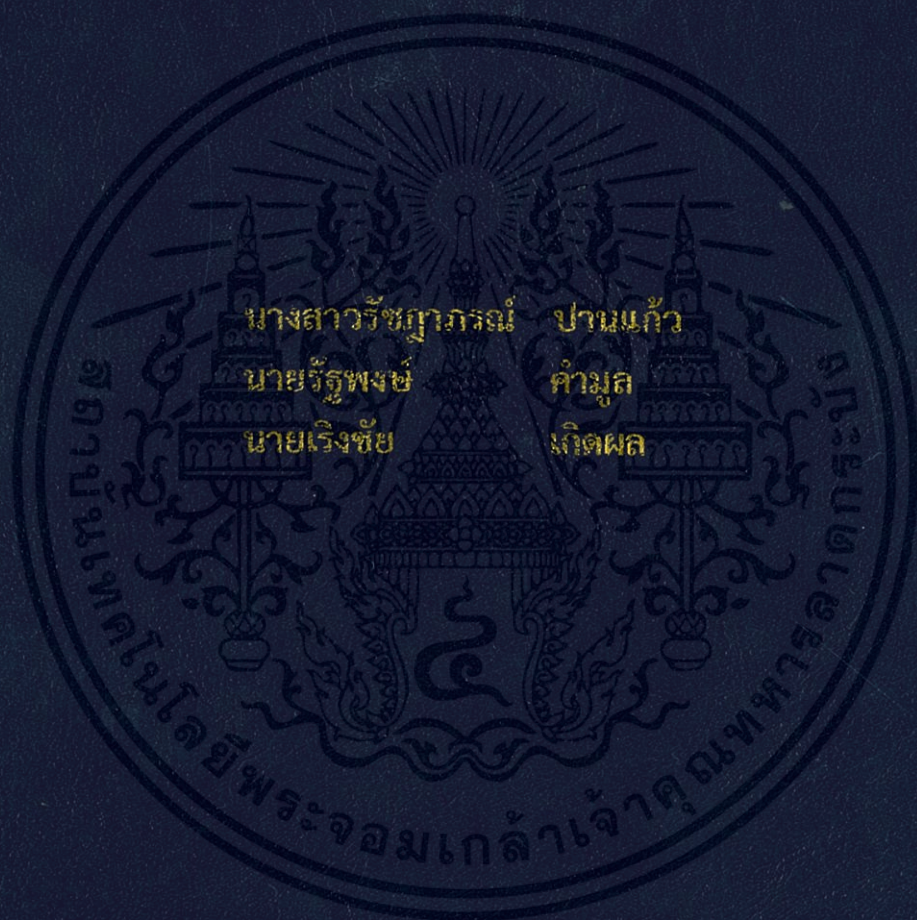


การพัฒนาเครื่องยนต์ไฮดรอลิกเอทานอล  
DEVELOPMENT OF HYDROUS ETHANOL ENGINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การพัฒนาเครื่องยนต์ไฮดรอลิกเอทานอล  
DEVELOPMENT OF HYDROUS ETHANOL ENGINE



นางสาวรัชฎาภรณ์ ปานแก้ว  
นายรัฐพงษ์ คำมูล  
นายเริงชัย เกิดผล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG ไม่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องยนต์ไฮดรอลิกเอทานอล

DEVELOPMENT OF HYDROUS ETHANOL ENGINE

ผู้จัดทำ

1. นางสาวรัชฎาภรณ์ ปานแก้ว รหัสประจำตัว 52010984
2. นายรัฐพงษ์ คำมูล รหัสประจำตัว 52010992
3. นายเริงชัย เกิดผล รหัสประจำตัว 52011007



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ปรีชา การินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพัฒนาเครื่องยนต์ไฮดรอสเอทานอล

นางสาวรัชฎาภรณ์	ปานแก้ว	52010984
นายรัฐพงษ์	คำมูล	52010992
นายเริงชัย	เกิดผล	52011007
ดร.ปรีชา	การินทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์		อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
		ปีการศึกษา 2555

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟขนาดเล็กเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงทางเลือกไฮดรอสเอทานอลโดยงานศึกษานี้ จะมุ่งไปที่การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของเชื้อเพลิงเอทานอลชนิดไฮดรอสและแอนไฮดรอสรวมไปถึงค่าประสิทธิภาพทางความร้อนและการสึกหรอของเครื่องยนต์ จากการประยุกต์ใช้เอทานอลชนิดไฮดรอสและแอนไฮดรอสในส่วนของ การปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนขนาดนมหนูของระบบเชื้อเพลิงที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ ขั้นตอนสุดท้ายของงานศึกษาคือการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลชนิดไฮดรอสและแอนไฮดรอส เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DEVELOPMENT OF HYDROUS ETHANOL ENGINE

Ratchadaphon	Pankaew	52010984
Ratthapong	Kummool	52010992
Rerngchai	Kerdphol	52011007
Dr.Preechar	Karin	Advisor
Assis.Prof. Dr.Chinda	Chareonphonphanich	Co. Advisor

Year 2555

## ABSTRACT

This research was conducted to develop about spark ignition engine in order to use alternative fuel, ethanol. The research will focus on the comparison of chemical and physical properties between hydrous and anhydrous ethanol. Mechanical efficiency pollution, consumption fuel, lubricant deterioration and wearing in the engine would be investigated by modification of fuel system to meet stoichiometric combustion. Finally, ethanol engine will be test consumption fuel and lubricant deterioration. Then prepare when use anhydrous and hydrous ethanol. In addition, this research would be helpful for the customer in term of sustainable energy development.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่ เป็นอย่างดีจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.ปรีชา การินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา และผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ในการแนะนำตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย กลุ่มผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ทั้งสองท่านนี้ เป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัย จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ในแผนเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2555 และขอขอบคุณ บริษัท โฟกัสแอส จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์ในการทดสอบหาอัตราการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่อง

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ในครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อคุณแม่พี่น้องและเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวรัชฎาภรณ์	ปานแก้ว
นายรัฐพงษ์	คำมูล
นายเริงชัย	เกิดผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	3
2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	3
2.1.1 จุดประสงค์การใช้งาน.....	3
2.1.2 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	3
2.2 น้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซลีน.....	6
2.2.1 ประเภทของน้ำมันเบนซิน.....	6
2.2.2 เชื้อเพลิงเบนซิน.....	7
2.3 เชื้อเพลิงเอทานอล.....	7
2.3.1 ประเภทของเอทานอล.....	7
2.3.2 แก๊สโซฮอล์ในประเทศไทย.....	8
2.3.3 ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม.....	8
2.4 คาร์บอนมอนอกไซด์.....	9
2.5 ออกไซด์ของไนโตรเจน.....	9
2.6 ไฮโดรคาร์บอน.....	11
2.7 อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง.....	12
2.7.1 วิธีการหาอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงเอทานอล.....	12
2.7.2 การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับการสันดาปภายใน.....	13
2.7.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนและเอทานอล.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องสมุดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ ใช้งานด้านการศึกษา  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.4 ค่าออกเทน.....	15
2.8 การคำนวณค่าต่างๆภายในเครื่องยนต์.....	16
2.8.1 แรงบิดและกำลัง.....	16
2.8.2 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก.....	19
2.9 การคำนวณเกี่ยวกับคาร์บูเรเตอร์.....	20
2.10 การกำหนดขนาดคอคอดของนมหนู.....	28
<b>บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....</b>	<b>30</b>
3.1 การเลือกขนาดนมหนู.....	30
3.1.1 การคำนวณขนาดนมหนู.....	30
3.1.2 การเตรียมอุปกรณ์เพื่อทดสอบหาขนาดนมหนู.....	31
3.2 อุปกรณ์การวัดอัตราสิ้นเปลือง.....	35
3.2.1 ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลือง.....	35
3.2.2 แคลมป์มิเตอร์.....	36
3.3 เครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ.....	37
3.4 การตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด.....	38
3.4.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องยนต์.....	39
3.5 วิธีการทดสอบ.....	39
<b>บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....</b>	<b>41</b>
4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาขนาดนมหนูที่เหมาะสม.....	41
4.1.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ.....	41
4.1.2 ผลการทดสอบไอเสีย.....	44
4.1.3 ผลการทดสอบด้วยเครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ.....	46
4.2 ผลการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลือง.....	46
4.2.1 ผลการหาอัตราสิ้นเปลืองที่โหลด 2000 วัตต์.....	46
4.2.2 ผลการวัดกระแสไฟฟ้าที่โหลด 2000 และ 3000 วัตต์.....	46
4.2.3 ผลการคำนวณค่า bsfc และ bsec.....	47
4.3 ผลของการทดสอบการสึกหรอของน้ำมันเครื่องยนต์.....	47
4.3.1 ผลการทดสอบเศษชิ้นส่วนโลหะและอโลหะที่อยู่ในน้ำมันเครื่องยนต์.....	47
4.3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงของน้ำมันเครื่องยนต์.....	51
4.4 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด.....	54

## สารบัญ (ต่อ)

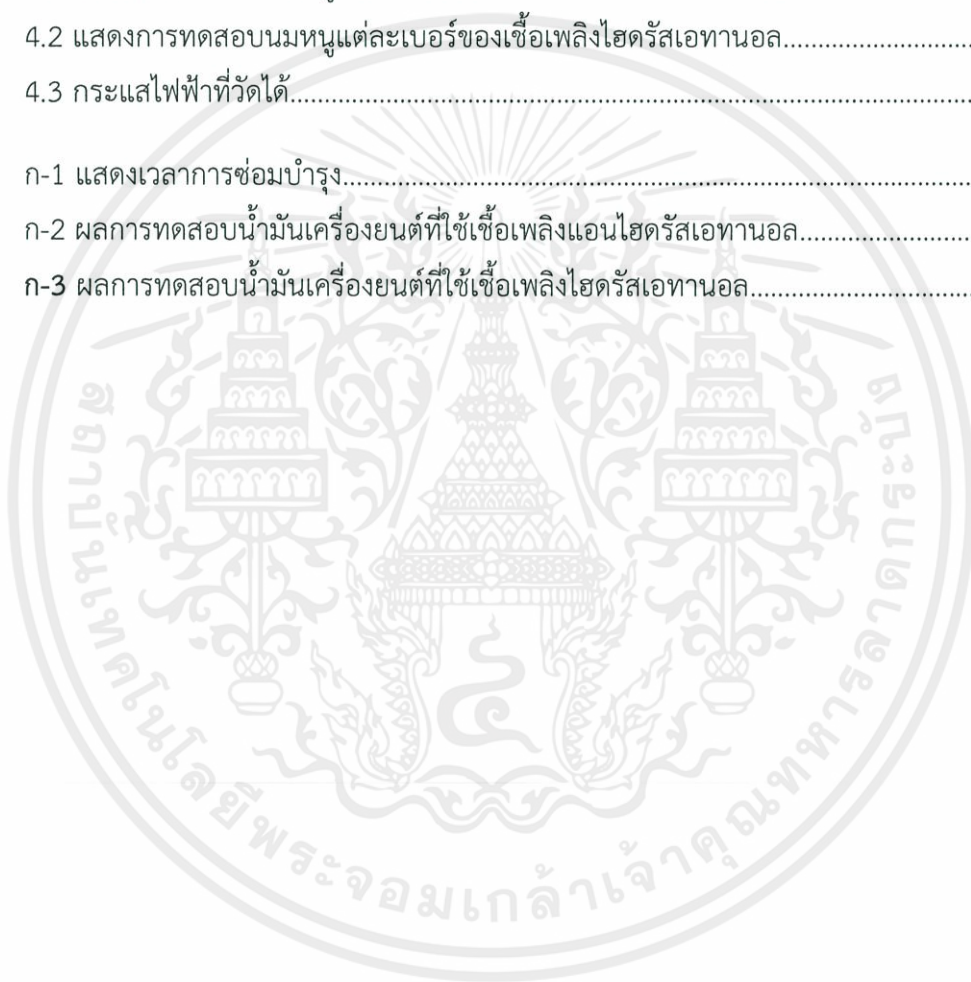
	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล ข้อเสนอแนะ และวิจารณ์ผลการทดลอง.....	55
5.1 จากการศึกษาวิจัยการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงไฮโดรสีเอทานอลและแอนไฮโดรสีเอทานอล สามารถสรุปได้ดังนี้.....	55
5.1.1 สรุปผลการทดลองด้านประสิทธิภาพของเครื่องยนต์.....	55
5.1.2 สรุปผลการทดลองด้านการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์.....	55
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	56
5.3 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	57
เอกสารอ้างอิง.....	58
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด.....	13
2.2 แสดงการดุลสมการการเผาไหม้สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด.....	14
2.3 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลและเบนซิน.....	14
3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์.....	32
4.1 แสดงการทดสอบมหนูแต่ละเบอร์ของเชื้อเพลิงแอนไฮดริสเอทานอล.....	41
4.2 แสดงการทดสอบมหนูแต่ละเบอร์ของเชื้อเพลิงไฮดริสเอทานอล.....	42
4.3 กระแสไฟฟ้าที่วัดได้.....	47
ก-1 แสดงเวลาการซ่อมบำรุง.....	60
ก-2 ผลการทดสอบน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแอนไฮดริสเอทานอล.....	61
ก-3 ผลการทดสอบน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฮดริสเอทานอล.....	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการพื้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด AC.....	4
2.2 แสดงให้เห็นโครงสร้างและองค์ประกอบหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	4
2.3 แสดง Block Diagram of Brushless A.C. Generators.....	5
2.4 แสดงวงจรการทำงานของชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งเครื่องขนาดใหญ่ก็ใช้หลักการเดียวกัน.....	6
2.5 แสดง stator coil และ rotor winding ของชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	6
2.6 แสดงลักษณะของคอคอด (ก) และช่องทางน้ำมันหรือลมหนู (ข).....	20
2.7 แสดงความสัมพันธ์ระดับน้ำมันของคาร์บูเรเตอร์.....	26
3.1 เครื่องยนต์.....	32
3.2 นมหนู.....	32
3.3 เชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล (ก) แอนไฮดรัสเอทานอล (ข).....	33
3.4 จัดทำไหลด.....	33
3.5 เครื่องยนต์ทำงานกับไหลด.....	34
3.6 การใช้งานในลักษณะต่างๆ ของมาตรวัดรอบ.....	34
3.7 ลักษณะการทำงานของเครื่องวัดไอเสีย.....	35
3.8 ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลือง.....	35
3.9 แคลมป์มิเตอร์.....	36
3.10 หลักการใช้แคลมป์มิเตอร์.....	36
3.11 เครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (AF Ratio Meter).....	37
3.12 บริษัทไฟค์สแล็บ จำกัด.....	37
3.13 น้ำมันเครื่องยี่ห้อ Castrol ชนิด Activ 4t 20w-40.....	37
3.14 ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องยนต์.....	38
3.15 ลูกสูบกับแหวนสูบใหม่ที่นำมาเปลี่ยน.....	39
3.16 แผนผังการทดสอบ.....	40
4.1 แสดงประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล.....	43
4.2 แสดงประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงไฮดรัสเอทานอล.....	43
4.3 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 115.....	44
4.4 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 120.....	44
4.5 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 115.....	45
4.6 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 120.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่สามารถพิมพ์ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 แสดงค่าสัดส่วนการเผาไหม้สมบูรณ์ (Equivalent ratio ( $\phi$ )) ต่อ โหลด.....	46
4.8 แสดงเศษเหล็กขนาด < 8 ไมครอน.....	48
4.9 แสดงเศษเหล็กขนาด 5-150 ไมครอน.....	48
4.10 แสดงเศษอลูมิเนียมขนาด < 8 ไมครอน.....	49
4.11 แสดงเศษอลูมิเนียมขนาด 5-150 ไมครอน.....	49
4.12 แสดงเศษซิลิคอนขนาด 5-150 ไมครอน.....	50
4.13 เศษซิลิคอนขนาด < 8 ไมครอน.....	50
4.14 แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ 100° องศาเซลเซียส.....	51
4.15 แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ 40° องศาเซลเซียส.....	51
4.16 แสดงการออกซิเดชันของน้ำมันเครื่อง.....	52
4.17 แสดงการไนเตรชันของน้ำมันเครื่อง.....	52
4.18 แสดงความเป็นเบสของน้ำมันเครื่องยนต์.....	53
4.19 แสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมัน.....	53
4.20 ลูกสูบและแหวนสูบ.....	54
4.21 ลูกลอย, เข็มน้ำมันและไอรัง.....	54
4.22 ท่อส่งน้ำมัน.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานที่ทำให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่จะพบกับปัญหาความขาดแคลนเชื้อเพลิงฟอสซิลในอนาคตอันใกล้ ทำให้เชื้อเพลิงทางเลือกเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ในการลดการบริโภคเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งมีแต่จะหมดไปเรื่อยๆ ประกอบกับประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล ที่สูง [1] เนื่องจาก มีวัตถุดิบจำนวนมากจากการเกษตรกรรม อาทิเช่น อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง เชื้อเพลิงเอทานอลยังมีส่วนช่วยในการลดการก่อกมลพิษโดยช่วยลดอัตราการเกิดไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจน อีกทั้งยังช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ส่งผลต่อการเกิดสภาวะโลกร้อน [2]

ทั้งนี้ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการได้มีการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลชนิดไฮดรอสเอทานอลคือเชื้อเพลิงชนิดที่ก่อนนำไปกลั่นแยกน้ำออกเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ โดยทั่วไปเชื้อเพลิงชนิดนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยม เพราะมีความบริสุทธิ์แค่ 95% อีก 5% จะเป็นน้ำส่วนชนิดแอนไฮดรอสเอทานอลมีความบริสุทธิ์ถึง 99.5%จึงได้รับความนิยมมากกว่า แต่ต้องใช้ต้นทุนในการผลิตที่สูงเพื่อที่จะกลั่นน้ำออก [3]

กลุ่มผู้จัดทำจึงมองเห็นปัญหาการใช้เชื้อเพลิงที่เข้าถึงยาก และต้นทุนสูงผู้วิจัยจึงอยากจะช่วยลดต้นทุน โดยการพัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮดรอสเอทานอลได้ และให้มีประสิทธิภาพดีพอที่จะนำไปใช้จริงได้

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาและปรับแต่งเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟให้สามารถใช้เชื้อเพลิงไฮดรอสและแอนไฮดรอสเอทานอลได้

1.2.2 เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด

1.2.3 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการสึกหรอของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด

1.2.4 เพื่อศึกษาการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ถ้าเครื่องยนต์สามารถใช้ E-20 เป็นเชื้อเพลิงได้ก็น่าจะสามารถใช้ E-100 เป็นเชื้อเพลิงได้เช่นกัน ทั้งชนิดไฮดรอสและแอนไฮดรอสเอทานอล ส่วนประสิทธิภาพและการสึกหรอของเครื่องยนต์รวมไปถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ ก็มีผลต่อการใช้งานแต่จะมากขนาดไหนต้องมีการทดสอบ

### 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ออกแบบและปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์เดิมซึ่งเป็นเครื่องยนต์ E-0, E-20 ให้สามารถใช้เชื้อเพลิง E-100 ได้ โดยการคำนวณเพื่อปรับเปลี่ยนขนาดนวมหนูของระบบเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เหมาะสม

1.4.2 ทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง E-100 ชนิดไฮดรอสและแอนไฮดรอส บันทึกข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ E-100 ทั้งสองชนิด โดยเก็บค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการสึกหรอ และปริมาณไอเสีย นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ว่า E-100 ชนิดใดคุ้มค่ากว่ากัน

### 1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1.5.1 ศึกษาและสืบค้นงานวิจัยทฤษฎีเกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟขนาดเล็กเพื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล และแอนไฮดรอสเอทานอลเพื่อใช้ในการศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์

1.5.2 จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์เพื่อทดสอบและปรับแต่งเครื่องยนต์จากเครื่องยนต์เบนซินเป็นเครื่องยนต์เอทานอล

1.5.3 แจกแจงรายละเอียดทั้งหมดและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

1.5.4 ทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ปริมาณไอเสีย อัตราการสิ้นเปลือง ของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด เพื่อหาขนาดนวมหนูที่เหมาะสมที่สุด

1.5.5 อัตราการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด

1.5.6 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลผลการทดลองระหว่างเชื้อเพลิงแอนไฮดรอสและไฮดรอสเอทานอล

1.5.7 รวบรวมข้อมูลเพื่อทำการสรุปรายงานโครงการและทำรูปเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# หลักการและทฤษฎี

### 2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) [3]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงานว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กก็จะได้ไฟฟ้าออกมา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกว่า พิลด์ และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่าอาเมเจอร์ ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง พิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พิลด์และอาเมเจอร์ สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่หมุน โดยในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก จะสามารถสร้างได้ทั้งแบบพิลด์ และอาเมเจอร์หมุน แรงดันที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญสองตัว คือ ความเร็วรอบและเส้นแรงแม่เหล็ก ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้ โดยการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็ก และเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การเพิ่มแรงดันโดยการเพิ่มความเร็วมไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะจะทำให้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป สามารถได้

เพียงการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กเท่านั้นทำ

#### 2.1.1 จุดประสงค์การใช้งาน

เป็นเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าสำรองในกรณีที่กระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับเพื่อให้หน่วยงานมีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่อง

#### 2.1.2 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องกลที่สามารถเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการหมุนของขดลวดตัดสนามแม่เหล็ก หรือการหมุนสนามแม่เหล็กตัดขดลวด

ลักษณะทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ

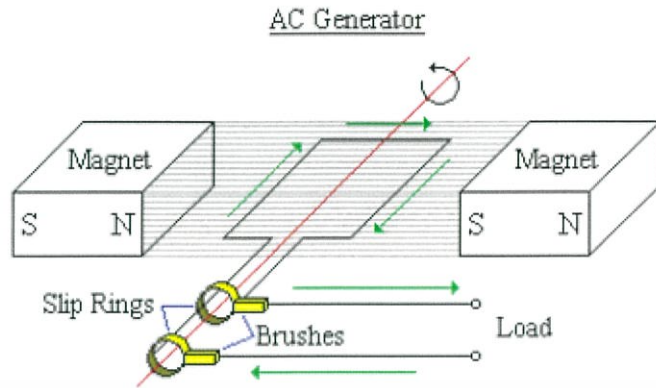
- (1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator)
- (2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Dynamo)

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ

- (1) เครื่องต้นกำลัง เป็นส่วนที่ผลิตพลังงานกลขึ้นมา เพื่อหมุนเพลลาของเครื่อง

กำเนิดไฟฟ้า เช่น กังหันน้ำ ได้แก่ เขื่อนต่าง ๆ กังหันไอน้ำ ได้แก่ การนำเอาไอน้ำมาทำให้เกิดความร้อนแล้วนำเอาไอน้ำไป ใช้งาน กังหันแก๊ส มีแบบใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซลเพราะราคาถูก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

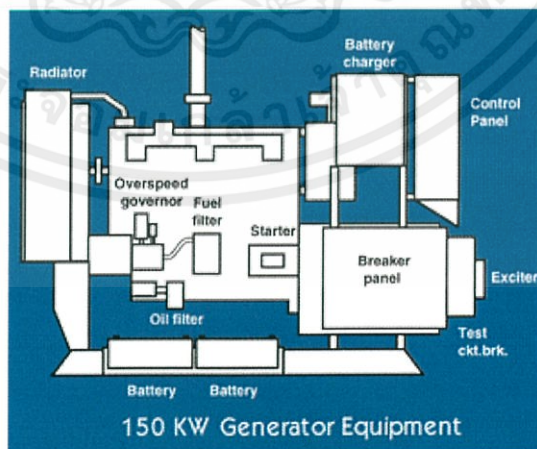


รูปที่ 2.1 หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด AC

(2) Generator เป็นตัวผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กมีหลายแบบดังนี้

แบบหมุน (Revolving Armature Type) แบบนี้ใช้วิธีหมุนขดลวดทองแดงที่พันอยู่บนแกนเพลลาหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่บนเปลือก ทำให้เกิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ปลายขดลวดทองแดง นำเอาแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้งานโดยผ่าน Slip Ring (วงแหวนทองเหลือง) และแปรงถ่าน ขั้วแม่เหล็กที่ทำให้เกิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ ไม่ได้เป็นแม่เหล็กถาวรหรือ แม่เหล็กธรรมชาติที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กคงที่ แต่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงป้อนผ่านขดลวดทองแดงที่พันรอบแกนเหล็กอ่อน เพื่อทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น ปริมาณของไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะสามารถ ควบคุมปริมาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณของไฟฟ้ากระแสตรง

แบบขั้วแม่เหล็กหมุน (Revolving Field Type) แบบนี้ใช้วิธีหมุนขั้ว แม่เหล็กที่อยู่บนเพลลา ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดทองแดงที่พันติดอยู่บนเปลือก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบนปลายขดลวดทองแดง แบบนี้ไม่ต้องมี Slip Ring และแปรงถ่าน เพื่อนำแรงดันไฟฟ้าไปใช้งาน แต่มีแปรงถ่านและ Slip Ring ต่อกับขดลวดทองแดง ที่พันอยู่บนแกนแม่เหล็ก เพื่อใช้สำหรับป้อนไฟฟ้ากระแสตรงไปเลี้ยงขดลวดทองแดง เพื่อสร้างความเข้มของสนามแม่เหล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นโครงสร้างและองค์ประกอบหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แบบไม่มีแปรงถ่าน Brushless Type (Bl Type) แบบนี้แบ่งตามขั้นตอนการทำงานออกเป็น ส่วน ๆ ได้ 4 ส่วน คือ

ก. Exciter ประกอบด้วย

- Exciter Field Coil เป็นขดลวดที่ทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะติดอยู่กับส่วนที่อยู่กับที่

- Exciter Armature เป็นชุดที่ประกอบด้วยขดลวดที่จะถูกทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยเป็นส่วนที่ติดอยู่กับเพลลาและหมุนไปพร้อมกับเพลลากระแสที่เกิดขึ้นใน Exciter Armature จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ข. Rotating Rectifier จะติดอยู่บนเพลลาจึงหมุนตามเพลลาไปด้วย มีหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าสลับที่เกิดจาก Exciter Armature ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

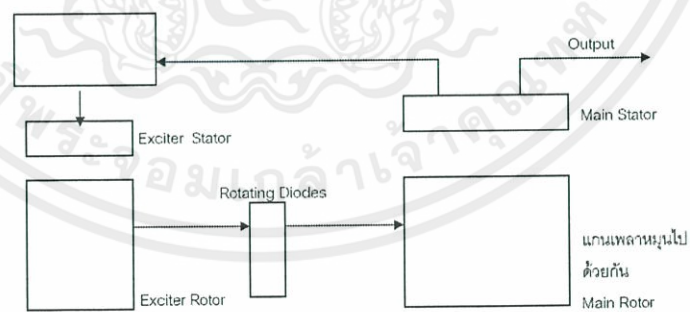
ค. Main Generator เป็นส่วนที่ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อออกไปใช้งานจริง ประกอบด้วย

- Rotating Field Coil เป็นขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กที่ติดกับเพลลาเพื่อทำให้เหล็กกลายเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยได้รับไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนมาจาก Rotating Rectifier

- Stator Coil (Alternator Armature) เป็นขดลวดที่จะถูกทำให้เกิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นและจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับออกไปใช้งาน

ข. Automatic Voltage Regulator (A.V.R.) เป็นชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่นำไปใช้งานให้คงที่ ซึ่งเป็นการทำงานควบคุมอย่างอัตโนมัติ หลักการทำงานของ A.V.R. เป็นการนำกระแสสลับที่เกิดจาก Stator Coil มาแปลงเป็นกระแสตรง จ่ายเข้า Exciter Field Coil โดยปริมาณกระแสตรงจะมีการควบคุมให้มากหรือน้อยตามสภาพการณ์ของแรงดันไฟฟ้าจาก Stator Coil โดยเป็นไปอย่างอัตโนมัติ Automatic Voltage Regulator

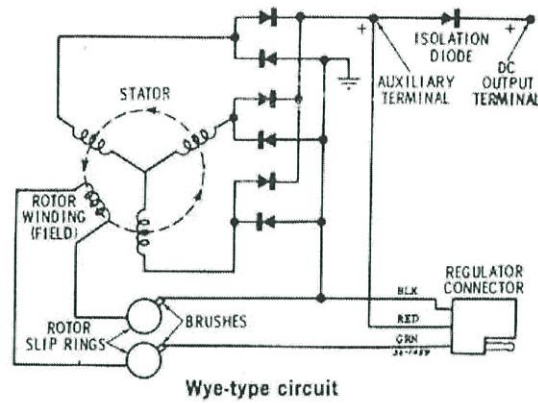
Automatic Voltage Regulator



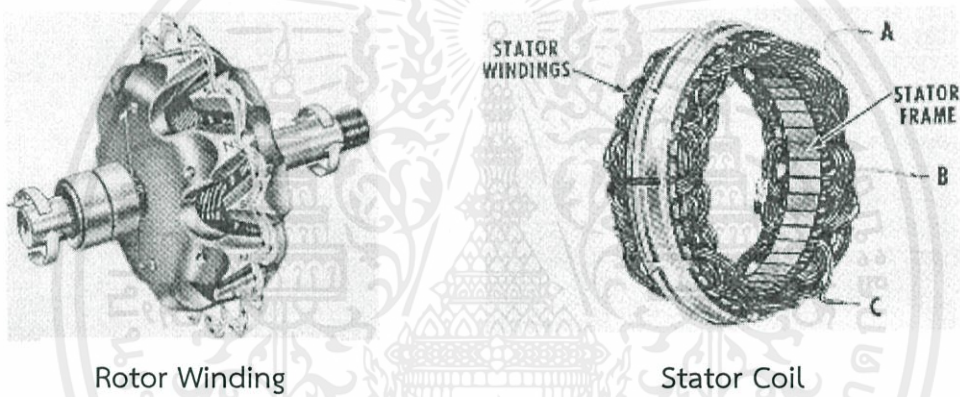
รูปที่ 5 แสดง Block Diagram of Brushless A.C. Generators

### รูปที่ 2.3 แสดง Block Diagram of Brushless A.C. Generators

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรการทำงานของชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งเครื่องขนาดใหญ่ก็ใช้หลักการเดียวกัน



รูปที่ 2.5 แสดง stator coil และ rotor winding ของชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

## 2.2 น้ำมันเบนซินหรือก๊าซโซลีน (Gasoline)

น้ำมันเบนซินหรือก๊าซโซลีน (Gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยได้ง่าย ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่น โดยกลั่น หรือ ตัดเอาส่วนที่เบาพอเหมาะจากส่วนต่างๆ ในกรรมวิธีการกลั่น แล้วเอามาผสมกันและปรุงแต่งด้วยสารเพิ่มคุณภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น แนฟธา (Naphtha), Isomate, Reformate และสารเติมแต่ง (Additives) เช่น MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether), เอทานอล เป็นต้น เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินชนิดสันดาปภายในโดยมีหัวเทียนเป็นเครื่องจุดระเบิด (Spark Ignition Internal Combustion Engine) ความสามารถในการระเหยน้ำมันต้องพอเหมาะกับการเผาไหม้ในกระบอกสูบและต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.1 ประเภทของน้ำมันเบนซิน

2.2.1.1 น้ำมันเบนซินพิเศษ (PREMIUM MOTOR GASOLINE) มีค่าออกเทนนับเบอร์ 95 สีเหลืองอ่อน เหมาะสมกับเครื่องยนต์เบนซินที่มีอัตราส่วนกำลังอัดสูงกว่า 9:1 ขึ้นไปซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่งทั่วไป รถบรรทุกเล็ก (เครื่องยนต์เบนซิน)

2.2.1.2 น้ำมันเบนซินธรรมดา (REGULAR MOTOR GASOLINE) มีเลขจำนวนออกเทน 91สีแดง ใช้กับน้ำมันเครื่องยนต์เบนซินที่มีอัตราส่วนกำลังอัดต่ำกว่า 9:1 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่งขนาดเล็ก รถมอเตอร์ไซค์ เครื่องยนต์ขนาดเล็ก เช่น เครื่องปั่นไฟ, รถตัดหญ้า หรือ ปั้มน้ำขนาดเล็ก

## 2.2.2 เชื้อเพลิงเบนซิน (gasoline, E0)

เบนซิน เป็นเชื้อเพลิงหลักของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบส่วนที่มีจุดเดือดต่ำแก๊สโซลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบเดียวกันทั้งหมดจึงใช้สูตรโมเลกุล  $C_8H_{15}$  ภายในมีเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งมีสูตรทางเคมีคือ  $C_6H_6$  บางครั้งอาจเรียกว่า เบนซิน ไม่มีสีแต่ไวไฟและมีกลิ่นหอมหวาน เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง จึงไม่นิยมใช้เป็นสารเติมแต่งน้ำมันในปัจจุบัน เบนซินเป็นองค์ประกอบตามธรรมชาติของปิโตรเลียมและสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นๆ เบนซินเป็นสารประกอบอะโรมาติกชนิดหนึ่ง

## 2.3 เชื้อเพลิงเอทานอล

เอทานอล (Ethanol) หรือที่เรียกว่าเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการหมักพืชเพื่อเปลี่ยนแป้งจากพืชเป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์เมื่อทำให้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 95% โดยการกลั่นจะเรียกว่า เอทานอล (Ethanol) เอทานอลที่นำไปผสมในน้ำมันเพื่อใช้เติมเครื่องยนต์เป็นแอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 99.5% โดยปริมาตรจะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยหากนำมาใช้เป็นส่วนผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนต่างๆ จะเรียกว่าน้ำมันแก๊สโซฮอล์ หรือผสมกับน้ำมันดีเซลก็จะได้เป็นน้ำมันดีโซฮอล์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เอทานอลบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงได้ ในรถยนต์และเครื่องยนต์ที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม จากการศึกษาพบว่าการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อรถยนต์ประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนของเอทานอลตั้งแต่ 0% ไปจนถึง 100% จะสามารถลดการปล่อยมลพิษได้เกือบทุกชนิด เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน เบนซิน และไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น

### 2.3.1 ประเภทของเอทานอล

2.3.1.1 Anhydrous Ethanol เอทานอลที่มีน้ำอยู่น้อยมากหรือเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 99% ขึ้นไป ซึ่งสามารถใช้ผสมกับเชื้อเพลิงเบนซินได้ เอทานอลชนิดนี้ยังแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด

Denatured anhydrous ethanol เอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเติมสารปนเปื้อนลงในเอทานอลบริสุทธิ์เพื่อให้เอทานอลนั้นไม่สามารถดื่มได้

Indentured anhydrous ethanol เอทานอลบริสุทธิ์ที่ไม่มีสิ่งเจือปนลงไป สามารถใช้บริโภคได้

2.3.1.2 Hydrous Ethanol การเอาเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือแอลกอฮอล์ ที่นำมาใช้งานเป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันเป็นแบบ 95% หรือ 99.5% โดย แบบ 95% จะใช้จากขบวนการ กลั่นแบบธรรมดา มีน้ำผสมอยู่ 5% ส่วนแบบ 99.5% มีน้ำผสมอยู่ 0.5 % และมีขบวนการเพิ่มเติม ขึ้นมา 2 วิธี และการใช้สารดูดความชื้น (Molecular Sieve Absorption)

### 2.3.2 แก๊สโซฮอล์ในประเทศไทย

ปัจจุบันประเทศไทย โดยกระทรวงพลังงาน อนุญาตให้มีการผลิตแก๊สโซฮอล์ 3 ชนิด ได้แก่

2.3.2.1 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E-10 แบ่งเป็น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ ออกเทน 91 และ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 โดยมีส่วนผสมของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 10 และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 9 กับน้ำมันเบนซินพื้นฐานร้อยละ 90 โดยปริมาตร สามารถใช้แทนหรือสลับกับน้ำมันเบนซิน 95 และ 91 ได้ตามปกติโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์

2.3.2.2 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E-20 มีส่วนผสมของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 20 และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 19 กับน้ำมันเบนซินพื้นฐานร้อยละ 80 โดยปริมาตร

2.3.2.3 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E-85 มีส่วนผสมของเอทานอลร้อยละ 85 กับน้ำมัน เบนซินพื้นฐานร้อยละ 15 โดยปริมาตรหรือมีเอทานอลไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75

2.3.2.4 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E-20 คือน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ที่เกิดจากการ ผสมระหว่าง น้ำมันเบนซิน 80% กับ แอลกอฮอล์ 20% (เอทานอล) หรือเรียกโดยย่อว่า E-20 โดยรถ ที่สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E-20 จะสามารถใช้ น้ำมันเบนซิน ออกเทน 95, น้ำมันเบนซินออกเทน 91 และน้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ (E-10) ได้อีกด้วย

#### ประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20

(1) ความประหยัด เนื่องจากน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 จะมีราคาถูกกว่าน้ำมันเบนซิน ออกเทน 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E10

(2) ราคารถยนต์ถูกลง รถยนต์ที่ผลิตมาเพื่อรองรับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 จะมี ราคารถยนต์ที่ต่ำกว่าไป เนื่องจากภาษีสรรพสามิตที่ลดลง

### 2.3.3 ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

2.3.3.1 ด้านเศรษฐกิจ ลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยมีความมั่นคงทางด้านพลังงาน ลดการขาดดุลการค้า โดยทุกลิตรของน้ำมัน E-20 สามารถ ลดการนำเข้าน้ำมันลง

- ก่อให้เกิดการลงทุนเพิ่มเติมในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เกิดการจ้างงาน ทั้งทางตรงและทางอ้อมช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการปลูกพืชที่ใช้ผลิตเอทานอล
- ประหยัดรายจ่ายภาคครัวเรือน เนื่องจากรถยนต์ E-20 และน้ำมัน E-20 ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐฯ จึงทำให้ E-20 เป็นน้ำมันเบนซินที่มีราคาถูกที่สุด

2.3.3.2 ด้านสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษทางอากาศ และแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเอทานอลเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยไม่เกิดมลพิษตกค้าง ลดการปล่อย ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน และวิกฤตการณ์ธรรมชาติ แปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ถือว่าผิดกฎหมาย

## 2.4 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เป็นก๊าซพิษซึ่งเกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยไอทีที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อไม่มีออกซิเจนเพียงพอในการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงบางส่วนจึงไม่ถูกสันดาปและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟส่วนใหญ่มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 0.2-5% คาร์บอนมอนอกไซด์มิได้เป็นสารพิษไม่พึงประสงค์ในไอเสียเท่านั้น การมีคาร์บอนมอนอกไซด์หมายถึงการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปเพราะคาร์บอนมอนอกไซด์ก็เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถให้พลังงานความร้อนได้ตั้งสมการต่อไปนี้



ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียมีค่าสูงสุดเมื่อไอดีของเครื่องยนต์มีความเข้มข้นมาก เช่น ขณะติดเครื่องยนต์ หรือ เมื่อเร่งเครื่องยนต์ขณะมีโหลด และแม้ไอดีจะมีความเข้มข้นเหมาะสมแก่การสันดาปที่สุดหรือเจือจาง ก็ยังคงเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ในเครื่องยนต์ได้จากการผสมคลุกเคล้าไม่ทั่วกันของไอดี หรือมีบางตำแหน่งมีความเข้มข้นสูง รวมทั้งการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์จริงด้วย

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟซึ่งถูกออกแบบอย่างดีและทำงานในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด อาจมีปริมาณโมลของคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียต่ำเพียง  $10^{-3}$  เท่านั้น ส่วนเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดซึ่งใช้ไอดีแบบจางอยู่แล้วจะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียต่ำมาก

## 2.5 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>)

ไอเสียของเครื่องยนต์ทั่วไปมีปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนประมาณ 200 ppm หรือต่ำกว่านั้น โดยส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจนออกไซด์ (NO) มีไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ปนอยู่เป็นส่วนน้อยเท่านั้น และที่เหลือซึ่งมีปริมาณน้อยมากเป็นสารประกอบต่าง ๆ ระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน ออกไซด์เหล่านี้ถูกเรียกรวมกันว่า NO<sub>x</sub> (หรือ NO<sub>2</sub>) ปนอยู่เป็นส่วนน้อยเท่านั้น และที่เหลือซึ่งมีปริมาณน้อยมากเป็นสารประกอบต่าง ๆ ระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน ออกไซด์เหล่านี้ถูกเรียกว่า NO<sub>x</sub> (หรือ NO<sub>x</sub>) โดยใช้พยัญชนะ x แทนค่าตัวเลขต่าง ๆ NO<sub>x</sub> เป็นสารพิษในไอเสียที่ไม่พึงประสงค์อย่างยิ่ง กฎหมายควบคุมมลภาวะจึงเข้มงวดมากขึ้นในการลดปริมาณ NO<sub>x</sub> ที่ทำปฏิกิริยากับอากาศก่อให้เกิดโอโซนซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดหมอกควันเมื่อมีแสงอาทิตย์เข้าร่วมในการทำปฏิกิริยาด้วย

NO<sub>x</sub> เกิดจากการปฏิกิริยากับไนโตรเจนในอากาศเป็นส่วนใหญ่ มีบางส่วนที่ปนอยู่ในเชื้อเพลิงซึ่งอยู่ในรูปของ NH<sub>3</sub>, NC และ HCN แต่ก็มีปริมาณที่น้อยมาก NO เกิดขึ้นได้จากการทำปฏิกิริยาหลายแบบในระหว่างกระบวนการสันดาป หรือเมื่อสิ้นสุดการสันดาปทันทีทันใด เช่น ตัวอย่างปฏิกิริยาเหล่านี้



NO ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องและกลายเป็น  $N_2$  ได้ดังนี้



ไนโตรเจนในอากาศเป็นโมเลกุลอะตอมคู่ ซึ่งมีเสถียรภาพมากที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีส่วนที่เป็นออกไซด์ของไนโตรเจนปะปนอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ที่อุณหภูมิสูงในระดับที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ บางส่วนของไนโตรเจนอะตอมคู่ ( $N_2$ ) จะแตกตัวเป็นไนโตรเจนอะตอมเดี่ยว ( $N$ ) ซึ่งพร้อมจะทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้โดยง่าย



ที่อุณหภูมิ 2,500 – 3,000 K ระดับเดียวกันที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ จะเกิดการแตกตัวเป็นไนโตรเจนอะตอมเดี่ยวได้อย่างมาก ก๊าซอื่นๆซึ่งมีสถานะมั่นคงที่อุณหภูมิต่ำแต่แตกตัวและทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนให้กลายเป็น  $NO_x$  ได้ง่ายคือ ออกซิเจนและไอน้ำ ซึ่งแตกตัวได้ดังนี้



ตารางค่าคงที่สมดุลทางเคมีจากตำราเคมีต่างๆ แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาทางเคมีตามสมการข้างต้น มีแนวโน้มแตกตัวเป็นสารทางด้านขวาของสมการมากขึ้นที่อุณหภูมิระดับสูงเดียวกับที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นเท่าใด ไนโตรเจนอะตอมคู่ก็จะแตกตัวเป็นไนโตรเจนอะตอมเดี่ยวแล้วก่อให้เกิด  $NO_x$  ขึ้นได้น้อยมาก

แม้อุณหภูมิสูงสุดของเปลวไฟจะเกิดขึ้นเมื่ออัตราความเข้มข้นของออกซิเจนต่อไฮโดรคาร์บอน ( $\phi = 1$ ) แต่ปริมาณสูงสุดของ  $NO_x$  จะเกิดขึ้นเมื่ออัตราความเข้มข้นของออกซิเจนต่อไฮโดรคาร์บอน  $\phi = 0.95$  เพราะที่สภาวะนี้ อุณหภูมิของเปลวไฟจะยังคงสูงมาก และขณะเดียวกันก็มีปริมาณออกซิเจนส่วนเกินเพียงพอในการทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนและกลายเป็นไนโตรเจนออกไซด์ต่างๆ

นอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว การเกิด  $NO_x$  ยังขึ้นอยู่กับความดัน อัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิง และช่วงเวลาที่เกิดการสันดาปในกระบอกสูบ เพราะปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่างมิได้เกิดขึ้นทันทีทันใด ปริมาณ  $NO_x$  สัมพันธ์กับเวลาซึ่งเป็นเครื่องยืนยันคุณสมบัติของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ในการลดปริมาณ  $NO_x$  โดยใช้ห้องเผาไหม้แบบลูกใหม่ได้เร็ว นอกจากนี้อัตราการเกิด  $NO_x$  ในตำแหน่งต่างๆของห้องเผาไหม้ก็ไม่เท่ากันด้วย โดยมี  $NO_x$  เข้มข้นที่สุดบริเวณรอบหัวเทียน เครื่องยนต์ จุดระเบิดด้วยการอัตราความเข้มข้นในการก่อให้เกิด  $NO_x$  สูงกว่า โดยเฉพาะรุ่นที่มีห้องเผาไหม้แบบแยกส่วนและฉีด

เชื้อเพลิงแบบอ้อม (Indirect injection) ซึ่งใช้อัตราส่วนการอัดสูงกว่า และมีอุณหภูมิและความดันสูงกว่าอีกด้วย หมอก ควีนจากเคมีสังเคราะห์แสง (Photochemical Smog)  $NO_x$  เป็นสาเหตุหลักของหมอกควีน (Smog) จากเคมีสังเคราะห์แสง และปัญหาหลักในเมืองใหญ่ๆ ที่สำคัญในโลกนี้หลายเมืองด้วยกัน หมอกควีนนี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีแบบสังเคราะห์แสง ระหว่างไอเสียของรถยนต์กับอากาศในขณะที่มีแดด โดย  $NO_2$  จะแตกตัวเป็น  $NO$  และออกซิเจนอะตอมเดี่ยว



ออกซิเจนอะตอมเดี่ยวพร้อมที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้โดยง่าย และเมื่อทำปฏิกิริยากับ  $O_2$  ก็จะกลายเป็นโอโซนดังนี้



โอโซนในระดับผิวโลกเป็นอันตรายต่อปอดและเนื้อเยื่อทางชีววิทยาต่างๆ จึงเป็นอันตรายต่อพืชด้วย และก่อให้เกิดการสูญเสียทางกลไกกรรมของสหรัฐอเมริกาปีละหลายพันล้านดอลลาร์ โอโซนก่อให้เกิดความเสียหายจากการทำปฏิกิริยากับยาง พลาสติก และวัสดุอื่นๆ อีก การทำปฏิกิริยาระหว่างอากาศกับสารพิษในไอเสียอื่นๆ ของเครื่องยนต์ เช่น ไฮโดรคาร์บอนแอลดีไฮด์ และออกไซด์อื่นๆ ของไนโตรเจนก็ก่อให้เกิดโอโซนได้เช่นเดียวกัน

## 2.6 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ไอเสียที่ออกจากห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสูงถึง 6,000 ppm หรือเทียบเท่า 1-1.5% ของเชื้อเพลิง 40% ของส่วนดังกล่าวนี้ คือสารประกอบของเชื้อเพลิงซึ่งมีได้เผาไหม้ ส่วนอีก 60% คือสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่ไม่ได้มีอยู่ดั้งเดิมในเชื้อเพลิง ส่วนใหญ่เป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่แตกตัวจากโมเลกุลขนาดใหญ่ของเชื้อเพลิงและถูกความร้อน (thermal cracking) ขณะที่เกิดการสันดาป โมเลกุลเหล่านี้จะถูกสมมุติให้เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนเพียงอะตอมเดียวคือ  $CH_4$

ไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อเพลิงซึ่งมีส่วนผสมต่างกันรูปทรงทางเรขาคณิตของห้องเผาไหม้และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งมีผลต่อรูปแบบของไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย

ไฮโดรคาร์บอนในไอเสียที่ออกมาผสมกับอากาศจะส่งกลิ่นและทำให้อวัยวะต่าง ๆ ระคายเคืองและบางส่วนก็เป็นสารก่อมะเร็งด้วย ไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ (ยกเว้นมีเทน) จะทำปฏิกิริยากับอากาศและทำให้เกิดหมอกควีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกสาเหตุของการเกิดไฮโดรคาร์บอนต้องอ้างอิงถึงเข้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) อัตราส่วนอากาศ - เชื้อเพลิง ซึ่งไม่สมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนอากาศ -

เชื้อเพลิง มีผลอย่างมากต่อปริมาณไฮโดรคาร์บอน ไอดีที่เข้มจะขาดออกซิเจนการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนจึงทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียสูง ซึ่งจะเกิดขึ้นขณะติดเครื่องยนต์เพราะจำเป็นต้องใช้ไอดีที่เข้มและขณะเร่งเครื่องยนต์ซึ่งมีโหลดแต่ถ้าไอดีจางเกินไปและการสันดาปไม่ทั่วถึง ปริมาณไฮโดรคาร์บอนก็จะสูงด้วยเช่นกัน และจุดวิกฤติที่สุดของการสันดาปก็คือการที่ไอดีไม่สามารถจุดระเบิดได้ เพราะไอดีจางเกินไป หากมีการจุดระเบิดไม่ติดเพียง 1 วัฏจักรก็ทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอนในไอเสียปริมาณถึง 1 กรัมต่อการใช้เชื้อเพลิง 1 กิโลกรัมของเครื่องยนต์

(2) การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แม้จะได้ไอดีที่ส่วนผสมเหมาะแก่การสันดาปที่สุด การสันดาปที่เกิดขึ้นจริงก็ยังไม่สมบูรณ์ทำให้มีไฮโดรคาร์บอนปนอยู่ในไอเสีย ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน การผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศที่ไม่ทั่วถึงทำให้เชื้อเพลิงบางส่วนไม่สามารถจับคู่กับออกซิเจนได้ เปลวไฟที่ดับลงเมื่อถึงผนังกระบอกสูบ ก็ทำให้ไอดีบริเวณผนังกระบอกสูบไม่ถูกสันดาป ไอดีส่วนนี้มีความหนาเพียงเศษของมิลลิเมตรเท่านั้นแม้จะไม่ถูกเผาไหม้โดยตรงแต่บางส่วนก็จะถูกสันดาป จากการหมุนควงและการไหลอย่างปั่นป่วนของก๊าซภายในกระบอกสูบ

## 2.7 อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง (Theoretical Air-Fuel Ratio) [7]

ค่านี้ถ้าให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์นั้น จะต้องดูที่เชื้อเพลิงนั้นๆด้วยไม่จำเป็นต้อง 14.7 : 1 เสมอไปสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เป็นที่พูดถึงกันบ่อยเพราะมันหมายถึงเชื้อเพลิงนั้นคือเบนซินนั่นเอง ถ้าเชื้อเพลิงเป็นอย่างอื่นค่านี้ก็ต้องเปลี่ยนไป เช่น E-10, E-20, E-85 จนไปถึง E-100 ก็จะมีค่าไม่เท่ากัน ดังแสดงในตาราง 2.1 ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการจูนนิ่ง โดยมากจะพูดกันเป็นค่าแลมด้ามากกว่าซึ่งค่าแลมด้าที่ทำให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด ไม่ว่าจะเชื้อเพลิงนั้นจะเป็นอะไร คือค่าแลมด้า = 1 กรณีที่เชื้อเพลิงหนาไปค่าแลมด้าจะต่ำกว่า 1 เช่น 0.8, 0.9 กรณีที่เชื้อเพลิงบางเกินไปค่าแลมด้าจะสูงกว่า 1 เช่น 1.1, 1.2 ซึ่งถ้าค่าแลมด้าไม่กับ 1 ก็จะทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่ลดลงและค่ามลพิษเพิ่มขึ้น วิธีการหาอัตราส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิง เอทานอล ทั้งชนิดไฮดรัส และแอนไฮดรัสเอทานอล

### 2.7.1 วิธีการหาอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงเอทานอล

กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอน และไฮโดรเจน ในเชื้อเพลิงทำให้ได้พลังงานออกมาในรูปความร้อนและทำให้ความดันภายในกระบอกสูบสูงขึ้น ผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ จะเกิดในจังหวะระเบิดหรือจังหวะงาน จึงทำให้สามารถนำกำลังงานที่ได้รับไปใช้ได้ตามต้องการโดยทั่วไปอากาศประกอบด้วยออกซิเจนประมาณ 22% โดยน้ำหนัก หรือ 21% โดยปริมาตรดังนั้นอากาศที่ต้องใช้กับเชื้อเพลิงจึงมีปริมาณมากกว่าเชื้อเพลิงมาก ปริมาณความต้องการอากาศในทางทฤษฎีสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เรียกว่าอัตราส่วนโดยมวลของอากาศต่อเชื้อเพลิง (stoichiometric Air fuel ratio) สำหรับ

เชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอล ซึ่งมีสมการเคมี ตามลำดับดังนี้ สำหรับสมการการเผาไหม้มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

เชื้อเพลิง	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง
E-0	14.625
E-20	14.11
E-85	10.74
E-100 Anhydrous	9.0
E-100 Hydrous	8.7

### 2.7.2 การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลคือเครื่องยนต์ที่มีใช้กันมาในปัจจุบันซึ่งเครื่องยนต์ทั้ง 2 แตกต่างกันในลักษณะการทำงาน ส่วนประกอบของเครื่องยนต์และที่สำคัญที่สุดคือ วิธีการจุดระเบิดเชื้อเพลิง เครื่องยนต์แก๊สโซลีนใช้ประกายไฟในการจุดระเบิดเชื้อเพลิงในตอนเริ่มต้นและเกิดการเผาไหม้ตัวเองต่อไปอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เครื่องยนต์ดีเซลอาศัยความร้อนจากการอัดอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้จุดระเบิดเชื้อเพลิง จากลักษณะที่ต่างกันของเครื่องยนต์นี้ ทำให้เชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันไปในแต่ละชนิด เพื่อให้มีความเหมาะสมกับเครื่องยนต์แต่ละแบบจากการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงในปัจจุบัน ทำให้มีการสนใจเชื้อเพลิงทดแทนที่จะนำมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลกันมากขึ้น เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจากพืชการเกษตรหรือของเสียจากการเกษตร สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลได้

เอทานอลไม่ใช่เชื้อเพลิงเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือดีเซลเลยทีเดียว แต่เป็นเชื้อเพลิงที่ทดแทนได้ โดยเฉพาะเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซล ลักษณะเฉพาะของเชื้อเพลิงเอทานอลที่ใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้มีการพัฒนามากกว่า 75 ปีแล้ว และได้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอล ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลและเบนซิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นจากงานวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) โดยไม่มีการคิดค่าใช้จ่าย และไม่มีการตีพิมพ์ในสื่อใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงการคูณสมการการเผาไหม้สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด

ไฮดรอสเอทานอล	แอนไฮดรอสเอทานอล
[A]=1.0	[A]=1.0
[B]=3.0	[B]=3.0
[C]=11.18	[C]=11.18
[D]=2.0	[D]=2.0
[E]=3.08	[E]=3.0

ตารางที่ 2.3 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลและเบนซิน [10]

Properties	Hydrous ethanol	Anhydrous ethanol	Gasoline
Chemical Formula	$C_2H_{6.16}O_{1.08}$	$C_2H_6O$	$C_4$ to $C_{12}$
LHV (kJ/kg)	24995	26900	43000
Heat of vaporization (kJ/kg)	992	910	307
Research octane no. (RON)	106	108	92-99
Motor octane no. (MON)	87	92	80-91
Carbon [mass%]	50.59	52.2	85-88
Hydrogen [mass%]	12.98	13.1	12-15
Oxygen [mass%]	36.42	34.7	0
Stoichiometric Air/Fuel Ratio	8.7	9	14.6
Auto ignition temperature [°C]	423	420	246-280

### 2.7.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮดรอสและแอนไฮดรอสเอทานอล [3]

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดและแก๊สโซลีนเปรียบเทียบกับกันและกันในตาราง 2.3 เนื่องจากเอทานอลทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนอย่างมาก เพราะฉะนั้นการเอาเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้แทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติที่แตกต่างเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างเหมาะสมนั้นคือ

2.7.3.1 จากสมการเคมีของไฮดรอสเอทานอล ( $C_2H_{6.16}O_{1.08}$ ) และแอนไฮดรอสเอทานอล ( $C_2H_6O$ ) จะเห็นได้ว่านอกเหนือจากอะตอมของไฮโดรเจน h และคาร์บอน C ที่มีอยู่ในแก๊สโซลีนแล้วในเอทานอลทั้งสองชนิดนั้นยังมีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งอะตอมของออกซิเจนจะจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl-OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมี

คุณสมบัติเป็นเชิงขั้ว (Polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาสูงกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้มีอำนาจการกัดกร่อนสูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งจะส่งผลการกัดกร่อนต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติก ดังนั้นการนำเอาเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้แทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวัสดุหรือการเคลือบสารที่ด้านทานการกัดกร่อนของเอทานอลในชิ้นส่วนที่ต้องสัมผัสกับเอทานอล

2.7.3.2 ค่าความจุพลังงานความร้อน (Energy content) จากตาราง 2.3 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของเอทานอลนั้นมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 20% ดังนั้นเมื่อใช้เอทานอลทั้ง 2 ชนิดเป็นเชื้อเพลิง จึงจะต้องใช้ปริมาณที่มากขึ้นเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เช่นเดิม

2.7.3.3 ค่าความร้อนแฝงของการระเหย (Latent heat of Vaporization) จากตาราง 2.3 จะเห็นได้ว่าเอทานอลทั้ง 2 ชนิดมีค่าความร้อนแฝงการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่า ซึ่งหมายความว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สโซลีน เอทานอลจะดึงความร้อนเพื่อการระเหยตัวในท่อไอดีมากกว่าทำให้อุณหภูมิในท่อไอดีต่ำกว่า ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดังนี้

(1) เมื่ออุณหภูมิในท่อไอดีต่ำ อากาศที่ถูกดูดเข้ามาจะมีความหนาแน่นสูงขึ้นทำให้ลูกสูบสามารถดึงอากาศเข้ามาได้มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น และกำลังของเครื่องยนต์มากขึ้น มีงานวิจัยหนึ่งได้รายงานว่ากำลังที่ได้ (Power Output) จากเครื่องเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล (95%) เป็นเชื้อเพลิง มีค่าสูงกว่าใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 2% ที่อัตราส่วนการอัดเดียวกัน

(2) การสมดุลทางเคมีของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดที่เผาไหม้สมบูรณ์ (Stoichiometric) แก๊สโซลีนจะได้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ประมาณ 14.6 ส่วนไฮดรอสและแอนไฮดรอสเอทานอลคือ 8.7 และ 9 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นถ้าเอทานอลใช้อัตราส่วนเดียวกับแก๊สโซลีน ก็จะทำให้ส่วนผสมของเอทานอลกับอากาศที่ได้บางมากทำให้การเผาไหม้เป็นรูปไปอย่างยากลำบากและทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก เพราะฉะนั้นจะต้องเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าไปในห้องเผาไหม้

#### 2.7.4 ค่าออกเทน (Octane Number) [8]

ค่าออกเทน คือ ตัวเลขแสดงคุณสมบัติด้านทานการน็อก (Anti-knock Quality) ในสภาพการเผาไหม้ปกติ เมื่อส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน การเผาไหม้เริ่มต้นขึ้นและดำเนินติดต่อกันไปจนสุดห้องเผาไหม้ กรณีบางส่วนของเชื้อเพลิงที่เปลวไฟยังลามไปไม่ถึง ทนความร้อนสูงและความดันสูงไม่ได้จะจุดระเบิดขึ้นเอง (Self Ignition) โดยเป็นการจุดระเบิดอย่างรุนแรงที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดคลื่นความถี่สูงมากวิ่งเข้าปะทะกับเปลวไฟที่กำลังลาม มาจากหัวเทียนเกิดการน็อกหรือเคาะมีเสียงดัง (Pinging Sound) การน็อกทำให้เครื่องยนต์สูญเสียกำลังและร้อนจัดขึ้นเพราะพลังงานความร้อนใน เชื้อเพลิงไม่สามารถส่งถ่ายไปยังลูกสูบให้เกิดกำลังได้ทัน จึงทำให้เครื่อง ยนต์ร้อนจัดขึ้น (Engine Overheat) อาจทำให้วาล์วไหม้และลูกสูบทะลุได้ ถ้าเกิดการเคาะรุนแรงอยู่เรื่อยๆ การน็อกมิได้เกิดขึ้นตลอดเวลา แต่จะเกิดขึ้นในขณะเร่งเครื่องอย่างรวดเร็วหรือเมื่อเครื่องยนต์ทำงานหนักมากเช่น ขณะบรรทุกเกินพิกัดหรือขณะรถขึ้นเขา

(High Load-Low Speed) ในกรณีรถเกาต์เครื่องหลอม การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีคราบเขม่าคาร์บอน เกาะสะสมในห้องเผาไหม้มาก และหากเครื่องยนต์ร้อนจัด คราบเขม่าจะลุดและเกิดการชิง (Pre-ignition) ขึ้น การน็อคก็เกิดขึ้นได้ง่ายเช่นกัน เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัด (Compression Ratio) ยิ่งสูงขึ้นอุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้ก็จะสูงขึ้นตามจะมีความต้องการน้ำมันที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น เพื่อมิให้เกิดการน็อคโดยประมาณอัตราส่วนการอัดเกิน 9:1 ขึ้นไปควรใช้น้ำมันออกเทน 95 อัตราส่วนการอัด 8:1-9:1 ควรใช้น้ำมันออกเทน 91 โดยทั่วไปผู้ผลิตรถยนต์จะให้คู่มือแนะนำว่าควรใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนอย่างต่ำเท่าใด การวัดหาค่าออกเทนต้องทดสอบกับเครื่องยนต์มาตรฐานสูบเดียวซึ่งสามารถตั้งอัตราส่วนกำลังอัดได้เรียกว่า เครื่องยนต์ CFR (Cooperative Fuels Research) แล้วเปรียบเทียบความรุนแรงของการน็อคกับเชื้อเพลิงมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ ได้แก่ ไอโซออกเทนซึ่งมีค่าออกเทน 100 และนอร์มัลเฮฟเทน ซึ่งมีค่าออกเทน 0 เช่น น้ำมันเบนซินออกเทน 95 คือน้ำมันที่มีความรุนแรงของการน็อค เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงเปรียบเทียบ ไอโซออกเทน 95 % ซึ่งผสมกับนอร์มัลเฮฟเทน 5% การวัดหาค่าออกเทนมี 2 วิธี Research Octane Number (RON) ASTM D 2699 และ Motor Octane Number (MON) ASTM D 2700 ทั้ง 2 วิธีกระทำกันในห้องทดลอง วิธีวัดค่า RON นั้นทดสอบที่ความเร็วต่ำ (600รอบ/นาที) และอุณหภูมิเชื้อผสมต่ำ 125°F ในสภาพการทำงานเบาของเครื่องยนต์ ส่วนวิธีวัดค่า MON จะทดสอบที่ความเร็วสูง (900 รอบ/นาที) และอุณหภูมิเชื้อผสมสูง 300°F ที่สภาพการทำงานหนักมาก ดังนั้นค่า RON จึงสูงกว่าค่า MON ค่าออกเทนทั้งสองได้ถูกกำหนดไว้ในข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ด้วย รวมทั้งได้กำหนดค่าออกเทนของผู้ผลิต ณ จุดส่งมอบ และของผู้จำหน่ายด้วยเหตุผลที่ว่าเมื่อเก็บน้ำมันเบนซินไว้นานๆ ส่วนเบาๆ จะระเหยออกไปเรื่อยๆ เป็นผลให้ค่าออกเทนลดลงได้

## 2.8 การคำนวณค่าต่างๆภายในเครื่องยนต์ [4]

### 2.8.1 แรงบิดและกำลัง (TORQUE AND POWER)

แรงบิดคือตัวบ่งชี้ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นผลของแรงที่กระทำต่อแขนหมุน ซึ่งมีค่าความยาว จึงมีหน่วยเป็น N-m หรือ lbf-ft

แรงบิด  $\tau$  มีความสัมพันธ์กับงานดังนี้ :

$$2\pi\tau = W_b = (bmep) \cdot V_d/n \quad (2.13)$$

โดย :  $W_b$  = งานเพลลาของการทำงานหนึ่งรอบ

$V_d$  = ความจุของกระบอกสูบ

$n$  = จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องยนต์วัฏจักรสองจังหวะ ซึ่งทำงานครบวัฏจักรในหนึ่งรอบ :

$$\begin{aligned} 2\pi\tau &= W_b \\ &= (bmep) \cdot V_d \\ \tau &= (bmep) \cdot V_d/2\pi \end{aligned} \quad (2.14)$$

สำหรับเครื่องยนต์วัฏจักรสี่จังหวะ ซึ่งทำงานครบวัฏจักรในสองรอบ :

$$\tau = (bmep) \cdot V_d/4 \quad (2.15)$$

ได้ความดันผลเฉลี่ยเพลลา ( $bmep$ ) และงานเพลลา ( $W_b$ ) ในสมการข้างบนนี้ เพราะวัดแรงบิดที่เพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ของรถยนต์ยุคปัจจุบัน มีค่าแรงบิดสูงสุดประมาณ 200 ถึง 300 N-m ที่ความเร็วรอบประมาณ 4,000 ถึง 6,000 RPM เรียกตำแหน่งที่เครื่องยนต์ให้แรงบิดสูงสุดว่า ความเร็วรอบแรงบิด (maximum brake torque speed หรือ MBT) เป้าหมายในการออกแบบเครื่องยนต์รถยนต์ยุคนี้ คือการทำให้กราฟเป็นเส้นราบ และมีค่าสูงทั้งช่วงความเร็วรอบสูงและความเร็วรอบต่ำ เครื่องยนต์ดีเซลมักมีแรงบิดสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินขนาดเดียวกัน ส่วนเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ มักมีแรงบิดสูงและความเร็วรอบแรงบิดสูง (MBT) อยู่ในย่านความเร็วรอบต่ำ

กำลัง (power) คือ อัตรางานต่อหน่วยเวลาของเครื่องยนต์ ถ้าให้  $n$  = จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร และ  $N$  = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะได้ :

$$\dot{W} = WN/n \quad (2.16)$$

$$\dot{W} = 2\pi N\tau \quad (2.17)$$

$$\dot{W} = (1/2n)(mep)A_p\bar{U}_p \quad (2.18)$$

$$\dot{W} = (mep)A_p\bar{U}_p/4 \quad \text{วัฏจักร 4 จังหวะ} \quad (2.19)$$

$$\dot{W} = (mep)A_p\bar{U}_p/2 \quad \text{วัฏจักร 2 จังหวะ} \quad (2.20)$$

โดย :  $\dot{W}$  = งานต่อวัฏจักร

$A_p$  = พื้นที่หน้าตัดลูกสูบรวมทุกสูบ

$\bar{U}_p$  = ความเร็วเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถกำหนดค่าจำกัดความของ กำลังเพลา (brake power) กำลังบ่งชี้สุทธิ (net indicated power) กำลังบ่งชี้รวบยอด (gross indicated power) กำลังสูง (pumping power) ได้ด้วยค่างานแล้วความดันผลเฉลี่ย ในสมการที่ 2.16 ถึง 2.20

$$\dot{W}_b = \eta_m \dot{W}_i \quad (2.21)$$

$$(\dot{W}_i)_{net} = (\dot{W}_i)_{gross} - (\dot{W}_i)_{pump} \quad (2.22)$$

$$\dot{W}_b = \dot{W}_i - \dot{W}_f \quad (2.23)$$

โดยมี  $\eta_m$  เป็นค่าประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์

ใช้ kw เป็นหน่วยของกำลัง แต่กำลังม้า (hp) ก็ยังเป็นหน่วยที่นิยมใช้กันอยู่

$$1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kW} = 2545 \text{ BTU/hr} = 550 \text{ ft-lbf/sec}$$

$$1 \text{ kW} = 1.341 \text{ hp} \quad (2.24)$$

กำลังของเครื่องยนต์มีค่าตั้งแต่เพียงไม่กี่วัตต์จากเครื่องยนต์ของเครื่องบินเล็ก ไปจนถึงหลายพันวัตต์ต่อสูบของเครื่องยนต์สถิตและเครื่องยนต์ของเรือเดินสมุทร เครื่องยนต์ที่แพร่หลายในท้องตลาดมาก คือ ขนาด 1.5 ถึง 5 kW (2 ถึง 7 hp) ใช้สำหรับเครื่องตัดหญ้า เลื่อยยนต์ ฯลฯ เครื่องยนต์ติดท้ายเรือขนาดเล็ก มีกำลังระหว่าง 2 ถึง 40 kW (3 ถึง 50 hp) หรือมากกว่านี้สำหรับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ ส่วนเครื่องยนต์ของรถยนต์ยุคปัจจุบัน มีกำลังระหว่าง 40 ถึง 220 kW (50 ถึง 300 hp) ที่น่าสังเกตคือ รถเก๋งขนาดกลางที่ตัวถังถูกออกแบบตามหลักพลศาสตร์อากาศ ใช้กำลังเพียง 5 ถึง 6 kW (7 ถึง 8 hp) เท่านั้น ในการรักษาความเร็วคงที่ 88 กม./ชม. บนทางราบ

แรงบิดและกำลังเป็นฟังก์ชันของความเร็วรอบ ที่รอบต่ำแรงบิดจะเพิ่มเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอีก แรงบิดจะเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดแล้วลดลง เพราะยิ่งความเร็วรอบเพิ่มขึ้นไอตึจะยิ่งถูกประจุเข้ากระบอกสูบได้น้อยลง เนื่องจากเวลาที่ลิ้นไอตีเปิดสั้นลง

กำลังบ่งชี้ (indicated power) เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนกำลังเพลา (brake power) เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบจนถึงค่าสูงสุด แล้วลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอีกเพราะถูกหักล้างด้วยแรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ และมีค่ามากโดยเฉพาะที่รอบสูง เครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนใหญ่มีค่ากำลังเพลาสูงสุดที่ความเร็วรอบประมาณ 6,000 ถึง 7,000 RPM หรือประมาณ 1.5 เท่า ของความเร็วรอบที่ให้แรงบิดสูงสุด

สามารถเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ โดยการเพิ่มความจุ ความดันเฉลี่ย และ/หรือความเร็วรอบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดย บริษัท อีโคโนมิคส์ จำกัด การใช้งานในรถยนต์ ด้วยเหตุดังกล่าว เครื่องยนต์ของรถยนต์สมัยใหม่ จึงมีขนาดเล็กและทำงานที่

รอบสูง และมักใช้อุปกรณ์ช่วยประจุไอติ เช่น เทอร์โบชาร์จเจอร์ หรือซูเปอร์ชาร์จเจอร์ เพื่อเพิ่มความดันผลเฉลี่ย สามารถเปรียบเทียบเครื่องยนต์ ด้วยวิธีการต่างๆตามสมการต่อไปนี้

$$\text{กำลังสัมพัทธ์ (specific power)} \quad SP = W_b/A_p \quad (2.25)$$

$$\text{กำลังต่อความจุ (output per displacement)} \quad OPD = W_b/V_d \quad (2.26)$$

$$\text{ปริมาตรสัมพัทธ์ (specific volume)} \quad SV = V_d/W_b \quad (2.27)$$

$$\text{น้ำหนักสัมพัทธ์ (specific weight)} \quad SW = G/W_b \quad (2.28)$$

โดย :  $W_b$  = กำลังเพลลา

$A_p$  = พื้นที่ขนาดตัดลูกสูบทุกสูบรวมกัน

$V_d$  = ความจุ

$G$  = น้ำหนักเครื่องยนต์

ค่าเหล่านี้มีค่าความสำคัญสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อนยานพาหนะ เช่น เรือ รถ และ โดยเฉพาะเครื่องบิน ซึ่งต้องการให้น้ำหนักเบาสุด ในขณะที่น้ำหนักของเครื่องยนต์ไม่มีความสำคัญสำหรับเครื่องยนต์สถิตขนาดใหญ่

เครื่องยนต์ของรถยนต์สมัยใหม่ มีค่ากำลังเพลลาต่อความจุประมาณ 40 ถึง 80 kW/L เครื่องยนต์มอเตอร์ไซเคิลของฮอนด้ารุ่นหนึ่ง ซึ่งเป็นเครื่องยนต์แบบ วี-4 สูบ มีค่านี้สูงถึง 130 kW/L ค่ากำลังเพลลาต่อความจุของเครื่องยนต์วัฏจักร 2 จังหวะ ซึ่งสูงกว่าของเครื่องยนต์วัฏจักร 4 จังหวะ ประมาณ 40% เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้มีการพยายามพัฒนาเครื่องยนต์นี้ เพื่อใช้กับรถยนต์อีก

## 2.8.2 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพลลา (Specific Fuel Consumption)

กำหนดค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดังนี้

$$sfc = \dot{m}_f / \dot{W} \quad (2.29)$$

โดย :  $\dot{m}_f$  = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง

$\dot{W}$  = กำลังของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ หากใช้กำลังเพลลาในการคำนวณ จะได้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (brake ไม่ว่ากรณีใดๆ specific fuel consumption) เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$bsfc = \dot{m}_f / W_b \quad (2.30)$$

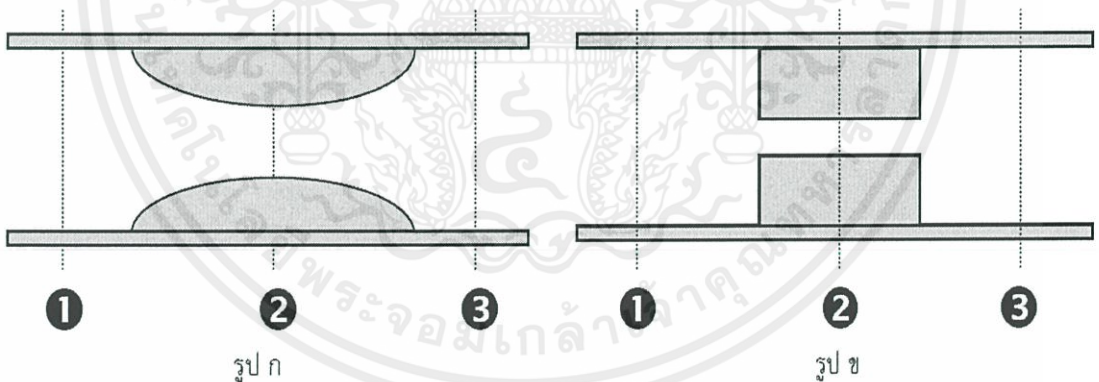
และถ้าใช้กำลังบ่งชี้ในการคำนวณ จะได้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์บ่งชี้ (indicated brake specific fuel consumption)

$$isfc = \dot{m}_f / W_i \quad (2.31)$$

## 2.9 การคำนวณเกี่ยวกับคาร์บูเรเตอร์ (Calculation of Carburetor) [6]

การคำนวณเกี่ยวกับคาร์บูเรเตอร์หมายถึง การคำนวณหาความเร็วของอากาศที่ผ่านคาร์บูเรเตอร์ มวลอากาศที่ไหล มวลน้ำมันที่ไหล ตลอดจนคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ ที่สำคัญของคาร์บูเรเตอร์ การคำนวณเกี่ยวกับคาร์บูเรเตอร์ในทางปฏิบัติมีความยุ่งยากมาก เพราะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาก เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- (1) กำหนดให้มวลที่ผ่านคอขวดและช่องทางอากาศเข้ามีความสูงเท่ากันทุกจุด
- (2) มวลอากาศและน้ำมันที่ผ่านคอขวดไม่มีความฝืด
- (3) การดูดอากาศเข้าเครื่องยนต์ไม่มีการสูญเสียงาน ( $W = 0$ )
- (4) อากาศที่ดูดเข้าเครื่องยนต์ถือว่าไม่มีการถ่ายเทความร้อน ( $Q = 0$ )
- (5) อากาศที่ดูดเข้าเครื่องยนต์ถือว่าอัดตัวไม่ได้



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของคอขวด (ก) และช่องทางน้ำมันหรือนมหนู (ข)

จากสมการพลังงานของกระบวนการที่มีการไหลสม่ำเสมอ คือ

$$mgZ_1 + \frac{mc_1^2}{2} + P_1V_1 + U_1 + Q_{12} = mgZ_2 + \frac{mc_2^2}{2} + P_2V_2 + U_2 + W_s \quad (2.32)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สิ่งทั้งห้ามนี้นี้ให้คงปลอม เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง ที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ต่อหน่วยมวลสารทำงานที่ไหลจะได้สมการ คือ

$$Z_1 + \frac{c_1^2}{2} + P_1V_1 + U_1 = Z_2 + \frac{c_2^2}{2g} + P_2V_2 + U_2 + W_s \quad (2.33)$$

โดย :  $Z$  = พลังงานศักย์ต่อหน่วยมวลสารทำงาน  $\left(\frac{mZ}{m} = Z\right)$ , มีหน่วยเป็น N.m/N = m  
 $\left(\frac{c^2}{2g}\right)$  = พลังงานจลน์ต่อหน่วยมวลสารทำงาน  $\left(\frac{mc^2}{2mg} = \frac{c^2}{2g}\right)$ , มีหน่วยเป็น N.m/N = m  
 $PV$  = พลังงานจากการไหลต่อหน่วยมวลสารทำงาน, มีหน่วยเป็น N.m/N = m  
 $U$  = พลังงานภายในต่อหน่วยมวลสารทำงาน, มีหน่วยเป็น N.m/N = m  
 $O$  = พลังงานความร้อนต่อหน่วยมวลสารทำงาน, มีหน่วยเป็น N.m/N = m  
 $W_c$  = งานกลที่ได้ต่อหน่วยมวลสารทำงาน, มีหน่วยเป็น N.m/N = m

และจากข้อกำหนดเบื้องต้นให้  $Z_1 = Z_2$ ,  $Q = 0$  และ  $W_s = 0$  มีผลทำให้ดังนั้นสมการ (2.33) จะได้ว่า

$$\frac{c_1^2}{2g} + P_1V_1 + U_1 = \frac{c_2^2}{2g} + P_2V_2 + U_2 \quad (2.34)$$

เมื่อ  $PV + U = H$  จะได้ว่า

$$\frac{c_1^2}{2g} + H_1 = \frac{c_2^2}{2g} + H_2 \quad (2.35)$$

เนื่องจากความเร็วอากาศที่ท่อทางเข้ามีค่าน้อยมาก จึงกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์  $C_1 = 0$  ดังนั้นจะได้ว่า

$$H_1 = \frac{c_2^2}{2g} + H_2 \quad (2.36)$$

$$\therefore C_1 = \sqrt{2g \cdot (H_1 - H_2)} \quad (2.37)$$

แต่จากความสัมพันธ์ก๊าซอุดมคติจะได้ว่า  $H_1 = C_p T_1$  และ  $H_2 = C_p T_2$  ดังนั้นจากสมการ (2.37) จะได้ว่า

$$\therefore C_2 = \sqrt{2g \cdot c_p T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)} \quad (2.38)$$

$$\text{และเมื่อ} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} \quad (2.39)$$

แทนค่า (2.38) ใน (2.39) จะได้

$$\therefore \text{ความเร็วอากาศที่คอขวด, } C_2 = \sqrt{2g \cdot c_p T_1 \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k}\right)} \quad (2.40)$$

เมื่อ	$C_2$	= ความเร็วอากาศที่ผ่านคอขวดของคาร์บูเรเตอร์ m/s
	$T_2$	= อุณหภูมิอากาศจากบรรยากาศ K
	$C_p$	= ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ kJ/kg.K
	$P_1$	= ความดันอากาศของบรรยากาศ bar
	$P_2$	= ความดันที่คอขวดของคาร์บูเรเตอร์ bar

หมายเหตุ การหาความเร็วอากาศที่ผ่านคอขวดสามารถได้อีกเงื่อนไขหนึ่ง คือ กำหนดให้พลังงานภายในที่จุด 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากัน โดยเงื่อนไขอื่นยังคงเหมือนเดิม จากสมการ (2.33) คือ

$$Z_1 + \frac{c_1^2}{2} + P_1 V_1 + U_1 = Z_2 + \frac{c_2^2}{2g} + P_2 V_2 + U_2 + W_s \quad (2.41)$$

จากข้อกำหนดเบื้องต้น คือ

$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$

$$U_1 = U_2 = U_3$$

$$Q_{12} = 0$$

$$W_c = 0$$

ดังนั้นจะได้สมการเป็น

$$\frac{mc_1^2}{2} + P_1 V_1 = \frac{mc_2^2}{2} + P_2 V_2 \quad (2.42a)$$

$$m \left( \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} \right) = V(P_1 - P_2) \quad (2.42b)$$

$$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = \frac{V}{m} (P_1 - P_2) \quad (2.42c)$$

$$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = \frac{1}{\rho} (P_1 - P_2) \quad (2.42d)$$

$$c_2^2 - c_1^2 = \frac{2g}{\rho} (P_1 - P_2) \quad (2.42e)$$

เนื่องจาก

$$\rho = \frac{m}{v}$$

โดย :  $m$  = มวลอากาศ

$V$  = ปริมาตร

$\rho$  = ความหนาแน่นอากาศ

จากข้อกำหนดเบื้องต้น จุด 1 และ 2 มีมวลอากาศเท่ากัน จะได้ว่า

$$A_1 \rho C_1 = A_2 \rho C_2 \quad (2.43a)$$

$$C_1 = \left( \frac{A_2}{A_1} \right) C_2 \quad (2.43b)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $A_2$  คือพื้นที่หน้าตัดของคอคอด และ  $\rho$  จะคงที่ เนื่องจาก  $\frac{V}{m}$  คงที่ (อากาศอัดตัวไม่ได้  $V = C$  แทนค่าสมการ (4.43) ลงสมการ (4.42e)

$$C_2^2 - \left( \frac{A_2}{A_1} C_2 \right)^2 = \frac{2g}{\rho} (P_1 - P_2) \quad (2.44a)$$

$$C_2^2 = \frac{2g}{\rho} \left( \frac{P_1 - P_2}{1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2} \right) \quad (2.44b)$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{2g}{\rho} \left( \frac{P_1 - P_2}{1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2} \right)} \quad (2.44c)$$

กำหนดให้  $\Delta P = (P_1 - P_2)$  ดังนั้นจากสมการที่ (2.44c) จะได้

$$C_2 = \sqrt{\frac{2g}{\rho} \left( \frac{\Delta P}{1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2} \right)} \quad (2.44d)$$

จากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดระหว่างคอคอดกับท่อปากคาร์บูเรเตอร์ยกกำลังสอง  $\left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2$  จะมีค่าน้อยมาก ยกตัวอย่างเช่น สมมติให้เส้นผ่านศูนย์กลางท่อปากคาร์บูเรเตอร์เท่ากับ 8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางคอคอดคาร์บูเรเตอร์เท่ากับ 3 เซนติเมตร จะมีค่าเท่ากับ 0.0198 จะเห็นว่ามีค่าน้อยมาก จนสามารถตัดทิ้งได้ ดังนั้นจากสมการ (2.44d) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$C_2 = \sqrt{\left( \frac{2g}{\rho} \right) (\Delta P)} \quad (2.44e)$$

ซึ่งสมการดังกล่าวเป็นสมการสำหรับใช้หาค่าความเร็วอากาศที่ผ่านคอคอดของคาร์บูเรเตอร์ โดยทั่วไปอีกสมการหนึ่ง กรณีที่ต้องการหามวลอากาศที่ผ่านคอคอดคาร์บูเรเตอร์สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$Q = AC \quad (2.45)$$

โดย :  $Q$  = ปริมาณการไหลอากาศ  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน  
 $C$  = ความเร็วการไหลของอากาศ

จากความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัด  $m = Q\rho$  และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ (2.46)

แทนค่า (2.46) ลงใน (2.45) จะได้

$$m = AC\rho \quad (2.47)$$

กำหนดให้  $C$  ในสมการที่ (2.47) เท่ากับ  $C_2$  ของสมการ (2.44e) ดังนั้นสมการที่ (2.47) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$m = A\rho \sqrt{\left(\frac{2g}{\rho}\right) (\Delta P)} \quad (2.48a)$$

$$m = A\sqrt{\rho(2g)(\Delta P)} \quad (2.48b)$$

$$\dot{m} = A\sqrt{\rho(2g)(\Delta P)} \quad (2.48c)$$

เมื่อ  $m = \left(\frac{m}{\text{sec}}\right)$  : มวลอากาศที่ไหลต่อเวลา (กิโลกรัม/วินาที)

หมายเหตุ การหามวลอากาศต่อเวลาหรือมวลอากาศที่ผ่านคอขวดสามารถหาได้อีกแนวทางหนึ่ง เมื่อยอมให้อากาศสามารถอัดตัวได้ (Air is Compressibility) ดังนี้ สมมติให้กระบวนการไหลอากาศที่คาร์บูเรเตอร์เป็นกระบวนการแบบย้อนกลับได้ (Reversible Process)

$$V_2 = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/k} = \frac{RT_1}{p_1} \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/k} \quad (2.49)$$

จาก  $PV = RT$  (เมื่อพิจารณา 1 หน่วยมวล)

$$\text{จากความสัมพันธ์} \quad \dot{m}_A = \frac{C_1 A_1}{V_1} = \frac{C_2 A_2}{V_2} \quad (2.50)$$

โดย :  $\dot{m}_A$  = มวลของอากาศที่ผ่านคาร์บูเรเตอร์ kg/sec  
 $A_1$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อตรงปากคาร์บูเรเตอร์  $\text{m}^2$   
 $A_2$  = พื้นที่หน้าตัดของคอขวดคาร์บูเรเตอร์  $\text{m}^2$

แทนค่าสมการ (2.40) สมการ (2.49) ลงในสมการ (2.50) จะได้

$$\dot{m}_A = \frac{A_2 p_1}{RT_1} \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/k} \sqrt{2g \cdot C_p T_1 \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(k-1)/k}\right)} \quad (2.51a)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\dot{m}_A = \frac{A_2 p_1}{R \sqrt{T_1}} \sqrt{2g \cdot c_p \left( \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{2/k} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} \right)} \quad (2.51b)$$

สำหรับมวลของอากาศที่ผ่านคาร์บูเรเตอร์ สามารถหาได้อีกกรณีหนึ่ง คือ

$$\dot{m}_A = A_2 C_A \rho \sqrt{2 \cdot C_p T_1 \left( \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{2/k} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} \right)} \quad (2.51c)$$

โดย :  $C_A$  = สัมประสิทธิ์ของคาร์บูเรเตอร์  
 $A_2$  = พื้นที่หน้าตัดของคอคอดคาร์บูเรเตอร์  $m^2$   
 $\rho$  = ความหนาแน่นของอากาศ  $kg/m^3$

เช่นเดียวกับสมการที่ (7.16) ในทางปฏิบัติการไหลอากาศที่ผ่านคอคอดทางทฤษฎีจะมีค่าสูงกว่าในทางปฏิบัติเสมอ (มีค่าน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์เสมอ) เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ค่าที่ได้ต้องคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของคาร์บูเรเตอร์เสมอ บางครั้งเรียกว่า (Coefficient of Discharge);  $C_A$

เมื่อ  $C_A = \frac{\text{ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านได้จริง}}{\text{ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านได้ทางทฤษฎี}}$

ดังนั้นเพื่อความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในสมการที่ (2.48c) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\dot{m} = A C_A \sqrt{\rho (2g) (\Delta P)} \quad (2.52)$$

ในทำนองเดียวกันการหามวลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านนมหนูเพื่อป้อนจ่ายให้คาร์บูเรเตอร์ก็สามารถหาได้ในลักษณะเช่นเดียวกันกับมวลอากาศ ดังต่อไปนี้

$$\dot{m}_F = A_J C_J \sqrt{\rho_F (2g) (\Delta P_F)} \quad (2.53)$$

เมื่อ  $\dot{m}_F$  = มวลของน้ำมันเชื้อเพลิง  $kg/sec$   
 $A_J$  = พื้นที่หน้าตัดของนมหนู  $mm^2$   
 $C_J$  = สัมประสิทธิ์นมหนู  
 $\rho_F$  = ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิง  $kg/m^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สำหรับอัตราส่วนของส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิงหมายถึง อัตราส่วนระหว่าง มวลอากาศต่อมวลของเชื้อเพลิง หรืออาจกล่าวได้ว่า เท่ากับมวลไหลของอากาศเข้าคาร์บูเรเตอร์ต่อมวลไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านนมหนู ดังนั้นจะได้ว่า

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

$$(AF) = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_F} = \frac{A}{F} \quad (2.54)$$

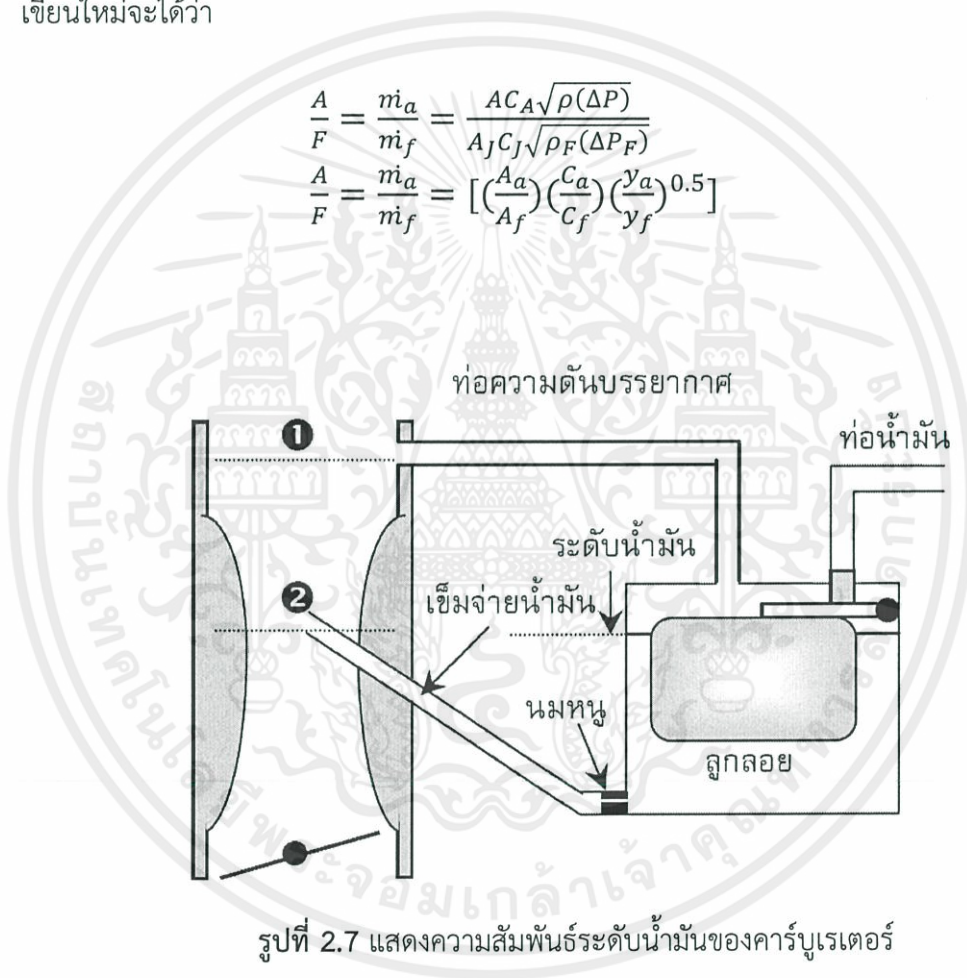
แทนค่าสมการที่ (2.52) และ (2.53) ลงในสมการที่ (2.54) จะได้

$$\frac{A}{F} = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_F} = \frac{AC_A\sqrt{\rho(2g)(\Delta P)}}{A_J C_J \sqrt{\rho_F(2g)(\Delta P_F)}} \quad (2.55a)$$

เขียนใหม่จะได้ว่า

$$\frac{A}{F} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} = \frac{AC_A\sqrt{\rho(\Delta P)}}{A_J C_J \sqrt{\rho_F(\Delta P_F)}} \quad (2.55b)$$

$$\frac{A}{F} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} = \left[ \left( \frac{A_a}{A_f} \right) \left( \frac{C_a}{C_f} \right) \left( \frac{\rho_a}{\rho_f} \right)^{0.5} \right] \quad (2.55c)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในทางปฏิบัติขณะที่เครื่องยนต์ยังไม่ติด ระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยจะต้องต่ำกว่าปลายเข็มจ่ายน้ำมัน (รูป 2.7) ไม่เช่นนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงจะไหลออกที่ปลายเข็มจ่ายน้ำมันตลอดเวลา (กรณีที่เกิดตั้งถึงน้ำมันไว้สูงกว่าคาร์บูเรเตอร์) ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงต้องออกแบบคาร์บูเรเตอร์ตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- (1) ความดันอากาศที่จุดที่ 1 เท่ากับความดันที่ผิวน้ำมันในห้องลูกลอย
- (2) ความดันอากาศที่จุดที่ 2 เท่ากับความดันที่ปลายเข็มจ่ายน้ำมัน
- (3) ความดันที่นมหนูจึงมีค่าเท่ากับ ความดันที่จุดที่ 1 บวกกับความดันจากความสูงของระดับ น้ำมัน ( $P = \rho Z$ )

ดังนั้นความดันน้ำมันที่นมหนูมีค่าเท่ากับ

$$P_{1J} = P_1 + \rho_F Z \quad (2.56)$$

โดย :  $Z$  = ระดับความสูงน้ำมันเชื้อเพลิงถึงจุดกึ่งกลางทางผ่านของนมหนู  
 $\rho_F$  = ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิง

ดังนั้นถ้าปลายเข็มจ่ายน้ำมันอยู่ในระดับเดียวกันกับระดับน้ำมันในห้องลูกลอย แรงดันที่ด้านออกของนมหนู เท่ากับแรงดันที่ปลายเข็มจ่ายน้ำมัน (ความดันคอคอต) จะได้ว่า

$$P_2 = P_2 + \rho_F Z \quad (2.57)$$

ดังนั้นสมการ (2.56) เท่ากับสมการ (2.57) จะได้ว่า

$$P_2 + \rho_F Z = P_1 + \rho_F Z \quad (2.58)$$

ดังนั้น  $\Delta P_F = \Delta P$

นั่นแสดงว่าผลต่างความดันน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับผลต่างความดันอากาศดังนั้นสมการ (7.24) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\frac{A}{F} = \frac{AC_A \sqrt{\rho}}{A_J C_J \sqrt{\rho_F}} \quad (2.59)$$

ข้อสังเกตจากการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องคาร์บูเรเตอร์พบว่า

- (1) การไหลของมวลอากาศผ่านพื้นที่หน้าตัดใด ๆ มีค่าเท่ากัน
- (2) ที่บริเวณคอคอตความเร็วอากาศจะเพิ่มขึ้น และความเร็วจะลดลงเมื่อท่อทาง

ขยายออก  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม (4) ที่บริเวณคอคอตความดันต่ำหรือเป็นสุญญากาศ (ความเร็วสูงความดันต่ำ)

(5) กรณีที่คอคอดมีขนาดเล็กมาก ความดันจะต่ำมากมีผลทำให้การแตกตัวของละอองน้ำมันดีขึ้น

ขณะเดียวกันจะมีผลทำให้เกิดความดันสูญเสีย (pressure loss) มาก

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลมวลที่คอคอดจะอยู่ระหว่าง 0.94 - 0.99

(2) ปกติลิ้นโซ้ค ลิ้นเร่ง และคอคอดของคาร์บูเรเตอร์ จะเป็นตัวหน่วงการไหลของมวลอากาศ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องยนต์ลดลงในระดับหนึ่ง

## 2.10 การกำหนดขนาดของคอคอดและขนาดนมหนู

การกำหนดขนาดคอคอด หน้าทีของคอคอด คือ ทำให้เกิดสูญญากาศสูงเพื่อดึงน้ำมันเชื้อเพลิงให้สัมผัสกับกระแสอากาศที่วิ่งด้วยความเร็วสูง มีผลทำให้เกิดการแตกกระจายตัวของน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองเล็กๆ เพื่อเข้าสู่ห้องเผาไหม้ การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอคอดมีผลทำให้ความเร็วอากาศผ่านคอคอดเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลดังนี้

(1) ประสิทธิภาพบรรจุของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง

(2) อัตราส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศเปลี่ยนแปลง

ประสิทธิภาพบรรจุของเครื่องยนต์ หมายถึง อัตราส่วนปริมาตรของอากาศที่ดูดเข้าได้จริงต่อปริมาตรอากาศที่ดูดได้ทางทฤษฎี ซึ่งปัจจุบันเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพบรรจุของเครื่องยนต์ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

$$\text{ประสิทธิภาพบรรจุ } (\eta_v) = \frac{\text{ปริมาตรอากาศที่ดูดเข้ากระบอกสูบ}}{\text{ปริมาตรดูดเครื่องยนต์}}$$

$$\text{ปริมาตรดูด} = \text{พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ} \times \text{ระยะชัก} \times \text{จำนวนสูบ} \times \text{ความเร็วรอบ}$$

โดย :  $V_s$  = ปริมาตรดูดเครื่องยนต์

$d$  = เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ

$L$  = ระยะชัก

$N$  = จำนวนสูบ

$n$  = ความเร็วรอบ

สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

$$V_s = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot L \cdot N \cdot n \quad (2.60)$$

สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

$$V_s = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot L \cdot N \cdot \frac{n}{2} \quad (2.61)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลงเนื้อหา และตัดต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$\text{ปริมาตรดูดเข้ากระบอกสูบ (V}_A\text{)} = C_A A_2 \sqrt{\frac{42.16 t_a}{P_a}} \quad (2.62)$$

- โดย :  $C_A$  = ค่าสัมประสิทธิ์คอคอดหรือเวนจูรี  
 $A_2$  = พื้นที่หน้าตัดคอคอด  
 $Z$  = ความสูงของระดับน้ำของเกจวัดความดัน  
 $t_a$  = อุณหภูมิของอากาศ  
 $P_a$  = ความดันบรรยากาศ  
 42.16 = ค่าคงที่ (ตัวแปลงหน่วย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ จะมุ่งไปที่การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของเชื้อเพลิงเอทานอลชนิดไฮดรรัสและแอนไฮดรรัสรวมไปถึงค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ มลพิษ อัตราการสิ้นเปลือง การเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องและการสึกหรอของเครื่องยนต์ จากการประยุกต์ใช้เอทานอลชนิดไฮดรรัสและแอนไฮดรรัสในส่วนของ การปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนขนาดมหนูของระบบเชื้อเพลิงที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ ขั้นตอนสุดท้ายของการศึกษาคือการทดสอบการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องและอัตราการสิ้นเปลือง เปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลชนิดไฮดรรัสและแอนไฮดรรัส เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

เดิมเครื่องยนต์นี้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งมีขนาดมหนู 80 มิลลิเมตร นั้นหมายถึงอัตราส่วนผสมที่พอดีสำหรับเชื้อเพลิงชนิดนี้ แต่สำหรับเชื้อเพลิงไฮดรรัสและแอนไฮดรรัสเอทานอลนั้น มีค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงน้อยกว่าเกือบ 2 เท่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ดังนั้นจึงต้องมีการหาขนาดของมหนูใหม่ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงไฮดรรัสและแอนไฮดรรัสเอทานอล

### 3.1 การเลือกขนาดของมหนู

เนื่องจากการเลือกขนาดมหนูที่เหมาะสมที่สุดมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก เพื่อง่ายต่อการเลือกขนาดมหนูมาทดลองกับเชื้อเพลิงจริง จึงจำเป็นต้องคำนวณหาขนาดมหนูทางทฤษฎีสำหรับไฮดรรัสและแอนไฮดรรัสเอทานอล และเลือกขนาดมหนูที่ใกล้เคียงทฤษฎีเพื่อนำมาทดลองกับเชื้อเพลิงเอทานอลทั้งสองชนิด โดยการทดสอบกับโพลดและปริมาณไอเสีย จากนั้นสรุปมหนูที่เหมาะสมที่สุดหรือขนาดมหนูที่ทำให้เครื่องยนต์เผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด

#### 3.1.1 การคำนวณขนาดของมหนู

จากสมการ 2.55c  $\frac{A}{F} = \frac{m_a}{m_f} = \left[ \left( \frac{A_a}{A_f} \right) \left( \frac{C_a}{C_f} \right) \left( \frac{y_a}{y_f} \right)^{0.5} \right]$  สามารถหาขนาดมหนูของเชื้อเพลิง

E-100 หาได้จากสมการ

$$\frac{A_f E_{100}}{A_f E_0} = \frac{d^2 E_{100}}{d^2 E_0} \quad (3.1)$$

และจากตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศ ดังนี้

สำหรับ : E-0 = 14.625

E-100 Anhydrous = 9.0

E-100 Hydrous = 8.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และเรารู้ว่าเดิมเครื่องยนต์แก๊สโซลีนใช้ขนาดมหนูเบอร์ 80 หรือ  $d_{E0} = 0.80 \text{ mm}$  ไม่ว่าจะพิมพ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าลงในสมการ (3.1) เพื่อหาขนาดนมหนู ( $d_{E0}$ ) ของเชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล

$$\frac{A_{f E100 Anhydrous}}{A_{f E0}} = \frac{d^2_{E100 Anhydrous}}{d^2_{E0}}$$

หรือ

$$\frac{14.625}{9} = \frac{d^2_{E100 Anhydrous}}{d^2_{E0}}$$

$$d_{E100 Anhydrous} = 1.02 \text{ mm} \text{ หรือเบอร์ } 102$$

แทนค่าลงในสมการ (3.1) เพื่อหาขนาดนมหนู ( $d_{E0}$ ) ของเชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล

$$\frac{A_{f E100 hrdrous}}{A_{f E0}} = \frac{d^2_{E100 hydrous}}{d^2_{E0}}$$

หรือ

$$\frac{14.625}{8.7} = \frac{d^2_{E100 hydrous}}{d^2_{E0}}$$

$$d_{E100 hydrous} = 1.037 \text{ mm} \text{ หรือเบอร์ } 104$$

### 3.1.2 การเตรียมอุปกรณ์เพื่อทดสอบหาขนาดนมหนู

#### 3.1.2.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์เครื่องปั่นไฟขนาดเล็ก ยี่ห้อมิตซูบิ รุ่น EC3900-AC ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เป็นเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยหัวเทียน รายละเอียดของเครื่องยนต์สามารถดูได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งให้กระแสไฟออกได้ทั้งกระแสสลับและกระแสตรง สามารถสตาร์ทเครื่องโดยใช้ระบบสวิตช์บิด หรือระบบสตาร์ทแบบสายดึง เครื่องยนต์นี้ ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ที่โหลดสูงสุดถึง 3000 วัตต์ และในแท็งก์น้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์สามารถจุน้ำมันเครื่องได้ 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร รอบการใช้งานของการถ่านน้ำมันเครื่องอยู่ที่ 100 ชั่วโมง หรือ 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Engine Type	Air-cooled 4-stroke OHV
Cylinder	1
Bore x Stroke	68 X 54 mm
Displacement	196 cm <sup>3</sup>
Compression Ratio	8.5:1
Carburetor	Butterfly
Rate Output	3000 W

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์



รูปที่ 3.1 เครื่องยนต์



รูปที่ 3.2 นมหนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.3 เชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล (ก) แอนไฮดรัสเอทานอล (ข)

#### 3.1.2.2 นมหนู

ขนาดของนมหนูในการคำนวณของเชื้อเพลิงไฮดรัสและแอนไฮดรัสเอทานอล คือ เบอร์ 104 และ 102 ตามลำดับ หลังจากทราบขนาดนมหนูที่ได้จากการคำนวณแล้ว ก็เป็นกระบวนการจัดซื้อขนาดนมหนูตามที่ได้คำนวณและขนาดใกล้เคียง แต่ตามท้องตลาดไม่มีเบอร์นมหนูตามที่ได้คำนวณ ขนาดนมหนูที่ทำการจัดซื้อมาจากรูปที่ 3.2 คือ 80, 85, 90, 100, 105, 115 และ 120

#### 3.1.2.3 เชื้อเพลิง

แอนไฮดรัสเอทานอล (รูปที่ 3.2ก) ราคา 70.74 บาท/ลิตร และ ไฮดรัสเอทานอล (3.2ข) ราคา 46.13 บาท/ลิตร

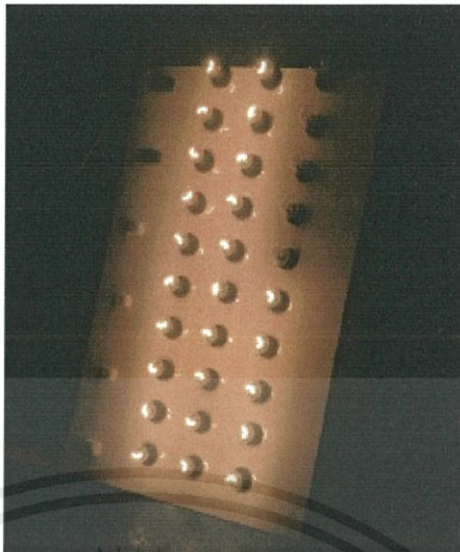
#### 3.1.2.4 การจัดทำโหลด

โหลดขนาด 3000 วัตต์ จากโหลดไฟขนาด 100 วัตต์ 30 หลอด โดยต่อแบบขนานกันแล้วจัดทำสวิตช์ใช้สามารถเปิดเพิ่มได้ที่ละ 500 วัตต์ จนไปถึง 3000 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดหรือแก้ไขเอกสารชุดนี้โดยไม่แจ้งชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

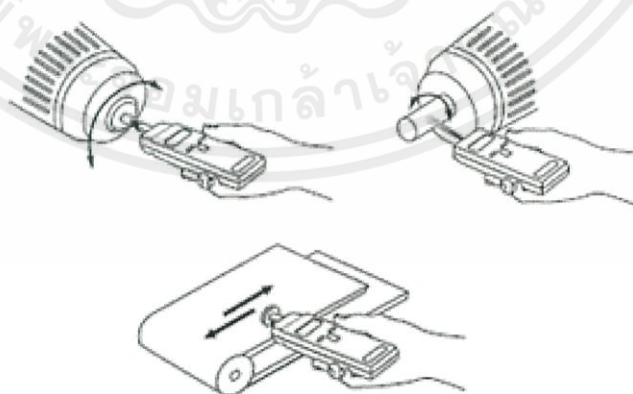
รูปที่ 3.4 จัดทำโหลด



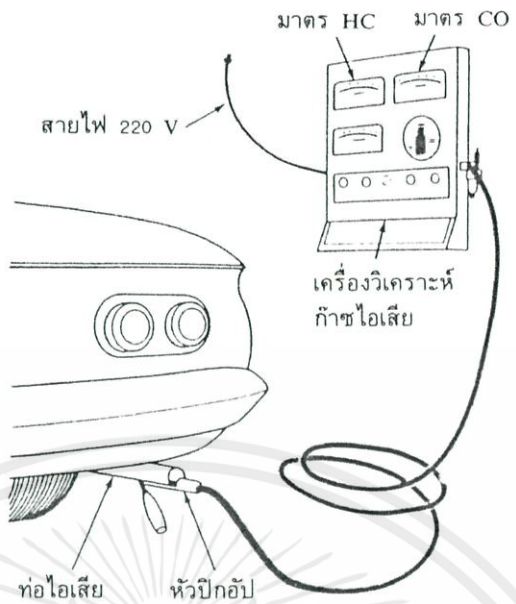
รูปที่ 3.5 เครื่องยนต์ทำงานกับโหลด

#### 3.1.2.4 มาตรวัดรอบ (Tachometer)

มาตรวัดรอบ (tachometer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดการหมุนของเพลา ล้อ หรือ โรเตอร์ ในมอเตอร์หรือเครื่องจักรต่างๆ โดยปกติแล้วจะแสดงผลอยู่ในรูปของจำนวนรอบต่อนาที (rpm) มาตรวัดรอบมีหลายแบบขึ้นกับหลักการทำงาน ตัวอย่างเช่น อาศัยหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยที่ความต่างศักย์ที่ส่งออกมาแปรผันตรงกับความเร็วเชิงมุมที่วัด หรือ อาศัยหลักการตรวจนับสัญญาณพัลส์ที่มีการส่งออกมาเมื่อมีการหมุนครบรอบในช่วงเวลาหนึ่ง หรือ อาศัยหลักการสะท้อนของแสง มาตรวัดรอบมีทั้งแบบสัมผัสและไม่สัมผัส รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการใช้งานมาตรวัดรอบในลักษณะต่างๆ สำหรับในงานวิจัยนี้ได้นำมาตรวัดรอบมาวัดเพื่อจะหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.6 การใช้งานในลักษณะต่างๆ ของมาตรวัดรอบ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารที่ตรงที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ลักษณะการทำงานของเครื่องวัดไอเสีย

### 3.1.2.5 เครื่องวัดไอเสีย (Exhaust Gas Analyzer)

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียอินฟราเรดก็สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบระบบควบคุมไอเสียของเครื่องยนต์ จุดประสงค์ของการทดสอบเพื่อทราบปริมาณ CO<sub>2</sub>, CO, HC และ NO<sub>x</sub> ในก๊าซไอเสียของเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด

## 3.2 อุปกรณ์การวัดอัตราการสิ้นเปลือง (Fuel consumption rate)

### 3.2.1 ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลือง (Fuel consumption)

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองและเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ระหว่างไฮดรัสและแอนไฮดรัสเอทานอล โดยการนำไปคำนวณหา ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก



รูปที่ 3.8 ชุดวัดอัตราการสิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง...

### 3.2.2 แคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter)

เป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับเปลี่ยนปริมาณทางไฟฟ้าให้อยู่ในรูปที่เราสัมผัสได้ เช่น ตัวเลขแสดงผล หรือให้อยู่ในรูปของเข็มชี้ค่าแสดงผล โดยจะสามารถตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำโดยไม่ต้องดับไฟ หรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่ทำการวัด (รูปที่ 3.9) จึงกล่าวได้ว่าแคลมป์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอีกชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นมากในงานด้านไฟฟ้าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศ เครื่องทำความเย็น หรืองานซ่อมบำรุง ระบบไฟฟ้าภายในรถยนต์ เป็นต้น

สำหรับในงานวิจัยชิ้นนี้เราใช้แคลมป์มิเตอร์ในการวัดกระแสไฟ เพื่อที่จะไปคำนวณหางานที่เกิดจากเบรกแล้วนำไปคำนวณหาค่า ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก อีกทอดหนึ่ง



รูปที่ 3.9 แคลมป์มิเตอร์

ต้องแคลมป์มิเตอร์  
เข้ากับสายไฟเพื่อวัด  
ค่ากระแสไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.10 หลักการใช้แคลมป์มิเตอร์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (AF Ratio Meter)

### 3.3 เครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (AF Ratio Meter)

เครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (Air/Fuel Ratio) มันคือเครื่องมือวัดส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศว่าขณะนี้ เชื้อเพลิงมัน "หนา"หรือ "บาง" ไป หรือพอดี เป็นเครื่องมือที่ใช้แสดงอัตราส่วนผสมของอากาศ และ เชื้อเพลิง โดยใช้ ออกซิเจนเซนเซอร์เป็นตัววัด ซึ่งจะให้ค่าออกมาเป็นหน่วย แรมดา (Lambda ,  $\lambda$ ) ซึ่งมีค่า ตั้งแต่ 0.6 จนถึง 1.3 (ค่าที่เป็นอุดมคติ คือ 1.0 แรมดา)

สำหรับในงานวิจัยนี้เราใช้เครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ มาทำการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการเลือกนมหนู โดยการนำอุปกรณ์มาวัดและทำการเพิ่มโหลด เพื่อดูว่าแรมดาที่ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบที่ผ่านมาหรือไม่

**FOCUSLAB™**  
Fuel & Oil Analysis by Technology

รูปที่ 3.12 บริษัทโฟกัสแล็บ จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดทอนข้อความของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 น้ำมันเครื่องยี่ห้อ Castrol ชนิด Activ 4t 20w-40

### 3.4 การตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด

การหาความเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์ เราได้รับความสนับสนุนจาก บริษัทโพคัสแล็บ จำกัด (รูปที่ 3.12) มาสนับสนุนในการทดสอบน้ำมันเครื่องยนต์ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย โดยเราได้ทำการทดสอบที่ระยะเวลา 75 ชั่วโมง กับเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดและ ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้งเป็นเวลา 25,50 และ 75 ชั่วโมง และส่งตัวอย่างไปทดสอบรวมถึงน้ำมันเครื่องยนต์ใหม่ในที่นี้เราใช้น้ำมันเครื่องยี่ห้อ Castrol ชนิด Activ 4t 20w-40 ดังรูป 3.13 เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบความเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์เมื่อเวลาผ่านไป โดยเราได้เลือกชุดการทดสอบ (Engine Check™ 804) ดังนี้

#### Wear Metal Elements - condition

- RDE Fine Wear Metals-18 elements
- RFS Course Wear Metals-11 elements

#### Oil Properties & Condition

- Oil Condition ; oxidation, nitration
- Viscosity @ 40 °c or 100 °c
- TBN (Total Base Number)

#### Contamination Condition

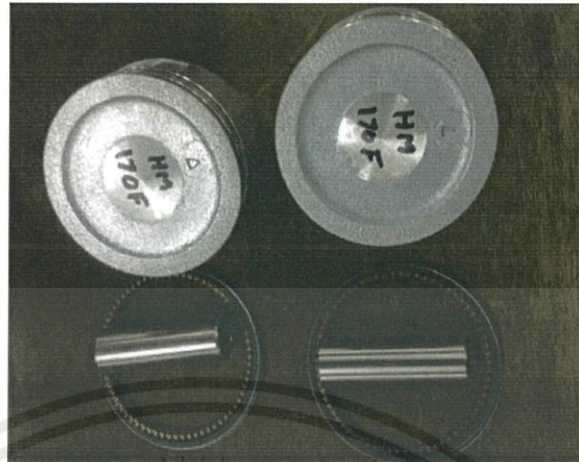
- Oil Contamination ; fuel, soot, coolant (glycol), dirt & dust
- %Moisture & Water
- Wrong oil contamination



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้

โฆษณาการค้า  
รณนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องยนต์



รูปที่ 3.15 ลูกสูบกับแหวนสูบใหม่ที่นำมาเปลี่ยน

#### 3.4.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องยนต์

สำหรับวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องยนต์ เราใช้อุปกรณ์จากทาง บริษัท โฟคัสแล็บ จำกัด มาทำการเก็บตัวอย่างซึ่งมีลักษณะเป็นสายท่อและมีปั๊มดูดลงขวดตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างละ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ตำแหน่งที่เติมน้ำมันเครื่อง และทำการหย่อนสายท่อลงไปลึกเท่าๆกัน ลึก 10 เซนติเมตร จากปากท่อเติมน้ำมันเครื่อง ดังรูป 3.14 โดยก่อนทำการทดสอบได้ทำการติดตั้งลูกสูบกับแหวนสูบ ใหม่ก่อนทำการทดสอบกับทั้ง 2 เชื้อเพลิงดังรูป 3.15

### 3.5 วิธีการทดสอบ

(1) ติดตั้งมาตรวัดรอบเข้ากับตัวเครื่องยนต์ นำนมหนูน้ำมันมาติดตั้งคาร์บูเรเตอร์ตั้งแต่เบอร์ 80 ซึ่งเป็นขนาดเดิมที่ใช้กับเชื้อเพลิงเบนซิน จนถึงเบอร์ 120 และทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่ต่อกลับโพลดที่จัดทำขึ้น และทำการเพิ่มโพลดครั้งละ 500 วัตต์ จนถึง 3000 วัตต์ และทำการเก็บบันทึกผลเก็บข้อมูล โดยทำการทดลองกับเชื้อเพลิงเอทานอลทั้งชนิดไฮดรอสและแอนไฮดรอส

(2) เมื่อพอทราบขนาดนมหนูทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้กับทุกสภาวะโพลดของทั้ง 2 เชื้อเพลิงแล้วก็นำไปทดสอบ เพื่อหาปริมาณไอเสียของนมหนูแต่ละเบอร์และนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อจะหานมหนูที่มีขนาดที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละเชื้อเพลิง

(3) เมื่อทราบขนาดนมหนูที่เหมาะสมที่สุดกับเอทานอลทั้ง 2 ชนิดแล้ว จากนั้นนำขนาดนมหนูที่ได้ไปทดสอบด้วยเครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (AF Ratio Meter) การทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการหาขนาดนมหนูในการทดลองที่ผ่านมา เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทดสอบมากขึ้น

(4) จากนั้นก็นำนมหนูที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงไฮดรอสและแอนไฮดรอสเอทานอลมาทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองที่สภาวะโพลด 2000 วัตต์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีมติให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) จากนั้นทำการวัดกระแสไฟฟ้าในขณะที่เครื่องยนต์ต่อกับโหลด เพื่อจะเช็คค่าเครื่องยนต์ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพหรือไม่ โดยวัดกระแสไฟฟ้าที่โหลด 2000 วัตต์ และ 3000 วัตต์ กับทั้งไฮดรัสและแอนไฮดรัสเอทานอล

(6) จากนั้นการทดสอบหาอัตราการสึกหรอของน้ำมันเครื่องยนต์ โดยจะทำการทดสอบที่ 75 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง คือที่ 25,50 และ 75 ชั่วโมง โดยก่อนการทดสอบกับเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดได้ทำการติดตั้ง ลูกสูบกับแหวนสูบ ใหม่ก่อนทำการทดสอบ



รูปที่ 3.16 แผนผังการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในส่วนนี้จะพูดถึงผลการทดสอบเพื่อเลือกขนาดมหนูที่เหมาะสม ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ ปริมาณไอเสีย อัตราการสิ้นเปลือง และการสึกหรอของน้ำมันเครื่องยนต์รวมไปถึงการวิจารณ์ผล

#### 4.1 ผลของการทดสอบเพื่อเลือกขนาดมหนูที่เหมาะสม

##### 4.1.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.1 แสดงถึงผลการทดสอบในสถานะที่ไม่มีโหลดมากกระทำและเพิ่มโหลดขึ้นจนถึง 3000 วัตต์ และทำการเปลี่ยนขนาดมหนูตั้งแต่เบอร์ 80 จนถึงเบอร์ 120 ของเชื้อเพลิงชนิดแอนไฮดริสเอทานอล จะเห็นได้ว่ามีมหนูอยู่ 4 เบอร์ที่สามารถใช้งานได้โดยไม่มีโหลด แต่จะมีอยู่แค่ 2 เบอร์ที่ใช้งานได้จนถึงสถานะโหลดสูงที่สุดนั่นคือเบอร์ 115 และเบอร์ 120 หรือมีค่า  $\phi = 1.27$  และ  $\phi = 1.38$  ตามลำดับ

Main jet (No.)	Equivalent ratio ( $\phi$ )	0 W	1 kW	1.5 kW	2 kW	2.5 kW	3 kW
80	0.62	✗	✗	✗	✗	✗	✗
85	0.70	✗	✗	✗	✗	✗	✗
90	0.78	✗	✗	✗	✗	✗	✗
100	0.96	✓	✓	✓	✓	✗	✗
105	1.06	✓	✓	✓	✓	✓	✗
115	1.27	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120	1.38	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบมหนูแต่ละเบอร์ของเชื้อเพลิงแอนไฮดริสเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงผลการทดสอบในสภาวะที่ไม่มีโหลดมากกว่าและเพิ่มโหลดขึ้นจนถึง 3000 วัตต์ และทำการเปลี่ยนขนาดมหนูตั้งแต่เบอร์ 80 จนไปถึงเบอร์ 120 ของเชื้อเพลิงชนิดไฮดรอสเอทานอล จะเห็นได้ว่ามีมหนูอยู่ 3 เบอร์ที่สามารถใช้งานได้โดยไม่มีโหลด แต่จะมีอยู่แค่ 2 เบอร์ที่ใช้งานได้จนถึงสภาวะโหลดสูงสุดนั่นคือเบอร์ 115 และเบอร์ 120 หรือมีค่า  $\phi = 1.23$  และ  $\phi = 1.33$  ตามลำดับ

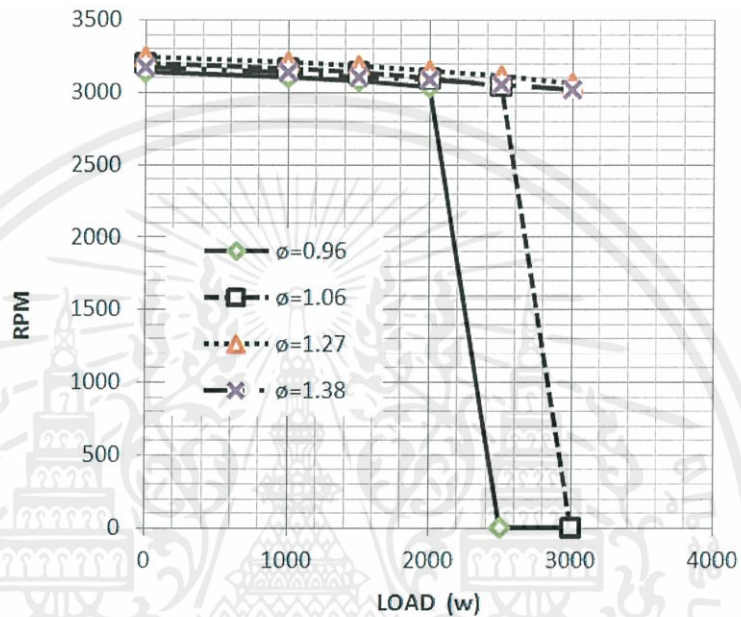
Main jet (No.)	Equivalent ratio ( $\phi$ )	0 W	1 kW	1.5 kW	2 kW	2.5 kW	3 kW
80	0.59	✗	✗	✗	✗	✗	✗
85	0.67	✗	✗	✗	✗	✗	✗
90	0.75	✗	✗	✗	✗	✗	✗
100	0.90	✗	✗	✗	✗	✗	✗
105	1.02	✓	✓	✓	✓	✗	✗
115	1.23	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120	1.33	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.2 แสดงการทดสอบมหนูแต่ละเบอร์ของเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล

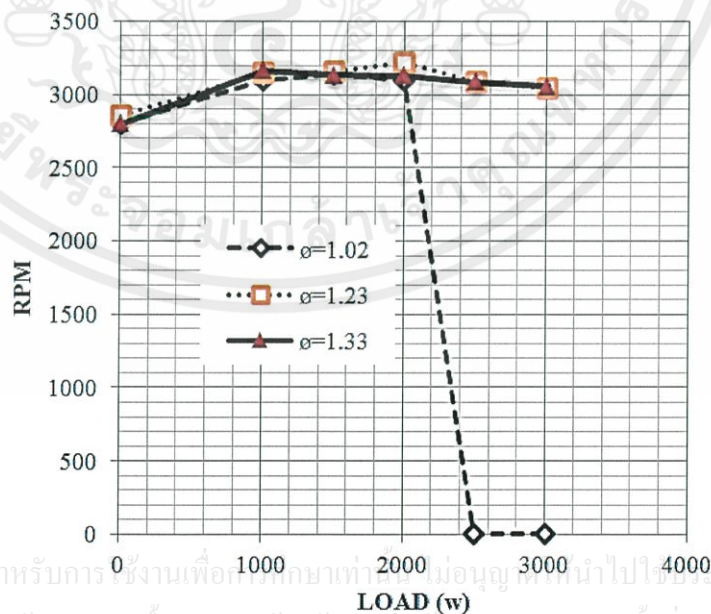
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงถึงประสิทธิภาพของแต่ละนมหนูโดยใช้เชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด จะเห็นได้ว่ารอบการทำงานของนมหนูเบอร์ 115 และเบอร์ 120 มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

รูปที่ 4.2 แสดงถึงประสิทธิภาพของแต่ละนมหนูโดยใช้เชื้อเพลิงไฮดรัสเอทานอล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด จะเห็นได้ว่ารอบการทำงานของนมหนูเบอร์ 115 และเบอร์ 120 มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด



รูปที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแอนไฮดรัสเอทานอล

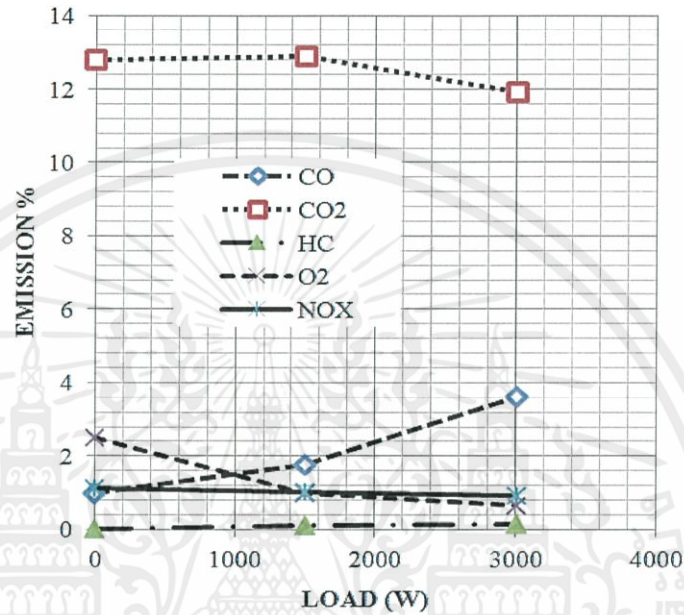


รูปที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงไฮดรัสเอทานอล

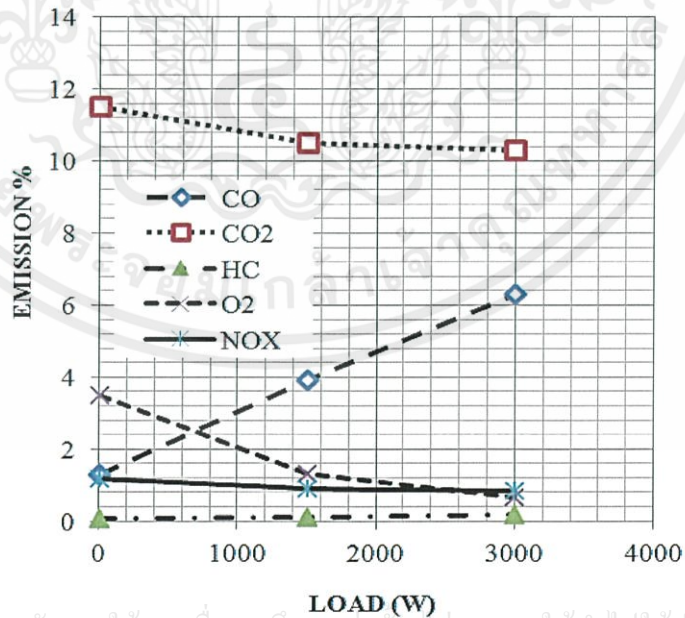
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เชิงพาณิชย์ การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ผลการทดสอบไอเสีย

รูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4 แสดงถึงการเปรียบเทียบปริมาณไอเสียระหว่างนมหนูเบอร์ 115 และเบอร์ 120 ของเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันคือแอนไฮดริสเอทานอล จะเห็นได้ว่าการเผาไหม้ของนมหนูเบอร์ 115 เผาไหม้ได้ดีกว่าเบอร์ 120 ดังนั้นสำหรับเชื้อเพลิงแอนไฮดริสเอทานอลนมหนูเบอร์ 115 หรือ  $\phi = 1.27$  จึงเหมาะสมที่สุด



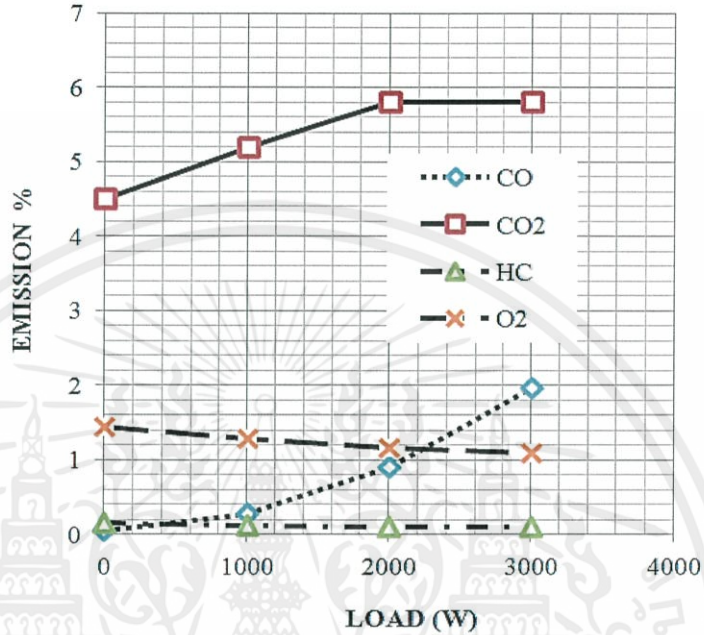
รูปที่ 4.3 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 115



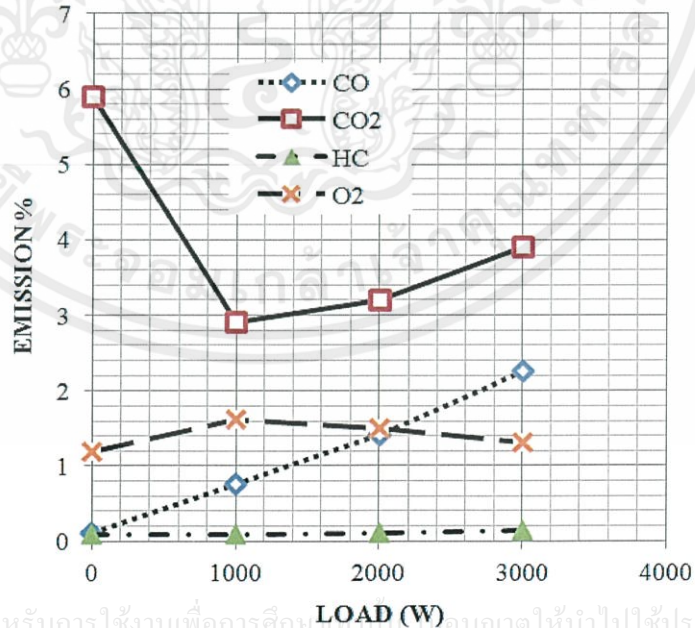
รูปที่ 4.4 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักพิมพ์

รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 แสดงถึงการเปรียบเทียบปริมาณไอเสียระหว่างนมหนูเบอร์ 115 และ 120 ของเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันคือไฮดรอสเอทานอล จะเห็นได้ว่าการเผาไหม้ของนมหนูเบอร์ 115 เผาไหม้ได้ดีกว่าเบอร์ 120 ดังนั้นสำหรับเชื้อเพลิงแอนไฮดรอสเอทานอลนมหนูเบอร์ 115 หรือ  $\phi = 1.23$  จึงเหมาะสมที่สุด

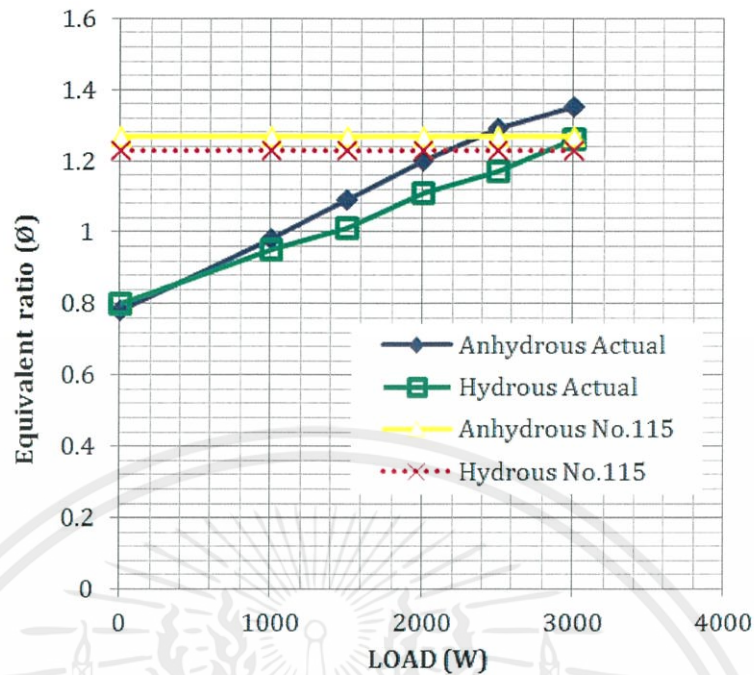


รูปที่ 4.5 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 115



รูปที่ 4.6 แสดงไอเสียของนมหนูเบอร์ 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อเอกสารโดยไม่ได้รับอนุญาตจากครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงค่าสัดส่วนการเผาไหม้สมบูรณ์ (Equivalent ratio ( $\phi$ )) ต่อ โหลด

#### 4.1.3 ผลการทดสอบด้วยเครื่องวัดอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (AF Ratio Meter)

การทดสอบนี้จัดทำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการหาขนาดนมหนูการทดลองที่ผ่านมา เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทดสอบมากขึ้น เราจึงนำนมหนูเบอร์ 115 มาทดสอบ จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มโหลดขึ้น ค่าสัดส่วนการเผาไหม้สมบูรณ์ (Equivalent ratio ( $\phi$ )) จะมีค่าที่ลู่เข้าสู่เส้น  $\phi = 1.23$  ของไฮโดรส์เอทานอลและ  $\phi = 1.27$  ของแอนไฮโดรส์เอทานอล จนมีค่าใกล้เคียงมากที่ โหลด 3000 วัตต์

## 4.2 ผลการทดสอบหาอัตราสิ้นเปลือง

### 4.2.1 ผลของการหาอัตราสิ้นเปลืองที่โหลด 2000 วัตต์

โดยการทดสอบนี้จะทำการหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเอทานอลทั้ง 2 ชนิด ที่สภาวะโหลด 2000 วัตต์ ซึ่งได้ค่าสำหรับแอนไฮโดรส์เอทานอล คือ 18.68 กรัม/นาที = 0.0003113 กิโลกรัม/วินาที = 1.415 ลิตร/ชั่วโมง และสำหรับไฮโดรส์เอทานอล คือ 20.95 กรัม/นาที = 0.0003491 กิโลกรัม/วินาที = 1.56 ลิตร/ชั่วโมง

### 4.2.2 ผลของการวัดกระแสไฟฟ้าที่โหลด 2000 วัตต์ และ 3000 วัตต์

จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณทางทฤษฎี คือ 9.09 และ 13.63 แอมแปร์

เชื้อเพลิง โหลด (วัตต์)	ไฮดรัสเอทานอล (แอมแปร์)	แอนไฮดรัสเอทานอล (แอมแปร์)
2000	8.65	6.87
3000	12.8	12.89

ตารางที่ 4.3 กระแสไฟฟ้าที่วัดได้

#### 4.2.3 ผลของการคำนวณค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) และ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก (bsec)

ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc)

$$bsfc = 1.673 \times 10^{-4} \text{ กิโลกรัม/กิโลวัตต์-วินาที} \quad \text{แอนไฮดรัสเอทานอล}$$

$$bsfc = 1.835 \times 10^{-4} \text{ กิโลกรัม/กิโลวัตต์-วินาที} \quad \text{ไฮดรัสเอทานอล}$$

ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก (bsec)

$$bsec = 4.5 \text{ กิโลจูล/กิโลวัตต์-วินาที} \quad \text{แอนไฮดรัสเอทานอล}$$

$$bsec = 4.58 \text{ กิโลจูล/กิโลวัตต์-วินาที} \quad \text{ไฮดรัสเอทานอล}$$

### 4.3 ผลของการทดสอบการสึกหรอของน้ำมันเครื่องยนต์

จากการที่เราส่งตัวอย่างน้ำมันเครื่องยนต์ของเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ไปที่บริษัท โฟคัสแล็บ จำกัด ได้ผลการทดสอบออกมาดังนี้

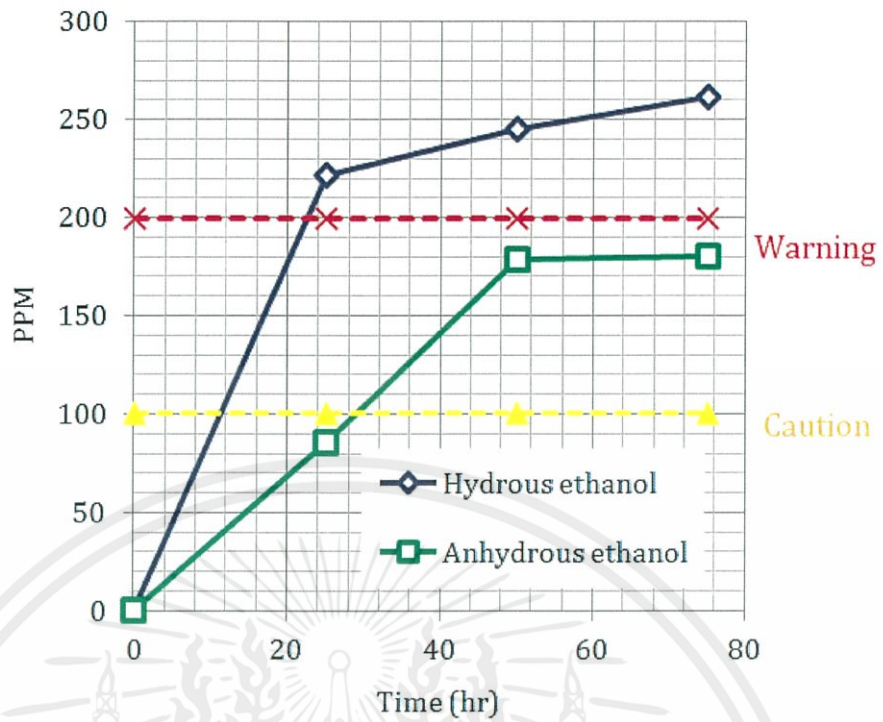
#### 4.3.1 ผลการทดสอบเศษชิ้นส่วนโลหะและโลหะที่อยู่ในน้ำมันเครื่องยนต์

##### 4.3.1.1 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของเศษเหล็ก (Iron)

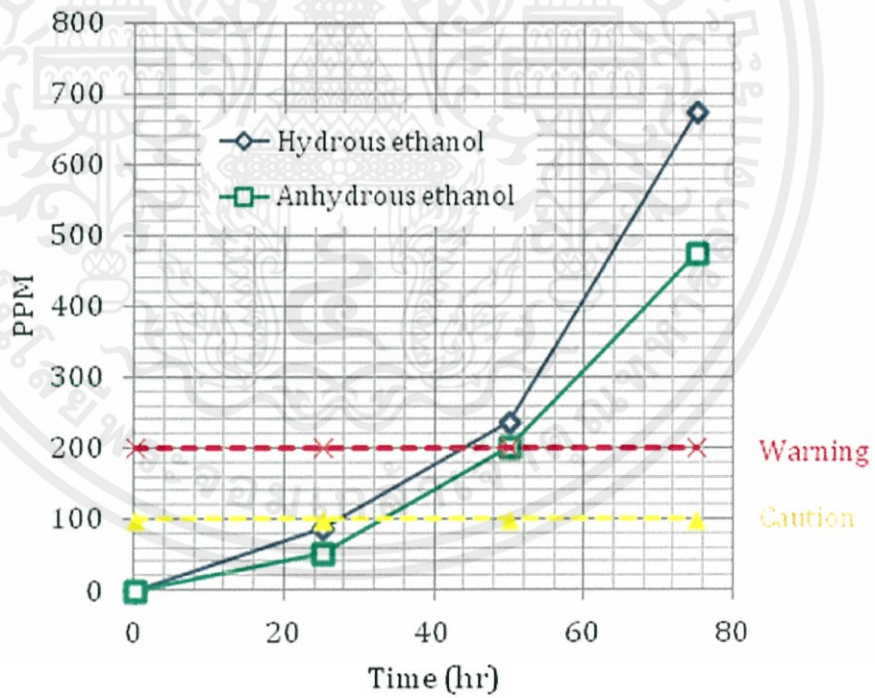
จากรูปที่ 4.8 เห็นได้ว่ามีเศษเหล็กในน้ำมันเครื่องยนต์ที่มีขนาดน้อยกว่า 8 ไมครอนของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นแต่ไฮดรัสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่ามีเศษเหล็กในน้ำมันเครื่องยนต์ที่มีขนาด 5-150 ไมครอนของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นแต่ไฮดรัสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงเศษเหล็กขนาด < 8 ไมครอน



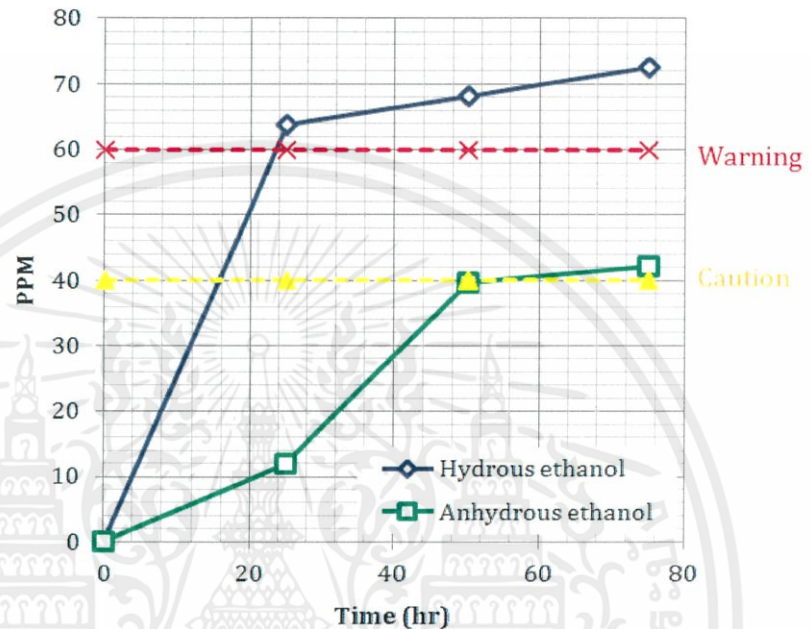
รูปที่ 4.9 แสดงเศษเหล็กขนาด 5-150 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

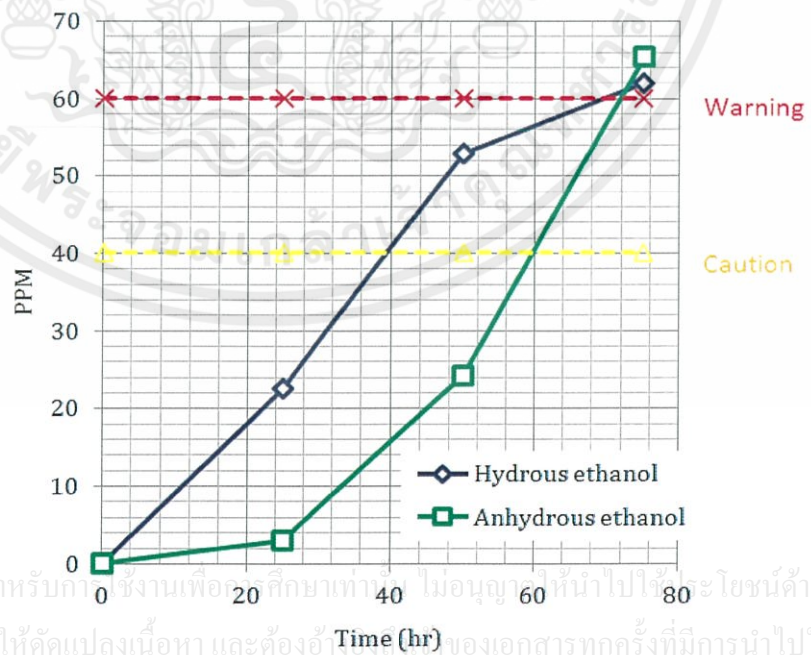
#### 4.3.1.2 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของเศษอลูมิเนียม (Aluminium)

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่ามีเศษอลูมิเนียมในน้ำมันเครื่องยนต์ที่มีขนาดน้อยกว่า 8 ไมครอน ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น แต่ไฮดรอสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่ามีเศษอลูมิเนียมในน้ำมันเครื่องยนต์ที่มีขนาด 5-150 ไมครอน ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นอย่างใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.10 แสดงเศษอลูมิเนียมขนาด <math>< 8</math> ไมครอน



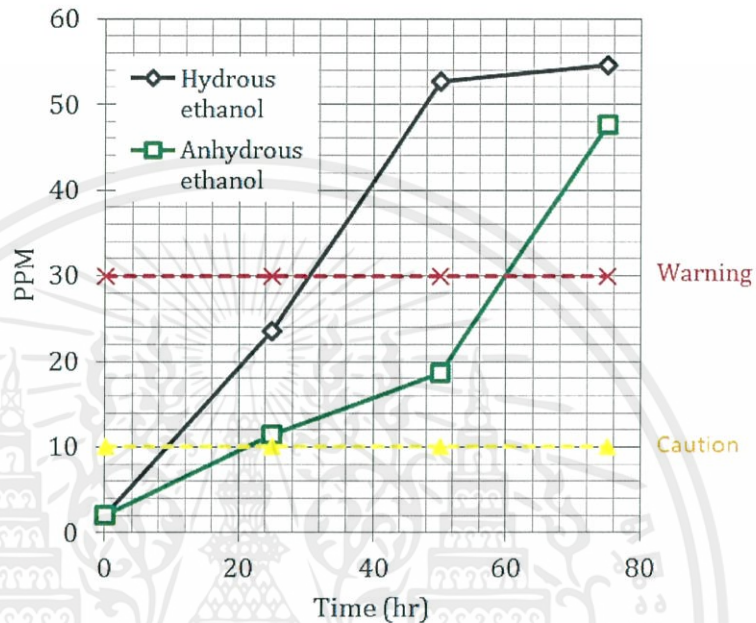
รูปที่ 4.11 แสดงเศษอลูมิเนียมขนาด 5-150 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

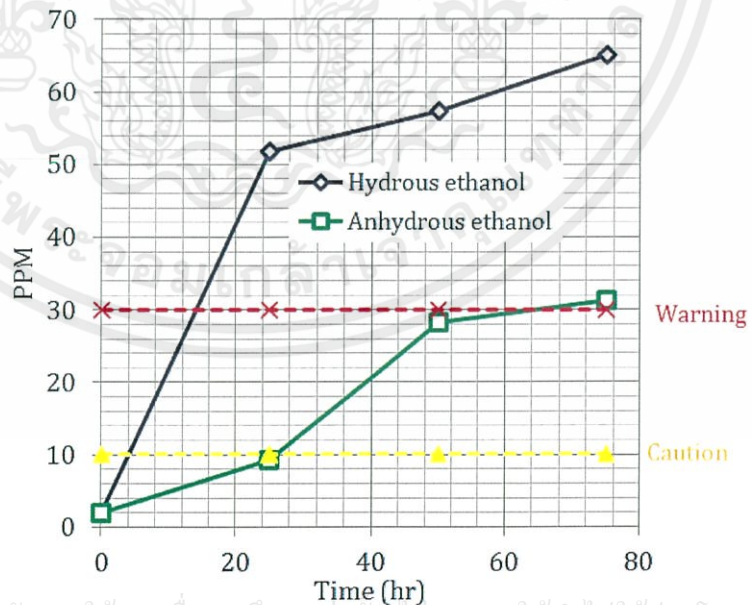
#### 4.3.1.3 ผลการทดสอบการปนเปื้อนของเศษซิลิคอน (Silicon)

รูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่ามีเศษซิลิคอนในน้ำมันเครื่องยนต์ที่มีขนาด 5-150 ไมครอนของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น แต่ไฮดรอสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า

รูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่ามีเศษซิลิคอนในน้ำมันเครื่องยนต์ขนาดน้อยกว่า 8 ไมครอนของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น แต่ไฮดรอสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า



รูปที่ 4.12 แสดงเศษซิลิคอนขนาด 5-150 ไมครอน



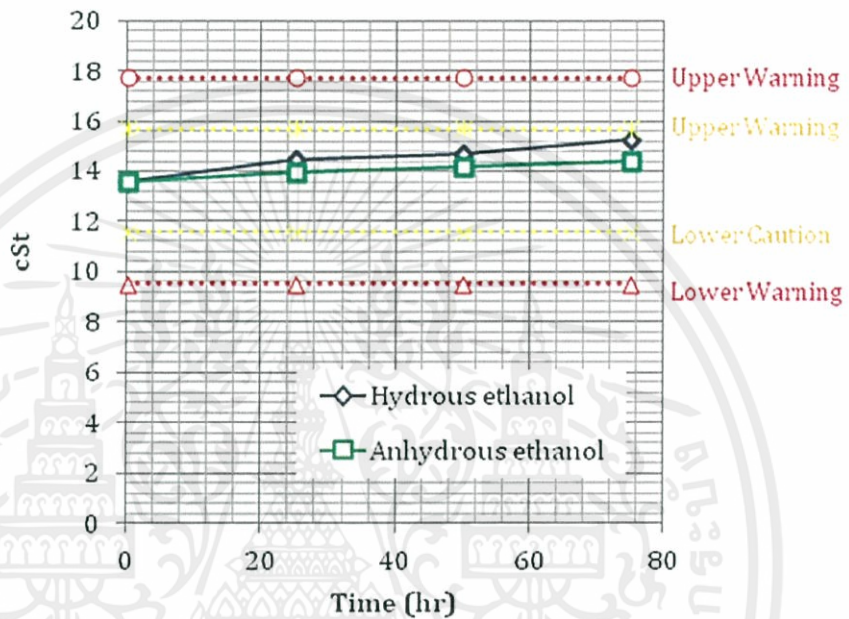
รูปที่ 4.13 เศษซิลิคอนขนาด < 8 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเอกสารฉบับนี้เพื่อใช้ในการนำออกไปใช้

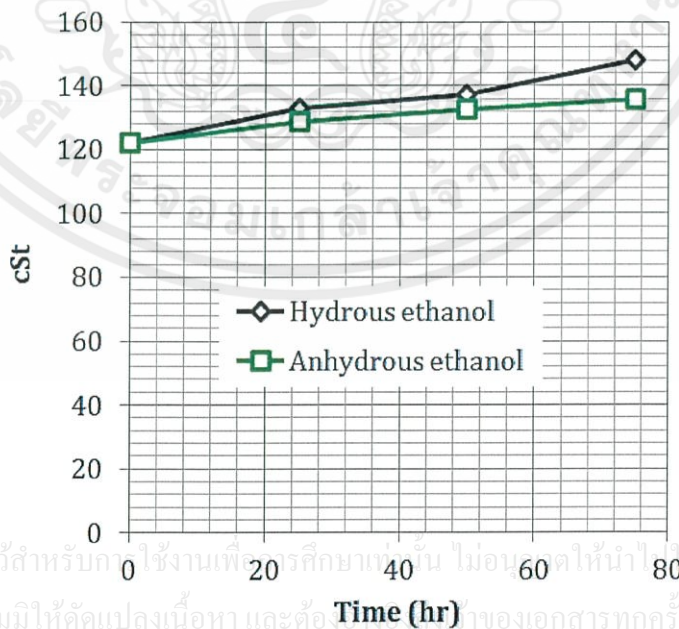
#### 4.3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงของน้ำมันเครื่องยนต์

รูปที่ 4.14 ความหนืดที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}$  องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป ความหนืดของน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดนั้นเพิ่มขึ้นแต่ไม่มาก ยังอยู่ในช่วงที่ปกติ

รูปที่ 4.15 ความหนืดที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}$  องศาเซลเซียสหรืออุณหภูมิปกติ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป ความหนืดของน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดนั้นเพิ่มขึ้นแต่ไม่มาก แต่ของไฮดรอสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า



รูปที่ 4.14 แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}$  องศาเซลเซียส

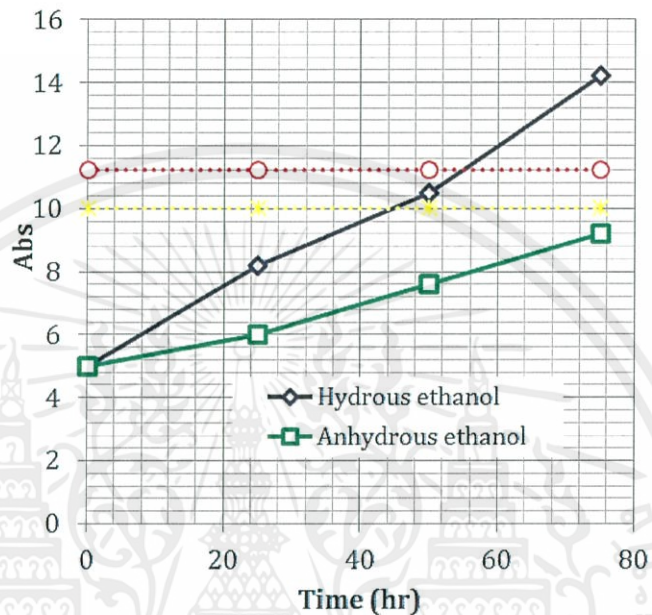


รูปที่ 4.15 แสดงความหนืดที่อุณหภูมิ  $40^{\circ}$  องศาเซลเซียส

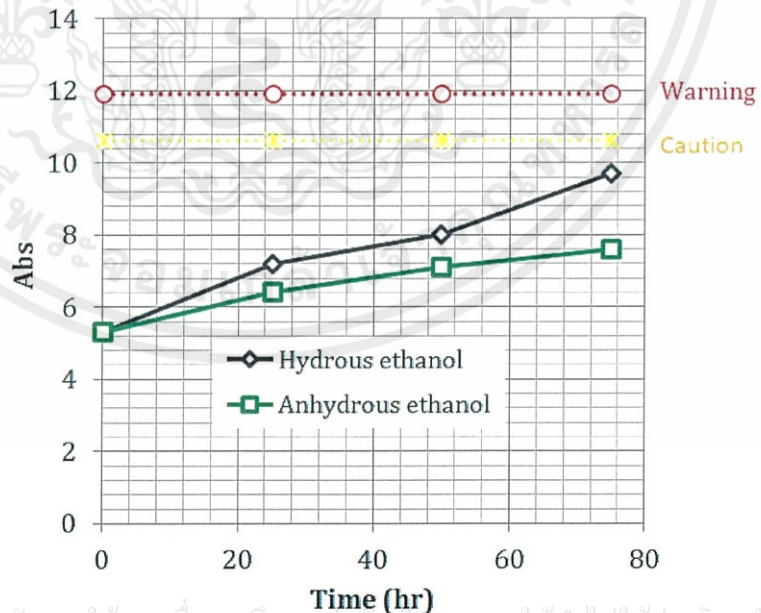
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้จำหน่ายหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 แสดงการออกซิเดชันของน้ำมันเครื่อง จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปทำปฏิกิริยากับน้ำมันเครื่องที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดนั้นเพิ่มขึ้น แต่น้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่า

รูปที่ 4.17 แสดงการไนเตรชันของน้ำมันเครื่อง จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปทำปฏิกิริยากับน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดนั้นเพิ่มขึ้นแต่ไม่มาก อยู่ในช่วงที่ปกติ



รูปที่ 4.16 แสดงการออกซิเดชันของน้ำมันเครื่อง

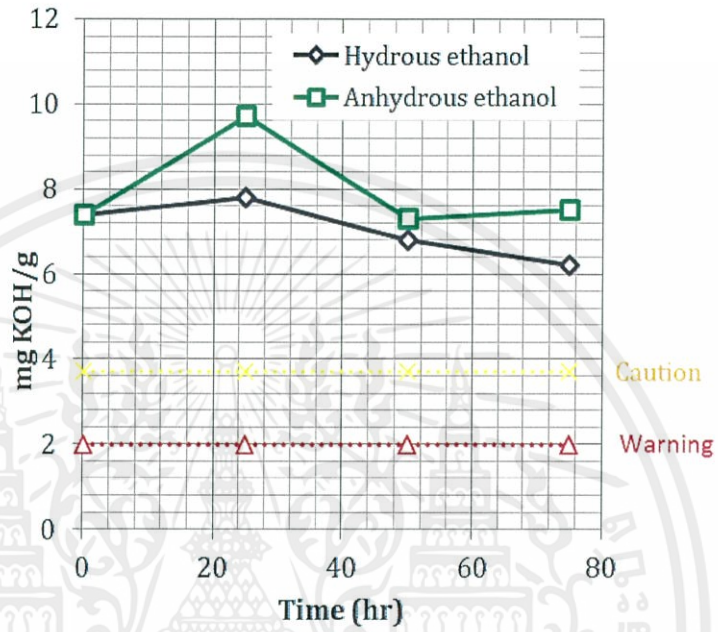


รูปที่ 4.17 แสดงการไนเตรชันของน้ำมันเครื่อง

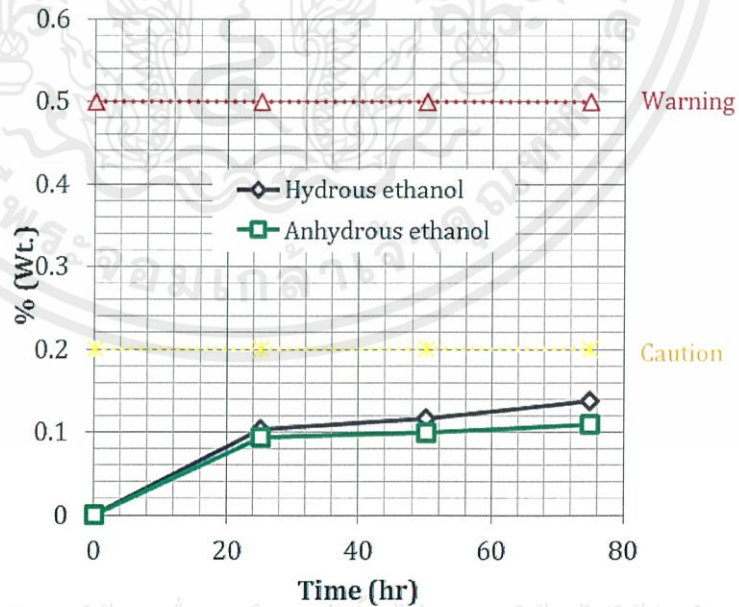
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 แสดงความเป็นเบสของน้ำมันเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงแรก น้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดมีความเป็นเบสเพิ่มขึ้น และช่วงหลังลดลงมาที่สภาวะปกติ

รูปที่ 4.19 แสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป เปอร์เซ็นต์ของน้ำเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากถือว่าเป็นปกติ



รูปที่ 4.18 แสดงความเป็นเบสของน้ำมันเครื่องยนต์



รูปที่ 4.19 แสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อมูลนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด

รูปที่ 4.20 แสดงลูกสูบกับแหวนสูบเมื่อทำการทดสอบมาแล้ว 75 ชั่วโมง ของเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล ผลกระทบจากเอทานอลที่เห็นได้นั้น แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงทั้งสีและรูปทรงของแหวนสูบและลูกสูบ

รูปที่ 4.21 แสดงชุดลูกกลอย เข็มน้ำมัน และโอริงในคาร์บูเรเตอร์เมื่อทำการทดสอบมาแล้ว 75 ชั่วโมง ของเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล ผลกระทบจากเอทานอลที่เห็นได้นั้น แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงทั้งสีและรูปทรง ของโอริงและตัวลูกกลอย

รูปที่ 4.22 แสดงถึงสายส่งน้ำมันจากถังน้ำมันเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์ ผลกระทบจากเอทานอลที่เห็นได้นั้น มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าขนาดปกติ เพราะใช้มาเป็นเวลานาน (ตั้งแต่ปีที่แล้วและผ่านการทดสอบมาถึง 150 ชั่วโมง)



รูปที่ 4.20 ลูกสูบและแหวนสูบ



รูปที่ 4.21 ลูกกลอย, เข็มน้ำมัน และโอริง



รูปที่ 4.22 ท่อส่งน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผล ข้อเสนอแนะ และวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 จากการศึกษาวิจัยการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอลสามารถสรุปได้ดังนี้

### 5.1.1 สรุปผลการทดลองทางด้านประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

การใช้เชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีการปรับเปลี่ยนขนาดของนมหรือน้ำมันให้ใหญ่ขึ้น เพราะเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอลมีค่าพลังงานความร้อนที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ส่วนปริมาณการปล่อยมลพิษอยู่ในจุดที่ยอมรับได้ เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตมาจากพืช ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ทำงานได้เทียบเท่ากับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ในกรณีการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถสรุปได้จากความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก เชื้อเพลิงแอนไฮดรอสเอทานอลมีค่าความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกมากกว่าเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล 12.43 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อเพลิงแอนไฮดรอสเอทานอลก็มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรกมากกว่าเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล 4.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึงเมื่อราคาแอนไฮดรอสเอทานอลต่างจากไฮดรอสเอทานอลไม่เกินเปอร์เซ็นต์ค่าความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรก แนะนำให้ใช้เชื้อเพลิงแอนไฮดรอสเอทานอลจะคุ้มค่ามากกว่า แต่ถ้าราคาต่างกันเกินเปอร์เซ็นต์ค่าความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกแนะนำให้ใช้เชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอล

### 5.1.2 สรุปผลการทดลองด้านการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่องยนต์

5.1.2.1 จากการที่เราติดตั้งลูกสูบและแหวนสูบใหม่ลงไปเครื่องยนต์ก่อนทำการทดสอบหาอัตราการสึกหรอของน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิด จึงทำให้ผลของการปนเปื้อนเศษเหล็กและอลูมิเนียมเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงต้นและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงหลังจนทำให้เกิดจุดที่มีการเตือนไว้ เป็นเพราะว่าลูกสูบและแหวนสูบใหม่นั้นยังอยู่ในกระบวนการใช้งานเริ่มต้น (Run-in) นั่นเอง

5.1.2.2 เนื่องจากมีเศษโลหะและเศษอลูมิเนียมมาผสมในน้ำมันเครื่อง จึงทำให้ความหนืดของน้ำมันเครื่องนั้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

5.1.2.3 จากการเก็บตัวอย่างการทดสอบน้ำมันเครื่องครั้งที่ 25 ชั่วโมง ทำให้เราทราบว่าค่าซิลิคอนของเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอลว่ามีการเพิ่มขึ้นชัดเจน แต่ยังอยู่ในจุดที่ยอมรับได้ ส่วนค่าความหนืด ค่าการทำปฏิกิริยาของไนโตรเจน และค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และค่าการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างคงที่

5.1.2.4 จากการเก็บตัวอย่างการทดสอบน้ำมันเครื่องครั้งที่ 2 ที่ 50 ชั่วโมง ทำให้เราทราบอีกว่าค่าซิลิคอนของเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอลว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดเจน และเกินจุดที่ยอมรับได้ไปแล้ว ส่วนค่าความหนืด ค่าการทำปฏิกิริยาของไนโตรเจน และค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และค่าการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างคงที่จนเกือบเลยจุดที่ยอมรับได้

5.1.2.5 จากการเก็บตัวอย่างการทดสอบน้ำมันเครื่องครั้งสุดท้ายที่ 75 ชั่วโมง ทำให้เราทราบค่าซิลิคอนของเชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลและแอนไฮดรอสเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นขีดเจน แต่ยังคงอยู่ในจุดที่ยอมรับได้ ส่วนค่าความหนืด ค่าการทำปฏิกิริยาของไนโตรเจน และค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และค่าการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และเลยจุดที่ยอมรับได้

5.1.2.6 เมื่อเปรียบเทียบไฮดรอสและแอนไฮดรอสเอทานอลเข้าด้วยกัน พบว่าไฮดรอสเอทานอลจะมีความเป็นกรดมากกว่าแอนไฮดรอสเอทานอล และรวมไปถึงค่าความหนืดของน้ำมันเครื่องด้วย ไฮดรอสเอทานอลนั้นมีค่ามากกว่าแอนไฮดรอสเอทานอลเช่นกัน

5.1.2.7 จากผลที่เพิ่มขึ้นของซิลิคอนนั้น เกิดจากการเติมสารกันฟองลงไปเชื้อเพลิงเอทานอลทั้ง 2 ชนิดในกระบวนการผลิตจึงทำให้การปนเปื้อนของซิลิคอนนั้นสูงอย่างเห็นได้ชัดนั่นเอง

5.1.2.8 ผลกระทบของเอทานอลทั้ง 2 ชนิดที่มีต่ออุปกรณ์ในเครื่องยนต์ จะเห็นว่าแทบไม่มีผลกระทบเลยในช่วงเวลาสั้นๆแต่อาจจะมีผลกระทบในระยะเวลานานเป็นปีๆ ซึ่งถ้าหมั่นดูแลรักษาบ่อยๆก็จะใช้งานได้เทียบเท่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

5.1.2.9 จากการทดสอบการสึกหรอของน้ำมันเครื่องยนต์ทั้งหมด สรุปได้ว่าน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฮดรอสเอทานอลนั้น มีการสึกหรอมากกว่าน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแอนไฮดรอสเอทานอล

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สำหรับการนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันจริงๆนั้น ในกรณีที่ยังไม่มีน้ำมันเครื่องยนต์ที่ผลิตมาสำหรับเชื้อเพลิงเอทานอล 100 % ควรจะเปลี่ยนน้ำมันเครื่องยนต์ทุกๆ 50 ชั่วโมง หรือ 3 เดือน ซึ่งนั่นหมายถึงครั้งรอบการทำงานของน้ำมันเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์ชนิดนี้นั่นเอง

5.2.2 สำหรับอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ที่ต้องสัมผัสกับเชื้อเพลิงเอทานอลโดยตรงนั้นควรจะเปลี่ยนเป็นรุ่นที่รองรับกับเอทานอลก่อนที่จะนำมาใช้งานจริง เพราะอาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้

5.2.3 ในกรณีที่ใช้งานเป็นเวลานานๆ ควรหมั่นตรวจสอบอุณหภูมิถังเก็บเชื้อเพลิงอยู่เสมอ เพราะว่า เอทานอลนั้นจุดเดือดต่ำ ถ้าอุณหภูมิของถังเก็บเชื้อเพลิงสูงอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 วิจัยผลการทดลอง

ในการวางแผนการทดลองนั้น ผู้วิจัยไม่มีการได้ศึกษาอย่างลึกซึ้งจึงทำให้ กระบวนการในการทำงานนั้นประสบปัญหาพอสมควรจึงทำให้ปัญหาส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน

(1) เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบใช้งานมานานจึงทำให้มีชิ้นส่วนบางชิ้นเสียหายจึงต้องใช้เวลาในการซ่อมแซม และเป็นเครื่องยนต์ที่ไม่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปจึงทำให้ต้องใช้เวลาในการหาอะไหล่พอสมควร

(2) เนื่องจากการจัดซื้ออุปกรณ์และน้ำมันเชื้อเพลิง ต้องไปซื้อในสถานที่ๆอยู่ไกลจึงต้องเวลาและค่าใช้จ่ายสูงจึงทำให้เกิดความล่าช้าขึ้น

(3) เนื่องจากผู้วิจัยขาดประสบการณ์ในการถอดประกอบเครื่องยนต์จึงทำให้เกิดการล่าช้าในการทำงาน

(4) ในการทดสอบน้ำมันเครื่องยนต์ทาง บริษัท ไฟคัสแล็บ จำกัด ได้ใช้เวลานานพอสมควรเนื่องจากในกระบวนการทดสอบค่อนข้างซับซ้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Li L, Liu Z, Wang H, Deng B, Xiao Z, Wang Z, Gong C, Su Y. Combustion and emissions of ethanol fuel (E100) in a small SI engine. SAE Technical Paper
- [2] Davis GW, Heil ET. The development and performance of a high blend ethanol fueled vehicle. 2000 Future car congress: Society of Automotive Engineers, Inc., SAE 2000-01-1602, Arlington, Virginia, USA, April 2–6; 2000.
- [3] ปิติพงษ์ สุดโต, “รถยนต์ไฮบริดเชื้อเพลิงเอทานอล” วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2554
- [4] ประทาน ศรีชัย, “การมองการลามของเปลวไฟและลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สผสมเอทานอล” วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2552
- [5] ปิยะพงษ์ ใจงาม, “การลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์” วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2548
- [6] Tolan, S. J. and Finn, R. K. 1987 Fermentation of D-Xylose and L-Arabinose to Ethanol by *Erwinia chrysanthemi*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 53 (9), 2033-2038.
- [7] ABNT. Road vehicles – engine test code – net effective power. NBR ISO 1585 Standard, Brazilian Association of Technical Standards, Brazil; 1996.
- [8] Ohta, K., Beall, D. S., Mejia, J. P., Shanmugam, K. T. and Ingram, L. O. 1991 Metabolic Engineering of *Klebsiella oxytoca* M5A1 for Ethanol Production from Xylose and Glucose, *Appl. Environ. Microbiol.*, 57 (10), 2810-2815.
- [9] SODRÉ JR. A parametric model for spark ignition engine turbulent flame speed. SAE Technical Paper 982920, Society of Automotive Engineers, Inc., USA; 1998
- [10] Prakash, C., “Use of Higher than 10 volume percent Ethanol/Gasoline Blends In Gasoline Powered Vehicles,” 1998.
- [10] Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions Rodrigo C. Costa 1, Jos R. Sodr



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MAINTENANCE SCHEDULE

REGULAR SERVICE PERIOD (3) Perform at every indicated month or operating hour interval, whichever comes first.		Each Use	First Month or 20 Hrs	Every 3 Months or 50 Hrs	Every 6 Months or 100 Hrs	Every Year or 300 Hrs	Refer to Page
ITEM							
Engine oil	Check level	○					9
	Change		○		○		9
Reduction case oil (applicable types)	Check level	○					9 – 10
	Change		○		○		10
Air filter	Check	○					10
	Clean			○ (1)	○ * (1)		11 – 12
	Replace					○ * *	
Sediment cup	Clean				○		12
Spark plug	Check-adjust				○		12
	Replace					○	
Spark arrester (applicable types)	Clean				○		13
Idle speed	Check-adjust					○ (2)	13
Valve clearance	Check-adjust					○ (2)	Shop manual
Combustion chamber	Clean		After every 500 Hrs. (2)				Shop manual
Fuel tank & filter	Clean				○ (2)		Shop manual
Fuel tube	Check		Every 2 years (Replace if necessary) (2)				Shop manual

- \* • Internal vent carburetor with dual element type only.  
• Cyclone type every 6 months or 150 hours.

ตารางที่ ก-1 แสดงเวลาการซ่อมบำรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**C U S T O M E R**  
Code : 20010  
Name : KMITL  
Address : 3 Moo 2, Chalokkrung Road  
Ladkrabang Bangkok 10520  
Site :  
Location :  
Test code : E80400 80400 811100

**E Q U I P M E N T**  
Unit ID : Anhydrous Ethanol 99 5  
Unit Type : Engine Gasoline  
Unit Make : MITSUKI  
Unit Model : EC3000AE  
Oil type / Viscosity : CASTROL ACTIV 4T SAE 20W40  
Oil System Capacity : 0.6 Liters

**Overall Condition Rating**

**Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)**

Components of dirt (silicon) slightly above normal, however, no abrasive wear noted.  
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.  
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.

Condition History		Current Sample			Previous Sample			Baseline and Alarm Limit						
		Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.				
Lab ID		N	N	A	W	N	A	W	N	W	<b>Alarm Limit</b>			
Bottle ID											Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Date Sampled											Engine Gasoline General			
Oil Hours (Kms)											Castrol Activ 4T SAE 20W40			
Unit Hours (Kms)														
Oil Added (Liters)														
Filters Hours (Kms)														
<b>Wear Condition</b>											RDE fine	RFS coarse		
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse			U-Caution	U-Warning		
Iron	D-6596	PPM	95.6	51.5	180.3	201.1	178.6	473.8	W	0	>100	>200		
Chromium	D-6595	PPM	4.5	0.4	13.8	4.2	14.0	11.5	0	>40	>60			
Lead	D-6595	PPM	0.2	0.5	0.5	0.0	0.9	0.0	0	>40	>60			
Copper	D-6596	PPM	2.2	0.5	4.4	1.1	2.6	1.9	0	>40	>60			
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.9	0.9	0.0	1.1	2.1	0	>40	>60			
Aluminum	D-6595	PPM	11.9	3.0	42.2	24.2	39.7	65.3	W	>40	>60			
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0	1.3	0.0	1.2	0.0	0					
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0					
Molybdenum	D-6595	PPM	44.0	1.0	39.2	4.0	41.1	14.3	42					
Titanium	D-6595	PPM	0.0	5.3	0.0	2.2	0.0	4.4	0					
<b>Oil Condition</b>											U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt	128.5		135.7		132.7			122.2				
Viscosity @ 100°C	D-446	cSt	14.0		14.4		14.2			13.6	<9.54	<11.59		
Oxidation	FTIR	Abs	6.0		9.2		7.6			5.0	>10	>11.2		
Nitration	FTIR	Abs	6.4		7.6		7.1			5.3	>10.6	>11.9		
TAN	D-574	mg/100g												
TBN	D-4739	mg/100g	9.7		7.3		7.5			7.4	<2	<3.69		
<b>Contamination</b>											U-Caution	U-Warning		
Water	FTIR	% (WT)	0.093		0.109		0.100				>0.2	>0.5		
Fuel	SAW	% (WT)									>5	>7.5		
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0							
Soot	FTIR	% (WT)	0.76		0.79		0.79				>1.5	>2.5		
Vanadium	D-6595	PPM	0		0		0			0				
Sodium	D-6595	PPM	4		19		17			2	>50	>100		
Silicon	D-6595	PPM	9.3	11.4	31.3	18.6	28.2	47.6	W	2	>10	>30		
<b>Additive Element</b>											RDE fine	RFS coarse		
Boron	D-6595	PPM	17		6		9			41				
Magnesium	D-6595	PPM	1179		1142		1123			1062				
Calcium	D-6595	PPM	521		526		501			493				
Barium	D-6595	PPM	0		0		0			0				
Phosphorus	D-6595	PPM	875		670		742			966				
Zinc	D-6595	PPM	1262	94	1202	125	1211	443		1207				
<b>Additional Test</b>											U-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Flash Point	D-3828	°C	217		216		212			210				
Viscosity Index	D-2270													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.  
 No Sign or **N** : NORMAL , **C** or **A** : CAUTION (first level warning limit) , **W** or **W** : Warning (second level warning limit)  
**U-Caution** : Upper CAUTION Level **L-Caution** : Lower CAUTION Level **U-Warning** : Upper WARNING Level **L-Warning** : Lower WARNING required Level  
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".  
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.  
 First Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level  
 Second Level Alarm Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level  
 TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification  
 No warranty is expressed or implied for this report.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง ตำราที่ ก-2 ผลการทดสอบน้ำมันเครื่องยี่ห้อที่ใช้เชื้อเพลิงแวนไดล์สเอทานอล

**C** Code : 20010  
**U** Name : KMITL  
**S** Address : 3 Moo 2, Chalongkrung Road  
 Lakkrabang Bangkok 10520  
**T** Site :  
**O** Location :  
**M** Test code : E80400 60400 611.100

**E** Unit ID : Hydrous Ethanol 95  
**Q** Unit Type : Engine Gasoline  
**I** Unit Make : MITSUBI  
**P** Unit Model : EC3000AE  
**M** Oil type / Viscosity : CASTROL ACTIV 4T SAE 20W40  
**E** Oil System Capacity :

**Overall Condition Rating**

**Notes (Finding, Evaluation, Interpretation, Suggestion and Recommendation)**

Note abnormal iron detected.  
 Dirt (silicon) is present and resulting in abrasive wear.  
 Oil condition tests indicate that the oil is slightly degraded.  
 Recommend check to determine how dirt is entering the system and correct the problem to prevent further dirt entry.  
 Recommend change oil and flush system with clean oil to remove contamination, if the oil from this sample is still in use in this component.

Condition History	Current Sample			Previous Sample			Baseline and Alarm Limit		
	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
Lab ID	206524	206523	206522						
Bottle ID	3	2	1						
Date Sampled	23-Jan-13	22-Jan-13	21-Jan-13						
Oil Hours (Kms)	75	50	25						
Unit Hours (Kms)	Not Given	Not Given	Not Given						
Oil Added (Liters)									
Filters Hours (Kms)									
<b>Wear Condition</b>									
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	Index
Iron	D-6595	PPM	261.2 W	673.2 W	245.3 W	235.2 W	221.5 W	85.7	0
Chromium	D-6595	PPM	31.0	17.9	28.1	11.8	21.6	2.9	0
Lead	D-6595	PPM	1.4	0.0	1.3	1.0	1.0	0.0	0
Copper	D-6595	PPM	7.5	2.0	5.8	1.3	4.5	0.6	0
Tin	D-6595	PPM	1.1	0.8	1.2	1.7	0.5	0.0	0
Aluminum	D-6595	PPM	72.6 W	61.9 W	68.2 W	52.9	63.7 W	22.5	0
Nickel	D-6595	PPM	1.1	0.4	0.7	0.3	0.4	0.0	0
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Molybdenum	D-6595	PPM	46.8	2.9	42.5	4.3	39.9	4.6	42
Titanium	D-6595	PPM	0.8	2.5	0.8	1.5	0.5	2.3	0
<b>Oil Condition</b>									
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	148.1		137.1		132.8		122.2
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.3		14.7		14.5		13.6
Oxidation	FTIR	Abs	14.2 W		10.5		8.2		5.0
Nitration	FTIR	Abs	9.7		8.0		7.2		5.3
TAN	D-974	% KOH/g							7.4
TBN	D-4739	% KOH/g	6.2		6.8		7.8		7.4
<b>Contamination</b>									
Water	FTIR	% (WT)	0.138		0.117		0.103		0
Fuel	SAW	% (WT)							0
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0		0
Soot	FTIR	% (WT)	0.80		0.80		0.80		0
Vanadium	D-6595	PPM	0		0		0		0
Sodium	D-6595	PPM	25		18		14		2
Silicon	D-6595	PPM	65.0 W	52.7 W	57.3 W	54.6 W	51.8 W	23.5	2
<b>Additive Element</b>									
Boron	D-6595	PPM	11		13		19		41
Magnesium	D-6595	PPM	1337		1171		1082		1062
Calcium	D-6595	PPM	688		591		551		493
Barium	D-6595	PPM	0		0		0		0
Phosphorus	D-6595	PPM	870		806		837		986
Zinc	D-6595	PPM	1368	162	1238	145	1165	133	1207
<b>Additional Test</b>									
Flash Point	D-3628	°C	215		218		201		210
Viscosity Index	D-2270								

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.  
 No Sign or **N** : NORMAL , **C** or **!** : CAUTION (first level warning limit) , **W** or **!** : Warning (second level warning limit)  
**U-Caution** : Upper CAUTION Level **L-Caution** : Lower CAUTION Level  
**U-Warning** : Upper WARNING Level **L-Warning** : Lower WARNING required Level  
 Baseline will be data of either "The new oil" or "Reference oil" or "Oil specification".  
 Accuracy of interpretation and recommendation are based on representative sample and information supplied.  
 First Level Alarm /Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level  
 Second Level Alarm /Alert Limit in Upper Level and/or Lower Level  
 TNO = The new oil , RO = Reference oil , OS = Oil Specification  
 No warranty is expressed or implied for this report.

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... Focuslab Ltd. 2/39 Thosapoi Land 4 Bldg., Bangna-Trad Rd KM-3 Bkk 10260 Thailand | http://www.focuslab.co.th | Email: focuslab@focuslab.co.th | Tel: +662 361 8600 | Fax: +662 361 8567  
 FL-6.5 Page 1/4

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ตารางที่ ก-3 ผลการทดสอบน้ำมันเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฮดรอลิก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



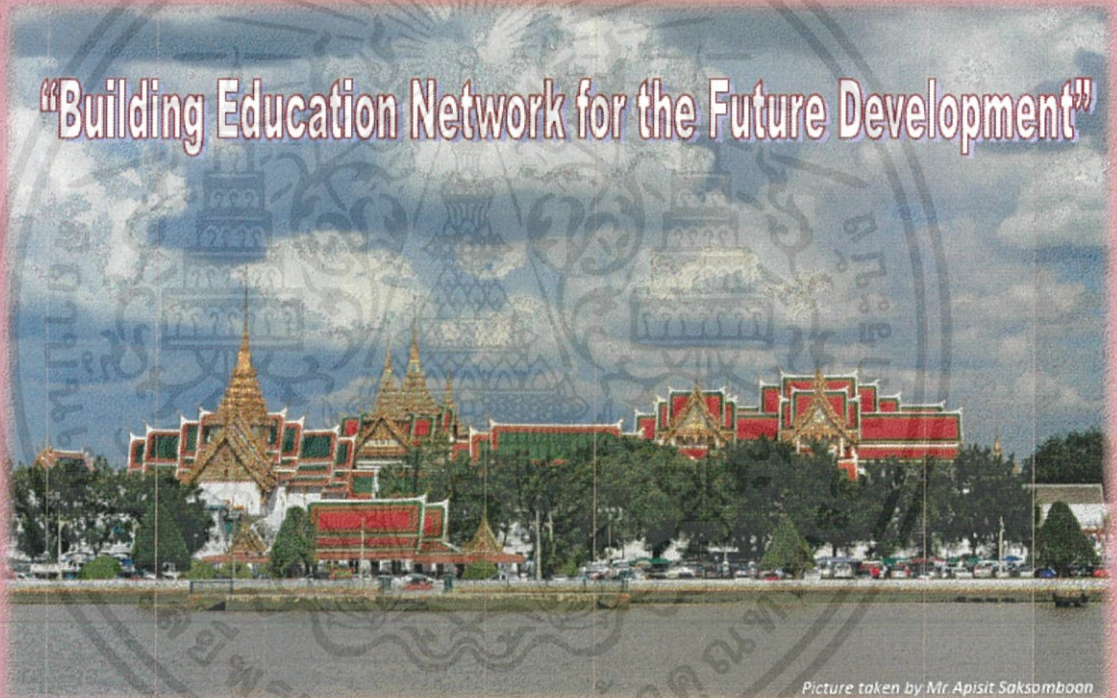
**AUN/SEED-Net**



## Book of Proceeding Abstracts

The 5<sup>th</sup> AUN/SEED-Net Regional Conference in  
Mechanical and Aerospace Technology

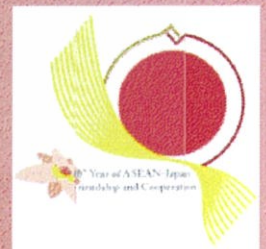
**“Building Education Network for the Future Development”**



*Picture taken by Mr. Apisit Saksomboon*

**12-13 Feb, 2013**  
**Asia Hotel, Bangkok**  
**THAILAND**

**ISBN: 978 – 616 – 515 – 626– 6**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำเนื้อหาไปใช้เพื่อการค้าหรือ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Performance and Emissions Optimization of Hydrous Ethanol Small SI Engine

Ratchadabhorn Pankaew<sup>1</sup>, Rathapong Kamool<sup>1</sup>, Rerngchai Kerdpol<sup>1</sup>,

Supod Sena<sup>1</sup>, Athiwat Butmarasri<sup>2</sup>, Wittawat Imerb<sup>2</sup>, Pongsak Kamool<sup>1</sup>,

Preechar Karin<sup>2</sup> and Chinda Chareonphonphanich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, <sup>2</sup>International College,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520  
E-mail: sareepann@hotmail.com

**Abstract :** This research was conducted to evaluate a spark ignition engine in order to use alternative fuel, hydrous ethanol. The research will focus on the comparison of chemical and physical properties between hydrous and anhydrous ethanol. Mechanical efficiency, pollution and fuel consumption of the engine were investigated by modification of fuel system to close with stoichiometric combustion. In the view point of global warming and engine pollution, this research would be helpful for Thailand and ASEAN users to consider about the possibility of using hydrous ethanol in a small SI engine.

**Keywords :** Anhydrous ethanol, Hydrous ethanol, SI Engine

## 1. Introduction

Nowadays, it is widely accepted that the ethanol SI engine. It reduces tailpipe emissions about 30 percent, and also reduces greenhouse gas emissions by up to 59 percent from well to wheel. It also reduces the crude oil import, saving resources used for transportation and reducing the risk of harmful oil spills [1].

Due to energy crisis makes the fuel price rise and more likely to be in fossil fuel poverty in the near future, using of biofuels such as ethanol or biodiesel could play an important role in order to reduce the fossil fuel consumption rate. Thailand has the high ability to produce ethanol due to having a lot of domestic plant material such as sugarcane, maize and cassava. Furthermore, the ethanol also reduces

emissions of hydrocarbons, a major contributor to the depletion of the ozone layer. Therefore, we applied the gasoline engine to work with ethanol, hydrous ethanol, due to is the most concentrated grade of ethanol that can be produced by simple distillation, which uses a blend of 94-95% ethanol to 5-6% water and anhydrous ethanol means an ethyl alcohol that has a purity of at least 99%. Normally, anhydrous is more popular than hydrous ethanol due to anhydrous has more a purity than hydrous ethanol but has more cost for distillation process [2].

We found the problem of using anhydrous ethanol with the high cost in distillation process. It is a good idea to reduce production cost by using ethanol that can be produced by simple distillation such the hydrous ethanol. The present research is comparison of anhydrous and hydrous SI engine performance and emissions evaluation for better

understanding. Consequently, the objectives of this study are to modify and evaluate (engine performance and pollution) a small SI engine in order to use hydrous and anhydrous ethanol fuel.

## 2. Methodology

Table 1 shows the comparison of hydrous and anhydrous ethanol stoichiometric combustion by equation (1). The engine, main jet and developed vehicle are shown in Fig.1, 2 and 3, respectively.

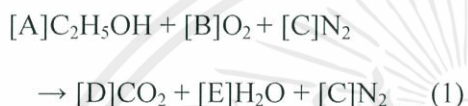


Table 1. Mole number of fuels

Hydrous ethanol	Anhydrous ethanol
[A]=1.0	[A]=1.0
[B]=3.0	[B]=3.0
[C]=11.18	[C]=11.18
[D]=2.0	[D]=2.0
[E]=3.08	[E]=3.0



Figure 1. Small SI Engine



Figure 2. Main Jet of Carburetor



Figure 3. Car for Engine Installation

## 3. Results and Analysis

The results of this research present two sections as the step to find the suitable main jet size of hydrous ethanol and anhydrous ethanol.

First section, find theoretical main jet size to install into carburetor when use anhydrous ethanol as a fuel, that is:

$$AF = \frac{m_a}{m_f} = \left[ \left( \frac{A_a}{A_f} \right) \left( \frac{C_a}{C_f} \right) \left( \frac{Y_a}{Y_f} \right)^{0.5} \right] \quad (2)$$

Theoretical main jet size of carburetor for hydrous ethanol fuel is No. 102. Figure 3(a) shows the result of four main jets test with various loads, 0W-3000W. There is two main jets size can be used for all of load, is No. 115 and 120. Figures 3(b) and 3(c) show the result of main jets No.115 and No.120 emissions test with various loads, 0W-3000.

Second section, find theoretical main jet size to install into carburetor when use hydrous ethanol as a fuel. From equation (2), theoretical main jet size of carburetor for anhydrous ethanol fuel is No. 104. Figure 4(a) shows the result of four main jets test with

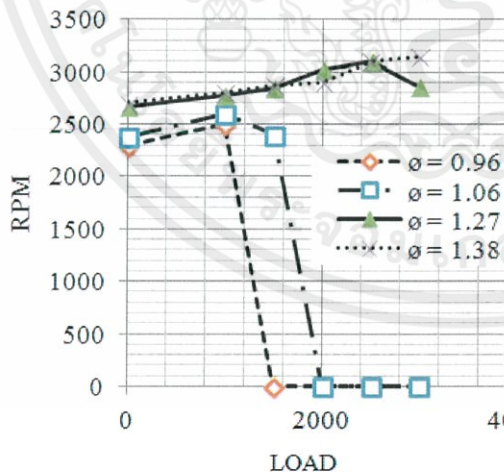
various loads, 0W-3000W. There is two main jets can be used for all of load, is No. 115 and 120. Figure 4(b) and 4(c) show the result of main jets No.115 and No.120 emissions test with various loads, 0W-3000W.

From all of results, the engine performances and emissions level of both fuels are comparable. The main jet No. 115 is best for both cases. Finally, the brake specific fuel consumption (BSFC) can be estimated by equation (3)

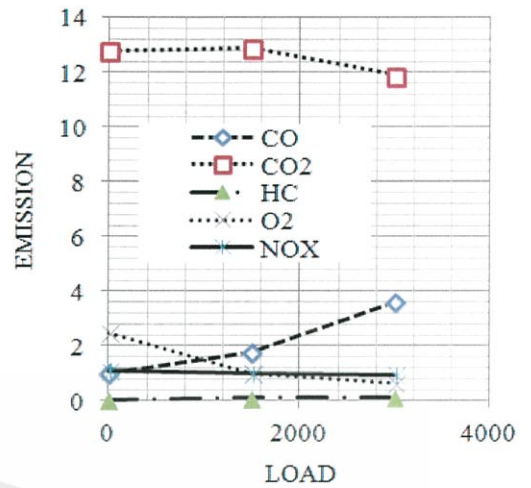
$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{\dot{w}_b} \quad (3)$$

For anhydrous and hydrous ethanol engine at 2000W load, BSFC are  $1.673 \times 10^{-4}$  kg/kW-sec and  $1.835 \times 10^{-4}$  kg/kW-sec, respectively. In addition, brake specific energy consumptions (BSECs) of anhydrous and hydrous ethanol engine at 2000W load are 4.50 kJ/kW-sec and 4.58 kJ/kW-sec, respectively, where the heating value of anhydrous and hydrous ethanol are 26900 kJ/kg and 24995 kJ/kg, respectively.

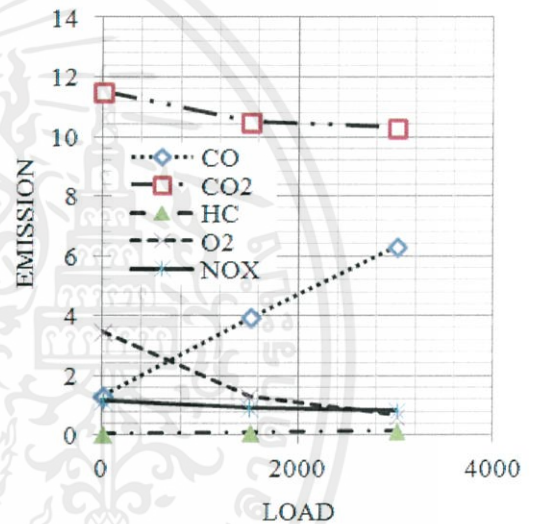
[7]



(a) Anhydrous Ethanol Engine Performance



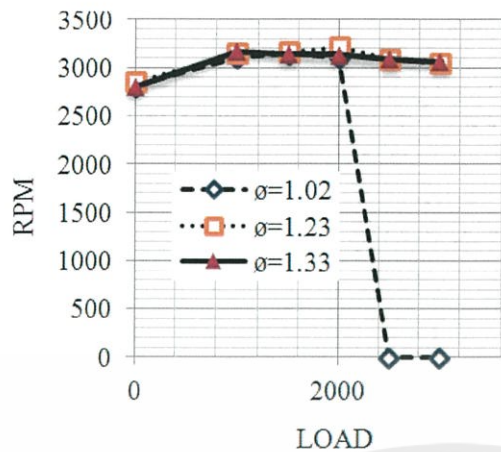
(b) Anhydrous Ethanol Engine Emissions (Main Jet No.115)



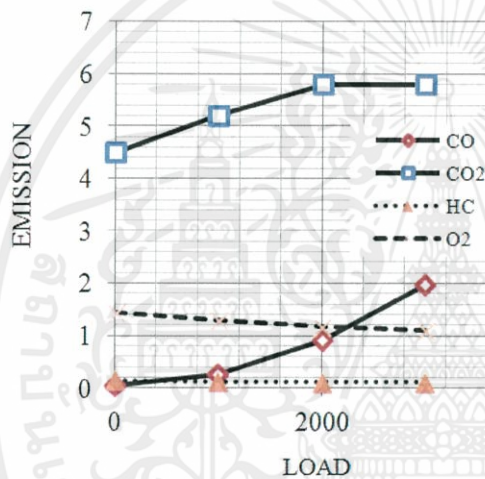
(c) Anhydrous Ethanol Engine Emissions (Main Jet No.120)

Figure 3. Results of Anhydrous Ethanol Engine (a) Performance, (b) Emissions of Main Jet No.115 and (c) Main Jet No.120

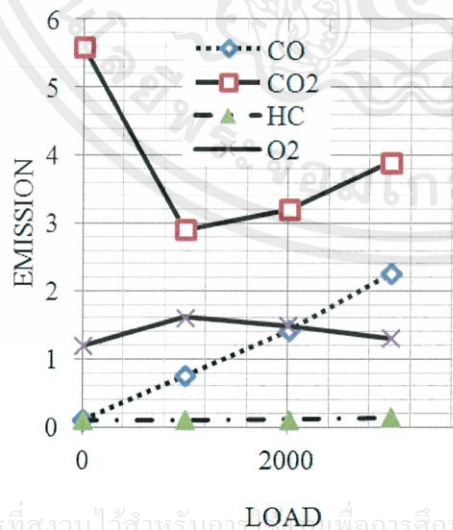
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Hydrous Ethanol Engine Performance



(b) Hydrous Ethanol Engine Emissions (Main Jet No.115)



(c) Hydrous Ethanol Engine Emissions (Main Jet No.120)

Figure 4. Results of Hnhydrous Ethanol Engine (a) Performance, (b) Emissions of Main Jet No.115 and (c) Main Jet No.120



Figure 5. Measurement the Fuel Consumption of hydrous and anhydrous ethanol



Figure 6. Measurement Electricity at 2000W and 3000W .

Table 3. Compare electricity of hydrous and anhydrous ethanol.

Fuel Load	Hydrous Ethanol (A)	Anhydrous Ethanol (A)
2000	8.65	8.67
3000	12.8	12.89

BSFC and BSEC could be calculated by measure the fuel consumption rate and electricity load as shown in Fig. 5 and 6, respectively. Electricity load are summarized in Table 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น (c) Hydrous Ethanol Engine Emissions (Main Jet No.120) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. Conclusion and Suggestion

Using ethanol efficiently should modify main jet to bigger because of low heating value when compared with gasoline. Emission and performance of hydrous and anhydrous ethanol are acceptable level. In case of fuel consumption can conclude anhydrous has brake specific fuel consumption 9.7% and brake specific energy consumption 1.8% better than hydrous ethanol.

#### Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the financial support from the Energy Conservation Promotion Fund, Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, 2012.

#### References

- [1] Li L, Liu Z, Wang H, Deng B, Xiao Z, Wang Z, Gong C, Su Y. Combustion and emissions of ethanol fuel (E100) in a small SI engine. SAE Technical Paper
- [2] Davis GW, Heil ET. The development and performance of a high blend ethanol fueled vehicle. 2000 Future car congress: Society of Automotive Engineers, Inc., SAE 2000-01-1602, Arlington, Virginia, USA, April 2–6; 2000.
- [3] Tolan, S. J. and Finn, R. K. 1987 Fermentation of D-Xylose and L-Arabinose to Ethanol by *Erwinia chrysanthemi*, Appl. Environ. Microbiol., 53 (9), 2033-2038.
- [4] ABNT. Road vehicles – engine test code – net effective power. NBR ISO 1585 Standard, Brazilian Association of Technical Standards, Brazil; 1996.
- [5] Ohta, K., Beall, D. S., Mejia, J. P., Shanmugam, K. T. and Ingram, L. O. 1991 Metabolic Engineering of *Klebsiella oxytoca* M5A1 for Ethanol Production from Xylose and Glucose, Appl. Environ. Microbiol., 57 (10), 2810-2815.
- [6] SODRÉ JR. A parametric model for spark ignition engine turbulent flame speed. SAE Technical Paper 982920, Society of Automotive Engineers, Inc., USA; 1998
- [7] Prakash, C., “Use of Higher than 10 volume percent Ethanol/Gasoline Blends In Gasoline Powered Vehicles,” 1998.
- [7] Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions Rodrigo C. Costa 1, Jos R. Sodr.