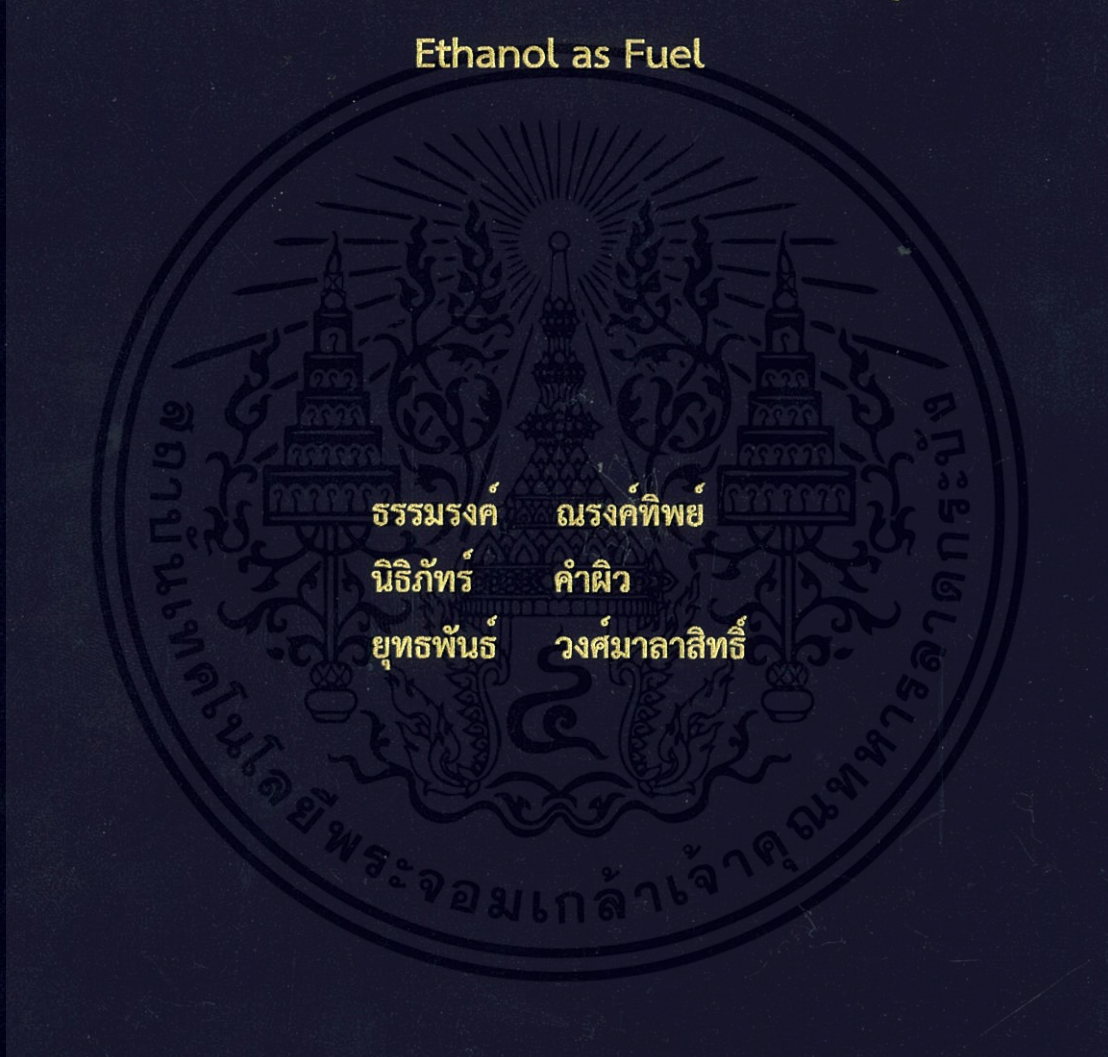


การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์เอทานอลจุดระเบิดด้วยประกาย
ไฟแบบฉีดตรง

Investigation of Performance and Emission in DISI Engine when Blends
Ethanol as Fuel



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์เอทานอลจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง

Investigation of Performance and Emission in DISI Engine when Blends Ethanol as Fuel



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันฯ ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงปีการศึกษา 2557 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Investigation of Performance and Emission in DISI Engine when Blends
Ethanol as Fuel



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

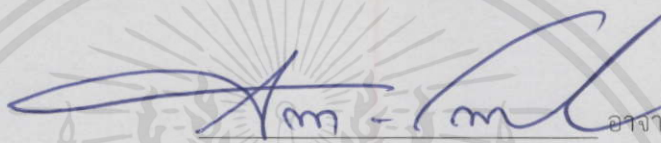
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2557
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

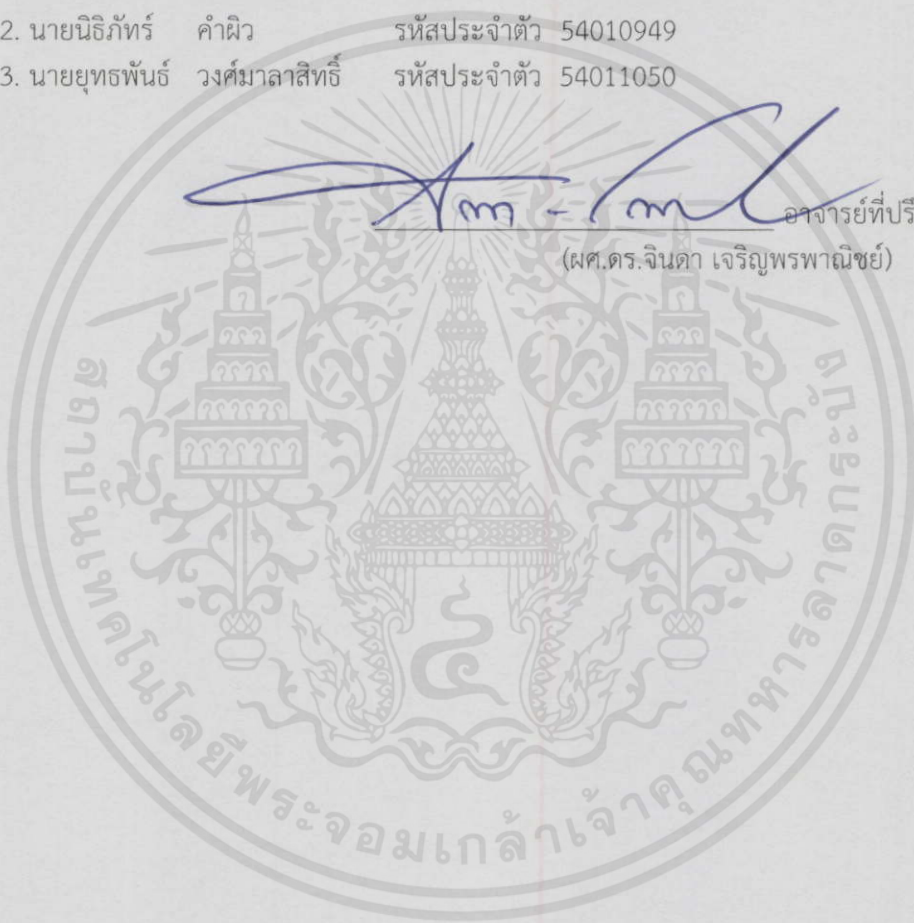
เรื่อง การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์เอทานอลจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง
Investigation of Performance and Emission in DISI Engine when Blends
Ethanol as Fuel

ผู้จัดทำ

1. นายธรรมรงค์ ณรงค์ทิพย์ รหัสประจำตัว 54010599
2. นายนิธิภัทร์ คำผิว รหัสประจำตัว 54010949
3. นายยุทธพันธ์ วงศ์มาลาสิทธิ์ รหัสประจำตัว 54011050



อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์เอทานอลจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง

นายธรรมรงค์	ณรงค์ทิพย์	54010599
นายนิธิภัทร์	คำผิว	54010949
นายยุทธพันธ์	วงศ์มาลาสิทธิ์	54011050

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ปรีชา การินทร์

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงการงานชิ้นนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์เอทานอลจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และ แกโซฮอล (E10,E20,E85) ซึ่งพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่กล่าวมาข้างต้น ที่มีผลต่อเครื่องยนต์ในด้านสมรรถนะ และ ก๊าซไอเสียที่ปล่อยออกมา โดยจะปรับแต่งและดัดแปลงเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ ด้วยกล่องควบคุม โดยทำการทดสอบที่ภาระงานต่างกัน คือ ภาระ 20% 30% และ 40% โดยให้เครื่องยนต์ทำรอบที่ 2000 รอบต่อนาที และใช้ไดนาโมมิเตอร์ในการเก็บค่ากำลัง แรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก และ ใช้เครื่องวิเคราะห์มลพิษในเครื่องยนต์ ในการหาค่าก๊าซไอเสียต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ออกซิเจน (O₂) แล้วนำค่าต่างๆมาวิเคราะห์สมรรถนะและก๊าซไอเสีย โดยการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง

คำหลัก: แกโซลีน,เอทานอล,เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า" ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Investigation of Performance and Emission in DISI Engine when Blends Ethanol as Fuel

Tammarong Narongtip 54010599

Nitiput Comphiv 54010949

Yutthapan Wongmalasit 54011050

Advisor Assoc.Prof. Dr. Chinda Charoenphonphanich

Co. Advisor Dr. Preechar Karin

Year 2014

ABSTRACT

Characterization of Ethanol Blended Gasoline Engine's Performance, Efficiency and Gas Emissions is proposed to study about characteristic of each kind of ethanol fuel and how its effect to our engine. Ethanol fuel is use to replace gasoline because ethanol can be made from agriculture product in Thailand, so we can reduce the amount of fossil fuel import. Ethanol has higher octane value than gasoline which means that ethanol can reduce the risk self-ignition or "Knocking". Ethanol can also help to reduce the increasing of the global warming by the carbon neutral especially for the crop that use carbon dioxide in photosynthesis that can make up for the release emission. Ethanol is an oxygenated fuel that can improve the complete combustion and also reduce the emission (CO HC, PM) that from the incomplete combustion. Now we use ethanol fuel in different rate such as E10 E25 E85 in spark ignition gasoline direct injection engine (SI GDI Engine) to apply for using in real life. Characterization of Ethanol Blended Gasoline Engine's Performance, Efficiency and Gases Emissions is one way to find alternative fuels that suitable for our engine and environment.

Keyword: Ethanol , Gasoline , Spark ignition gasoline direct injection engine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ เสมอจาก ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา และดร. ปรีชา การินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่สอนเนื้อหาวิชาการเพื่อที่จะใช้ในโครงการนี้ ขอขอบคุณอาคารปฏิบัติการยานยนต์ที่เอื้อเพื่อให้อบรมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบคุณที่ ภาณุวิสต์ คังคายะ และพี่ๆทุกคนในอาคารปฏิบัติการยานยนต์ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆในการทำโครงการนี้

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายธรรมรงค์ ณรงค์ทิพย์
 นายนิธิภัทร์ คำผิว
 นายยุทธพันธ์ วงศ์มาลาลิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูปภาพ.....	VII
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review).....	5
2.1.1 ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเชื้อเพลิง.....	5
2.1.2 ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเครื่องยนต์.....	6
2.1.3 ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์.....	9
2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์.....	19
2.2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเชื้อเพลิง.....	19
2.2.2 เอทานอล (Ethanol).....	22
2.2.3 แก๊โซลีน (Gasoline).....	25
2.2.4 ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์.....	27
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง.....	37
2.3.1 ทฤษฎีเชิงสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการโรงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.2 ทฤษฎีเชิงอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรค	39
2.4 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometers).....	40
2.4.1 ไดนาโมมิเตอร์ของเหลว หรือ ไดนาโมมิเตอร์ไฮดรอลิค	40
2.4.2 ไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer).....	40
2.4.3 ไดนาโมมิเตอร์ไฟฟ้า (Electric dynamometer).....	40
2.5 มลพิษทางอากาศ.....	40
2.5.1 แหล่งกำเนิดสารมลพิษในอากาศ (Sources of Air Pollution).....	40
2.5.2 ประเภทของสารมลพิษในอากาศ	41
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	44
3.1 อุปกรณ์การทดลอง.....	44
3.1.1 Engine Dynamometer รุ่น Tokyo Plant 150PS.....	44
3.1.2 ECU DTA fast S60 PRO ECU.....	45
3.1.3 เครื่องยนต์ Mitsubishi 4G93	46
3.1.4 OBD II (On Board Diagnostics 2).....	47
3.1.5 เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple)	47
3.1.6 เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor)	48
3.1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight Scale)	49
3.1.8 เครื่องมือวัดไฟฟ้า ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (AC/DC Digital Multimeter)	49
3.1.9 เครื่องวัดมลพิษยานยนต์ (Automotive gas analyser).....	50
3.2 การปรับแต่งเครื่องยนต์โดยใช้ ECU.....	50
3.2.1 ปรับช่วงเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง (Injection timing).....	50
3.2.2 ปรับระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง (Injection duration)	51
3.2.3 ปรับช่วงเวลาในการจุดระเบิด (Ignition timing).....	51
3.3 วิธีการทดลอง	51
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	54
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	
บทที่ 5สรุปและข้อเสนอแนะ.....	61

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	61
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	64
5.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลองด้านสมรรถนะ	64
5.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลองด้านมลพิษ.....	64
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	66
5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....	66
5.5 ข้อเสนอแนะ.....	66
เอกสารอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก.....	72
ภาคผนวก ก.....	73
ภาคผนวก ข.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แนวโน้มการค้นพบน้ำมันดิบบนโลก.....	1
1.2 ราคาน้ำมันดิบในปี พ.ศ. 2558.....	2
1.3 ไดอะแกรมแสดงชุดทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์	4
2.1 แสดงผลการทดลองของ M. AL-HASAN และคณะ.....	5
2.2 แสดงผลการทดลองของ I. SCHIFTER และคณะ	6
2.3 แสดงผลการทดลองของ F. N. ALASFOUR.....	7
2.4 แสดงผลการทดลองของ NECATI TÜRKÖZ และคณะ	8
2.5 แสดงผลการทดลองของ J. ZAREEI และคณะ.....	9
2.6 แสดงผลการศึกษาของ S. YOUSUFUDDIN และคณะ.....	10
2.7 แสดงผลการทดลองของโดย E. NIRMALA DEVI และคณะ	10
2.8 แสดงผลการทดลองของ TOLGA TOPGU" L.....	11
2.9 แสดงผลการทดลองของ MUNDE GOPAL G และคณะ	13
2.10 แสดงผลการศึกษาของ R. FENG และคณะ	14
2.11 แสดงผลการทดลองของโดย CENK SAYIN และคณะ.....	14
2.12 แสดงผลการทดลองของ SHANE CURTIS และคณะ.....	15
2.13 แสดงผลการทดลองของ F. YU"KSEL	16
2.14 แสดงผลการทดลองของ ZUOHUA HUANG และคณะ.....	17
2.15 แสดงผลการทดลอง SAHIB SHIHAB AHMED.....	18
2.16 ปริมาณการใช้และการผลิตเอทานอลภายในประเทศ.....	23
2.17 CARBON NEUTRAL	25
2.18 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิง	27
2.19 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์สี่จังหวะและสองจังหวะ.....	29
2.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จุด ระเบิดด้วยประกายไฟ	30
2.21 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จังหวะต่างๆของเครื่องยนต์.....	31
2.22 แสดงการเปรียบเทียบความดันภายในห้องเผาไหม้ระหว่างการจุดระเบิดแบบปกติและแบบเร็ว กว่าเดิม	32
2.23 แสดงระบบการจ่ายน้ำมันแบบคาร์บูเรเตอร์ (CARBURETOR).....	33
2.24 แสดงภาพการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบจุดเดียว หรือ หัวฉีดแบบตำแหน่งเดียว.....	34
2.25 แสดงภาพการฉีดแบบหลายจุด หรือ หัวฉีดแบบแยกตามสูบ.....	35
2.26 ซ้าย: แสดงภาพหัวฉีดคู่ต่อกระบอกสูบ กลาง: แสดงภาพหัวฉีดเดี่ยวต่อกระบอกสูบ	35
2.27 ขวา: แสดงภาพการทำงานของระบบหัวฉีดแบบหลายจุดหรือหัวฉีดแบบแยกตามสูบ	35
2.28 แสดงภาพการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง.....	36
2.29 แสดงภาพการฉีดน้ำมันโดยตรงที่หลักการต่าง ๆ.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอภัยถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

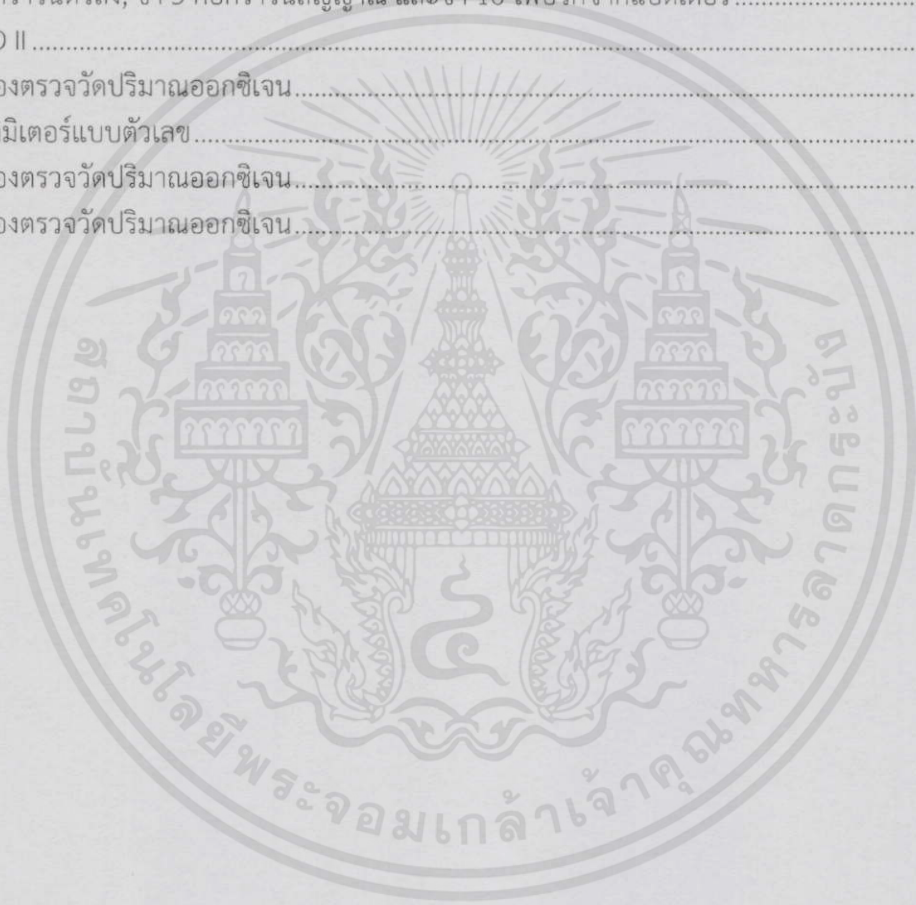
สารบัญรูปรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงแผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดในชุดทดลอง.....	44
3.2 แสดง ENGINE DYNAMOMETER รุ่น TOKYO PLANT 150PS ที่ใช้ในการทดลอง	45
3.3 แสดง ECU DTAFast S60 PRO ECU ที่ใช้ในการทดลอง	45
3.4 แสดงเครื่องยนต์ MITSUBISHI รุ่น 4G93 GDI ที่ใช้ในการทดลอง	46
3.5 แสดง OBD-II (ON BOARD DIAGNOSTICS).....	47
3.6 แสดงเทอร์โมคัปเปิล ที่ใช้ในการทดลอง	48
3.7 OXYGEN SENSOR ที่ใช้ในการทดลอง	49
3.8 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ที่ใช้ในการทดลอง.....	49
3.9 แสดงเครื่องมือวัดไฟฟ้า ดิจิตอลมัลติมิเตอร์.....	50
3.10 แสดงเครื่องเครื่องวัดมลพิษยานยนต์	50
3.11 แสดงวาล์วที่ติดตั้งที่สายน้ำมันก่อนเข้าเครื่องยนต์	51
3.12 แสดงฐานรองรับและแท่นยึดเครื่องยนต์	52
3.13 แสดงตัวรับสัญญาณแม่เหล็กที่บริเวณเพลลาข้อเหวี่ยง	52
3.14 แสดงการปรับจูน ECU.....	53
3.15 แสดงการบันทึกผลการทดลองด้านสภาวะและอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรก.....	53
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ	54
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ	55
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ	55
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ.....	56
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ	57
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ	57
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ	58
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรคาร์บอนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ.....	58
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนออกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ.....	59
4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้
 1. ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้

สารบัญรูปรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
1ก DTA FAST S60 PRO	76
2ก เครื่องยนต์ MITSUBISHI 4G93.....	77
3ก สติ๊กเกอร์ที่อยู่ใต้พวงมาลัยคนฝั่งคนขับ.....	78
4ก ขา 15 เรียกว่าขา L-LINE เป็นออฟชั่นที่เสริมขึ้นมาในรถยนต์รุ่นใหม่ๆ ที่ใช้โปรโตคอล ISO9141-2 หรือ ISO14230-4 นอกเหนือจากขา 2, 7, 10, แล้ว 15 ที่ DLC คอนเนคเตอร์ขา 4 คือ กราวด์ตัวถัง, ขา 5 คือกราวด์สัญญาณ และขา 16 ไฟบวกจากแบตเตอรี่.....	78
5ก OBD II	79
6ก เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน.....	80
7ก มีลติมิเตอร์แบบตัวเลข.....	80
8ก เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน.....	82
9ก เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน.....	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลและแกโซลีน [17]	22
3.1 แสดงรายละเอียดจำเพาะของเครื่องยนต์ MITSUBISHI รุ่น 4G93 GDI	46
5.1 แสดงองศาการจุดระเบิดที่ได้ค่าแรงบิดและกำลังสูงสุด	61
5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองของเชื้อเพลิงต่างๆด้วยแกโซลีนที่ภาระงาน 20% ด้วย องศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด.....	62
5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองของเชื้อเพลิงต่างๆด้วยแกโซลีนที่ ภาระงาน 30% ด้วย องศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด.....	62
5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองของเชื้อเพลิงต่างๆด้วยแกโซลีนที่ ภาระงาน 40% ด้วย องศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด.....	63
1x แสดงผลการทดสอบกำลังโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	84
2x แสดงผลการทดสอบกำลังโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็ว รอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	84
3x แสดงผลการทดสอบกำลังโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	85
4x แสดงผลการทดสอบแรงบิดโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	85
5x แสดงผลการทดสอบแรงบิดโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	86
6x แสดงผลการทดสอบแรงบิดโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	86
7x แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค(BSFC) โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3.....	87
8x แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค(BSFC)โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3.....	87
9x แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค(BSFC)โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3.....	88
10x แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และ แกโซฮอลล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%)	88
11x แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และ แกโซฮอลล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%)..	89

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12ข แสดงผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%)	89
13ข แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำและปานกลาง (20%,30%,40%)	90
14ข แสดงผลการวัดค่าCOโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	90
15ข แสดงผลการวัดค่าCOโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	91
16ข แสดงผลการวัดค่าCOโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	91
17ข แสดงผลการวัดค่าCO ₂ โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	92
18ข แสดงผลการวัดค่าCO ₂ โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	92
19ข แสดงผลการวัดค่าCO ₂ โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	93
20ข แสดงผลการวัดค่าHCโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	93
21ข แสดงผลการวัดค่าHCโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	94
22ข แสดงผลการวัดค่าHCโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	94
23ข แสดงผลการวัดค่าO ₂ โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	95
24ข แสดงผลการวัดค่าO ₂ โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	95
25ข แสดงผลการวัดค่าO ₂ โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	96
26ข แสดงผลการวัดค่าNO _x โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	96
27ข แสดงผลการวัดค่าNO _x โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้ในกิจการภายในเท่านั้น มิฉะนั้นหากมีใครนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมายและต้องแจ้งเจ้าหน้าที่ของเอกสารทุกกรณีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
28ข แสดงผลการวัดค่าNO _x โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (E0) และแก๊สโซลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3.....	97



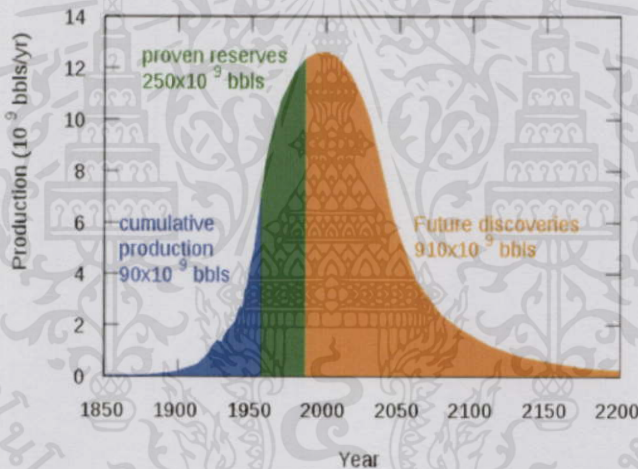
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง เป็นหนึ่งในปัญหาหลักของโลกมนุษย์ของเรา เกิดผลกระทบในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นการสิ้นเปลืองเงินตรา การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง รวมไปถึงสร้างมลพิษออกสู่ชั้นบรรยากาศเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เชื้อเพลิงธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่เริ่มลดลง จากข้อความดังกล่าวทำให้พลโลกตระหนักถึงการตื่นตัวด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดมาตรฐานด้านการควบคุมมลพิษ เช่น มาตรฐานยูโร เพื่อสอดคล้องกับกฎหมายควบคุมมลพิษที่มีความเข้มงวดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความสนใจในพลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือกจึงเป็นอีกทางเลือกที่เหมาะสมกับสภาวะการณ์ ณ ขณะนี้ เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลเป็นพลังงานทดแทนที่มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงแกโซลีน และเป็นพลังงานที่สะอาด

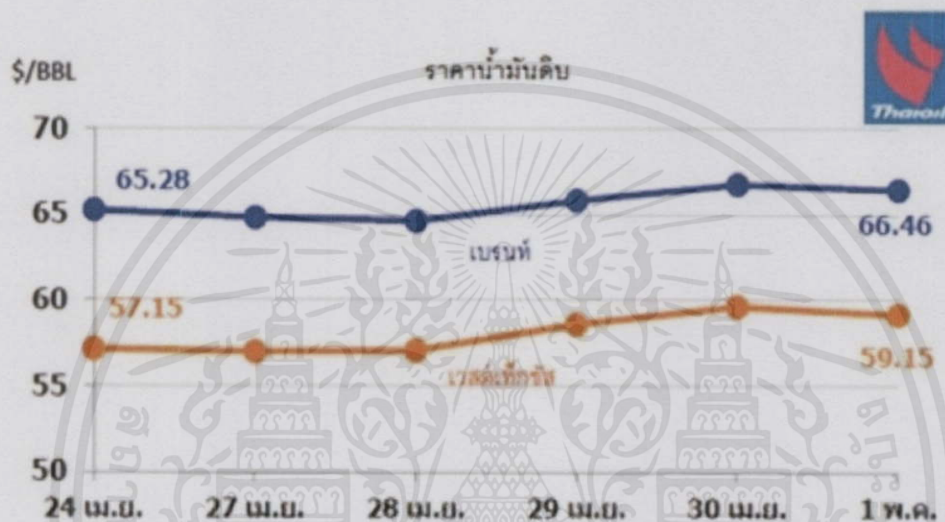


รูปที่ 1.1 แนวโน้มการค้นพบน้ำมันดิบบนโลก[6]

ในหลายๆ ประเทศที่ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนโดยเฉพาะประเทศบราซิล ถือได้ว่าเป็นประเทศที่มีการผลิตเอทานอลได้มากที่สุดในโลก หากทำการพิจารณาถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์และปัจจัยต่างๆระหว่างประเทศบราซิลกับประเทศไทยนั้นพบว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมเหมือนกัน ทำให้ประเทศไทยมีแนวโน้มที่สามารถใช้เชื้อเพลิงเอทานอลอย่างแพร่หลายได้ เนื่องจากมีผลผลิตทางการเกษตรที่อุดมสมบูรณ์และสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ ถือเป็นการลดต้นทุนการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงทำให้ลดการขาดดุลทางการค้า ช่วยสร้างรายได้ที่มั่นคงให้แก่เกษตรกรจากการเพิ่มมูลค่าให้ผลผลิตทางการเกษตร และสร้างรายได้ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลเพิ่มมากขึ้น

ทุกวันนี้ทั่วโลกได้หันมาสนใจและให้ความสำคัญกับเรื่องของมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้ยานพาหนะเป็นอย่างมาก การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสามารถที่จะช่วยลดมลพิษต่างๆ ได้ดีมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลที่โดดเด่น อาทิเช่น ความสามารถในการต้านทานการจุดระเบิดก่อนเวลาที่กำหนดในเครื่องยนต์แกโซลีน หรือเป็นค่าที่แสดงถึง

ความต้านทานการน็อคของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าออกเทน (Octane Number) ที่สูงกว่าน้ำมันแกโซลีน เอทานอลมีความแตกต่างจากน้ำมันแกโซลีนที่ประกอบไปด้วย สารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดเบา ทำให้มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่อุณหภูมิต่ำ และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเอทานอลนั้นจะเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และได้ผลิตภัณฑ์ออกมาที่สะอาด เนื่องจากในเอทานอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นนั้นมีออกซิเจน (Oxygenated) เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจากข้อดีที่กล่าวไปข้างต้นผู้ผลิตรถยนต์ได้มีการคำนึงถึงแนวโน้มของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่แพร่หลายขึ้น จึงได้มีการปรับปรุงให้รถยนต์สามารถใช้เชื้อเพลิงเอทานอลมาจากโรงงานผู้ผลิต[6]



รูปที่ 1.2 ราคาน้ำมันดิบในปี พ.ศ. 2558[6]

การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อให้ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การปรับปรุงระบบการจ่ายน้ำมันจากฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ท่อร่วมไอดี (Port Fuel Injection) เป็นระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง (Gasoline Direct Injection) มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากจุดเด่นของเครื่องยนต์ดังกล่าว คือ ไม่มีการสิ้นเปลืองความดันในท่อไอดี และการทำงานที่เป็นการเผาไหม้แบบส่วนผสมแบบบาง ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราส่วนการอัดได้อีก ทำให้ได้กำลังที่สูงกว่าของเครื่องยนต์ที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ท่อร่วมไอดี จึงทำให้ลดความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง และลดการสร้างสภาวะเรือนกระจกได้อีกทางหนึ่ง แต่ข้อสังเกตคือ การเกิดมลพิษอนุภาคต่างๆ เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงแบบบาง (Stratified Charge) เพื่อเพียงพอต่อการจุดนั้น จึงหวนการฉีดเชื้อเพลิงจะใกล้กับจังหวะจุดระเบิด จึงทำให้เชื้อเพลิงกับอากาศมีช่วงเวลาการคลุกเคล้าที่น้อย จึงเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แต่สามารถถูกกำจัดได้ด้วยเทคโนโลยีหลังการเผาไหม้ (After Treatment)

ทางคณะผู้จัดทำต้องศึกษาการลดพิษอนุภาคของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงเอทานอล โดยพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของเอทานอลที่มีผลต่อทั้งเครื่องยนต์ และการเกิดมลพิษอนุภาค อีกทั้งยังทำการออกแบบและปรับแต่งเครื่องยนต์ให้สามารถเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงเอทานอล รวมถึงวิเคราะห์ด้านการค้าผลของมลพิษอนุภาคที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลเปรียบเทียบกับการใช้แกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลที่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงที่ใช้น้ำมันเอทานอลและแก๊สโซลีน
3. เพื่อลดการเพิ่มของมลพิษจากการใช้น้ำมันเอทานอล

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. สามารถเข้าใจคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลที่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงโดยใช้น้ำมันเอทานอล และแก๊สโซลีนได้
3. การเพิ่มของมลพิษจากการใช้น้ำมันเอทานอลลดลง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากปัญหามลพิษและราคาน้ำมันที่สูงขึ้นจึงได้ศึกษาเกี่ยวเชื้อเพลิงเอทานอลที่ใช้ร่วมกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง แต่การใช้เชื้อเพลิงที่ต่างชนิดในเครื่องยนต์เดียวกันจำเป็นต้องปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อให้ได้สมรรถนะที่ดี

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีการสันดาปภายใน ทฤษฎีพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของวัสดุและบทวิจัยที่เกี่ยวกับการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ และเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อใช้ในการออกแบบห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่บนพื้นฐานทางวิศวกรรม จากนั้นออกแบบห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่แบบโปร่งใสเพื่อจำลองการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ
2. ทดลองและศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงและแบบฉีดที่ท่อร่วมไอดี โดยทำการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องยนต์ให้เหมาะสมและเสถียรต่อการใช้งานสำหรับเชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน
3. ศึกษามลพิษจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดที่ท่อร่วมไอดีและฉีดตรง โดยใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ มลพิษที่เป็นแก๊สและมลพิษอนุภาค โดยศึกษาปริมาณ คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของมลพิษจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดที่ท่อร่วมไอดีและฉีดตรงโดยใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

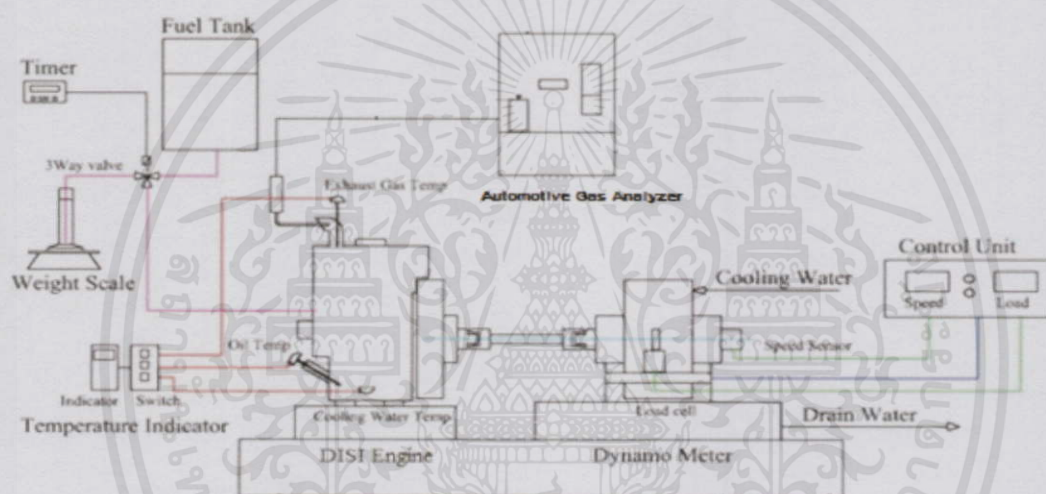
โครงการวิจัยนี้ เป็นการมุ่งเน้นไปที่การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ศึกษาและค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในเรื่องของคุณลักษณะของเชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน รวมไปถึงทดลองการกลั่นของเชื้อเพลิงผสมเอทานอลแก๊สโซลีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด จากนั้นดำเนินการทำการศึกษาทฤษฎีการสันดาปภายใน ทฤษฎีพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของวัสดุและบทวิจัยที่เกี่ยวกับการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ และเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อใช้ในการออกแบบห้อง

เผาไหม้ปริมาตรคงที่บนพื้นฐานทางวิศวกรรม ทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้เพื่อคำนวณหาค่าเศษส่วนมวลในการเผาไหม้เปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน

2. ทดลองและศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง โดยทำการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องยนต์ให้เหมาะสมและเสถียรต่อการใช้งานสำหรับเชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน จากนั้นเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษระหว่างการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและแก๊สโซลีน

3. ศึกษามลพิษจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง โดยใช้เชื้อเพลิง เอทานอลและแก๊สโซลีน โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ มลพิษที่เป็นแก๊ส และมลพิษอนุภาค มลพิษที่เป็นแก๊สและอนุภาคถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สและอนุภาค เพื่อวัดปริมาณและวิเคราะห์หาส่วนประกอบของมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง



รูปที่ 1.3 ไดอะแกรมแสดงชุดทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์[16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทบทวนวรรณกรรม (Literatue Review)

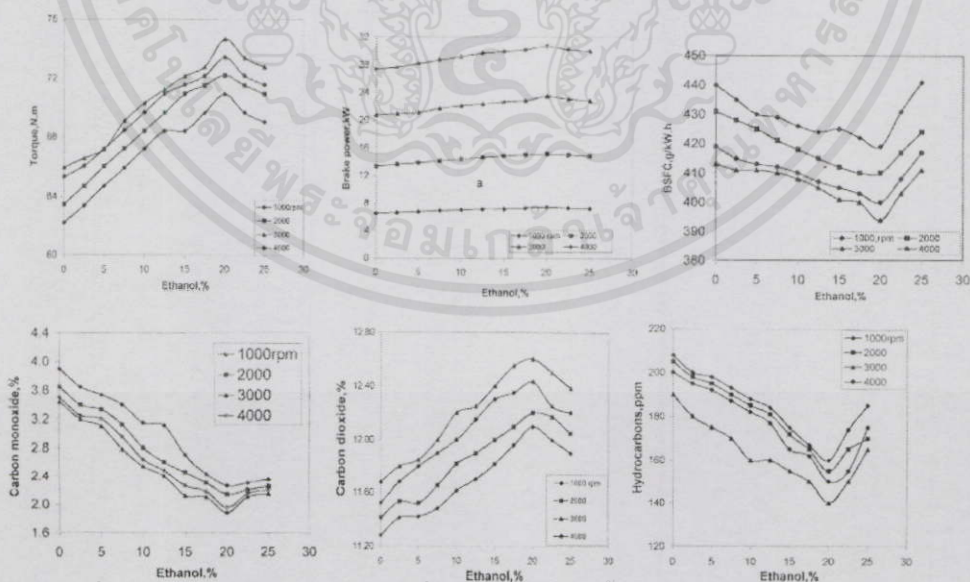
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบทั้งประสิทธิภาพและมลพิษจากใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (EO) และแกโซฮอลล์ในอัตราส่วนผสมต่างๆทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 หัวข้อหลักคือ ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเชื้อเพลิง ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเครื่องยนต์ และทบทวนวรรณกรรมเรื่องเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์

2.1.1 ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเชื้อเพลิง

การศึกษา Effect of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emission โดย M. Al-Hasan[37] ใช้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (TOYOTA, TERCEL-3A) สี่สูบสี่จังหวะ ใช้เชื้อเพลิงแกโซลีนและแกโซฮอลล์ โดยทดลองที่ 1000-4000 รอบต่อ นาที โดยลิ้นคันเร่งเปิดที่ 3 ใน 4 จากผลการทดลองดังรูป 1.1 สรุปได้ว่า

- การผสมเอทานอลในเชื้อเพลิงส่งผลให้ กำลังเบรคเพิ่ม ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและ ปริมาตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 8.3%, 9.0%, 7% และ 5.7% เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแกโซลีน ตามลำดับ

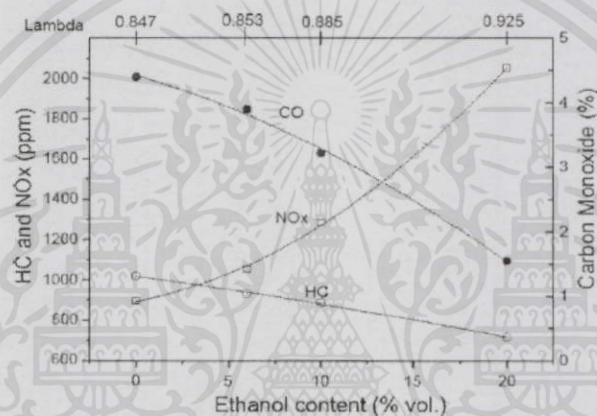
- การผสมเอทานอลในเชื้อเพลิงส่งผลให้ คาร์บอนมอนออกไซด์(Carbon Monoxide; CO) และไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon; HC)ลดลง46.5% 24.3% ตามลำดับแต่คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO₂) จะเพิ่มขึ้น 7.5%.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 2.1 แสดงผลการทดลองของ M. Al-Hasan และคณะ การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษา Combustion and emissions behavior for ethanol-gasoline blends in a single cylinder engine โดย I. Schifter และคณะ[48] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน จุติระเบิดด้วยประกายไฟ สูบเดี่ยวสี่จังหวะ ที่อัตราส่วนการอัด 10:1 โดยใช้เชื้อเพลิง แกโซลีน(E0) แกโซฮอลล์ (E6 E10 E15 E20) จากผลการทดลองดังรูปที่ 1.2 สรุปได้ว่า

- เมื่อผสมเอทานอลมากขึ้น ไฮโดรคาร์บอน(HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ลดลงมากที่สุด โดยเมื่อใช้แกโซฮอลล์(E20) ไฮโดรคาร์บอน(HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ลดลง คือ 19% และ 52% ตามลำดับ แต่ไนโตรเจนออกไซด์(NO_x)เพิ่มขึ้น 60% เนื่องจากเอทานอลมีออกซิเจน(O_2)ในโครงสร้างโมเลกุลมากกว่าซึ่งช่วยลดลำดับในการเผาไหม้ และมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าเมื่อมองจากพันธะในโครงสร้างโมเลกุล และปริมาณคาร์บอนมีน้อยกว่าแกโซลีนการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์จึงลดลง แต่เมื่อเผาไหม้สมบูรณ์ ความดันและอุณหภูมิจะสูงขึ้นไนโตรเจนออกไซด์จึงเพิ่มขึ้น



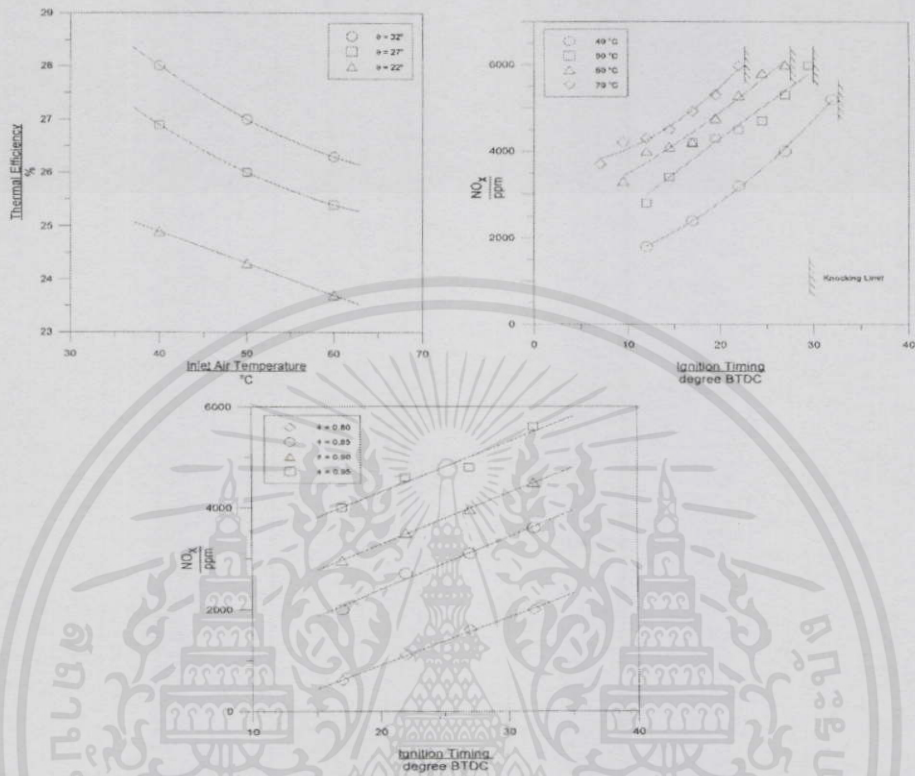
รูปที่ 2.2 แสดงผลการทดลองของ I. Schifter และคณะ

2.1.2 ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเครื่องยนต์

การศึกษา NO_x EMISSION FROM A SPARK IGNITION ENGINE USING 30% ISO-BUTANOL-GASOLINE BLEND: PART 2D-IGNITION TIMING โดย F. N. Alasfour[30] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ รุ่น Hydra สูบเดี่ยว และมีการปรับองศาการจุดระเบิด(10 15 20 25 30 BTDC) โดยใช้เชื้อเพลิง ไอโซบิวทานอลผสมแกโซลีนและทดลองที่อัตราเชื้อเพลิงต่ออากาศต่างๆ จากผลการทดลองดังรูป 2.3 สรุปได้ว่า

- การเพิ่มองศาการจุดระเบิดส่งผลให้ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxide of Nitrogen; NO_x) และการต้านเคลื่อนที่ของลูกสูบ(knock) เพิ่มขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีการถ่วงการจุดระเบิดช้ากว่าเชื้อเพลิงแกโซลีน ทำให้ต้องเพิ่มองศาการจุดระเบิดให้เร็วขึ้นเพื่อให้มีเวลาพอที่เผาไหม้สมบูรณ์ และทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอุณหภูมิที่จะสูงขึ้นตาม ซึ่งออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxide of Nitrogen; NO_x) จะเกิดที่อุณหภูมิสูง และเมื่อเผาไหม้นานเกินไปจนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงถึงอุณหภูมิจุดระเบิดด้วยตนเองของเชื้อเพลิง การต้านการจุดระเบิด(Knock) จึงเพิ่มขึ้น และการใช้เชื้อเพลิงแบบผสมบางส่งผลให้ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(Oxide of Nitrogen; NO_x) เพิ่มขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิงน้อยเกินไปจนออกซิเจน(Oxygen; O_2) เหลือพอที่เข้าไปจับกับโมเลกุลของไนโตรเจนในอากาศในห้องเผาไหม้ จนได้ NO_x

- การถ่วงเวลาการจุดระเบิดทำให้ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงเนื่องจากเชื้อเพลิงไม่มีระยะเวลาพอที่จะเผาไหม้

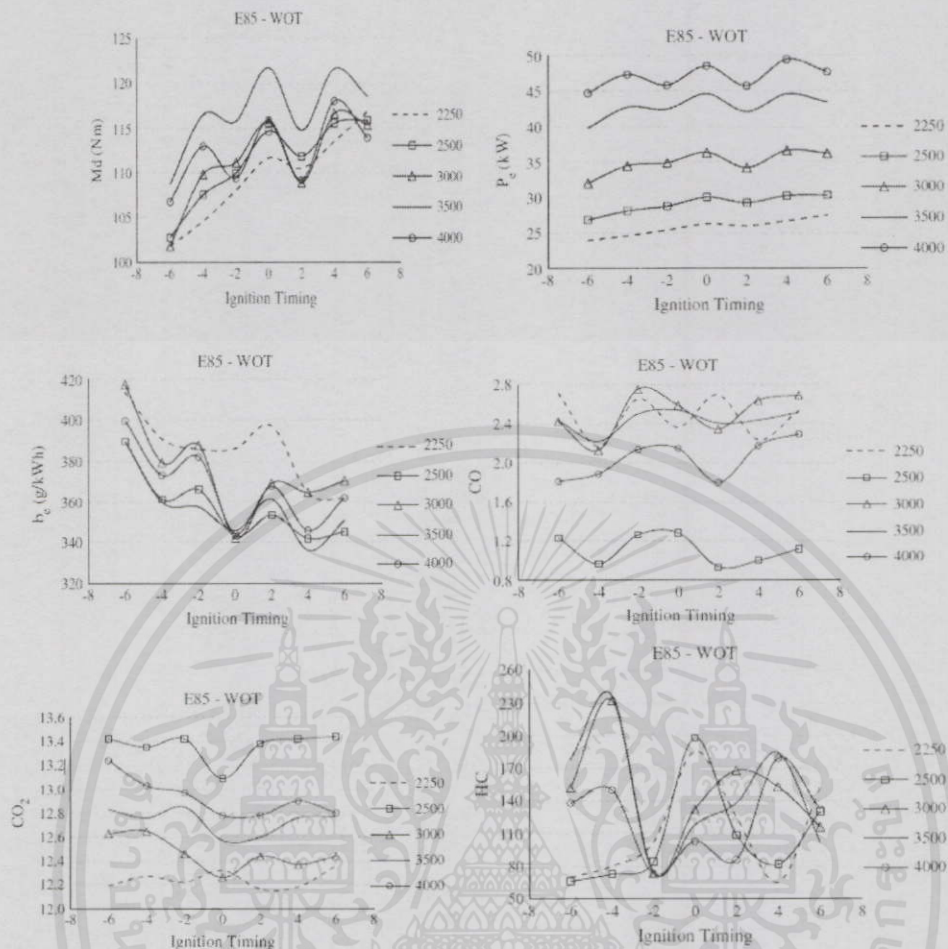


รูปที่ 2.3 แสดงผลการทดลอง F. N. Alasfour

การศึกษาExperimental investigation of the effect of E85 on engine performance and emissions under various ignition timings โดย Necati Türköz และคณะ[44] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 สูบ 4 จังหวะ อัตราการอัด9.2:1 โดยเพิ่มองศาการจุดระเบิดทีละ 2 องศา โดยองศาเดิมคือองศาที่ใช้จุดระเบิดแกโซลีน และใช้เชื้อเพลิงแกโซฮอลล์(E85)ที่รอบต่างๆ(2250 2500 3000 3500 4000 รอบต่อนาที) และเปิดลิ้นเร่งสูงสุดจากผลการทดลองดังรูปที่ 2.4 สรุปได้ว่า

- จากผลการทดลองพบว่าแรงบิดและกำลังเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิดขึ้น 4 องศาจากค่าเดิม สำหรับ แกโซฮอลล์(E85)
- องศาการจุดระเบิดแทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) และคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) แต่การถ่วงเวลาการจุดระเบิดจะส่งผลให้ออกไซด์ของไนโตรเจน(Oxide of Nitrogen; NO_x) และไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon; HC) และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

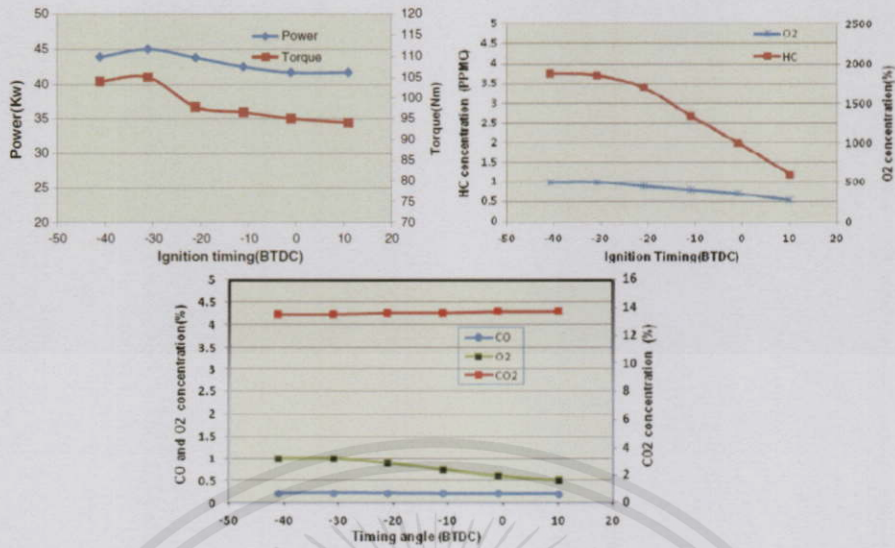


รูปที่ 2.4 แสดงผลการทดลองของ Necati Türköz และคณะ

การศึกษา Study and The Effects of Ignition Timing on Gasoline Engine Performance and Emissions โดย J. Zareei และคณะ [34] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน 4 สูบ 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ อัตราการอัด 10.5:1 ที่ความเร็วรอบความเร็วยกที่ 3,400 รอบต่อนาที องศาการจุดระเบิด (40 องศาเฟลาข้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายบน-10 องศาเฟลาข้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายล่าง) เชื้อเพลิงที่ใช้คือ แก๊สเอทานอล จากผลการทดลองดังรูป 2.5 สรุปได้ว่า

- กำลังและแรงบิดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มองศาในการจุดระเบิดโดยค่าองศาที่ดีที่สุดคือ 31 BTDC และลดลงเมื่อเพิ่มองศาที่สูงเกิน -20 BTDC
- ไฮโดรคาร์บอน และ ออกซิเจนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด
- การเปลี่ยนองศาการจุดระเบิดไม่มีผลต่อ คาร์บอนมอนอกไซด์และ คาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงผลการทดลองของ J. Zareei และคณะ

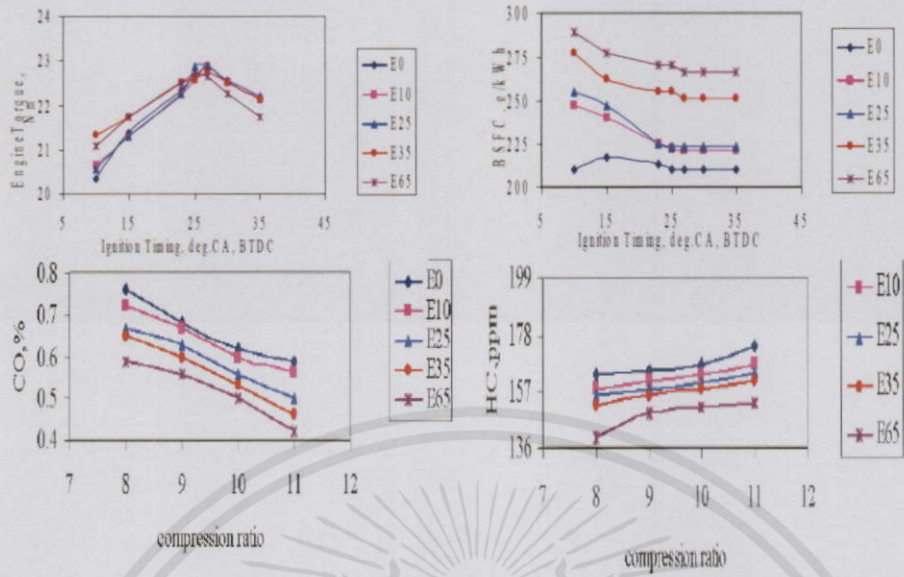
2.1.3 ทบทวนวรรณกรรมเรื่องเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์

โดย S. Yousufuddin และคณะ ได้ทำการศึกษาหัวข้อ Effect of Ignition Timing, Equivalent Ratio, and Compression Ratio on the Performance and Emission Characteristics of a Variable Compression Ratio SI Engine Using Ethanol Unleaded Gasoline Blends [53] โดยทดสอบทั้งประสิทธิภาพและมลพิษจากใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซลอลในอัตราส่วนผสมต่างๆได้แก่ E10, E25, E35 และ E65 ตามลำดับ ด้วยเงื่อนไขการทดสอบรอบเครื่องยนต์คงที่ 1500 รอบต่อนาที กับเครื่องยนต์สี่จังหวะที่ดัดแปลงระบบจุดระเบิดด้วยการอัดเป็นระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ จากการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 2.6 สรุปได้ว่า

- การเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถลดการปล่อยมลพิษที่ออกจากเครื่องยนต์ โดยการทดสอบดังกล่าวสามารถลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO₂) ได้ 47.42% และ 43.42% เมื่อใช้เชื้อเพลิง E65 และ E35 เปรียบเทียบกับแกโซลีน รวมถึงปริมาณไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon; HC) จากการใช้ E65 ลดลงได้มากที่สุดเช่นกัน แต่มีข้อสังเกตคืออัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะจะสูงขึ้นเพราะเชื้อเพลิงแกโซลอล มีความร้อนและคุณสมบัติของการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงต่ำกว่าเชื้อเพลิงแกโซลีน

- การเพิ่มองศาการจุดระเบิด (Ignition Timing) ให้ล่วงหน้ามากขึ้นสามารถเพิ่มแรงบิดได้ แต่จะมีการเขก (Detonation) ของเครื่องยนต์เมื่อองศาจุดระเบิดมากกว่า 25 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และการผสมเอทานอลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เครื่องยนต์ได้แรงบิดมากขึ้น

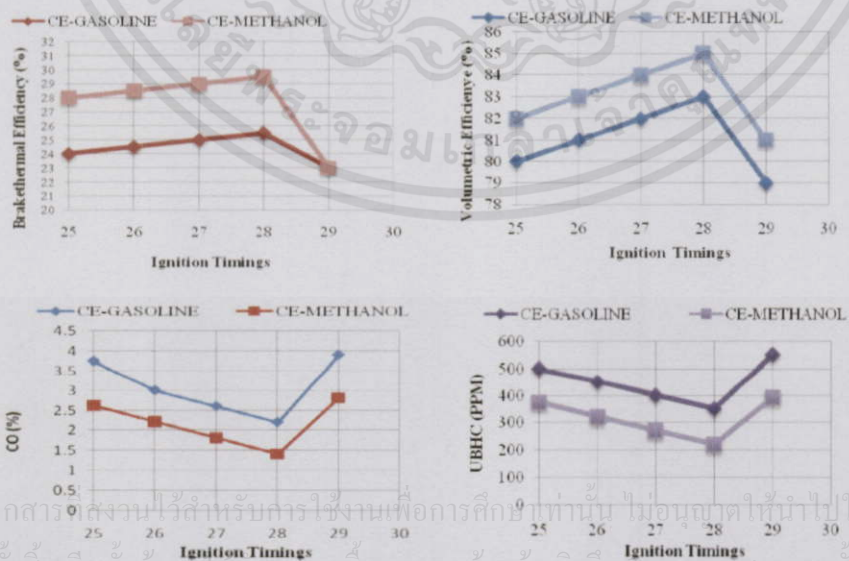
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงผลการศึกษารองของ S. Yousufuddin และคณะ

การศึกษารอง The Effect of Ignition Timing on Methanol Blended Spark Ignition Engine โดย E. Nirmala Devi และคณะ[29] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในจุดระเบิดด้วยประกายไฟที่รอบ 2200-3000 รอบต่อนาที องศาการจุดระเบิดอยู่ 25-30 BTDC เชื้อเพลิงที่ใช้คือแก๊สโซลีน และเมทานอล จากผลการทดลองดังรูปที่ 2.7 พบว่า

- ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และ เชิงปริมาตร เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิดและเมื่อใช้เชื้อเพลิงเมทานอล แต่ไฮโดรคาร์บอน และ คาร์บอนมอนอกไซด์ ลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิดและเมื่อใช้เชื้อเพลิงเมทานอล โดยช่วงองศาการจุดระเบิดที่ดีที่สุดคือ 25-28 BTDC



รูปที่ 2.7 แสดงผลการทดลองของโดย E. Nirmala Devi และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษา The Effects of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends and Ignition Timing on Engine Performance and Exhaust Emissions โดย Tolga Topgu" l [43] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในชนิดเครื่องยนต์ Hydra สิ่งจูงหะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยทดลองที่อัตราส่วนการอัด (8:1, 9:1 และ 10:1) และองศาการจุดระเบิดต่างๆ(70 BTDC – 20 ATDC) รอบคงที่ 2000 รอบต่อนาที ใช้เชื้อเพลิงที่คือแกโซลีน(E0) และแกโซลอลล์(E10 E20 E40 E60) จุดระเบิดด้วยประกายไฟ จากผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.8 สรุปได้ว่า

- แรงบิดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเมื่อผสมเอทานอลในอัตราส่วนที่มากขึ้น แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด
- การผสมเอทานอล 40% ในแกโซลีนลดคาร์บอนมอนอกไซด์ได้มากที่สุด 31.8% ที่อัตราการอัด 9:1
- การผสมเอทานอล 60% ในแกโซลีนลดคาร์บอนมอนอกไซด์ 19.8% and 22.3% ที่อัตราการอัด 8:1 และ 9:1 ตามลำดับ
- การผสมเอทานอล 60% ในแกโซลีนลดไฮโดรคาร์บอนมากที่สุด31.45% ที่อัตราการอัด 10:1



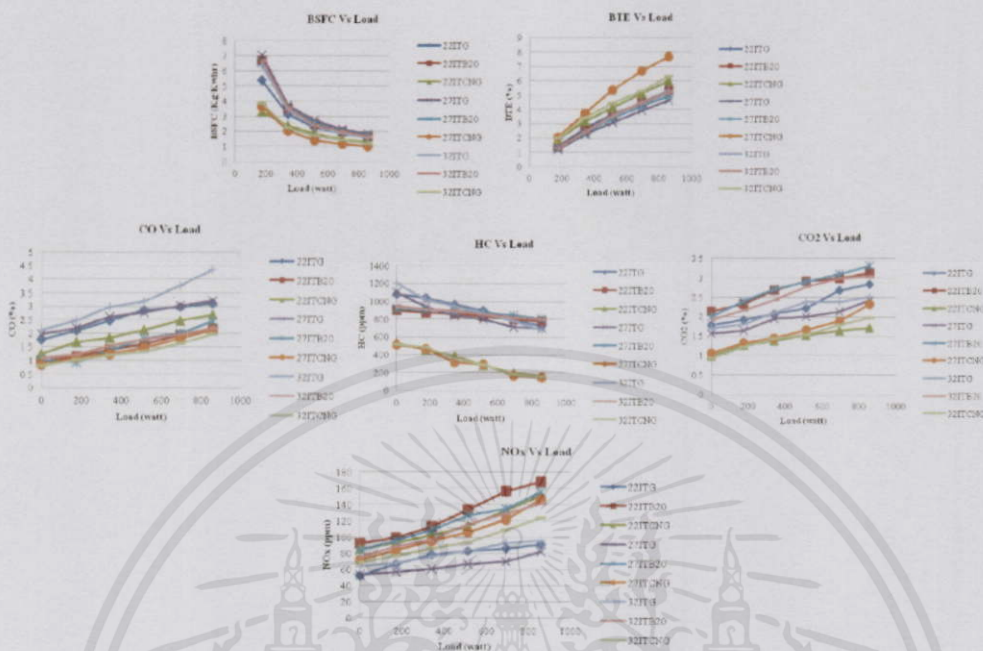
รูปที่ 2.8 แสดงผลการทดลองของ Tolga Topgu" l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

การศึกษา Experimental Study on SI Engine At Different Ignition Timing Using CNG And Gasoline-20% n Butanol Blend โดย Munde Gopal G [40] และคณะ ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง สูบเดี่ยวสี่จังหวะ อัตราส่วนการอัด 8:1 องศาการจุดระเบิด 22 27 32 BTDC และภาระงาน 0-1000 W เชื้อเพลิงที่ใช้คือ แก๊สโซลีน(B0) ก๊าซธรรมชาติอัด(CNG) และบิวโทฮอลล์(B20) จากผลการทดลองที่แสดงดังรูปที่ 2.9 สรุปได้ว่า

- อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของก๊าซธรรมชาติอัดน้อยกว่าแก๊สโซลีน และบิวโทฮอลล์ เนื่องจากก๊าซธรรมชาติอัดมีค่าความร้อนสูงกว่าแก๊สโซลีน แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อภาระงานเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการสูญเสียที่วาล์วไอดีน้อยกว่าภาระงานต่ำ
- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค เพิ่มขึ้น เมื่อภาระงานเพิ่มขึ้น และเชื้อเพลิงที่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่ดีที่สุด คือ ก๊าซธรรมชาติ(CNG) บิวโทฮอลล์(B20) และแก๊สโซลีน(B0) ตามลำดับ
- การเพิ่มองศาการจุดระเบิดส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียลดลง ด้วยการใช้อัตราการสิ้นเปลืองบิวโทฮอลล์(B20)และก๊าซธรรมชาติ(CNG) เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(E0)
- การเพิ่มองศาการจุดระเบิดส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(Carbon Monoxide; CO)เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่การใช้ก๊าซธรรมชาติ(CNG) และบิวโทฮอลล์(B20) จะทำให้เผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น และช่วยลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(Carbon Monoxide; CO) เมื่อเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(B0)
- การเพิ่มองศาการจุดระเบิดส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(Carbon Dioxide; CO₂)ลดลงแต่การใช้ก๊าซธรรมชาติ (CNG) และบิวโทฮอลล์(B20) จะทำให้เผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น ทำให้เพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(Carbon Dioxide; CO₂) เมื่อเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(B0)
- การเพิ่มองศาการจุดระเบิดส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon; HC) เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มภาระงานปริมาณไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon; HC)จะลดลง ซึ่งเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ(CNG)จะให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon; HC)น้อยสุดเมื่อเทียบกับ บิวโทฮอลล์(B20)และแก๊สโซลีน(B0) ทุกองศาการจุดระเบิด
- ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(Oxide of Nitrogen; NOx)ลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด โดยน้อยสุดที่องศาการจุดระเบิด 27 32 องศาเพลาข้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายบน สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(B0) บิวโทฮอลล์(B20) และก๊าซธรรมชาติ (CNG) ตามลำดับ เชื้อเพลิงบิวโทฮอลล์จะปล่อยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(Oxide of Nitrogen; NOx)มากที่สุดเมื่อเทียบกับก๊าซธรรมชาติ(CNG) และแก๊สโซลีน(B0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

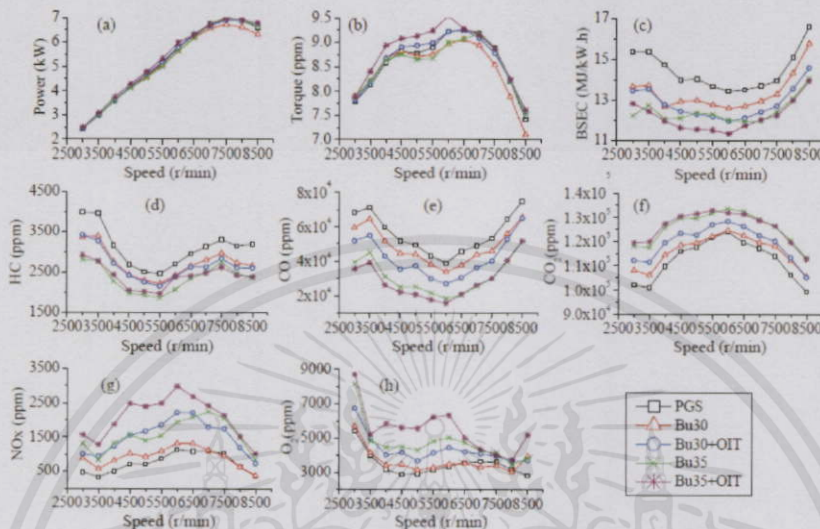


รูปที่ 2.9 แสดงผลการทดลองของ Munde Gopal G และคณะ

การศึกษา Combustion and Emissions Study on Motorcycle Engine Fueled with Butanol-Gasoline Blend โดย R. Feng [48] ด้วยการใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และ เชื้อเพลิงบิวโซฮอลล์ B30 และ B35 ในเครื่องยนต์จักรยานยนต์ ที่ภาระงานสูงสุด ณ รอบเครื่องยนต์ 6,500 และ 8,500 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยการทดสอบดังกล่าวได้ปรับปรุงองศาการจุดระเบิด เพื่อเปรียบเทียบผลจากก่อนการปรับปรุง พบว่า

- ก่อนปรับปรุงองศาจุดระเบิด
- การเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลในน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถลดการปล่อยมลพิษที่ออกจากเครื่องยนต์ โดยการทดสอบดังกล่าวสามารถลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO₂) ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิง B30 และ B35 เปรียบเทียบกับแกโซลีน รวมถึงปริมาณไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon; HC) จากการใช้ B35 ลดลงได้มากที่สุดเช่นกัน แต่มีข้อสังเกตคืออัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะจะสูงขึ้นเพราะเชื้อเพลิงบิวโซฮอลล์ มีค่าความร้อนและคุณสมบัติของการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงต่ำกว่าเชื้อเพลิงแกโซลีน
- หลังปรับปรุงองศาจุดระเบิด
- ค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากการเพิ่มองศาการจุดระเบิดสามารถลดการปล่อยมลพิษที่ออกจากเครื่องยนต์ โดยการทดสอบดังกล่าวส่งผลให้กำลังและก๊าซออกซิเจน (Oxygen ;O₂) เพิ่มขึ้น 2.1% และ 63.4% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 12.2% และ 15.4% ตามลำดับ เมื่อใช้เชื้อเพลิง B35 เปรียบเทียบกับแกโซลีน รวมถึงปริมาณไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon; HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO) จากการใช้ B35 ลดลงได้มากที่สุด

เช่นกันคือ 22.4%และ48.1%ตามลำดับ ซึ่งมีข้อสังเกตคืออัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกจะลดลง15.8% แสดงให้เห็นถึงเชื้อเพลิงบิวโฆฮออล์สามารถให้กำลังได้มากขึ้นด้วยพลังงานเท่าเดิม ดังแสดงในรูป

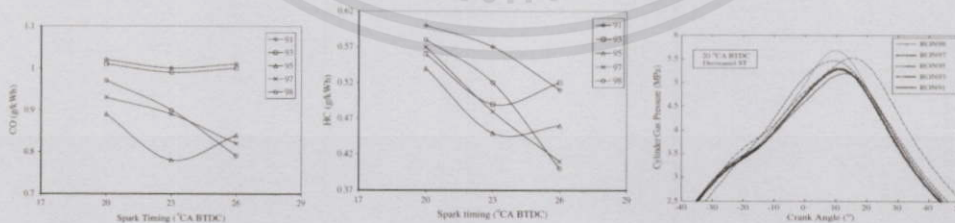


รูปที่ 2.10 แสดงผลการศึกษาของ R. Feng และคณะ

การศึกษา The Impact of Varying Spark Timing at Different Octane Numbers on The Performance and Emission Characteristics in a Gasoline Engine โดย Cenk Sayin [21]

ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในจุดระเบิดด้วยประกายไฟ 4จังหวะ4สูบ ใช้องศาจุดระเบิด 20 23 26 BTDC และองศาเพลาค้อเหียงก่อนศูนย์ตายบน โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีนที่มีเลขออกเทน 91, 93, 95 97, และ 98 RON จากผลการทดลองดังรูปที่ 2.11 พบว่า

- คาร์บอนมอนออกไซด์ และ ไฮโดรคาร์บอน ลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด
- ความดันภายในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด

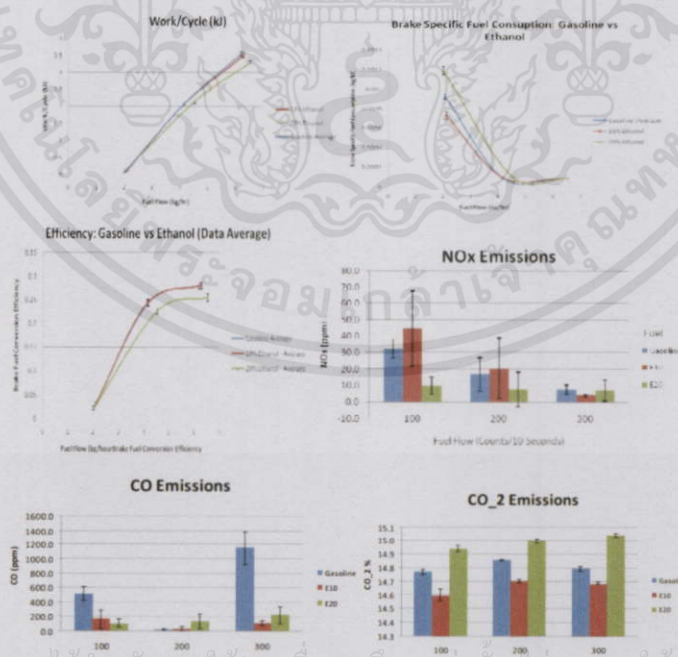


รูปที่ 2.11 แสดงผลการทดลองของโดย Cenk Sayin และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า" ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษา Effect of Ethanol Blends on a Spark Ignition, 4-Stroke, Internal Combustion Engine โดย Shane Curtis และคณะ[50] ด้วยใช้ Neon เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ สี่สูบ สี่จังหวะ อัตราการอัด 9.8:1 ความเร็วรอบ 2500รอบต่อนาที โดย ใช้เชื้อเพลิง แกโซลีน(E0) และ แกโซฮอลล์(E10 E20) จากผลการทดลองดังรูปที่ 2.12 สรุปได้ว่า

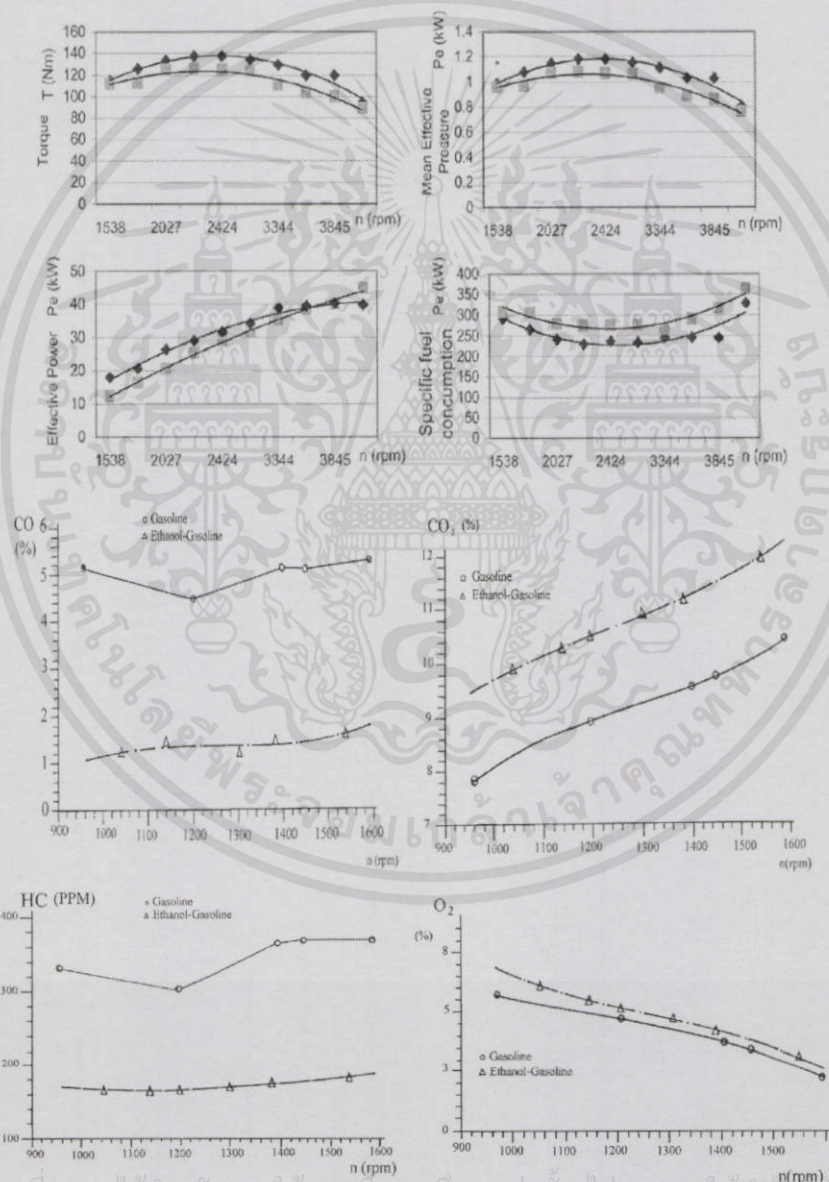
- เชื้อเพลิงแกโซฮอลล์(E10)สามารถนำมาใช้ได้ดีในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ ซึ่งผลที่ได้จะใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงแกโซลีน(E0) ทั้งงานเบรก อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ
- ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(Carbon Monoxide; CO)ลดลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงแกโซฮอลล์(E10) แต่ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(Oxide of Nitrogen; NOx) และ ปริมาณปริมาณคาร์บอนมอนไดไซด์(Carbon Dioxide; CO₂) มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแกโซลีน(E0)
- เชื้อเพลิงแกโซฮอลล์(E20) เมื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟจะ ให้ผลที่ต่ำกว่าทาง งานเบรก แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(Carbon Monoxide; CO)ลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(Oxide of Nitrogen; NOx)จะมีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น แต่ปริมาณปริมาณคาร์บอนมอนไดไซด์(Carbon Dioxide; CO₂)จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษานานเพื่อการศึกษาเท่านั้น กรุณาอย่าได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 2.12 แสดงผลการทดลองของ Shane Curtis และคณะ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษา The Use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in an SI Engine โดย F. Yu'ksel และคณะ [31] โดยการใช้เครื่องยนต์ Opel record จดระเบิดด้วยประกายไฟ 4 จังหวะ มีอัตราการอัด 8:1 ขนาด 1668 cc ใช้เชื้อเพลิงสองชนิด คือ แก๊โซลีน และเอทานอล มีการปรับแต่งเครื่องยนต์คือปรับแต่งนมหนูหลัก จากผลการทดลองดังรูปที่ 2.13 สรุปได้ว่า

- ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO) และ ไฮโดรคาร์บอนลดลง (Hydrocarbon; HC) 80% 50% ตามลำดับเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลโดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊โซลีน รวมทั้งแรงบิดลดลงเล็กน้อยแต่คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide; CO₂) เพิ่มขึ้น 20% และออกซิเจน (Oxygen; O₂) เพิ่มขึ้น เมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลโดยเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊โซลีน

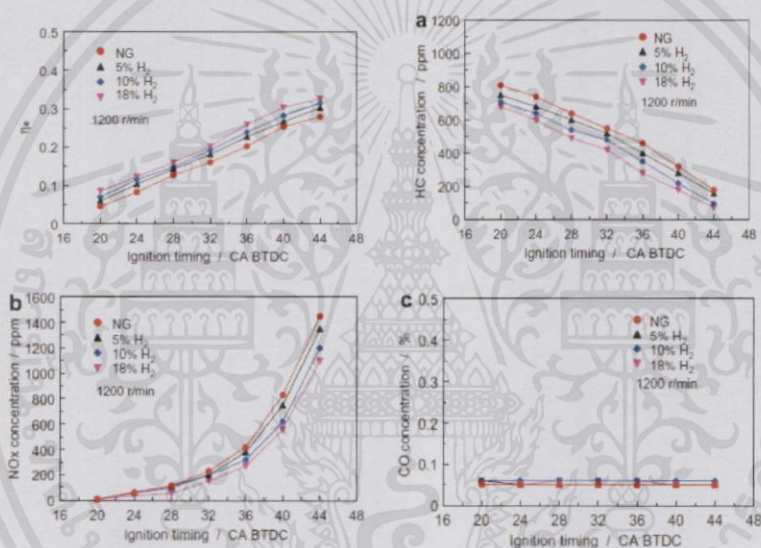


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำข้อมูลบางส่วนไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด

รูปที่ 2.13 แสดงผลการทดลองของ F. Yu'ksel

การศึกษา Combustion Characteristics of a Direct-Injection Engine Fueled with Natural Gas-Hydrogen Blends under different Ignition Timings โดย Zuohua Huang และคณะ [59] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงด้วยแก๊สซินแต่ดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงด้วยแก๊สธรรมชาติ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้คือ แก๊สธรรมชาติ ผสม ไฮโดรเจน (5% 10% 18%) และเพิ่มองศาการจุดระเบิดครั้งละสี่โดยอยู่ในช่วง 16-48 BTDC จากผลการทดลองดังรูป 2.14 สรุปได้ว่า

- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนและองศาการจุดระเบิด
- ไฮโดรคาร์บอนลดลง แต่ ออกไซด์ของไนโตรเจน จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด
- การปรับองศาการจุดระเบิดมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์
- ปริมาณมลพิษลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนที่ผสมในแก๊สธรรมชาติ



รูปที่ 2.14 แสดงผลการทดลองของ Zuohua Huang และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะครีมีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

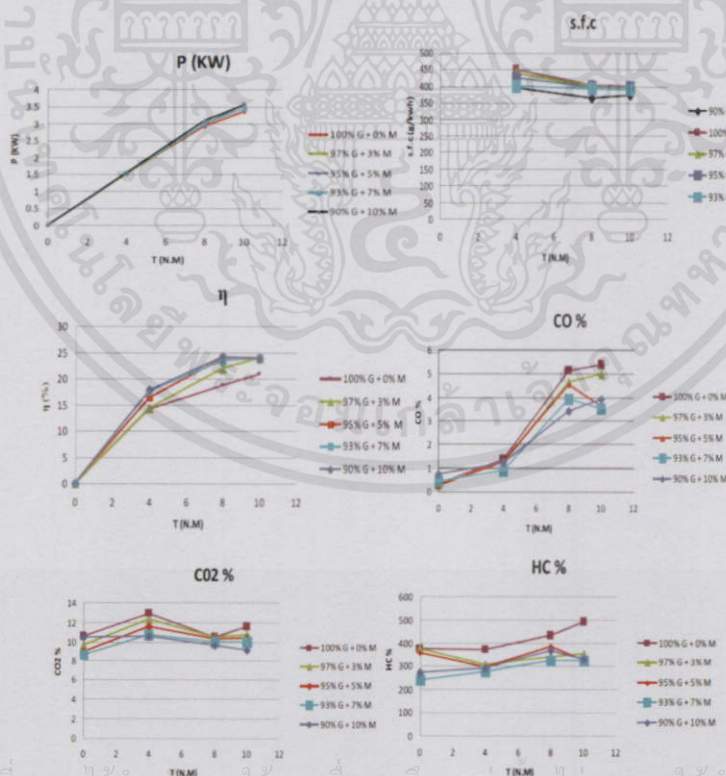
การศึกษา Effect of Methanol – Gasoline Blends on S.I. Engines Performance and Pollution โดย Sahib Shihab Ahmed [49] ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟสี่จังหวะ ที่ภาระงานต่างๆ(0-12 N.m) ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(EO) และเมทโซฮอลล์(M3 M5 M7 M10) จากผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.15 สรุปได้ว่า

- การผสมเมทานอลในอัตราส่วน 7% และ 10% โดยปริมาตรช่วยในการเพิ่มกำลัง การเผาไหม้ และสมรรถนะเครื่องยนต์ และการผสมเมทานอลในอัตราส่วน 10% โดยปริมาตรส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลงมากที่สุด

- ปริมาณคาร์บอนมอนไดไซด์(Carbon Dioxide; CO₂)และปริมาณคาร์บอนมอนออกไซด์(Carbon Monoxide; CO) ลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการผสมเมทานอลในเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเนื่องจากปริมาณคาร์บอน(Carbon; C)ในโครงสร้างโมเลกุลลดลง

- การผสมเมทานอลในอัตราส่วน 7% โดยปริมาตรส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน(Hydrocarbon; HC)ลดลงมากที่สุด เนื่องจากปริมาณคาร์บอน(Carbon; C)ในโครงสร้างโมเลกุลลดลง และเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ทำให้ไฮโดรคาร์บอนลดลงจากการที่เชื้อเพลิงถูกไหม้มากขึ้น

- เมื่อภาระงานมากขึ้นส่งผลให้กำลังเบรค ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และมลพิษต่างๆเพิ่มขึ้น แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 2.15 แสดงผลการทดลอง Sahib Shihab Ahmed ารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในเครื่องยนต์ขณะยังไม่มีการปรับปรุงเครื่องยนต์คือการเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงเพราะเอทานอลมีค่าความความร้อนในเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าเบนซินส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น[53] ส่งผลให้แรงบิดและสมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงเมื่อปรับแต่งเครื่องยนต์โดยการเพิ่มปริมาณการจ่ายของเชื้อเพลิงเพื่อชดเชยค่าความร้อนที่ต่ำกว่าเบนซิน ทำให้แรงบิดและกำลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างเบนซินและเอทานอลมีค่าแรงบิดและกำลังงานที่เท่ากัน[37] ตลอดจนการปรับช่วงเวลากการฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้น[43] ซึ่งในปัจจุบันเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟมีแบบฉีดที่ท่อร่วมไอดี และฉีดตรง ซึ่งแบบฉีดตรงจะช่วยให้เรื่องการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง และการได้กำลังมากขึ้นจากการฉีดเบา เมื่อมองข้อดีของเชื้อเพลิงเอทานอลและเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง แต่เนื่องจากเอทานอลมีการถ่วงเวลากการจุดระเบิดในการเผาไหม้ที่ช้ากว่าแก๊สโซลีน แต่การลามของเปลวไฟจะเร็วกว่า ดังนั้นการเพิ่มองศาการจุดระเบิดจึงมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ให้มากขึ้น จึงมีแนวคิดที่จะทดลองเรื่องเรื่องผลกระทบทางสมรรถนะและมลพิษจากการปรับองศาการจุดระเบิดในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง โดยใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมแก๊สโซลีน โดยมีผู้ทำการทดลองมาแล้วแต่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจน และทดลองโดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์โดยใช้แค่เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในอัตราส่วนที่ต่างกัน และทดลองในหัวข้อผลกระทบจากการปรับองศาการจุดระเบิดในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง[59] เช่นเดียวกันแต่ทดลองในเชิงสมรรถนะและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเท่านั้น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มีข้อแตกต่างคือ จะทำการทดลองที่ความเร็วรอบคงที่ 2000 รอบต่อนาที ที่ภาระงานต่างๆกัน(20% 30% 40%) และมีการปรับองศาการจุดระเบิดตั้ง 18-36 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายบน โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(E0) และ แก๊สโซลล์(E10 E20 E85) ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 และทำการวัดสมรรถนะ และมลพิษ ของเครื่องยนต์จากการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมแก๊สโซลีนเพื่อศึกษาว่าที่องศาการจุดระเบิดใดเหมาะสมกับเชื้อเพลิงชนิดใด เพราะปัจจัยเหล่านี้มีผลอย่างยิ่งในการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมเบนซินต่อ ค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ ค่ามลพิษ ค่าอัตราการสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์

ในการศึกษาที่ทำการทดลอง จำเป็นต้องทราบถึงทฤษฎีพื้นฐานของวิชาเครื่องยนต์สันดาปภายในและคุณสมบัติต่างๆของเชื้อเพลิง ซึ่งคุณสมบัติต่างๆของเชื้อเพลิงจะทำให้เข้าใจถึงการเลือกคุณสมบัติที่เด่นของเชื้อเพลิงมาใช้ร่วมกับคุณสมบัติของเครื่องยนต์

2.2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเชื้อเพลิง

2.2.1.1 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง คือ วัสดุหรือสิ่งใดๆ ที่สามารถนำมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ โดยผ่านกระบวนการเคมีต่างๆเช่น กระบวนการเผาไหม้ หรือปฏิกิริยานิวเคลียร์เช่นการแตกตัวหรือการรวมตัวของนิวเคลียส อย่างใดอย่างหนึ่ง และคุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อเพลิงที่มีประโยชน์คือพลังงานที่มีอยู่สามารถถูกบรรจุและปลดปล่อยได้ตามต้องการ และการปลดปล่อยจะถูกควบคุมในทางใดทางหนึ่งเพื่อให้สามารถใช้สร้างงานทางวิศวกรรมได้

2.2.1.2 คุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิง

ในการทดลอง ผู้ทดลองจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกคุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์มาใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด คุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิงที่ควรทราบได้แก่

การลามของเปลวไฟแบบเคลื่อนที่(Flame Propagation) คือ การเคลื่อนที่ของเปลวไฟเมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเปลวไฟจะมีความเร็วหรือที่เรียกว่าความเร็วเปลวไฟ(Flame speed) โดยหากการลามเปลวไฟมีค่ามากแสดงว่าเชื้อเพลิงขยายการเผาไหม้ได้เร็วและใช้เวลาในการขยายน้อยกว่า แต่หากการลามเปลวไฟมีค่าน้อยแสดงว่าเชื้อเพลิงขยายการเผาไหม้ได้ช้าและใช้เวลามาก ซึ่งความเร็วในการลามเปลวไฟ(Flame Speed) คือ ความเร็วของเปลวไฟ จะเป็นค่าที่ได้จากการวัดการขยายของเปลวไฟที่ด้านหน้าสุด ในปฏิกิริยาเผาไหม้ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s) เป็นต้น

มวลโมเลกุล(Molecular weight) คือ น้ำหนักของสารระดับโมเลกุล ได้จากการคำนวณ น้ำหนักของธาตุในโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งจะบอกได้ถึงองค์ประกอบของเชื้อเพลิงอาจบอกได้ถึงความสามารถในการเผาไหม้เช่น ออกซิเจน(Oxygen)

จุดวาบไฟ(Flash Point) คือ อุณหภูมิที่ต่ำที่สุด ที่สามารถทำให้เชื้อเพลิงคายไอออกมาผสมกับอากาศในอัตราส่วน ที่เหมาะสมถึงจุดที่มีค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดของไอเชื้อเพลิง เมื่อมีประกายไฟก็จะเกิดการติดไฟ เป็นไฟวาบขึ้นและดับ หากจุดวาบไฟมีค่ามาก แสดงว่าเชื้อเพลิงมีโอกาสติดไฟได้เร็วกว่าเชื้อเพลิงที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า[11]

จุดติดไฟ(Fire Point) คือ อุณหภูมิของสารที่เป็นเชื้อเพลิงได้รับความร้อน จนถึงจุดที่จะติดไฟได้แต่การติดไฟนั้นจะต้องต่อเนื่องกันไป โดยปกติความร้อนของ Fire Point จะสูงกว่า Flash Point ประมาณ 7 องศาเซลเซียส หากจุดติดไฟมีค่ามากเชื้อเพลิงจะเริ่มการเผาไหม้ได้ก่อนเชื้อเพลิงที่มีจุดติดไฟน้อยกว่า[11]

อุณหภูมิจุดระเบิดด้วยตัวเอง(Auto-ignition temperature) คือ เป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ทำให้ก๊าซหรือสารระเหยของสารไวไฟ ซึ่งผสมอยู่ในบรรยากาศจะเกิดลุกติดไฟได้เองโดยไม่ต้องมีประกายไฟบริเวณที่มีการรั่วไหลของก๊าซ หรือสารระเหยของสารไวไฟ หากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิจุดระเบิดด้วยตัวเองสูงแสดงว่าเชื้อเพลิงสามารถทนต่อการเผาไหม้ที่ความดันและอุณหภูมิสูงๆได้ ซึ่งช่วยในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า[47]

เลขออกเทน(Octane Number) คือ ค่าที่มาจากเปรียบเทียบการจุดระเบิดด้วยตัวเองของการผสมกันของ isooctane และ n-heptane กับเชื้อเพลิงที่ต้องการ บอกถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงในด้านการต้านทานการเกิด การติดไฟ ได้เอง(Auto-ignition) หรือคุณสมบัติการต้านทานการน็อค(Anti-knock) ถ้าค่าออกเทนสูงบ่งบอกว่า เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์จะเกิดการน็อคได้ ยากกว่าการน็อคของเครื่องยนต์หมายถึงการที่น้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้หรือจุดระเบิดในตำแหน่งที่ถูกสูบยังอัดอากาศขึ้นไปไม่ถึงตำแหน่งสูงสุดในขณะลูกสูบเลื่อนขึ้นและอัดอากาศให้แรงดันสูงขึ้นไปเรื่อยๆนั้น อุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดก็จะเพิ่ม ขึ้นไปพร้อมๆกัน ถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้มีค่าออกเทนต่ำ กว่าที่เครื่องยนต์ถูกออกแบบไว้ น้ำมันที่ถูก ฉีดเข้าไปหรือหลงเหลือตกค้างอยู่ในห้องเผาไหม้จะเกิดการติดไฟ ก่อนที่ลูกสูบจะอัดอากาศถึงตำแหน่งสูงสุด ทำให้เกิดแรงดันด้านการเคลื่อนที่ของลูกสูบและกำรหมุนของเครื่องยนต์ สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่าการน็อคของเครื่องยนต์เครื่องยนต์ที่ต้องการกำลังและแรงบิด

สูงจะออกแบบให้อัตราส่วนการอัดมีค่าสูง ยังมีโอกาสที่จะเกิดการน็อคได้ง่ายจึงต้องใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทนสูงตามไปด้วย[47]

ค่า Octane Number ของน้ำมันแก๊สโซลีนหาได้จาก

$$(ROM + MON)/2$$

ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง(LHV ; Low heating value) คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง เป็นพลังงานความร้อนที่ไม่รวมพลังงานในการระเหยของไอน้ำในเชื้อเพลิงที่ปล่อยออกมา เมื่อเกิดการทำปฏิกิริยาเคมี ในกรณีที่ค่าดังกล่าวมีค่ามากแสดงถึงเชื้อเพลิงให้ความร้อนมากเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่ในกรณีที่ค่าดังกล่าวมีค่าน้อย แสดงถึงเชื้อเพลิงให้ความร้อนได้น้อยเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี มีหน่วยเป็น กิโลจูลต่อกิโลกรัม(kJ/kg)[16]

ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ(Heat of vaporization) คือ ความร้อนแฝงในการเปลี่ยนเป็นไอของเชื้อเพลิง เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารที่บอกปริมาณพลังงานที่ต้องใช้หรือคายออกมาในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของเหลวกับแก๊ส เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือดของสารนั้น ในกรณีที่ ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอสูงแสดงว่าเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆจะระเหยเป็นไอได้ยากกว่าเชื้อเพลิงที่มีความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอต่ำ มีหน่วยเป็น กิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg)[16]

ความดันไอ(Vapour Pressure) คือ ความดันความดันอันเกิดเนื่องมาจากไอของของเหลวนั้น ๆ ที่ระเหยขึ้นมาจากผิวหน้าของของเหลว โดยการระเหยนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของของเหลว และเกิดการชนพร้อมทั้งถ่ายเทพลังงาน จนกระทั่งโมเลกุลที่ผิวหน้ามีพลังงานมากพอจะเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้และระเหยขึ้นเป็นแก๊ส ในกรณีที่ความดันไอของน้ำมันมีค่าต่ำ จะส่งผลให้การสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำจะสตาร์ทติดยาก แต่ถ้าความดันไอของน้ำมันมีค่าสูงเกินไปก็จะส่งผลให้เกิด vapor lock (น้ำมันเชื้อเพลิงระเหยเป็นไอในท่อส่งน้ำมันทำให้ปั๊มไม่สามารถสูบให้ไหลไปได้) ในกรณีบรรยากาศโดยรอบมีอุณหภูมิสูง ทั้งสองกรณีส่งผลเสียต่อสมรรถนะและการใช้งานของรถยนต์ทั้งสิ้น มีหน่วยเป็นปาสคาล (Pa)[16]

อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF ; Air-Fuel ratio) คือ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ โดยเมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็นไปตามอุดมคติ(Stoichiometric AF ratio) จะเป็นการเผาเผาไหม้สมบูรณ์[47]

อัตราส่วนสมมูล(Equivalence ratio) คือ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่ได้จากการเผาไหม้ตามอุดมคติ ต่อ อัตราจากการเผาไหม้จริง[47]

แลมด้า(Lambda) คือ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้จริงต่ออัตราการเผาไหม้ในอุดมคติ เป็นค่าที่อุปกรณ์อ่านผ่านเซนเซอร์เมื่อทราบถึง การขาดเหลือหรือมากเกินไปของการฉีดและผสมเชื้อเพลิง[47]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิจุดเยือกแข็งหรือหลอมเหลว(Freezing point or Melting point) คือ อุณหภูมิจุดเยือกแข็งหรือหลอมเหลว เป็นจุดที่เชื้อเพลิงสามารถเปลี่ยนสภาพ ระหว่าง ของเหลวและก๊าซ หากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิจุดเยือกแข็งหรือหลอมเหลวสูงเชื้อเพลิงจะ กลายเป็นไอได้ง่ายและมีโอกาสเผาไหม้ได้ดีกว่า[16]

ระยะถ่วงการจุดระเบิด(Ignition Delay) คือ ระยะเวลาในการติดไฟของเชื้อเพลิง ถ้า เชื้อเพลิงมีระยะการถ่วงจุดติดระเบิดนาน เชื้อเพลิงจะรวมกันเป็นก้อนก่อนจุดระเบิดที่รุนแรง เกินไป แต่หากเชื้อเพลิงมีระยะการถ่วงจุดติดระเบิดน้อย เชื้อเพลิงจะจุดระเบิดเร็วเกินไปและ ใ้ให้การระเบิดที่น้อยเกินไป[11]

ระยะเวลาลามไฟ(Flame Duration) คือ ระยะเวลาการลามของเปลวไฟของเชื้อเพลิง หากเชื้อเพลิงมีระยะเวลาลามไฟที่นานไปจะส่งผลได้พลังงานเกินความจำเป็นและจะขัดกับ รอบเครื่องยนต์เนื่องจากการเผาไหม้ใช้เวลาเยอะไป แต่หากน้อยเกินไปการเผาไหม้จะใช้เวลา น้อยซึ่งเชื้อเพลิงอาจไม่มีเวลาพอที่จะเผาไหม้สมบูรณ์[11]

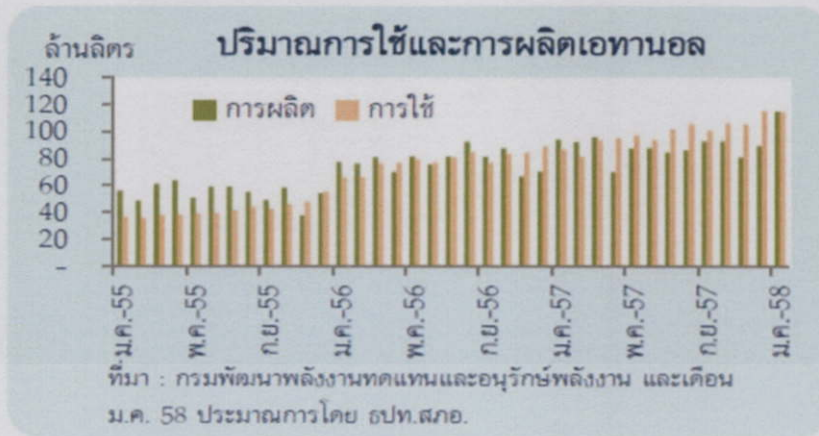
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลและแกโซลีน[5]

Fuel	Gasoline	Ethanol
Formula	$C_{8.26}H_{15.5}$	C_2H_5OH
Molar C/H ratio	0.445	0.333
Molecular weight (kg/kmol)	114.18	46.07
Low heating value (MJ/kg)	44	26.9
Stoichiometric air/fuel ratio	14.6	9
Auto-ignition temperature ($^{\circ}C$)	257	425
Heat of vaporization (kJ/kg)	305	840
Research octane number	88-100	108.6
Motor octane number	80-90	89.7
Freezing point ($^{\circ}C$)	-40	-114
Boiling point ($^{\circ}C$)	27-225	78
Density (kg/m^3)	765	785
Vapor Pressure(kPa)	79.29	15.86

2.2.2 เอทานอล (Ethanol)[58]

เอทานอล มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ติดไฟง่าย มีความไวไฟและค่าออกเทนสูง เป็น เชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในประเทศ สามารถนำมาบริโภคได้ ซึ่งการผลิตเอทานอลนี้ได้มาจากการแปรรูปพืช จำพวกแป้งและน้ำตาลรวมทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยการหมัก ตัวอย่างเช่น อ้อย ข้าว ข้าว ฟาง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยเมื่อกลั่นออกมาแล้วมีสูตรทางเคมีเป็น C_2H_5OH มีชื่อทางเคมี คือ เอทิล-แอลกอฮอล์ (ethyl alcohol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ปริมาณการใช้และการผลิตเอทานอลภายในประเทศ[1]

2.2.2.1 ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในต่างประเทศและภายในประเทศ

การใช้เอทานอลในต่างประเทศที่สูงกว่าร้อยละ 20 ได้แก่ บราซิล)20-25% และ (100%), อเมริกา(85%), สวีเดน(85%) และแคนาดาเพิ่งจะเริ่มใช้ (85%) และมีแนวโน้มอัตราการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยรถยนต์ที่จะใช้จะต้องเป็นแบบ FFV (Flexible Fuel Vehicle) สามารถใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่สัดส่วนใด ๆ ก็ได้ การใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่สัดส่วนสูง ๆ นั้น จะต้องดัดแปลงรถยนต์ในสองส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงสู่เครื่องยนต์ และส่วนที่สองคือวัสดุที่สัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง โดยต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของเอทานอล วัสดุที่สามารถนำมาใช้กับเอทานอลที่สัดส่วนสูง ๆ นั้น ได้มีนักวิจัยในต่างประเทศทำการทดสอบไว้แล้ว สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้พิจารณาเลือกวัสดุที่จะนำมาเปลี่ยนได้ จากการค้นคว้าปริมาณวัตถุดิบและศักยภาพการผลิตเอทานอลในประเทศไทย พบว่ามีมากพอที่จะใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในปริมาณมาก โดยปัจจุบันสามารถใช้ทดแทนเบนซินได้มากกว่าร้อยละ 10 และถ้าผลิตเอทานอลอย่างเต็มกำลัง โดยใช้วัตถุดิบทั้งกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง จะสามารถทดแทนการใช้ น้ำมันเบนซินได้เกือบทั้งหมด

2.2.2.2 ข้อดีและข้อสังเกตของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล

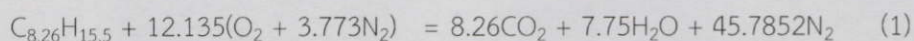
1. ข้อดีของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล

- อะตอมของเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วย ซึ่งจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl-OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมีคุณสมบัติเป็น โพลาร์ (polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการกัดกร่อนต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติก ดังนั้นต้องมีการเคลือบสารเพื่อป้องกันการกัดกร่อนกับชิ้นส่วนที่สัมผัสกับเอทานอล

- แก๊สอินทรีย์อัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็น 14.7 : 1 แต่เอทานอลมีอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็น 9 : 1 โดยเราคิดที่สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือเรียกว่า stoichiometric air fuel ratio ได้ดังนี้[47]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงนามเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแก๊สอินทรีย์ที่มีสมการเคมี $C_{8.26}H_{15.5}$ สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของแก๊สอินทรีย์
คือ



คิดในหน่วยโมล

$$\begin{aligned} 1 + 12.135(1 + 3.773) &= 8 + 7.75 + 45.7852 \\ 59.9 &= 61.8 \end{aligned}$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$\begin{aligned} 114.83 + 1672.3 &= 363.53 + 139.62 + 1282.9 \\ 1786.05 &= 1786.05 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของแก๊สอินทรีย์ ได้

$$(A/F)_s = \frac{1672.3}{114.83} = 14.56 \quad (2)$$

นั่นคือเชื้อเพลิงแก๊สอินทรีย์ 1 กิโลกรัมต้องใช้อากาศ 14.7 กิโลกรัมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้
ที่สมบูรณ์ในทางทฤษฎี

สำหรับเอทานอลที่มีสมการเคมี C_2H_5OH สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเอทานอล
คือ



คิดในหน่วยโมล

$$\begin{aligned} 1 + 3(1 + 3.773) &= 2 + 3 + 11.32 \\ 15.32 &= 16.32 \end{aligned}$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$\begin{aligned} 46.07 + 414.71 &= 88.02 + 46.06 + 318.77 \\ 460.78 &= 460.78 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของเอทานอล ได้

$$(A/F)_s = \frac{414.71}{46.07} = 9.00 \quad (4)$$

นั่นคือเชื้อเพลิงเอทานอล 1 กิโลกรัมต้องใช้อากาศ 9 กิโลกรัมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่
สมบูรณ์ในทางทฤษฎี สรุปได้ว่าเชื้อเพลิงเอทานอลใช้อากาศในการเผาไหม้น้อยกว่าเชื้อเพลิง

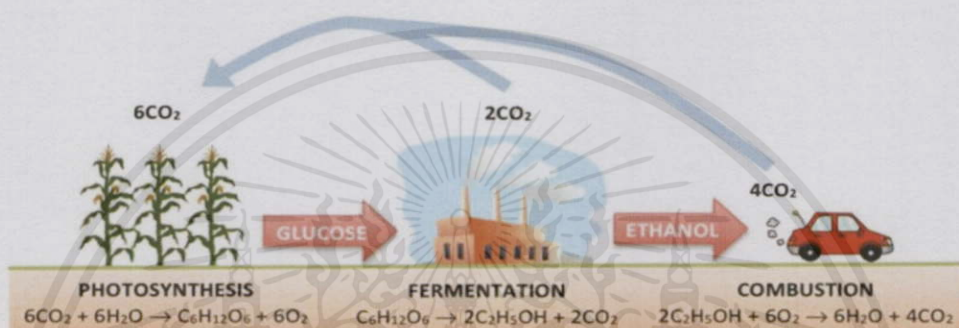
แก๊สอินทรีย์ เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีโมเลกุลออกซิเจน (O_2) ในโครงสร้าง ทำให้ลดการใช้
อากาศบริสุทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ค่าความร้อนของการระเหยเป็นไอ (heat of vaporization) จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าไปใช้
เอทานอลมีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สอินทรีย์ประมาณ 3 เท่า ซึ่งมีการดึงความ

ร้อนออกจากเครื่องยนต์มากกว่าแก๊สโซลีนมีผลกับเครื่องยนต์ ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์นั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำลงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น มีผลให้กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้น

- ค่าออกเทน (octane) จากตารางที่ 2 เห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าออกเทนสูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้มากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

- เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนนิวทรัล(Carbon Neutral) ซึ่งสามารถลดการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) จากการใช้สังเคราะห์แสงของพืชที่นำมาสกัดเป็นเชื้อเพลิงเอทานอลที่ใช้ในเครื่องยนต์



รูปที่ 2.17 carbon neutral[19]

2. ข้อสังเกตของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล

- ค่าความร้อน (Low heating value) เอทานอลมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 30% โดยวัดต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเราต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เหมือนเดิมจากตารางที่ 2 เห็นว่าค่าความร้อนของเอทานอลนั้นมีน้อยกว่าแก๊สโซลีนดังนั้นก็ต้องปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

- ค่าความร้อนของการระเหยเป็นไอ (heat of vaporization) เอทานอลมีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่า ซึ่งมีการดึงความร้อนออกจากเครื่องยนต์มากกว่าแก๊สโซลีนมีผลให้เอทานอลต้องใช้ความร้อนในการระเหยตัวที่มากกว่าแก๊สโซลีนทำให้อาจมีปัญหาในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ

2.2.3 แก๊สโซลีน (Gasoline)

แก๊สโซลีนผลิตขึ้นจากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบ (crude oil) น้ำมันดิบนี้จะถูกดูดขึ้นมาจากพื้นโลก มีลักษณะเป็นของเหลวสีดำ เรียกว่า ปิโตรเลียม (Petroleum) ของเหลวชนิดนี้ประกอบไปด้วยไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) และคาร์บอนอะตอมในน้ำมันดิบจะเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่ที่มีความยาวแตกต่างกัน เป็นส่วนผสมที่ซับซ้อนของ ไฮโดรคาร์บอนมากกว่า 5000 ชนิด สามารถเขียนในรูปโครงสร้างทางเคมี C₄-C₁₂ มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียน

เอกสารในการจดทะเบียนตัวสำหรับงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 ข้อดีและข้อสังเกต ของการใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน

1. ข้อดีของเชื้อเพลิงแกโซลีน

- การกลายเป็นไอ . การกลายเป็นไอเป็นคุณสมบัติหลักที่ถูกพิจารณาว่าเหมาะสมกับที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิดซึ่งคุณสมบัตินี้จะสามารถหาได้จากการวัด การระเหยของเชื้อเพลิงในสถานะพิเศษที่ความดันบรรยากาศและที่ความดันไอของแกโซลีนที่สนใจนั้นคือที่อุณหภูมิ 10 20 50 °C และ ที่ปริมาตรของไอที่ 90% พอกับอุณหภูมิซึ่งใช้ในการจุดระเบิด

- การสตาร์ทและการอุ่นเครื่อง บางส่วนของแกโซลีนจะระเหยที่อุณหภูมิห้องสำหรับการสตาร์ท ซึ่งในการแบ่งส่วนของเส้นโค้งการกลั่นตัวที่ 0-10% จะต่ำ ซึ่งเป็นผลทำให้อุณหภูมิของจุดเดือดต่ำ ในขณะที่อุ่นเครื่องยนต์อุณหภูมิจะเป็นขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่ใช้งานจริง อุณหภูมิการกลั่นตัวต่ำ สามารถกำหนดได้โดย ช่วงของเส้นโค้งการกลั่นตัวสำหรับหรับอุ่นเครื่องยนต์

- ช่วงของสมรรถนะการทำงาน เนื่องจากแกโซลีนมีคุณสมบัติด้านการระเหยดี และมีอุณหภูมิกลิ้งตัวต่ำ ข้อดีคือสามารถสร้างรูปร่างการกระจายตัวของเชื้อเพลิงเพื่อฉีดเข้าห้องเผาไหม้และลดหยดน้ำที่ท่อไอเสียได้

- ผลทางด้านการหล่อลื่น เนื่องจากในการทำงานของเครื่องยนต์นั้นลูกสูบจะเสียดสีกับเสื่อสูบจึงจำเป็นต้องมีน้ำมันหล่อลื่น เพื่อป้องกันอุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจากการเสียดสีเชื้อเพลิงที่ใช้นั้นเมื่อฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้อาจมีบางส่วนไปเกาะตามผนังเสื่อสูบทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นลดลง เพื่อป้องกันปัญหานี้จึงจำเป็นต้องเมื่อเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้แล้วควรที่จะระเหยกลายเป็นไอเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันที่เป็นของเหลวไปเกาะตามผนังเสื่อสูบและรวมกับน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งแกโซลีนมีคุณสมบัติตามต้องการเนื่องจากระเหยง่าย

2. ข้อสังเกตของเชื้อเพลิงแกโซลีน

- การดำเนินการจุดระเบิดด้วยตัวเอง หรือ การน็อคของเครื่องยนต์ เกิดจากการที่เชื้อเพลิงมีค่าออกเทนต่ำ ทำให้จุดระเบิดด้วยตัวเองก่อนที่จะถึงรอบขยายกำลัง ความดันที่ได้จึงดันการเคลื่อนที่ของลูกสูบ กำลังที่ได้จึงต่ำกว่าที่ควรจะได้

- ใช้อากาศในการเผาไหม้มากทำให้โอกาสในการเกิดมลพิษเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอต่ำกว่าเอทานอลทำให้จำเป็นต้องมีการเติมสารปรับค่าคุณสมบัติ

- ปัจจุบันราคาของเชื้อเพลิงแกโซลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสวนทางกับความต้องการในตลาดโลกเช่นเดียวกับในประเทศไทยที่นำเข้าเชื้อเพลิงแกโซลีนในปริมาณที่สูงขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table.1 Fuels properties

Fuels properties	Gasoline [8]	E10	E20	E85	Ethanol [8]
Formula	C ₄ to C ₁₂	CH _{2.043} O _{0.015}	CH _{1.63} O _{0.065}	CH _{2.822} O _{0.425}	C ₂ H ₅ OH
Molecular weight [g/mol]	100-105		88.12	50.60	46.70
Carbon [mass%]	85-88	86.70	79.85	55.36	52.20
Hydrogen [mass%]	12-15	13.20	12.88	12.89	13.10
Oxygen [mass%]	0	1.94	7.54	31.75	34.70
Density, kg/l. at 15°C	0.72-0.77	0.7608	0.7645		0.79
Vapor pres., kPa at 38°C	48-103	59.6	58.3	35-70	15.90
Specific heat, kJ/kg-K-1	2				2.40
Lower heating val... 103 MJ/kg	44.00	40.97	40.60	29.50	26.90
Research octane number	92.4	98.1	98.3	101.6	108.60
Motor octane number	81.2	82.3	84.6	91.1	92
(R+M)/2	86.8	90.2	91.45	96.35	100

รูปที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อเพลิง[16]

2.2.4 ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์[47]

2.2.4.1 เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine)

เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine; ICE) ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาตั้งแต่ปลายช่วงปีคริสต์ศักราช 1800 เป็นต้นมา ทำให้เครื่องยนต์ดังกล่าวมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อสังคมมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นวัตกรรมดังกล่าวนี้เปรียบเสมือนดังรากฐานของการพัฒนาและต่อยอดให้กับความสำเร็จของเทคโนโลยีต่างๆ ที่มีอยู่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน อาทิเช่น เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีอิทธิพลต่อการปฏิวัติในด้านการคมนาคมก่อให้เกิดการวิจัย ปรับปรุง และพัฒนายานยนต์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ รถบรรทุก รถไฟเร็ว และอากาศยาน ให้ดียิ่งขึ้นเป็นต้น

การพัฒนาของเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ยุคเริ่มต้นเมื่อประมาณ 100 ปีที่แล้วกับยุคปัจจุบันที่ใช้กันอยู่แพร่หลายนั้น จุดแตกต่างหลักที่เป็นประเด็นอย่างมีนัยสำคัญคือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency) และระดับของมลพิษที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ (Emission Level) จากผลงานการวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์สันดาปภายในต่างๆ ที่เผยแพร่มาเป็นเวลาหลายปี ต่างมีวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของการศึกษาเป็นไปในแนวทางเดียวกัน นั่นคือการปรับปรุงและพัฒนาด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อน การลดเสียงรบกวน (Noise Reduction) รวมถึงการลดการสั่นสะเทือน (Vibration Reduction)

จึงทำให้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนจาก 10 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และตั้งแต่ปีคริสต์ศักราช 1970 เป็นต้นมา การใส่ใจในคุณภาพของอากาศ ถือเป็นเรื่องที่คนส่วนใหญ่ตระหนักและมีความสำคัญต่อการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังนั้นการควบคุมการปล่อยมลพิษ (Emission Control) จากเครื่องยนต์ถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบและการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั่นเอง[12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลทั้งหมด การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารถือว่าเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์และจะดำเนินการตามกฎหมายอย่างเต็มที่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทางสงวนสิทธิ์ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

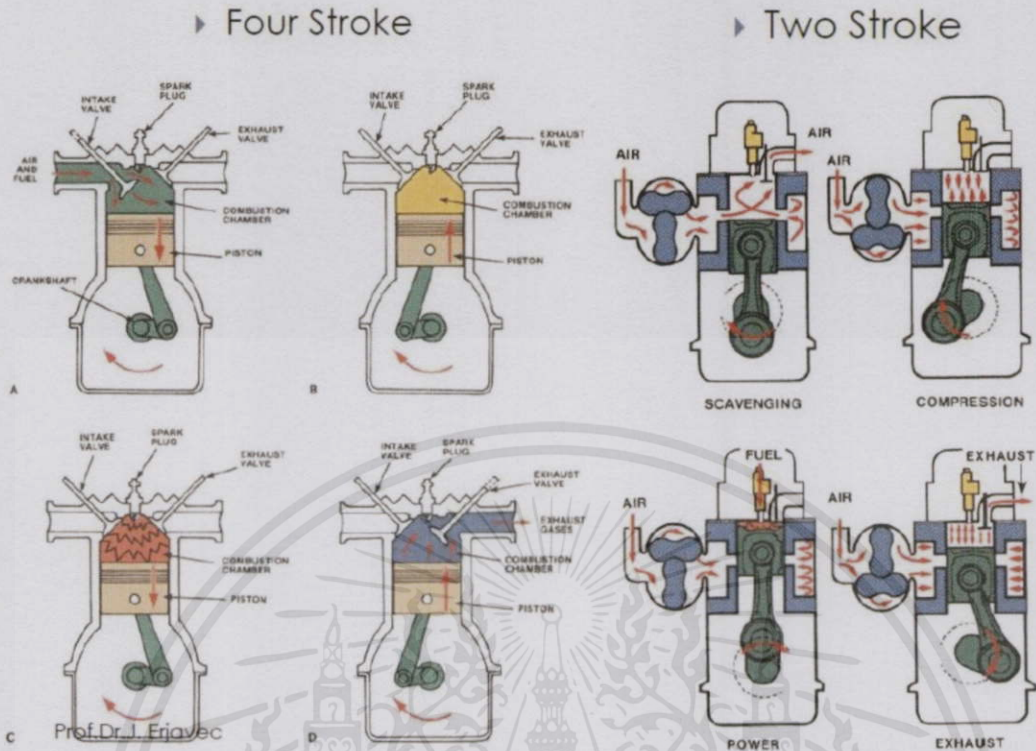
เครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นกลจักรความร้อน (Heat Engine) ชนิดหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมี (Chemical Energy) จากน้ำมันเชื้อเพลิงไปสู่พลังงานความร้อน (Thermal Energy) ด้วยวิธีการสันดาป (Combustion) การทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Compound) เป็นองค์ประกอบหลัก กับออกซิเจนที่มาจากอากาศนั้น เกิดการคายพลังงาน (Exothermic Reaction) ออกมาในรูปของพลังงานความร้อน โดยกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) จากนั้นเครื่องยนต์สันดาปภายในจะอาศัยแรงของโมเลกุลที่ได้จากการขยายตัวของแก๊ส อุณหภูมิ และความดันสูง ที่เกิดขึ้นจากการสันดาป แปรเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนไปสู่พลังงานกล (Mechanical Energy) ผลักดันให้ชิ้นส่วนที่อยู่ในเครื่องยนต์เกิดการเคลื่อนที่ โดยอาศัยกระบวนการทางด้านวิศวกรรมในรูปแบบของกลไก ซึ่งกลไกที่ใช้ในนั้นจะเป็นเครื่องยนต์แบบลูกสูบหมุนวน (Reciprocating Engines) จากพลังงานกลดังกล่าวจะถูกถ่ายต่อไปยังระบบส่งกำลัง (Powertrain System) เพื่อที่จะไปขับเคลื่อนชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนยานยนต์ถัดไป

2.2.4.2 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Gasoline Engine) หรืออาจเรียกได้ว่า เครื่องยนต์เบนซิน เป็นเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน (TDC หรือ Top Dead Center) ไปยังศูนย์ตายล่าง (BDC หรือ Bottom Dead Center) ในจังหวะดูด (Intake Stroke) อากาศจะถูกดูดเข้ามาผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง (Mixture) เรียกรวมกันว่าไอดี เข้าไปในกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปยังศูนย์ตายบนในจังหวะอัด (Compression Stroke) ก่อนสิ้นสุดจังหวะอัดเล็กน้อย หัวเทียนจะเกิดประกายไฟจุดไอดีให้เกิดการลุกไหม้และระเบิด ทำให้มีแรงดันเกิดขึ้นในกระบอกสูบ แรงดันที่เกิดขึ้นจะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง เป็นจังหวะกำลัง (power Stroke) จังหวะนี้จะสิ้นสุดเมื่อลิ้นไอเสียจะเปิด จากนั้นเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นอีกครั้งเป็นต้นให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบทางลิ้นไอเสีย เรียกจังหวะนี้ว่าจังหวะคายไอเสีย (Exhaust Stroke) เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีการระเหยง่ายเช่น แก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์ เอทานอล เมทานอล ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น เครื่องยนต์แก๊สโซลีนส่วนใหญ่เป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กและขนาดกลางที่มีอัตราส่วนอัดต่ำ (Compression Ratio) ประมาณ 10:1 ใช้กับรถยนต์นั่งและรถบรรทุกขนาดเล็ก เป็นต้น

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบ่งตามการทำงานได้ 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ 2 จังหวะโดยเพลาค้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์หมุน 1 รอบได้งาน 1 ครั้ง และเครื่องยนต์ 4 จังหวะโดยเพลาค้อเหวี่ยงเครื่องยนต์หมุน 2 รอบได้งาน 1 ครั้ง หรือครบ 1 กลวัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์สี่จังหวะและสองจังหวะ [47]

การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ที่ทำงาน 4 จังหวะ (4 ช่วงชัก) แบ่งออกได้ดังนี้

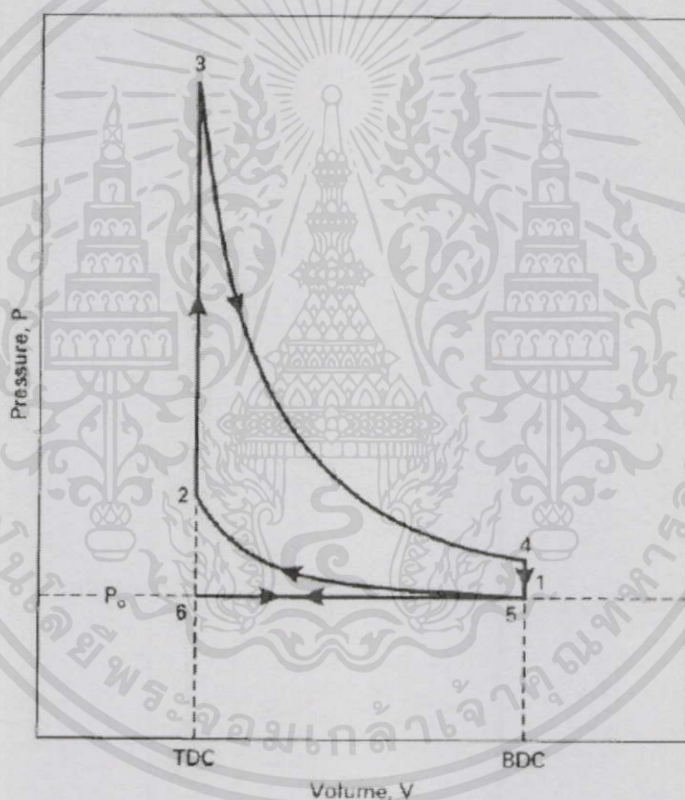
1. จังหวะดูด: ลูกสูบเลื่อนลง จากศูนย์ตายบน ลงสู่ศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอดีเปิด เพื่อดูดไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียปิด
2. จังหวะอัด: ลูกสูบเลื่อนขึ้น จากศูนย์ตายล่าง ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท ไอดีถูกอัดให้ร้อน 700-900 องศาเซลเซียส
3. จังหวะระเบิด: ลูกสูบเลื่อนขึ้นใกล้ศูนย์ตายบน หัวเทียนจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดีเกิดการระเบิดขึ้นในห้องเผาไหม้ แรงระเบิดทำให้ลูกสูบเลื่อนลง จากศูนย์ตายบน ลงสู่ศูนย์ตายล่าง ทำให้เพลาค้อเหวี่ยงเกิดการหมุน เครื่องยนต์ได้งานในช่วงชักนี้ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "ช่วงชักงาน" เป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล
4. จังหวะคาย: ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดีปิด ลิ้นไอเสียเปิด แก๊สไอเสียออกจากกระบอกสูบผ่านลิ้นไอเสีย, ท่อไอเสีย และออกสู่ชั้นบรรยากาศภายนอกเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

1. จังหวะดูด/อัด: ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมานั้นจะทำให้ช่องพอร์ตไอดีเปิดไอดีถูกอัดจากห้องแคริงค์ผ่านเข้ามาบรรจุในห้องเผาไหม้ในตอนนี้ช่องพอร์ตไอเสียจะเปิดออกด้วยเชื้อเพลิงที่เข้ามาจะช่วยขับไอเสียจากการเผาไหม้ด้วย ในการทำงานดังกล่าวเพลาค้อเหวี่ยงทำงาน 1/2 รอบ (ครึ่งรอบ)

2. จังหวะระเบิด/คาย: ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนทำให้ช่องพอร์ตไอดีและพอร์ตไอเสียปิดอัดเอาเชื้อเพลิงให้มีปริมาตรเล็กลงในห้องเผาไหม้ หัวเทียนส่งประกายไฟจุดระเบิดเชื้อเพลิงลูกสูบเคลื่อนที่ลงเพราะแรงระเบิดทำให้ลูกสูบอัดเชื้อเพลิงในห้องแคริงค์แล้วถูกอัดเข้ามาเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนพอร์ตไอดีและพอร์ตไอเสียเปิดเชื้อเพลิงจะขับไล่ไอเสียออกด้วย เพลาค้อเหวี่ยงหมุนครบ 1 รอบ พอดี



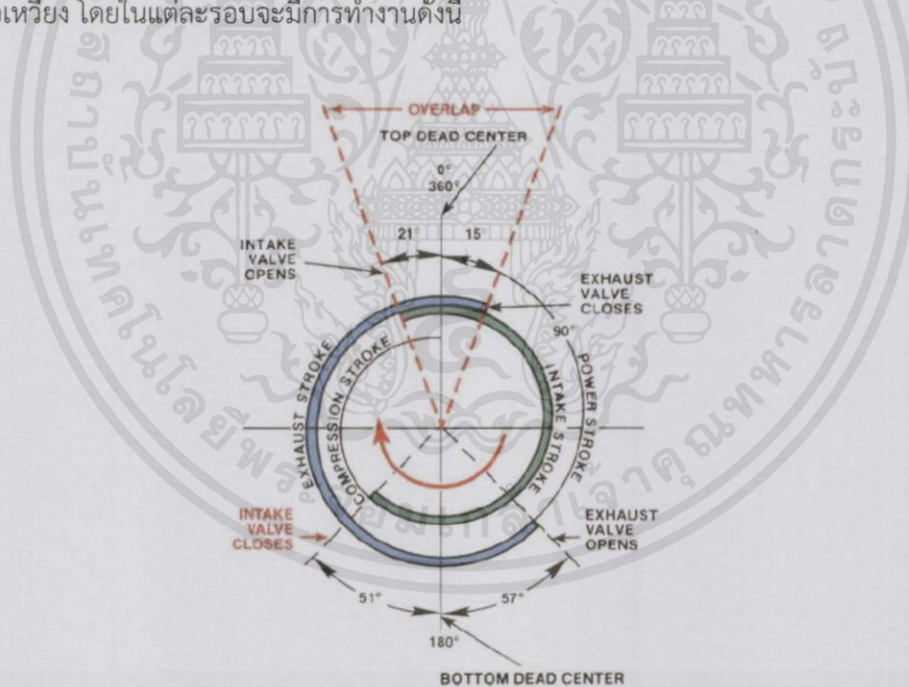
รูปที่ 2.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ[47]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จาก 6 - 1 เป็นกระบวนการความดันคงที่ ด้วยความดันไอดีเท่ากับความดันบรรยากาศ
- จาก 1 - 2 เป็นกระบวนการอัดแบบไอเซนโทรฟิก จากศูนย์ตายล่างจนถึงศูนย์ตายบน ในช่วงปลายของจังหวะอัด หัวเทียนจะปล่อยประกายไฟจุดไอดีก่อนลูกสูบจะเคลื่อนถึงศูนย์ตายบนซึ่งไม่เพียงเป็นการเพิ่มความดันเท่านั้น แต่ความร้อนจากความดันเพิ่มขึ้นอีกด้วย
- จาก 2 - 3 เป็นการให้ความร้อนแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume) เป็นการให้ความร้อนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากและถึงจุดสูงสุดที่ตำแหน่ง 3 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ความดันสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งที่ 3 เช่นเดียวกัน
- จาก 3 - 4 เป็นการขยายตัวของแก๊สที่เกิดจากการจุดระเบิดในลักษณะกระบวนการไอเซนโทรฟิกเป็นจังหวะงานของเครื่องยนต์
- จาก 4 - 5 เป็นการส่งความร้อนออกในลักษณะปริมาตรคงที่
- จาก 5 - 6 เป็นกระบวนการความดันคงที่ เป็นจังหวะคายไอเสีย

องศาเพลลาข้อเหวี่ยงในแต่ละจังหวะของเครื่องยนต์[12]

ซึ่งในแต่ละเครื่องยนต์จะมีองศาการทำงานในจังหวะต่างๆไม่เหมือนกัน โดยองศาจะวัดจากเพลลาข้อเหวี่ยง โดยในแต่ละรอบจะมีการทำงานดังนี้

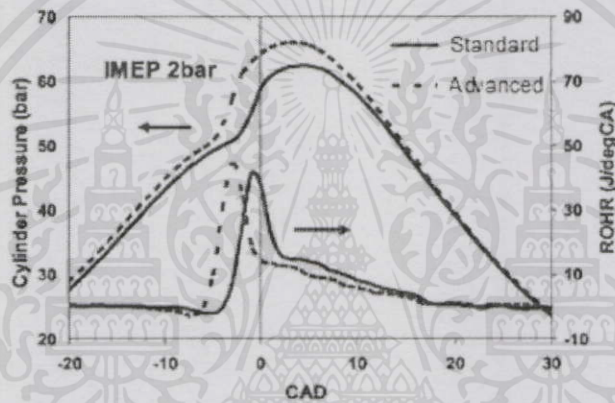


รูปที่ 2.21 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่จังหวะต่างๆของเครื่องยนต์[47]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะดูดไอดี วาล์วไอดีจะเปิดขณะเพลาค้อเหวี่ยงจะหมุนทำมุมตั้งแต่ 21° ก่อนศูนย์ตายบน จนถึง 51° หลังศูนย์ตายล่างวาล์วไอดีจึงจะปิด หลังจากนั้นจะเป็นจังหวะอัดและจุดระเบิด ในจังหวะนี้จะมีองศาการจุดระเบิดตั้งแต่ 21° ก่อนศูนย์ตายบน และจะเข้าสู่จังหวะขยายกำลังตั้งแต่ 15° หลังศูนย์ตายบน ถึง 57° ก่อนศูนย์ตายล่าง กรณีจังหวะสุดท้ายหรือจังหวะคายไอเสียโดยวาล์วไอเสียจะเปิดตั้งแต่ 57° ก่อนศูนย์ตายล่าง ถึง 15° หลังศูนย์ตายบน

ซึ่งเมื่อต้องการปรับองศาการจุดระเบิด จะต้องรู้ว่า องศาการจุดระเบิด(Ignition Timing) คือ องศาการก่อบประกายไฟของหัวเทียนและเกิดการระเบิดของเชื้อเพลิง วัดจากองศาการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายบน(Crank Angle Degree before Top Dead Center ; CAD bTDC) หากองศาการจุดระเบิดมากแสดงว่าเวลาในการเผาไหม้จะมีมาก หากองศาการจุดระเบิดน้อยแสดงว่าเวลาในการเผาไหม้มีน้อย ซึ่งองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดเครื่องยนต์และเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.22 แสดงการเปรียบเทียบความดันภายในห้องเผาไหม้ระหว่างการจุดระเบิดแบบปกติและแบบเร็วกว่าเดิม[3]

แหล่งพลังงานของยานยนต์ที่ใช้ในโลกยุคปัจจุบันคงปฏิเสธไม่ได้ว่าน้ำมันดิบ (Crude Oil) นั้นเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์สันดาปภายในให้เคลื่อนที่ได้ โดยน้ำมันดิบดังกล่าวเมื่อนำไปผ่านกระบวนการกลั่น จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ ตามแต่วัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ใช้งาน อาทิเช่น น้ำมันแกโซลีน (Gasoline) ที่มีข้อดีคือ ค่าออกเทน (Octane) ที่สูงทนต่อการจุดระเบิดด้วยตัวเอง (Detonation) ได้ดี นิยมใช้กับเครื่องยนต์แกโซลีนจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark Ignition Gasoline Engine) ซึ่งเครื่องยนต์ดังกล่าวโดยส่วนใหญ่จะมีอัตราส่วนกำลังอัด (Compression Ratio) ที่ประมาณ 8.9 - 10 : 1 ทั้งนี้เป็นเพราะข้อจำกัดเกี่ยวกับการต้านทานการน็อคของเชื้อเพลิง โดยถ้าใช้อัตราส่วนกำลังอัดสูงเกินไปจะทำให้เกิดการระเบิดช้อนรุนแรงหรือที่เรียกว่า ดีโทเนชัน (Detonation) ได้ โดยเครื่องยนต์แกโซลีนจุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้กันปัจจุบันนี้ มีระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลักได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระบบคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor)

คาร์บูเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ทำหน้าที่ผสมน้ำมันและอากาศให้กลายเป็นไอจากนั้นจึงส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้

ขณะที่เครื่องยนต์อยู่ในรอบความเร็วเครื่องต่ำ ตัวเรือนลิ้นเร่ง (Throttle Body) ในคาร์บูเรเตอร์จะเปิดไม่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับภาระ เพื่อทำให้ปริมาณน้ำมันและอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้น้อย ผลคือ ทำให้เครื่องยนต์เดินรอบต่ำ ในขณะที่เดียวกัน เมื่อมีการเร่งเครื่อง ความเร็วรอบเครื่องยนต์จะเพิ่มสูงขึ้น ลิ้นปีกผีเสื้อจะเปิดอย่างเต็มที่ (Wide-open Throttle 100%) เพื่อต้องการกำลังสูงสุด (Full Power) ทำให้ปริมาณไอดีเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในจำนวนมากนั่นเอง

ข้อสังเกตของคาร์บูเรเตอร์ คือ อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมัน (Air-Fuel Ratio) อยู่ที่ 8-15:1 หมายความว่า อากาศ 8-15 ส่วนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ส่วน อัตราส่วนดังกล่าวนี้ต้องมีความคงที่ เพื่อจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาแก่เครื่องยนต์ แต่ในความเป็นจริงแล้ว อัตราส่วนดังกล่าวจะคงที่ให้ได้สม่าเสมอนั้นเป็นไปได้โดยยาก เนื่องจากสภาวะการขับขี่ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อาทิเช่น การขับรถขึ้น-ลงทางลาดชัน หรือ ลงหลุมกระแทกกระทั้นหัน จากตัวอย่างสภาวะการขับขี่ดังกล่าวทำให้อัตราส่วนระหว่างอากาศกับน้ำมันเกิดการเปลี่ยนแปลงชั่วขณะ ส่งผลให้เครื่องยนต์เกิดการกระตุก รอบเครื่องยนต์เดินไม่เรียบได้



รูปที่ 2.23 แสดงระบบการจ่ายน้ำมันแบบคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor)[2]

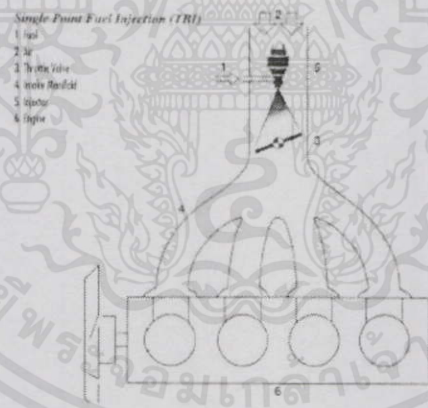
2. ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection: EFI)

หัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection: EFI) หัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection: EFI) คืออุปกรณ์จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรงโดยมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์คอยควบคุมอย่างเหมาะสม นำมาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์ ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนรุ่นใหม่ การทำงานขั้นพื้นฐานก็คือ เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ สัญญาณจากวงจรการสตาร์ท ทำให้หัวฉีดสตาร์ทเย็น ทำหน้าที่เพิ่มปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อการสตาร์ทครั้งแรก หรือตอนเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้ว เทอร์มิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นจะแปลงค่าความร้อนไปเป็นความต้านทานทางไฟฟ้า ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปที่กล่อง ECU ต่อจากนั้นไอดีจะจ่ายให้กับเครื่องยนต์ตามความเหมาะสม เมื่อเร่งเครื่องกล่อง CPU ก็จะประมวลผล และปรับแรงดันของระบบ

ฉีดเชื้อเพลิงให้สูงขึ้น ตามค่าการเปลี่ยนแปลงที่มากขึ้นของปริมาตรไอตี นี้ก็คือการเริ่มต้นของกระบวนการของระบบหัวฉีด EFI ยิ่งเร่งเครื่องยนต์ได้เร็วขึ้น เซ็นเซอร์ที่ตำแหน่งลิ้นเร่งก็จะเพิ่มองศาเพิ่มขึ้น พร้อมกับส่งสัญญาณไปที่กล่อง ECU ที่จะประมวลผล และปรับให้ปริมาณการฉีดจ่ายเชื้อเพลิง และอากาศมากขึ้นตามไปด้วย เพื่อให้ปริมาตรอากาศ กับน้ำมันมีความเหมาะสมต่อการทำงาน ผลที่ได้ก็คือ ระบบ EFI จะจ่ายส่วนผสมไอตีให้แต่ละสูบด้วยปริมาณที่เท่ากัน ทำให้ประหยัดลดมลภาวะไอเสีย และเพิ่มสมรรถนะให้เครื่องยนต์

ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ การฉีดแบบจุดเดียว หรือ หัวฉีดแบบตำแหน่งเดียว (Single Point Injection: SPI) การฉีดแบบหลายจุด หรือ หัวฉีดแบบแยกตามสูบ (Multi Point Injection: MPI) และหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct Fuel Injection or Gasoline Direct Injection: GDI)

1. การฉีดแบบจุดเดียว หรือ หัวฉีดแบบตำแหน่งเดียว (Single Point Injection: SPI) ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้หัวฉีดพ่นน้ำมันถูกเรียกว่าระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์หรือเรียกสั้น ๆ ว่า EFI (Electronic Fuel Injection) เครื่องยนต์รุ่นเก่าบางรุ่นการฉีดเชื้อเพลิงจะเป็นแบบฉีดโดยอ้อม ถ้าหัวฉีดถูกติดตั้งที่ตัวเรือนลิ้นเร่งเรียกว่า การฉีดแบบจุดเดียว (Single Point Injection) หรือ SPI แต่บางบริษัทเรียกว่า การฉีดที่ตัวเรือนลิ้นเร่ง (Throttle Body Injection) หรือ TBI ดังแสดงในรูปที่ 3 สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงแบบจุดเดียวนี้อาจมีบริษัทที่ใช้หัวฉีดเพียงหัวเดียวแต่บางบริษัทใช้ 2 หัว ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบนี้รถยนต์ใหม่ในปัจจุบันไม่ผลิตแล้วเนื่องจากเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันเข้าแต่ละห้องเผาไหม้ในอัตราที่ไม่เท่าเท่ากัน

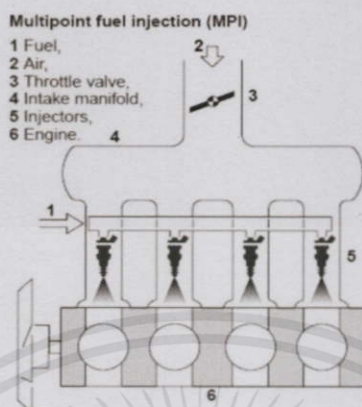


รูปที่ 2.24 แสดงภาพการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบจุดเดียว หรือ หัวฉีดแบบตำแหน่งเดียว[2]

2. การฉีดแบบหลายจุด หรือ หัวฉีดแบบแยกตามสูบ (Multi Point Injection: MPI) หัวฉีดถูกติดตั้งที่ปลายท่อร่วมไอตี (Intake Manifold) เรียกว่าการฉีดแบบหลายจุด หรือ หัวฉีดแยกตามสูบ หรือเรียกว่า การฉีดเชื้อเพลิงที่ท่อ (Port Fuel Injection: PFI) จะแตกต่างกับระบบการฉีดแบบจุดเดียว โดยเชื้อเพลิงจะถูกฉีดผ่านรางร่วมเชื้อเพลิงที่ตำแหน่งใกล้วาล์วไอตี (Intake Valve) ก่อนถึงห้องเผาไหม้ หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงผสมกับอากาศ ส่วนผสมที่เกิดขึ้นจะอยู่ใกล้กับทางเข้าห้องเผาไหม้แต่ละห้อง ซึ่งหัวฉีดจะติดตั้งที่ตำแหน่งนี้ของทุกกระบอกสูบ ทำให้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการฉีดแบบจุดเดียว เพราะการฉีดรูปแบบนี้จะทำให้อัตราส่วนการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศเข้าในแต่ละห้องเผาไหม้เท่ากัน ทำให้เครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งระบบการฉีดเชื้อเพลิงดังกล่าวเป็นที่นิยมและใช้กันอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.25 แสดงภาพการฉีดแบบหลายจุด หรือ หัวฉีดแบบแยกตามสูบ[2]

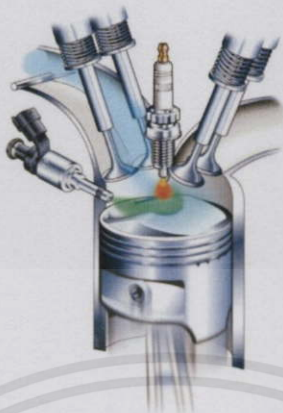


รูปที่ 2.26 ซ้าย: แสดงภาพหัวฉีดคู่ต่อกระบอกสูบ กลาง: แสดงภาพหัวฉีดเดี่ยวต่อกระบอกสูบ[33]

รูปที่ 2.27 ขวา: แสดงภาพการทำงานของระบบหัวฉีดแบบหลายจุดหรือหัวฉีดแบบแยกตามสูบ[33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

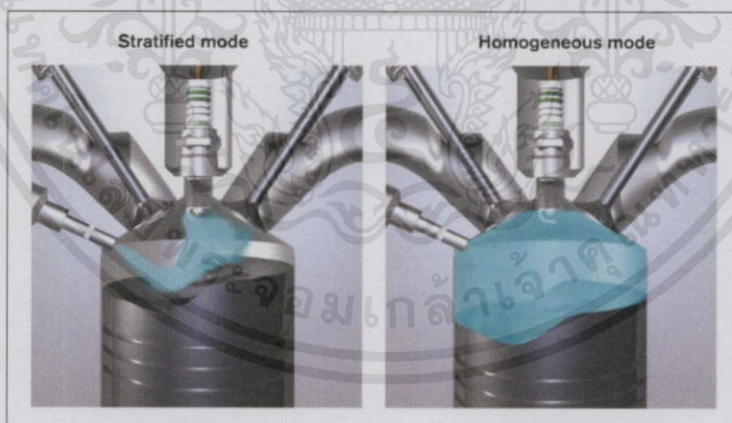
3. หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct Fuel Injection or Gasoline Direct Injection: GDI)



รูปที่ 2.28 แสดงภาพการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง[24]

ระบบการฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง (Gasoline Direct Injection: GDI) มีระบบพื้นฐานการทำงานอยู่ 2 ประเภท คือ

1. ทำการฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนตรงเข้าห้องเผาไหม้โดยฉีดแบบบางเพื่อเพียงพอต่อการจุดระเบิด (Stratified Charge)
2. ทำการฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนผสมกับอากาศโดยส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ตรงเข้าห้องเผาไหม้ (Homogeneous Charge)



รูปที่ 2.29 แสดงภาพการฉีดน้ำมันโดยตรงที่หลักการต่าง ๆ [27]

ในสภาวะการขับขี่โดยทั่วไปที่ความเร็วต่ำหรือคงที่และไม่ต้องเร่งอย่างฉับพลัน เช่น กรณีรถติด หรือ การขับในตัวเมือง เครื่องยนต์ GDI จะปรับตัวเองเข้าสู่ระบบ Stratified Charge เพื่อเป็นการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยจะฉีดน้ำมันในลงไปให้หัวลูกสูบในช่วงจังหวะอัด ผลลัพธ์ก็คือ อากาศและเชื้อเพลิงจะผสมกันเฉพาะบริเวณรอบ ๆ หัวเทียน โดยจะใช้เชื้อเพลิงบางมากแค่พอให้เครื่องยนต์

สามารถรับภาระ (Load) ที่มีอยู่ได้ ระบบนี้จะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงและมีประสิทธิภาพสูง เทียบเท่ากับวัฏจักรของดีเซล (Diesel Cycle) และได้อัตราส่วนการอัดและประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่สูง แต่เมื่อมีการเร่งเครื่องฉับพลันหรือมีการเพิ่มขั้นทันทีทันใด เครื่องยนต์จะปรับเข้าสู่ระบบ Homogenous charge โดยเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเต็มทีเข้าสู่กระบอกสูบครั้งแรกในจังหวะประจุ (จังหวะดูด) อดีส่งผลให้อากาศและเชื้อเพลิงผสมเป็นเนื้อเดียวกันตามอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศสูงสุดตามอุดมคติ (คล้ายกับในเครื่องยนต์หัวฉีดแบบทั่วไป) ส่งผลให้ได้กำลังอย่างเต็มที่ และจากการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรงจึงสามารถกำหนดปริมาณของเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้แม่นยำกว่า เป็นผลให้ได้กำลังสูงกว่า

ข้อดีของเครื่องยนต์ GDI คือ ช่วยในการลดค่าใช้จ่ายจากการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากไม่มีการสิ้นเปลืองความดันในท่อไอดี และการทำงานที่เป็นการเผาไหม้แบบส่วนผสมแบบบาง ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราส่วนการอัดได้อีก ส่งผลให้อากาศเข้าห้องไหม้มากขึ้น ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจึงเพิ่มตามไปด้วย ทำให้ได้กำลังที่สูงกว่าของเครื่องยนต์ฉีดที่ลิ้นไอดี (Port Fuel Injection, PFI)

ข้อสังเกตของเครื่องยนต์ GDI คือการเกิดมลพิษอนุภาค เนื่องจากการฉีดเชื้อเพลิงแบบบาง เพื่อเพียงพอต่อการจุดนั้น จังหวะการฉีดเชื้อเพลิงจะใกล้กับจังหวะจุดระเบิด จึงทำให้เชื้อเพลิงกับอากาศมีช่วงเวลารอคอยที่น้อย จึงเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แต่สามารถถูกกำจัดได้ด้วยเทคโนโลยีหลังการเผาไหม้ แคตตาไลติกคอนเวอร์เตอร์สามทาง (After Treatment Technology : Catalytic Converter) ได้โดยไม่ยากนักเพราะแทบไม่มีปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้หลงเหลืออยู่เลย

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

ผู้ทำการทดลองจำเป็นต้องมีรูถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆในการทดลอง เพื่อเป็นประโยชน์ในการทดลองในการหาค่าต่างๆจากการทดลอง ซึ่งแบ่งได้เป็น ทฤษฎีเชิงสมรรถนะ ทฤษฎีเชิงอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรค

2.3.1 ทฤษฎีเชิงสมรรถนะของเครื่องยนต์

สมรรถนะของเครื่องยนต์หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้น ซึ่งดูได้จากค่าต่างๆได้แก่

2.3.1.1 กำลังงานเบรค (Brake Power)

กำลังเบรค หมายถึงกำลังที่ไดนาโมมิเตอร์ใช้หยุดกำลังหรือการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งหาได้จาก

$$\text{Break power} = 2\pi N\tau = \frac{(bmep)V_d}{n} \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_b = \text{กำลังงานเบรค [W]}$$

τ	= แรงบิดที่วัดได้จากเพลลาเครื่องยนต์ [N.m]
n	= จำนวนรอบต่อ 1 วินาที
V_d	= ความจุของเครื่องยนต์ [m^3]
b_{mep}	= ความดันผลเฉลี่ยเพลลา [kPa]
N	= ความเร็วรอบเครื่องยนต์

2.3.1.2 กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power)

กำลังงานเชื้อเพลิง หมายถึงการคิดอัตรากำลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง จากอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ซึ่งหาได้จาก

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_f Q_{HV} \eta_c \quad (6)$$

เมื่อ

\dot{Q}_{in}	= กำลังงานเชื้อเพลิง [W]
\dot{m}_f	= อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง [kg/s]
Q_{HV}	= ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง [kJ/kg]
η_c	= ประสิทธิภาพการสันดาป

2.3.1.3 ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal efficiency, η_t)

เครื่องยนต์เป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานกล ประสิทธิภาพจะเป็นตัวชี้ให้ทราบว่าเครื่องยนต์มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งหาได้จาก

$$\eta_t = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_{in}} = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_f Q_{HV} \eta_c} = \frac{\eta_f}{\eta_c} \quad (7)$$

เมื่อ

W	= งานในหนึ่งวัฏจักร [J]
\dot{W}	= กำลัง [W]
m_f	= มวลของเชื้อเพลิงหนึ่งวัฏจักร [kg]
\dot{m}_f	= อัตราการไหลของเชื้อเพลิง [kg.s]
Q_{HV}	= ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง [J]
η_f	= ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของ

2.3.1.4 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric efficiency, η_v)

ความสามารถในการดูดอากาศเข้าสู่กระบอกสูบจริงต่อปริมาตรที่เครื่องยนต์ดูดได้ทาง

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_a V_d} = \frac{n m_a}{\rho_a V_d N} \quad (8)$$

เมื่อ

m_a	=	มวลของอากาศที่เข้าสู่ระบบสูบต่อ 1 หน่วยวัฏจักร [kg]
\dot{m}_a	=	อัตราไหลคงที่ของอากาศที่เข้าสู่ระบบสูบ [kg/s]
ρ_a	=	ความหนาแน่นของอากาศนอกเครื่องยนต์ [kg/m ³]
V_d	=	ความจุของเครื่องยนต์ [m ³]
N	=	ความเร็วรอบ [rad/s]
n	=	จำนวนรอบต่อ 1 วัฏจักร

2.3.2 ทฤษฎีเชิงอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรค

2.3.2.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เบรค

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นสิ่งที่ช่วยชี้ให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องได้ โดยเปรียบเทียบความสามารถการผลิตกำลังส่งออกของเครื่องยนต์ที่ได้จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าห้องเผาไหม้จำนวนหนึ่ง ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ ซึ่งหาได้จาก

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{W_b} \quad (9)$$

เมื่อ

BSFC	=	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เบรค [kg/kW.s]
\dot{m}_f	=	อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง [kg/s]
W_b	=	กำลังเบรคของเครื่องยนต์ [kW]

2.3.2.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานสัมพัทธ์เบรค

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน จะเป็นสิ่งที่ช่วยชี้ให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องได้ การเปรียบเทียบความสามารถการผลิตกำลังส่งออกของเครื่องยนต์ที่ได้จากพลังงานจำนวนหนึ่ง ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ ซึ่งหาได้จาก

$$BSEC = \frac{\dot{m}_f Q_{HV}}{W_b} \quad (10)$$

เมื่อ

BSEC	=	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานสัมพัทธ์เบรค [kJ/kW.s]
\dot{m}_f	=	อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง [kg/s]
Q_{HV}	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง [kJ/kg]
W_b	=	กำลังเบรคของเครื่องยนต์ [kW]

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับกรณีฉุกเฉินที่จำเป็น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometers) [9]

ไดนาโมมิเตอร์ คือ อุปกรณ์วัดแรงบิดหรือทอร์กและกำลังของเครื่องยนต์ ที่โหลดและความเร็วรอบต่างๆ ไดนาออสัยหลักการสร้างโหลดมาต้านกับพลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ โดยพลังงานนี้จะถูกแปลงเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด

ไดนาโมมิเตอร์ชนิดที่ทำงานง่ายสุดคือชนิดที่ใช้แรงเสียดทานเชิงกลในการเบรกการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง (prony brake) แต่ไม่มีความแม่นยำเพียงพอสำหรับในยุคนี้

2.4.1 ไดนาโมมิเตอร์ของเหลว หรือ ไดนาโมมิเตอร์ไฮดรอลิก

ไดนาโมมิเตอร์ไฮดรอลิก จะดูดซับพลังงานจากเครื่องยนต์ โดยใช้ของเหลวในการจับพลังงาน เช่น น้ำหรือน้ำมันไหลผ่านช่องแคบ หรืออาจใช้อาศัยแรงเสียดทานของการหมุนใบพัดในของเหลว จึงสามารถรับพลังงานค่าสูงได้ เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่มาก

2.4.2 ไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ ใช้พลังงานเครื่องยนต์ที่ต้องการวัด หมุนจานกลมในสนามแม่เหล็กที่ควบคุมความเข้มได้ งานที่หมุนจะทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ที่เคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็ก ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลวนในจานโดยไม่มีการต่อกับวงจรภายนอก และถูกแปลงสภาพเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด

2.4.3 ไดนาโมมิเตอร์ไฟฟ้า (Electric dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งดูดซับพลังงานจากเครื่องยนต์ ด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) นอกจากสามารถวัดค่าพลังงานได้อย่างแม่นยำ และยังสามารถปรับโหลดได้ง่าย โดยปรับค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไดนาโมมิเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่สามารถทำงานในทางตรงกันข้ามได้ โดยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องยนต์โดยไม่มีการจุดระเบิด ช่วยให้เราวัดแรงเสียดทานเชิงกลและแรงเสียดทานจากการดูดและคายก๊าซของเครื่องยนต์ซึ่งค่านี้วัดขณะที่เครื่องยนต์ทำงานปกติได้ยากมาก

2.5 มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะที่อากาศมีสิ่งปนเปื้อนเจือปนอยู่ในปริมาณมากทำให้คุณภาพของอากาศตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลงและเสื่อมโทรมลงทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.5.1 แหล่งกำเนิดสารมลพิษในอากาศ (Sources of Air Pollution)

สามารถแบ่งแหล่งกำเนิดสารมลพิษในอากาศเป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่

2.5.1.1 เกิดจากธรรมชาติ

1. ฝุ่นละออง
2. ลมพายุ
3. ภูเขาไฟระเบิด
4. ไฟไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 5. กักขังธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สารมลพิษที่เกิดจากธรรมชาติจะมีผลกระทบต่อมนุษย์น้อยมาก

2.5.1.2 เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์

1. การคมนาคมขนส่ง เกิดจากพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน เรือยนต์ สารมลพิษที่สำคัญนอกจากท่อไอเสียรถยนต์ ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เม้า คิวน์ ผุ่นละออง และ โลหะหนัก

2. เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งสำคัญมากที่ปล่อยสารพิษออกสู่อากาศ ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมถลุงโลหะ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ในขบวนการผลิตจะมีสารพิษออกมา เช่น ผุ่นละออง เม้า คิวน์ ไอกรด ไอของสารประกอบตะกั่ว ออกไซด์ของกำมะถัน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของคาร์บอน เป็นต้น

3. เกิดจากกิจกรรมด้านการเกษตร การเผาเศษเหลือทางการเกษตร การฉีดสารปราบศัตรูพืช ทำให้ละอองสารปราบศัตรูพืช ผุ่นละอองลอยไปตามกระแสลม

4. เกิดจากกิจกรรมกำจัดขยะมูลฝอย เมืองที่ไม่มีมาตรฐานในการกำจัดของเสีย ก๊าซมลพิษจากกองขยะ หรือ เม้า คิวน์ ผุ่นละอองการเผาขยะมูลฝอยจะปนเปื้อนไปในอากาศ และเป็นอันตรายได้

5. เกิดจากกิจกรรมการก่อสร้าง อาคารสถานที่ ถนน ทางคมนาคม การถมดิน การผสมปูน การทาสี การบด ฯลฯ ทำให้เกิดฝุ่น ละอองสีที่มีพวกโลหะหนักน้ำมันระเหย เช่น เบนซิน แล็กเกอร์ เป็นต้น

2.5.2 ประเภทของสารมลพิษในอากาศ[47]

สารมลพิษในอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.5.2.1 อนุภาคมวลสาร (Particulates Matter ; PMs)

อนุภาคมวลสาร หมายถึง อนุภาคของสารที่ปนอยู่ในอากาศในสภาพของแข็งหรือของเหลว อนุภาคเหล่านี้มีความดันปกติ ยกเว้นไอน้ำในอากาศ อนุภาคเหล่านี้อาจมีตั้งแต่ 200 ไมครอน ลงไปจนถึง 0.1 ไมครอน ล่องลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน ๆ จนกว่าจะมีการรวมตัวกับอนุภาคอื่น ๆ มีขนาดโตขึ้นและตกลงไปยังพื้นดิน ได้แก่

1. คิวน์ (Smoke) เป็นอนุภาคขนาดเล็ก เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน ไม้ฟืน ฯลฯ องค์ประกอบของคิวน์ได้แก่ ถ่าน (C) ซี้เถ้า (Ash) และทาร์ (tar) สารจำพวกซี้เถ้าและถ่านจะทำให้คิวน์มีสีดำ คิวน์สีขาวจะเกิดจากการระเหยของน้ำมัน ก่อนการเผาไหม้อาจมีไอน้ำระเหยปนอยู่ด้วย ในคิวน์ที่ถูกปล่อยจากท่อไอเสีย อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ หรือก๊าซอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง

2. ละออง (Aerosol) เป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่ฟุ้งกระจายในอากาศ และลอยใน อากาศ ได้เป็นเวลานาน ๆ เช่น ละอองน้ำ หมอก คิวน์ เป็นต้น

3. ผุ่น (Dust) เป็นอนุภาคของแข็งขนาดตั้งแต่ 0.1 - 200 ไมครอน อาจลอยในอากาศได้ครู่หนึ่ง ขึ้นกับขนาดของผุ่น ผุ่นที่มีขนาดเล็กฟุ้งกระจายและลอยอยู่ในอากาศ ได้นานกว่าขนาดโตกว่า

4. หมอก (Fog) เป็นละอองน้ำขนาดเล็กๆลอยใกล้พื้นดินในสภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์เป็น 100 %

5. ไอรระเหย (Vapours) หมายถึง สารที่อยู่ในรูปของก๊าซ ซึ่งโดยปกติจะอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็งที่อุณหภูมิและความดันปกติ ตัวอย่างของไอรระเหย ได้แก่ อะซิโตน แอมโมเนีย เบนซิน คลอรีน ฟออร์มาลดีไฮด์ แก๊ซโซลีน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

2.5.2.2 แก๊ซพิษ

นอกจากอนุภาคมลสารที่อยู่ในอากาศแล้วยังมีก๊าซบางชนิดและสารบางชนิดเป็นมลพิษในอากาศได้ แก่

1. คาร์บอนมอนนอกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสีไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จัดเป็นก๊าซพิษ เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน เป็นก๊าซที่ทำให้อากาศเสีย พบมากที่เมืองใหญ่ ๆ การจราจรคับคั่งและเขตโรงงานอุตสาหกรรม คาร์บอนมอนนอกไซด์ไม่ปรากฏเป็นพิษต่อพืชหรือทำความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง แต่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์อย่างมาก ร่างกายมนุษย์ไม่มีภูมิคุ้มกัน หรือป้องกันก๊าซนี้ได้เมื่อก๊าซนี้เข้าสู่ร่างกาย ผ่านระบบหายใจเข้าสู่ระบบเลือด CO จะรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดเกิดเป็นคาร์บอนซี้โมโกลบิน ทำให้ O_2 ไม่สามารถรวมตัวกับเม็ดเลือดแดงได้เกิดภาวะขาด O_2 ในเลือด ทำให้เกิดอาการวิงเวียน หน้ามืด ตาลาย สายตาพล่า เป็นลม หายใจแรงกว่าปกติ ถ้าได้รับก๊าซนี้ปริมาณมาก และเป็นโรคหัวใจ อาจถึงตายได้ ค่ามาตรฐานที่ไม่เป็นอันตรายต่อคนทั่ว ๆ ไป คือไม่เกิน 50 มิลลิกรัม / ลูกบาศก์เมตร ในเวลา 1 ชั่วโมง และเนื่องจาก CO มีคุณสมบัติรวมตัวกับเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่า O_2 ถึง 200 - 450 เท่า จึงเป็นเรื่องที่ต้องระมัดระวังพิษจาก CO เป็นอย่างมาก

2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรดส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยมากเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fossil Fuels) เช่น น้ำมัน และถ่านหิน ซึ่งมีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ แหล่งปล่อย SO_2 ที่สำคัญคือ โรงงานอุตสาหกรรม โรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเตาที่เป็นเชื้อเพลิงมีผู้ประมาณว่า SO_2 ที่ปลดปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมโลกมากกว่า 5 ล้านตัน/ปี นอกจากนี้ อุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมถลุงแร่ตะกั่ว , สังกะสี , สีนแร่ที่สำคัญของตะกั่วคือ Galena ซึ่งมี PbS เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ส่วนสังกะสีอยู่ในรูปของ ZnS เมื่อถลุงแร่ดังกล่าวจะปล่อย SO_2 ออกมาสู่บรรยากาศเสมอ ถ้าอากาศมีความชื้นสูง SO_2 จะรวมกับ H_2O เกิดเป็น H_2SO_3 และสามารถออกซิไดซ์ต่อไปเป็น H_2SO_4 และเมื่อจับกับฝุ่นละอองตกลงสู่พื้นดินพร้อมกับน้ำฝน น้ำฝนที่มี pH ต่ำกว่า 7 เรียกฝนกรด (Acid rain) ซึ่งโดยทั่วไปฝนกรดจะมี pH ะหว่าง 2.1 - 5.0 ฝนกรดจะทำความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างที่เป็นคอนกรีตที่ทำให้เกิดการผุกร่อนได้ง่าย และยังเป็นอันตรายต่อพืช และมีผลทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้นด้วย เมื่อมนุษย์สูด SO_2 เข้าไปในระบบหายใจ ความชื้นในระบบหายใจ จะทำให้เกิด H_2SO_4 เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ เช่น SO_2 จะเป็นพิษต่อมนุษย์มากขึ้น ถ้าอยู่ร่วมกับอนุภาคที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมคลอไรด์ เหล็ก แมงกานีส วานาเดียม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม SO_2 จะเพิ่มความชื้นต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ถ้ามีออกไซด์ของไนโตรเจนและอนุภาคอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ออกไซด์ของไนโตรเจน ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนตรัสออกไซด์ หรือก๊าซหัวเราะ (N_2O) เป็นต้นไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ส่วน ไนโตรเจนไดออกไซด์สีน้ำตาล กลิ่นคล้ายคลอรีน อาจเกิดจากธรรมชาติ เช่นฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ภูเขาไฟระเบิด จากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดก๊าซดังกล่าวได้แก่ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการประกอบอุตสาหกรรม เช่น การชุบโลหะ การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน และวัตถุระเบิด การใช้เครื่องยนต์ในโรงงานที่มีการสันดาปที่อุณหภูมิสูงกว่า 550 องศาเซลเซียส ก๊าซ NO ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์โดย O_2 หรือ O_3 กลายเป็น NO_2 ซึ่งละลายน้ำได้ดี กลายเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ยังทำให้น้ำฝนเป็นกรดเช่นเดียวกับกรณีของ SO_2 NO ในอากาศโดยปกติแล้วจะไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ เว้นแต่เมื่อถูกเปลี่ยนเป็น NO_2 จะทำให้ระบบหายใจระคายเคือง เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรืออาจถึงตายได้ ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 1000 ppm

4. ตะกั่ว ตะกั่วเป็นโลหะหนัก ความถ่วงจำเพาะ 11.35 เป็นพิษอย่างแรงต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งพืช และสัตว์ มนุษย์ได้นำมาใช้ประโยชน์ทางอ้อมได้ในหลาย ๆ ลักษณะ เป็นต้นว่า

1) ใช้ทำแบตเตอรี่รถยนต์ทั่วไป ซึ่งเป็นเซลล์กัลวานิกโดยใช้ตะกั่ว (Pb) เป็น Anode และออกไซด์ของตะกั่ว (PbO_2) เป็น Cathode

2) ใช้ผสมน้ำมันเบนซินเพื่อกันเครื่องยนต์กระตุก (nock) ตะกั่วที่เติมลงไปเป็น Tetra Ethyl (TEL) สูตรเคมี $(C_2H_5)_2Pb$ เมื่อน้ำมันเบนซินถูกเผาไหม้ TEL จะถูกออกซิไดซ์เป็นตะกั่วออกไซด์ (PbO) และจะถูกรีดิวซ์ทันทีให้เป็นโลหะตะกั่ว (Pb) และเกาะในลูกสูบของเครื่องยนต์ การผสมพวกโบรไมด์ หรือคลอไรด์ ลงไปด้วยในน้ำมันเบนซิน เมื่อเกิดการเผาไหม้จะทำให้ TEL เปลี่ยนเป็น TEL เปลี่ยนเป็น $PbCl_2$ และ $PbBr_2$ ซึ่งเป็นสารระเหยง่ายไม่สลายตัวเมื่อขับออกมาทางท่อไอเสีย มนุษย์เราสามารถรับเข้าร่างกายโดยระบบหายใจ ถ้ามีปริมาณมาก จะเป็นอันตรายต่อร่างกายอย่างแรง การลดตะกั่วในน้ำมันเบนซิน อาจทำได้โดยการเติมสาร Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) จะไม่เพิ่มสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อม และสามารถเป็นสารลดการกระตุกของเครื่องยนต์ได้ เช่นเดียวกับการเติม TEL น้ำมันเบนซินที่เติม MTBE จึงเรียกว่า น้ำมันไร้สารตะกั่ว (Unleaded)

3) ใช้ในงานบัดกรี ทำลูกกระป๋อง ทำโลหะผสมทำท่อ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และผสมสีทาต่าง ๆ จะทำให้สีติดแน่นทนไม่ลอกง่าย อย่างไรก็ตาม แม้ตะกั่วจะมีประโยชน์มากดังกล่าว แต่ก็ให้โทษแก่มนุษย์มากมาย

- ในเลือดไปไม่เกิน 0.08 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร

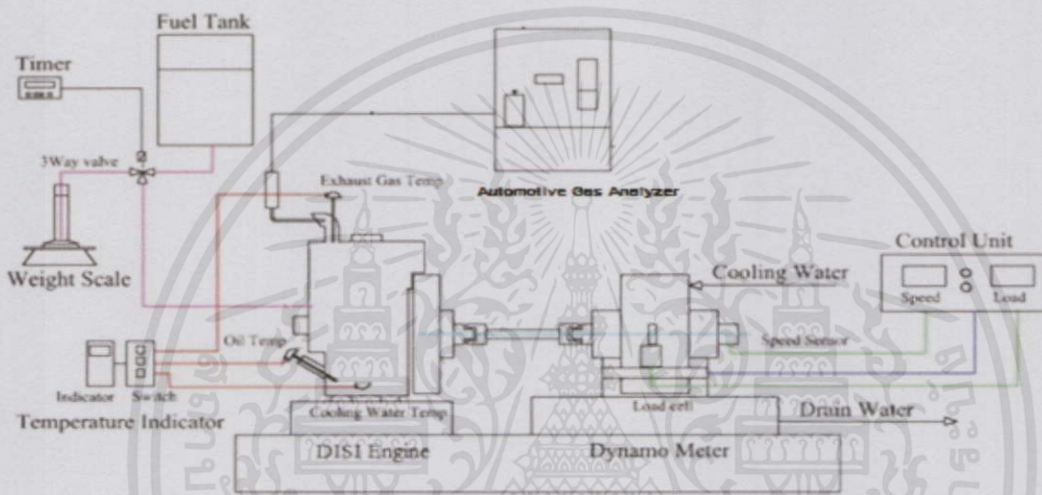
- ในปัสสาวะประมาณ 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร

- ในอากาศไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

มีการศึกษาพบสารตะกั่วในเลือดของเด็กในประเทศที่พัฒนาแล้วพิษจากตะกั่วแบบเฉียบพลันจะทำให้เกิดอาการท้องผูก ปวดท้องอย่างรุนแรง อุจจาระมีสีดำ (เนื่องจาก PbS ในอุจจาระ) มือเท้าเป็นตะคริว เกิดอาการช็อค ตื่นเต้น ความจำเสื่อม ส่วนพิษแบบเรื้อรังเกิดขึ้นได้กับคนทั่ว ๆ ไป เป็นพิษแบบสะสม เมื่อร่างกายได้รับสารตะกั่วเข้าไปทีละน้อยและสะสมมากขึ้นถึงขีดอันตราย ก็อาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในบทนี้แสดงอุปกรณ์สำหรับการทดลองรวมทั้งวิธีการทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง โดยทำการทดลองเปรียบเทียบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ แก๊ซโซลีน (E0) และแก๊ซโซลล์ (E10, E20, E85) ที่ภาวะทำงานระดับต่ำ ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดในชุดทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 Engine Dynamometer รุ่น Tokyo Plant 150PS

ไดนาโมมิเตอร์ รุ่น Tokyo Plant 150PS เป็นไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer) อาศัยหลักการทางไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดแรงต้านการหมุนของเครื่องยนต์ โดยแบ่งเป็นหลักการของ Eddy current และหลักการของ Hysteresis current โดยมีขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าอยู่ใน ซึ่งเมื่อกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยเข้าสู่ขดลวดและเกิดแรงเหนี่ยวนำให้หมุนในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนของเพลาเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ จะเป็นแรงเบรกเครื่องยนต์ไว้ ส่วนในระบบจะมีเซนเซอร์วัดแรงบิดซึ่งจะทำให้ทราบแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ ในการวัดกำลังเครื่องยนต์ก็จะทำโดยควบคุมกระแสไฟฟ้าให้มากหรือน้อยจะทำให้สนามแม่เหล็กมีแรงมากหรือน้อยตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดง Engine Dynamometer รุ่น Tokyo Plant 150PS ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 ECU DTA fast S60 PRO ECU [28]

กล่องอีซียู (ECU) ย่อมาจาก Electronic Control Unit เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีพื้นฐานมาจากคอมพิวเตอร์ หน้าที่หลักคือเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อนำมาประมวลผล และใช้ในการควบคุมการการสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ รวมทั้งการตรวจ สอบสถานะ การทำงานของอุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำงานร่วมกับเครื่องยนต์



รูปที่ 3.3 แสดง ECU DTAfast S60 PRO ECU ที่ใช้ในการทดลอง [28]

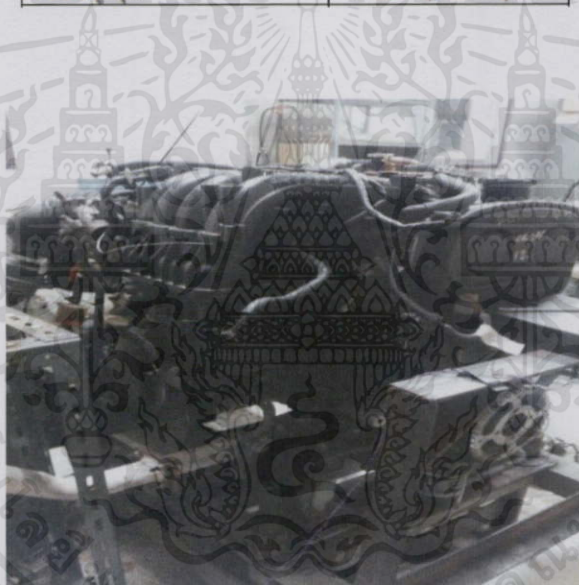
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เครื่องยนต์ Mitsubishi 4G93

เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ทดลองคือ เครื่องยนต์สันดาปภายใน 4 สูบ 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง ของ Mitsubishi รุ่น 4G93 GDI

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดจำเพาะของเครื่องยนต์ Mitsubishi รุ่น 4G93 GDI[16]

รุ่น	4G93 GDI
ประเภท	In-line DOHC
จำนวนกระบอกสูบ	4
ประเภทของห้องเผาไหม้	Pent roof type
ความจุ	1.834 Liter
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ	81.0 mm
ระยะชัก	89.0 mm
อัตราส่วนการอัด	12 : 1
กำลังสูงสุด	96 kW @ 6000 rpm
แรงบิดสูงสุด	177 Nm @3750 rpm



รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องยนต์ Mitsubishi รุ่น 4G93 GDI ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 OBD II (On Board Diagnostics 2) [36]

"OBD" ย่อมาจาก On-Board Diagnostics (ในปัจจุบันเป็นgenerationที่2หรือOBD-II) คือแผงวงจรคอมพิวเตอร์ที่จะแสดงอาการผิดปกติของเครื่องยนต์ทุก ๆ อย่างไว้อย่างละเอียดแม่นยำ และจะทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมเซ็นเซอร์ทุกจุดไม่ว่าจะเป็นความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ซึ่งอาจจะหนาไปหรือบางไป (ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง) กำลังไฟไม่เพียงพอ น้ำในหม้อน้ำแห้ง โดยเจ้า "OBD" นี้เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นร่วมกันโดย SAE และ ISO โดยกำหนดมาตรฐานวิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางดิจิทัลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ ที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสีย(Emission) กับเครื่องสแกนข้อมูล OBD-II ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ตำแหน่งการติดตั้ง รหัสบันทึกความบกพร่องที่ตรวจพบ(Malfunction Indicator Light : MIL) โดยมีผลบังคับใช้สำหรับรถยนต์ที่จำหน่ายในอเมริกาตั้งแต่วันที่ 1996 เป็นต้นมา OBD II จะเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ในรถยนต์ทุกจุดและคอยตรวจสอบความผิดพลาด และนำมาแสดงผลไปที่แผงหน้าปัดรถยนต์เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบว่ามีการผิดปกติเกิดขึ้น และต้องนำรถเข้าศูนย์เพื่อตรวจเช็คต่อความผิดปกติที่เกิดขึ้นต่อไป ความผิดปกติของเครื่องยนต์ทุกอย่าง จะแสดงเป็นรูปเครื่องยนต์สีส้มเดียวกันทั้งหมด ซึ่งต้องอาศัยทางศูนย์ใช้ครายละเอียดด้วยเครื่องอ่านจึงจะทราบได้ว่าเครื่องยนต์ที่ผิดปกตินั้นเป็นอะไร



รูปที่ 3.5 แสดง OBD-II (On Board Diagnostics) [36]

3.1.5 เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) [2]

หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล คือ อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิในการสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น การที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่งจะอ้างอิงเป็นอุณหภูมิค่าหนึ่งได้ แสดงว่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องอ้างอิงกับอุณหภูมิค่าคงที่ค่าหนึ่งเสมอ โดยเรียกอุณหภูมิคงที่ที่ใช้อ้างอิงนี้ว่า Reference Junction และได้มีการกำหนด Reference Junction ให้เป็น 0 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงเทอร์โมคัปเปิล ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.6 เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor) [45][46]

Oxygen Sensor (ออกซิเจน เซ็นเซอร์) ตัวจับค่าออกซิเจน ในไอเสีย เป็นตัวตรวจวัดความสมบูรณ์ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ อากาศโดยทั่วไปจะมีออกซิเจนอยู่ 21 % แต่ในไอเสียรถยนต์ ที่เผาไหม้ดี จะมีปริมาณออกซิเจนอยู่ที่ 1-2 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ซึ่งเครื่องนี้จะอ่านค่าออกซิเจนในทางเดินไอเสีย และส่งค่าไปยังกล่องสมองกลเพื่อคำนวณว่าเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเผาไหม้ไอได้อย่างไร

O₂ Sensor สร้างขึ้นด้วยกระเปาะหลอดทรงถ้วย ซ้อนกันสองชั้น เปลือกของหลอดทำด้วยทองคำขาวที่มีรูพรุนและระหว่างเปลือก 2 ชั้นจะบรรจุเซรามิกที่นำไฟฟ้าได้

ตัวเซ็นเซอร์นี้จะถูกขันติดเข้าไปในทางเดินท่อไอเสีย ด้านหน้าของ แคนทาลิติกคอนเวิร์ตเตอร์ เพื่อให้ส่วนที่เป็นกระเปาะเข้าไปรับไอเสีย และส่วนท้ายกระเปาะอยู่นอกทางเดินไปเสียเพื่อให้สายไฟมาเสียบต่อเข้ากับกล่องสมองกลออกซิเจนเซ็นเซอร์แบบนี้บางครั้งจะเรียกว่า narrow-range oxygen sensor เพราะการที่ตัวจับสัญญาณเปลี่ยนค่าเร็วมาก วินาทีละ 5-7 ครั้ง ในสภาพเครื่องปกติ ผู้ขับขี่จึงรู้สึกว่ารถเดินเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Oxygen Sensor ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight Scale)

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลเอาไว้ชั่งน้ำหนักของน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละตัวที่ลดปริมาณลงไป แล้วนำไปเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละชนิด เพื่อวิเคราะห์หาค่า BSFC และ ค่า BSEC ที่ได้จากการเก็บค่าจาก Engine Dynamometer



รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.8 เครื่องมือวัดไฟฟ้า ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (AC/DC Digital Multimeter) [7][8]

เครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์มีการพัฒนามาจากเครื่องมือวัดสมัยโบราณที่เรียกว่า กัลวาโนมิเตอร์ (galvanometer) ซึ่งประกอบด้วยขดลวด แม่เหล็ก และเข็มสำหรับชี้ค่า เมื่อป้อนกระแสไฟเข้าไปที่ขดลวดก็จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะผลัดกันกับอำนาจของสนามแม่เหล็กแม่เหล็กถาวรทำให้เข็มซึ่งยึดติดอยู่เกิดการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาจนกระทั่งเป็นเครื่องมือวัดไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ในปัจจุบันนี้มีหลายแบบหลายรุ่น มัลติมิเตอร์ เป็นมิเตอร์ใช้วัดปริมาณไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก ต่อผู้ใช้ปริมาณไฟฟ้าที่

วัดได้ เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า และวัดปริมาณ ไฟฟ้าอื่น ๆ แล้วแต่รุ่นของมัลติมิเตอร์นั้น



รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องมือวัดไฟฟ้า ดิจิตอลมัลติมิเตอร์[7]

3.1.9 เครื่องวัดมลพิษยานยนต์ (Automotive gas analyser)

เครื่องวัดมลพิษยานยนต์ คือเครื่องมือใช้ในการอ่านค่ามลพิษที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมา ซึ่งจะมีเซนเซอร์สองส่วนคือปลายด้ามจับทำงานร่วมกับ เซนเซอร์ภายในเครื่องทำหน้าที่อ่านค่ามลพิษที่ออกมาโดยค่าที่อ่านได้ อาจเทียบเป็นสัดส่วนต่อปริมาตร หรือ สัดส่วนในล้านส่วน ในรุ่นใหม่จะมีการบันทึกค่าออกมาแบบสำเร็จรูปได้



รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องวัดมลพิษยานยนต์

3.2 การปรับแต่งเครื่องยนต์โดยใช้ ECU

3.2.1 ปรับช่วงเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง (Injection timing)

เนื่องจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงมี 2 โหมดการทำงาน ซึ่งในโหมดการทำงานแบบส่วนผสมเนื้อเดียว(Homogeneous mode)จะฉีดเชื้อเพลิงในช่วงจังหวะดูด (Intake stroke) และโหมดการทำงานแบบบาง(Stratified mode)จะฉีดแบบบางเพื่อเพียงพอต่อการจุดระเบิดจะฉีดเชื้อเพลิงในจังหวะอัด (Compression stroke) ไม่ว่าจะฉีดเชื้อเพลิงในจังหวะใดก็ตามก็จะต้องฉีดเชื้อเพลิงให้เพียงพอถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ปรับระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง (Injection duration)

จากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลที่มีค่าความร้อนต่ำ (Low heating value : LHV) ที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงแกโซลีน จึงต้องทำการปรับระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้ระยะเวลาที่ฉีดเชื้อเพลิงยาวนานขึ้น เพื่อชดเชยค่าความร้อนต่ำให้เท่ากับแกโซลีนที่อัตราส่วนสมมูล (Equivalent ratio) เท่ากับ 1

3.2.3 ปรับช่วงเวลาในการจุดระเบิด (Ignition timing)

เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าการลามของไฟ (Flame duration) ที่เร็วกว่าเชื้อเพลิงแกโซลีนและมีระยะเวลาถ่วงติดไฟ (Ignition Delay) ที่ช้ากว่า จึงต้องทำการปรับช่วงเวลาในการจุดระเบิดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

3.3 วิธีการทดลอง

1. ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรงและเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่ใช้ในการทดลอง

2. กำหนดเงื่อนไขในการทดลองโดยคำนึงถึงสภาวะจริงที่ใช้งานบนท้องถนน

2.1 ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลง

- เชื้อเพลิง 4 ชนิด คือ แกโซลีน (E0) และแกโซฮอล์ (E10, E20, E85)
- ภาระการทำงานที่ระดับต่ำและกลาง
- รอบการทำงาน 2000 รอบต่อนาที

2.2 ตัวแปรที่ควบคุม

- อุณหภูมิห้อง 23 - 25 °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ 50 - 55 %
- อุณหภูมิน้ำมัน 75 - 85 °C
- อุณหภูมิน้ำ 70 - 80 °C
- ความดันบรรยากาศ (100 - 101.5 kPa)

3. ออกแบบและจัดเตรียมอุปกรณ์ทดลอง

3.1 ติดตั้งวาล์วที่สายน้ำมันเพื่อระบายน้ำมันเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของน้ำมัน



รูปที่ 3.11 แสดงวาล์วที่ติดตั้งที่สายน้ำมันก่อนเข้าเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น หากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำไปคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เสริมความแข็งแรงของฐานรองรับและแท่นยึดเครื่องยนต์ เพื่อรองรับกับการรับภาระที่ระดับกลาง



รูปที่ 3.12 แสดงฐานรองรับและแท่นยึดเครื่องยนต์

3.3 ทำการติดตั้งตัวรับสัญญาณแม่เหล็ก (Magnetic Sensor) บริเวณเพลาค้อเหวี่ยง เพื่อทำการตรวจรับสัญญาณของเพลาค้อเหวี่ยง



รูปที่ 3.13 แสดงตัวรับสัญญาณแม่เหล็กที่บริเวณเพลาค้อเหวี่ยง

3.4 ทำการตรวจสอบการรับสัญญาณของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ตัวเก่า เพื่อที่จะทำให้ได้สัญญาณที่ถูกต้อง และนำไปใช้กับกล่องควบคุมเครื่องยนต์ตัวใหม่

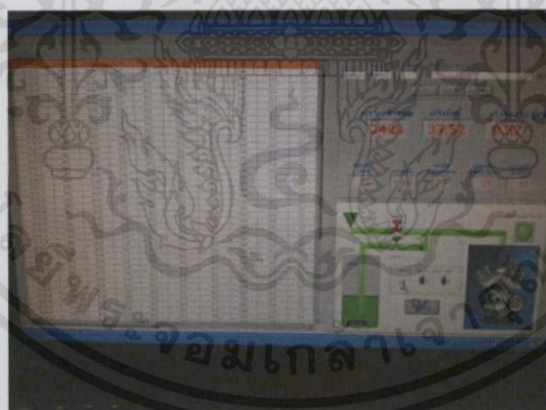
3.5 ทำการปรับจูนกล่องควบคุมเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีตามเงื่อนไขที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงการปรับจูน ECU

4. ทำการทดสอบเครื่องยนต์ด้านสมรรถนะและอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรคตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ แรงบิด (Torque) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake specific fuel consumption ; bsfc) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake specific energy consumption ; bsec) จากไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 3.15 แสดงการบันทึกผลการทดลองด้านสมรรถนะและอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรค

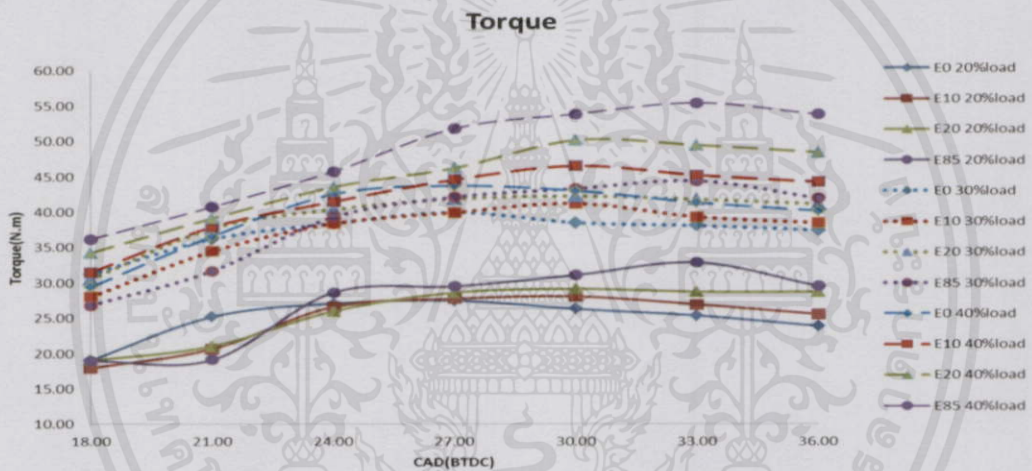
5. ทำการทดสอบเครื่องยนต์ด้านมลพิษตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO₂) ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon; HC) ไนโตรเจน ออกไซด์ (Nitrogen Oxides; NO_x) และออกซิเจน (Oxygen; O₂)

6. นำผลการทดสอบที่ได้มาประมวลผล แล้ววิเคราะห์ แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค และมลพิษระหว่างเชื้อเพลิงแต่ละชนิด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลอง

จากการทดลองโดยกำหนดเชื้อเพลิง 4 ประเภท คือ แก๊สโซลีน (E0) และแก๊สโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ที่ภาระการทำงาน 3 ค่า คือ ภาระการทำงานต่ำ (Low load 20%,30%และ40%) โดยทำการทดสอบ คือ

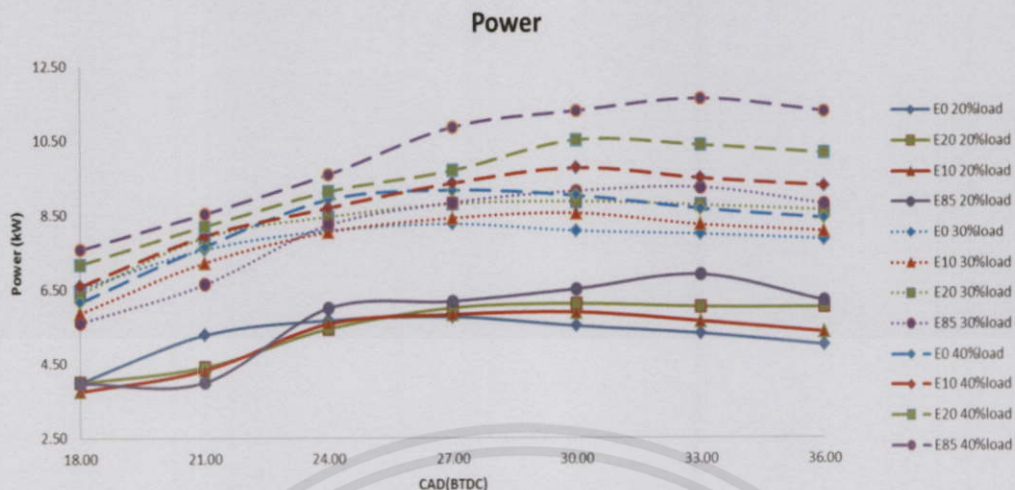
1. การทดสอบเชิงสมรรถนะ ได้แก่ กำลัง แรงบิด และประสิทธิภาพเชิงความร้อน
2. การทดสอบเชิงอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรก ได้แก่ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก
3. การทดสอบเชิงมลพิษ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจน ออกไซด์ และออกซิเจน



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

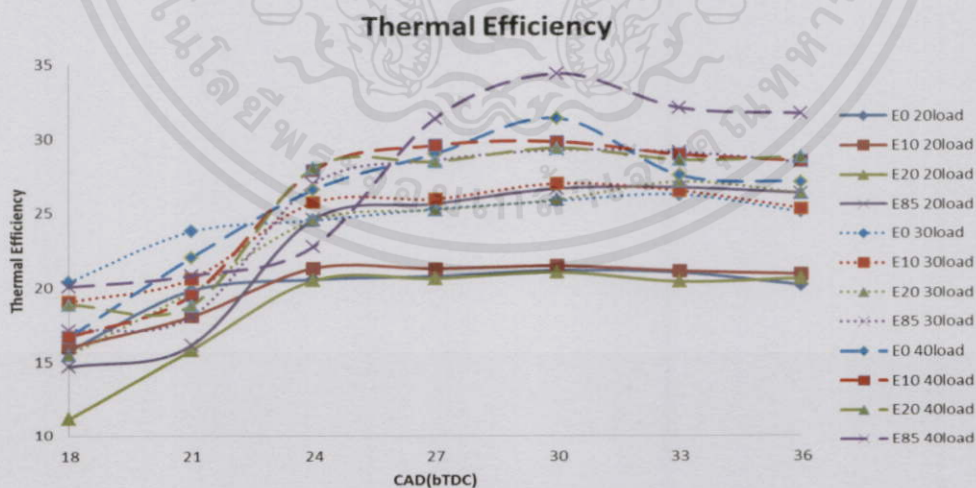
จากรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง แรงบิดจะเพิ่มขึ้น เมื่อผสมเอทานอลมากขึ้นร่วมกับการเพิ่มองศาการจุดระเบิด เนื่องจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนในโมเลกุล ส่งผลให้ลดขั้นตอนการเผาไหม้ และเอทานอลมีการถ่วงจุดระเบิดที่นานแต่การลามไฟจะเร็วกว่าแก๊สโซลีน ดังนั้นการเพิ่มองศาจุดระเบิดจึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาให้เอทานอลเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้ได้ความดัน และอุณหภูมิห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกราฟอดีตได้ ความดัน และอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่เพิ่มขึ้นจะให้แรงบิดที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง กำลังของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อผสมเอทานอลในปริมาณที่มากขึ้น และเพิ่มองศาการจุดระเบิดเนื่องจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนในโมเลกุล ส่งผลให้ลดขั้นตอนการเผาไหม้ และเอทานอลมีการถ่วงจุดระเบิดที่นานแต่การลามไฟจะเร็วกว่าแก๊สโซลีน ดังนั้นการเพิ่มองศาจุดระเบิดจึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาให้เอทานอลเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น

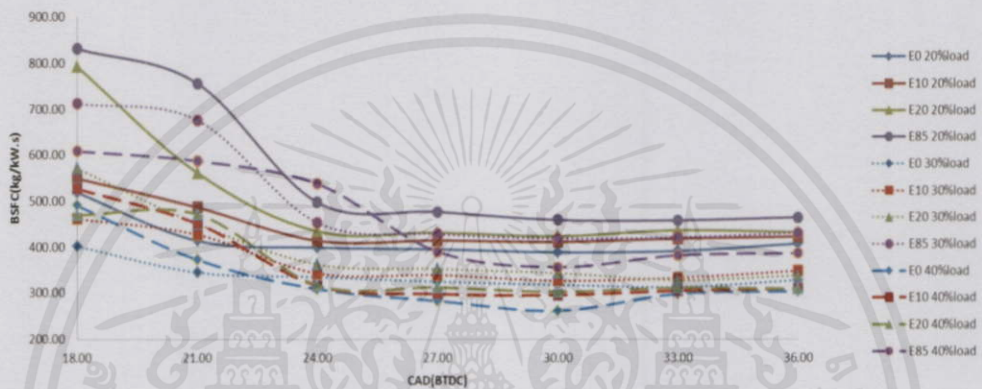


รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง การที่เชื้อเพลิงใช้ความร้อนในการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ เพื่อส่งเป็นกำลังให้กับเครื่องยนต์ โดยเมื่อผสมเอทานอลในปริมาณมากและเพิ่มองศาการจุดระเบิด ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และใช้ความร้อนได้ประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับแกโซลีน เนื่องจากเอทานอลทนต่อความดันและอุณหภูมิสูงได้ดีโดยไม่ชิงจุดระเบิดด้วยตนเองก่อนเพราะมีค่าออกเทนสูงกว่าแกโซลีน

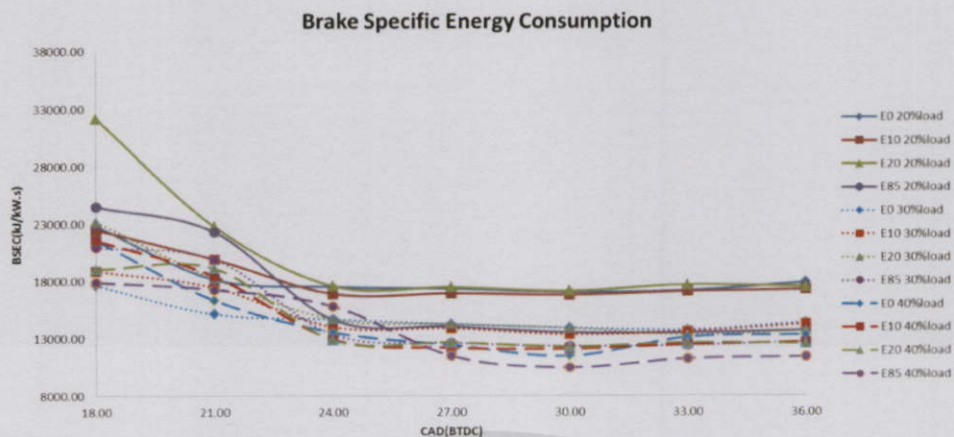
Brake Specific Fuel Consumption



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

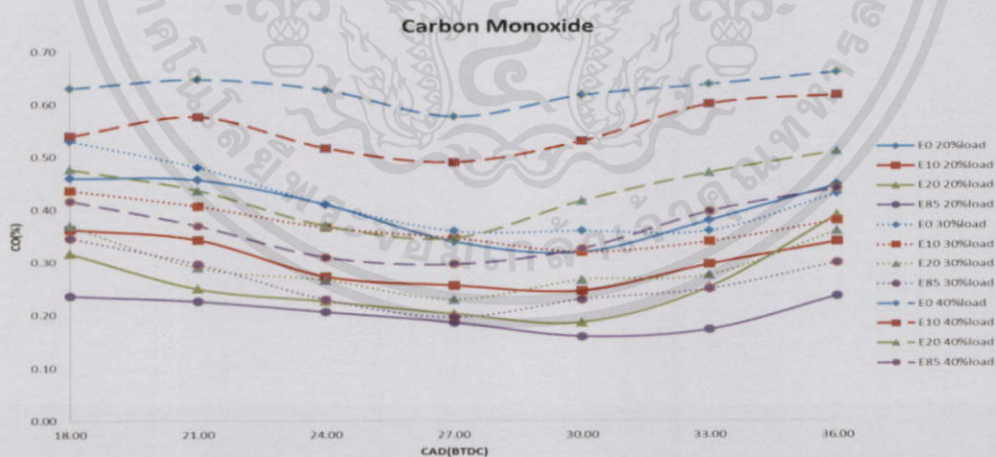
จากรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง การผสมเอทานอลที่มากขึ้นจะส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอทานอลมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าแกโซลีน ดังนั้น จึงต้องเพิ่มปริมาณการฉีดเครื่องยนต์เพื่อให้กำลังที่เพิ่มขึ้น และการเพิ่มองศาการจุดระเบิดจะช่วยให้มีเวลาพอที่เชื้อเพลิงจับกับอากาศได้เต็มที่ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคจึงลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

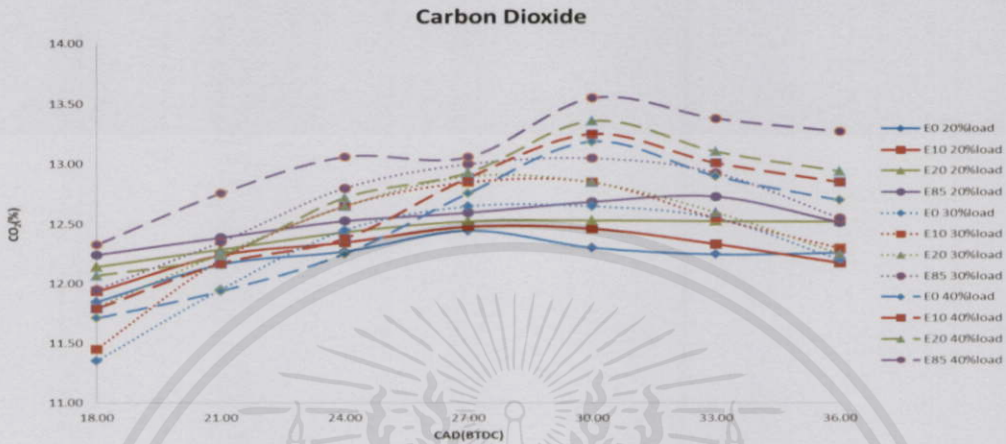
จากรูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง เอทานอลที่มากขึ้นส่งผลเพิ่มอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก แต่เมื่อเทียบจากการให้กำลังจากการใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิง การผสมเอทานอลในอัตราส่วนที่มากขึ้นจึงทำให้การใช้ความร้อนน้อยลงในการให้กำลังแก่เครื่องยนต์เมื่อเทียบต่อน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนในโมเลกุลโครงสร้าง(Oxygenated Fuel) ส่งผลให้ลดขั้นตอนในการเผาไหม้ และเอทานอลมีการลามไฟที่เร็วแต่ระยะถ่วงการจุดระเบิดช้ากว่าแก๊สโซลีน ดังนั้นการเพิ่มองศาการจุดระเบิด จะเพิ่มเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

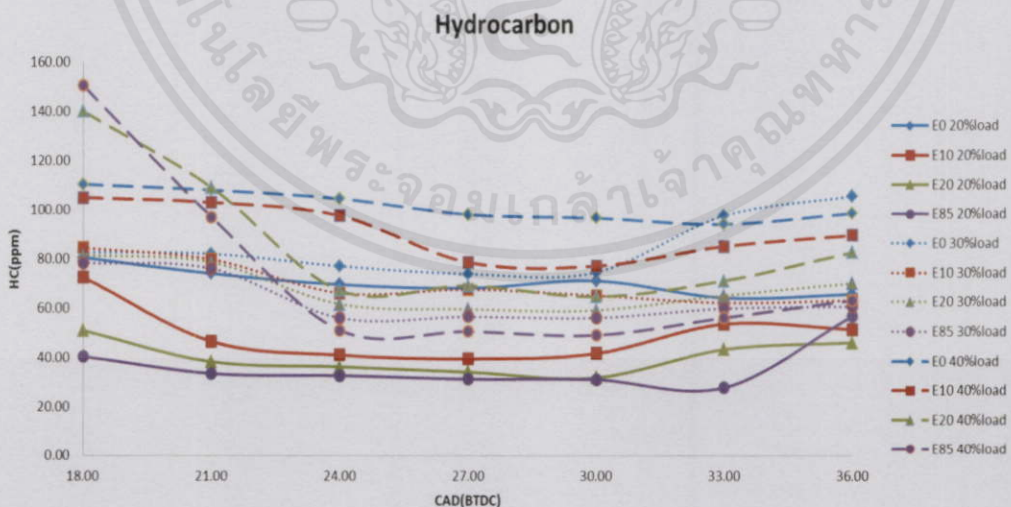
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาริใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง คาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเมื่อผสมเอทานอลมากขึ้นและเพิ่มองศาการจุดระเบิดเนื่องจากการเพิ่มการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เพราะ คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์



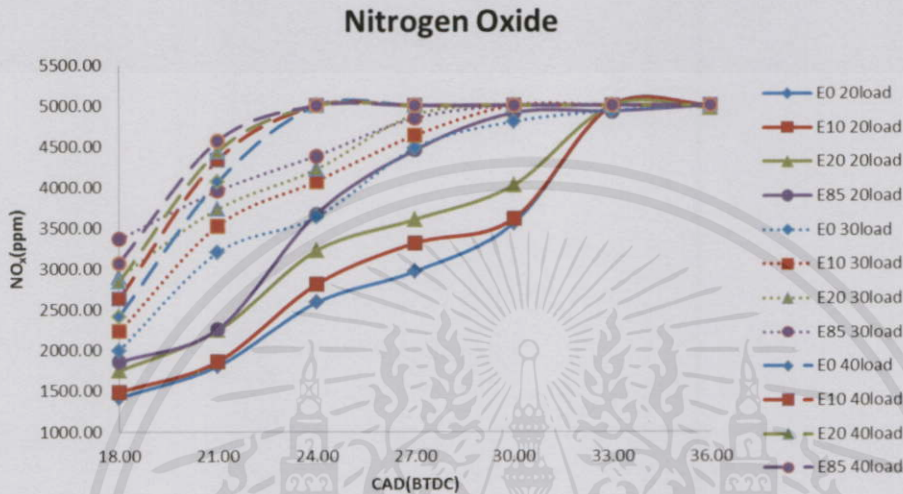
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

จากรูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อผสมเอทานอลมากขึ้นและเพิ่มองศาการจุดระเบิดเนื่องจากการเพิ่มการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เพราะ คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรคาร์บอนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

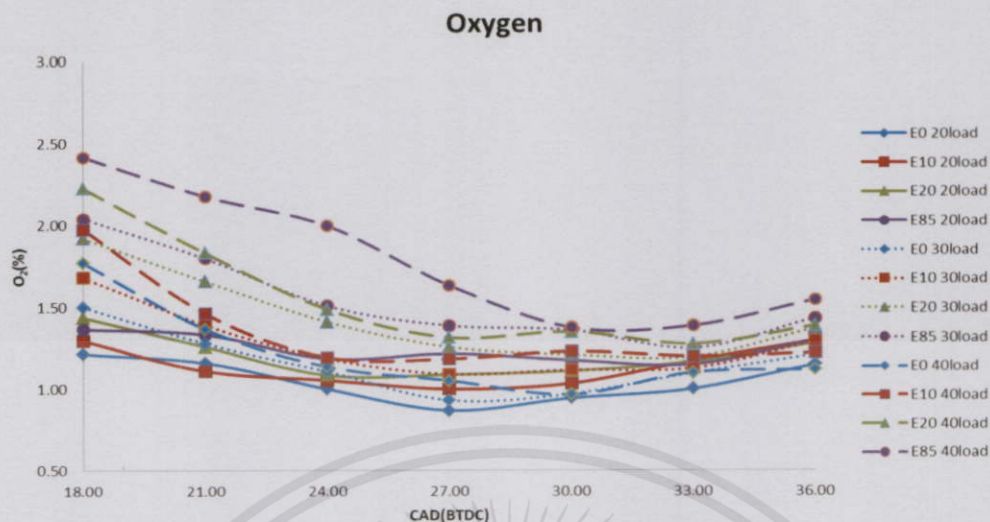
จากรูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรคาร์บอนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง ไฮโดรคาร์บอนลดลงเมื่อผสมเอทานอลมากขึ้น และเพิ่มองศาการจุดระเบิดเนื่องจากการเพิ่มการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เพราะ ไฮโดรคาร์บอนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เพราะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะให้แรงดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้มากพอ ไฮโดรคาร์บอนหรือเชื้อเพลิงที่ไม่ได้รับการเผาไหม้จึงลดลง



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนออกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนออกไซด์และองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง ไนโตรเจน ออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อผสมเอทานอลมากขึ้นและเพิ่มองศาการจุดระเบิดเนื่องจากการเพิ่มการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เพราะ ไนโตรเจน ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้สมบูรณ์ เนื่องจากการเผาไหม้สมบูรณ์ความดันและอุณหภูมิจะสูง และไนโตรเจน ออกไซด์ จะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูง และเมื่อเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าเชื้อเพลิงจะจับกับอากาศได้พอดี ทำให้ออกซิเจนที่เหลือจับกับไนโตรเจนจนกลายเป็น ไนโตรเจน ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนและองศาการจุดระเบิดของแต่ละเชื้อเพลิงในภาระงานต่างๆ ผลการทดลองแสดงถึง ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อผสมเอทานอลมากขึ้นเพราะเอทานอลมีออกซิเจนในโมเลกุลมากกว่าแก๊สโซลีนและการเพิ่มองศาการจุดระเบิดเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทำให้ออกซิเจนถูกใช้ในการผสมกับเชื้อเพลิงมาก ออกซิเจนจึงลดลงเมื่อเพิ่มองศาการจุดระเบิด

จากผลการทดลองทั้งหมด เมื่อทดลองในภาระงานที่สูงขึ้น เครื่องยนต์ต้องการแรงบิดและแรงบิดที่มากขึ้น เพื่อเอาชนะภาระงานที่ด้านเครื่องยนต์อยู่ ดังนั้นเครื่องยนต์จึงฉีดเชื้อเพลิงมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เพิ่มมลพิษ แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคลดลง เนื่องจากที่ภาระงานสูง พลังงานสูญเสียบริเวณวาล์วปีกผีเสื้อจะน้อยกว่าที่ภาระงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบของทางผู้ทดลองที่ขอบเขตการทดลองคือ รอบการทำงานที่ 2000 rpm ใช้ โหมดการทำงานของเครื่องยนต์คือการฉีดแบบเนื้อเดียว(Homogeneous mode) โดยใช้เชื้อเพลิง 4 ชนิด คือ น้ำมันแกโซลีน (E0) และน้ำมันแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) โดยทำการปรับแต่งกล่องควบคุมเครื่องยนต์ทั้งหมด 3 ฟังก์ชัน คือ Injection Timing, Injection Duration, Ignition Timing เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครื่องยนต์และได้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้นและมลพิษจากเครื่องยนต์ลดลง จากการทดลอง พบว่า ค่าของแรงบิดเพิ่มขึ้นจริง ตามปริมาณเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้น โดยเรียงลำดับคือ แกโซฮอลล์ E85, แกโซฮอลล์ E20, แกโซฮอลล์ E10 และ แกโซลีน E0 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 แสดงองศาการจุดระเบิดที่ได้ค่าแรงบิดและกำลังสูงสุด

Load	CAD(bTDC)			
	E0	E10	E20	E85
Low Load (20%)	27	30	30	33
Low Load (30%)	27	30	30	33
Low Load (40%)	27	30	30	33

จากตารางที่ 5.1 แสดงองศาการจุดระเบิดที่ได้ค่าแรงบิดและกำลังสูงสุด พบว่าองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสมในเชื้อเพลิง E0, E10, E20 และ E85 คือ 20, 30, 30 และ 33 ตามลำดับ เมื่อภาระงานเพิ่มขึ้นองศาการจุดระเบิดไม่เปลี่ยนแปลง ผลจากการที่ใส่เอทานอลและเพิ่มองศาการจุดระเบิดมากขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น สืบเนื่องจากค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและอัตราการผลิตพลังงานจำเพาะที่มีค่าลดลงรวมทั้งมลพิษด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแกโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองของเชื้อเพลิงต่างๆด้วยแก๊สโซลีนที่ภาระงาน 20% ด้วยองศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด

Experimental Result that Compared to Gasoline (E0) at Load 20 %			
	Gasohol(E10)	Gasohol(E20)	Gasohol(E85)
Power	2.09%	6.09%	19.48%
Torque	2.15%	6.09%	19.53%
Thermal EFF.	3.28%	1.16%	28.69%
Emission			
CO	-26.47%	-44.12%	-50.00%
CO ₂	0.08%	0.64%	2.25%
HC	-38.97%	-53.31%	-59.19%
NO _x	21.69%	35.45%	66.21%
O ₂	18.39%	27.59%	32.18%
Consumption			
BSFC	4.00%	7.12%	15.92%
BSEC	-3.16%	-1.16%	-22.28%

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองของเชื้อเพลิงต่างๆด้วยแก๊สโซลีนที่ภาระงาน 30% ด้วยองศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด

Experimental Result that Compared to Gasoline (E0) at Load 30 %			
	Gasohol(E10)	Gasohol(E20)	Gasohol(E85)
Power	3.52%	7.15%	11.64%
Torque	3.18%	5.79%	11.10%
Thermal EFF.	6.81%	2.53%	15.13%
Emission			
CO	-11.11%	-25.00%	-30.56%
CO ₂	1.58%	1.58%	2.21%
HC	-11.86%	-20.00%	-18.93%
NO _x	11.57%	11.57%	11.57%
O ₂	20.43%	30.11%	34.41%
Consumption			
BSFC	3.18%	5.78%	11.09%
BSEC	-6.38%	-2.47%	-13.12%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองของเชื้อเพลิงต่างๆด้วยแก๊สโซลีนที่
ภาระงาน 40% ด้วยองศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด

Experimental Result that Compared to Gasoline (E0) at Load 40 %			
	Gasohol(E10)	Gasohol(E20)	Gasohol(E85)
Power	6.45%	14.65%	26.78%
Torque	6.46%	14.70%	26.79%
Thermal EFF.	2.80%	1.31%	10.52%
Emission			
CO	-8.62%	-27.59%	-31.03%
CO ₂	3.84%	4.70%	4.86%
HC	-21.43%	-34.18%	-42.86%
NO _x	0.00%	0.00%	0.00%
O ₂	17.14%	28.57%	32.38%
Consumption			
BSFC	4.48%	6.70%	34.98%
BSEC	-2.71%	-1.27%	-9.50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลองด้านสมรรถนะ

5.2.1.1 ผลจากการผสมเอทานอล

เมื่อภาระเพิ่มขึ้นแรงบิดสูงสุด(Maximum torque) จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อดูแต่ละภาระจะเห็นว่าแรงบิดสูงสุดเพิ่มตามปริมาณเอทานอลในเชื้อเพลิงเพราะในเอทานอลมีอะตอมออกซิเจนในโครงสร้างมากกว่าแกโซลีน จึงส่งผลให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์กว่า และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ลดลงเพราะยังมีเอทานอลมากยิ่งขึ้นใช้พลังงานจากการเผาไหม้สมบูรณ์ลดลง แสดงว่าเอทานอลช่วยให้พลังงานเยอะกว่าเมื่อเทียบกับ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเอทานอลใช้พลังงานในการเผาไหม้น้อยกว่าในการให้พลังงานเครื่องยนต์ เพราะเอทานอลเผาไหม้สมบูรณ์กว่า

5.2.1.2 ผลจากองศาการจุดระเบิด

มุมจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด(Maximum torque) เห็นได้ว่ายังมีปริมาณเอทานอลมาก จำเป็นต้องจุดระเบิดเร็วขึ้น(CAD bTDC มากขึ้น) เพราะเอทานอลมีความร้อนแฝงจำเพาะในการเป็นไอน้อยกว่าแกโซลีนจึงต้องจุดระเบิดเร็วเพื่อให้มีเวลาเผาไหม้ได้เพียงพอ และเนื่องจากเอทานอลมีการถ่วงเวลาจุดระเบิดที่ช้าแต่มีการลามของเปลวไฟที่เร็วกว่าแกโซลีน ทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์กว่า และส่งผลให้ใช้พลังงานจากการเผาไหม้น้อยลงในการให้กำลังเพิ่มขึ้น ทำให้แนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น เพราะยังจุดระเบิดเร็วยิ่งเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นทำให้ได้พลังงานแก่เครื่องยนต์มากขึ้น

5.2.1.3 ผลจากภาระต่างๆ

เนื่องจากภาระของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ จากนั้นกำลังจะส่งต่อกับเพลาค้อเหวี่ยงทำให้ได้แรงบิดที่มากขึ้นตามภาระของเครื่องยนต์ที่มากขึ้นแต่อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจะลดลงเพราะยังภาระมากมี pumping loss ที่วาล์วลิ้นปีกมีเสียน้อยเนื่องจาก ยิ่งภาระมากวาล์วจะเปิดมากกว่าภาระต่ำที่เปิดน้อยจึงมี pumping loss มากทำให้สิ้นเปลืองพลังงานที่วาล์วลิ้นปีกมีเสียน้อยกว่า และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากขึ้น เพราะ พลังงานที่เครื่องยนต์ได้มากขึ้นจากการเผาไหม้สมบูรณ์แต่พลังงานที่ใช้ในการเผาไหม้ลดลง

5.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลองด้านมลพิษ

5.2.2.1 ผลจากการผสมเอทานอล

ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเอทานอลมากขึ้น เป็นเพราะในโครงสร้างโมเลกุลของเอทานอลมีออกซิเจนมากกว่าแกโซลีน จึงทำให้เผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า ทำให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ลดลง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเอทานอลมากขึ้น เป็นเพราะเอทานอลช่วยให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) เพิ่มขึ้น

จากกราฟที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าไฮโดรคาร์บอน(HC) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น เป็นเพราะเอทานอลช่วยให้มีการสันดาปที่สมบูรณ์มากขึ้น ทำให้ปริมาณ

ไฮโดรคาร์บอน(HC) ลดลงเพราะไฮโดรคาร์บอน(HC) เป็นสารมาจากเชื้อเพลิงซึ่งเป็นsolid phase แต่หากเผาไหม้สมบูรณ์ไฮโดรคาร์บอน(HC) จะน้อยลงจากการที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้หมดในการฉีด1รอบ

จากกราฟที่5.5 แสดงให้เห็นว่าออกซิเจน(O_2) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น เป็นเพราะเอทานอลมีอะตอมออกซิเจนในโครงสร้างที่มากกว่าแกโซลีนซึ่งทำให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น แต่ใช้ออกซิเจน(O_2) จากอากาศน้อยลง ดังนั้น ออกซิเจน(O_2)จึงเหลือมากเมื่อปริมาณเอทานอลมากขึ้น

จากกราฟที่5.6 แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น เป็นเพราะเอทานอลมีอะตอมออกซิเจนในโครงสร้างที่มากกว่าแกโซลีนซึ่งทำให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นจนมีความดันและอุณหภูมิที่สูง ซึ่งไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง($2000\text{ }^{\circ}C$) อีกเหตุผลหนึ่งคือ เอทานอลใช้ออกซิเจน(O_2) จากอากาศน้อยลง ดังนั้น ออกซิเจน(O_2) จึงเหลือมากพอที่จะไปจับกับอะตอมไนโตรเจนของอากาศ และเมื่อเผาไหม้สมบูรณ์จะทำให้ความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งจะส่งผลไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) เพิ่มขึ้น

5.2.2.2 ผลจากองศาการจุดระเบิด

เนื่องจากมุมจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด(Maximum torque) เห็นได้ว่ายังมีปริมาณเอทานอลมาก จำเป็นต้องจุดระเบิดเร็วขึ้น(CAD bTDC มากขึ้น) เพราะเอทานอลมีความร้อนแฝงจำเพาะในการเป็นไอน้อยกว่าแกโซลีนจึงต้องจุดระเบิดเร็วเพื่อให้มีเวลาเผาไหม้ได้เพียงพอ และเนื่องจากเอทานอลมีการถ่วงเวลาจุดระเบิดที่ช้าแต่มีการลามของเปลวไฟที่เร็วกว่าแกโซลีน ทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์กว่า และเมื่อพิจารณาถึงมลพิษที่เกิดขึ้น, คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) มีประมาณลดลงเมื่อองศาการจุดระเบิดเพิ่มขึ้นหรือจุดระเบิดเร็วขึ้นเนื่องจาก มีการเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น ส่งผลให้คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งมาจากการที่อากาศและเชื้อเพลิงจับตัวกันได้ไม่สมบูรณ์ ลดลง ซึ่งจะตรงกันข้ามกับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการที่เชื้อเพลิงจับตัวกับอากาศและเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น เมื่อมีการเพิ่มองศาการจุดระเบิดหรือจุดระเบิดเร็วขึ้นกว่าเดิม แต่ออกซิเจน (O_2) ลดลงเนื่องจากการที่องศาการจุดระเบิดเพิ่มขึ้นหรือเร็วขึ้นจะทำให้เชื้อเพลิงและอากาศเผาไหม้สมบูรณ์และจะน้อยสุดที่บริเวณองศาเดียวกันกับที่ได้แรงบิดสูงสุดและไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มองศาการจุดระเบิดหรือจุดระเบิดเร็วขึ้นเนื่องจากไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) จะเกิดที่อุณหภูมิสูงซึ่งเมื่อเผาไหม้สมบูรณ์ ภายในห้องเผาไหม้จะมีความดันและอุณหภูมิสูง ส่งผลให้มี(NO_x) ที่สูงขึ้น

5.2.2.3 ผลจากภาระต่างๆ

เนื่องจากภาระของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น จำเป็นต้องมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้เพื่อเพิ่มแรงบิดและกำลังในการเอาชนะภาระของเครื่องยนต์ ทำให้ปริมาณของมลพิษที่ออกมามีมากขึ้นตามปริมาณเชื้อเพลิงซึ่งเป็นผลจากภาระของเครื่องยนต์ที่มากขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาการ miss alignment ระหว่างเพลลาของเครื่องยนต์กับเพลลาของ Engine Dynamometer ซึ่งทำให้เกิดเสียงดังและการสั่นสะเทือนของ Bearing Housing ทำให้เป็นอุปสรรคกับการทดสอบ เพราะค่าที่ได้จะสั้นและอันตรายมาก จึงต้องทดลองซ้ำหลายๆครั้ง ซึ่งใช้เวลามาก
2. ปัญหาการระบายความร้อนไม่ทันของเครื่องยนต์ ทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องต่อเนื่องกันเป็นเวลานานได้ ต้องหยุดพักเครื่องเพื่อให้ความร้อนลดลงก่อน จึงจะสามารถเดินเครื่องทำการทดสอบต่อไปได้ ทำให้เสียเวลาดค่อนข้างมากในการเก็บค่าการทดสอบ
3. ปัญหาฐานรองเครื่องยนต์สั่น ทำให้เกิดเสียงดังขณะทำการเดินเครื่องยนต์เพื่อทำการเก็บค่า
4. ปัญหาของเครื่องยนต์และEngine Dynamometer ที่ใช้ทำการทดลอง ไม่สามารถรองรับการทดสอบที่ภาระกลางและสูงได้

5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ทำการตั้งค่าหา alignment โดยการใช้ dial gauge วัดบริเวณเพลลาของเครื่องยนต์
2. เนื่องจากการระบายความร้อนไม่ทันของเครื่องยนต์ ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูง ทางกลุ่มผู้จัดทำจึงได้ทำการเพิ่มพัดลมตัวใหญ่และฉีดน้ำระบายความร้อนบริเวณแผงรังผึ้งหม้อน้ำ เพื่อเป็นการช่วยระบายความร้อนให้กับเครื่องยนต์ ทำให้สามารถเดินเครื่องเพื่อทำการเก็บค่าได้นานยิ่งขึ้น
3. เนื่องจากเกิดการสั่นบริเวณฐานรองเครื่องยนต์ ทางกลุ่มผู้ทดลองจึงได้เพิ่มยางรองแท่นเครื่องและทำการเสริมความแข็งแรงของฐานเครื่องยนต์ด้วยชิ้นส่วนรับแรงเพื่อเป็นการรองรับการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ขณะเดินเครื่องยนต์
4. ทดสอบที่ภาระ 40% ซึ่งใกล้เคียง ภาระกลางที่สุดเพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบภาระกลางในอนาคต

5.5 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยการใช้เชื้อเพลิง เอทานอล (E100)
2. ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยการเพิ่มรอบการทำงานเป็น 3000 – 5000 rpm
3. เพิ่มโหมดการทำงานของเครื่องยนต์ โดยเปลี่ยนเป็นการฉีดแบบบาง(Stratified Charge Mode) เพื่อศึกษาสมรรถนะในการใช้การเผาไหม้แบบบาง(Ultra-lean burn)
4. ศึกษามลพิษที่เกิดจากการใช้โหมดการทำงานการฉีดแบบเนื้อเดียว(Homogeneous Charge) และ การฉีดแบบบาง(Stratified Charge Mode) และหาแนวทางการลดมลพิษที่เกิดขึ้น
5. เพิ่มโหมดการทำงานของเครื่องยนต์โดยทดลองที่ภาระงานกลางและสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาวโพดพันธุ์ใหม่. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://www.kanchanapisek.or.th>
- [2] คลังความรู้ช่างเทคนิค. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://iq-technician.blogspot.com/2012/02/thermocouple-2.html>
- [3] จังหวะจุดระเบิดและชนิดเชื้อเพลิง. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://projectbysak.blogspot.com/2013/02/blog-post.html>
- [4] คิวเดช. Innovate Wide Band LM-2. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://www.gasthai.com/boardsale/Question.asp?ID=14481>
- [5] ธนวัฒน์ ศรีรักษา และ จินดา เจริญพรพาณิชย์. จักรยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล . การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่22 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, พ.ศ. 2551.
- [6] บมจ.ไทยออยล์, ไทยออยล์คาดการณ์แนวโน้มสถานการณ์ราคาน้ำมัน 4-8 พ.ค.58. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://www.bangkokbiznews.com/news/detail/645703#sthash.wB3arYy7.dpufhttp://www.bangkokbiznews.com/news/detail/645703>
- [7] มন্ত্রী ช้องเดช. มัลติมิเตอร์. [Cited 2015 May 24] Available from : <https://krumontrikhongdej.wordpress.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-multi-meter/>
- [8] มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter, DMM). [Cited 2015 May 24] Available from : www.school.net.th/library/snet3/saowalak/digital_multi/digital.htm
- [9] วิโรจน์ พุทธวิถิ. WATER PACIFIC COMPANY LIMITED ; ENGINE TEST. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://water-pacific.com/index.php/2013-07-08-13-44-41>
- [10] คิวเดช. Innovate Wide Band LM-2. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://www.gasthai.com/boardsale/Question.asp?ID=14481>
- [11] สื่อเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน การป้องกันและระงับอัคคีภัย การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. [Cited 2015 May 24] Available from : www.safetylifethailand.com
- [12] หัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์. [Cited 2015 May 24] Available from : http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1494&pageid=5&read=true&count=true

[13] A. YASAR, EFFECTS OF ALCOHOL-GASOLINE BLENDS ON EXHAUST AND NOISE EMISSIONS IN SMALL SCALED GENERATORS . 30 November 2009

- [14] Ajay K. Singh, A. Rehman. **The Influence of Engine Speed on Exhaust Emission of Four Stroke Spark Ignition Multi Cylinder Engine.** April 2013
- [15] Alasdair Cairns , Hua Zhao , Alan Todd b, Pavlos Aleiferis , **A study of mechanical variable valve operation with gasoline–alcohol fuels in a spark ignition engine .** 7 November 2012.
- [16] Athiwat Butmarasri, Preechar Karin, Chinda Charoenphonphanich Nuwong Chollacoop and Hidenori Kosaka , **A Study of DISI Engine Emissions Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels.** May, 22, 2013
- [17] B.M. Masum, H.H. Masjuki, **Effect of alcohol-gasoline blends optimization on fuel properties,** 27 August 2014
- [18] B.M. Masumn, H.H.Masjuki, M.A.Kalam, J.M.RizwanulFattah, S.M. Palash, M.J.Abedin. **Effect of ethanol–gasoline blend on NOx emission in SI engine .** 16April2013
- [19] Carbon Neutral Fuel. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://nared.org/synthetics/carbon-neutral-fuel/>
- [20] C.Argakiotis, R.Mishra , C.Stubbs and W.Weston. **The Effect of using an Ethanol blended fuel on Emissions in an SI Engine.** April 2014
- [21] Cenk Sayin, **The impact of varying spark timing at different octane numbers on the performance and emission characteristics in a gasoline engine.** 21 March 2012
- [22] Competition Engine Management Systems. [Cited 2015 May 24] Available from : www.dtafast.co.uk/S_60_PRO.html
- [23] D.Balaji. **EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON VARYING ENGINE TORQUE OF SI ENGINE WORKING UNDER GASOLINE BLENDED WITH OXYGENATED ORGANIC COMPOUNDS.** Research scholar, Anna University Coimbatore, Department of Mechanical Engineering, Panimalar institute of Technology
- [24] Detroit Auto Show Preview: Ford Unveils EcoBoost Turbo Direct Injection Engines. [Cited 2015 May 24] Available from : http://www.thetorquereport.com/2008/01/detroit_auto_show_preview_ford_1.html
- [25] Dhanapal Balaji, Periyasamy Govindarajan and Jayaraj Venkatesan, **Emission and Combustion Characteristics of Si Engine Working Under Gasoline Blended with Ethanol Oxygenated Organic Compounds.** Department of Mechanical Engineering, Panimalar institute of Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีเมลที่ส่งมาจะถูกตรวจสอบและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [26] DONLAWAT CHAIHIRUNKAN THAMMACHART YANWINIJCHAI, **Investigation of Ethanol Direct Injection Spark Ignition Engine Performances.**2013
- [27] Dr. Rolf Leonhard . Bosch DI-Motronic Gasoline Direct Injection. [Cited 2015 May 24] Available from :
<http://www.autospeed.com.au/cms/article.html?&title=Bosch-DIMotronic-Gasoline-Direct-Injection&A=1761>
- [28] DTA S60 PRO ECU. [Cited 2015 May 24] Available from :
<http://cbradleymotorsport.co.uk/electrical/dta-s60-pro-ecu.html>
- [29] E. Nirmala Devi, S. K. Bhatti, Ch. Indira Priyadarsini, M.V.S.MuraliKrishna, **The Effect of Ignition Timing on Methanol Blended Spark Ignition Engine.** Nov-Dec 2013, pp.1351-1354
- [30] F. N. Alasfour, **NOX EMISSION FROM A SPARK IGNITION ENGINE USING 30% ISO-BUTANOL-GASOLINE BLEND: PART 2-IGNITION TIMING.** 15 September 1997
- [31] Fikret Yuksel , Bedri Yuksel, **The use of ethanol-gasoline blend as a fuel in an SI engine .** 10 November 2003
- [32] H. Serdar Yucesu , Adnan Sozen , Tolga Topgul , Erol Arcaklioglu , **Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol-gasoline blend fuel.** 2 October 2006
- [33] “HR16DE Introduction Video”, Nissan Motor Co., Ltd., JAPAN, 2012
- [34] J. Zareei & A. H. Kakaee, **Study and the effects of ignition timing on gasoline engine performance and emissions.** 25 April 2013
- [35] Lab Manual for Automobile Engineering Mdu Rohtak. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://sspanghal.blogspot.com/2012/03/lab-manual-for-automobile-engineering.html>
- [36] LM-2 Digital Air/Fuel Ratio Meter & OBD-II Scan Tool. [Cited 2015 May 24] Available from : www.innovatemotorsports.com/
- [37] M. Al-Hasan, **Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission.** 10 July 2002
- [38] M. S. SHEHATA and S. M. ABDEL RAZEK. **ENGINE PERFORMANCE PARAMETRES AND EMISSIONS REDUCTION METHODS FOR SPARKIGNITION ENGINE.** December 2008
- [39] M.MaroufWani and M.Mursaleen, **Computer Simulation Studies on a Single Cylinder Four Stroke Cycle Spark Ignition Engine Using Gasoline and Blend of Ethanol and Gasoline as Alternative Fuels.** Journal of Research & Development, Vol.12(2012)

- [40] Munde Gopal G. Experimental Study on SI Engine At Different Ignition Timing Using CNG And Gasoline -20% n Butanol Blend . March 2013
- [41] Mustafa Kemal Balki , Cenk Sayin , Mustafa Canakci , The effect of different alcohol fuels on the performance, emission and combustion characteristics of a gasoline engine, 27 September 2012
- [42] Mustafa Kemal Balki, The effect of different alcohol fuels on the performance, emission and combustion characteristics of a gasoline engine .
- [43] Mustafa Koç , Yakup Sekmen , Tolga Topgü“ l , Hu“ seyin Serdar Yu“ cesu , The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine. 14 March 2009
- [44] Necati Türköz a, Baris Erkus , M. _Ihsan Karamangil , Ali Sürmen , Nurullah Arslanog“ lu, Experimental investigation of the effect of E85 on engine performance and emissions under various ignition timings . 21 March 2013
- [45] nonto. O2 Sensor ออกซิเจนเซนเซอร์คืออะไร. [Cited 2015 May 24] Available from : <http://www.attrage-club.com/index.php/topic,2207.0.html>
- [46] O2 Sensor ออกซิเจนเซนเซอร์คืออะไร. [Cited 2015 May 24] Available from : www.toyotanon.com/article_detail.php?article_id=196
- [47] Pulkrabek, W.W., Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine.2nd ed. 2003: Pearson Prentice-Hall Pearson Education, Inc
- [48] Renhua Feng , Jianqin Fu , Jing Yang , Yi Wang , Yangtao Li , Banglin Deng , Jingping Liu b, Daming Zhang . Combustion and emissions study on motorcycle engine
- [49] Sahib Shihab Ahmed. Effect of Methanol – Gasoline Blends on S.I. Engines Performance and Pollution. October 2013
- [50] Shane Curtis, Mark Owen, Terrence Hess and Scott Egan. Effect of Ethanol Blends on a Spark Ignition, 4-Stroke, Internal Combustion Engine. December 5, 2008
- [51] Sunil Choudhary . The Effect of Engine Temperature on Multi Cylinder SI Engine Performance with Gasoline as a fuel . August-September, 2014
- [52] Surakat Ayodeji Saheed. LOAD PERFORMANCE OF A SPARK IGNITION ENGINE USING ETHANOL-GASOLINE BLENDS AS ALTERNATIVE FUEL .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [53] Syed Yousufuddin, EFFECT OF IGNITION TIMING, EQUIVALENCE RATIO, AND COMPRESSION RATIO ON THE PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF A VARIABLE COMPRESSION RATIO SI ENGINE USING ETHANOLUNLEADED GASOLINE BLENDS , November 22, 2007
- [54] Tolga Topgu" l, Hu" seyin Serdar Yu" cesu, Can Cinar, Atilla Koca, The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions. 29 March 2006
- [55] Triumph Spitfire camshaft data. [Cited 2015 May 24] Available from :
37http://auskellian.com/paul/links_files/spitfire_cam_specs.htm
- [56] Tumrobot. บทความของ Mini OBDII. [Cited 2015 May 24] Available from :
www.openfog.net/miniobdii.html
- [57] Understanding EXHAUST EMISSIONS. [Cited 2015 May 24] Available from :
<http://www.crypton.co.za/Tto%20know/Emissions/exhaust%20emissions.html>
- [58] WATER PACIFIC COMPANY LIMITED. [Cited 2015 May 24] Available from :
<http://water-pacific.com/index.php/2010-08-14-10-07-37>
- [59] Zuohua Huang , Jinhua Wang, Bing Liu, Ke Zeng, Jinrong Yu, Deming Jiang, Combustion characteristics of a direct-injection engine fueled with natural gas-hydrogen blends under different ignition timings. 17 August 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. อุปกรณ์ทำการทดลอง

Engine Dynamometer รุ่น Tokyo Plant 150PS

ไดนาโมมิเตอร์ รุ่น Tokyo Plant 150PS เป็นไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer) อาศัยหลักการทางไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดแรงต้านการหมุนของเครื่องยนต์ โดยแบ่งเป็นหลักการทำงานของ Eddy current และหลักการของ Hysteresis current โดยมีขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าอยู่ใน ซึ่งเมื่อกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยเข้าสู่ขดลวดและเกิดแรงเหนี่ยวนำให้หมุนในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนของเพลลาเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ จะเป็นแรงเบรกเครื่องยนต์ไว้ ส่วนในระบบจะมีเซนเซอร์วัดแรงบิดซึ่งจะทำให้ทราบแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ ในการวัดกำลังเครื่องยนต์ก็จะทำโดยควบคุมกระแสไฟฟ้าให้มากหรือน้อยจะทำให้สนามแม่เหล็กมีแรงมากหรือน้อยตามไปด้วย

DTA fast S60 PRO

Stunning performance combined with a truly impressive and expanding range of features. Designed to meet the demands of the latest generation of very high revving, four coil, sequentially injected engines, the S60 PRO is our latest ECU. Aimed primarily at the advanced four cylinder market, the S60 PRO also caters for wasted spark non-sequentially injected engines of up to eight cylinders.

ECU Functions

Engine Configuration 20,000 rpm capability

Flexible and easily adapted to different OEM, crank, cam sensor arrangements.

Genuine four and two stroke support.

Twin spark engines.

Twin injector engines.

Sequential or grouped injection. Individual coils, wasted spark or distributor.

Unequal coil firing capability.

Unequal injection angle capability.

Delayed sequential injection. User controlled fan activation.

Sensors can be calibrated individually with a lot of preset options supplied.

Flexible Tacho Output soft and hard rev limits

Main Fuel and Ignition Functions

Two main fuel, spark and turbo maps selected by a dashboard switch.

Comprehensive start up fuelling options both time and temperature dependant. โยชน์ด้านการค้า

Air, coolant and manifold pressure compensation maps. ไม่ว่าจะผลิตที่ไหนก็ตามที่มีคุณภาพดีเยี่ยมและมีชื่อเสียงอย่างสูงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Throttle transient increase compensation.

Throttle transient reduction compensation.

RPM and load breakpoints can be calibrated by the user.

Throttle or MAP as load.

All maps with one or two dimensional with interpolation as required.

Lambda control functions

Extensive lambda parameters table to ensure stable closed loop operation and emissions requirements can be met where needed.

Full three dimensional lambda target map.

Auto-tuning function.

Turbo Control Functions

Open or closed loop turbo pressure control via PWM valve. Modify target turbo pressure by gear selected. Modify target turbo pressure by vehicle speed. Two control maps selected by switch on dashboard. Active base PWM map for easy calibration.

Idle Control Functions

Open or closed loop idle speed control via PWM valve. Closed loop idle target speed temperature dependent. Active base PWM map for easy calibration. Fuel enrichment table calibrated versus PWM percentage.

ALS Control Functions

Full ALS ignition and fuel maps. ALS valve control together with map switching controlled by dash board switch.

Cam Control Functions

Open or closed loop cam advance control via PWM valve. Static offset table to zero out electrical movement effects. Active Cam Target Advance map, load and speed dependent. Active base PWM map for easy calibration.

Water Injection

When not being used to control the camshaft, cam base PWM map can be used instead for water injection, giving complete load and speed dependence.

Flexible Input/Output

Three uncommitted input tables which use 0.5 volt inputs or any input the S60 knows already, linked to fuel and advance modifiers and a PWM output.

เอกสารนี้ Flexible Input/Output สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปดงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Launch Control

Fully flexible first gear launch capability.
Extensively tunable to individual vehicles.

Full Throttle Gear Shift Cut

Shift cut capability with 1ms resolution, variable for each gear with full switch de-bounce capability.

Voltage Compensation Tables

User configurable voltage compensation tables for injector dead time and coil on time (dwell time).

Firmware

The ECU firmware is flash upgradeable via the serial port with a special cable and software. Current firmware and software published on www.dtafast.co.uk.

CAN PC Communications.

The ECU can communicate with the PC via our USB -> CAN converter. This solves the problem of unreliable USB -> RS232 converters.

Data Logging

Up to thirty six separate items can be logged.
Three user selectable logging frequencies.
Up to nine hours logging capability.
Graphing can be done on-line to the ECU.

Diagnostics and Test Features.

Full sensor diagnostics and fault recording.
Extensive engine run time recording at different load and speed conditions.
Ability to exercise injectors and coils without engine running for fault finding.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1ก DTA fast S60 PRO

เครื่องยนต์ Mitsubishi 4G93

เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ทดลองคือ เครื่องยนต์สันดาปภายใน 4 สูบ 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดตรง ของ Mitsubishi รุ่น 4G93 GDI

ตารางที่ 1ก แสดงรายละเอียดจำเพาะของเครื่องยนต์ Mitsubishi รุ่น 4G93 GDI [14]

รุ่น	4G93 GDI
ประเภท	In-line DOHC
จำนวนกระบอกสูบ	4
ประเภทของห้องเผาไหม้	Pent roof type
ความจุ	1.834 Liter
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ	81.0 mm
ระยะชัก	89.0 mm
อัตราส่วนการอัด	12 : 1
กำลังสูงสุด	96 kW @ 6000 rpm
แรงบิดสูงสุด	177 Nm @3750 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2ก เครื่องยนต์ Mitsubishi 4G93

OBD II (On Board Diagnostics 2)

"OBD" ย่อมาจาก On-Board Diagnostics (ในปัจจุบันเป็นgenerationที่2หรือOBD-II) คือแผงวงจรคอมพิวเตอร์ที่จะแสดงอาการผิดปกติของเครื่องยนต์ทุก ๆ อย่างไว้อย่างละเอียดแม่นยำ และจะทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมเซ็นเซอร์ทุกจุดไม่ว่าจะเป็นความสำเร็จของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ซึ่งอาจจะหนาไปหรือบางไป (ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง) กำลังไฟไม่เพียงพอ น้ำในหม้อน้ำแห้ง โดยเจ้า "OBD" นี้เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นร่วมกันโดย SAE และ ISO โดยกำหนดมาตรฐานวิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางดิจิทัลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ ที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสีย(Emission) กับเครื่องสแกนข้อมูล OBD-II ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ตำแหน่งการติดตั้ง รหัสบันทึกความบกพร่องที่ตรวจพบ(Malfunction Indicator Light : MIL) โดยมีผลบังคับใช้สำหรับรถยนต์ที่จำหน่ายในอเมริกาตั้งแต่วันที่ 1996 เป็นต้นมา

ในปี 1988 The California Air Resources Board (CARB) ได้กำหนดความต้องการไว้ว่ารถยนต์ทุกคันต้องมีระบบที่สามารถแยกแยะปัญหาการขัดข้องที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสีย (emission system) และระบบควบคุมเครื่องยนต์(powertrain system) ซึ่งเรียกว่าระบบOBD-I

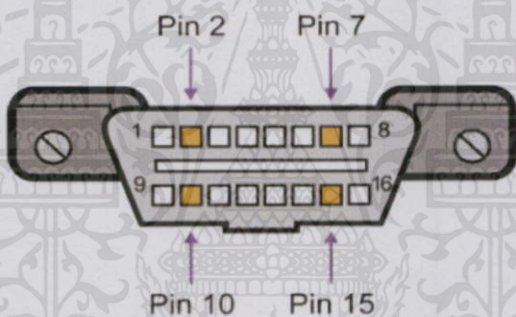
ในขณะเดียวกัน CARB ยังได้กำหนดมาตรฐาน OBD-II ขึ้นมาและให้มีผลบังคับใช้กับรถยนต์ทุกคันในอเมริกาตั้งแต่วันที่ 1996 เพื่อจะได้เป็นแนวทางใหม่ให้กับช่างในการแก้ปัญหาการซ่อมเครื่องยนต์และระบบควบคุมการปล่อยไอเสียรถที่เป็น OBD II นั้น จะต้องมี MAF (MASS AIR FLOW SENSOR) หรือ MAP (MANIFOLD ABSOLUTE PRESSURE SENSOR) อย่างใดอย่างหนึ่ง MAF นั้นจะติดตั้งอยู่ตรงกรองอากาศผ่านไส้กรองมาแล้ว ส่วน MAP นั้นจะอยู่แถว ๆ ก่อน THROTTLE (ลิ้นปิด-เปิดอากาศ) หรือ แถว ๆ นั้นจะมองเห็น SOCKET ที่มีสายไฟตั้งแต่ 2 เส้น - 5 เส้นเสียบอยู่ ทั้ง 2 ชนิดนี้ เป็นระบบ FUEL INJECTION คู่สต็อกเกอร์ที่อยู่ใต้พวงมาลัยคนฝั่งคนขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3ก สติกเกอร์ที่อยู่ใต้พวงมาลัยคนฝั่งคนขับ

ดูที่กล่อง COMPUTER หรือที่เราเรียกกันติดปากว่า ECU นั้นว่ามี สายพ่วงติด SOCKET ที่เอาไว้ตรวจเช็คความผิดปกติของเครื่องยนต์หรือไม่ SOCKET ตัวนี้ให้นับดูว่ามี 16 จุดต่อไหม หากเป็น 16 จุดต่อให้แน่ใจได้เลยว่าเป็นรถ OBD II อย่างแน่นอน ส่วนใหญ่จะวางตำแหน่งอยู่ใต้พวงมาลัยด้านคนขับ แตกต่างกันไปออกไปแล้วแต่ยี่ห้อของรถ หรือที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า SIXTEEN PIN CONNECTOR



รูปที่ 4ก ขา 15 เรียกว่าขา L-Line เป็นออพชั่นที่เสริมขึ้นมาในรถยนต์รุ่นใหม่ๆ ที่ใช้โปรโตคอล ISO9141-2 หรือ ISO14230-4 นอกเหนือจากขา 2, 7, 10, และ 15 ที่ DLC คอนเนคเตอร์ขา 4 คือ กราวด์ตัวถัง, ขา 5 คือ กราวด์สัญญาณ และขา 16 ไฟบวกจากแบตเตอรี่

ดังนั้นสรุปเป็นโปรโตคอลต่างๆได้ดังนี้

PWM DLC คอนเนคเตอร์จะต้องมีหน้าสัมผัสที่ขา 2, 4, 5, 10, 16

VPW DLC คอนเนคเตอร์จะต้องมีหน้าสัมผัสที่ขา 2, 4, 5, 16 แต่ไม่มีที่ขา 10

ISO DLC คอนเนคเตอร์จะต้องมีหน้าสัมผัสที่ขา 4, 5, 7, 16 ส่วนขา 15 อาจมีหรือไม่มีก็ได้

CAN DLC คอนเนคเตอร์จะต้องมีหน้าสัมผัสที่ขา 4, 5, 6, 14, 16

หลักการการทำงานของโปรแกรม

1. ทำการตรวจเช็คสถานะเครื่องยนต์ เพื่อให้รู้สถานะ การติดเครื่องยนต์ หรือการดับเครื่องยนต์ เพื่อที่จะข้อมูลมาเปิด ปิด LCD Backlight ไม่งั้นแบตเตอรี่รถยนต์ได้หมดก่อนพอดีและเพื่อที่จะนำมาเป็นตัว init OBD-II ด้วยครับ เนื่องจากว่าหลังการดับเครื่องยนต์ OBD-II จะหยุดการส่งข้อมูล จาก ECU ดังนั้น เราต้องทำการ initail ทุกครั้ง ที่มีการติดเครื่องยนต์

2. ติดต่อ UART กับ ECU ด้วย protocol ISO-9141-2 ด้วย buadrate 10400 bps ครั้งเพื่อเข้าไปขอ initial OBD-II ในรถยนต์

3. ส่งข้อมูลที่เรากำลังต้องการทราบ ไปที่ ECU ซึ่งจะเป็น PID ของแต่ละข้อมูล คือ อยากรู้อะไรก็เขียนข้อมูล PID ไปที่ ECU แล้วรอข้อมูลที่ได้ออกกลับมาโดยผม ส่ง PID ไปขอข้อมูลพื้นฐานดังนี้

- ความเร็ว รถยนต์ speed
- ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ RPM
- อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น หน่วยเป็น องศา C
- Engine Load หน่วยเป็น %

ส่วนค่า อื่นๆ เช่น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และระยะทางสะสม ก็นำข้อมูล

ที่ได้มาคำนวณกันที่หลังครับ หลักการหาระยะทางคร่าวๆ ของผมก็ประมาณนี้ครับ ซึ่งความแม่นยำของระยะทางขึ้นอยู่กับค่า $interval\ trip\ distance = trip\ distance + speed / interval;$

4. นำข้อมูลที่ได้ มาแสดงผล บน LCD character แบบ 16 x 2

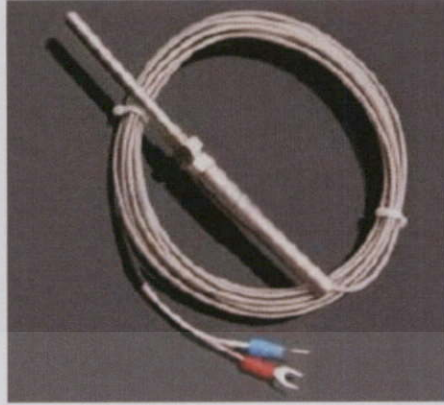


รูปที่ 5ก OBD II

เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple)

หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล คือ อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิในการสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น การที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่งจะอ้างอิงเป็นอุณหภูมิค่าหนึ่งได้ แสดงว่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องอ้างอิงกับอุณหภูมิค่าคงที่ค่าหนึ่งเสมอ โดยเรียกอุณหภูมิคงที่ที่ใช้อ้างอิงนี้ว่า Reference Junction และได้มีการกำหนด Reference Junction ให้เป็น 0 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6k เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน

มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter, DMM)

มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter, DMM) สามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้หลายประเภท เช่นเดียวกับมัลติมิเตอร์แบบเข็ม นอกจากนี้ยังสามารถวัดปริมาณกระแสสลับ วัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ วัดความจุไฟฟ้าและตรวจสอบไดโอดได้อีกด้วย มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขมีลักษณะดังภาพข้างล่าง



รูปที่ 7ก มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบที่สำคัญของมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข

1. จอแสดงผล (display)
2. สวิตช์เปิด-ปิด (ON-OFF)
3. สวิตช์เลือกปริมาณที่จะวัดและช่วงการวัด (range selector switch) สามารถเลือกการวัดได้ 8 อย่าง ดังนี้
 - 3.1 DCV สำหรับการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง มี 5 ช่วงการวัด
 - 3.2. ACV สำหรับการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ มี 5 ช่วงการวัด
 - 3.3 DCA สำหรับการวัดปริมาณกระแสตรง มี 3 ช่วงการวัด
 - 3.4 ACA สำหรับการวัดปริมาณกระแสสลับ มี 2 ช่วงการวัด
 - 3.5 สำหรับการวัดความต้านทาน มี 6 ช่วงการวัด
 - 3.6 CX สำหรับการวัดความจุไฟฟ้า มี 5 ช่วงการวัด
 - 3.7 hFE สำหรับการวัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์
 - 3.8 สำหรับตรวจสอบไดโอด
4. ช่องเสียบสายวัดร่วม : (COM) ใช้เป็นช่องเสียบร่วมสำหรับการวัดทั้งหมด (ยกเว้นการวัด CX และ hFE ไม่ต้องใช้สายวัด)
5. ช่องเสียบสายวัด mA สำหรับวัด DCA และ ACA ที่มีขนาด 0-200 mA
6. ช่องเสียบสายวัด 10A สำหรับวัด DCA และ ACA ที่มีขนาด 200 mA-10A
7. ช่องเสียบสำหรับวัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์
8. ช่องเสียบสำหรับวัดความจุไฟฟ้า
9. ช่องเสียบสายวัด V

ลักษณะเฉพาะบางประการของเครื่องวัด

1. จอแสดงผล (display) แสดงด้วยตัวเลข หลัก (digit) เนื่องจากค่าสูงสุดที่สามารถแสดงได้คือ 1999 ตัวเลขหลักที่ 1, 2 และ 3 (นับจากขวาสุดไปทางซ้าย) แปรค่าได้จาก 0 ถึง 9 (เรียกว่า full digit) ส่วนตัวเลขหลักที่ 4 จะแสดงตัวเลขได้เฉพาะ 1 เท่านั้น (เรียกว่า half digit)
2. สภาพขั้ว (polarity) ในการวัดปริมาณทางไฟฟ้าบางชนิดเช่นความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเครื่องวัดที่ใช้เข็มชี้เป็นตัวแสดงผล เมื่อต่อสายวัดผิดขั้ว เข็มของเครื่องวัดจะตกลับในทิศตรงข้าม ในสภาวะเช่นนี้สำหรับมัลติมิเตอร์แบบตัวเลขจะปรากฏเครื่องหมาย - บนจอแสดงผล
3. ในการวัดปริมาณใด ๆ ที่ตั้งช่วงการวัดต่ำกว่าค่าที่จะวัด จอแสดงผลจะแสดงตัวเลข 1 หรือ -1 เช่น จะวัดความต้านทาน 10 k แต่ตั้งช่วงการวัดไว้ที่ 0-2 k จะปรากฏ 1 แสดงว่าค่าที่จะวัดสูงกว่าช่วงการวัดที่ตั้งไว้
4. เมื่อแหล่งจ่ายกำลังให้เครื่องวัด คือ แบตเตอรี่ 9V อ่อนกำลัง LO BAT จะปรากฏบนจอเตือนให้ผู้ใช้เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor)

O₂ Sensor (ออกซิเจน เซ็นเซอร์) ตัวจับค่าออกซิเจน ในไอเสีย เป็นตัวตรวจวัดความสมบูรณ์ ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์

อากาศโดยทั่วไปจะมีออกซิเจนอยู่ 21 % แต่ในไอเสียรถยนต์ ที่เผาไหม้ดี จะมีปริมาณ ออกซิเจนอยู่ที่ 1-2 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ซึ่งเครื่องนี้จะอ่านค่าออกซิเจนใน ทางเดินไอเสีย และส่งค่าไปยังกล่องสมองกลเพื่อคำนวณว่าเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเผาไหม้ไอดี อย่งไร

O₂ Sensor สร้างขึ้นด้วยกระเปาะหลอดทรงถ้วย ซ้อนกันสองชั้น เปลือกของหลอดทำด้วย ทองคำขาวที่มีรูพรุนและระหว่างเปลือก 2 ชั้นจะบรรจุเซรามิกที่นำไฟฟ้าได้ไว้

ตัวเซ็นเซอร์นี้จะถูกขันติดเข้าไปในทางเดินท่อไอเสีย ด้านหน้าของ แคนทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ส่วนที่เป็นกระเปาะเข้าไปรับไอเสีย และส่วนท้ายกระเปาะอยู่นอกทางเดินไปเสียเพื่อให้สายไฟ มาเสียบต่อเข้ากับกล่องสมองกล

การทำงาน

เมื่อไอเสียไหลเข้าในกระเปาะ จนถึงเปลือกชั้นในของกระเปาะ ตัว O₂ Sensor จะมีการ เปรียบค่ากันระหว่างออกซิเจนในไอเสียกับออกซิเจนภายนอก ส่งผลให้เกิด ions ขึ้นภายในเซรามิกที่ กันไว้ ซึ่ง ions เป็นอะตอมที่มีค่าความต่างของกระแสบวกและกระแสลบ และจะสร้างกระแส Voltage ขึ้น ยิ่งความต่างของออกซิเจนในไอเสียกับอากาศภายนอกมากเท่าไร ions ก็ยิ่งมาก และ กระแส Voltage ก็จะมาตามไปด้วย กระแส Voltage ที่ได้จะส่งไปยังกล่องสมองกล เพื่อวัดค่าว่า กระแสอยู่ในระดับที่ควรเป็นหรือไม่ โดยปกติกระแสที่ปล่อยจากตัวออกซิเจนเซ็นเซอร์ จะมีค่า 0.2 - 0.9 โวลต์ และกล่องสมองกล จะจ่ายเชื้อเพลิงให้ตามอัตราข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งถ้าค่าโวลต์ที่ได้รับมีมาก แสดงว่า ส่วนผสมของเชื้อเพลิงมีน้อยเกินไป และถ้าถ้าค่าโวลต์มีน้อย แสดงว่าส่วนผสมของเชื้อเพลิงมี มากเกินไป

ออกซิเจนเซ็นเซอร์แบบนี้บางครั้งจะเรียกว่า narrow-range oxygen sensor เพราะการที่ตัวจับ สัญญาณเปลี่ยนค่าเร็วมาก วินาทีละ 5-7 ครั้ง ในสภาพเครื่องปกติ ผู้ขับจึงรู้สึกว่ารถเดินเรียบนั่นเอง



รูปที่ 8ก เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดมลพิษยานยนต์ (Automotive gas analyser)

เครื่องวัดมลพิษยานยนต์ คือเครื่องมือใช้ในการอ่านค่ามลพิษที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมา ซึ่งจะมีเซนเซอร์สองส่วนคือปลายด้ามจับทำงานร่วมกับ เซนเซอร์ภายในเครื่องทำหน้าที่อ่านค่ามลพิษที่ออกมาโดยค่าที่อ่านได้ อาจเทียบเป็นสัดส่วนต่อปริมาตร หรือ สัดส่วนในล้านส่วน ในรุ่นใหม่จะมีการบันทึกค่าออกมาแบบสำเร็จรูปได้



รูปที่ 9ก เครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางผลการทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์

ตารางที่ 1ข แสดงผลการทดสอบกำลังโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	4.49	3.47	4.02	3.81	3.69	3.75	4.08	3.95	3.92	3.76	4.17	3.98
21	5.29	5.26	5.26	4.29	4.34	4.34	4.35	4.44	4.42	3.99	4.00	4.00
24	5.68	5.64	5.66	5.56	5.57	5.58	5.44	5.43	5.44	5.96	6.03	5.98
27	5.86	5.63	5.76	5.82	5.79	5.82	6.08	5.90	6.00	6.15	6.20	6.16
30	5.54	5.45	5.52	5.89	5.85	5.87	6.04	6.15	6.12	6.52	6.48	6.49
33	5.35	5.24	5.30	5.65	5.61	5.62	5.99	6.04	6.02	6.84	6.90	6.88
36	5.08	4.92	4.96	5.34	5.34	5.33	6.00	6.02	6.00	6.21	6.14	6.18

ตารางที่ 2ข แสดงผลการทดสอบกำลังโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	6.33	6.73	6.53	5.85	5.88	5.86	6.25	6.54	6.39	5.63	5.59	5.60
21	7.73	7.42	7.57	7.51	6.92	7.21	8.00	7.78	7.89	6.54	6.73	6.63
24	8.12	7.94	8.16	7.90	8.17	8.03	8.65	8.26	8.45	8.36	8.09	8.22
27	8.34	8.38	8.03	8.17	8.55	8.51	8.61	8.92	8.83	8.88	8.76	8.81
30	8.15	7.96	8.05	8.70	8.55	8.36	8.85	8.84	8.84	8.91	9.21	9.25
33	7.98	7.94	7.96	8.16	8.28	8.22	8.77	8.73	8.74	9.37	9.21	9.06
36	7.78	7.87	7.82	7.95	8.14	8.04	8.61	8.61	8.61	8.79	8.75	8.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ข แสดงผลการทดสอบกำลังโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	6.15	6.17	6.16	6.80	6.38	6.59	7.23	7.11	6.59	7.59	7.56	7.57
21	7.02	8.28	7.65	7.86	8.00	7.93	8.40	7.98	7.93	8.43	8.63	8.53
24	8.83	8.98	8.90	8.83	8.54	8.68	9.32	8.91	8.68	9.45	9.70	9.58
27	9.48	8.82	9.15	9.40	9.27	9.33	9.79	9.56	9.33	10.91	10.77	10.84
30	8.44	9.56	9.00	9.66	9.82	9.74	10.58	10.40	9.74	11.35	11.19	11.27
33	8.63	8.66	8.65	9.24	9.68	9.46	10.31	10.38	9.46	11.54	11.65	11.60
36	8.38	8.42	8.40	9.26	9.25	9.26	10.15	10.12	9.26	11.24	11.26	11.25

ตารางที่ 4ข แสดงผลการทดสอบแรงบิดโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	21.46	16.55	19.02	18.19	17.62	17.92	19.50	18.49	19.00	17.95	19.93	18.93
21	25.24	25.11	25.19	20.50	20.75	20.65	20.79	21.18	21.05	19.07	19.09	19.09
24	27.12	26.93	27.05	26.54	26.61	26.60	25.99	25.95	25.96	28.45	28.78	28.63
27	27.98	26.89	27.46	27.80	27.64	27.72	29.01	28.18	28.60	29.37	29.58	29.49
30	26.44	26.05	26.27	28.21	27.84	28.05	28.86	29.35	29.12	31.19	30.95	31.00
33	25.58	25.01	25.32	26.96	26.79	26.89	28.59	28.82	28.71	32.64	32.95	32.81
36	24.27	23.37	23.81	25.52	25.49	25.47	28.65	28.76	28.69	29.64	29.34	29.50

ตารางที่ 5x แสดงผลการทดสอบแรงบิดโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	30.24	32.15	31.20	27.95	28.06	28.01	29.84	31.21	30.53	26.88	26.67	26.79
21	36.93	35.43	36.19	35.85	33.03	34.44	38.21	37.14	37.69	31.22	32.11	31.67
24	38.75	37.93	38.35	37.71	38.99	38.35	41.29	39.42	40.37	39.92	38.61	39.27
27	39.81	40.03	39.92	39.02	40.82	39.92	41.11	42.57	41.84	42.38	41.81	42.10
30	38.91	37.99	38.47	41.55	40.82	41.19	42.26	42.19	42.23	42.56	43.98	43.26
33	38.12	37.91	38.02	38.96	39.54	39.26	41.86	41.66	41.76	44.72	43.98	44.36
36	37.15	37.56	37.37	37.98	38.85	38.43	41.10	41.12	41.11	41.97	41.79	41.88

ตารางที่ 6x แสดงผลการทดสอบแรงบิดโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	29.35	29.45	29.39	32.45	30.47	31.45	34.51	33.96	34.25	36.24	36.08	36.17
21	33.54	39.54	36.55	37.54	38.21	37.89	40.12	38.09	39.11	40.25	41.21	40.74
24	42.15	42.87	42.50	42.15	40.78	41.47	44.51	42.54	43.54	45.12	46.32	45.72
27	45.24	42.12	43.67	44.87	44.25	44.56	46.74	45.65	46.21	52.10	51.41	51.77
30	40.29	45.65	42.98	46.12	46.87	46.51	50.51	49.68	50.11	54.21	53.41	53.80
33	41.21	41.36	41.30	44.12	46.21	45.18	49.21	49.58	49.40	55.12	55.64	55.39
36	40.03	40.21	40.13	44.21	44.18	44.21	48.45	48.32	48.40	53.69	53.78	53.75

ตารางที่ 7ข แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค(BSFC) โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	458.9	578.5	518.7	542.1	556.3	549.2	775.7	810.4	793.1	867.1	794.5	830.8
21	416.8	409.6	413.2	499.5	473.3	486.4	554.6	567.3	560.9	733.4	778.7	756.1
24	402.8	393.7	398.2	410.7	415.2	412.9	441.3	425.5	433.4	503.0	490.3	496.6
27	385.5	403.5	394.5	413.8	413.7	413.8	439.5	421.8	430.7	474.3	478.5	476.4
30	388.8	386.8	387.8	410.5	410.1	410.3	432.5	412.7	422.6	459.1	457.4	458.3
33	386.7	394.2	390.5	408.2	426.3	417.3	429.7	441.2	435.5	458.3	456.3	457.3
36	385.2	427.6	406.4	421.1	417.1	425.9	429.8	432.4	431.1	461.4	466.4	463.9

ตารางที่ 8ข แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค(BSFC)โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอล์ (E10, E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	357.2	445.3	401.2	430.9	491.6	461.3	544.0	598.3	571.1	706.8	716.8	711.8
21	338.6	350.1	344.4	431.3	421.6	426.4	485.1	414.5	449.8	699.5	651.3	675.4
24	330.0	337.9	334.0	352.9	330.9	341.9	338.7	384.7	361.7	444.5	460.4	452.4
27	323.8	324.2	324.0	335.5	341.7	338.6	340.4	363.2	351.8	436.2	418.6	427.4
30	314.4	319.7	317.1	407.0	244.5	325.8	332.5	352.4	342.4	420.8	414.4	417.6
33	315.3	308.7	312.0	325.9	338.0	332.0	320.2	334.7	327.5	422.6	417.1	419.9
36	320.9	333.1	327.0	355.4	339.9	347.7	312.9	361.2	337.1	420.4	439.5	430.0

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9x แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค(BSFC)โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊โซลีน (E0) และแก๊โซฮอล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	486.8	494.1	490.4	550.2	503.1	526.7	451.4	488.3	469.9	627.8	588.0	607.9
21	321.0	422.8	371.9	449.1	452.2	450.7	479.5	463.1	471.3	597.6	575.4	586.5
24	308.0	307.6	307.8	332.2	298.1	315.2	308.4	324.5	316.5	535.5	538.4	537.0
27	280.8	283.8	282.3	294.4	300.4	297.4	309.7	313.6	311.7	390.3	388.1	389.2
30	256.5	265.3	260.9	295.7	294.2	295.0	316.3	287.8	302.1	337.3	373.7	355.5
33	295.5	299.2	297.4	301.3	306.6	304.0	300.1	321.0	310.5	381.2	380.9	381.1
36	296.6	308.4	302.5	307.6	309.7	308.7	302.2	314.8	308.5	384.6	386.8	385.7

ตารางที่ 10x แสดงผลการทดสอบอัตราการผลิตพลังงานจำเพาะเบรคโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊โซลีน (E0) และแก๊โซฮอล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%)

CAD	BSEC			
	E0	E10	E20	E85
18	22822.65	22500.59	32197.83	24508.60
21	18180.95	19928.08	22774.43	22303.48
24	17522.85	16918.42	17595.90	14651.08
27	17358.15	16951.34	17484.39	14053.70
30	17063.35	16809.85	17157.42	13518.38
33	17179.95	17094.87	17679.54	13490.45
36	17881.75	17262.98	17502.66	13684.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11ข แสดงผลการทดสอบอัตราการผลิตพลังงานจำเพาะเบรคโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สไลน์ (E0) และแก๊สฮอลล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%)

CAD	BSEC			
	E0	E10	E20	E85
18	17654.85	18897.55	23188.55	20998.20
21	15151.55	17471.52	18261.74	19924.30
24	14693.95	14007.64	14685.16	13347.18
27	14255.85	13872.58	14283.08	12608.20
30	13950.35	13345.98	13903.33	12319.30
33	13728.00	13600.13	13294.61	12385.58
36	14388.15	14243.22	13684.37	12683.53

ตารางที่ 12ข แสดงผลการทดสอบอัตราการผลิตพลังงานจำเพาะเบรคโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สไลน์ (E0) และแก๊สฮอลล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%)

CAD	BSEC			
	E0	E10	E20	E85
18	21579.65	21576.99	19075.91	17933.15
21	16363.60	18463.13	19134.64	17301.75
24	13543.35	12911.70	12847.87	15840.03
27	12421.05	12184.34	12652.99	11481.40
30	11479.60	12084.10	12263.23	10487.25
33	13083.40	12452.97	12607.52	11240.98
36	13310.15	12645.53	12525.10	11378.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13ข แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอล์ (E10,E20, E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำและปานกลาง (20%,30%,40%)

CAD	E0			E10			E20			E85		
	ภาระการทำงาน			ภาระการทำงาน			ภาระการทำงาน			ภาระการทำงาน		
	20%	30%	40%	20%	30%	40%	20%	30%	40%	20%	30%	40%
18	15.77	20.39	16.68	16.00	19.05	16.68	11.18	15.52	18.87	14.69	17.14	20.07
21	19.80	23.76	22.00	18.06	20.60	19.50	15.81	19.71	18.81	16.14	18.07	20.81
24	20.54	24.50	26.58	21.28	25.70	27.88	20.46	24.51	28.02	24.57	26.97	22.73
27	20.74	25.25	28.98	21.24	25.95	29.55	20.59	25.20	28.45	25.62	28.55	31.36
30	21.10	25.81	31.36	21.42	26.97	29.79	20.98	25.89	29.36	26.63	29.22	34.33
33	20.95	26.22	27.52	21.06	26.47	28.91	20.36	27.08	28.55	26.69	29.07	32.03
36	20.13	25.02	27.05	20.85	25.28	28.47	20.57	26.31	28.74	26.31	28.38	31.64

ตารางที่ 14ข แสดงผลการวัดค่าCOโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	0.55	0.36	0.47	0.35	0.37	0.37	0.33	0.30	0.32	0.23	0.24	0.24
21	0.43	0.48	0.46	0.37	0.30	0.36	0.29	0.21	0.25	0.23	0.22	0.23
24	0.42	0.39	0.42	0.29	0.25	0.28	0.24	0.21	0.23	0.21	0.20	0.21
27	0.32	0.35	0.35	0.24	0.27	0.26	0.21	0.19	0.21	0.19	0.18	0.19
30	0.31	0.33	0.32	0.25	0.24	0.25	0.19	0.18	0.19	0.14	0.18	0.16
33	0.35	0.40	0.39	0.27	0.32	0.30	0.21	0.29	0.26	0.16	0.18	0.18
36	0.45	0.44	0.45	0.36	0.31	0.35	0.40	0.37	0.40	0.24	0.23	0.24

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15ข แสดงผลการวัดค่าCOโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สอิน (E0) และแก๊สไฮโดร (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	0.51	0.55	0.53	0.42	0.45	0.44	0.35	0.39	0.37	0.34	0.35	0.35
21	0.47	0.49	0.48	0.40	0.41	0.41	0.30	0.28	0.29	0.31	0.28	0.30
24	0.42	0.40	0.41	0.38	0.35	0.37	0.27	0.26	0.27	0.21	0.25	0.23
27	0.35	0.37	0.36	0.34	0.35	0.35	0.23	0.23	0.23	0.21	0.18	0.20
30	0.32	0.40	0.36	0.29	0.35	0.32	0.28	0.25	0.27	0.25	0.21	0.23
33	0.37	0.35	0.36	0.39	0.29	0.34	0.29	0.26	0.28	0.26	0.24	0.25
36	0.40	0.46	0.43	0.41	0.35	0.38	0.35	0.37	0.36	0.31	0.29	0.30

ตารางที่ 16ข แสดงผลการวัดค่าCOโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สอิน (E0) และแก๊สไฮโดร (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	0.64	0.62	0.63	0.52	0.56	0.54	0.50	0.45	0.48	0.42	0.41	0.42
21	0.69	0.60	0.65	0.57	0.58	0.58	0.45	0.42	0.44	0.36	0.38	0.37
24	0.63	0.62	0.63	0.51	0.52	0.52	0.36	0.38	0.37	0.32	0.30	0.31
27	0.58	0.57	0.58	0.50	0.48	0.49	0.35	0.34	0.35	0.30	0.29	0.30
30	0.61	0.62	0.62	0.52	0.54	0.53	0.42	0.41	0.42	0.32	0.33	0.33
33	0.63	0.64	0.64	0.61	0.59	0.60	0.46	0.48	0.47	0.40	0.39	0.40
36	0.65	0.67	0.66	0.62	0.61	0.62	0.48	0.54	0.51	0.45	0.43	0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไม่นานกว่าห้าปีไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถตีพิมพ์ซ้ำอีกทั้งที่มิได้ทำแบบตงเนื้อที่ และห้องยังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

ตารางที่ 17x แสดงผลการวัดค่าCO₂โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	11.80	11.90	11.84	11.98	11.88	11.94	12.12	12.15	12.15	12.22	12.25	12.25
21	12.15	12.17	12.16	12.22	12.25	12.24	12.27	12.30	12.29	12.37	12.40	12.39
24	12.23	12.30	12.28	12.40	12.30	12.34	12.40	12.46	12.44	12.50	12.56	12.52
27	12.40	12.50	12.44	12.45	12.50	12.49	12.50	12.56	12.52	12.60	12.59	12.60
30	12.30	12.30	12.31	12.47	12.45	12.47	12.55	12.50	12.55	12.68	12.70	12.68
33	12.20	12.30	12.24	12.35	12.30	12.35	12.50	12.56	12.52	12.75	12.70	12.74
36	12.30	12.20	12.28	12.33	12.00	12.19	12.54	12.50	12.53	12.54	12.50	12.51

ตารางที่ 18x แสดงผลการวัดค่าCO₂โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	11.30	11.40	11.35	11.30	11.60	11.45	11.50	12.10	11.80	12.10	11.80	11.95
21	12.10	11.80	11.95	12.00	12.40	12.20	12.30	12.20	12.25	12.40	12.30	12.35
24	12.50	12.40	12.45	12.60	12.70	12.65	12.60	12.70	12.65	12.70	12.90	12.80
27	12.70	12.60	12.65	12.80	12.90	12.85	13.00	12.80	12.90	13.20	12.80	13.00
30	12.70	12.60	12.65	12.90	12.80	12.85	12.80	12.90	12.85	13.10	13.00	13.05
33	12.60	12.50	12.55	12.50	12.60	12.55	12.70	12.50	12.60	12.90	12.95	12.93
36	12.00	12.40	12.20	12.40	12.20	12.30	12.40	12.10	12.25	12.60	12.50	12.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูที่ปรึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19x แสดงผลการวัดค่าCO₂โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	11.70	11.72	11.71	12.00	11.58	11.79	12.08	12.05	12.07	12.35	12.30	12.33
21	11.92	11.95	11.94	12.15	12.18	12.17	12.24	12.23	12.24	12.76	12.75	12.76
24	12.24	12.26	12.25	12.35	12.41	12.38	12.69	12.75	12.72	13.10	13.02	13.06
27	12.78	12.74	12.76	12.90	12.87	12.89	12.94	12.92	12.93	12.92	13.20	13.06
30	13.24	13.14	13.19	13.20	13.30	13.25	13.30	13.42	13.36	13.54	13.56	13.55
33	13.00	12.80	12.90	13.02	13.00	13.01	13.09	13.12	13.11	13.36	13.40	13.38
36	12.70	12.70	12.70	12.80	12.90	12.85	12.95	12.93	12.94	13.26	13.28	13.27

ตารางที่ 20x แสดงผลการวัดค่าHCโดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	63.00	98.00	80.49	96.00	49.00	72.49	50.89	50.97	50.94	39.00	42.00	40.50
21	75.00	73.00	73.99	35.00	58.00	46.51	38.50	38.00	38.29	33.00	34.00	33.50
24	70.00	69.00	69.49	41.00	41.00	41.01	36.50	35.50	36.50	32.00	34.00	32.00
27	67.00	69.00	68.01	40.00	39.00	39.50	34.00	34.00	34.05	31.00	31.50	31.25
30	71.00	71.00	70.99	41.00	42.00	42.00	32.50	31.00	31.76	31.00	31.00	31.00
33	63.00	65.00	64.10	49.00	58.00	53.50	42.14	44.32	43.22	28.50	27.00	27.79
36	67.00	64.00	65.50	47.00	55.00	52.00	45.31	46.57	45.92	56.50	57.00	56.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 หากมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 02-232-4000

ตารางที่ 21x แสดงผลการวัดค่าHCโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สอิน (E0) และแก๊ซฮอล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	83.0	82.5	82.5	85.0	84.0	84.5	83.0	80.0	81.5	78.0	78.5	78.5
21	82.0	82.0	82.0	80.0	79.5	79.5	78.0	79.0	78.5	76.0	76.0	76.0
24	79.0	75.0	77.0	78.0	54.0	66.0	61.0	62.0	61.5	59.0	53.0	56.0
27	74.0	73.5	74.0	68.0	67.0	67.5	59.0	60.0	59.5	57.0	56.0	56.5
30	71.0	78.0	74.5	64.0	66.0	65.0	59.0	59.0	59.0	54.0	58.0	56.0
33	97.0	98.0	97.5	57.0	67.0	62.0	62.0	68.0	65.0	60.0	59.5	59.5
36	101.0	110.0	105.5	59.0	67.0	63.0	69.0	71.0	70.0	61.0	60.0	60.5

ตารางที่ 22x แสดงผลการวัดค่าHCโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สอิน (E0) และแก๊ซฮอล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	110.0	110.5	110.5	107.0	103.0	105.0	128.0	152.0	140.0	155.0	146.0	150.5
21	109.0	107.0	108.0	99.0	107.0	103.0	108.0	110.0	109.0	127.0	67.0	97.0
24	108.0	101.0	104.5	98.0	97.0	97.5	49.0	85.0	67.0	56.0	46.0	51.0
27	98.0	98.0	98.0	79.0	78.0	78.5	67.0	71.0	69.0	49.0	52.0	50.5
30	96.0	97.0	96.5	76.0	78.0	77.0	63.0	66.0	64.5	44.0	54.0	49.0
33	97.0	91.0	94.0	84.0	86.0	85.0	71.0	71.0	71.0	56.0	56.0	56.0
36	99.0	98.0	98.5	94.0	85.0	89.5	82.0	83.0	82.5	62.0	64.0	63.0

ตารางที่ 23ข แสดงผลการวัดค่า O_2 โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	1.19	1.24	1.22	1.36	1.23	1.30	1.42	1.45	1.44	1.38	1.35	1.37
21	1.18	1.14	1.16	1.06	1.16	1.11	1.26	1.26	1.26	1.31	1.35	1.34
24	1.06	0.94	1.00	0.98	1.10	1.08	1.09	1.07	1.09	1.19	1.18	1.19
27	0.84	0.89	0.87	0.99	1.01	1.00	1.08	1.09	1.09	1.22	1.21	1.22
30	0.92	0.96	0.95	1.02	1.04	1.04	1.10	1.12	1.11	1.19	1.17	1.17
33	1.03	0.97	1.00	1.15	1.19	1.18	1.17	1.16	1.17	1.17	1.13	1.15
36	1.17	1.12	1.16	1.30	1.29	1.30	1.29	1.27	1.28	1.34	1.25	1.31

ตารางที่ 24ข แสดงผลการวัดค่า O_2 โดยใช้เชื้อเพลิงแกโซลีน (E0) และแกโซฮอลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	1.52	1.48	1.50	1.74	1.62	1.68	1.86	1.98	1.92	2.16	1.92	2.04
21	1.30	1.26	1.28	1.44	1.34	1.39	1.72	1.59	1.66	1.76	1.83	1.80
24	1.02	1.19	1.11	1.31	1.06	1.19	1.36	1.46	1.41	1.59	1.42	1.51
27	0.95	0.91	0.93	1.17	1.01	1.09	1.30	1.21	1.26	1.42	1.35	1.39
30	0.91	1.03	0.97	1.02	1.21	1.12	1.20	1.22	1.21	1.38	1.34	1.36
33	1.27	0.92	1.10	1.11	1.14	1.13	1.19	1.20	1.20	1.24	1.26	1.25
36	1.11	1.31	1.21	1.32	1.26	1.29	1.32	1.42	1.37	1.40	1.46	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25ข แสดงผลการวัดค่า O_2 โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (E0) และแก๊สโซลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	1.75	1.79	1.77	2.01	1.94	1.98	2.21	2.24	2.23	2.42	2.41	2.42
21	1.38	1.35	1.37	1.47	1.45	1.46	1.84	1.82	1.83	2.24	2.11	2.18
24	1.12	1.15	1.14	1.18	1.21	1.20	1.65	1.32	1.49	2.01	1.98	2.00
27	1.02	1.08	1.05	1.21	1.16	1.19	1.24	1.39	1.32	1.57	1.69	1.63
30	0.98	0.95	0.97	1.22	1.24	1.23	1.36	1.34	1.35	1.65	1.10	1.38
33	1.08	1.12	1.10	1.19	1.21	1.20	1.32	1.23	1.28	1.35	1.42	1.39
36	1.21	1.02	1.12	1.12	1.32	1.22	1.42	1.35	1.39	1.52	1.56	1.54

ตารางที่ 26ข แสดงผลการวัดค่า NO_x โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (E0) และแก๊สโซลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (20%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	1493	1347	1421	1473	1505	1492	1723	1782	1755	1832	1865	1888
21	1731	1853	1850	1757	1967	1877	2228	2277	2246	2256	2277	2270
24	2850	2168	2760	2864	2765	2818	3225	3231	3228	3786	3528	3715
27	2710	3233	2977	3450	3184	3320	3556	3654	3610	4153	4715	4499
30	3422	3697	3560	3620	3612	3615	4066	3984	4030	5000	4853	4877
33	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	4878	4912
36	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	4910	5000	5000	5000	5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนวิศวกรรมอุทกศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่มีการคืนค่าทางเดิน อีกทั้งไม่มีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27x แสดงผลการวัดค่า NO_x โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (E0) และแก๊สโซลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานต่ำ (30%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	2173	1832	2003	2134	2342	2238	2953	2853	2903	3467	3267	3367
21	3289	3121	3205	3641	3423	3532	3901	3574	3738	3921	3998	3960
24	3427	3845	3636	3933	4219	4076	3922	4523	4223	4248	4524	4386
27	4371	4592	4482	4731	4539	4635	5000	4777	4889	5000	4694	4847
30	5000	4607	4804	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
33	4871	5000	4936	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
36	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

ตารางที่ 28x แสดงผลการวัดค่า NO_x โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (E0) และแก๊สโซลล์ (E10,E20,E85) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ภาระการทำงานปานกลาง (40%) ครั้งที่ 1, 2 และ 3

CAD	E0			E10			E20			E85		
	การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่			การทดลองครั้งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
18	2412	2431	2422	2631	2653	2642	2841	2857	2849	3100	3054	3077
21	4012	4125	4069	5000	3683	4342	4560	4321	4441	4560	4581	4571
24	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
27	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
30	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
33	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
36	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจันทบุรี และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
 ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
 หากมีการแก้ไขข้อมูลใดๆ ให้ติดต่อแจ้งหน่วยงานต้นสังกัด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้