

การดัดแปลงและตรวจสอบเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์สี่จังหวะ  
สำหรับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล

MODIFICATION AND INVESTIGATION OF EXISTING FOUR STROKE  
MOTORCYCLE FOR ETHANOL FUELING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2000-EN-M-030-108

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดัดแปลงและตรวจสอบเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์สี่จังหวะ  
สำหรับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล

**MODIFICATION AND INVESTIGATION OF EXISTING FOUR STROKE  
MOTORCYCLE FOR ETHANOL FUELING**



T105418

ธนวัฒน์ ศรีรักษา

TANAWAT SRIRUGSA

ทพ.  
ฉ1ธ1ก  
2552

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 105418  
วัน,เดือน,ปี 23 พ.ย. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2552

**KMITL-2009-EN-M-030-108**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MODIFICATION AND INVESTIGATION OF EXISTING FOUR STROKE  
MOTORCYCLE FOR ETHANOL FUELING**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2009**

**KMITL-2009-EN-M-030-108**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2009**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การดัดแปลงและตรวจสอบเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์สี่จังหวะสำหรับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล  
Thesis Title Modification and Investigation of Existing Four Stroke Motorcycle for Ethanol Fueling  
นักศึกษ นายชนวัฒน์ ศรีรักษา  
รหัสประจำตัว 49060372  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์  
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-030-108

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จำลอง	ปราบแก้ว
ดร.ปัญญา	จันทร์สุวรรณ
ดร.บำรุง	พ่วงเกิด
รศ.ดร.สมชาย	จันทร์ชานา
ผศ.ดร.จินดา	เจริญพรพาณิชย์

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 เวลา 14.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

*(ลายมือชื่อ)*

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปลงและตรวจสอบเครื่องยนตรถจักรยานยนต์สี่จังหวะ สำหรับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล
นักศึกษา	นายธนวัฒน์ ศรีรักษา
รหัสประจำตัว	49060372
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการปรับแต่งรถจักรยานยนต์ทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์เพื่อใช้เอทานอล เนื่องจากคุณสมบัติของเอทานอลที่มีความแตกต่างกับแก๊ส โซลีนดังนี้ คุณสมบัติในการกักความร้อนของเอทานอลสูงกว่าแก๊ส โซลีน ค่าความร้อนของเอทานอลน้อยกว่าแก๊ส โซลีน ประมาณ 34% โดยมวล ความร้อนแฝงในการระเหยตัวกลายเป็น ไอสูงกว่าแก๊ส โซลีนประมาณ 3 เท่าและค่าออกเทน ของเอทานอลมีสูงกว่าแก๊ส โซลีน จากคุณสมบัติข้างต้นต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์ดังนี้ ทำการเปลี่ยนวัสดุ ท่ออย่าง ที่อาจทำปฏิกิริยากับเอทานอล ส่วนค่าความร้อนของเอทานอลที่น้อยกว่าแก๊ส โซลีน ได้มีการชดเชยปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้มากขึ้น ในระบบหัวฉีดทำการสร้างกล่องขยายสัญญาณหัวฉีดและระบบคาร์บูเรเตอร์ทำการขยายหรือเปลี่ยนขนาดมมหนูให้ใหญ่ขึ้นทั้งนมหนูหลักและนมหนูเดินเบา และเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์จากเดิม 9.3:1 เป็น 12:1 เพื่อให้เหมาะกับเอทานอล กระบวนการในการทดสอบเริ่มทดสอบตั้งแต่ 3000 – 8000 รอบ/นาที การทดสอบหาค่ากำลังงานเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์ทำการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อสุด ส่วนการทดสอบมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทำการทดสอบที่แรงม้าเดียวกันในทุกสภาวะการทดสอบ ผลการทดสอบเมื่อใช้เอทานอลกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น 12% เมื่อเทียบกับแก๊ส โซลีน มลพิษจำพวก CO HC และ NO<sub>x</sub> ลดลง 34% 38% และ 53% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊ส โซลีน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เมื่อใช้เอทานอลสิ้นเปลืองกว่าแก๊ส โซลีน 38% โดยปริมาตรและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เมื่อใช้เอทานอลลดลง 16% เมื่อเทียบกับแก๊ส โซลีน จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเอทานอลสามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊ส โซลีนได้แต่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอล

<b>Thisis</b>	Modification and Investigation of Existing Four Stroke Motorcycle for Ethanol Fueling
<b>Student</b>	Mr.Tanawat Srirugsa
<b>Student ID.</b>	49060372
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Mechanical Engineering
<b>Year</b>	2009
<b>Thesis Advisor</b>	Assist.Prof Chinda Charoenphonphanich

## ABSTRACT

The objective of this study is to modify the conventional carburetor and injector motorcycle engine for using the ethanol fuel. The fuel supply systems were modified for the ethanol fuel. The modification involves the air to fuel ratio ethanol runs richer than gasoline due to its less energy content about 34% by mass. Perhaps the greatest obstacle to ethanol-fueled vehicles is their difficulty to start in cold conditions due to its higher heat of vaporization and lower vapor pressure of the ethanol. In order to increase the fuel to air ratio, the main jet's diameter must be enlarged and fuel injection duration must be extended. To utilize the advantage of high octane number of the ethanol, engine compression ratio was increased from 9.3:1 to 12:1. The tests were performed at 3000-8000 rpm, maximum brake torque with wide open throttle. In case of using neat ethanol, the maximum brake torque increases 12%. The emissions of CO, HC and NO<sub>x</sub> decrease 34%, 38% and 53% respectively compare to those of gasoline. The BSFC of ethanol increases 38% and the BSEC decreases 16%. This study shows the possibility of engine modification to use the ethanol as alternative fuel in Thailand.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาโดยตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ในชมรมยานยนต์ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และสถานที่ทดสอบโดยเฉพาะ พิชัย เอ แยก วิท นื่องตัน นื่องใหม่ นื่องเก่งและทุกๆ คนในชมรมยานยนต์ที่ไม่ได้กล่าวถึงใน ณ ที่นี้ด้วย ที่ช่วยกันทำงานและให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา และพี่สาวที่เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า พร้อมทั้งคอยช่วยให้กำลังใจและให้คำปรึกษาต่างๆ จนทำให้ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จ

ธนวัฒน์ ศรีรักษา

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ทำวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 เครื่องยนต์แก๊ส โซลีน (gasoline engine).....	7
2.1.1 กำลังบ่งชี้ (indicated power, $P_i$ ).....	7
2.1.2 กำลังเบรก (brake power, $P_b$ ).....	8
2.1.3 กำลังเสียดทาน (friction power, $P_f$ ).....	9
2.1.4 ความดันขั้วผลเฉลี่ย (bmep).....	10
2.1.5 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (sfc).....	10
2.1.6 ระบบคาร์บูเรเตอร์.....	11
2.1.7 ระบบฉีดเชื้อเพลิง.....	14
2.2 เอทานอล (ethanol).....	20

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	23
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	23
3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	23
3.1.2 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	27
3.1.3 กระบวนการในการทดสอบ.....	28
3.1.4 การเตรียมเครื่องยนต์ในการทดสอบ.....	29
3.2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ.....	42
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	45
4.1 เครื่องยนต์ระบบหัวฉีด.....	45
4.1.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์หัวฉีด.....	45
4.1.2 มลพิษของเครื่องยนต์หัวฉีด.....	49
4.1.3 อุณหภูมิไอดี ไอเสียและแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์หัวฉีด.....	53
4.1.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หัวฉีด.....	54
4.2 เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	57
4.2.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	60
4.2.2 มลพิษของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	62
4.2.3 อุณหภูมิไอดี ไอเสียและแลมด้า ของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	65
4.2.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	67
4.3 การวิ่งทดสอบบนถนนจริง.....	69
4.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อที่ใช้เอทานอล.....	70
4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์.....	72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	73
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	73
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม.....	75

## สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก.....	77
ภาคผนวก ก. โปรแกรมขยายสัญญาฉบับหัวฉีดและปรับตั้งองศาจุดระเบิด.....	77
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่.....	97
ประวัติผู้วิจัย.....	105



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของเอทานอลกับแก๊ส โซลีน.....	20
3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	27
3.2 ผลจากการคำนวณวัฏจักร Otto ที่กำลังอัด 9.3:1 และ 12:1 .....	39
3.3 อัตราส่วนกำลังอัดของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	40
4.1 การใช้เชื้อเพลิงในปริมาณอากาศเท่ากัน.....	46
4.2 อัตราการสิ้นเปลืองที่ความเร็ว 60 km/h.....	69
4.3 อัตราการสิ้นเปลืองที่ความเร็ว 90 km/h.....	69
4.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเครื่องยนต์.....	71



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ.....	6
2.2 พี-วี ไคอะแกรมของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	7
2.3 การนำไอดีเข้าและไอเสียออกที่ภาระบางส่วน.....	8
2.4 หลักการทำงานของไคเนาโมมิเตอร์.....	9
2.5 คาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน.....	12
2.6 สมรรถนะของคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน ในรูปของการเปลี่ยนแปลง.....	14
2.7 ตำแหน่งตัวตรวจจับต่างๆ ที่ตัวเรือนปีกผีเสื้อ.....	15
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....	15
2.9 วงจรภายในของตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี.....	16
2.10 วงจรภายในของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง.....	17
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง.....	17
2.12 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์และตำแหน่งจุดระเบิด.....	18
2.13 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง.....	18
2.14 ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงและตัวควบคุมความดัน.....	19
2.15 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง.....	19
3.1 เซนซิทีสไคเนา โมมิเตอร์.....	23
3.2 เครื่องมือวัดมลพิษ.....	24
3.3 สมการการหาค่าแลมด้าของเอทานอล.....	24
3.4 เครื่องมือวัดกำลังอัดเครื่องยนต์.....	25
3.5 ออสซิลอสโคป.....	25
3.6 เครื่องมือในการวัดองศาการจุดระเบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์.....	26
3.7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ.....	26
3.8 ดาซังวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง.....	27
3.9 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	28
3.10 ไคอะแกรมในการทดสอบเครื่องยนต์.....	28
3.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบฉีดเชื้อเพลิง.....	29
3.12 ไคอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับ.....	30
3.13 ลักษณะสัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิง.....	30

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 วงจรควบคุมความดันไว้ที่ 5 โวลต์.....	31
3.15 วงจรแปลงสัญญาณหัวฉีด.....	31
3.16 วงจรขับหัวฉีด.....	31
3.17 กล้องขยายสัญญาณหัวฉีด.....	32
3.18 สัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงและสัญญาณที่ขยาย.....	32
3.19 นมหนูเคินเบาและนมหนูหลัก.....	33
3.20 อุปกรณ์ในการขายนมหนู.....	33
3.21 ขนาดของนมหนูหลักกับสัดส่วนของเอทานอล.....	35
3.22 แผนภาพ P-V ของวัฏจักร Otto.....	36
3.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกำลังอัดและออกเทน.....	39
3.24 เปรียบเทียบฝาสูบเดิมกับฝาสูบที่เพิ่มกำลังอัด.....	40
3.25 การวัดกำลังอัดของเครื่องยนต์.....	41
3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในกระบอกสูบและอัตราส่วนกำลังอัด.....	41
3.27 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอดีและไอเสีย.....	42
3.28 โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ.....	43
3.29 การตั้งเงื่อนไขของการคำนวณ.....	43
3.30 ผลที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	44
4.1 กำลังงานเบรกเครื่องยนต์หัวฉีด.....	45
4.2 แรงบิดเครื่องยนต์หัวฉีด.....	46
4.3 กำลังงานเบรกที่ได้มาจากการคำนวณ.....	47
4.4 ความดันยังผลเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ (bmep) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	48
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน.....	48
4.6 การคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อน.....	49
4.7 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	50
4.8 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> ) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	51
4.9 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	51
4.10 NO <sub>x</sub> เครื่องยนต์หัวฉีด.....	52
4.11 อุณหภูมิไอดีเครื่องยนต์หัวฉีด.....	53
4.12 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์หัวฉีด.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนพระปริยัติธรรมวัดมหาธาตุยุวราชรังสฤษฎิ์ราชวชิรวิหาร กรุงเทพมหานคร ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา IX ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 แลมด้า( $\lambda$ ) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	54
4.14 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	55
4.15 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เครื่องยนต์หัวฉีด.....	56
4.16 กำลังงานเบรกเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหนูต่างกัน.....	57
4.17 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหนูต่างกัน.....	58
4.18 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดของนมหนูต่างกัน.....	58
4.19 NO <sub>x</sub> เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหนูต่างกัน.....	59
4.20 แลมด้า( $\lambda$ ) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหนูต่างกัน.....	59
4.21 กำลังงานเบรกเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	60
4.22 แรงบิดเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	61
4.23 ความดันเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ (bmep) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	62
4.24 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	63
4.25 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> ) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	64
4.26 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	64
4.27 NO <sub>x</sub> เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	65
4.28 อุณหภูมิไอดีเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	66
4.29 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	66
4.30 แลมด้า( $\lambda$ ) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	67
4.31 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	67
4.32 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์.....	68
4.33 ค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตรระหว่างเอทานอลและแก๊สโซลีนที่ความเร็ว 90 km/h.....	70
4.34 ค่าใช้จ่ายที่ลดลงในแต่ละเดือน.....	71

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้เชื้อเพลิงทางเลือกได้เป็นที่นิยมนำมาใช้กันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงเหล่านี้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับในปัจจุบันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมมีราคาที่สูงขึ้นซึ่งประเทศไทยไม่สามารถผลิตใช้ในประเทศได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยไม่มีเสถียรภาพทางด้านพลังงาน เห็นได้ว่าเราไม่สามารถที่ควบคุมราคาของเชื้อเพลิงปิโตรเลียมได้จึงก่อให้เกิดความเดือดร้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าประเทศไทยเราสามารถผลิตเชื้อเพลิงให้เพียงพอกับความต้องการของประเทศได้ก็จะทำให้ประเทศมีเสถียรภาพทางด้านพลังงานเพิ่มสูงขึ้นทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ผลพลอยได้อีกอย่างหนึ่งที่เราใช้เชื้อเพลิงทางเลือกคือมลพิษที่ออกมาน้อยกว่าเชื้อเพลิงปิโตรเลียมอีกด้วยเป็นการช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง โดยในปัจจุบันเชื้อเพลิงทางเลือกที่ไทยสามารถผลิตได้และเป็นที่นิยมใช้กันก็มีไบโอดีเซลและเอทานอล

จากการที่ประเทศไทยเป็นเมืองเกษตรกรรมเราจึงสามารถผลิตเอทานอลได้ภายในประเทศ โดยในปัจจุบันก็มีการนำเชื้อเพลิงทางเลือกเหล่านี้ได้นำมาขายตามบริษัทน้ำมันเชื้อเพลิงต่างๆ ภายในประเทศ แต่ต้องมีการผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเครื่องยนต์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ ปัจจุบันนี้อัตราส่วนของเชื้อเพลิงเชื้อเพลิงทางเลือกที่ผสมลงไปในการผลิตเชื้อเพลิงปิโตรเลียมยังมีน้อยอยู่ ในอนาคตคาดว่าจะมีการเพิ่มในอัตราส่วนของเชื้อเพลิงทางเลือกให้เพิ่มสูงขึ้นและอาจจะนำเชื้อเพลิงทางเลือกมาใช้ได้โดยไม่ต้องผสมกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม ซึ่งในปัจจุบันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนที่ผสมกับเอทานอลมีอัตราส่วนตั้งแต่ 10% 20% และ 85% โดยปริมาตรซึ่งเรียกว่า E10 E20 และ E85 เห็นได้ว่าเชื้อเพลิงทางเลือกยังมีอัตราส่วนผสมที่น้อยอยู่เนื่องจากข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ศึกษาการนำเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ในรถจักรยานยนต์โดยไม่ต้องผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน เหตุที่ทำงานวิจัยนี้ขึ้นเนื่องมาจากถ้าเราสามารถนำเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ที่ใกล้เคียงกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนแต่เราก็ต้องปรับแต่งและทดสอบเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะกับเอทานอลเนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติเคมีและกายภาพต่างกับแก๊สโซลีน ส่วนค่าความร้อนของเอทานอลน้อยกว่าแก๊สโซลีนดังนั้นต้องปรับอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ และปัญหาในการสตาร์ทในขณะที่เครื่องยนต์เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ปรับแต่งเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เครื่องยนต์เอทานอลให้มีสมรรถนะใกล้เคียงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเดิม
- 1.2.2 ศึกษามลพิษที่ออกมาจากการใช้เอทานอลเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน
- 1.2.3 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนกับเอทานอล
- 1.2.4 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองของเอทานอลเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน

## 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 ค่าความร้อนของเอทานอลมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนในปริมาณที่เท่ากัน
- 1.3.2 ค่าความร้อนในการระเหยตัวของเอทานอลมีมากกว่าแก๊สโซลีน ในขณะที่เครื่องเย็นทำให้การสตาร์ทเครื่องยนต์ยากขึ้น

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ทำวิจัย

- 1.4.1 การทำงานของเครื่องยนต์ทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์
- 1.4.2 คุณสมบัติของแก๊สโซลีนและเอทานอล
- 1.4.3 ทฤษฎีการเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.5.1 ปรับแต่งเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงเอทานอลได้ ทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์
- 1.5.2 สร้างอุปกรณ์ปรับเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์หัวฉีด
- 1.5.3 ทดสอบเครื่องยนต์วัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลนำมาเปรียบเทียบกัน
- 1.5.4 วัดมลพิษที่ออกมาของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลนำมาเปรียบเทียบกัน
- 1.5.5 วัดอัตราการสิ้นเปลืองเมื่อใช้เอทานอลเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน

## 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการนำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์นั้นก็มีทั้งการนำเอทานอลไปใช้กับเครื่องยนต์โดยตรง และการนำเอทานอลไปผสมกับแก๊สโซลีนก่อนนำไปใช้กับเครื่องยนต์ โดยจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาแล้วนั้นก็มี การทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ มลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

กำลังของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอล Al-Hasan [1] ได้ทำการทดสอบเอทานอลผสมกับแก๊สโซลีนในสัดส่วน E5 E10 E15 E20 และ E30 แล้วนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ผลที่ออกมาเครื่องยนต์ที่ใช้ E20 มีกำลังสูงขึ้นกว่าแก๊สโซลีน 8.3% เหตุผลที่กำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นก็มาจากคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวที่สูงกว่าแก๊สโซลีนจริงทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้แก๊สโซลีนเพียงอย่างเดียว Yucesu และคณะ [2] ทำการเพิ่มสัดส่วนของเอทานอลมากขึ้นอีกโดยมีตั้งแต่ E10 E20 E40 และ E60 และได้มีการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดของเครื่องยนต์พร้อมทั้งปรับองศาการจุดระเบิด ผลที่ออกมาที่กำลังอัด 8:1 ที่องศาการจุดระเบิด 26 องศา ก่อนศูนย์ตายบนนั้น E0 และ E20 มีกำลังที่สูงที่สุด ส่วนที่กำลังอัด 13:1 ที่องศาการจุดระเบิด 23 องศา ก่อนศูนย์ตายบนนั้น E60 มีกำลังที่สูงที่สุด Brusstar [3] นำ เอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์ที่ได้เพิ่มกำลังอัดให้เหมาะสมกับเอทานอลผลที่ออกมาเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงถึง 40% Dambach และคณะ [4] นำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ขนาดเล็กและได้ปรับแต่งนมหนูขยายจากเดิม 20-30% ของขนาดนมหนูเดิมที่ใช้แก๊สโซลีน เมื่อใช้เอทานอลแล้วกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากแก๊สโซลีน 10% เนื่องมาจากตัวคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่า  $A/F = 9:1$  เมื่อนำไปใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีค่า  $A/F = 14.7:1$  ก็ทำให้อากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์มีมากพอที่ใส่เอทานอลเข้าไปได้เยอะกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีกำลังที่สูงกว่าแก๊สโซลีน ภาณุเดช จินดาวงศ์ และคณะ [5] ได้ทำการทดสอบการใช้เอทานอล 95% และ 99.5% เปรียบเทียบกับแก๊สโซลีนผลที่ได้มาเมื่อใช้เอทานอล 99.5% ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 25-30% เนื่องมาจากเอทานอลมีค่า Adiabatic flame temperature ที่ต่ำกว่าแก๊สโซลีน (เอทานอลมีค่า 2197 K ส่วนแก๊สโซลีนมีค่า 2266 K) ซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น คุณสมบัติในการเผาไหม้ของเอทานอลที่เร็วกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้สูญเสียความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมข้างได้น้อยกว่า และอุณหภูมิไอติดต่ำกว่าทำให้ไอที่เข้ากระบอกสูบมีความหนาแน่นมากกว่าทำให้การเผาไหม้มีความดันที่สูงกว่าส่งผลให้ได้กำลังงานที่มากกว่าและประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย

มลพิษของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล Can Cinar [2] นำเอทานอลมาผสมกับแก๊สโซลีนในสัดส่วน E10 E20 E40 และ E60 ผลที่ออกมาที่เห็นได้ชัดเจนคือ E40 และ E60 ที่ 2000 rpm มีค่า CO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลง 11% และ 10.8% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ส่วนค่า HC เมื่อใช้ E60 ลดลงมากที่สุดที่ 5000 rpm ถึง 16.45% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน Al-Hasan [1] นำเอทานอลผสมกับแก๊สโซลีน เช่นเดียวกันในสัดส่วน E5 E10 E15 E20 และ E25 ผลที่ออกมาเมื่อใช้ E25 ค่า CO และ HC ลดลง 46.5% และ 23.4% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนตามลำดับส่วนค่า CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้น 7.5% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน Ceviz และ Yulsel [4] ทดสอบ E5 E10 E15 และ E20 ผลที่ออกมาเมื่อใช้ E10 ค่า HC และ CO ลดลง 20% และ 30% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน CELIK [9] ใช้ E50 ในการทดสอบ โดยที่ กำลังของเครื่องยนต์ 6:1 ค่า CO ลดลง 45% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนเนื่องมาจากความต้องการ อากาศของเอทานอลที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน และเมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ เป็น 10:1 ทำให้ค่า CO ลดลงไปอีก 53% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ส่วนค่า HC เมื่อใช้ E50 ที่กำลังอัด 6:1 ลดลง 26% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน และค่า NO<sub>x</sub> เมื่อใช้ E50 ที่กำลังอัด 6:1 ลดลง 33% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน และเมื่อเพิ่มกำลังอัดค่า NO<sub>x</sub> เพิ่มสูงขึ้นเนื่องมาจากอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่สูงขึ้น Dambach และ คณะ [4] ใช้เอทานอลในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์และมีการเปลี่ยนขนาดของนวมผลที่ออกมาค่า CO และ CO<sub>2</sub> ลดลง 30% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ส่วนค่า HC และ NO<sub>x</sub> เพิ่มขึ้น 11% เมื่อเทียบกับ แก๊สโซลีน อุทัย อึ้งเจริญ [5] โดยใช้ E10 E20 และ E30 ค่า CO ลดลง 10.2% 27.7% และ 32.6% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนเนื่องจากเอทานอลเป็นองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำกว่า และมี ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยจึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลผสมกับแก๊สโซลีนเกิดการเผา ไหม้สมบูรณ์มากกว่าแก๊สโซลีน ส่วนค่า HC ของ E10 E20 และ E30 ลดลง 2.4% 10.2% และ 22.9 ตามลำดับ

อัตราการสิ้นเปลืองของเอทานอล Yucesu [1] มีการเพิ่มสัดส่วนของเอทานอลตั้งแต่ E10 E20 E40 และ E60 โดยที่ค่า BSFC ของ E60 อยู่ที่ 330 (g/kW.h) ส่วนของแก๊สโซลีนอยู่ที่ 260 (g/kW.h) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลมากขึ้นเท่าไรอัตราการสิ้นเปลืองก็เพิ่มสูงขึ้นกว่าแก๊สโซลีน และถ้า เพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์อัตราการสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ก็ลดลงเช่นกัน Dambach และคณะ [4] ใช้เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ขนาดเล็กพบว่าเมื่อใช้เอทานอลมีอัตราการสิ้นเปลืองเพิ่มขึ้นประมาณ 38% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ภาณุเดช จินดาวงศ์และคณะ [19] มีค่า BSFC เมื่อใช้เอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 10-20% เนื่องมาจากเอทานอลมีค่าความร้อนที่น้อยทำให้ต้องใช้ ปริมาณเชื้อเพลิงที่มากกว่าเพื่อให้ได้พลังงานที่เท่ากัน ส่วนค่า BSEC นั้นเอทานอลมีค่าที่น้อยกว่า แก๊สโซลีน 22-33%

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วนั้นเห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงนั้นเราต้องปรับแต่ง เครื่องยนต์ให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอลเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ใกล้เคียงหรือเทียบเท่า กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงเอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีนเนื่องมาจาก ในปริมาณที่เท่ากันเอทานอลมีค่าความร้อนที่น้อยกว่าแก๊สโซลีนเมื่อใช้เอทานอลมลพิษ (CO HC และ NO<sub>x</sub>) ที่ออกมาโดยรวมน้อยกว่าแก๊สโซลีน เชื้อเพลิงเอทานอลสามารถผลิตขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในประเทศดังนั้นถ้าเราสามารถดัดแปลงเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เอทานอลได้จริงก็เป็นการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้เพิ่มความมั่นคงในด้านพลังงานภายในประเทศได้

## 1.7 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทำวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ คุณสมบัติของเอทานอล และไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือในการทดสอบรวมทั้งกระบวนการในการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ

บทที่ 4 ผลการทดลองของเครื่องยนต์หัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล วิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้เอทานอลและแก๊สโซลีน

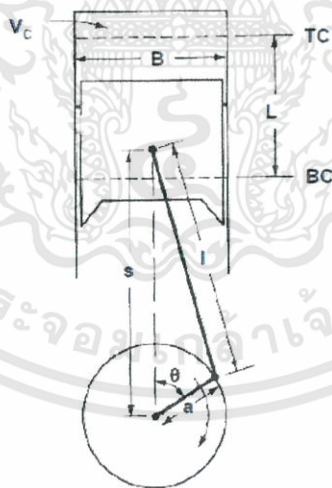
บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (gasoline engine)

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) โดยใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด (spark ignition engine) เครื่องยนต์มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล โดยเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีวัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะ และ 2 จังหวะ โดยที่ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาภายในกระบอกสูบและถ่ายทอคกำลังผ่านก้านสูบและเพลาค้อเหวี่ยงดังรูปที่ 2.1 แสดงกลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ ซึ่งการเคลื่อนที่ของลูกสูบนี้อาจเปลี่ยนไปเป็นการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยง เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปศูนย์ตายบน (top dead center, TDC) ปริมาตรของกระบอกสูบน้อยที่สุดเรียกว่าปริมาตรช่องว่าง (clearance volume,  $V_c$ ) และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปศูนย์ตายล่าง (bottom dead center, BDC) ปริมาตรของกระบอกสูบมากที่สุดเรียกว่าปริมาตรรวม (total volume,  $V_t$ ) โดยปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปคือปริมาตรกระจัด (displaced volume หรือ swept volume,  $V_d$ ) ซึ่งอัตราส่วนระหว่างปริมาตรสูงสุดและปริมาตรต่ำสุดคืออัตราส่วนกำลังอัด (compression ratio,  $R_c$ ) และระยะระหว่างศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่างเรียกว่าระยะชัก (stroke)



รูปที่ 2.1 กลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ

ในปัจจุบันเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะเป็นที่นิยม แต่เครื่องยนต์ 2 จังหวะยังคงมีใช้อยู่ในงานบางประเภทซึ่งการพัฒนาเครื่องยนต์ 4 จังหวะได้มีการพัฒนาไปเป็น อย่างมาก ทั้งในเรื่องสมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และมลภาวะที่ออกมาจากเครื่องยนต์ ซึ่งก็ได้้นำเอาระบบต่าง ๆ เข้ามาเพื่อที่ช่วยในการทำงานของเครื่องยนต์ ระบบจ่ายน้ำมัน เชื้อเพลิงก็เป็น

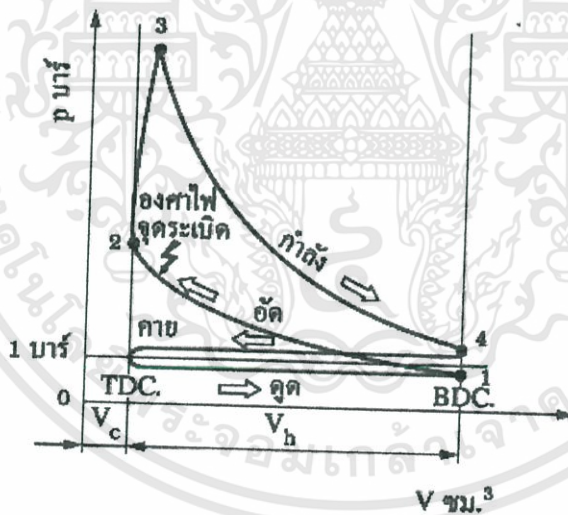
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาเป็นอย่างมากซึ่งในปัจจุบันระบบที่เป็นที่นิยมใช้กันคือระบบคาร์บูเรเตอร์ (carburetor) และระบบหัวฉีด (EFI) สำหรับเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานจริงนั้นความต้องการอัตราส่วนผสมระหว่าง อากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นไม่คงที่ บางครั้งเครื่องยนต์อาจต้องการส่วนผสมที่หนา บางครั้งก็ต้องการส่วนผสมที่บาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการขับขี่ ซึ่งมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ อัตราความสิ้นเปลืองและการเกิดมลพิษ ดังนั้นเห็นได้ว่าระบบจ่ายเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อเครื่องยนต์เป็นอย่างมาก

### 2.1.1 กำลังบ่งชี้ (indicated power, $P_i$ )

เป็นกำลังที่ถ่ายทอดจากแก๊สภายในกระบอกสูบไปสู่ลูกสูบ กำลังบ่งชี้ได้จากงานที่แก๊สถ่ายทอดไปสู่ลูกสูบ (เป็นงานบ่งชี้) ต่อวัฏจักรการทำงาน (indicated work per cycle,  $W_{ci}$ ) ที่ได้จากการอินทิเกรตโดยรอบระหว่างความดันและปริมาตรกระบอกสูบ (p-V diagram) ตลอดวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ดังรูปที่ 2.2 ทำให้ได้พื้นที่ล้อมรอบด้วยเส้นกราฟ คือ

$$W_{c,i} = \oint p dV \quad (2.1)$$

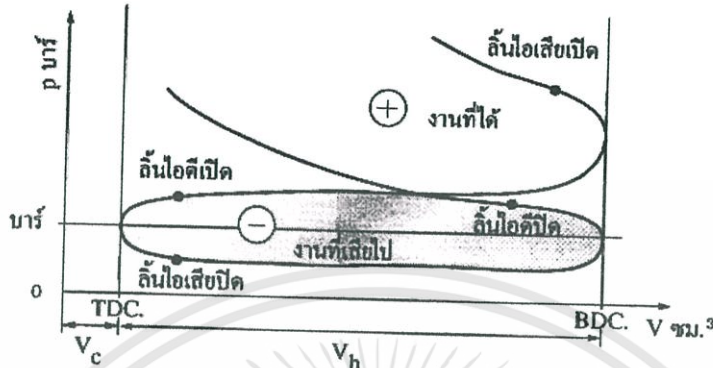


รูปที่ 2.2 พี-วี ไดอะแกรมของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีการกำหนดงานบ่งชี้ต่อวัฏจักรออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- 1) งานบ่งชี้ต่อวัฏจักรรวมยอด (gross indicated work per cycle)  $W_{c,ig}$  : เป็นงานที่แก๊สในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบเมื่อคิดเฉพาะจังหวะอัดและจังหวะขยายตัวเท่านั้น ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งได้พื้นที่ (+) เท่านั้น

2) งานบ่งชี้ต่อวัฏจักรสุทธิ (net indicated work per cycle)  $W_{c,in}$  : เป็นงานที่แก๊สในกระบอกสูบให้แก่ลูกสูบเมื่อเกิดทั้ง 4 จังหวะดังรูป 2.3 ซึ่งเท่ากับพื้นที่ (+) ลบด้วยพื้นที่ (-)



รูปที่ 2.3 การนำไอติ้เข้าและไอเสียออกที่ภาระบางส่วน

ในการหาค่ากำลังบ่งชี้ นอกจากหางานต่อวัฏจักรแล้ว ยังต้องวัดอัตราเร็วรอบการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยงด้วย ซึ่งได้กำลังบ่งชี้ต่อกระบอกสูบ ( $P_i$ )

$$P_i = \frac{W_{c,i} N}{n_R} \quad (2.2)$$

โดย  $N$  เป็นอัตราเร็วรอบการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยง

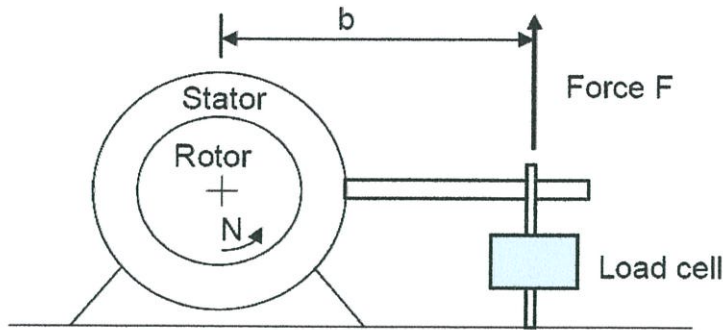
$n_R$  เป็นจำนวนรอบการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยงที่ให้จังหวะกำลัง 1 จังหวะต่อสูบ  
สำหรับเครื่องยนต์สองจังหวะ  $n_R = 1$  และสำหรับเครื่องยนต์สี่จังหวะ  $n_R = 2$

เนื่องจากงานบ่งชี้ต่อวัฏจักรของเครื่องยนต์สี่จังหวะมี 2 ลักษณะ ดังนั้นกำลังบ่งชี้ของเครื่องยนต์สี่จังหวะก็มี 2 ลักษณะเช่นเดียวกัน คือ กำลังบ่งชี้รวบยอด (gross indicated power,  $P_{ig}$ ) เมื่อหาจากงานบ่งชี้ต่อวัฏจักรรวบยอด ( $W_{c,ig}$ ) และกำลังบ่งชี้สุทธิ (net indicated power,  $P_{in}$ ) เมื่อหาจากงานบ่งชี้ต่อวัฏจักรสุทธิ ( $W_{c,in}$ )

### 2.1.2 กำลังงานเบรก (brake power, $P_b$ )

เป็นกำลังที่วัดได้ที่เพลาค้อเหวี่ยงหรือที่ล้อตุนกำลังของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นกำลังที่นำไปใช้งานได้นั่นเอง การวัดกำลังเบรกใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไดนามอมิเตอร์ (dynamometer) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด โดยวัดออกมาในรูปของทอร์กและรอบการหมุนของเครื่องยนต์ รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของไดนาโมมิเตอร์

$$T = Fb \quad (2.3)$$

และกำลังงานเบรก

$$P_b = 2\pi TN \quad (2.4)$$

โดยที่  $N$  เป็นรอบการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยงได้

$$P_b (kw) = 2\pi TN (rev/s) \cdot T (N.m) \times 10^{-3} \quad (2.5)$$

### 2.1.3 กำลังเสียดทาน (friction power, $P_f$ )

เป็นกำลังที่รวมเอากำลังที่ใช้ในการนำไอดีเข้าและนำไอเสียออก กำลังที่เอาชนะความเสียดทานของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ และกำลังที่ใช้ในการขับอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้นจากนิยามของกำลังบ่งชี้และกำลังงานเบรก ได้

$$P_{ig} = P_b + P_f \quad (2.5)$$

ซึ่งอัตราส่วนระหว่างกำลังงานเบรกกับกำลังบ่งชี้เรียกว่า ประสิทธิภาพเชิงกล (mechanical efficiency,  $\eta_m$ )

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_{ig}} = 1 - \frac{P_f}{P_{ig}} \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.4 ความดันยังผลเฉลี่ย

ทอร์คของเครื่องยนต์เป็นการวัดความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ โดยขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องยนต์ โดยที่เครื่องยนต์ขนาดใหญ่ให้ทอร์คสูง เครื่องยนต์ขนาดเล็กให้ทอร์คที่ต่ำกว่า จึงมีการกำหนดการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบขึ้น โดยได้จากการหางานต่อวัฏจักรด้วยปริมาตรกระจัดต่อวัฏจักรค่าที่ได้มีหน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่ จึงเรียกว่าความดันยังผลเฉลี่ย (mean effective pressure, mep) งานต่อวัฏจักรได้ความดันยังผลเฉลี่ยเป็น

$$(w_{c,i}) = \frac{Pn_R}{N} \quad (2.7)$$

$$mep = \frac{Pn_R}{V_d N} \quad (2.8)$$

โดย  $V_d$  เป็นปริมาตรกระจัดได้

$$mep(kPa) = \frac{P(kW) \cdot n_R \cdot 10^3}{V_d(dm^3) \cdot N(rev/s)} \quad (2.9)$$

ค่าความดันยังผลเฉลี่ยยังสามารถแสดงในรูปของทอร์คโดยแทนค่าทอร์คจากสมการ

$$mep(kPa) = \frac{6.28n_R \cdot T(N \cdot m)}{V_d(dm^3) \cdot N(rev/s)} \quad (2.10)$$

ค่าความดันยังผลเฉลี่ยจากสมการ ขึ้นอยู่กับกำลังที่ใช้ในการหา ถ้าใช้กำลังบ่งชี้ก็ได้เป็นความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ (indicated mean effective pressure, imep) และถ้าใช้เป็นกำลังเบรกก็ได้เป็นความดันยังผลเฉลี่ยเบรก (brake mean effective pressure, bmep)

### 2.1.5 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (specific fuel consumption, sfc)

เป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมาและเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา

$$sfc(mg/J) = \frac{\dot{m}_f(g/s)}{P(kW)} \quad (2.11)$$

หรือ

$$sfc(g/(kW.h)) = \frac{\dot{m}_f(g/h)}{P(kW)} \quad (2.12)$$

ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะยิ่งต่ำยิ่งดีและโดยทั่วไปแล้วคำนวณในรูปของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (brake specific fuel consumption, bsfc) คือเป็นแรงหน่วยกำลังเบรกที่ให้ ออกมาค่า bsfc ที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟมีค่าประมาณ  $75 \mu g/J$  ซึ่งเท่ากับ  $270 g/(kW.h)$

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (fuel conversion efficiency,  $\eta_{f,b}$ ) เป็นอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ต่อวัฏจักรกับพลังงานเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไปต่อวัฏจักร โดยพลังงานเชื้อเพลิงที่สามารถปล่อยออกมาจากการเผาไหม้หาได้จากมวลของเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าไปในเครื่องยนต์ต่อวัฏจักรคูณด้วยค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ได้

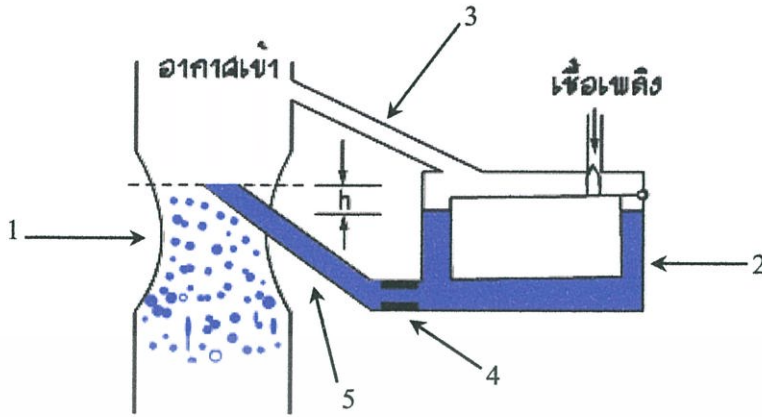
$$\eta_f = \frac{1}{sfc(mg/J) \cdot Q_{HV}(MJ/kg)} \quad (2.13)$$

หรือ

$$\eta_f = \frac{3600}{sfc(g/(kW.h)) \cdot Q_{HV}(MJ/kg)} \quad (2.14)$$

### 2.1.6 ระบบคาร์บูเรเตอร์

คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการไหลของเชื้อเพลิงเข้าไปในท่อไอดี โดยที่อากาศไหลผ่านเข้าท่อเวนจูริ ความแตกต่างของความดันที่เกิดขึ้นระหว่างทางเข้าและคอคอดของท่อเวนจูริ (ขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศ) โดยรูปที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน โดยที่อากาศไหลผ่านไปยังท่อเวนจูริ (1) ซึ่งความเร็วของอากาศเร็วขึ้นความดันลดลง โดยที่ระดับของเชื้อเพลิงถูกรักษาไว้ให้คงตัวในห้องลูกลอย (2) ซึ่งถูกต่อผ่านท่ออากาศ (3) เข้ากับทางอากาศเข้า เชื้อเพลิงก็ไหลผ่านออร์ฟิซหลัก (4) ได้เพราะความดันที่ต่างกันระหว่างห้องลูกลอยและคอคอดของท่อเวนจูริ เชื้อเพลิงไหลผ่านท่อส่งเชื้อเพลิง (5) เข้าไปในคอคอดของท่อเวนจูริทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงแตกเป็นฝอยละอองเข้าไปสู่เครื่องยนต์



รูปที่ 2.5 คาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน

โดยการวิเคราะห์การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐานแยกออกเป็น

- 1) การไหลผ่านท่อเวนจูรี การไหลของอากาศผ่านท่อเวนจูรี โดยทั่วไปพิจารณาเป็นการไหลแบบคงตัวของของไหลยุบตัว ซึ่งได้อัตราการไหลของมวลอากาศ ( $\dot{m}_a$ )

$$\dot{m}_a = \frac{C_{D_T} A_T P_0}{\sqrt{RT_0}} \left( \frac{P_T}{P_0} \right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_T}{P_0} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \right\}^{1/2} \quad (2.15)$$

โดยที่  $C_{D_T}$  และ  $A_T$  เป็นสัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลและพื้นที่ของคอขวดตามลำดับ เมื่อไม่มีคิดความเร็วที่ทางเข้าคาร์บูเรเตอร์และให้  $\Delta p_a = p_0 - p_T$  สมการที่ 2.15 ก็เขียนได้

เป็น

$$\dot{m}_a = C_{D_T} A_T (2\rho_{a_0} \Delta p_a)^{1/2} \Phi \quad (2.16)$$

โดย

$$\Phi = \left[ \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{(P_T/P_0)^{2/\gamma} - (P_T/P_0)^{(\gamma+1)/\gamma}}{1 - (P_T/P_0)} \right]^{1/2} \quad (2.17)$$

ซึ่ง  $\Phi$  มักถูกเรียกว่าฟังก์ชันของการไหลแบบยุบตัวของความดันที่ตกลง ( $\Delta p_a$ ) สำหรับช่วงการทำงานตามปกติของคาร์บูเรเตอร์ โดย  $\Delta p_a/P_0 \leq 0.1$  ผลของการยุบตัวซึ่งทำให้  $\Phi$  ต่ำกว่า 1.0 มีน้อย

2) การไหลผ่านออร์ฟิซเชื้อเพลิง เนื่องจากเชื้อเพลิงเป็นของเหลวจึงพอดีได้ว่าไม่ยุบตัว อัตราการไหลของเชื้อเพลิงผ่านออร์ฟิซหลัก

$$\dot{m}_f = C_{D_0} A_0 (2\rho_f \Delta P_f)^{1/2} \quad (2.18)$$

โดยที่  $C_{D_0}$  และ  $A_0$  เป็นสัมประสิทธิ์อัตราการไหลและพื้นที่ของออร์ฟิซตามลำดับ  $\Delta P_f$  เป็นผลต่างของความดันเมื่อผ่านออร์ฟิซ และสมมติให้พื้นที่ของออร์ฟิซน้อยกว่าพื้นที่ของช่องทางผ่านมากสำหรับระดับเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยทำให้ต่ำกว่าปลายของท่อส่งเชื้อเพลิงดังใน รูป 2-5 เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อเพลิงหกเมื่อเครื่องยนต์เียงจากระดับในแนวนอน ดังนั้น

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f gh \quad (2.19)$$

โดยทั่วไปแล้ว  $h$  มีค่าประมาณ 10 มิลลิเมตร

3) สมรรถนะของคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน อัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ได้จากคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐานก็เป็น

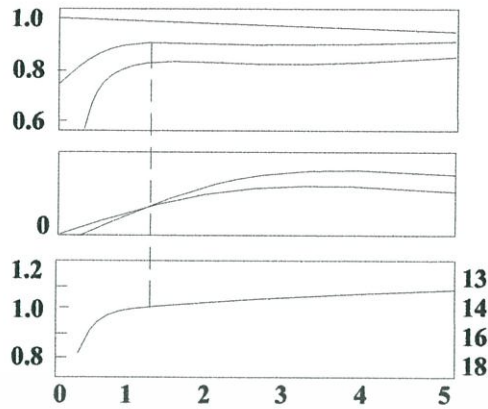
$$\left(\frac{A}{F}\right) = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} = \left(\frac{C_{D_T}}{C_{D_0}}\right) \left(\frac{A_T}{A_0}\right) \left(\frac{\rho_{a_0}}{\rho_f}\right)^{1/2} \left(\frac{\Delta P_a}{\Delta P_a - \rho_f gh}\right)^{1/2} \Phi \quad (2.20)$$

และอัตราส่วนสมมูล ( $\phi$ ) ก็เป็น

$$\phi = \frac{(A/F)_s}{\Phi} = \left(\frac{C_{D_0}}{C_{D_T}}\right) \left(\frac{A_0}{A_T}\right) \left(\frac{\rho_f}{\rho_{a_0}}\right)^{1/2} \left(1 - \frac{\rho_f gh}{\Delta P_a}\right)^{1/2} \quad (2.21)$$

โดย  $(A/F)_s$  เป็นอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงพอดี

สำหรับคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน เชื้อเพลิง และสภาวะโดยรอบหนึ่งๆ พจน์  $A_0$ ,  $A_T$ ,  $\rho_f$  และ  $\rho_{a_0}$  คงตัว ส่วนสัมประสิทธิ์อัตราการไหล  $C_{D_0}$ ,  $C_{D_T}$  และ  $\Phi$  แปรผันกับอัตราการไหล ดังนั้นอัตราส่วนสมมูลของสารผสมที่ได้จากคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐานจึงไม่คงตัว



รูปที่ 2.6 สมรรถนะของคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐานในรูปของการเปลี่ยนแปลง

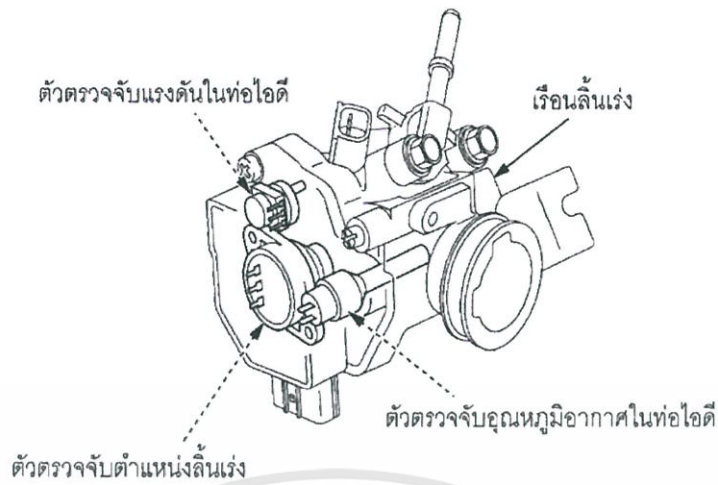
### 2.1.7 ระบบฉีดเชื้อเพลิง (fuel-injection system)

ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟนั้นมีการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในช่วงของการดูด โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมตามความต้องการของเชื้อเพลิงในสภาวะต่างๆ โดยระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้กันอยู่มีอยู่หลายแบบซึ่งสามารถจำแนกได้ตามลักษณะต่างๆ ดังนี้

- 1) แบ่งตามลักษณะของการควบคุม เป็นระบบที่ควบคุมเชิงกล (mechanical control) และระบบที่ควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control)
- 2) แบ่งตามลักษณะการฉีด เป็นการฉีดอย่างต่อเนื่องและการฉีดเป็นช่วงๆ
- 3) แบ่งตามตำแหน่งการฉีด เป็นการฉีดเข้าช่องไอดี (port injection), การฉีดเข้าช่องปีกผีเสื้อ (throttle-body injection- ฉีดที่เสื่อลิ้นเร่ง) และการฉีดตรงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (direct injection)
- 4) แบ่งตามจำนวนจุดที่ฉีด เป็นการฉีดที่จุดเดียว (single-point injection) และการฉีดเข้าหลายจุด (multipoint injection) ซึ่งการฉีดเข้าจุดเดียวเป็นการฉีดเข้าช่องปีกผีเสื้อ และการฉีดเข้าหลายจุดสำหรับเครื่องยนต์หลายสูบเป็นการฉีดเข้าช่องไอดี

ในที่นี้กล่าวถึงระบบการควบคุมหัวฉีดที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic fuel injection) ที่ใช้ในรถจักรยานยนต์สูบเดียว 4 จังหวะ โดยมีตัวตรวจจับต่างๆ ดังนี้

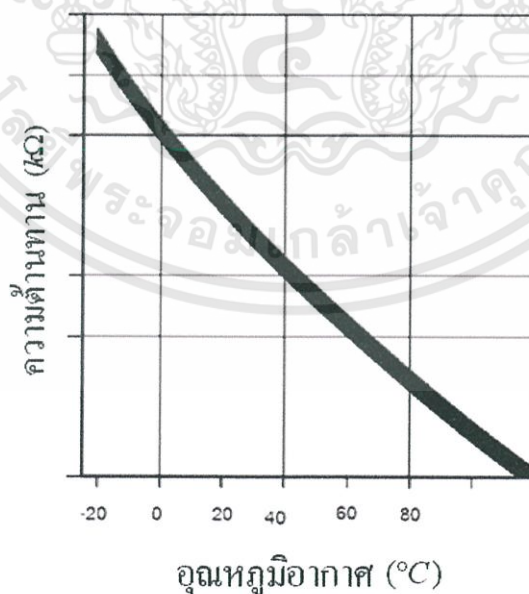
- 1) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ
- 2) ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี
- 3) ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง
- 4) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง
- 5) ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์
- 6) ตัวตรวจจับมุมเอียงของรถ



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งตัวตรวจจับต่างๆ ที่ตัวเรือนปีกผีเสื้อ [24]

#### 2.1.7.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor)

เป็นตัวจับอุณหภูมิอากาศก่อนที่เข้าสู่เครื่องยนต์แล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อปรับอัตราส่วนการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ โดยตัวตรวจจับติดตั้งบริเวณด้านหน้าของลิ้นปีกผีเสื้อ (รูปที่ 2.7) หลักการทำงานเมื่ออากาศมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็ทำให้ความหนาแน่นลดลงก็ต้องจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าอากาศมีอุณหภูมิต่ำลงความหนาแน่นของอากาศเพิ่มขึ้นก็ต้องจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

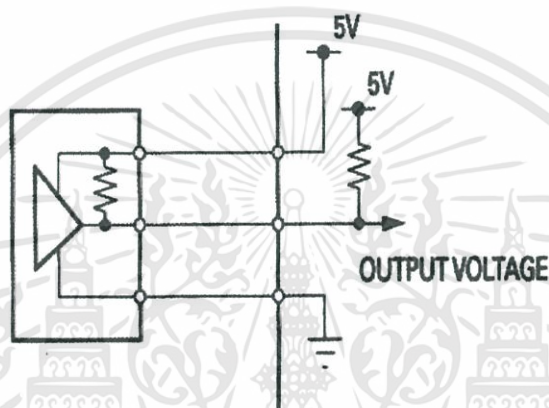


รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.7.2 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor)

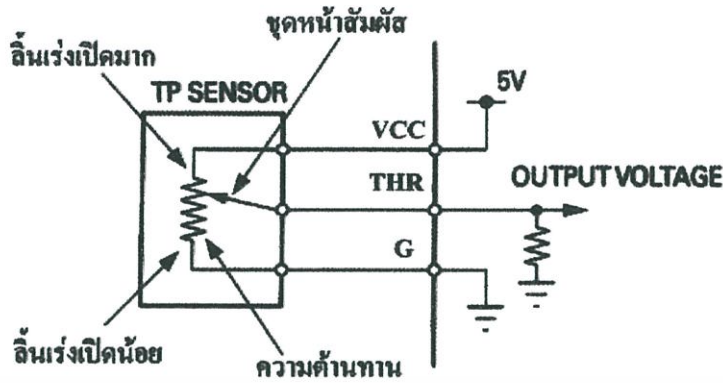
ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณอากาศด้วยการตรวจจับความดันภายในท่อไอดีซึ่งเป็นความดันที่เปลี่ยนแปลงได้แบบสารกึ่งตัวนำแล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อปรับอัตราส่วนการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ โดยตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีติดตั้งอยู่บริเวณหลังปีกผีเสื้อซึ่งประกอบเป็นชุดเดียวกันกับเรือนลิ้นเร่ง (รูปที่ 2.8) หลักการทำงานถ้าความดันในท่อไอดีสูงก็มีการเพิ่มปริมาณน้ำมันมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าความดันในท่อไอดีต่ำก็ลดน้ำมันลงเช่นกัน



รูปที่ 2.9 วงจรภายในของตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี [24]

### 2.1.7.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งของลิ้นเร่งแล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อจ่ายน้ำมันให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์และมีการคัตน้ำมันเมื่อผ่อนคันเร่ง โดยการเปรียบเทียบกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสัญญาณอุณหภูมิน้ำมันเครื่องด้วย การทำงานที่ตำแหน่งลิ้นเร่งปิดสุดชุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดลิ้นเร่ง ต่อที่ส่วนปลายของแผ่นความต้านทานในตำแหน่งนี้ความต้านทานมาก ทำให้ไฟที่จ่ายมาจากขั้ว VCC 5 โวลต์ ไหลผ่านความต้านทานมากจึงทำให้ไฟไหลกลับไปที่กล่องควบคุม (ECM) ที่ขั้ว THR น้อย ( 0.5 โวลต์ ) ในตำแหน่งนี้กล่อง ECM สั่งให้หัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยเมื่อปิดคันเร่งมากขึ้นชุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดลิ้นเร่งเคลื่อนที่เข้าหาขั้ว VCC มากขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC กับขั้ว THR ลดลงยอมให้กระแสไฟไหลกลับไปที่กล่อง ECM ที่ขั้ว THR มากขึ้น เป็นผลให้กล่อง ECM สั่งจ่ายน้ำมันมากขึ้นจนลิ้นเร่งเปิดสุดความต้านทานน้อยที่สุดทำให้ไฟไหลกลับไปที่กล่องควบคุม (ECM) ได้มากที่สุด ( 4.47 โวลต์ ) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งประกอบเป็นชุดเดียวกันกับตัวเรือนลิ้นเร่ง โดยเชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของลิ้นปีกผีเสื้อซึ่งติดตั้งอยู่ที่ท่อไอดี (รูปที่ 2.10)

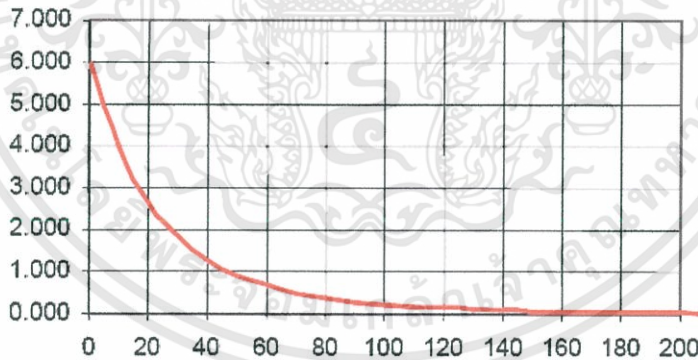


รูปที่ 2.10 วงจรภายในของตัวตรวจจับตำแหน่งลื่นเร่ง [24]

2.1.7.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องส่งสัญญาณ ไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำมันเครื่องถ้าอุณหภูมิน้ำมันเครื่องต่ำก็จ่ายน้ำมันมากขึ้นแสดงในรูปที่ 2.11

ค่าความต้านทาน (kΩ)

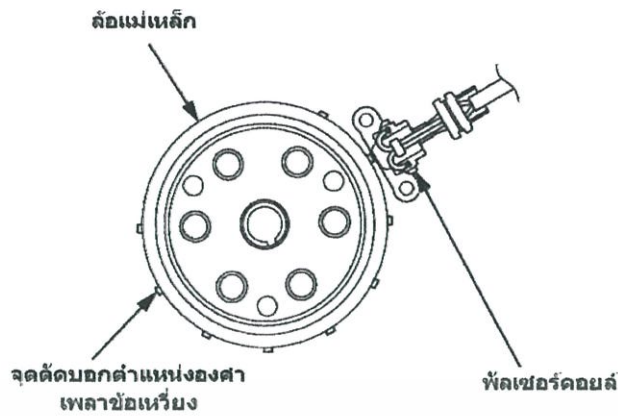


อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (°C)

รูปที่ 2.11 อุณหภูมิและความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง [24]

2.1.7.5 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine Speed Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจจับความเร็วแล้วส่งสัญญาณ ไปยังกล่องควบคุม (ECM) ผลการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับเชื้อเพลิงและตำแหน่งการจุดระเบิดที่เหมาะสม

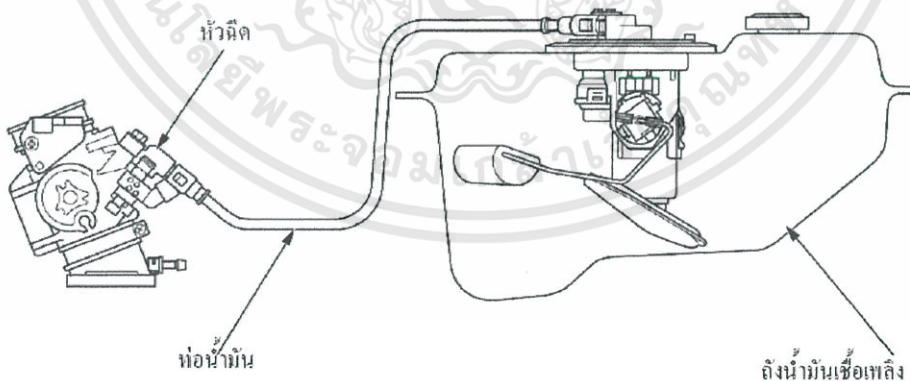


รูปที่ 2.12 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์และตำแหน่งจุดระเบิด [24]

นอกจากนี้ยังมีตัวตรวจจับความเอียงของตัวรถ (bank angle sensor) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในขณะที่รถล้ม โดยตัวตรวจจับความเอียงนี้ส่งกระแสไฟฟ้าประมาณ 1 โวลต์ ไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อที่ตัดการทำงานของระบบเชื้อเพลิง ในกรณีที่รถล้มเพื่อป้องกันไหม้ในกรณีเกิดอุบัติเหตุรถล้ม

#### 2.1.7.6 ระบบเชื้อเพลิง

ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้คงที่ตลอดเวลาตามความต้องการของเครื่องยนต์ ด้วยความดันคงที่ 295 kpa ซึ่งประกอบไปด้วยถึงน้ำมันเชื้อเพลิง ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง (ท่อความดันสูง) และหัวฉีดแสดงในรูป 2.13



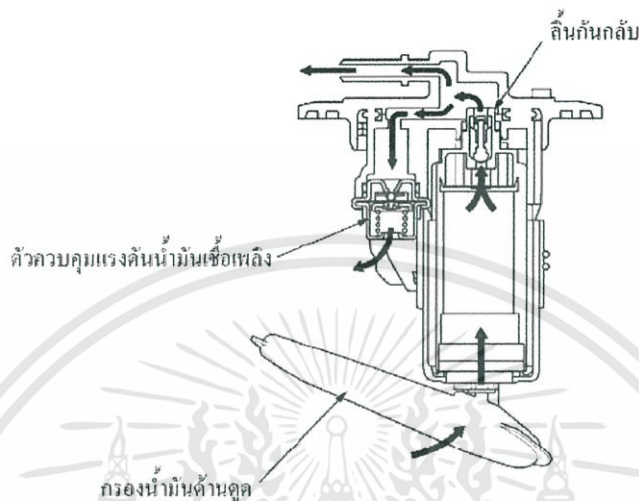
รูปที่ 2.13 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง [24]

- 1) ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel pump) ทำหน้าที่สร้างความดันให้เชื้อเพลิงแล้วส่งไปยังหัวฉีดให้เพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์โดยสร้างความดัน 294 kpa หรือ 3 kgf/cm<sup>2</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำงานโดยการสั่งจากกล่องควบคุม เมื่อเราเปิดสวิตช์กุญแจปั้มทำงานประมาณ 2 วินาทีแล้วหยุดทำงาน แล้วทำงานอีกครั้งต่อเมื่อสัญญาณการหมุนของเครื่องยนต์หรือเมื่อเราสตาร์ทเครื่อง

2) ตัวควบคุมความดัน (pressure regulator) ติดตั้งอยู่ในถังน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อรักษาความดันในระบบให้คงที่



รูปที่ 2.14 ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงและตัวควบคุมความดัน [24]

3) หัวฉีด (injector) ทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเพื่อคลุกเคล้ากับอากาศบริเวณท่อไอดีก่อนผ่านวาล์วไอดีเข้าสู่กระบอกสูบ หัวฉีดที่ใช้เป็นแบบบังคับการเปิดของหัวฉีดโดยโซลินอยด์ไฟฟ้าและปิดโดยแรงดันสปริง



รูปที่ 2.15 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

#### 2.1.7.6 กล่องควบคุม (engine control module : ECM)

กล่องควบคุม (ECM) ถือว่าเป็นตัวประมวลผลในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยรับสัญญาณจากตัวตรวจจับต่างๆ ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้วนำมาประมวลผลเพื่อที่จ่ายน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงและตำแหน่งในการจุดระเบิดให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์มากที่สุดในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์และการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

## 2.2 เอทานอล (ethanol)

เอทานอล (ethanol) เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในประเทศสามารถนำมาบริโภคได้ ซึ่งการผลิตเอทานอลนี้ได้มาจากการแปรรูปพืชจำพวกแป้งและน้ำตาลรวมทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยการหมัก ตัวอย่างเช่น อ้อย ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยเมื่อกลิ่นออกมาแล้วมีสูตรทางเคมีเป็น  $C_2H_5OH$  มีชื่อทางเคมีคือ เอทิล-แอลกอฮอล์ (ethyl alcohol)

โดยเอทานอลนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ โดยคุณสมบัติของเอทานอลแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเอทานอลกับแก๊สโซลีน [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 octance number	80-90	89.7
Freezing point ( $^{\circ}C$ )	-40	-114
Boiling point ( $^{\circ}C$ )	27-225	78
Density ( $kg/m^3$ )	765	785

จากคุณสมบัติของเอทานอลและแก๊สโซลีนที่มีความแตกต่างกันเราต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอล เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมมีแนวทางในการปรับปรุงดังนี้

2.2.1 เห็นได้ว่าอะตอมของเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วย ซึ่งจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxy-OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นโพลาร์ (polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการกักร่อนต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติก ดังนั้นต้องมีการเคลือบสารเพื่อป้องกันการกักร่อนกับชิ้นส่วนที่สัมผัสกับเอทานอล

2.2.2 ค่าความร้อน (Low heating value) เอทานอลมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 30% โดยวัดต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเราต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เหมือนเดิมจากตารางที่ 2.1 เห็นว่าค่าความร้อนของเอทานอลนั้นมีน้อยกว่าแก๊สโซลีนดังนั้นก็ต้องปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมโดยที่แก๊สโซลีนมีอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็น 14.7 : 1 แต่เอทานอลมีอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็น 9 : 1 โดยเราคิดที่สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือเรียกว่า stoichiometric air fuel ratio ได้ดังนี้

สำหรับแก๊สโซลีนซึ่งมีสมการเคมี  $C_{8.26}H_{15.5}$  สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของแก๊สโซลีน คือ



คิดในหน่วยโมล

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

คิดในหน่วยน้ำหนัก

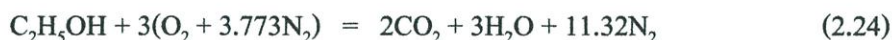
$$\begin{aligned} 114.83 + 1672.3 &= 363.53 + 139.62 + 1282.9 \\ 1786.05 &= 1786.05 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของแก๊สโซลีน ได้

$$(A/F)_s = \frac{1672.3}{114.83} = 14.7 \quad (2.23)$$

นั่นคือเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 1 กิโลกรัมต้องใช้อากาศ 14.7 กิโลกรัมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในทางทฤษฎี

สำหรับเอทานอลซึ่งมีสมการเคมี  $C_2H_5OH$  สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเอทานอล คือ



คิดในหน่วยโมล

$$1 + 3(1 + 3.773) = 2 + 3 + 11.32$$

$$15.32 = 16.32$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$46.07 + 414.71 = 88.02 + 46.06 + 318.77$$

$$460.78 = 460.78$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของเอทานอล ได้

$$(A/F)_s = \frac{414.71}{46.07} = 9.00 \quad (2.25)$$

นั่นคือเชื้อเพลิงเอทานอล 1 กิโลกรัมต้องใช้อากาศ 9 กิโลกรัมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในทางทฤษฎี

2.2.3 ค่าความร้อนของการระเหยเป็นไอ (heat of vaporization) จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่า ซึ่งมีการดึงความร้อนออกจากเครื่องยนต์มากกว่าแก๊สโซลีนมีผลกับเครื่องยนต์ดังนี้

- ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์นั้นมีอุณหภูมิต่ำลงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น มีผลให้กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้น

- เอทานอลต้องใช้ความร้อนในการระเหยตัวที่มากกว่าแก๊สโซลีนทำให้อาจมีปัญหาในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ

2.2.4 ค่าออกเทน (octane) จากตารางที่ 2.1 เห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าออกเทนสูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้มากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

# บทที่ 3

## ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

### 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) ไคนาโมมิเตอร์ ซึ่งเป็นตัววัดกำลังของเครื่องยนต์โดยวัดออกมาในรูปของทอร์คและรอบการหมุนของเครื่องยนต์ ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้ใช้แซสซีสไคนาโมมิเตอร์ของ HOFMANN รุ่น 112 แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แซสซีสไคนาโมมิเตอร์

2) เครื่องมือวัดมลพิษของเครื่องยนต์ เป็นของเทคโนโลยีรุ่น 488 โดยวิเคราะห์แก๊สได้ 5 แก๊ส คือคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ออกซิเจน (O<sub>2</sub>) และ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) นอกจากนั้นยังแสดงความเร็วรอบของเครื่องยนต์และค่าแลมด้า (LAMBDA) ได้อีกด้วย แสดงในรูปที่ 3.2 แต่ในการวัดค่าแลมด้าเชื้อเพลิงที่ใช้เอทานอลนั้น เครื่องมือวัดตัวนี้ไม่มีฟังก์ชันให้เลือกดังนั้นต้องใช้สูตรในการคำนวณซึ่งดูได้จากคู่มือของเครื่องที่ได้มาเป็นดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดมลภาวะ

$$\lambda = \frac{21 \times \left[ CO_2 + \frac{CO}{2} + O_2 + \left( \frac{Hcv}{4} \times \frac{3.5}{3.5 + \frac{CO}{CO_2}} - 0.0087 \right) \times (CO_2 + CO) \right]}{\left[ 21 + 0.5628 \times \frac{CO}{3.5 + \frac{CO}{CO_2}} \right] \times \left[ 1 + \frac{Hcv}{4} \times \frac{0.01754}{2} \right] \times [CO_2 + CO + HC \times 6 \times 10^{-4}]}$$

รูปที่ 3.3 สมการการหาค่าแลมด้าของเอทานอล

โดยที่ค่า Hcv ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดได้จาก H/C ของส่วนประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิง โดยได้ดังนี้

$$\text{แก๊สโซลีนมีสูตรทางเคมี } C_{8.26}H_{15.5} \text{ หาค่า H/C ได้ } \frac{15.5}{8.26} = 1.87$$

$$\text{เอทานอลมีสูตรทางเคมี } C_2H_5OH \text{ หาค่า H/C ได้ } \frac{6}{2} = 3$$

3) เครื่องมือวัดกำลังอัดของเครื่องยนต์ ใช้ในการตรวจสอบกำลังของเครื่องยนต์ว่ามีกำลังอัดเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ โดยติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดความดันภายในกระบอกสูบ โดยต้องแน่ใจว่าไม่มีความดันรั่วออกจากข้อต่อต่างๆ เปิดลิ้นปีกผีเสื้อให้สุด แล้วเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์โดยความเร็วรอบของเครื่องยนต์ขึ้นอยู่กับคู่มือของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น นำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังอัดมาตรฐานของเครื่องยนต์ถ้ามีความแตกต่างเกิน 20 % แสดงว่าเครื่องยนต์มีความผิดปกติ ส่วนการวัดที่ขณะเครื่องเย็นและร้อนมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องมือวัดกำลังอัดเครื่องยนต์

4) ออสซิลโลสโคป เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดสัญญาณทางไฟฟ้าทั้งแรงดันและความถี่ที่ส่งออกมาจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ของเครื่องยนต์ โดยในที่นี้ใช้วัดสัญญาณหัวฉีดเป็นหลักเพื่อดูการลักษณะของสัญญาณ และจัดทำอุปกรณ์ในการขยายสัญญาณหัวฉีดต่อไป แสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เครื่องมือในการวัดองศาการจุดระเบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ใช้ตรวจสอบองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ในแต่ละรอบ และวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ในขณะที่ทดสอบ แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องมือในการวัดองศาการจุดระเบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์

6) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ โดยใช้วัดทั้งอุณหภูมิอากาศที่เข้าไปและอุณหภูมิไอเสียเพื่อที่ดูความแตกต่างกันระหว่างการใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

7) เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยตรวจสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งแก๊ส โซลีนและเอทานอล แสดงในรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 คาซังวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

### 3.1.2 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

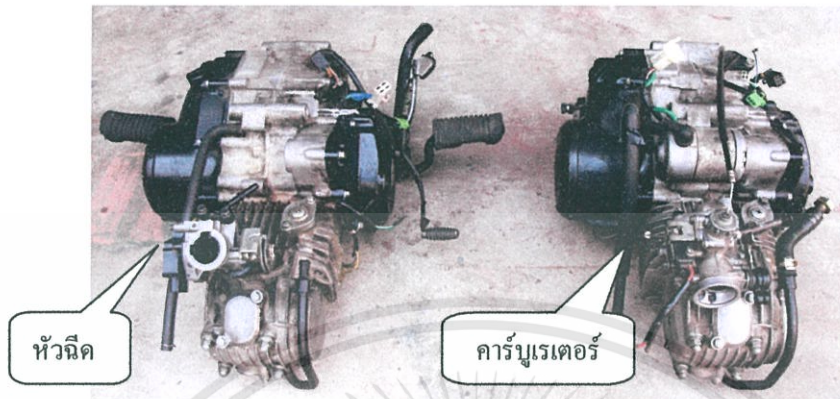
เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ฮอนด้า รุ่น เวฟ 125 ซึ่งมีทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์โดยรายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รายการ	รายละเอียดของเครื่องยนต์
รุ่น	Honda Wave 125i
เครื่องยนต์	4 จังหวะ โอเวอร์เฮดแคมชาฟร์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ	124.9 ซีซี.
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	หัวฉีด PGM-FI/คาร์บูเรเตอร์
ความกว้างกระบอกสูบ X ช่วงชัก	52.4 X 57.9 มม.
อัตราส่วนกำลังอัด	9.3 : 1

โดยเครื่องยนต์รุ่นนี้มีทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์โดยระบบหัวฉีดก็มีพื้นฐานมาจากเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ แต่ก็มีอะไหล่บางตัวที่ไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ ดังนั้นถ้าต้องการให้การ

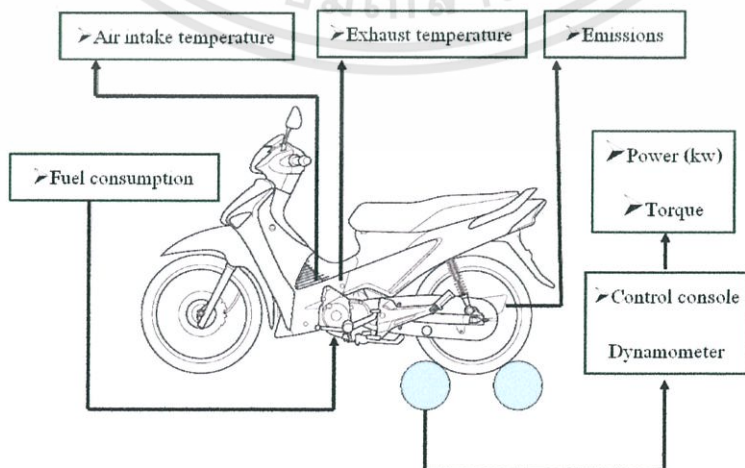
ทดสอบสมรรถนะต้องใช้เครื่องยนต์สองตัวทั้งหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์เพื่อให้ผลการทดสอบนั้นแม่นยำมากที่สุด โดยรูปเครื่องยนต์แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

### 3.1.3 กระบวนการในการทดสอบ

ในการทดสอบนี้นำเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์มาทำการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.10 เริ่มทดสอบที่รอบ 3000 รอบ/นาที จากนั้นก็เพิ่มครั้งละ 1000 รอบจนไปถึง 8000 รอบ/นาที ใช้เกียร์ 4 ของเครื่องยนต์โดยที่ลื่นปีกผีเสื้อของเครื่องยนต์เปิดสุดตลอดเวลาเมื่อวัดกำลังของเครื่องยนต์ ส่วนการวัดมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงวัดที่แรงม้าเท่ากัน ทำการเก็บข้อมูลไว้เป็นของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนก่อน แล้วนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์นำไปทดสอบเก็บข้อมูล จากนั้นก็ทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เอทานอลแล้วนำไปทดสอบเก็บข้อมูล ต่อมาก็ปรับปรุงกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้เพิ่มสูงขึ้นให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอลจนอาจใช้แก๊สโซลีนไม่ได้ก็ทำการทดสอบเก็บข้อมูล นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน



รูปที่ 3.10 โคอะแกรมในการทดสอบเครื่องยนต์

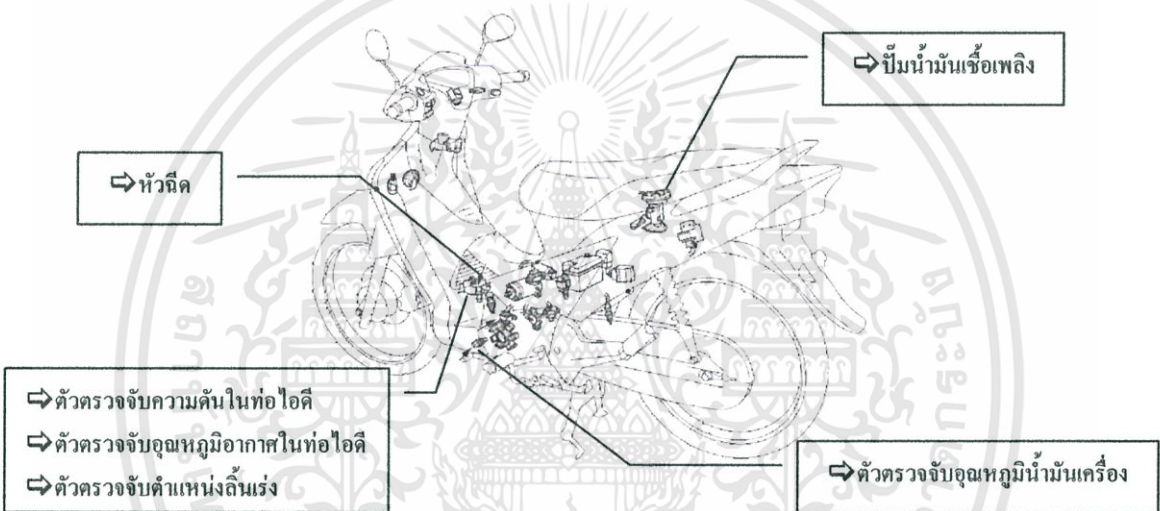
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 การเตรียมเครื่องยนต์ในการทดสอบ

ในการทดสอบแบ่งการทดสอบเครื่องยนต์ออกเป็น 3 รูปแบบ โดยแบบแรกเป็นการทดสอบเครื่องยนต์เดิมที่มาจากโรงงาน แบบที่สองทดสอบเครื่องยนต์ปรับแต่งการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอล และแบบที่สามเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้มากขึ้นจนอาจใช้น้ำมันแก๊สโซลีนไม่ได้ โดยทำการทดสอบนี้เหมือนกันทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์

#### 3.1.4.1 ระบบหัวฉีด

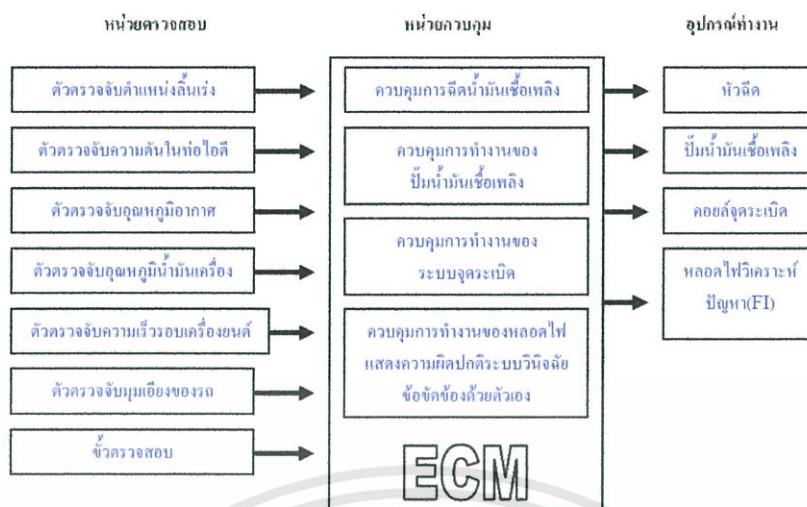
เครื่องยนต์ระบบหัวฉีดมีพื้นฐานคล้ายกับคาร์บูเรเตอร์แต่มีตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ เพิ่มเข้าเพื่อให้การจ่ายเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้นดังรูปที่ 3.11



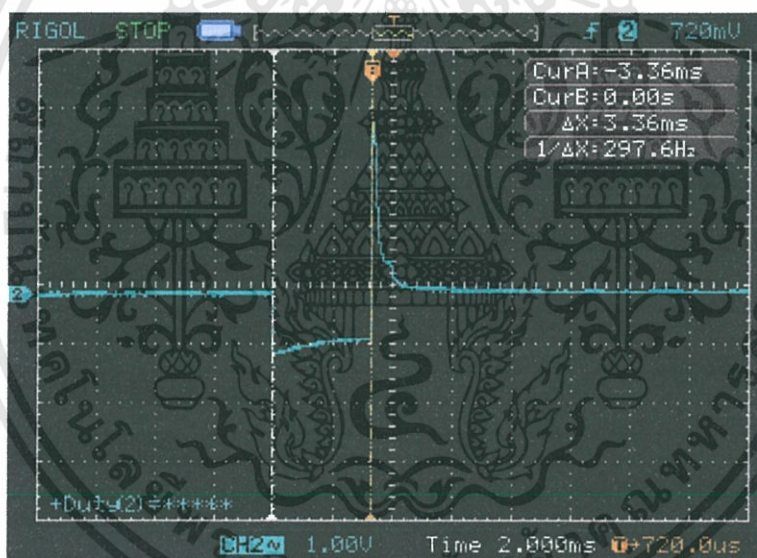
รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบฉีดเชื้อเพลิง

ในการที่ปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้มากขึ้นเมื่อใช้เอทานอลต้องศึกษาระบบการทำงานของหัวฉีดว่ามีการทำงานเป็นอย่างไร มีตัวตรวจจับจำนวนกี่ตัวดังแสดงในรูปที่ 3.12 เพื่อที่จะจัดทำอุปกรณ์ในการเพิ่มปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเอทานอล

จากรูปที่ 3.12 เห็นได้ว่าตัวควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมโดยกล่อง ECM โดยรับสัญญาณจากตัวตรวจจับต่างๆ เพื่อมาควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับเครื่องยนต์มากที่สุด แต่กล่อง ECM นี้ทำมาเพื่อเครื่องยนต์แก๊สโซลีนดังนั้นต้องปรับให้เหมาะสมกับเอทานอล ในที่นี้ทำการวัดสัญญาณที่ออกจากกล่อง ECM ไปยังหัวฉีดเชื้อเพลิงว่ามีลักษณะเป็นอย่างไรแสดงในรูปที่ 3.13



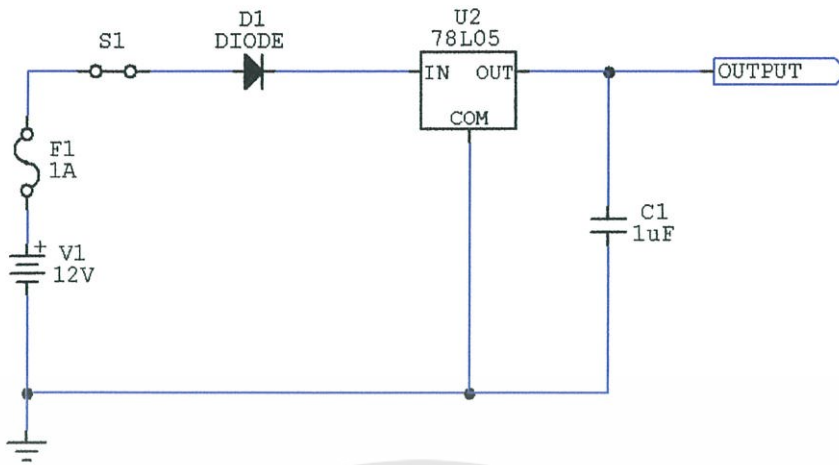
รูปที่ 3.12 ไคอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับ



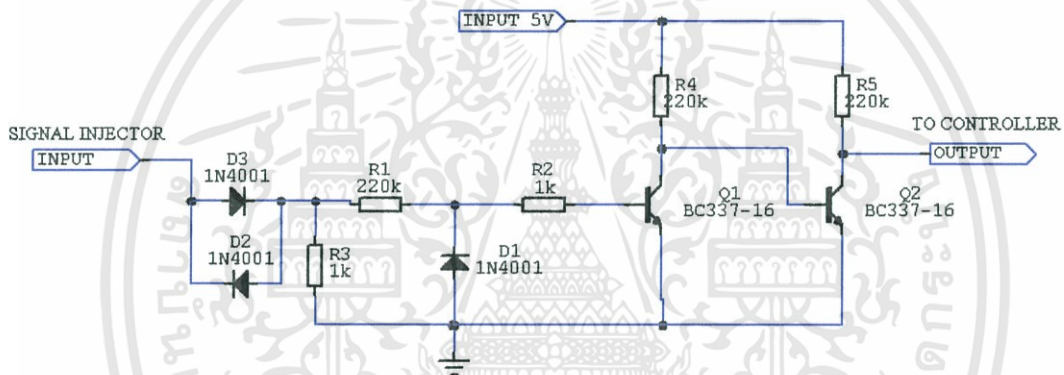
รูปที่ 3.13 ลักษณะสัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงของเดิม

หลังจากที่ได้วัดสัญญาณหัวฉีดแล้วเห็นได้ว่าสัญญาณหัวฉีดใช้ไฟ 12 โวลต์ในการควบคุม การปิด - เปิดหัวฉีด แต่ต้องมีการควบคุมความดันไว้ไม่ให้เกิน 5 โวลต์เนื่องจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์รับความดันได้แค่ 5 โวลต์ ดังนั้นต้องมีการออกแบบวงจรเพื่อที่ควบคุมความ ดันไม่ให้เกิน 5 โวลต์ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมความดันไฟฟ้าไม่ให้เกิน 5 โวลต์ เมื่อควบคุมความดันได้แล้วทำการแปลงสัญญาณเพื่อให้เข้ากับคอนโทรลเลอร์โดยใช้วงจรแปลง สัญญาณในรูปที่ 3.15 เป็นวงจรแปลงสัญญาณหัวฉีด

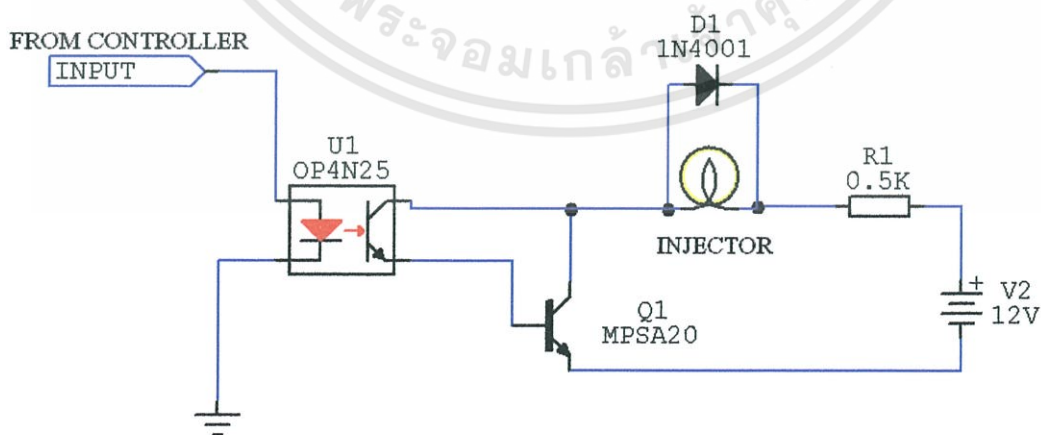
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมความดันไว้ที่ 5 โวลต์



รูปที่ 3.15 วงจรแปลงสัญญาณหัวฉีด

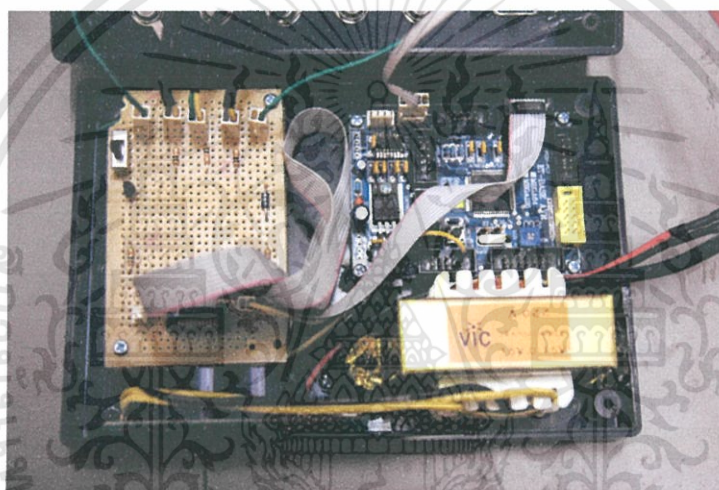


รูปที่ 3.16 วงจรขับหัวฉีด

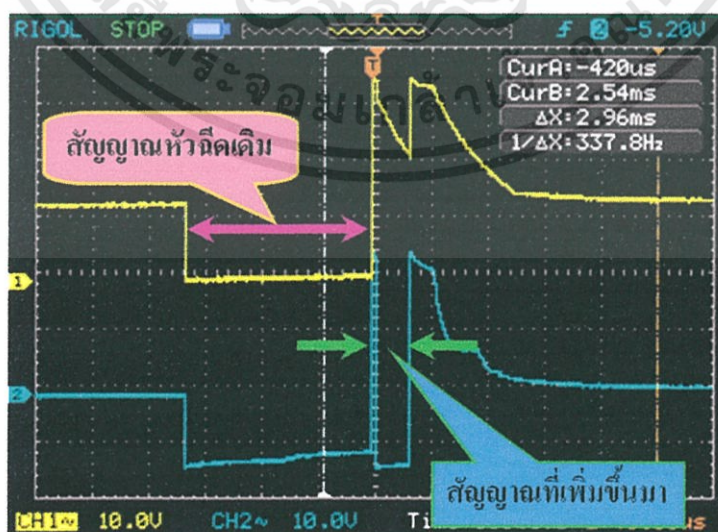
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแปลงสัญญาณให้หัวฉีดได้แล้วทำการเขียน โปรแกรมโดยใช้ภาษาซีในการเขียนซึ่งตัวโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ก. เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วต้องมีวงจรอิควงจรหนึ่งเพื่อที่จับหัวฉีดเนื่องมาจากสัญญาณที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถจับหัวฉีดได้โดยวงจรจับหัวฉีดแสดงในรูปที่ 3.16

หลังจากที่รู้ว่าสัญญาณของหัวฉีดมีลักษณะเป็นอย่างไรก็ทำการออกแบบวงจรต่างๆ จนได้กล่องขยายสัญญาณหัวฉีดแสดงในรูปที่ 3.17 และเขียนโปรแกรมในการขยายระยะเวลาในการฉีดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR รุ่น ATMEGA 128 จากการทดสอบผลที่ได้ออกมาแสดงในรูปที่ 3.18 เห็นได้ว่าเส้นสีเหลืองเป็นสัญญาณหัวฉีดเดิมส่วนเส้นสีฟ้าเป็นสัญญาณที่ได้ขยายมาแล้วจากกล่องที่ได้ทำขึ้นมาโดยขยายสัญญาณจากเดิมประมาณ 34%



รูปที่ 3.17 กล่องขยายสัญญาณหัวฉีด

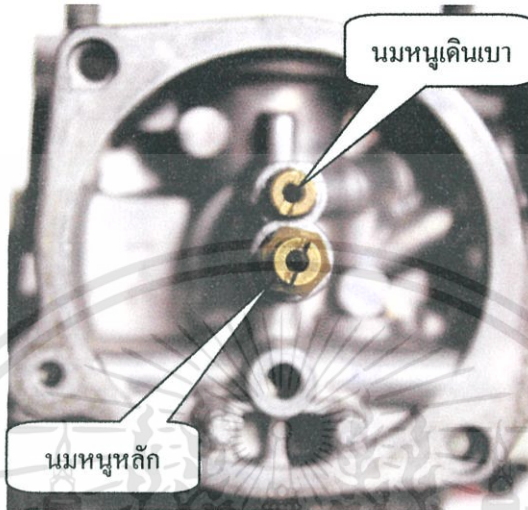


รูปที่ 3.18 สัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงเดิมและสัญญาณที่ขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

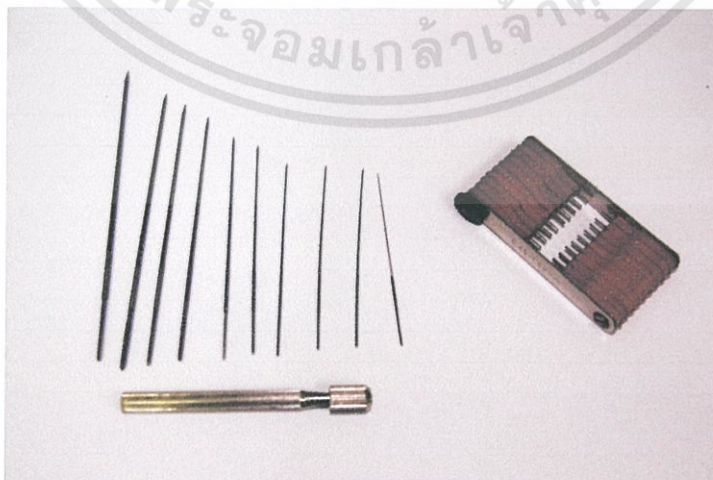
### 3.1.4.2 ระบบคาร์บูเรเตอร์

เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีระบบหลักๆ อยู่ 2 ระบบ คือ ระบบเดินเบา และระบบหลัก ซึ่งการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุม โดยขนาดของนมหนูดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 นมหนูเดินเบาและนมหนูหลัก

ในการที่ปรับปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้เหมาะกับเอทานอลต้องเปลี่ยนขนาดของรูนมหนูเดินเบา กับนมหนูหลัก ซึ่งนมหนูเดินเบาของเดิมจากโรงงานเป็นเบอร์ 35 ส่วนนมหนูหลักเป็นเบอร์ 78 ในการเปลี่ยนขนาดนมหนูมีอยู่สองวิธีคือการซื้อนมหนูใหม่มาเปลี่ยนซึ่งวิธีนี้ต้องซื้อมาหลายๆ เบอร์แล้วทดลองเปลี่ยนไปเรื่อยๆ จนกว่าเหมาะสมแต่มีปัญหาอยู่ตรงอะไหล่ไม่ค่อยมีเลยต้องขยายนมหนู โดยการใช้อุปกรณ์ดังรูป 3.20 ซึ่งอุปกรณ์นี้ประกอบไปด้วยมีดคว้านพร้อมกับตัววัดขนาดนมหนู



รูปที่ 3.20 อุปกรณ์ในการขยายนมหนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการขยายขนาดของนมหนูใช้สมการคาร์บูเรเตอร์พื้นฐาน(3.1) ใช้ในการคำนวณหาขนาดของนมหนูหลักที่เปลี่ยนไปจากเดิมเมื่อใช้เอทานอล

$$d = \sqrt{\left(\frac{a}{A/F}\right)\left(\frac{C_a}{C_j}\right)\left(\frac{\sqrt{\rho_a}}{\sqrt{\rho_f}}\right)} \quad (3.1)$$

โดยที่  $a$  = พื้นที่คอคอดของคาร์บูเรเตอร์  
 $A/F$  = อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ  
 $C_a$  = สัมประสิทธิ์คอคอดของคาร์บูเรเตอร์  
 $C_j$  = สัมประสิทธิ์นมหนู  
 $\rho_a$  = ความหนาแน่นของอากาศ  
 $\rho_f$  = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง

คิดเมื่อใช้แก๊ส โซลีน

$$d = \sqrt{\left(\frac{2.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{14.7}\right)\left(\frac{0.6}{0.85}\right)\left(\frac{\sqrt{1.27}}{\sqrt{725}}\right)} \quad (3.1a)$$

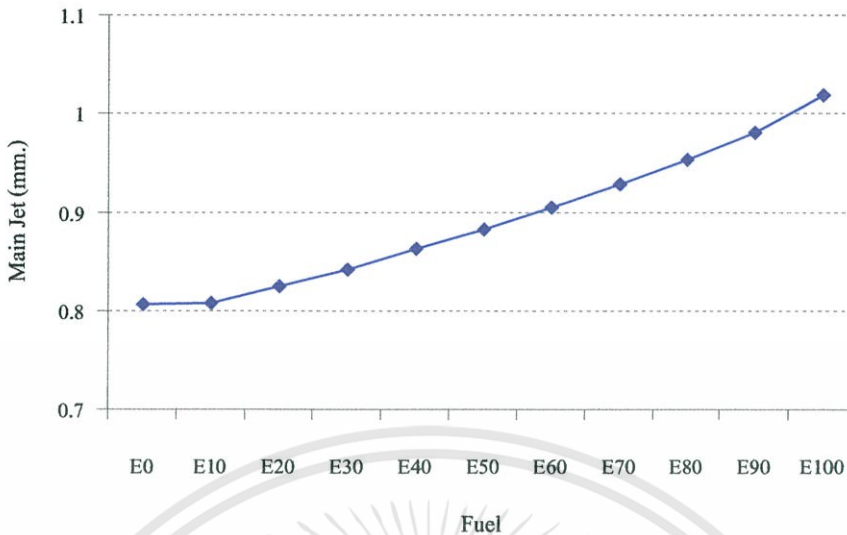
$d = 0.8 \text{ mm.}$  (ของเดิม 0.78)

คิดเมื่อใช้เอทานอล

$$d = \sqrt{\left(\frac{2.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{9}\right)\left(\frac{0.6}{0.85}\right)\left(\frac{\sqrt{1.27}}{\sqrt{785}}\right)} \quad (3.1b)$$

$d = 1.01 \text{ mm.}$

จากการคำนวณเห็นได้ว่าเมื่อนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊ส โซลีนต้องมีการปรับขนาดของนมหนูหลักให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยที่ของเดิมมีขนาด 0.78 มิลลิเมตร เป็น 1.01 มิลลิเมตร เพื่อให้มีอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่เหมาะสมเมื่อใช้เอทานอล



รูปที่ 3.21 ขนาดของนมหนูหลักกับสัดส่วนของเอทานอล

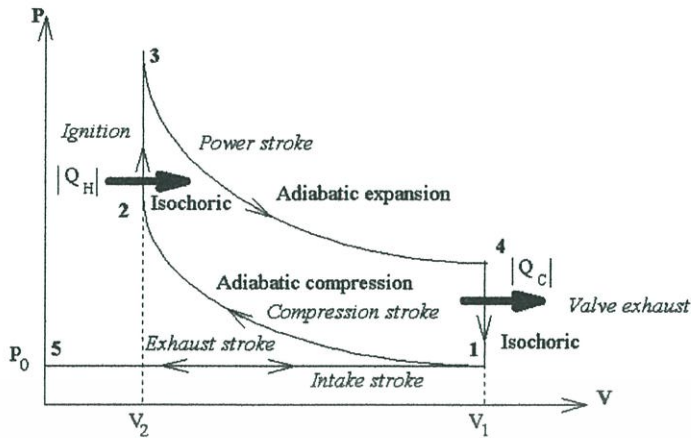
ในกรณีที่มีการใช้เอทานอลผสมกับแก๊ส โซลีนในสัดส่วนที่แตกต่างกันเราก็สามารถคำนวณขนาดของนมหนูหลักได้ตามสมการที่ 3.1 ด้วยเช่นกัน โดยหาค่า A/F ของเอทานอลผสมแก๊ส โซลีนได้จากการคำนวณ [16] ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนขนาดนมหนูได้อย่างเหมาะสมตามสัดส่วนของเอทานอลที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงในรูปที่ 3.21

การปรับแตงนมหนูเดินเบาเนื่องจากนมหนูเดินเบาไม่สามารถขยายได้มากเท่ากับนมหนูหลักเนื่องจากตัวนมหนูเดินเบาเองที่มีลักษณะบาง การปรับแตงเพื่อที่ใช้เอทานอลมี 2 วิธี คือ

1. การปรับแตงสกรูอากาศและเดินเบาให้เหมาะสมกับเอทานอลเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถเดินเบาได้เครื่องยนต์ก็สามารถเดินเบาได้แต่มีค่า A/F ที่บางกว่าแก๊ส โซลีน
2. การเปลี่ยนขนาดของนมหนูเดินเบาโดยนำไปเทียบเท่ากับรุ่นอื่นแทน โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำงานเปลี่ยนขนาดนมหนูแล้วทำการวัดค่า A/F ในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาให้ใกล้เคียงกับแก๊ส โซลีนมากที่สุดเบอร์นมหนูเดินเบาที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเบอร์ 45 จากเดิมเบอร์ 35

#### 3.1.4.3 อัตราส่วนกำลังอัด

วัฏจักรอุดมคติของเครื่องยนต์ที่เชื้อเพลิงถูกจุดระเบิดด้วยหัวเทียน (รูปที่ 3.21) โดยวัฏจักรที่นำมาคิดมีกำลังอัด 9.3:1 และ 12:1 อากาศอยู่ที่สภาวะ 100 kPa อุณหภูมิเริ่มต้น  $25^{\circ}\text{C}$  และความร้อนจำนวน 800 kJ/kg ถูกถ่ายโอนเข้าสู่ระบบระหว่างกระบวนการป้อนความร้อนที่ปริมาตรคงที่ สมมติว่าความร้อนจำเพาะของอากาศเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยหา (ก) อุณหภูมิสูงสุดและความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในวัฏจักร (ข) งานสุทธิที่ได้ออกมา (ค) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และ (ง) ความดันประสิทธิผลเฉลี่ย (mean effective pressure) ของวัฏจักร



รูปที่ 3.22 แผนภาพ P-V ของวัฏจักร Otto

ตัวอย่างการคำนวณคิดที่กล่าวถึง 9.3:1 ได้ดังนี้

(ก) อุณหภูมิสูงสุดและความดันสูงสุดในวัฏจักร Otto เกิดขึ้นที่จุดสิ้นสุดของกระบวนการป้อนความร้อนที่ปริมาตรคงที่ (สถานะที่ 3) แต่ก่อนอื่นต้องคำนวณหาอุณหภูมิและความดันของอากาศที่จุดสิ้นสุดของกระบวนการอัดแบบไอเซนโทรปิกเสียก่อน (สถานะที่ 2) โดยใช้ข้อมูลจากตารางสมบัติของอากาศ

$$T_1 = 298 \text{ K} \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} u_1 &= 212.64 \text{ kJ/kg} \\ v_{r1} &= 631.88 \end{aligned}$$

กระบวนการ 1-2 (กระบวนการอัดแบบไอเซนโทรปิกของแก๊สอุดมคติ)

$$\frac{V_{r2}}{V_{r1}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{r} \rightarrow V_{r2} = \frac{V_{r1}}{r} \quad (3.2)$$

แทนค่า  $V_{r2} = \frac{631.88}{9.3} = 67.94$  นำค่านี้ไปเปิดในตารางคุณสมบัติของอากาศได้ค่า

$$\therefore T_2 = 706.69 \text{ K}$$

$$u_2 = 517.62 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \rightarrow P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \left( \frac{V_1}{V_2} \right) \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{แทนค่า } P_2 = (100kPa) \left( \frac{706.69K}{298K} \right) \quad (9.3)$$

$$P_2 = 2205.4kPa$$

กระบวนการ 2-3 (กระบวนการป้อนความร้อนที่ V=คงที่)

$$q_{23} - w_{23} = u_3 - u_2 \quad (3.4)$$

$$\text{แทนค่า } 800kJ/kg - 0 = u_3 - 517.62kJ/kg$$

$$u_3 = 1317.62kJ/kg \rightarrow T_3 = 1620.7K$$

$$V_{r3} = 5.56$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_3 = P_2 \left( \frac{T_3}{T_2} \right) \left( \frac{V_2}{V_3} \right) \quad (3.5)$$

$$\text{แทนค่า } P_3 = (2205.4kPa) \left( \frac{1620.7K}{706.69K} \right) \quad (1)$$

$$P_3 = 5.06MPa$$

(ข) งานสุทธิที่ได้ออกมาจากวัฏจักร สามารถคำนวณได้ดังนี้

กระบวนการ 4-1 (กระบวนการคายความร้อนที่ V=คงที่)

$$q_{41} - w_{41} = u_1 - u_4 \quad (3.6)$$

คำนวณหาค่า  $T_4$  เพื่อหาค่า  $u_4$

กระบวนการ 3-4 (การขยายตัวแบบไอเซนโทรปิกของแก๊สอุดมคติ)

$$\frac{V_{r4}}{V_{r3}} = \frac{V_4}{V_3} = \frac{1}{r} \rightarrow V_{r4} = rV_{r3} \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า  $V_{r4} = (9.3)(5.56) = 51.71$  นำค่านี้ไปเปิดในตารางคุณสมบัติของอากาศได้ค่า

$$\therefore T_4 = 779K$$

$$u_4 = 575.31kJ/kg$$

$$\therefore q_{41} - 0 = (212.64 - 575.31)kJ/kg \rightarrow -362.67kJ/kg$$

ดังนั้น  $W_{net} = q_{in} - q_{out} \rightarrow (800 - 362.67)kJ/kg$

$$W_{net} = 437.33kJ/kg$$

(ค) ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวัฏจักร

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_{in}} = \frac{437.33kJ/kg}{800kJ/kg} = 0.5466 \quad (3.8)$$

คิดเป็น 54.66%

(ง) ความดันประสิทธิผลเฉลี่ย (mean effective pressure)

$$MEP = \frac{W_{net}}{V_1 - V_2} = \frac{W_{net}}{V_1 - V_1/r} = \frac{W_{net}}{V_1(1 - 1/r)} \quad (3.9)$$

$$\text{เมื่อ } V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{[0.287kJ/kg \cdot K][298K]}{100kJ/m^3} = 0.855m^3/kg$$

$$\text{ดังนั้น } MEP = \frac{437.33kJ/kg}{0.855m^3/kg(1 - \frac{1}{9.3})} \left( \frac{1kJ}{1kJ} \right)$$

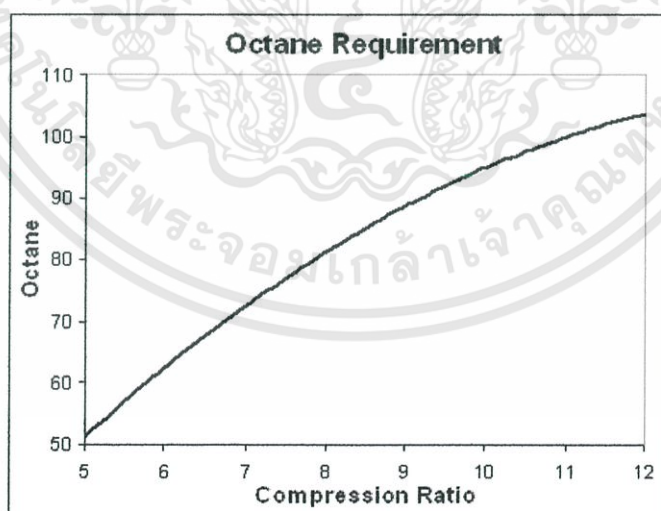
$$MEP = 573.12kJ/m^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ผลจากการคำนวณในวัฏจักร Otto ที่กำลังอัด 9.3:1 และ 12:1

$r_c$	$P_1$ (kPa)	$T_1$ (K)	$P_2$ (kPa)	$T_2$ (K)	$P_3$ (MPa)	$T_3$ (K)	$P_4$ (kPa)	$T_4$ (K)	$\eta_{th}$ (%)	$MEP$ (kPa)
9.3:1	100	298	2205.4	706.69	5.06	1620.7	261.51	779	54.66	573.12
12:1	100	298	3120.8	775	6.75	1678.6	248.14	740.5	57.2	584.64

จากการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.2 เห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและอุณหภูมิเริ่มต้นของการเผาไหม้สูงขึ้น เมื่อดูตารางที่ 2.1 เห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเองต่ำกว่าค่าที่ได้คำนวณไว้ทั้งแก๊ส โซลินและเอทานอลเนื่องมาจากการคำนวณนี้เป็นวัฏจักรในอุดมคติจึงทำให้อุณหภูมิสูงกว่าความเป็นจริง ซึ่งในเครื่องยนต์จริงในการเลือกใช้กำลังอัดของเครื่องยนต์นั้นต้องดูเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ และระบบการทำงาน of เครื่องยนต์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้กำลังอัด 12:1 ซึ่งเป็นกำลังอัดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอล ไม่เกิดการระเบิดในการสร้างกำลังอัดมากเกินไป และเครื่องยนต์สามารถปรับแต่งได้โดยไม่ต้องยากจนเกินไป[3] ดังนั้นต้องปาดฝาสูบออกไป 0.5 มิลลิเมตรแสดงในรูปที่ 3.24 โดยฝาสูบของเครื่องยนต์หัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์มีลักษณะที่คล้ายกันแต่มีความแตกต่างกันที่ตำแหน่งการยึดท่อไอดีแต่ก็สามารถแก้ไขได้ดังนั้นจึงสามารถใช้ฝาครอบกันได้ ส่วนในกรณีที่เอทานอลผสมในสัดส่วนที่แตกต่างกันเราสามารถปรับกำลังอัดให้เหมาะสมได้โดยดูกราฟจากรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกำลังอัดและออกเทน<sup>1</sup>

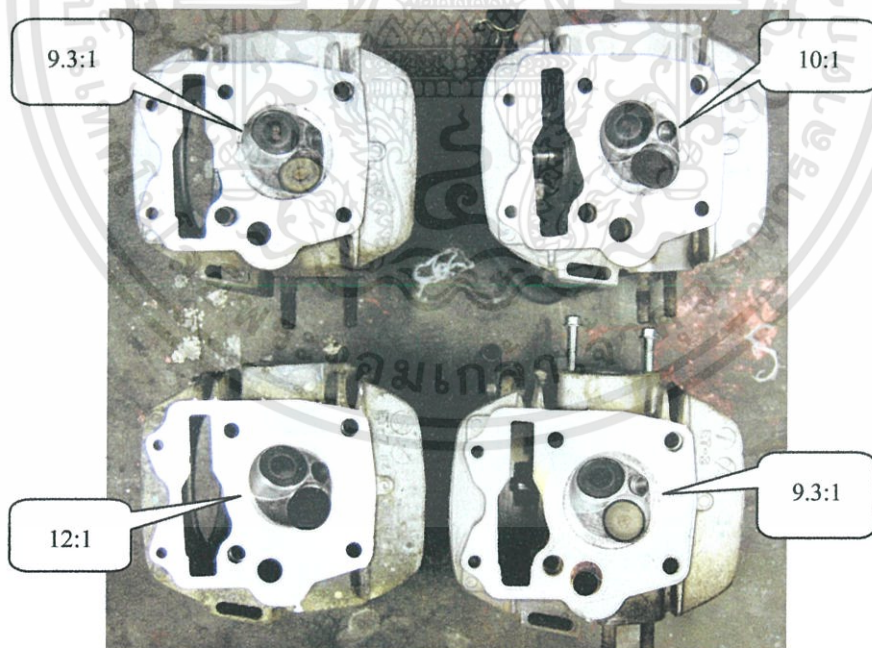
จากรูปที่ 3.23 เห็นได้ว่าถ้าเราใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูงขึ้นสามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นตามไปได้ ในตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนกำลังอัดที่เหมาะสมกับ

เชื้อเพลิงที่มีใช้ในปัจจุบัน โดยคุณสมบัติของอุณหภูมิเริ่มต้นของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนกำลังอัดของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด[1] [3] [4]

เชื้อเพลิง	ออกเทน	อัตราส่วนกำลังอัด
แก๊สโซลีน	91	9:1
E20	95	10:1
E85	105	11-12:1
E100	108.6	12-18:1

หลังจากที่ได้เพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์แล้วต้องทำการตรวจสอบว่าเมื่อเพิ่มกำลังอัดไปแล้วนั้นมีผลกับกลไกของเครื่องยนต์อย่างไรบ้างอันดับแรกดูความตึงหย่อนของโซ่ราวลิ้นว่าหย่อนเกินไปหรือไม่ ถ้าหย่อนก็ให้ทำการปรับตั้งหรือเปลี่ยนใหม่เพราะอาจทำให้เกิดเสียงดังหรือเฟืองกระโดดข้ามร่องก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องยนต์ หลังจากนั้นก็ให้ทำการหมุนเครื่องยนต์ด้วยมือเบาๆ เพื่อดูว่าวาล์วไอดีหรือวาล์วไอเสียโดนกับหัวลูกสูบหรือไม่ ถ้าโดนก็ให้ทำการปรับแต่งหัวลูกสูบหรือเปลี่ยนลูกสูบใหม่ หลังจากตรวจสอบแล้วก็ให้ทำการวัดกำลังอัดดังรูปที่ 3.25

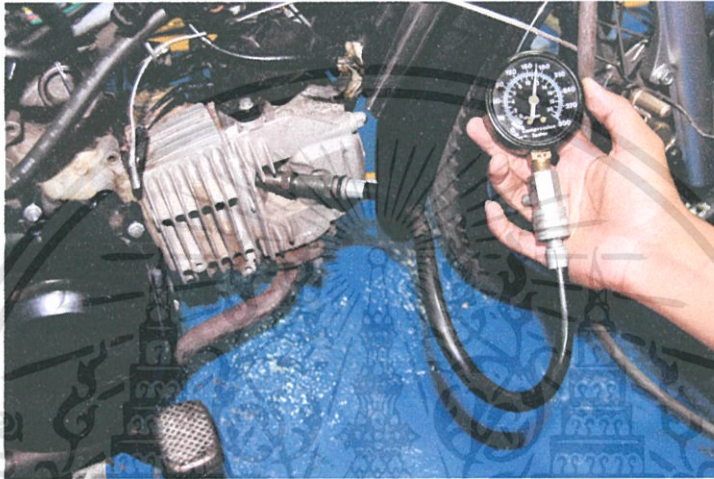


รูปที่ 3.24 เปรียบเทียบฝาสูบเดิมกับฝาสูบที่เพิ่มกำลังอัด

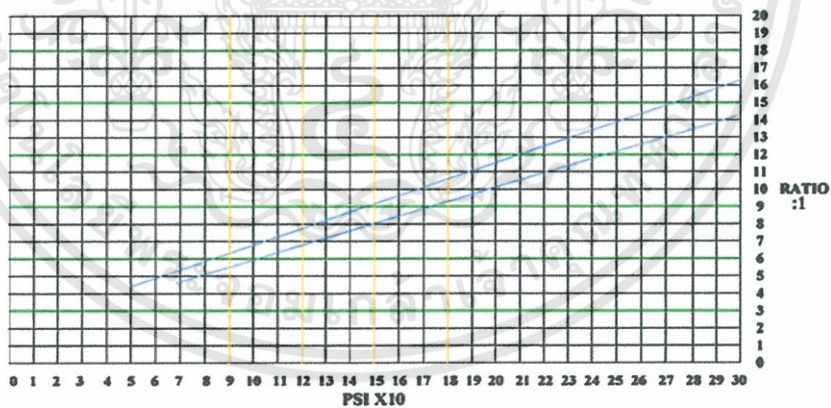
การวัดกำลังอัดของเครื่องยนต์ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดความดันภายในกระบอกสูบ โดยต้องแน่ใจว่าไม่มีความดันรั่วออกจากข้อต่อต่างๆ เปิดลิ้นปีกผีเสื้อให้สุด แล้วเริ่มสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์โดยความเร็วรอบของเครื่องยนต์ขึ้นอยู่กับคู่มือของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น นำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับกำลังอัดมาตรฐานของเครื่องยนต์ถ้ามีความแตกต่างกัน 20 % แสดงว่าเครื่องยนต์มีความผิดปกติ ส่วนการวัดที่ขณะเครื่องเย็นและร้อนมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยกำลังอัดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบนี้ในคู่มืออยู่ที่ 171 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถ้านำไปเทียบตารางความสัมพันธ์ระหว่างความดันและกำลังอัดภายในกระบอกสูบรูปที่ 3.19 เห็นได้ว่าอยู่ที่ประมาณ 9.3-10:1 ดังนั้นถ้าต้องการกำลังอัดที่ 12:1 ต้องวัดกำลังภายในให้ได้ 210-245 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



รูปที่ 3.25 การวัดกำลังอัดของเครื่องยนต์



รูปที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในกระบอกสูบและอัตราส่วนการอัด<sup>1</sup>

#### 3.1.4.4 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ

ในการทดสอบนี้มีการวัดอุณหภูมิอยู่ด้วยกัน 2 ตำแหน่งด้วยกันโดยตำแหน่งแรกคือที่ท่อไอเสียและตำแหน่งที่สองคือที่ท่อไอเสียดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอดีและไอเสีย

หลังจากที่ได้เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเริ่มการทดสอบเครื่องยนต์จากโรงงานก่อน โดยใช้แก๊สโซลีน แล้วก็เปลี่ยนมาใช้เอทานอลตั้งแต่ยังไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์จนถึงปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอลจนใช้แก๊สโซลีนไม่ได้อีก โดยก่อนที่ทดสอบทุกครั้งก็ต้องตรวจสอบความพร้อมของรถโดยทั่วไปเพื่อความปลอดภัยและความแม่นยำในการทดสอบและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง แล้วทำการทดสอบซ้ำกันหลายๆ ครั้งจนได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

### 3.2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

การทดสอบเครื่องยนต์นอกจากทำการศึกษาจากงานวิจัยอื่นที่ใกล้เคียงกันหรือได้ทำมาแล้ว การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณก็ช่วยเพิ่มความแม่นยำของผลการทดสอบอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมออนไลน์ในการคำนวณหาค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไรบ้างโดยเป็นของ Dr. Allan T. Kirkpatrick Colorado State University Fort Collins CO 80523 มาใช้ในการคำนวณหน้าตาของโปรแกรมแสดงไว้ในรูป 3.28

## Internal Combustion Engine Thermodynamics Outline

### Engine Parameters

#### Slider Crank Model

- APPLT: Piston - Cylinder Volume Plot
- APPLT: Piston Surface Area Plot

#### Work

- Mean Effective Pressure
- APPLT: Friction Mean Effective Pressure

### Combustion

#### Stoichiometry:

- Fuels
- Determination of Q<sub>in</sub> from HHV of Fuel
- APPLT: Combustion Molar Product Coefficient

#### Chemical Equilibrium

- APPLT: Equilibrium Combustion Products
- APPLT: Adiabatic Flame Temperature
- APPLT: Nitrogen Oxide Formation Rate
- APPLT: Dissociation of CO<sub>2</sub>

### Engine Cycle Models

#### Introduction

#### Model of Basic Otto Cycle

- APPLT: Four Stroke Otto Gas Cycle
- APPLT: Otto Fuel-Air Cycle
- APPLT: Four Stroke Otto Fuel-Air Cycle

#### Finite Heat Release Otto Cycle

- Determination of Fuel Heat Input Q<sub>in</sub>
- APPLT: Heat Release Fraction Plot
- APPLT: Simple Heat Release Applet
- APPLT: Simple Heat Release Applet (Updated with Eurospec by Sandeep Makam, Summer 2007)
- APPLT: Parametric Calculations of Otto Finite Heat Release Engine Performance

#### Finite Heat Release Otto Cycle with Heat Transfer

- APPLT: Finite Heat Release with Heat Transfer
- APPLT: Comparison of Heat Transfer Coefficient Models

### รูปที่ 3.28 โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้องกำหนดเงื่อนไขเพื่อให้ผลที่ออกมาแม่นยำใกล้เคียงโดยแสดงในรูปที่ 3.29 การตั้งเงื่อนไขของการคำนวณหาค่าพลังงานเบรคของเครื่องยนต์

Parameters		Result Table	Pressure Plot	Temperature Plot	Work Plot
Calculate					
Combustion Parameters	Engine 1	Engine 2	Geometric Parameters	Engine 1	Engine 2
Spark Timing	-15	-15	s - stroke [mm] (> 29 mm)	57.9	57.9
Duration of combustion	40.0	40.0	b - bore [mm] (> 29 mm)	52.4	52.4
a (usually 5)	5	5	l = connecting rod [mm]	80	80
n (usually 3)	3	3	r - compression ratio	9.3	12
Initial Temperature [K]	292	292	Engine speed [rpm]	5000	5000
Initial Pressure [bar]	1	1			
Cylinder Wall Temperature [K]	325	325			
Fuel Parameters					
Equivalence Ratio	0.954	0.999			
Fuel	Ethanol				

### รูปที่ 3.29 การตั้งเงื่อนไขของการคำนวณ

จากรูปที่ 3.29 เห็นได้ว่าต้องมีการใส่ค่าหลักๆ อยู่ 3 ค่า โดยมีดังนี้

Combustion Parameters ซึ่งเกี่ยวกับกระบวนการในการเผาไหม้ โดยประกอบไปด้วย Spark Timing เป็นองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ โดยได้จากการวัดหรือคู่มือของเครื่องยนต์ Duration of combustion เป็นระยะเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้จากคุณสมบัติของเชื้อเพลิง [8] ค่า a และ n เป็นค่าคงที่คือ 5 และ 3 ตามลำดับ Initial Temperature (K) เป็นค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิไอดี Initial Pressure (bar) เป็นค่าเริ่มต้นของความดันเริ่มต้น Cylinder Wall Temperature (K) อุณหภูมิของผนังกระบอกสูบ [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาก็เป็น Fuel Parameters โดยที่ Equivalence Ratio เป็นอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ Fuel เป็นชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้

สุดท้าย Geometric Parameters เป็นการใส่ค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ทำการคำนวณ เมื่อเราได้ใส่ค่าต่างๆ ไปแล้วผลที่ได้ออกมาเป็นดังรูปที่ 3.30

### Engine Performance Table

	Engine1(w/HT)	Engine2(w/HT)
Qin [J]	445.0	453.0
Max. Temperature (K)	2461.04	2450.36
Max. Pressure (kPa)	6393.0	7958.0
Mean Effective Pressure [bar]	13.4	14.2
Indicated Work [J]	167.3	177.47
Indicated Power [KW]	6.97	7.39
Thermal Efficiency	0.376	0.392

### รูปที่ 3.30 ผลที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากผลที่ได้มาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เห็นได้เมื่อนำไปเทียบกับเครื่องจริงแล้วมีกำลังที่สูงกว่าและประสิทธิภาพที่ดีกว่าเครื่องจริง เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ไม่ได้นำตัวแปรบางตัวเข้ามาคิดด้วย ผลที่ได้ออกมาแสดงในบทที่ 4

## บทที่ 4

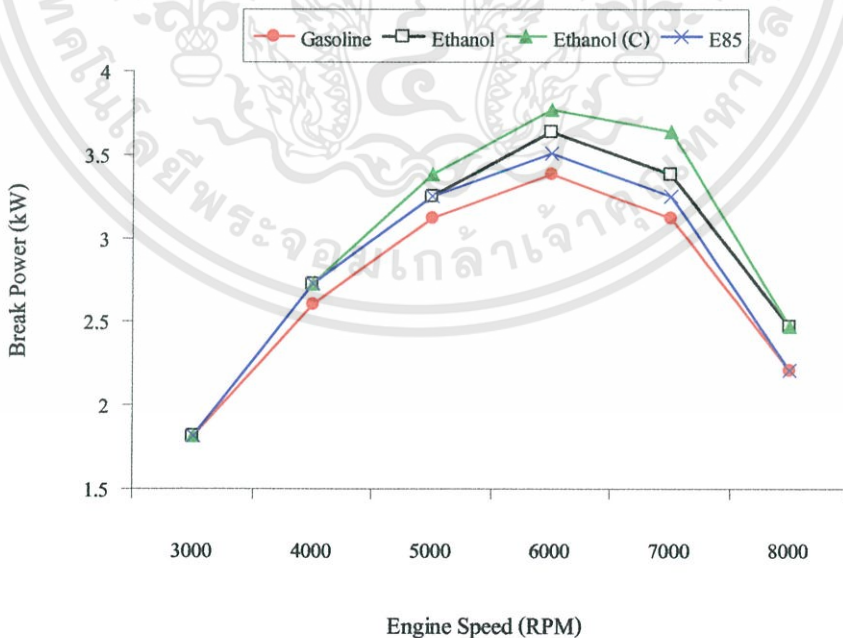
### ผลการทดลอง

เมื่อเราได้ทำการเตรียมอุปกรณ์และปรับปรุงเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอลทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ โดยมีการวัดกำลังของเครื่องยนต์ มลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แล้วนำค่าของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนว่ามีผลเป็นอย่างไรบ้าง ผลได้ดังนี้

#### 4.1 เครื่องยนต์ระบบหัวฉีด

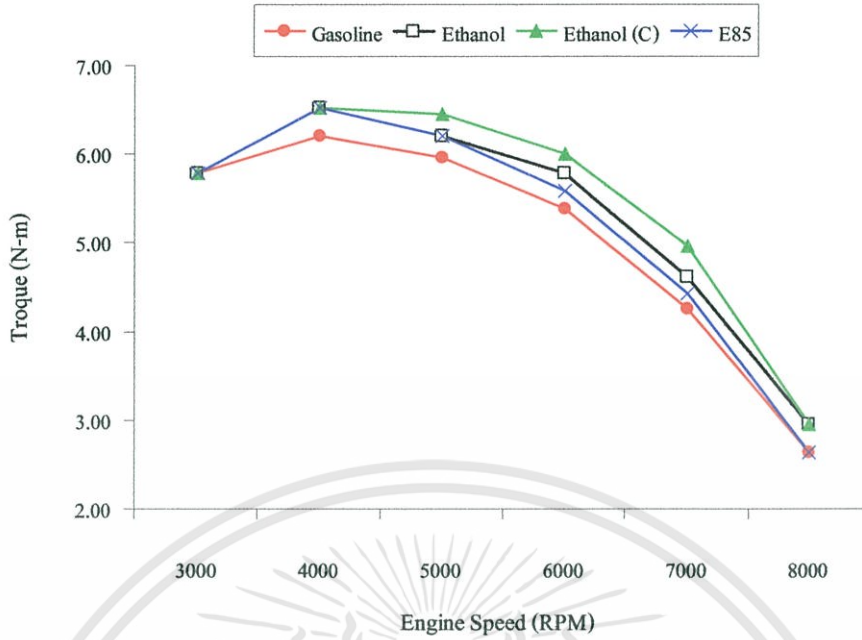
##### 4.1.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์หัวฉีด

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์นี้ทำการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อสุดในทุกสภาวะของการทดสอบ โดยผลทดสอบแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ โดยแบบแรกเป็นการทดสอบเครื่องยนต์เดิมจากโรงงานใช้แก๊สโซลีนเส้นสีแดง (Gasoline) แบบที่สองเป็นการปรับปรุงปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะกับเอทานอลเส้นสีดำ (Ethanol) แบบที่สามเส้นสีน้ำเงินเป็นเชื้อเพลิง E85 และสุดท้ายเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 ใช้เอทานอลเส้นสีเขียว (Ethanol (C)) ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงกำลังงานเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์



รูปที่ 4.1 กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แรงบิดของเครื่องยนต์หัวฉีด

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 เห็นได้ว่าการที่เรานำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแล้วปรับแต่งอัตราการจัดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอลอันเนื่องมาจากค่าความร้อนของเอทานอลนั้นมีน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 38 % ผลที่ได้คือออกมาคือกำลังงานเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์สูงขึ้นสูงสุด 9 % เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เหตุที่กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้นเนื่องจาก A/F ของเอทานอลมีค่า 9:1 ส่วนของแก๊สโซลีนค่า A/F อยู่ที่ 14.7:1 ดังนั้นเมื่อนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ก็มีเกินพอที่เพิ่มปริมาณของเอทานอลได้มากกว่าแก๊สโซลีนทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีกำลังที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน [10] แสดงในสมการที่ 4.1

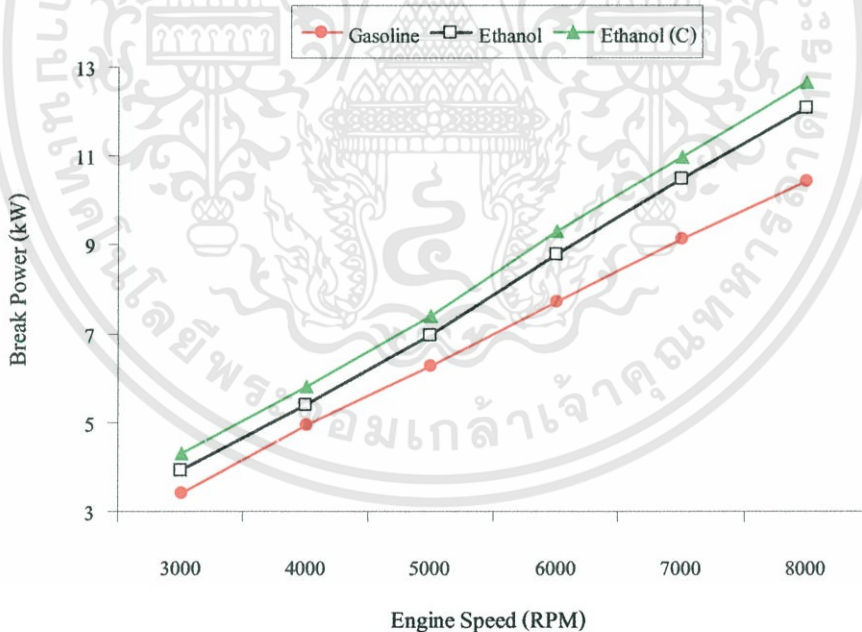
ตารางที่ 4.1 การใช้เชื้อเพลิงในปริมาณอากาศเท่ากัน

	$\phi=1$	คิดที่อากาศเท่ากัน	$\phi=1$
เชื้อเพลิง	เอทานอล	เอทานอล	แก๊สโซลีน
น้ำหนักเชื้อเพลิง (g)	46.07	184.83	114.83
น้ำหนักอากาศ (g)	414.71	1672.3	1672.3

หลังจากเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12: 1 และชดเชยปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงก็ทำให้กำลังงานเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 13% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน คุณสมบัติดีอีกอย่างของเอทานอลคือมีค่าออกเทนที่สูงกว่าแก๊สโซลีนดังนั้นเราสามารถเพิ่มกำลังอัดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องยนต์ได้ถึง 12:1 โดยที่เมื่อเราใช้เอทานอลแล้วเครื่องยนต์ไม่เกิดอาการชิงจุกระเบิด [8] เหตุที่ก่าลังของเครื่องยนต์โดยรวมสูงขึ้นเมื่อใช้เอทานอลเนื่องมาจากเอทานอลมีค่า Adiabatic flame temperature ที่ต่ำกว่าแก๊ส โซลีน (เอทานอลมีค่า 2197 K ส่วนค่าแก๊สโซลีนมีค่า 2266 K) ซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น อีกทั้งคุณสมบัติในการเผาไหม้เอทานอลที่เร็วกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้สูญเสียความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมรอบข้างได้น้อยกว่าและอุณหภูมิไอศิต่ำกว่าทำให้ไอศิตที่เข้ากระบอกสูบมีความหนาแน่นกว่าแก๊สโซลีนทำให้การเผาไหม้มีความดันที่สูงกว่าส่งผลให้ได้ก่าลังและประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย [18]

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบจริงกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองก่าลังงานเบรกของเครื่องยนต์(บทที่ 3) ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.3 เห็นได้ว่าผลจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นแรงม้าของเครื่องยนต์ออกมามากกว่าการทดสอบเครื่องยนต์จริงเนื่องจากตัวโปรแกรมกำหนดค่าความจุของกระบอกสูบ องศาการจุกระเบิด ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ ก่าลังอัดของเครื่องยนต์ และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นหลัก ไม่นำตัวแปรบางตัวเข้ามาคำนวณด้วย ผลของการคำนวณที่ได้มานั้นมีแนวโน้มเดียวกันกับผลการทดสอบเครื่องยนต์จริง

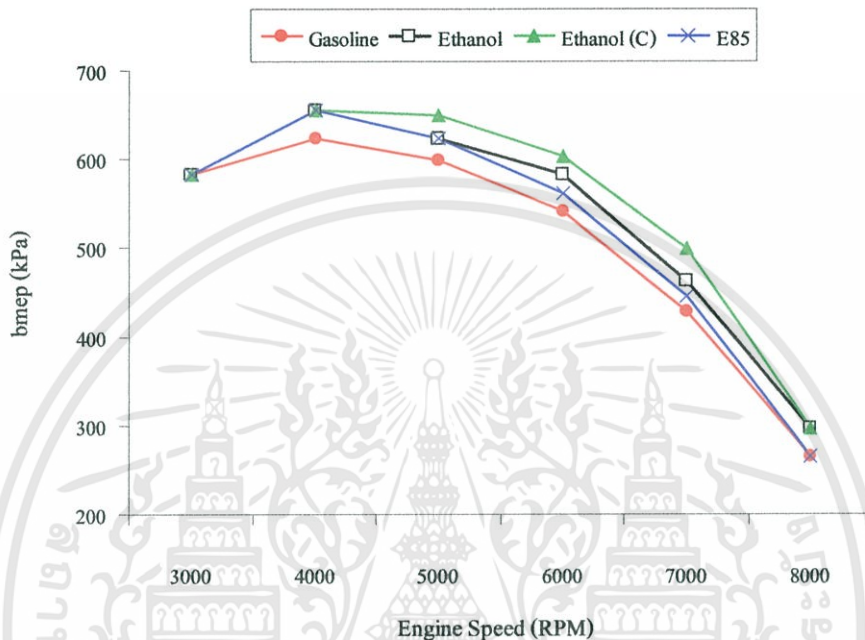


รูปที่ 4.3 ก่าลังงานเบรกที่มาจาก การคำนวณ

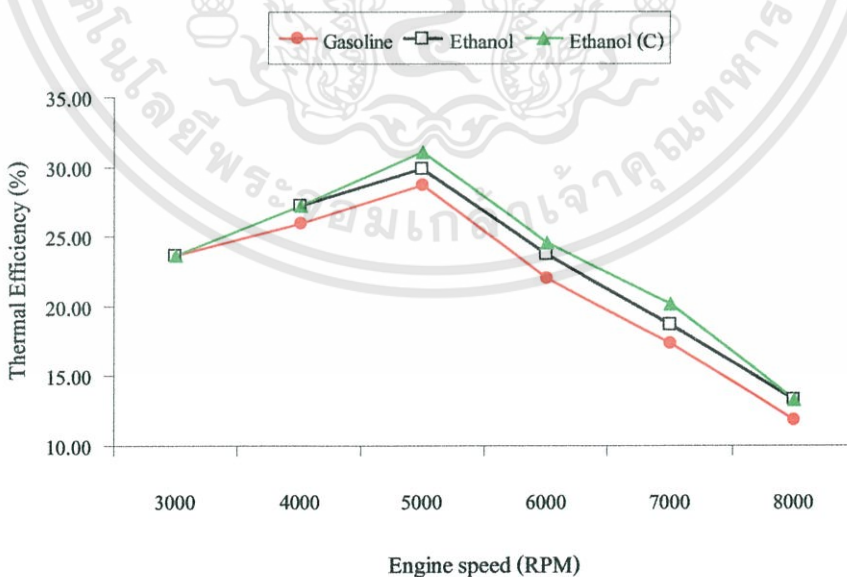
ความดันยังผลเฉลี่ยเบรกภายในกระบอกสูบ (bmep) ได้มาจากการคำนวณในบทที่ 2 โดยจากรูปที่ 4.4 เห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลทำให้ความดันยังผลเฉลี่ยเบรกภายในกระบอกสูบ (bmep) เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการใช้แก๊สโซลีน[4] ดังที่ได้กล่าวได้ข้างต้นว่าเมื่อเราใช้เอทานอลนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มสูงขึ้นดังนั้นอากาศที่เข้าไปในเครื่องยนต์มีมากขึ้นตัวออกซิเจนก็มากขึ้นเช่นกันดังนั้นการเผาไหม้มีความสมบูรณ์ขึ้น ถ้าเราเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นความดันยังผลเฉลี่ยเบรคภายในกระบอกสูบ (bmep) เนื่องจากความดันเริ่มต้นในการเผาไหม้ที่สูงกว่าเดิมทำให้เกิดการเผาไหม้ที่เร็วขึ้นกว่าเครื่องยนต์ที่ไม่ได้เพิ่มกำลังอัด [8]



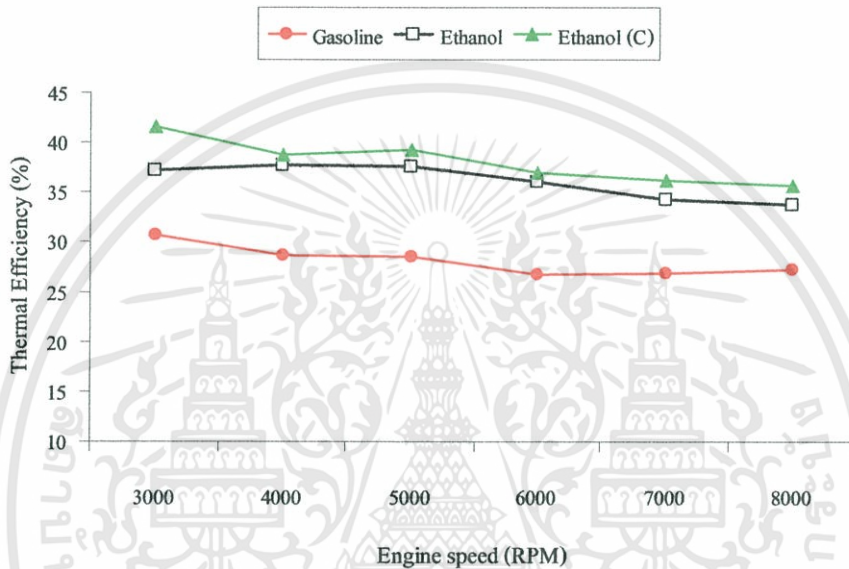
รูปที่ 4.4 ความดันยังผลเฉลี่ยเบรคภายในกระบอกสูบ (bmep) เครื่องยนต์หัวฉีด



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 เมื่อใช้เอทานอลประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ค่าลึงอัด 9.3:1 และ 12:1 เพิ่มขึ้น 5% 8% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 เห็นได้ว่ามีแนวโน้มเดียวกันกับผลการทดสอบจริงประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้เอทานอลเกิดจากคุณสมบัติของเอทานอลเองที่มีการเผาไหม้ที่เร็วกว่าแก๊สโซลีนทำให้มีการสูญเสียความร้อนให้กับบริเวณห้องเผาไหม้น้อยกว่าแก๊สโซลีนทำให้เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้มากกว่า [8]



รูปที่ 4.6 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อน

#### 4.1.2 มลพิษของเครื่องยนต์หัวฉีด

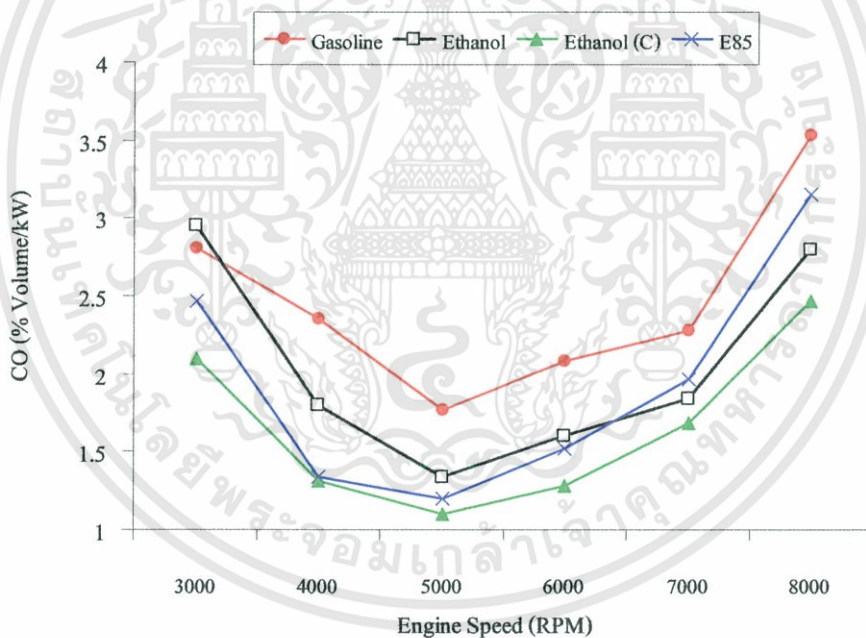
ในการวัดมลพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์ก็เป็นตัวบ่งชี้ถึงการลดเขม่าควันที่ได้เพิ่มไปนั้นมีความถูกต้องหรือไม่เพื่อให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพที่ดี โดยเครื่องที่ใช้ในการวัดมลพิษเครื่องนี้วัดเชื้อเพลิงได้แค่ 3 ประเภทคือ แก๊สโซลีน LPG และ CNG แต่ไม่สามารถวัดเอทานอลได้ ดังนั้นถ้าเรานำมาวัดเอทานอลนั้นเราก็ต้องนำค่ามลพิษที่วัดมานั้นมาคำนวณในสมการตามคู่มือของเครื่องมือวัดมลพิษ เพื่อที่ได้หาค่า Lamda ที่ถูกต้อง โดยเครื่องยนต์ตัวนี้วัดก๊าซ CO CO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub> HC O<sub>2</sub> และค่า Lamda โดยในวัดมลพิษนี้ทำวัดที่แรงม้าเท่ากันในทุกสภาวะการทดสอบ ซึ่งได้ผลออกมาดังนี้

##### 4.1.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

จากรูปที่ 4.7 แสดงค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ออกมาจากเครื่องยนต์ โดยค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดในขณะที่เครื่องยนต์มีส่วนผสมหนาและการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเข้ากันไม่ดี เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลที่ไม่ปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่น้อยมากเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน เนื่องจากค่า A/F ของเอทานอลที่ ต้องการอากาศน้อยกว่าแก๊สโซลีน ดังนั้นเมื่อนำเอทานอลไปใส่ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทำให้มี อากาศส่วนเกินมากเกินไป [4] เมื่อชดเชยปริมาณการฉีดเอทานอลให้เหมาะสมกับอากาศที่เข้าไป ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลน้อยกว่าประมาณ 19-24 % เมื่อ เปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน จากผลการทดสอบเห็นได้ว่าค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก็ยังน้อยกว่า แก๊สโซลีนเนื่องมาจากเอทานอลมีองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำกว่าแก๊สโซลีน และในเอทานอลมี ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยจึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า แก๊สโซลีน [18] และถ้าเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์และปรับชดเชยปริมาณการฉีดเอทานอลให้ เหมาะสม ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลก็ลดลง 25-44 % เมื่อเทียบ กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อเราเพิ่มกำลังอัดให้มากขึ้นกว่าเดิมค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลง อันเนื่องมาจากอุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาไหม้ที่สูงขึ้นทำการเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีความสมบูรณ์ ขึ้นตามไปด้วยมีผลทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลง [10]



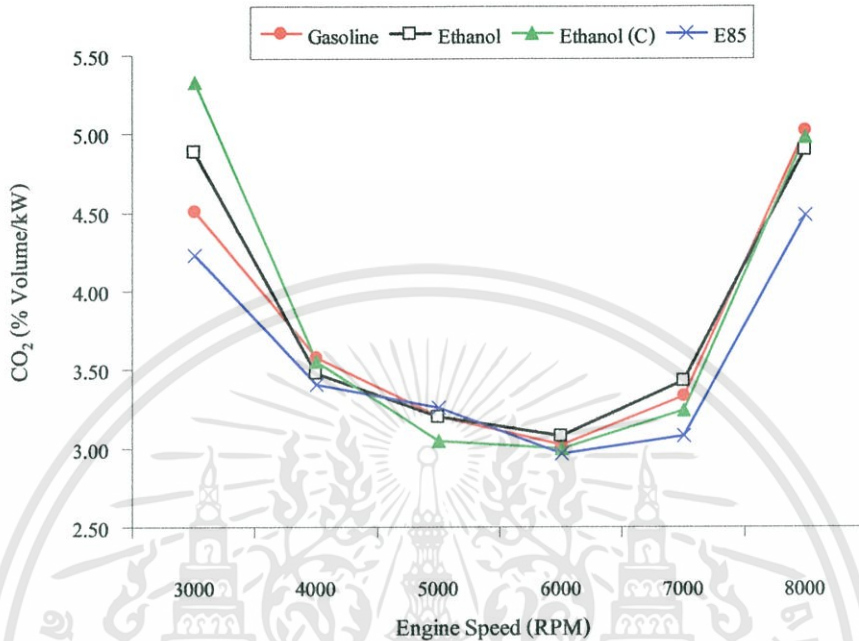
รูปที่ 4.7 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เครื่องยนต์หัวฉีด

#### 4.1.2.2 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เกิดจากปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากรูปที่ 4.8 เห็นได้ ว่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ในเครื่องยนต์ที่ปรับแต่งปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กำลังอัด 9.3:1 และ 12:1 มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มากกว่าแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 1.4 % เห็นได้ว่าค่า คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องมาจาก A/F ของเอทานอลมีค่า 9:1 ส่วนของแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

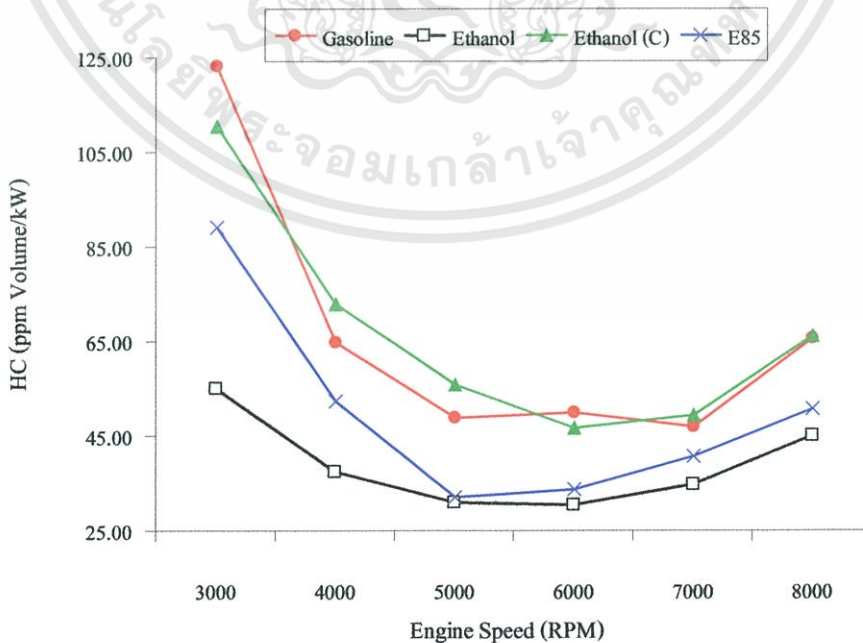
โซลีนค่า A/F อยู่ที่ 14.7:1 ดังนั้นเมื่อเรานำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ก็จะมีเกินพอเราจึงเพิ่มปริมาณเอทานอลได้มากกว่าแก๊สโซลีน [10] ทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่มากกว่าแก๊สโซลีน



รูปที่ 4.8 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เครื่องยนต์หัวฉีด

#### 4.1.2.3 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ไฮโดรคาร์บอน (HC) เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ส่วนผสมของเชื้อเพลิงบาง กำลังอัดต่ำ หรือท่อไอเสีย

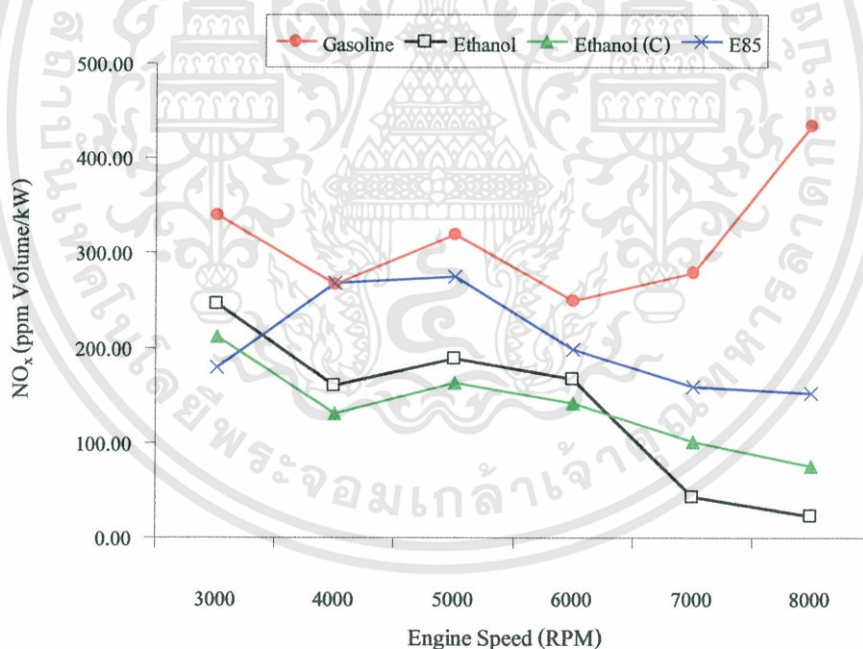


รูปที่ 4.9 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์หัวฉีด

ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่แสดงในรูปที่ 4.9 เครื่องยนต์กำลังอัด 9.3:1 และชดเชยปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะกับเอทานอลมีค่าไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่น้อยกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอยู่ 38 % การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลนั้นมีความสมบูรณ์มากกว่าเนื่องจากในตัวเอทานอลเองมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วย [18] แต่พอเราเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์และชดเชยปริมาณการจ่ายเอทานอลให้เหมาะสมแล้วค่าไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นมากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประมาณ 2.7 % เห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลและเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 นั้นค่าไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากกำลังอัดที่สูงขึ้นเชื้อเพลิงที่เข้าไปในห้องเผาไหม้นั้นมีการตกค้างตามซอกต่างๆ ทำให้เปลวไฟลามไปไม่ถึงในส่วนนี้ทำให้ไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกำลังอัดของเครื่องยนต์ที่ 9.3:1 [9]

#### 4.1.2.4 NO<sub>x</sub> ของเครื่องยนต์หัวฉีด

NO<sub>x</sub> เป็นแก๊สอีกตัวที่วัดออกมาโดยบอกถึงอุณหภูมิในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์และระยะเวลาในการลามของเปลวไฟในห้องเผาไหม้ถ้าการลามของเปลวไฟในการเผาไหม้นี้ใช้เวลานานก็ทำให้เกิด NO<sub>x</sub> มากกว่าปกติ



รูปที่ 4.10 NO<sub>x</sub> เครื่องยนต์หัวฉีด

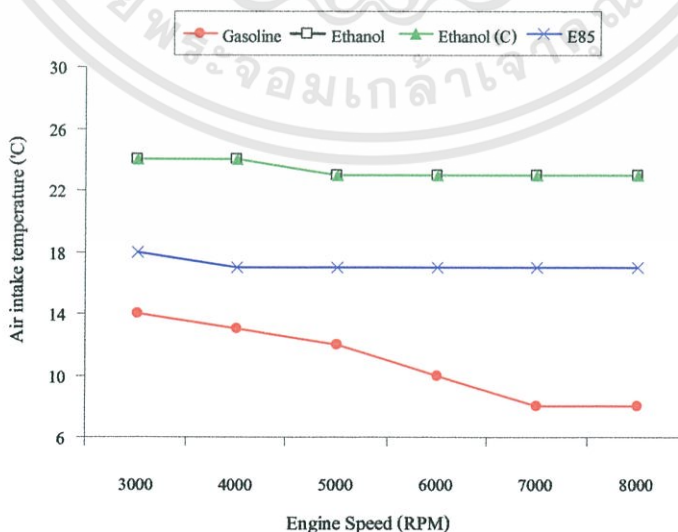
ถ้าเราใส่เอทานอลลงไปเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยไม่ได้ปรับแต่งเครื่องยนต์ก็ทำให้ค่า NO<sub>x</sub> เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเนื่องจากเมื่อใช้เอทานอลในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั้นมีอากาศส่วนเกินมากจึงทำให้ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศนั้นบางเนื่องด้วยตัวคุณสมบัติของเอทานอลเองที่มีค่า A/F = 9:1 จึงทำให้การลามของเปลวไฟใช้เวลานานจึงทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\text{NO}_x$  ที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าแก๊ส โซลีนมาก จากรูปที่ 4.10 เมื่อเราใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและได้ปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงทั้งกำลังอัด 9.3:1 และ 14.7:1 มีแนวโน้มเดียวกันคือ  $\text{NO}_x$  ลดลง 53 % เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊ส โซลีน ซึ่งเกิดมาจากระยะเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าแก๊ส โซลีน [8] เนื่องจากเอทานอลเองมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ง่ายกว่าแก๊ส โซลีน [9]

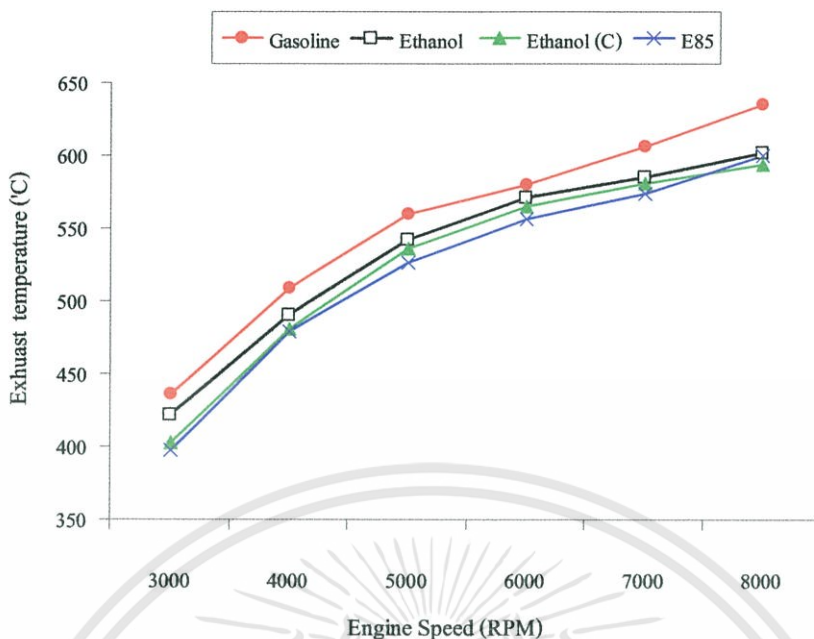
#### 4.1.3 อุณหภูมิไอดี ไอเสียและแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์หัวฉีด

จากรูปที่ 4.11 เห็นได้ว่าอุณหภูมิของไอดีที่เข้าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีอุณหภูมิที่สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊ส โซลีน ซึ่งอาจขัดกับคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่าความร้อนแฝงระเหยกลายเป็นไอที่สูงกว่าแก๊ส โซลีนอุณหภูมิต่ำกว่า แต่เนื่องจากตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอนี้ตั้งอยู่ห่างกับมุมสเปรย์ของหัวฉีดอีกทั้งคุณสมบัติของเอทานอลมีลักษณะของสเปรย์ที่มีมุมของเชื้อเพลิงที่ออกมาแคบกว่าแก๊ส โซลีนและเอทานอลที่ออกมาจากหัวฉีดออกมาเป็นเส้น ไม่เหมือนกับแก๊ส โซลีนที่ออกมาเป็นฟอยละออง[6] จากคุณสมบัติที่กล่าวมานี้ตำแหน่งที่ได้ทำการวัดอุณหภูมิในท่อไอนี้เอทานอลยังไม่มีผลกระทบตัว รูปที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์เห็นได้ว่าการใช้เอทานอลนั้นอุณหภูมิไอเสียมีอุณหภูมิต่ำกว่าแก๊ส โซลีนเนื่องจากคุณสมบัติของเอทานอลเองที่มีการเผาไหม้ที่เร็วกว่าแก๊ส โซลีน [8] จึงทำให้อุณหภูมิไอเสียของเอทานอลต่ำกว่าแก๊ส โซลีน เมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 อุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้เอทานอลต่ำกว่ากำลังอัด 9.3:1 สาเหตุมาจากการเริ่มเผาไหม้ที่ความดันเริ่มต้นสูงกว่าเครื่องยนต์เดิมทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาตรที่สูงกว่ากำลังอัดเดิมของเครื่องยนต์ [2] รูปที่ 4.13 ค่าแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์หัวฉีด โดยทำการวัดแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์เดิมจากโรงงานผู้ผลิตที่ใช้แก๊ส โซลีนเพื่อที่เก็บค่าแลมด้า ( $\lambda$ ) ไว้อ้างอิงเมื่อเวลาเราปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงเมื่อใช้เอทานอลก็ปรับค่าแลมด้า ( $\lambda$ ) ให้เท่ากันหรือใกล้เคียงกับเครื่องยนต์เดิมที่ใช้แก๊ส โซลีนจากโรงงาน

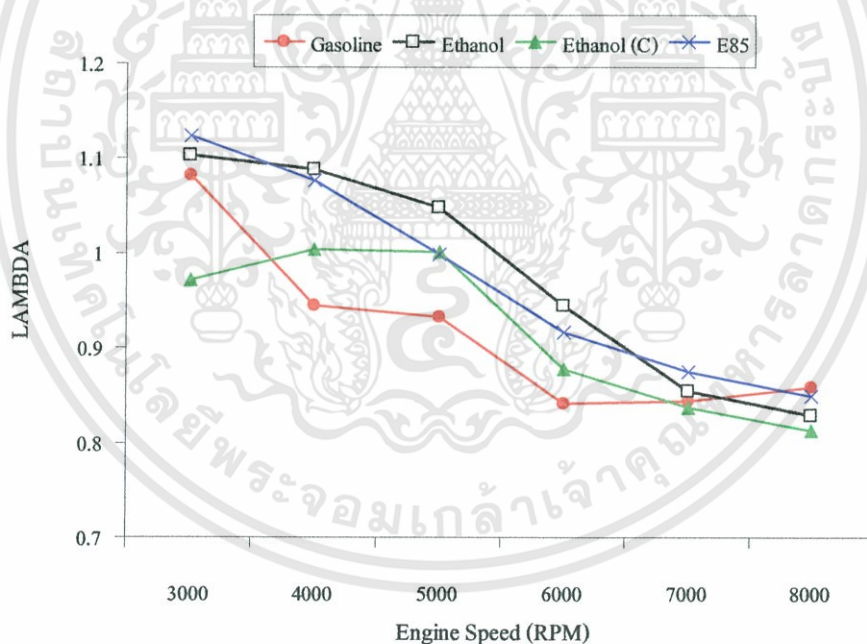


รูปที่ 4.11 อุณหภูมิไอดีเครื่องยนต์หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์หัวฉีด



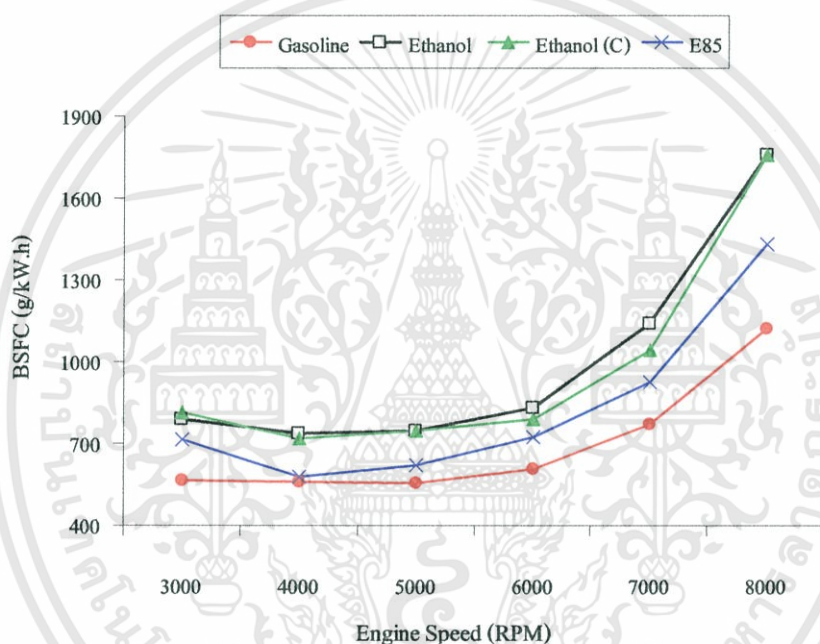
รูปที่ 4.13 แลมด้า (λ) เครื่องยนต์หัวฉีด

4.1.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หัวฉีด

ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงทำการวัดที่แรงม้าเดียวกันในทุกสภาวะการทดสอบ และใช้ค่าชั่งในการชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง แล้วนำมาคำนวณหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) ผลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ซึ่งเป็นการวัดอัตราปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเทียบกับแรงม้าที่ออกมาจากรูปที่ 4.14 เห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลที่ก้ำกัลด 9.3:1 มีการสิ้นเปลืองที่มากกว่าการใช้แก๊สโซลีนอยู่ 40 % เนื่องจากค่าความร้อนของเอทานอลที่มีน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 34% ในปริมาณที่เท่ากันดังนั้นถ้าเราต้องการพลังงานที่เท่ากับแก๊สโซลีนต้องใช้ปริมาณเอทานอลที่มากกว่า[10] เมื่อเราเพิ่มก้ำกัลดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 เอทานอลก็มีการสิ้นเปลืองกว่าประมาณ 38 % เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีนเห็นได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองลดลงเมื่อเพิ่มก้ำกัลดของเครื่องยนต์เนื่องจากความดันเริ่มต้นในห้องเผาไหม้ที่สูง อุณหภูมิในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้นก้ำกัลดของเครื่องยนต์ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย [1]

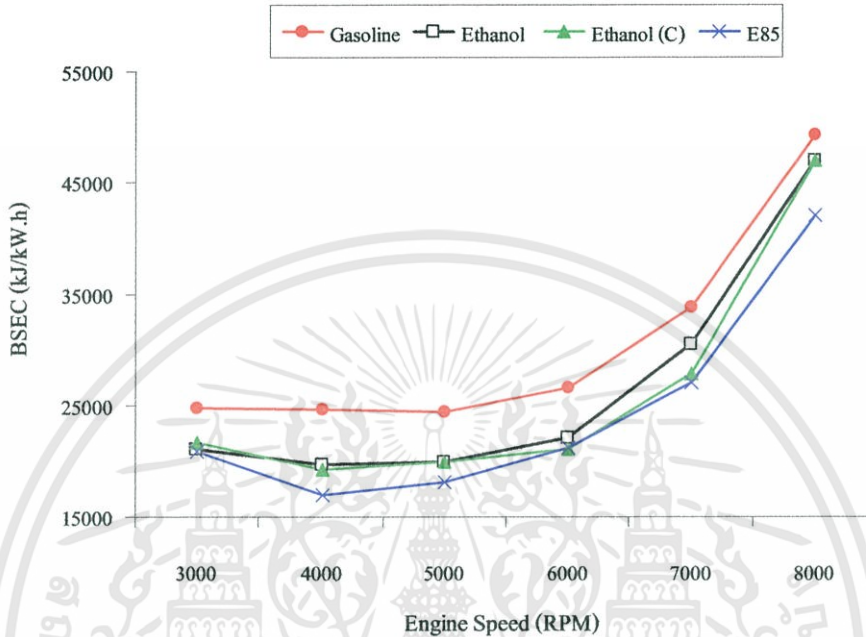


รูปที่ 4.14 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เครื่องยนต์หัวฉีด

4.1.4.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เป็นการวัดอัตราการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลจากรูปที่ 4.15 เห็นได้ว่าเอทานอลมีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้มากกว่าแก๊สโซลีน โดยเครื่องยนต์ที่ก้ำกัลด 9.3:1 และชดเชยปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) ที่น้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 14 % และเมื่อเราเพิ่มก้ำกัลดเป็น 12:1 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) น้อยกว่าแก๊สโซลีน 16 % เมื่อเพิ่มก้ำกัลดของเครื่องยนต์เนื่องจากความดันเริ่มต้นในห้องเผาไหม้ที่สูง อุณหภูมิในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้นก้ำกัลดของเครื่องยนต์ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย [1] อีกทั้งคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวที่มากกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่าจึงต้องใช้ความร้อนมากเพื่อที่ให้ตัวเองระเหยกลายเป็นไอทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรดีกว่าแก๊สโซลีน [18] และตัวของเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยจึงทำให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้ดีกว่าแก๊สโซลีน [8]

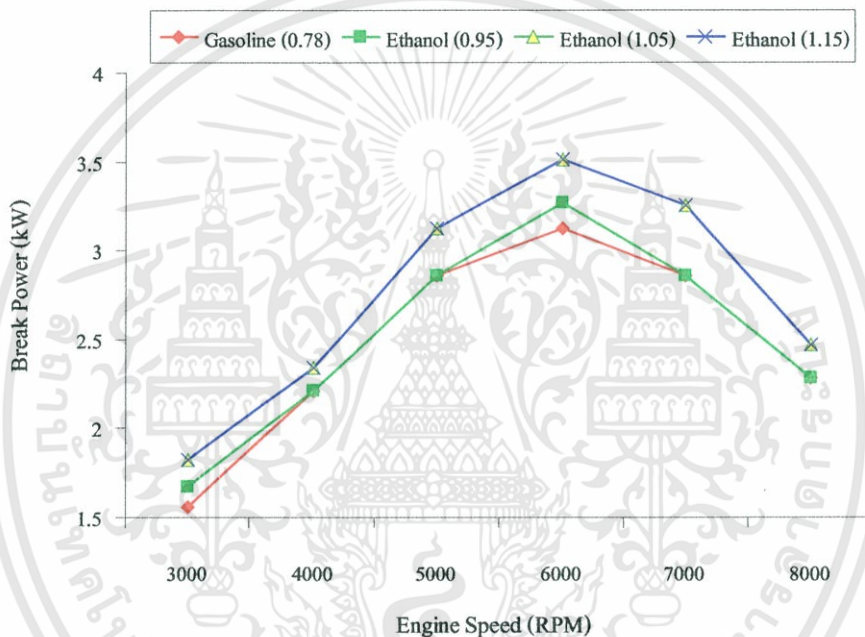


รูปที่ 4.15 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เครื่องยนต์หัวฉีด

หลังจากที่เราทำการปรับปรุงเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเพื่อให้สามารถใช้เอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับตัวคุณสมบัติของเอทานอล ผลที่ออกมาเห็นได้ว่าเมื่อนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์ทำให้กำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นประมาณ 9 % ส่วนค่ามลพิษที่ออกมามีแนวโน้มที่ลดลง โดย CO ลดลง 19 – 44 % HC ลดลง 38 % และ  $\text{NO}_x$  ลดลง 53 % ส่วนอุณหภูมิไอเสียที่เข้าไปในเครื่องยนต์สูงกว่าแก๊สโซลีนเนื่องจากท่อไอเสียที่เป็นยางมีผลทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ยาก ส่วนอุณหภูมิไอเสียที่ใช้เอทานอลลดลง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเห็นได้ว่าค่า BSFC ของเอทานอลสูงกว่าของแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 38 % แต่ค่า BSEC น้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 16 %

## 4.2 เครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

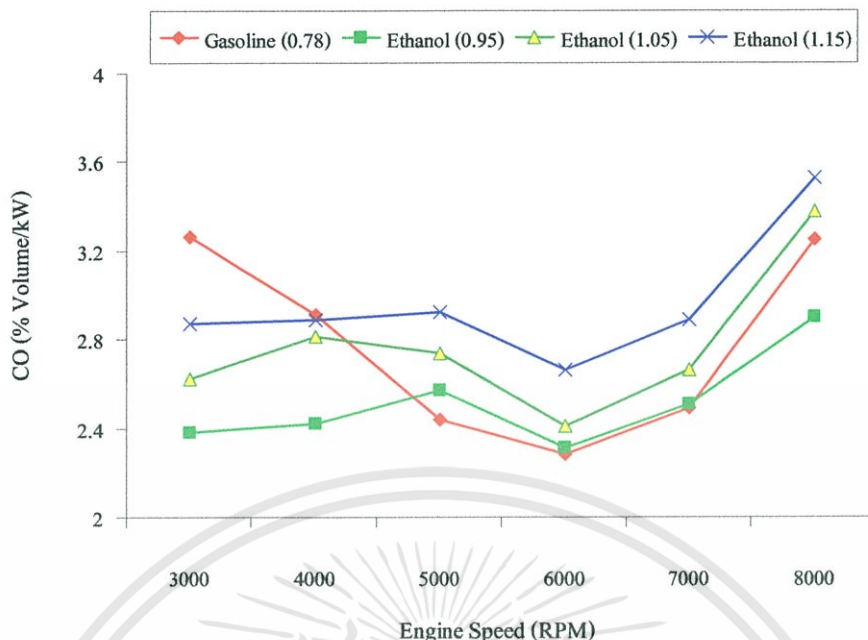
ในการปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ต้องมีการเปลี่ยนขนาดของนมหนูหลักจากการคำนวณในบทที่ 3 สมการที่ 3.1b ต้องมีขนาด 1.01 mm. แล้วทำการขยายขนาดนมหนูตามที่ได้คำนวณไว้เมื่อนำมาทดสอบในเครื่องยนต์จริงจากการวัดค่าแลมด้าที่ออกมาก็ยังบังเกินไปจนต้องขยายเพิ่มขึ้นอีกจนได้ขนาดที่เหมาะสมคือ 1.05 mm. แต่ก็ได้มีการทดสอบเปรียบเทียบขนาดของนมหนูที่แตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 0.95 mm. 1.05 mm. และ 1.15 ว่าผลของแรงม้า มลพิษ และค่าแลมด้ามีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง



รูปที่ 4.16 กำลังงานเบรกเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหนูต่างกัน

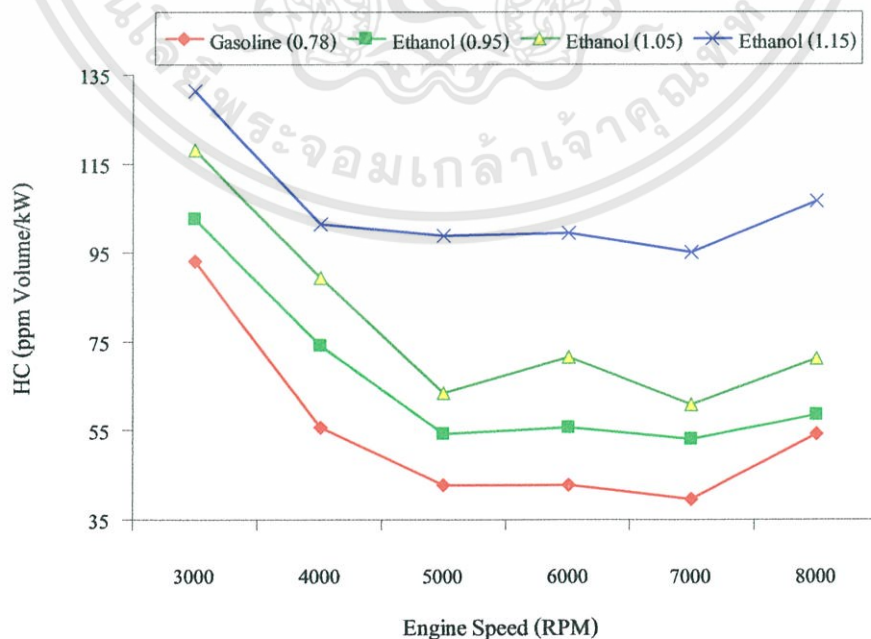
รูปที่ 4.16 แสดงกำลังงานเบรกเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหนูต่างกัน โดยแต่ละเส้นมีความหมายดังนี้ Gasoline (0.78) เป็นขนาดของนมหนูเดิมที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเป็นเส้นสีแดง Ethanol (0.95) ปรับแต่งขนาดนมหนูเพื่อใช้เอทานอลเป็นเส้นสีเขียวอ่อน Ethanol (1.05) ปรับแต่งขนาดนมหนูเพื่อใช้เอทานอลเป็นเส้นสีเขียวเข้ม และสุดท้าย Ethanol (1.15) ปรับแต่งขนาดนมหนูเพื่อใช้เอทานอลเช่นกันเป็นเส้นสีน้ำเงิน ผลที่ได้มองเห็นได้ว่าเมื่อใช้เอทานอลที่ปรับแต่งขนาดของนมหนูเบอร์ 0.95 มีกำลังใกล้เคียงกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนเบอร์ 1.05 และ 1.15 มีกำลังของเครื่องยนต์สูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 17% แต่มลภาวะที่ออกมาต่างกัน โดยค่า CO แสดงในรูปที่ 4.17 เห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลนั้น CO โดยรวมเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการระเหยตัวที่ยากของเอทานอล นมหนูเบอร์ 0.95 มีค่าใกล้เคียงกับแก๊สโซลีน ส่วนเบอร์ 1.05 และ 1.15 เมื่อใช้เอทานอล CO เพิ่มขึ้น 1% และ 2% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



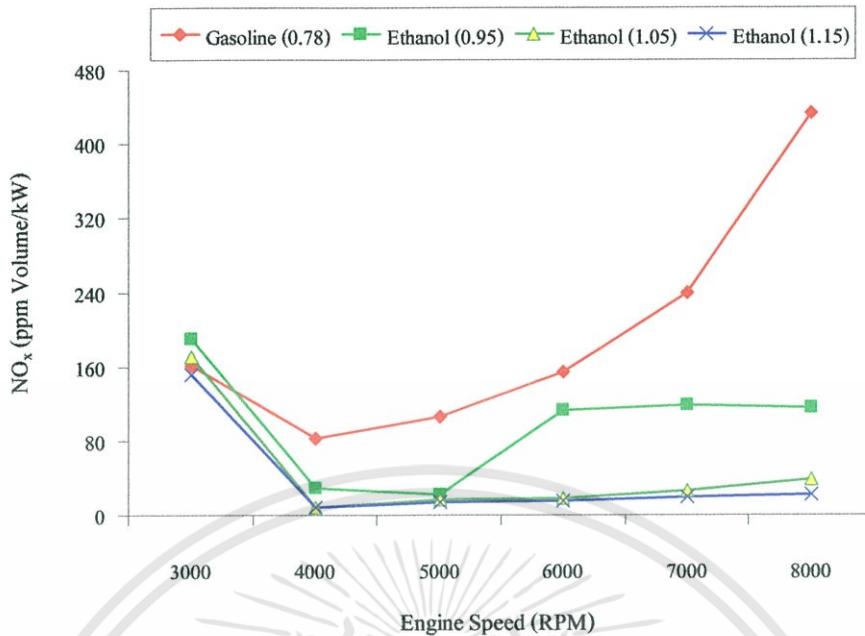
รูปที่ 4.17 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนมหูต่างกัน

รูปที่ 4.18 แสดงค่า HC มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า CO โดยขนาดนมหูเบอร์ 0.95 1.05 และ 1.15 มีค่า HC ที่เพิ่มขึ้น 24 % 48 % และ 104 % ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนแสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มขนาดนมหูให้ใหญ่ขึ้นก็ทำให้มีเอทานอลตกค้างในเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันเนื่องมาจากการระเหยตัวที่ยากของเอทานอล โดยขนาดของนมหูเบอร์ 1.05 และ 1.15 มีแรงม้าที่เท่ากันแต่ค่า HC และ CO ของเบอร์ 1.15 สูงกว่าแสดงให้เห็นว่ามีการจ่ายเชื้อเพลิงที่มากเกินไปจนความจำเป็น



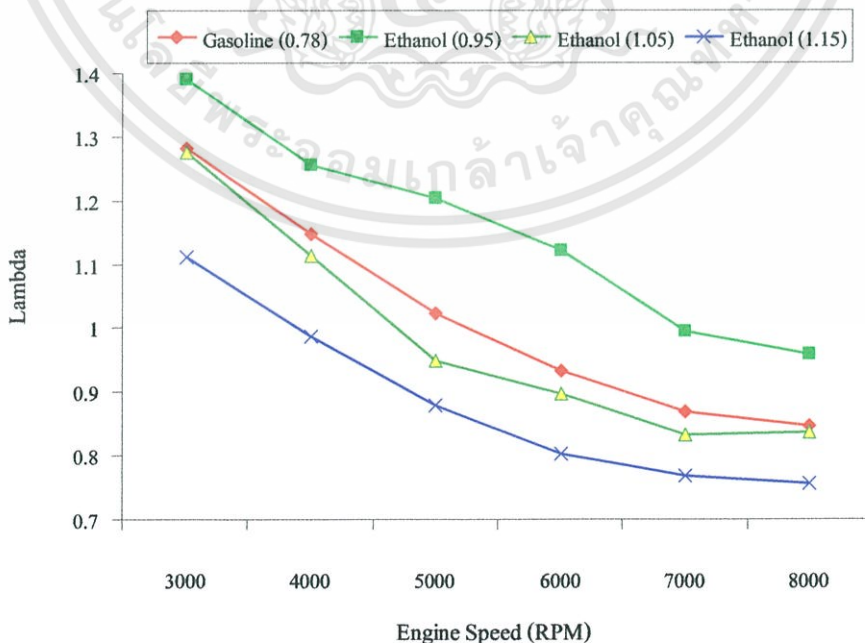
รูปที่ 4.18 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดของนมหูต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 NO<sub>x</sub> เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนหมุนต่างกัน

รูปที่ 4.19 แสดงค่า NO<sub>x</sub> ของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนหมุนต่างกัน โดยเมื่อใช้เอทานอลมีค่า NO<sub>x</sub> ลดลงเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน โดยเบอร์ 0.95 1.05 และ 1.15 ลดลง 46 % 72 % และ 76 % ตามลำดับซึ่งเกิดมาจากระยะเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าแก๊สโซลีน [8] เนื่องจากเอทานอลเองมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ง่ายกว่าแก๊สโซลีน



รูปที่ 4.20 แลมด้า ( $\lambda$ ) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนหมุนต่างกัน

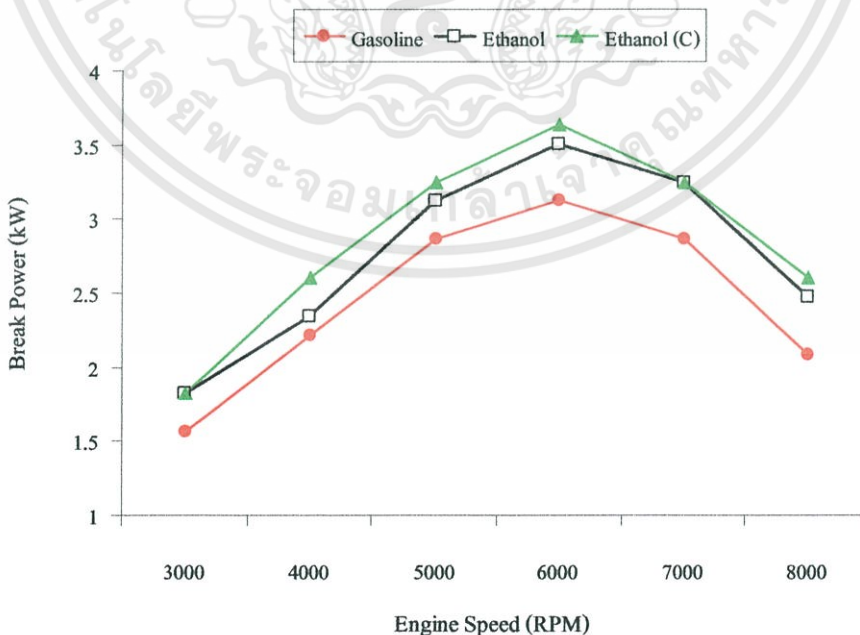
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.20 แสดงแอมพลิจูด ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ที่ขนาดนหมุนต่างกันเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มขนาดของนหมุนแล้วค่าแอมพลิจูดก็ลดลงเนื่องจากปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น เมื่อเราใช้นมหนูเบอร์ 0.95 ค่าแอมพลิจูดเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนแล้วบางกว่า ส่วนเบอร์ 1.15 เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนหนากว่า เบอร์ 1.05 มีความใกล้เคียงกับแก๊สโซลีนมากที่สุด

จากผลการทดสอบขนาดของนหมุนที่ต่างกัน 3 ขนาดคือเบอร์ 0.95 1.05 และ 1.15 กำลังของเครื่องยนต์ที่ออกมามากที่สุดคือเบอร์ 1.05 และ 1.15 แต่มลพิษที่ออกมาเบอร์ 1.15 มีค่า HC และ CO ที่มากที่สุดรองลงมาเป็นเบอร์ 1.15 และ 0.95 ตามลำดับ ส่วนค่า  $\text{NO}_x$  นมหนูเบอร์ 0.95 ออกมามากที่สุดส่วนเบอร์ 1.05 และ 1.15 ใกล้เคียงกัน สุดท้ายค่าแอมพลิจูด ( $\lambda$ ) โดยนมหนูเบอร์ 1.05 มีค่าใกล้เคียงกับแก๊สโซลีนมากที่สุด ส่วนเบอร์ 0.95 ส่วนผสมบางและเบอร์ 1.15 ส่วนผสมหนา ผลที่ได้ ออกมานี้พอเห็นได้ว่าการเลือกใช้นมหนูต้องดูกำลังของเครื่องยนต์ มลพิษที่ออกมา โดยรวมเห็นได้ว่านมหนูเบอร์ 1.05 นี้เหมาะที่จะใช้ในเครื่องยนต์ตัวนี้มากที่สุดเมื่อเทียบกับเบอร์ 0.95 และเบอร์ 1.15 ดังนั้นในการทดสอบนี้ใช้เบอร์ 1.05 ในการทดสอบทุกสภาวะการทดสอบ

#### 4.2.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

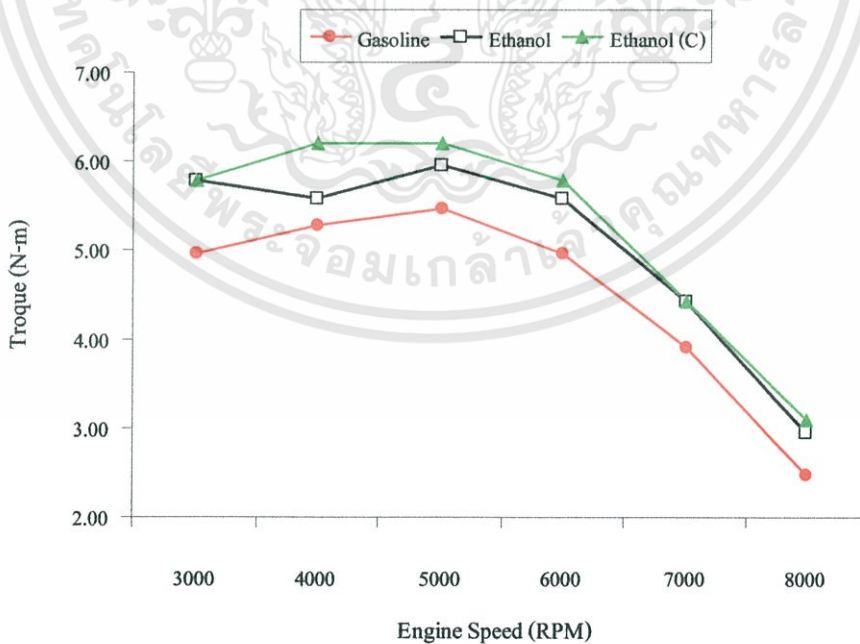
ในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ก็มีลักษณะเหมือนกับเครื่องยนต์หัวฉีดการทดสอบสมรรถนะก็ทำการยกตัวลูกแรงสุดทุกสภาวะการทดสอบ โดยแบ่งเป็น 3 กราฟโดยกราฟสีแดงเป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (Gasoline) กราฟสีดำเป็นเอทานอล (Ethanol) และกราฟสีเขียวเป็นเครื่องยนต์ที่เพิ่มกำลังอัดใช้เอทานอล (Ethanol (C)) โดยกระบวนการในการทดสอบเหมือนกับเครื่องยนต์หัวฉีด



รูปที่ 4.21 กำลังงานเบรกเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

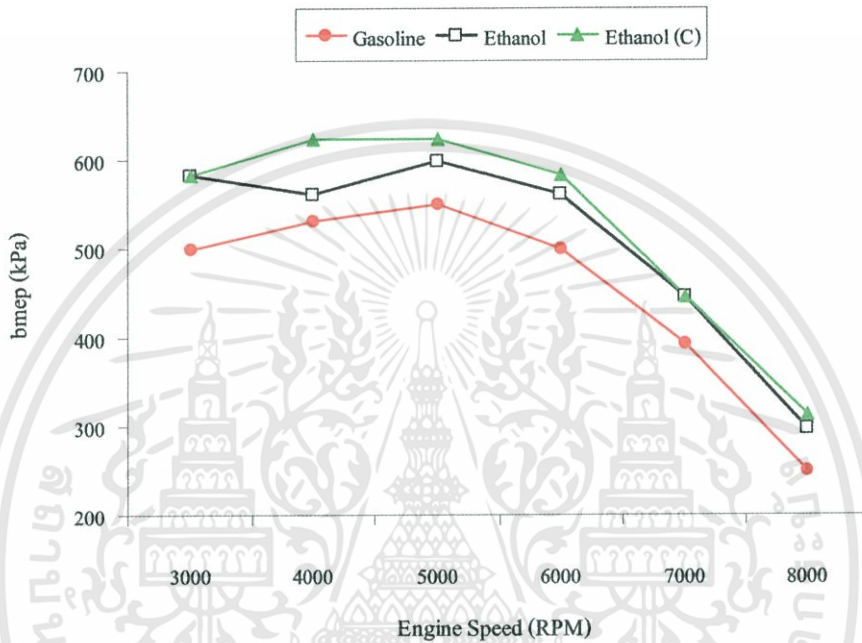
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.21 และ 4.22 แสดงแรงม้าและบิดในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์มีลักษณะที่คล้ายกับเครื่องยนต์หัวฉีด โดยเครื่องยนต์ที่ปรับแต่งประมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่กำลังอัด 9.3:1 กำลังงานเบรกและแรงบิดเพิ่มขึ้น 12 % เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เหตุที่กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้นมาจาก A/F ของเอทานอลมีค่า 9:1 ส่วนของแก๊สโซลีนค่า A/F อยู่ที่ 14.7:1 ดังนั้นเมื่อนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ก็มีเกินพอที่เพิ่มปริมาณของเอทานอลได้มากกว่าแก๊สโซลีนทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีกำลังที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน [10] หลังจากเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12: 1 และชดเชยปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงก็ทำให้กำลังงานเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 17% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน คุณสมบัติอีกอย่างของเอทานอลคือมีค่าออกเทนที่สูงกว่าแก๊สโซลีนดังนั้นเราสามารถเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้ถึง 12:1 โดยที่เมื่อเราใช้เอทานอลแล้วเครื่องยนต์ไม่เกิดการชิงจุดระเบิด [8] เหตุที่กำลังของเครื่องยนต์โดยรวมสูงขึ้นเมื่อใช้เอทานอลเนื่องมาจากเอทานอลมีค่า Adiabatic flame temperature ที่ต่ำกว่าแก๊สโซลีน (เอทานอลมีค่า 2197 K ส่วนค่าแก๊สโซลีนมีค่า 2266 K) ซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น อีกทั้งคุณสมบัติในการเผาไหม้เอทานอลที่เร็วกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้สูญเสียความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมข้างได้น้อยกว่าและอุณหภูมิไอดีต่ำกว่าทำให้ไอดีที่เข้ากระบอกสูบมีความหนาแน่นทำให้การเผาไหม้มีความดันที่สูงกว่าส่งผลให้ได้กำลังและประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย [18]



รูปที่ 4.22 แรงบิดเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

จากรูปที่ 4.23 แสดงความดันยังผลเฉลี่ยเบรคภายในกระบอกสูบ (bmep) ของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ โดยได้มาจากการคำนวณในบทที่ 2 เช่นเดียวกับเครื่องยนต์หัวฉีด โดยเห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลทำให้ความดันยังผลเฉลี่ยเบรคภายในกระบอกสูบ (bmep) เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการใช้แก๊สโซลีน ถ้าเราเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นความดันยังผลเฉลี่ยเบรคภายในกระบอกสูบ (bmep) ก็สูงขึ้นกว่าเดิมเลยมีผลทำให้เครื่องยนต์มีกำลังที่สูงขึ้น



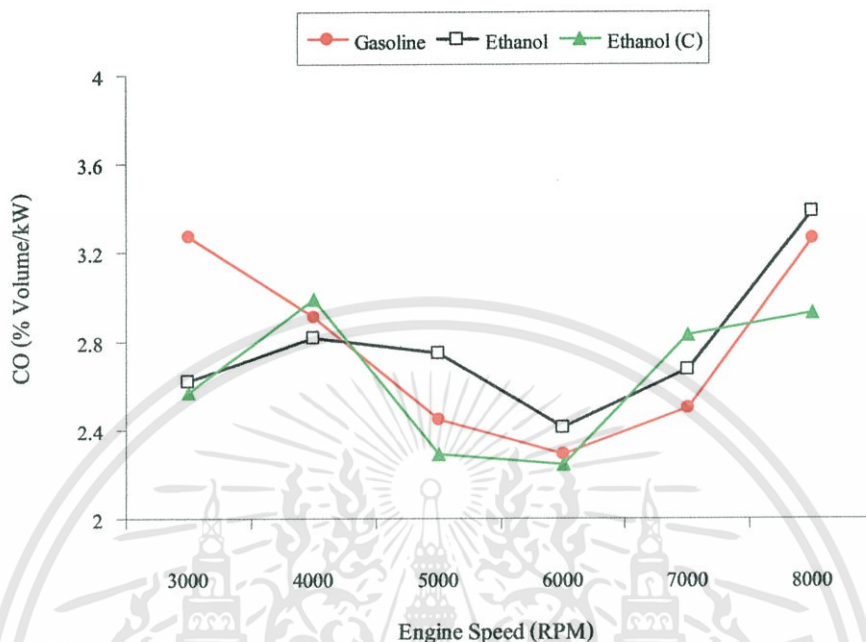
รูปที่ 4.23 ความดันยังผลเฉลี่ยเบรคภายในกระบอกสูบ (bmep) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

#### 4.2.2 มลพิษของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

##### 4.2.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

จากรูปที่ 4.24 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ออกมาจากเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่าการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) นั้นเกิดที่ส่วนผสมหนา และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จากรูปที่ 4.24 เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลที่ก้ำกั้ 9.3:1 และมีการปรับแต่งขนาดนมหนูมีค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มากกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 1 % เหตุที่เมื่อเราใช้เอทานอลในระบบคาร์บูเรเตอร์แล้วค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แทบไม่แตกต่างกับการใช้แก๊สโซลีนเนื่องจากการจ่ายเชื้อเพลิงระบบคาร์บูเรเตอร์นั้นไม่ฟุ้งกระจายเท่ากับระบบหัวฉีดอีกทั้งตัวคุณสมบัติของเอทานอลเองที่ระเหยตัวได้ยากจึงทำให้การเผาไหม้ของเอทานอลเมื่อใช้ก้ำกั้เดียวกันกับแก๊สโซลีนมีผลให้ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่แตกต่างกันมากนัก [10] แต่เมื่อเราปรับแต่งขนาดนมหนูและเพิ่มก้ำกั้ของเครื่องยนต์เป็น 12:1 เมื่อใช้เอทานอลมีค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) น้อยกว่า

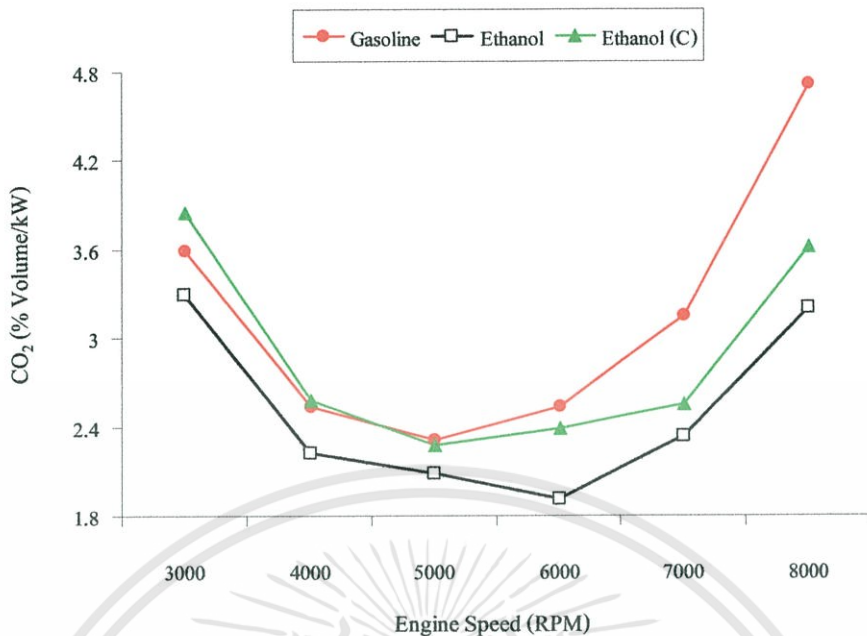
แก๊สโซลีนประมาณ 4 % เนื่องมาจากอุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาไหม้ที่สูงขึ้นทำการเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีความสมบูรณ์ขึ้นตามไปด้วยมีผลทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลงด้วย [9] [10]



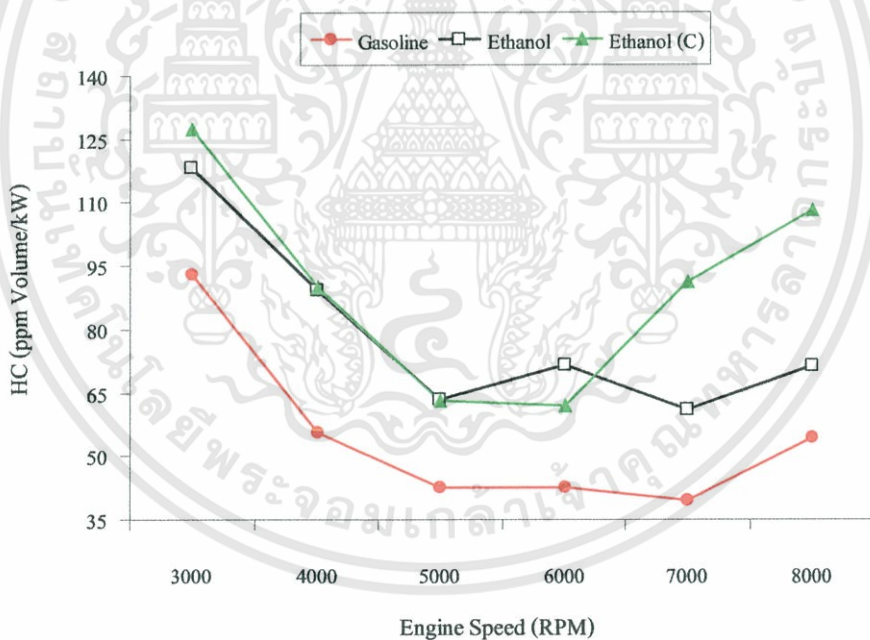
รูปที่ 4.24 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

#### 4.2.2.2 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)

ดังที่ได้กล่าวข้างต้นว่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เกิดจากปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากรูปที่ 4.25 เห็นได้ว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่กำลัลด 9.3:1 และปรับขนาดคณหมู คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ลดลง 18 % เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนซึ่งเห็นได้ว่ามี แตกต่างกับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดที่ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการฟุ้ง กระจายเอทานอลเมื่อใช้คาร์บูเรเตอร์สู่ระบบหัวฉีดไม่ได้ อีกทั้งการระเหยตัวที่ากของเอทานอลทำ ให้การเผาไหม้ไม่ค่อยสมบูรณ์ แล้วเมื่อเพิ่มกำลัลดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 และปรับขนาดคณหมู มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่น้อยกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 6 % เห็นได้ว่าค่า คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มกำลัลดเกิดจากอุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาไหม้ที่ สูงขึ้นจึงทำให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น [2]



รูปที่ 4.25 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์



รูปที่ 4.26 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

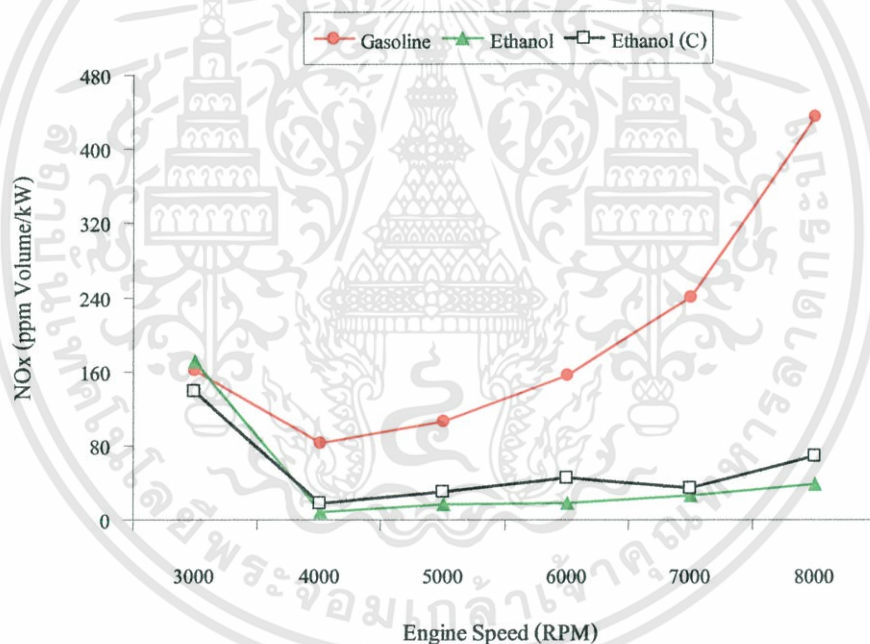
#### 4.2.2.3 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ไฮโดรคาร์บอน (HC) เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ จากรูปที่ 4.26 เห็นว่า ที่กำลังอัด 9.3:1 เมื่อใช้เอทานอลมีค่าไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่มากกว่าแก๊สโซลีน 48 % เหตุที่ไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นเกิดจากการตกค้างของเอทานอลในท่อไอเสียเนื่องจากการจ่ายเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์ไม่พึงกระจายสู่ระบบหัวฉีดไม่ได้ยังบวกกับคุณสมบัติของเอทานอลเองที่มีระเหยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวได้ยากเลยทำให้มีไฮโดรคาร์บอน (HC) เหลือจากการเผาไหม้ออกมาทางท่อไอเสีย เมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 ไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้น 70 % เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ค่าไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากกำลังอัดที่สูงขึ้นเชื้อเพลิงที่เข้าไปในห้องเผาไหม้นั้นมีการแตกค้างตามซอกต่างๆ ทำให้เปลวไฟลามไปไม่ถึงในส่วนนี้ทำให้ไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกำลังอัดของเครื่องยนต์ที่ 9.3:1 [9]

#### 4.1.2.4 $\text{NO}_x$ ของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

เมื่อเราใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและได้ปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่กำลังอัด 9.3:1 และ 12:1 มีแนวโน้มเดียวกันคือ  $\text{NO}_x$  ลดลง 80 % เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งเกิดมาจากระยะเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าแก๊สโซลีน [8] เนื่องจากเอทานอลเองมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ง่ายกว่าแก๊สโซลีน [9]

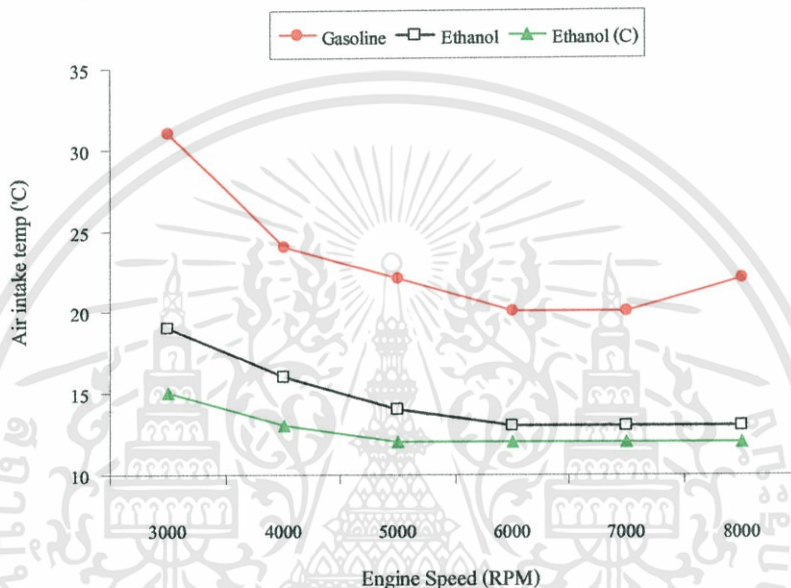


รูปที่ 4.27  $\text{NO}_x$  เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

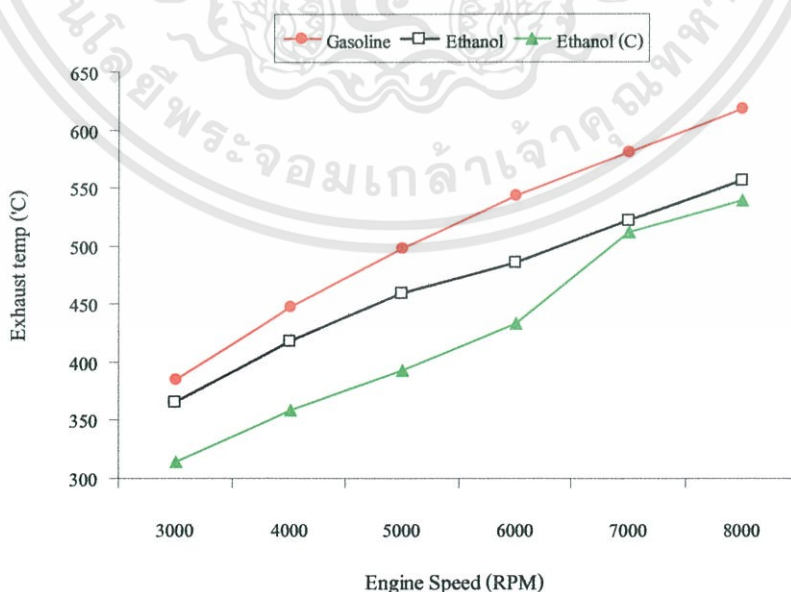
#### 4.2.3 อุณหภูมิไอดี ไอเสียและแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

จากรูปที่ 4.28 เห็นได้ว่าอุณหภูมิไอดีของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีค่าที่ต่ำกว่าแก๊สโซลีนซึ่งแตกต่างกับในระบบหัวฉีดที่อุณหภูมิของไอดีที่ใช้เอทานอลมีค่าที่สูงกว่าแก๊สโซลีนปัจจัยหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือท่อไอดีของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์เป็นอะลูมิเนียมซึ่งถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่ายางซึ่งเป็นของระบบหัวฉีด ส่วนอุณหภูมิไอเสียมีลักษณะเดียวกันกับระบบหัวฉีดในรูปที่ 4.29 อุณหภูมิไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์เห็นได้ว่าการใช้เอทานอลนั้นอุณหภูมิไอเสียมีอุณหภูมิต่ำกว่าแก๊ส

โซลีนเนื่องมาจากคุณสมบัติของเอทานอลเองที่มีการเผาไหม้เร็วกว่าแก๊สโซลีน [8] จึงทำให้ อุณหภูมิไอเสียของเอทานอลต่ำกว่าแก๊สโซลีนเมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เป็น 12:1 อุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้เอทานอลต่ำกว่ากำลังอัด 9.3:1 สาเหตุมาจากการเริ่มเผาไหม้ที่ความดันเริ่มต้นสูงกว่า เครื่องยนต์เดิมทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาตรที่สูงกว่ากำลังอัดเดิมของเครื่องยนต์ [2] รูปที่ 4.30 ค่าแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์หัวฉีด โดยทำการวัดแลมด้า ( $\lambda$ ) ของเครื่องยนต์เดิมจากโรงงานผู้ผลิตที่ใช้แก๊สโซลีนเพื่อที่เก็บค่าแลมด้า ( $\lambda$ ) ไว้อ้างอิงเมื่อเวลาเราปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงเมื่อใช้เอทานอลก็ปรับค่าแลมด้า ( $\lambda$ ) ให้เท่ากันหรือใกล้เคียงกับเครื่องยนต์เดิมที่ใช้แก๊สโซลีนจากโรงงาน

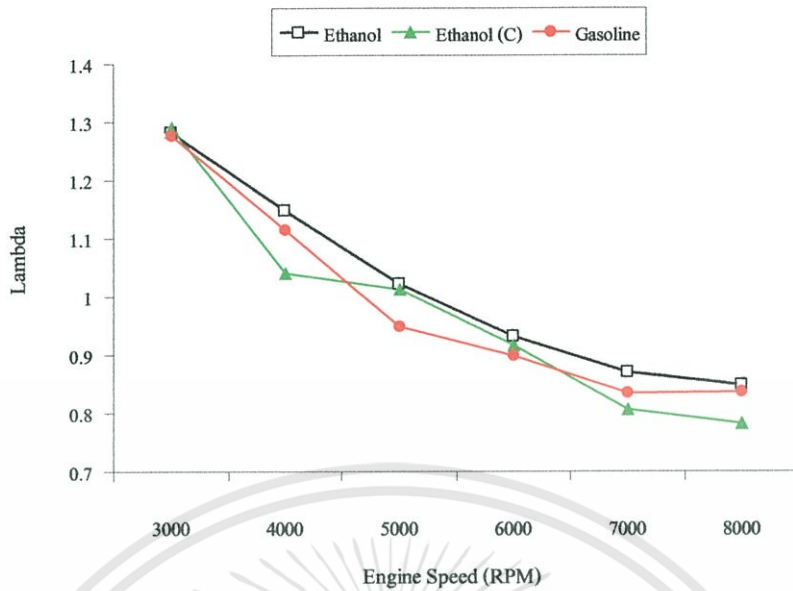


รูปที่ 4.28 อุณหภูมิไอดีเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

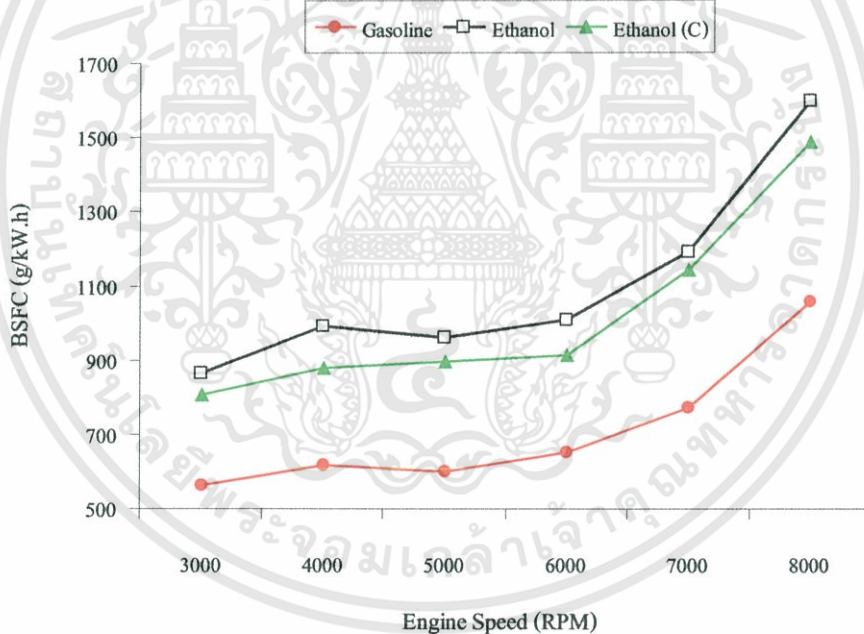


รูปที่ 4.29 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แลมด้า ( $\lambda$ ) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์



รูปที่ 4.31 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

#### 4.2.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

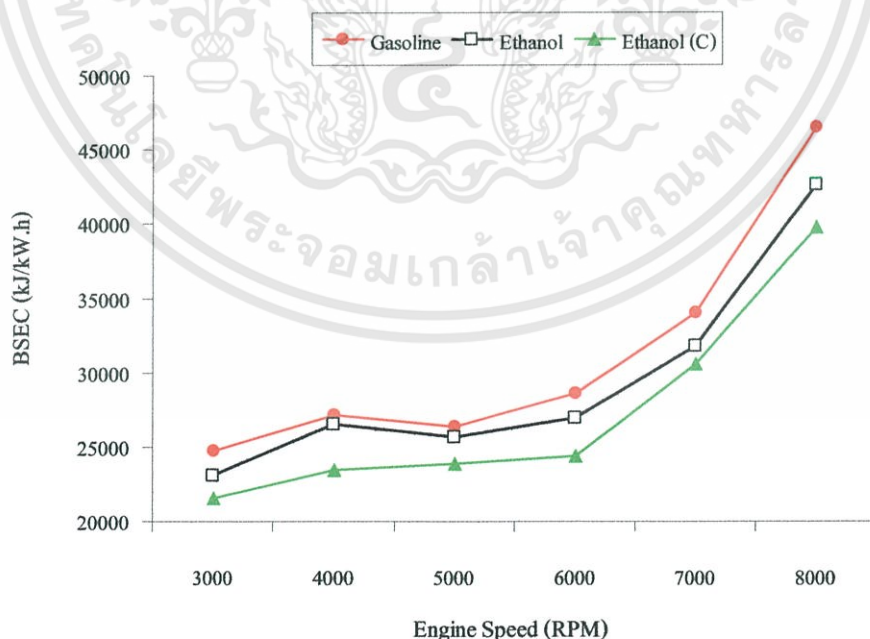
ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงทำการวัดที่แรงม้าเดียวกันในทุกสภาวะการทดสอบ และใช้ตาชั่งในการชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง แล้วนำมาคำนวณหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) ผลได้ดังนี้

##### 4.2.4.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ซึ่งเป็นการวัดอัตราปริมาณการใช้

เชื้อเพลิงเทียบกับแรงม้าที่ออกมาจากรูปที่ 4.31 เห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลที่กำลัลด 9.3:1 มีการเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ้นเปลืองที่มากกว่าการใช้แก๊สโซลีนอยู่ 55 % เนื่องจากค่าความร้อนของเอทานอลที่มีน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 34% ในปริมาณที่เท่ากันดังนั้นถ้าเราต้องการพลังงานที่เท่ากับแก๊สโซลีนต้องใช้ปริมาณเอทานอลที่มากกว่า[10] เมื่อเราเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์เป็น 12:1 เอทานอลก็มีการสิ้นเปลืองกว่าประมาณ 44 % เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีนเห็นได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองลดลงเมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เนื่องจากความดันเริ่มต้นในห้องเผาไหม้ที่สูง อุณหภูมิในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้นกำลังของเครื่องยนต์ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย [1]

4.2.4.2 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) จากรูปที่ 4.32 เห็นได้ว่าเอทานอลมีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล โดยเครื่องยนต์ที่กำลังอัด 9.3:1 และชดเชยปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) ที่น้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3% และเมื่อเราเพิ่มกำลังอัดเป็น 12:1 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) น้อยกว่าแก๊สโซลีน 12 % เมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์เนื่องจากความดันเริ่มต้นในห้องเผาไหม้ที่สูง อุณหภูมิในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้นกำลังของเครื่องยนต์ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย [1] อีกทั้งคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวที่มากกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่าจึงต้องใช้ความร้อนมากเพื่อที่ให้ตัวเองระเหยกลายเป็นไอทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรดีกว่าแก๊สโซลีน [18] และตัวของเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยจึงทำให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้ดีกว่าแก๊สโซลีน [8]



รูปที่ 4.32 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์เมื่อใช้เอทานอลมีกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นมาประมาณ 17 % เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนค่ามลพิษที่ออกมา มีแนวโน้มที่ลดลงโดย CO ลดลง 4 % HC เพิ่มขึ้น 70 % ซึ่งแตกต่างกับเครื่องยนต์หัวฉีดที่ HC ลดลง และ  $\text{NO}_x$  ลดลง 80 % ส่วนอนุภาคไอเคทีเข้าไปต่ำกว่าแก๊สโซลีน ส่วนอนุภาคไอเคทีที่ใช้เอทานอลลดลง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเห็นได้ว่าค่า BSFC ของเอทานอลสูงกว่าของแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 44 % แต่ค่า BSEC น้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 12 %

### 4.3 การวิ่งทดสอบบนถนนจริง

หลังที่เราได้ทดสอบเครื่องยนต์บนไดนาโมมิเตอร์ก็นำรถมาวิ่งบนถนนจริงโดยใช้เครื่องยนต์หัวฉีดโดยมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับการใช้เอทานอลมากที่สุดจากผลที่เราได้ทดสอบมาแล้วนำผลการทดสอบที่ได้มานั้นมาเปรียบเทียบกันระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์เอทานอล วิ่งด้วยความเร็วคงที่ 60 km/h โดยทดสอบประมาณ 1000 km โดยการวัดอัตราการสิ้นเปลืองครั้งละ 200 km ก็ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2 อัตราการสิ้นเปลืองที่ความเร็ว 60 km/h

เชื้อเพลิง	อัตราการสิ้นเปลือง (km/l)	ราคาเชื้อเพลิงต่อลิตร (บาท)*	ค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตร (บาท)
เอทานอล	63.52	17.18	0.27
แก๊สโซลีน	94.61	29.54	0.31

\*ราคาวันที่ 6 พฤษภาคม 2552

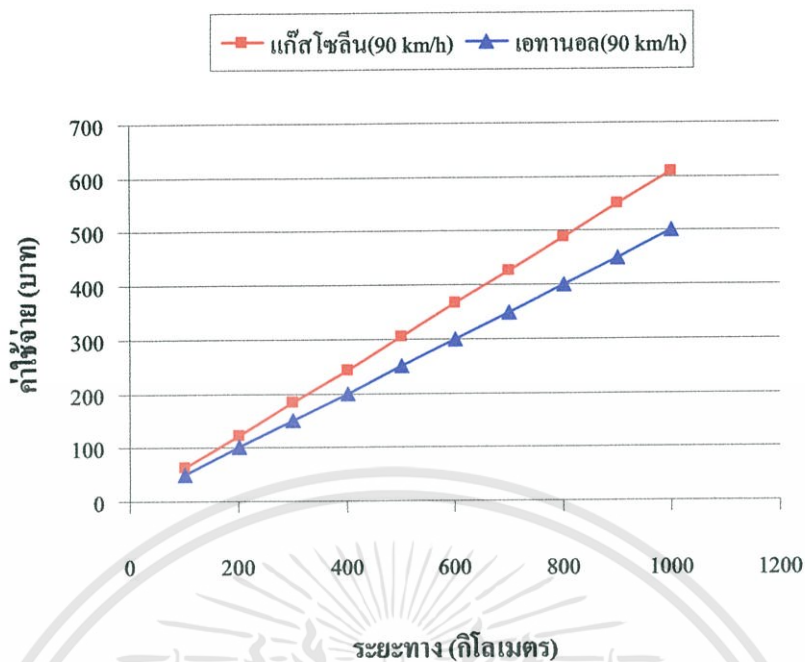
จากผลการทดสอบบนถนนจริงเห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 32 % ที่ความเร็ว 60 km/h แต่ที่ความเร็ว 90 km/h เอทานอลมีการสิ้นเปลืองกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 30 % ถ้าเราวิ่ง 1000 กิโลเมตร รถที่ใช้เอทานอลประหยัดขึ้น 40 บาทที่ความเร็ว 60 km/h ส่วนที่ความเร็ว 90 km/h ประหยัดขึ้น 110 บาท เมื่อเทียบกับใช้งานแก๊สโซลีน

ตารางที่ 4.3 อัตราการสิ้นเปลืองที่ความเร็ว 90 km/h

เชื้อเพลิง	อัตราการสิ้นเปลือง (km/l)	ราคาเชื้อเพลิงต่อลิตร (บาท)*	ค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตร (บาท)
เอทานอล	34.45	17.18	0.50
แก๊สโซลีน	48.5	29.54	0.61

\*ราคาวันที่ 6 พฤษภาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 ค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตรระหว่างเอทานอลและแก๊สโซลีนที่ความเร็ว 90 km/h

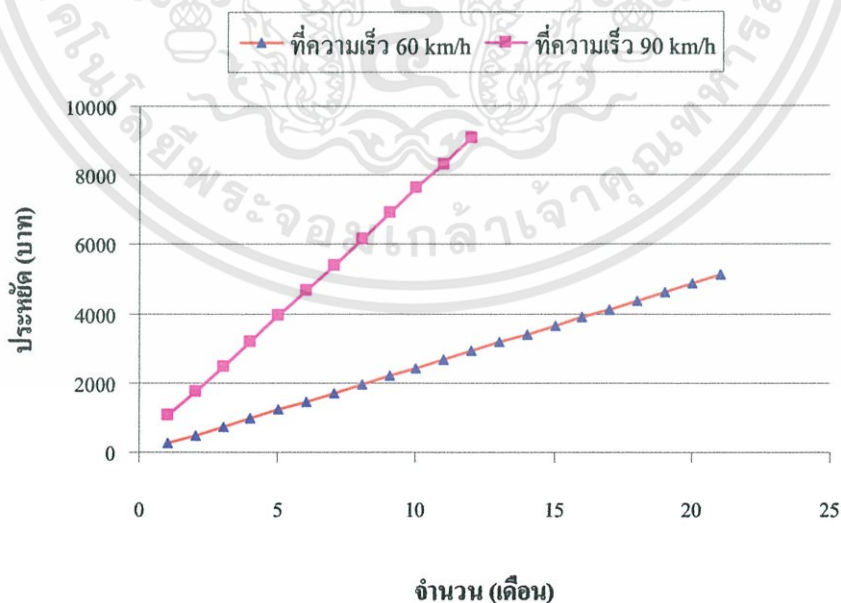
#### 4.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อที่ใช้เอทานอล

เนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติในการกักคร่อนดังนั้นเราต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิง โดยในเครื่องยนต์หัวฉีดมีพวกล่างต่างๆ เริ่มตั้งแต่ยางในชุดปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ขางฝาถังน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อความดันสูง ขางหัวฉีด ท่อร่วม ไอดีและขางซีลวาล์ว เพื่อให้ทนทานต่อการกักคร่อนของเอทานอล และต้องมีชุดขยายสัญญาณหัวฉีดเพื่อเพิ่มปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ชุดเซคค่าความร้อนที่น้อยกว่าของเอทานอล ส่วนในเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ก็ต้องมีการปรับเปลี่ยนเช่นกันมีขางฝาถังน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อขางน้ำมันเชื้อเพลิง นมหนูหลัก นมหนูเดินเบา ขางซีลวาล์ว ซึ่งต้องเปลี่ยนเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ยาวนานขึ้น และต้องมีการเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ด้วย โดยค่าใช้จ่ายสรุปไว้ในตารางที่ 4.4 จากค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดของเครื่องยนต์หัวฉีดประมาณ 4195 บาท ส่วนเครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์มีค่าใช้จ่ายประมาณ 1550 บาท

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเครื่องยนต์

ระบบหัวฉีด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คาร์บูเรเตอร์	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ปากฝาสูบ	100	ปากฝาสูบ	100
ประเก็นชุดใหญ่	200	ประเก็นชุดใหญ่	200
ยาวซีลวาล์ว	50	ยาวซีลวาล์ว	50
ประเก็นฝาถังน้ำมันเชื้อเพลิง	20	ประเก็นฝาถังน้ำมันเชื้อเพลิง	20
ประเก็นถังกับปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง	25	ประเก็นลูกลอยน้ำมันเชื้อเพลิง	25
ท่อน้ำมันเชื้อเพลิงความดันสูง	600	ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง	80
ชุดประเก็นหัวฉีดกับท่อร่วมไอดี	1200	ชุดประเก็นคาร์บูเรเตอร์	250
ชุดขยายสัญญาณหัวฉีด	1500	ขยายนมหนูพร้อมชุด	300
ค่าแรง	500	ค่าแรง	500
รวม	4195	รวม	1550

ถ้าเราใช้งานรถวันละ 200 กิโลเมตร คิดที่ความเร็วที่ใช้ 90 km/h เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดมีจุดคุ้มทุนเมื่อใช้ไปประมาณ 6 เดือน ส่วนเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์คุ้มทุนที่ประมาณ 2 เดือน ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ค่าใช้จ่ายที่ลดลงในแต่ละเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบบนถนนจริงเห็นได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองของเอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีนเนื่องมาจากค่าความร้อนของเอทานอลที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน ที่ความเร็ว 60 km/h เอทานอลมีอัตราการสิ้นเปลืองที่สูงกว่าแก๊สโซลีน 32.8 % โดยปริมาตร ที่ความเร็ว 90 km/h เอทานอลมีอัตราการสิ้นเปลืองที่สูงกว่าแก๊สโซลีน 28.6 % โดยปริมาตร แต่เนื่องจากราคาของเอทานอลที่ต่ำกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้เมื่อใช้เอทานอลมีค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตรที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน ที่ความเร็ว 60 km/h ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้เอทานอลน้อยกว่า 12.9 % เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ที่ความเร็ว 90 km/h ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้เอทานอลน้อยกว่า 18 % เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ในการนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะกับเอทานอลและเปลี่ยนวัสดุที่สัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมดเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดมีค่าใช้จ่ายทั้งหมดประมาณ 4195 บาท ส่วนระบบคาร์บูเรเตอร์ประมาณ 1550 บาท เมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์คืนทุนเร็วกว่าระบบหัวฉีด

#### 4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ในปัจจุบันประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 20 ล้านลิตรต่อวัน<sup>1</sup> ส่วนกำลังการผลิตเอทานอลในประเทศไทยผลิตได้ 12 ล้านลิตรต่อวัน<sup>2</sup> ซึ่งสามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงภายในประเทศได้ 42 % เมื่อนำเอทานอลมาใช้ในรถจักรยานยนต์ในประเทศไทยซึ่งมีจำนวนรถจักรยานยนต์จดทะเบียนสะสมจนถึงวันที่ 30 กันยายน 2551 มีทั้งหมด 16,163,136 คัน<sup>3</sup> จากกำลังการผลิตเอทานอล 12 ล้านลิตรต่อวัน สามารถรองรับรถจักรยานยนต์ได้ประมาณ 13,600,000 คันต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 85 % ของรถจักรยานยนต์ทั้งหมด เราลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงถึง 125,072 ล้านบาทต่อปี<sup>3</sup> การนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนแก๊สโซลีนนั้นในอนาคตคาดว่าจะมีกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากประเทศไทยมีวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังช่วยให้ประเทศไทยมีความมั่นคงทางด้านพลังงานด้วย

<sup>1</sup> สมาคมผู้ค้าเอทานอลแห่งประเทศไทย

<sup>2</sup> กรมขนส่งทางบก

<sup>3</sup> ราคาวันที่ 6 พฤษภาคม 2552

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

1. การดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อให้ใช้เอทานอลให้มีสมรรถนะใกล้เคียงเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ต้องมีการชดเชยปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากขึ้นเมื่อใช้เอทานอล ในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดมีการทำกล่องเพิ่มขึ้นเพื่อที่ขยายสัญญาณการฉีดเพิ่มขึ้น 35% ของสัญญาณหัวฉีดเดิม ระบบคาร์บูเรเตอร์มีการเปลี่ยนหรือขยายขนาดของนมหนูเดินเบาจากเดิมเบอร์ 35 เป็นเบอร์ 45 และนมหนูหลักเดิมเบอร์ 78 เป็นเบอร์ 105 จากการทดสอบในบทที่ 4 พร้อมทั้งปรับปริมาณอากาศให้เหมาะสม และเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ทั้งหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ให้มีกำลังอัดเป็น 12:1 ให้เหมาะกับค่าออกเทนของเอทานอล

2. เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีกำลังงานเบรคมากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประมาณ 12 % กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์สูงขึ้นมาจาก A/F ของเอทานอลมีค่า 9:1 ส่วนของแก๊สโซลีนค่า A/F อยู่ที่ 14.7:1 เมื่อนำเอทานอลมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ก็มีเกินพอที่เพิ่มปริมาณของเอทานอลได้มากกว่าแก๊สโซลีน ค่าความร้อนแฝงในการระเหยเป็นไอของเอทานอลที่สูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่ามีผลให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีน ในตัวเอทานอลมีออกซิเจนทำให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์มากขึ้น อีกทั้งเอทานอลมีค่าออกเทนที่สูงจึงทำให้สามารถเพิ่มกำลังอัดสูงกว่าแก๊สโซลีนได้ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์มีอัตราการสิ้นเปลืองสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 38% และ 44% ตามลำดับ เนื่องจากค่าความร้อนของเอทานอลที่มีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนดังนั้นต้องใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่มากกว่าแก๊สโซลีนเพื่อให้ได้พลังงานที่เท่ากัน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีความสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้มากกว่าที่แก๊สโซลีนโดยที่ระบบหัวฉีดลดลง 16% และคาร์บูเรเตอร์ลดลง 12% ทั้งนี้ก็มาจากคุณสมบัติของเอทานอลที่มีการเผาไหม้ที่เร็วกว่าแก๊สโซลีนและค่าความร้อนในการระเหยกลายเป็นไอที่สูงกว่าแก๊สโซลีนทำให้เครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอลมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงกว่าแก๊สโซลีน อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์หัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้เอทานอลต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเนื่องมาจากการลามของเปลวไฟของเอทานอลเร็วกว่าแก๊สโซลีน ส่วนอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้เอทานอลต่ำกว่าแก๊สโซลีน แต่ถ้าเป็นระบบหัวฉีดอุณหภูมิไอเสียที่ใช้เอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีนสาเหตุเกิดจากตำแหน่งในการวัดและมุมสเปรย์ของเอทานอล

3. มลพิษจากเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลโดยรวมมีค่าที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบคาร์บูเรเตอร์ค่า CO และ NO<sub>x</sub> ลดลง 4% และ 80% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน แต่ค่า HC เพิ่มขึ้น 70% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดค่า CO HC และ NO<sub>x</sub> ลดลง 34% 38% และ 53% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้เอทานอลการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นเนื่องจากเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่และระยะเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลที่สั้นกว่าแก๊สโซลีนมีผลทำให้ NO<sub>x</sub> ลดลง สาเหตุที่ HC ของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดลดลงมาจากการฟุ้งกระจายของเอทานอลที่สามารถระเหยตัวได้ง่ายกว่าระบบคาร์บูเรเตอร์จึงทำให้ไม่มีเอทานอลตกค้างในท่อไอเสียเหมือนกับระบบคาร์บูเรเตอร์

4. ค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อใช้เอทานอลในระบบหัวฉีดอยู่ประมาณ 4195 บาท ส่วนระบบคาร์บูเรเตอร์ประมาณ 1550 บาท ถ้าขับวันละ 200 km ที่ความเร็ว 90 km/h จุดคุ้มทุนของระบบหัวฉีดอยู่ที่ประมาณ 6 เดือน ส่วนระบบคาร์บูเรเตอร์อยู่ที่ 2 เดือน ประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 20 ล้านลิตรต่อวัน ส่วนกำลังการผลิตเอทานอลในประเทศไทยผลิตได้ 12 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งสามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงภายในประเทศได้ 42 % เมื่อนำเอทานอลมาใช้ในรถจักรยานยนต์ในประเทศไทยซึ่งมีจำนวนรถจักรยานยนต์จดทะเบียนสะสมจนถึงวันที่ 30 กันยายน 2551 มีทั้งหมด 16,163,136 คัน จากกำลังการผลิตเอทานอล 12 ล้านลิตรต่อวัน สามารถรองรับรถจักรยานยนต์ได้ประมาณ 13,600,000 คันต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 85 % ของรถจักรยานยนต์ทั้งหมด เราจะลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงถึง 125,072 ล้านบาทต่อปี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การที่นำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั้นต้องมีการคัดแปลงเครื่องยนต์เล็กน้อยก็สามารถใช้เอทานอลได้ แต่ควรมีงานวิจัยเพิ่มเติมที่มากกว่านี้เพื่อให้ความมั่นใจกับผู้ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สโซลีน ทั้งในด้านการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำ และน้ำมันเครื่องที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง รวมถึงการวิ่งทดสอบระยะยาวว่าเมื่อเราใช้เอทานอลไปนานๆ จะมีกระทบอย่างไรบ้างกับเครื่องยนต์ ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตเอทานอลได้เป็นจำนวนมากเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศไทยและยังเป็นการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศทำให้ประเทศไทยมีเสถียรภาพด้านพลังงานมากขึ้น อีกทั้งการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงก็ช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่งด้วย

## บรรณานุกรม

- [1] M. Al-Hasan. 2002. 'Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission.' **Energy Conversion and Management**. 44 (2003) 1547–1561.
- [2] H. Serdar Yucesu a, Adnan Sozen, Tolga Topgul, Erol Arcakliog. 2006. 'Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol–gasoline blend fuel.' **Applied Thermal Engineering**. 27(2007)358-368.
- [3] Matthew Brusstar. 'ECONOMICAL, HIGH-EFFICIENCY ENGINE TECHNOLOGIES FOR ALCOHOL FUELS', **National Vehicle and Fuel Emissions Laboratory**. 48326-1766.
- [4] Erik Dambach, Adam Han, Brian Henthorn. 2004. 'Ethanol as Fuel for Recreational Boats.' **The Thayer School of Engineering at Dartmouth College**. ENGS 190/ENGG 290.
- [5] Huseyin Serdar Yucesu, Tolga Topgul, Can Cinar, Melih Okur. 2006. "Effect of ethanol–gasoline Blends on engine performance and exhaust emission in different compression ration." **Applied Thermal Engineering**. 26 (2006) 2272–2278.
- [6] M.A. Ceviz , F. Yuksel 2004. 'Effects of ethanol–unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine' **Applied Thermal Engineering**. 25 (2005) 917–925.
- [7] Hakan Bayraktar. 2005. 'Experimental and theoretical investigation of using gasoline–ethanol blends in spark-ignition engines.' **Renewable Energy**. 30 (2005) 1733–1747.
- [8] Jian Gao , Deming Jiang, Zuohua Huang. 2006 'Spray properties of alternative fuels: A comparative analysis of ethanol–gasoline blends and gasoline.' **Fuel**. 86 (2007) 1645–1650
- [9] Hakan Bayraktar. 2006. 'Theoretical investigation of flame propagation process in an SI engine running on gasoline–ethanol blends.' **Renewable Energy**. 32 (2007) 758–771.
- [10] M. Bahattin CELIK. 2007. 'EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SUITABLE ETHANOL - GASOLINE BLEND RATE AT HIGH COMPRESSION RATIO FOR GASOLINE ENGINE.' **Applied Thermal Engineering**. 2007.10.028
- [11] Lisa A. Graham, Sheri L. Belisle, Cara-Lynn Baas. "Emissions from light duty gasoline vehicles operating on low blend ethanol gasoline and E85." **Atmospheric Environment**. 42 (2008) 4498–4516
- [12] Priyank Saxena , Forman A. Williams. "Numerical and experimental studies of ethanol flames." **Proceedings of the Combustion Institute**. 31 (2007) 1149–1156

[13] Li-Wei Jia, Mei-Qing Shen a, Jun Wang, Man-Qun Lin. “Influence of ethanol–gasoline blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motorcycle engine.” **Journal of Hazardous Materials**. A123 (2005) 29–34

[14] Najafi, Ghobadian , Tavakoli, Buttsworth b, Yusaf , Faizollahnejad. “Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural network.” **Applied Energy**. 2008

[15] Tolga Topg, Hu seyin Serdar Yu cesu, Can C- inar, Atilla Koca. “The effects of ethanol–unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions.” **Renewable Energy**. 31 (2006) 2534–2542

[16] Chan-Wei Wu, Rong-Horng Chen, Jen-YungPu, Ta-Hui Lin. “The influence of air–fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline-blended fuels.” **Atmospheric Environment**. 38 (2004) 7093–7100

[17] Fikret Yu ksel , Bedri Yuksel. “The use of ethanol–gasoline blend as a fuel in an SI engine.” **Renewable Energy**. 29 (2004) 1181–1191

[18] ภาณุเดช จินตาวงศ์, สุภัทร ศรีเจริญ, พิชัย อัยภูมมงคล และลิขิต ไสหนุ. 2003. ‘สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง.’ การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. 2003.

[19] วีระศักดิ์ ทรัพย์วิเชียร. 2543. เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในทฤษฎีและการคำนวณ. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

[20] วีวัฒน์ ประกอบผล. 2548. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.

[21] กิจจาแอดวานซ์เทคโนโลยี. คู่มือการใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียรถยนต์. รุ่น 488. กรุงเทพฯ:

[22] เอ.พี. ฮอนด้า. คู่มือการซ่อมฮอนด้าเวฟ 125. กรุงเทพฯ: เอ.พี. ฮอนด้า.

[23] เอ.พี. ฮอนด้า. คู่มือการอบรมรถจักรยานยนต์รุ่น wave125-i. กรุงเทพฯ: เอ.พี. ฮอนด้า.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller)

ปัจจุบันเทคโนโลยีประมวลผลได้พัฒนาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นที่นิยมกันมากขึ้นเนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูง เน้นการพัฒนาทางซอฟต์แวร์ (software) แทนการพัฒนาฮาร์ดแวร์ (hardware) เช่นในอดีต

### 1. โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์มีหน่วยความจำเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ลักษณะของขาต่างๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรรอสซิงลเเดเตอร์และวงจรมหาพีคาบนชีพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

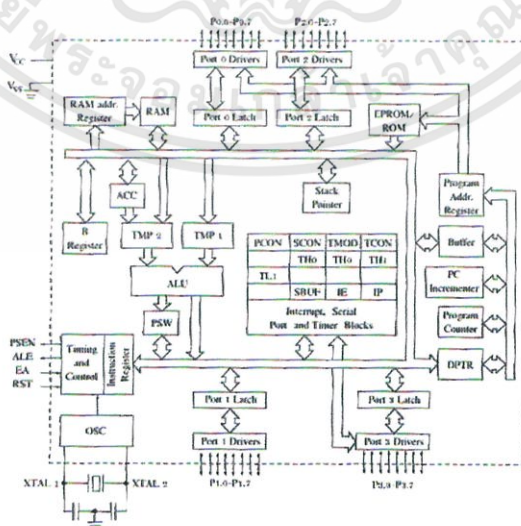
ตารางที่ 1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมชีพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชีพ	TIMERS
8751	4K EMPOM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3
AT89C51	4K FLASH	128 bytes	2
AT89C52	8K FLASH	256 bytes	3
AT89C2051	2K FLASH	128 bytes	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน MCS-51 ต้องมีหน่วยความจำ ROM สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยหน่วยความจำ ROM นี้แบ่งได้เป็น mask ROM PROM EPROM และ EMPROM/Flash โดย Mask ROM นั้นโปรแกรมภายในต้องถูกโปรแกรมมาจากการผลิต สำหรับ PROM นั้นผู้ใช้สามารถนำโปรแกรมเองได้ แต่ละโปรแกรมได้ครั้งเดียว สำหรับ EPROM/Flash ผู้ใช้สามารถโปรแกรมเองได้และลบได้หลายครั้งโดยใช้ไฟฟ้า ตัว MCS-51 บางรุ่นตัวหน่วยความจำ ROM ที่เก็บโปรแกรมนี้อาจต้องต่อเพิ่มขึ้นภายนอกชิพ แต่บางรุ่นมีหน่วยความจำ ROM ภายในตัวมันเอง เช่นเบอร์ 8051, 8052 มีหน่วยความจำประเภท Mask ROM โดยโปรแกรมที่อยู่ภายในชิพต้องถูกโปรแกรมมาจากโรงงานที่ผลิต ถ้าต้องการโปรแกรมเองอาจใช้เบอร์ 8750 ซึ่งมี ROM แบบ EPROM อยู่ในชิพ ทำให้สามารถโปรแกรมและลบแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8951 มี ROM แบบ EPROM/Flash ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยการโปรแกรมและแก้ไขโปรแกรมทำได้โดยไม่ต้องถอดชิพออกจากแผงวงจรใช้งาน MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวชิพนี้ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกโปรแกรมได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัท Atmel ที่สามารถโปรแกรมข้อมูลลงไปในตัวชิพได้โดยไม่ต้องถอดชิพออกจากแผงวงจร เรียกว่าเป็นการโปรแกรมในระบบ (In-system Programming) เช่นเบอร์ AT89XX ทำให้สามารถแก้ไขโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

จากตารางที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่ลงท้ายด้วย 2 มีหน่วยความจำบนข้อมูลชิพ 256 ไบต์ เช่นเบอร์ 8052 8032 แต่ถ้าลงท้ายด้วย 1 มีหน่วยความจำข้อมูลจำนวน 128 ไบต์หรือถ้ามองเป็น  $8 \times 51$  โดยที่  $x$  มีความหมายดังนี้ ถ้า  $x$  เป็น 7 มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EPROM ถ้า  $x$  เป็น 9 หมายความว่า มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM/Flash แต่ถ้ามีตัว C อยู่ด้วยหมายความว่าเทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ CMOS เช่นเบอร์ 87C51, 89C51 เป็นต้น



รูปที่ 1 โครงสร้างภายในของ MCS-51

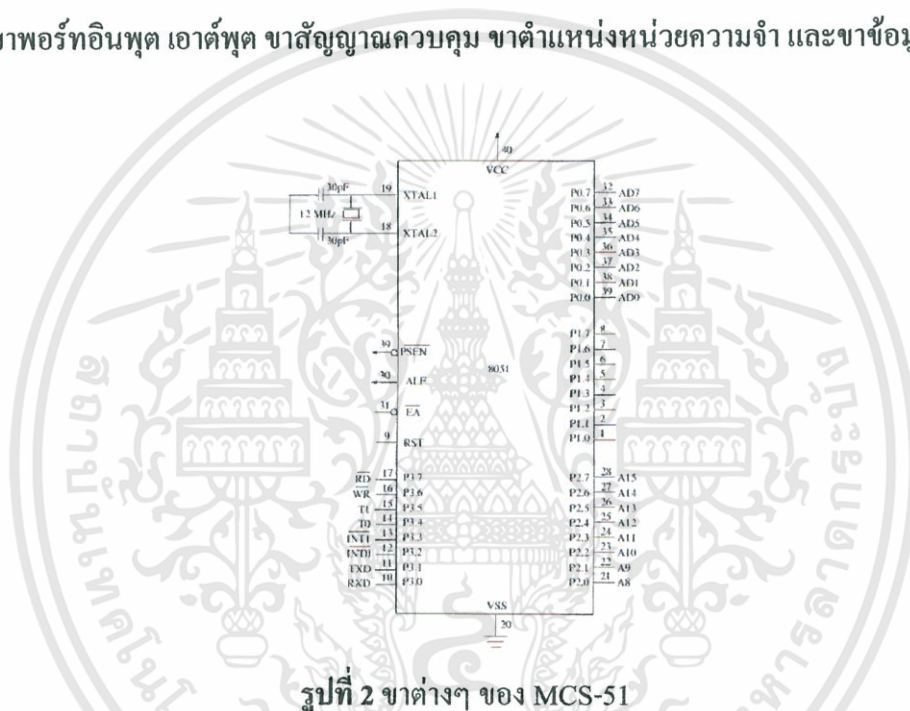
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานต้องมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจเป็นหน่วยความจำของตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผล หรือหน่วยความจำเก็บข้อมูลชั่วคราวที่ได้จากการประมวลผล โดยใช้หน่วยความจำประเภท RAM (Random-Access Memory) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน่วยความจำเป็น RAM ภายในก็เพียงพอ ใน MCS-51 มีหน่วยความจำ RAM สำหรับเก็บข้อมูลภายในอยู่ 4 ประเภท คือ เก็บแบบบิต เก็บเป็นรีจิสเตอร์ เก็บข้อมูลใช้งานทั่วไป และหน่วยความจำสแตก (Stack Memory)

## 2. การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่างๆ ใช้เป็นขาพอร์ทอินพุต เอาต์พุต ขาสัญญาณควบคุม ขาคำแหน่งหน่วยความจำ และขาข้อมูลดังรูปที่

2



รูปที่ 2 ขาต่างๆ ของ MCS-51

ความหมายของขาต่างๆ มีดังนี้

### 1) พอร์ท 0 (Port 0)

พอร์ท 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้ นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

### 2) พอร์ท 1 (Port 1)

พอร์ท 1 ได้แก่ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ท 8 บิต สามารถอ้างที่บิตได้ คือ P1.0 P1.1...etc

### 3) พอร์ท 2 (Port 2)

พอร์ท 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 ใช้งาน 2 หน้าที่ คือใช้เป็นพอร์ท 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิต ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

## 4) พอร์ต 3 (Port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 ใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทำงานของขาต่างๆ ตระกูล MCS-51

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	INT1	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับที่ 1
P3.6	WR	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

## 5) PSEN (Program Store Enable)

ขา PSEN เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 26 ขานี้แอกทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN ต่อกับขา Output Enable (OE) ของ EPROM

## 6) ALE (Address Latch Enable)

พอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 มีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้ใช้ Multiplex สัญญาณ Address Bus ของ Port 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้นต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับ Port 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณ Address Bus เมื่อ MCS-51 ต้องการต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 ส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทาง Port 0 จากนั้น สัญญาณ ALE มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address Bus ของ Port 0 ไว้เพื่อ Port 0 เป็น Data Bus ต่อไป

สำหรับ MCS-51 บางเบอร์ขานี้อาจทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือเป็นขา PROG (Program Pulse Input) สำหรับใช้โปรแกรมข้อมูลลงไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

## 7) EA (External Access)

ขา EA ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก '1' ใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก '0' บอกว่าให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น '0' ขา PSEN เป็นแอกทีฟ) ถ้าหากเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8032 ขา EA เป็น 0 เสมอ เพราะไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าใช้เบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในและให้ขา EA เป็น '0' ซึ่ง Disabled ROM ภายในและอ่านโปรแกรมจาก EMPROM ภายนอกแทน

สำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบเฟลช ขานี้ใช้รับอินพุตแรงดันสูงในการโปรแกรมข้อมูลลงชิพ

8) RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 ใช้ในการรีเซต MCS-51 โดยให้ขานี้เป็นลอจิก '1' อย่างน้อย 2 Machine Cycle จึงรีเซตลงระบบได้

## โปรแกรมขยายสัญญาณหัวฉีด

```
#include <mega128.h>
int i,rev,count_rev,time;
unsigned long int percent_inj;
unsigned long int count_inj,compare_inj,1;

// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
count_rev++;
count_inj=0;
PORTA=0x01;
}

// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
compare_inj=percent_inj*count_inj/256;
count_inj=0;
for(i=0;i<10;i++)
for(l=1;l<compare_inj;l++);
//while(count_inj<compare_inj);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PORTA=0x00;
}

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
count_inj++;
time++;
if(time>=781)//1000ms
{
rev=count_rev*600;
if(rev<600)
{
PORTA=0x00;
}
time=0;
count_rev=0;
}
}

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
PORTA=0x00;
DDRA=0xFF;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Port E initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTE=0x00;
DDRE=0x00;
```

```
// Port F initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTF=0x00;
DDRF=0x00;
```

```
// Port G initialization
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTG=0x00;
DDRG=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 16000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR0=0x01;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
OCR1CH=0x00;
OCR1CL=0x00;

```

```

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Timer/Counter 3 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 3 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// OC3A output: Discon.
// OC3B output: Discon.
// OC3C output: Discon.
// Timer 3 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
OCR3AH=0x00;
OCR3AL=0x00;
OCR3BH=0x00;
OCR3BL=0x00;
OCR3CH=0x00;
OCR3CL=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Falling Edge
// INT1: On

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// INT1 Mode: Rising Edge
// INT2: Off
// INT3: Off
// INT4: Off
// INT5: Off
// INT6: Off
// INT7: Off
EICRA=0x0E;
EICRB=0x00;
EIMSK=0x03;
EIFR=0x03;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x01;
ETIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 125.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x87;

// Global enable interrupts
#asm("sei")

```

**while (1)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{  
percent_inj=read_adc(0);  
  
};  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมปรับตั้งองศาจุดระเบิด

```

#include <mega128.h>
int i,j,time;
unsigned long int percent_ign;
unsigned long int count_ign,compare_ign,k=0,1;
void delay()
{
for(i=0;i<100;i++)
for(j=0;j<100;j++);
}
// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
k=count_ign;
if(count_ign<=compare_ign)
{
count_ign=0;
PORTA=0x01;
delay();
PORTA=0x00;
}
}

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
count_ign++;
if(percent_ign<700)
{
percent_ign=700;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(percent_ign>999)
{
percent_ign=1000;
}

compare_ign=percent_ign*k/1000;
if(count_ign>compare_ign && k>0)
{
PORTA=0x01;
delay();
PORTA=0x00;
k=0;
}
}

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
PORTA=0x00;
DDRA=0xFF;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Port E initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTE=0x00;
DDRE=0x00;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Port F initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTF=0x00;
DDRF=0x00;
```

```
// Port G initialization
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTG=0x00;
DDRG=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 16000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR0=0x01;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
```

```
// Input Capture on Falling Edge
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
```

```
// Input Capture Interrupt: Off
```

```
// Compare A Match Interrupt: Off
```

```
// Compare B Match Interrupt: Off
```

```
// Compare C Match Interrupt: Off
```

```
TCCR1A=0x00;
```

```
TCCR1B=0x00;
```

```
TCNT1H=0x00;
```

```
TCNT1L=0x00;
```

```
ICR1H=0x00;
```

```
ICR1L=0x00;
```

```
OCR1AH=0x00;
```

```
OCR1AL=0x00;
```

```
OCR1BH=0x00;
```

```
OCR1BL=0x00;
```

```
OCR1CH=0x00;
```

```
OCR1CL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 2 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFh
```

```
// OC2 output: Disconnected
```

```
TCCR2=0x00;
```

```
TCNT2=0x00;
```

```
OCR2=0x00;
```

```
// Timer/Counter 3 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 3 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFFFh
```

```
// Noise Canceler: Off
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Input Capture on Falling Edge
// OC3A output: Discon.
// OC3B output: Discon.
// OC3C output: Discon.
// Timer 3 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
OCR3AH=0x00;
OCR3AL=0x00;
OCR3BH=0x00;
OCR3BL=0x00;
OCR3CH=0x00;
OCR3CL=0x00;

```

```

// External Interrupt(s) initialization

```

```

// INT0: On

```

```

// INT0 Mode: Rising Edge

```

```

// INT1: Off

```

```

// INT2: Off

```

```

// INT3: Off

```

```

// INT4: Off

```

```

// INT5: Off

```

```

// INT6: Off

```

```

// INT7: Off

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

EICRA=0x03;
EICRB=0x00;
EIMSK=0x01;
EIFR=0x01;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x01;
ETIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 125.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x87;

// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
    percent_ign=read_adc(0);
    PORTA=0x00;
};
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ME NETT 22

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

15-17 ตุลาคม 2551

# การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 22

บทคัดย่อ



จัดโดย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
สมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย



สำนักงานนโยบาย  
และแผนพลังงาน  
กระทรวงพลังงาน

สวทช  
NSTDA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จักรยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล

### Ethanol Fuel Motorcycle

ธนวัฒน์ ศรีรักษา และ จินดา เจริญพรพาณิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520

\* อีเมลล์ kchchind@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพลังงานจากปิโตรเลียมที่นำมาใช้มีจำนวนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการที่สูงขึ้น เป็นเหตุทำให้ราคาของน้ำมันดิบสูงขึ้น ดังนั้นพลังงานทดแทนเริ่มมีการนำมาใช้มากขึ้น ในประเทศไทยก็สามารถผลิตขึ้นมาได้เนื่องจากมีวัตถุดิบในการผลิตที่เพียงพอ โดยที่เอทานอลสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้ ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลกระทบต่อเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงทั้งในระบบคาร์บูเรเตอร์และระบบหัวฉีดในเครื่องยนต์มอเตอร์ไซด์ เมื่อเรานำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์จะทำให้แรงม้าของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้นแต่จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น และมลภาวะที่ออกมาจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามจะต้องมีการปรับอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้เหมาะสมและแก้ปัญหาในการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากคุณสมบัติการระเหยของเอทานอล

#### Abstract

Presently, the energy that available from the petroleum decreases contrast with increasing of demand. It makes the price of crude oil from valuable upland petroleum goes up. Thus renewable energy now play important roll. In Thailand ethanol can be produced because of plenty of raw materials. Ethanol fuel can be used in gasoline engine. The objective of this study is to understand the effect of using ethanol in both of carburetor and injector motorcycle engines. When fuel consumption and emissions are lower than that of gasoline. However the modification of engine needed to compensate the lower energy content of ethanol and avoid problem of cold start due to its lower vapor pressure.

#### 1. บทนำ

เนื่องจากปัญหาของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นทั้งในประเทศไทยและทั่วโลกด้วย โดยประเทศไทยจะนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเกือบทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถควบคุมราคาของเชื้อเพลิง

ได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อประเทศไทยในหลายๆ ด้าน ดังนั้นถ้าเราสามารถแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงภายในประเทศไทยได้ จะช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้ ทั้งยังทำให้ประเทศไทยมีความมั่นคงทางด้านพลังงานมากขึ้น

โดยเอทานอลก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันโดยจะนำมาผสมกับน้ำมันเบนซิน แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้เอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์โดยไม่ผสมกับแก๊สโซลีน โดยจะทดสอบกับเครื่องยนต์ของมอเตอร์ไซด์ Honda Wave-i 125 โดยจะนำมาใช้ทั้งในระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ ทั้งไม่ได้ดัดแปลงเครื่องยนต์และดัดแปลงเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอล

เพราะฉะนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อที่จะศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอลโดยไม่ดัดแปลงเครื่องยนต์และดัดแปลงเครื่องยนต์ นำผลที่ได้มานี้มาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน

#### 2. เชื้อเพลิงเอทานอล

เอทานอล (Ethanol) เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในปะเทศ ซึ่งสามารถนำมาบริโภคได้ ซึ่งการผลิตเอทานอลนี้จะได้มาจากการแปรรูปพืชจำพวกแป้งและน้ำตาลรวมทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยการหมักตัวอย่างเช่น อ้อย, ข้าว, ข้าวฟ่าง, ข้าวโพด, มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยเมื่อกลับออกมาแล้วจะมีสูตรทางเคมีเป็น  $C_2H_5OH$  มีชื่อทางเคมีคือ เอทิล-แอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol)

โดยเอทานอลจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ทั้งเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะมีวิธีการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน โดยคุณสมบัติของเอทานอลจะแสดงไว้ในตารางที่ 1 เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

จากคุณสมบัติของเอทานอลและแก๊สโซลีนที่มีความแตกต่างกัน เราจะต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอล เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม จะมีแนวทางในการปรับปรุงดังนี้

1. จะเห็นได้ว่าอะตอมของเอทานอลจะมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วย ซึ่งจะจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxy-OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมีคุณสมบัติเป็น โพลาร์ (Polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกักความร้อนขึ้นส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติก ดังนั้นต้องมีการเคลือบสารเพื่อป้องกันการกักความร้อนกับชิ้นส่วนที่สัมผัสกับเอทานอล

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

Fuel	Gasoline	Ethanol
Formula	$C_8H_{18}$	$C_2H_5OH$
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

2. ค่าความร้อน (Low heating value) เอทานอลจะมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 30% โดยวัดต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเราจะต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เหมือนเดิม

3. ค่าความร้อนของการระเหยเป็นไอ (Heat of vaporization) จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่า ซึ่งจะมีการดึงความร้อนออกจากเครื่องยนต์มากกว่าแก๊สโซลีนจะมีผลกับเครื่องยนต์ดังนี้

- ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์นั้น มีอุณหภูมิที่ต่ำลง ทำให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น มีผลให้กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้น
- เอทานอลต้องใช้ความร้อนในการระเหยตัวที่มากกว่าแก๊สโซลีน ทำให้อาจจะมีปัญหาในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ
- ค่าเอกเทน (Octane) จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าออกเทนสูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้

### 3. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

ในการทดสอบในงานวิจัยนี้จะใช้รถจักรยานยนต์ของ Honda รุ่น Wave-1 125 โดยจะมีรายละเอียดของเครื่องยนต์ในตารางที่ 2 ส่วนรถที่นำมาทดสอบนี้ผ่านการใช้งานมา 24,245 กิโลเมตร ก่อนทำการทดสอบได้มีการเปลี่ยนเสื่อสูบ, ลูกสูบ, แหวนลูกสูบ, ฝาสูบ, วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียใหม่ ทำการวัดกำลังอัดของเครื่องยนต์และตรวจเช็คระบบต่างๆ ให้ได้ตามมาตรฐานคู่มือการซ่อมของเครื่องยนต์ รูปที่ 1 - 4 จะแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแรงม้า, มลภาวะที่ออกมาจากท่อไอเสีย, ค่าช่วงวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและไคอะแกรมของการทดสอบตามลำดับ ซึ่งจะทำการวัดเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนก่อนแล้วใส่เชื้อเพลิงเอทานอลโดยไม่ปรับปรุงเครื่องยนต์ และปรับปรุงเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับเอทานอล บันทึกผลค่าต่างๆ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และ

เปรียบเทียบกับระหว่างการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนโดยปรับปรุงเครื่องยนต์และไม่ปรับปรุงเครื่องยนต์

ตารางที่ 2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รายการ	รายละเอียดของเครื่องยนต์
รุ่นเครื่องยนต์	Honda Wave 125i 4 จังหวะ โอเวอร์เฮดแคม ชาฟร์ ระบายความร้อนด้วย อากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ	124.9 ซีซี.
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	หัวฉีด PGM-FI
ความกว้างกระบอกสูบ X ช่วงชัก	52.4 X 57.9 มม.
อัตราส่วนกำลังอัด	9.3 : 1

### การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

ในการทดสอบเครื่องยนต์นี้จะนำมอเตอร์ไฮดรอลิกขึ้นไปบนแท่นทดสอบตั้งรูปที่ 4 แล้วทำการวัดแรงม้าออกมา โดยในขณะที่วัดสิ้นปีกผีเสื้อจะเปิดสุดตลอดเวลา โดยจะทดสอบตั้งแต่รอบ 3,000 - 8,000 rpm ที่เกียร์ 4 ของเครื่องยนต์ แล้วบันทึกผล

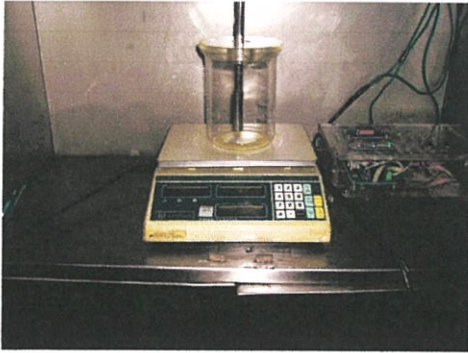


รูปที่ 1 แสดงเครื่องวัดแรงม้าของเครื่องยนต์

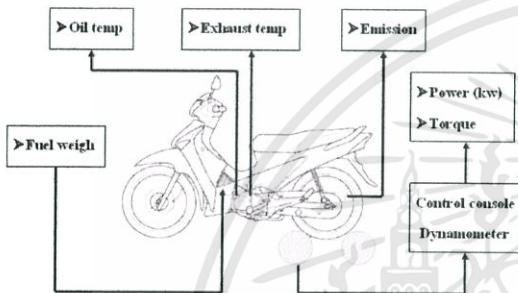


รูปที่ 2 แสดงเครื่องวัดมลภาวะของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



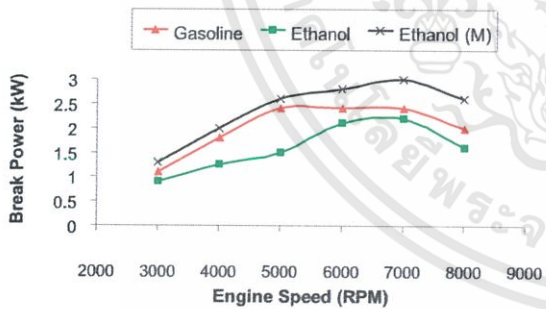
รูปที่ 3 แสดงตาชั่งวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4 แสดงไดอะแกรมการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

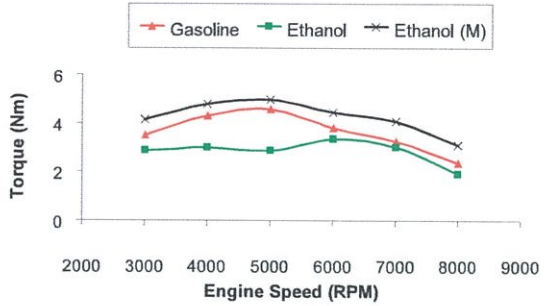
4. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

เมื่อทดสอบเครื่องยนต์แล้วจะได้ผลออกมาทั้งที่ใช้เอทานอลและแก๊สโซลีนสามารถแสดงผลได้ดังนี้



รูปที่ 4 กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์

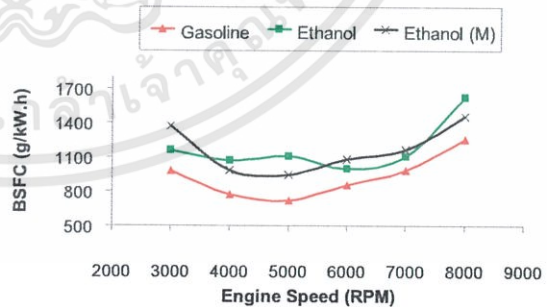
รูปที่ 4 และ 5 จะแสดงแรงม้าเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงกับใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงโดยเส้นสีแดงจะเป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน สีเขียวจะเป็นเชื้อเพลิงเอทานอลที่ใส่เข้าไปในเครื่องยนต์โดยไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์ และเส้นสีดำจะเป็นการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแล้วจะเห็นว่าถ้าเรานำเชื้อเพลิงไปใส่ในเครื่องยนต์โดยที่ไม่ได้ปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงก็จะทำให้ค่าแรงม้าเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์ตกลงประมาณ 12 - 30% และ 8 - 37% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง เนื่องมาจากค่าความร้อนของเอทานอลมีค่า



รูปที่ 5 แรงบิดของเครื่องยนต์

น้อยกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นต้องปรับแต่งปริมาณการฉีดของเอทานอลให้เหมาะสมกับอากาศที่เข้าไปในเครื่องยนต์ หลังจากการปรับแต่งปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะทำให้ค่าแรงม้าเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น 4 - 16% และ 10 - 16% ตามลำดับเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เหตุที่ค่ากำลังของเครื่องยนต์โดยรวมสูงขึ้นเมื่อใช้เอทานอลเกิดมาจากเอทานอลต้องการอากาศที่น้อยกว่าแก๊สโซลีนในการเผาไหม้และคุณสมบัติการดูดความร้อนเพื่อจะระเหยกลายเป็นไอมากกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้อุณหภูมิอากาศที่เข้าไปเย็นกว่าทำให้มวลของอากาศที่เข้าไปมีปริมาณที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง จึงมีผลทำให้เครื่องยนต์มีค่าแรงม้าเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้น

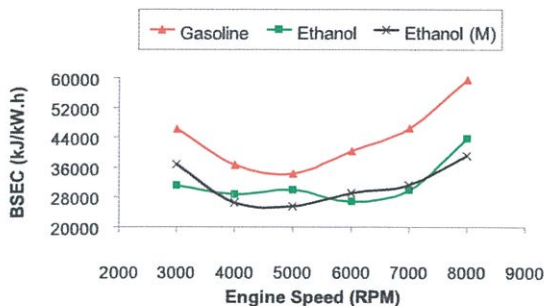
รูปที่ 6 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง (BSFC) โดยจะวัดที่แรงม้าสูงสุดตอนใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เมื่อใส่เอทานอลลงไปแล้วก็ต้องปรับแรงม้าให้เท่ากับตอนใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน จะเห็นได้ว่าเอทานอลจะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง เนื่องมาจากค่าความร้อนของเอทานอลมีปริมาณที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 25 - 38%



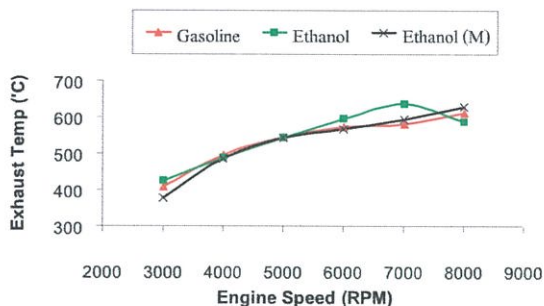
รูปที่ 6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC)

รูปที่ 7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Energy Consumption) ของเครื่องยนต์ กราฟตัวนี้จะบอกถึงความสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลของเครื่องยนต์ซึ่งค่าน้อยยังมีประสิทธิภาพที่ดีว่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 21 - 28% ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวคุณสมบัติของเอทานอลเองที่มีการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



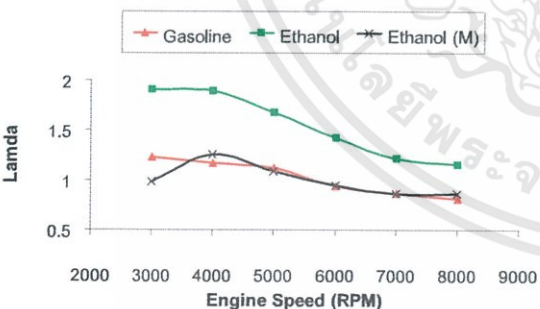
รูปที่ 7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC)



รูปที่ 9 อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์

ใหม่ที่เร็วกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปสู่ภายนอกน้อยกว่า และเนื่องจากอุณหภูมิของไอติดของเอทานอลที่เข้าไปต่ำกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้ไอติดที่เข้าไปมีความหนาแน่นมากกว่าส่งผลให้ประสิทธิภาพการนำไอติดดีกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงจึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

รูปที่ 8 จะแสดงค่าแลมด้าของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลและเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนโดยจะสังเกตได้ว่าเมื่อเราไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์แล้วใส่เชื้อเพลิงเอทานอลเข้าไปก็จะให้เกิดค่าแลมด้าที่สูงขึ้นหรือส่วนผสมบาง ก็จะสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงน้อยกว่าแก๊สโซลีนในปริมาณที่เท่ากัน จะต้องปรับตั้งหัวฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลให้มีปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่มากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เพื่อให้ปริมาณเชื้อเพลิงเอทานอลเพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์โดยการปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงเอทานอลให้มีค่าแลมด้าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมากที่สุด

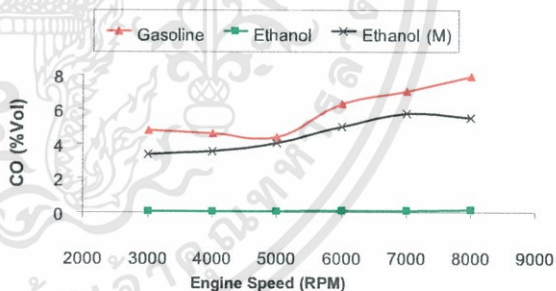


รูปที่ 8 ค่าแลมด้าของเครื่องยนต์

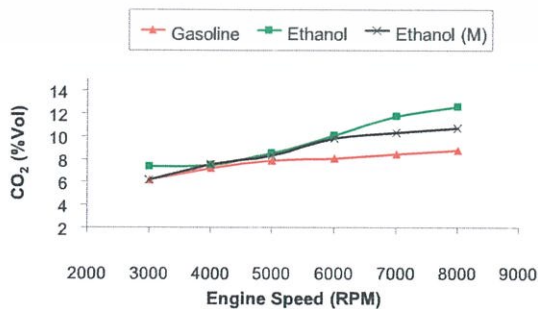
รูปที่ 9 จะแสดงอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์โดยจะสังเกตได้ว่าถ้าเราใส่เอทานอลไปในเครื่องยนต์ที่ไม่ได้มีการปรับปรุงปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะทำให้อุณหภูมิของไอเสียสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน สาเหตุก็มาจากส่วนผสมที่บางของไอติดก็จะทำให้การลามของเปลวไฟต้องใช้เวลานานขึ้นจึงทำให้ไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงแต่เมื่อเราปรับปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเอทานอลให้ค่าแลมด้าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน จะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิ

ไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในรอบ 3000 - 6000 rpm ส่วนที่รอบ 7000 - 8000 rpm จะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการลามของเปลวไฟในห้องเผาไหม้เร็วกว่าใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนทำให้เครื่องยนต์สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้มากกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

รูปที่ 10 -13 จะแสดงค่าไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์ โดยค่า CO จะแสดงในรูปที่ 10 โดยค่า CO จะเกิดในขณะที่เครื่องยนต์มีส่วนผสมหนาและที่อุณหภูมิการเผาไหม้สูง เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลที่ไม่ปรับแต่งปริมาณการฉีดของเชื้อเพลิงจะมีค่า CO ที่น้อยที่สุด แต่เมื่อปรับแต่งปริมาณการฉีดเอทานอลให้เหมาะสมกับอากาศที่เข้าไป ค่า CO ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะน้อยกว่าประมาณ 6 - 30 % เปรียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน



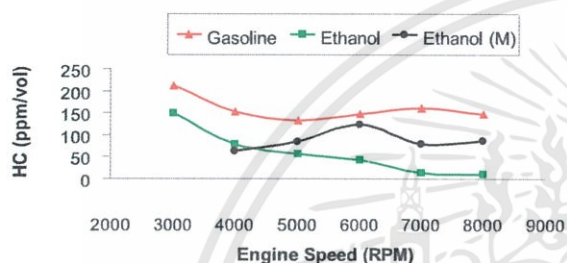
รูปที่ 10 ค่า CO ที่ออกมาจากเครื่องยนต์



รูปที่ 11 แสดง CO<sub>2</sub> ที่ออกมาจากเครื่องยนต์

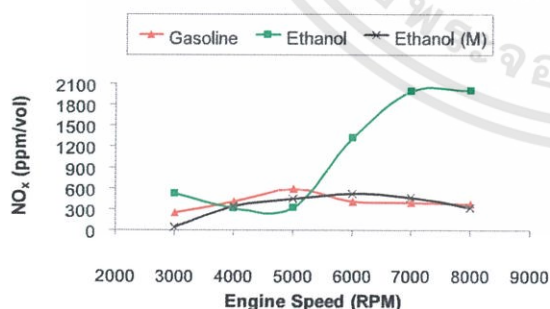
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 11 จะเป็นค่า  $CO_2$  ซึ่งจะเกิดจากการเผาไหม้ที่ส่วนผสมหนาทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะเผาไหม้และเกิดขึ้นในแก๊สที่มีการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงแม้จะมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่บางก็ตาม การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลโดยไม่ปรับแต่งปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงจะเห็นได้ว่ามีค่า  $CO_2$  สูงขึ้นเมื่อรอบสูงขึ้นซึ่งจะมีความสัมพันธ์อุณหภูมิของไอเสียที่ออกมาจะสูงขึ้นค่า  $CO_2$  ก็สูงขึ้นด้วยเช่นกันเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะมีค่ามากกว่า 4 – 43 % จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลแล้วปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแล้วก็ตามยังคงเห็นว่าเชื้อเพลิงเอทานอลจะมี  $CO_2$  จะมีค่าที่สูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 12 – 23 % เนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาไหม้มีมากกว่าแก๊สโซลีน



รูปที่ 12 แสดงค่า HC ที่ออกมาจากเครื่องยนต์

ในรูปที่ 12 จะแสดงค่า HC คือเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดโดยจากรูปจะเห็นว่าเมื่อเราใช้เชื้อเพลิงเอทานอลโดยไม่มีการปรับแต่งปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงค่า HC จะลดลงกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 30 – 92 % เนื่องจากส่วนผสมบาง แต่เมื่อเราปรับแต่งปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงค่า HC เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีค่าที่น้อยกว่าประมาณ 15 – 58 % แสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเอทานอลมีความสมบูรณ์กว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนเนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลจะมีออกซิเจนผสมอยู่



รูปที่ 13 แสดงค่า  $NO_x$  ที่ออกมาจากเครื่องยนต์

ในรูปที่ 13 แสดงค่า  $NO_x$  ที่ออกมาจากเครื่องยนต์จะเกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงและการเผาไหม้ที่ใช้เวลานานจะสังเกตได้ว่าเราใส่เชื้อเพลิงเอทานอลโดยไม่ปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงจะทำให้  $NO_x$  มีค่าที่สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนโดยที่รอบ 3000 – 5000 rpm จะ

มีค่า  $NO_x$  มากกว่าประมาณ 24 – 100 % แต่ที่รอบ 5000 – 8000 rpm จะมีค่า  $NO_x$  มากกว่าประมาณ 250 – 440 % เนื่องจากส่วนผสมที่บางทำให้ใช้เวลาในการเผาไหม้ แต่เมื่อปรับแต่งปริมาณการฉีดของเชื้อเพลิงเอทานอลให้มากขึ้นแล้วค่า  $NO_x$  ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงที่รอบ 4000 rpm และ 6000 rpm ค่า  $NO_x$  ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมากกว่า 10 % และ 20 % ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ส่วนที่รอบอื่นๆ เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีปริมาณ  $NO_x$  ที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 4 – 31 % โดยที่ยังรอบเครื่องสูงยังมี  $NO_x$  น้อยกว่า

## 5. สรุปผล

จากงานวิจัยครั้งนี้สรุปว่าเราสามารถนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนโดยปรับปรุงระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอล โดยเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลแล้วเครื่องยนต์จะมีแรงม้ามากกว่าประมาณ 4 -16% ส่วนแรงบิดจะมีมากกว่า 10 – 16 % เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง และมลภาวะที่ออกมาพอจะสรุปได้ดังนี้ ค่า CO ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีค่าที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนประมาณ 6 – 30 % , ค่า  $CO_2$  ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีค่าที่สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 4 – 43 % และค่า  $NO_x$  ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีค่าโดยรวมน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 4 – 31 % ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะ (BSFC) ของเชื้อเพลิงเอทานอลจะมีความสิ้นเปลืองมากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 25 – 38 % และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เชื้อเพลิงเอทานอลจะจะมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 21 – 28 % ซึ่งจะเห็นว่าเอทานอลสามารถนำมาใช้แทนแก๊สโซลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ต้องมีการปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอลด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] วีระศักดิ์ กรวิชัย, 2543, "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ทฤษฎีและการคำนวณ", กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์วิทย์พัฒนา, 2543.
- [2] เอ.พี. ฮอนด้า, "คู่มือการซ่อม Honda Wave-I 125", บริษัท เอ.พี. ฮอนด้า จำกัด
- [3] วีระศักดิ์ กรวิชัย, "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน" พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์วิทย์พัฒนา, 2546.
- [4] เขียวชัย บุณยะกุล, "ทฤษฎีเทคนิคยานยนต์4 เครื่องยนต์เบนซิน" พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ส.ท.,2544.
- [5] อัมพล ชื่อดง, อนันต์ชัย เทียงตาห์, "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" กรุงเทพฯ, ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2538.
- [6] ภาณุเดช จินดาวงศ์, สุภัทร ศรีเจริญ, พิชัย อัมภมมงคล และลิขิต ไสहन, "สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง", มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [7] John B. Heywood, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-hill Book Company, 1988.
- [8] Huseyin Serdar Yucesu , Tolga Topgu I, Can Cinar, Melih Okur, "Effect of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios", sciencedirect, 26 2272-2278, 2006.
- [9] Chan-Wei Wua, Rong-Hong Chenb, Jen-YungPu a, Ta-Hui Lina, "The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels", Atmospheric Environment 38 (2004) 7093-7100.
- [10] Tolga Topgu I, Hu seyin Serdar Yu cesu, Can C- inar, Atilla Koca, "The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions", Renewable Energy 31 (2006) 2534-2542.
- [11] H. Serdar Yucesu a, Adnan Sozen a, Tolga Topgu a, Erol Arcakliog lu, "Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol-gasoline blend fuel", Applied Thermal Engineering 27 (2007) 358-368.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายชนวัฒน์ ศรีรักษา
ชื่อวิทยานิพนธ์	การดัดแปลงและตรวจสอบเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์สี่จังหวะสำหรับการใช้เชื้อเพลิงเอทานอล
สาขาวิชา	วิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล
ที่อยู่	38/14 ซอย 12 ถนนรามเสวร์ ต.คูหาสวรรค์ อ.เมือง จ.พัทลุง 93000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมยานยนต์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2549 ศึกษาต่อระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง