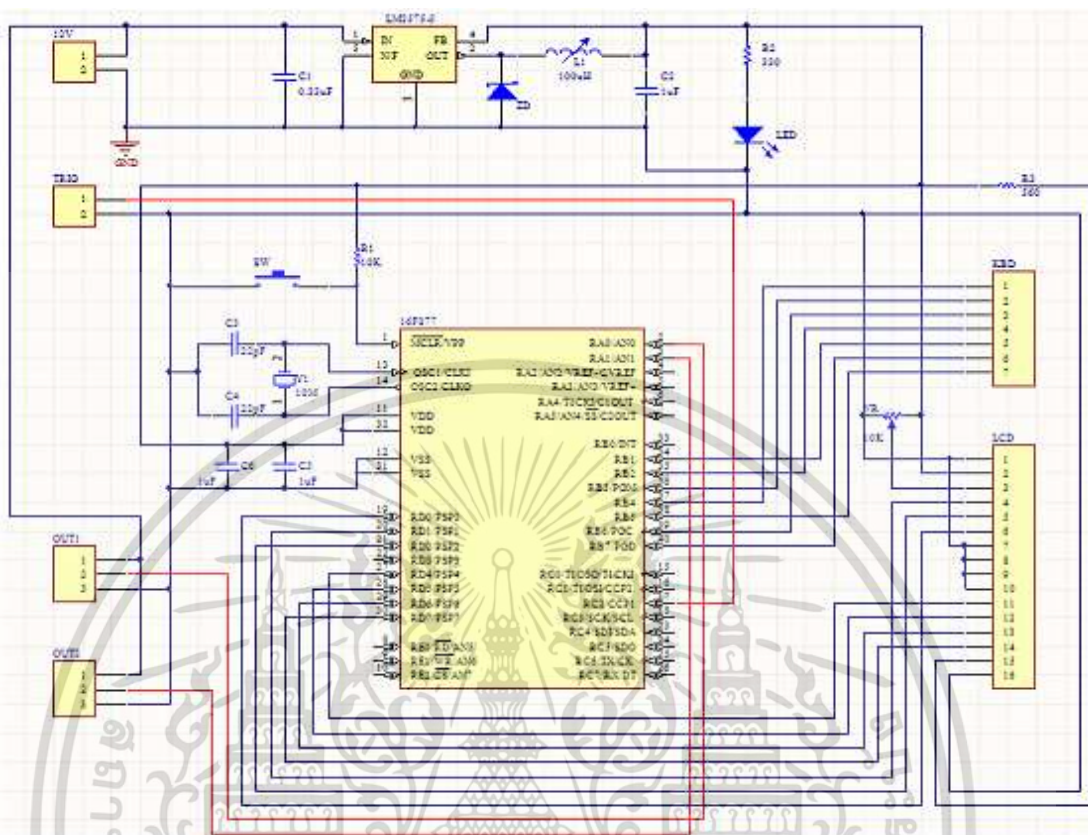
PCB วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



รูปที่ ข PCB วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

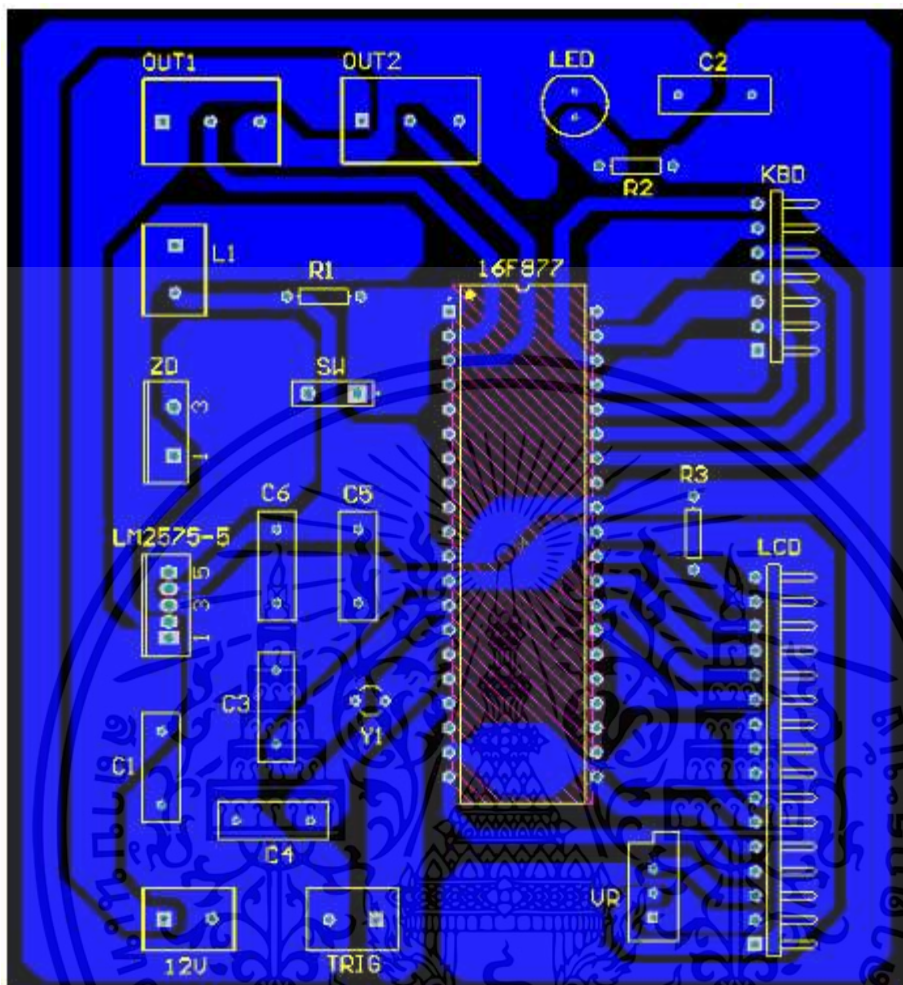
Schematic ของวงจรไมโครคอนโทรเลอร์



รูปที่ ค Schematic ของวงจรไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PCB วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ ง PCB วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code Program

```

#include <16F877.h>
#include HS,NOPROTECT,NOPUT,NOWDT
#include delay(clock=10000000)
//#use rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
#define use_portb_kbd
#include <lcd.c>
#include <kbd.c>

unsigned long time,Ton;
unsigned int k,kp[5],i,m,one,two;

#int_ccp1
void CCP1_ISR(void)
{
time=get_timer1();
if(one==49)
{
output_high(pin_a0);
delay_us(Ton);
output_low(pin_a0);

}

if(two==50)
{
output_high(pin_a0);
output_high(pin_a1);
delay_us(Ton);
output_low(pin_a0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_low(pin_a1);
delay_us(Ton);

output_high(pin_a1);

delay_us(Ton);
output_low(pin_a1);
}

set_timer1(0);

}

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 : 0213 0606 ");
delay_ms(1000);
lcd_putc("\f");
lcd_putc("  Ton  -[1] \n");
lcd_putc("  Pulse-[2] ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(true)
{

m=0;
Ton=0;
k=kbd_getc();

if(k!=0)
{
if(k=='1')
{
one=k;
lcd_putc("\f");
lcd_putc(" Ton =   us \n");
lcd_putc(" # --> Enter ");
for(;;)
{
k=kbd_getc();
if(k!=0)
{
if(k=='#')break;

lcd_gotoxy(9+m,1);
lcd_putc(k);
kp[m]=k-48;
m++;
k=0;
}
}

for(i=0;i<m;i++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    Ton=Ton*10+kp[i];
}
m=0;
lcd_putc("\f");
lcd_putc(" TESTING ");

```

```

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);
set_tris_c(0xff);

```

```

while(true)
{
    ;
}
}

```

```

if(k!=0)
{
    if(k=='2')
    {
        one=k;
        lcd_putc("\f");
        lcd_putc(" Ton =   us \n");
        lcd_putc(" # --> Enter ");
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(;;)
{
k=kbd_getc();
if(k!=0)
{
if(k=='#')break;

lcd_gotoxy(9+m,1);
lcd_putc(k);
kp[m]=k-48;
m++;
k=0;
}
}
for(i=0;i<m;i++)
{
Ton=Ton*10+kp[i];
}
m=0;
lcd_putc("\n");
lcd_putc(" TESTING ");

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);
set_tris_c(0xff);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(true)
{
    ;
}
}

```

```

if(k!=0)
{
    if(k=='3')
    {
        one=k;
        lcd_putc('\f');
        lcd_putc(" Ton =   us \n");
        lcd_putc(" # --> Enter ");
        for(;;)
        {
            k=kbd_getc();
            if(k!=0)
            {
                if(k=='#')break;

                lcd_gotoxy(9+m,1);
                lcd_putc(k);
                kp[m]=k-48;
                m++;
                k=0;
            }
        }
        for(i=0;i<m;i++)
        {
            Ton=Ton*10+kp[i];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
m=0;
lcd_putc("\f");
lcd_putc(" TESTING ");

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);
set_tris_c(0xff);
while(true)
{
;
}
}

if(k=='4')
{
two=k;

lcd_putc("\f");
lcd_putc(" Ton = us \n");
lcd_putc(" # --> Enter ");

for(;;)
{
k=kbd_getc();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(k!=0)
{
if(k=='#')break;

lcd_gotoxy(9+m,1);
lcd_putc(k);
kp[m]=k-48;
m++;
k=0;
}
}
for(i=0;i<m;i++)
{
Ton=Ton*10+kp[i];
}
m=0;
lcd_putc('\f');
lcd_putc(" COMPLETE ");

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);
set_tris_c(0xff);

while(true)
{
;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

}

}

}

}

}

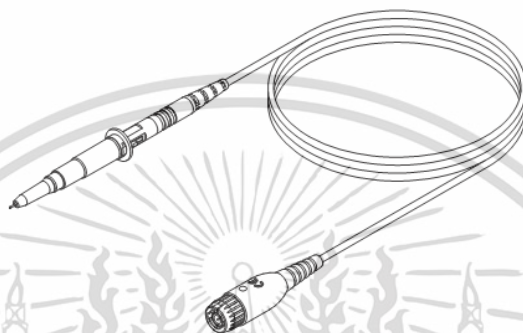


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keysight 10076C High Voltage Probe



Characteristics

System Bandwidth	a. 500 MHz when used with 500 MHz bandwidth oscilloscope b. Oscilloscope bandwidth when used with oscilloscope with ≤ 150 MHz bandwidth
System Risetime (Calculated)	a. < 0.7 n sec when used with 500 MHz oscilloscope b. Oscilloscope risetime when used with oscilloscope with ≤ 150 MHz bandwidth
Attenuation Ratio	100:1
Input Resistance (when terminated into $1\text{ M}\Omega$)	$66.7\text{ M}\Omega$
Input Capacitance	$\approx 3\text{ pF}$
Maximum Input (dc + ac peak) pollution degree 2	 4000 V CAT I (mains isolated) 1000 V CAT II (post receptacle mains) DO NOT connect to a circuit above these maximums
Rated transient overvoltage (Ut)	0 V
Compensation Range	6 - 18 pF
Probe Readout	Yes
Operating Temperature	0° to 50°C
Humidity	to 90%
Shock	400g 1/2 sine wave on tip end 50g 1/2 sine wave on BNC end
Propagation Delay	≈ 8 ns (1.8 m probe cable length)
Altitude	3000 m (indoor use only)

Cleaning: If your probe requires cleaning, disconnect it from the instrument and clean it with mild detergent and water. Make sure the probe is completely dry before reconnecting it to the instrument.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMECS 2016 Proceedings CD

Conference Period and Venue:

16-18 March, 2016
The Royal Garden Hotel, Kowloon, Hong Kong

Organizing Association:



International Association of Engineers

The papers in the CD consist of the proceedings of the conference mentioned above. They reflected the authors' opinions and their inclusion in the publication does not necessarily constitute endorsement by the conference committees and the International Association of Engineers. The publication ethics and publication malpractice statement of our conference is available in the conference web page: http://www.iaeng.org/IMECS2016/doc/publication_ethics.html

Copyright and Reprint Policy:

Abstracting is permitted with credit to the source. Libraries may photocopy the articles for private use of patrons in this proceedings publication. Copying of individual articles for non-commercial purposes is permitted without a fee, provided that credit to the source is given. For other copying, reprint, or republication permission purposes, permission from the publisher should be obtained.

Publisher:

Newswood Limited
International Association of Engineers

Proceedings Books:

ISBN (Vol I): 978-988-19253-8-1
ISBN (Vol II): 978-988-14047-6-3
ISSN: 2078-0958 (Print)
ISSN: 2078-0966 (Online)

Additional copies may be ordered from:
Newswood Limited
Unit 1, 1/F, 37-39 Hung To Road, Hong Kong

The 2016 IAENG International Conference on Control and Automation

Original Papers

Global Localization of Mobile Robots Using Signal Strength Readings from Floor-Installed RFID Transponders

Christof Rohrig, Daniel HeB, and Frank Kunemund ~~~~~ pp179-184 [\[Full Text\]](#)

Swing-up of an Inverted Pendulum on a Cart Using a Modified Energy Based Approach

Emese Kennedy, and Hien Tran ~~~~~ pp185-190 [\[Full Text\]](#)

Realization of Gyrostat Program Motion with Cavity Filled with Viscous Fluid

Sergey P. Bezglasnyi, and Viktor S. Krasnikov ~~~~~ pp191-194 [\[Full Text\]](#)

Walking Experiment of Biped Robot with Antagonistic Actuation Using Non-Linear Spring

Takashige Yano, Jae Hoon Lee, and Shingo Okamoto ~~~~~ pp195-199 [\[Full Text\]](#)

Astaticism in Tracking Control Systems

Maria A. Smirnova, Mikhail N. Smirnov, Tatyana E. Smirnova, and Nikolay V. Smirnov ~~~~~ pp200-204 [\[Full Text\]](#)

Multi-Time Ignition Concept of Four Stoke Gasoline Engine

Paramin Timtam, and Jirawath Parnklang ~~~~~ pp205-208 [\[Full Text\]](#)

Gravitational Stabilization of a Satellite Using a Bounded Control of a Movable Mass

Sergey P. Bezglasnyi ~~~~~ pp209-212 [\[Full Text\]](#)

Fault Tolerance for Input Faults in a Class of Asynchronous Sequential Machines

Jung-Min Yang, and Seong Woo Kwak ~~~~~ pp213-218 [\[Full Text\]](#)

Control Systems of a Non-stationary Plant Based on MPC and PID Type Fuzzy Logic Controller

Igor S. Nadezhdin, Aleksey G. Goryunov, Flavio Manenti, and Anton O. Ochoa Bike ~~~~~ pp219-224 [\[Full Text\]](#)

Trajectory Optimization for Differential Flat Systems

file:///F:/content/ICCA.html

21/7/2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kahina Louadj, Benjamas Panomruttanarug, Alexandre Carlos Brandao Ramos, and Felix Mora-Camino ~~~~~ pp225-228 [[Full Text](#)]

Plant Identification in the Closed-loop Control System

Nikolay S. Krinitsyn, Anastasiya D. Uvarova, Valeriy F. Dyadik, and Aleksey G. Goryunov ~~~~~ pp229-233 [[Full Text](#)]

Adaptive Simulation Using Arena Software

Thembelani Sithebe ~~~~~ pp234-237 [[Full Text](#)]

Optimization of the Size of Minimal Invariant Ellipsoid with Providing the Desired Modal Properties

Maria A. Smirnova, Mikhail N. Smirnov, Tatyana E. Smirnova, and Nikolay V. Smirnov ~~~~~ pp238-241 [[Full Text](#)]

A Fuzzy-Neural Adaptive Iterative Learning Control for Freeway Traffic Flow Systems

Ying-Chung Wang, Chiang-Ju Chien, and Chun-Hung Wang ~~~~~ pp242-247 [[Full Text](#)]

Motion Control of a Three Active Wheeled Mobile Robot and Collision-Free Human Following Navigation in Outdoor Environment

Yousif E. Abdelgabar, Jae Hoon Lee, and Shingo Okamoto ~~~~~ pp248-253 [[Full Text](#)]

Mathematical Modeling of EDM Method of Water Purification

Igor S. Nadezhdin, Aleksey G. Goryunov, Flavio Manenti, and Anton O. Ochoa Bique ~~~~~ pp254-258 [[Full Text](#)]

An Implementation on 3D Positioning Aquatic Robot

T. Ratanajaratrod, and P. Nilas ~~~~~ pp259-264 [[Full Text](#)]

Gravitational Stabilization and Reorientation of a Dumbbell Shaped Artificial Satellite on the Principle of Swing in a Circular Orbit

Sergey P. Bezglasnyi, and Alena A. Mukhametzyanova ~~~~~ pp265-268 [[Full Text](#)]

IAENG

IJCSIAM
IAENG International Journal of
Computer Science Applied Mathematics

Multi-Time Ignition Concept of Four Stroke Gasoline Engine

Paramin Timtam and Jirawath Parnklang

Abstract—This article presents the design and fabrication of multiple time ignition flame of ignition plug in the 4 stroke internal combustion gasoline engine. The idea concept is to increase the number of controlled ignition voltage signals, so the ignition flame of the spark plug is igniting several times in one engine ignition cycle. Ensuring that the overall signal timing of the maximum ignition period is not over than the period of the engine piston in normal position from Before Top Dead Center (BTDC) to the Bottom Dead Center (BDC) at the maximum 8000 round per minute (rpm). Based on the usual gasoline engine ignition system, a complete driver circuit of ignition coil unit, it is found that the new idea of ignition pulse signal of the spark plug can be created up to 4 times while the output voltage of the sample ignition coil decrease not less than 10% compared to the normal ignition signal condition. The lowest accumulated charging time of ignition coil was 3.9ms.

Keywords—ignition spark plug, multi time ignition, pulse spark signal.

I. INTRODUCTION

The internal combustion gasoline engine has recently been developed to reduce engine pollution. The whole concept is to increasing output engine power, reducing the fuel consumption, pollution and also the engine sound. The development sometimes needs higher quality of gasoline fuel to produce higher output engine power, which causes higher pollution. The nature of the internal combustion gasoline engine is that when the fuel efficiency characteristic is improved, the other aspect such as the power efficiency is unavoidably reduced. The evolution of the internal combustion engine is slower than the expectations from the regulations of each country.

The single spark plug ignition coil unit (coil on plug) of the internal combustion gasoline engine is one of the development to example improve the engines an ignition cycle concept with low pollution emotion. For example, the techniques of the spark plug ignition flame while the engine discharges the exhaust to reduce its severity before releasing outside the engine. Although the pollution (toxic gas) discharge from the engine is burned again for the second time and reduced the pollution rate. It does not increase the engine output power.

Paramin Timtam, Graduate Student, Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520, Email: mienimi20@gmail.com

Jirawath Parnklang, Associate Professor, Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520, Email: kjjirawa@kmitl.ac.th

Formerly, the development of the number of the spark plug ignition to increase the power is to add spark plugs in the one engine piston (only 2 plugs maximum). The problem on the appropriate position to install the several ignition spark plugs is being discussed as the sparks plug position. The ideally is to install at the center of piston combustion chamber. This multi spark plug engine ignition is not satisfactorily enough fuel efficient. The resolution of this issue is to increase the electrode in spark plugs to be 2, 3 and maximum 4 electrodes (formerly there is only 1 electrode). And find the best possible position to install a plug for produce maximum output engine power with minimum pollution as possible. However, there is still a problem as the ignition plug only took place at another suitable point in the combustion chamber. And there is only one electrode can spark because of that electrode gives the minimum electrical spark gap resistance. This development is therefore considered a solution for the case of hot electrode plug, after a long time use of spark electrode can no longer lifetime. The ignition flame occur at the another electrode sparkplugs which are still low electrical spark gap resistance. Furthermore, the development of spark plugs by using difference material such Iridium or Platinum at the spark electrode produces conduction efficient and reduces the degradation of the plugs. The ignition point is more accurate. It is the evolution of spark plugs that is currently used.

However, all of the spark plug ignition system development has been focused on single ignition per one ignition round due to the fact that there is the mechanical limitation of control unit (pick up coil in the distributor unit). Currently, there is a innovation that creating high voltage to eliminate the ambient air surrounding the spark plugs in the combustion chamber. This innovation is single spark plug per one ignition coil and one coil driver circuit. With the smaller power electronics device technology, the ignition coil and coil driver control unit is combined in the small single unit. A lower duty cycle time to ignite and responds to higher ignition frequency response. The sample of a complete coil on plug ignition circuit unit is illustrated in Figure 1.



Fig. 1. The present single coil on plug

II. THEORY

With the internal combustion engine, gasoline ignited with a single spark plug presently is started during the engine piston compressing. The piston move to top dead end which refers as Before Top Dead Center (BTDC) and it occurrence at any suitable degrees depends on designing the gasoline engine and fuel combustion duration time. The fuel burn starts at the end point of the spark electrode plug and ignite overall the combustion chamber so that the fuel is thoroughly combusted. When the piston moves to the Top Dead Center (TDC), it descends to generate heat power to propel the automobile. The power of combustion attract to the top of the piston ended after the piston moves to the Bottom Dead Center (BDC). At this moment, the spark plug originates sparks from the time that the piston moves to the Bottom Dead Center. The timing period is researched to create duty cycle time spark signal for combustion at the spark plug electrode continually. The period time (T) is calculated from the equation (1):

$$T = \frac{D+180^\circ}{\frac{rpm}{60} \times 360} \text{second} \quad (1)$$

By D is combustion degree at Before Top Dead Center
 rpm is engine cycle in 1 min (round per minute)

Therefore, if we specify a maximum round per minute (rpm) of engine to be 8000 with 10 combustion degrees BTDC, the period to create the combustion signal is not over than 3.9ms. The problem in the system includes the method of combustion to originate the spark at the spark plug. So in this research mean that it cannot be calculate to find the period of cumulative load of combustion currently used coil. However, as a gasoline engine is combusted with single coil that has the coil propel system inside on single unit and a set of combustion ignition coil. This propels cycle is responsible for only a combustion piston. That is to say, the size of the combustion coil is made of copper wire with a small cross sectional area. It needs a low primary coil input current and high output secondary voltage. From studying the general period of load accumulation by considering the period of combustion signal derived from ECU (Engine Control Unit) controlled by general engine concept is 1.4ms. Hence, we begin the studying of timing of the newly generated signal to decrease from the signal period and experimenting signal creation with maximum combustion to the load at 3.9ms as specified above. The duration of the OFF state of each signal is equal to the duration of the ON of the calculated period.

Some former concept of dual ignition coil and dual spark plug ignition system of Alfa Romeos Twin Spark or Toyota Twin Plug Engine, a single spark plug ignition system is applied in present general vehicle to ignite engines with one power cycle. However, in recent decades, Alfa Romeo has conducted the experiment by adding another spark plug to the engine ignition system which means the dual spark plug ignition in one work cycle. The timing spark flame of the twin spark plugs are designed of suitability time. The experiment results indicated that the ignition of the dual spark plug in one power work cycle cause higher complete combustion, higher fuel efficiency and also lower amounts of engine exhaust pollution.

From the Alfa Romeo experiment, it is found that the dual or twin spark plug ignition system can provide fuel

combustion which higher than the single spark plug ignition system. Because of its more comprehensive ignition position, greater spark power, higher ignition fire by higher secondary voltage, and it causes more complete combustion fuel efficiency.

III. EXPERIMENT AND RESULTS

Designing a gasoline engine single spark ignition model system, and construction equipment for this concept of the ignition that multi times spark as mentioned above is fabricated. After that, conducted and experiment based on the concept by generating a control simulation of the ignition signal output from the general ECU of engine with 4 cylinder engine cycle's speeds of 2000rpm, 4000rpm, 6000rpm, and 8000rpm respectively. The ECU signal is stimulate into the fabricated new concept CPU of the experimental system and new ignition signals is created. The new multi time ignition signal is 1, 2, 3, and 4 times. Regardless of the number of ignition times that occurred, the sparking plug is terminated in a timely manner which is BTDC to the point where the engine piston position. This received such ignition point, reached to the BDC. Then the output voltage at the end of electrodes of the ignition spark plug is measured and compared with the ignition signal. The results of the experiment are shown from Figure 2 to Figure 8 and Table 1.

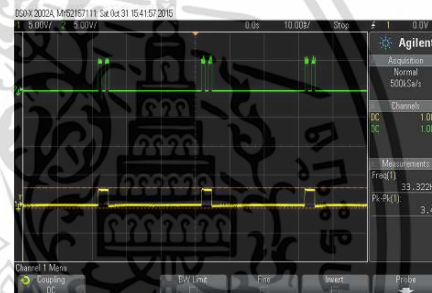


Fig. 2. Example of original ignition signal (below) and new ignition signal created (above)

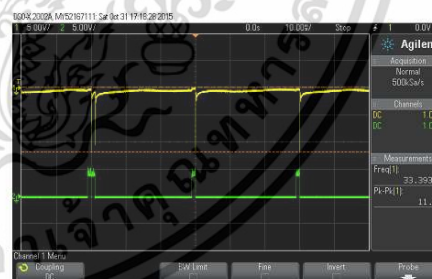


Fig. 3. Example of voltage levels record from electrode of the sparking plug's tip when experimenting ignition with default signal (above) and the new ignition default signal created (below)

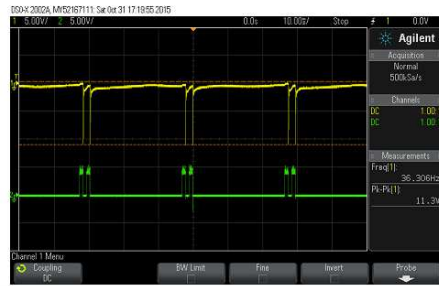


Fig. 4. Example of voltage levels record from electrode of the sparking plug's tip when experimenting ignition with signal 2 times (upper) and the new ignition signal created 2 times (lower)

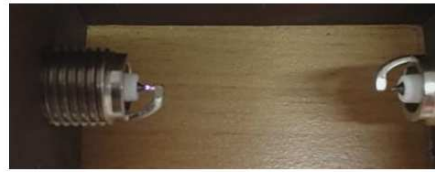


Fig. 7. Example of the nature of the flame obtained from the sparking plug ignited with normal signal

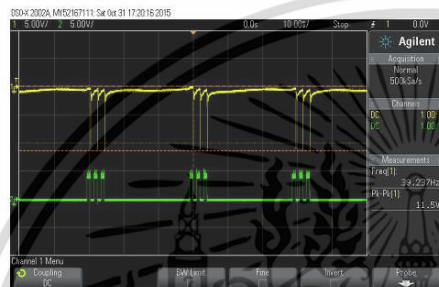


Fig. 5. Example of voltage levels recorded from electrode of the sparking plug's tip when experimenting ignition with signal 3 times (above) and the new ignition signal created 3 times (below)



Fig. 8. Example of nature of flame obtained from the sparking plug ignited with multi pulse signal

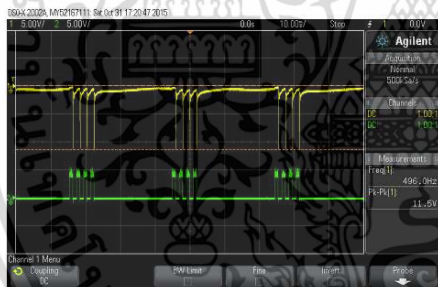


Fig. 6. Example of voltage levels recorded from electrode of the sparking plug's tip when experimenting ignition with signal 4 times (above) and the new ignition signal created 4 times (below)

TABLE I
THE RESULT OF OUTPUT VOLTAGE OF THE SPARK PLUG ELECTRODE

Number of Pulse Signal	Engine Cycle (rpm)	Ignition Timing (ms)	Sparking Plug Electrode Tip Output Voltage (V)
1	2000	15.83	11900
	4000	7.917	11100
	6000	5.28	11300
	8000	3.958	23100
2	2000	15.83	11500
	4000	7.917	10900
	6000	5.28	10300
	8000	3.958	10700
3	2000	15.83	11500
	4000	7.917	11300
	6000	5.28	10500
	8000	3.958	10700
4	2000	15.83	11500
	4000	7.917	11300
	6000	5.28	10300
	8000	3.958	11700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV. CONCLUSION

Figure 7 and figure 8 show that this concept of the spark technique is better light intensity of the spark plug electrode tip than today general spark concept. And also from table 1 the experiment results by generating a signal with multi time pulse signal (maximum at 4 time) to the spark plug with different normal gasoline engine speeds (*rpm*) and measuring the output voltage from the spark plug electrode's tip shows that the efficiency of the detonation in different kinds of detonation signals and different *rpm* at the same detonating voltage. But the experimental results do not include the engine speed at 8000*rpm* which has a multi pulse signal 1 pulse that has a different voltage from the detonation and different from other *rpm* rates. The conclusion is that if the multi pulse signal 1 pulse is delivered to this type of coil on plug, the output voltage from the detonation at rate of 8000*rpm* has the highest voltage rate from the detonation. The next research is to change the sample of the coil on plug and find the maximum system frequency response or the minimum duty cycle time parameter of this idea ignition signal.

REFERENCES

- [1] J S Wijesinghe, G Hong, "Effect of Spark Assistance on Autoignition Combustion in a Small Two-Stroke Engine" School of Electrical, Mechanical and Mechatronic System, University of Technology, Sydney, New South Wales, Australia.
- [2] Thomas Kaiser, Alexander Flaig, Frank Mucklich "Design and Materials for Long-Life Spark Plugs" SAE paper no.2006-01-0617.
- [3] Ajay K.Singh, A.Rehman, "The Effect of Dual Spark Plug on Engine Performance Parameter in Two Stroke Gasoline Engine" Maulana Azad National Institute of Technology, Bhopal.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล

ปรมินทร์ ทิมธรรม

วัน เดือน ปีเกิด

24 พฤษภาคม พ.ศ.2532 ที่จังหวัดระยอง

ที่อยู่

55/1 หมู่2 ตำบลตะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21000

ประวัติการศึกษา

2553 วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์

คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้