

สัญญาเลขที่ 010/2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เอทานอล E95

เป็นเชื้อเพลิง

(A STUDY OF GASOLINE ENGINE PERFORMANCE FUELED BY
ETHANOL E95)

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.พิชัย อัมมมงคล

นายสมมาส แก้วล้วน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สนับสนุนโดยทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาสมรรถนะและการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เอทานอล 95%เป็นเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน 91 เป็นเชื้อเพลิง โดยใช้เครื่องยนต์ MITISUBISHI รุ่น G 13 BEP 7606 เพื่อการศึกษา งานวิจัยจะทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงก่อน จากนั้นได้ใช้เครื่องยนต์เดียวกัน ทดสอบเอทานอล 95 % โดยการทดสอบนั้นได้เปลี่ยนแปลงความเร็วรอบตั้งแต่ 2000 ถึง 6000 rpm. โดยใช้ภาระงานเต็มที่ (Full Load) และจะใช้เชื้อเพลิง 200 cm³ (หรือ cc.) ต่อครั้ง เครื่องทดสอบสมรรถนะจะใช้ EDDY CURRENT TEST BED และ OLIVER K 9000 เป็นอุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซไอเสีย จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลให้ค่าแรงบิด (Torque) และ กำลังเบรค ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนแต่จะให้ ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร และประสิทธิภาพเชิงความร้อน สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนที่ 3000 rpm โดยประมาณที่ 11% และ 5 % ตามลำดับ และผลจากการวิเคราะห์ไอเสียพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนมาก แต่ปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สูงกว่าเล็กน้อย. ดังนั้นเอทานอลน่าจะมีแนวโน้มที่จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนได้ อีกทั้งก่อให้เกิดมลพิษที่ต่ำและราคาถูกกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ABSTRACT

The purpose of this research was to study gasoline engine performance and exhaust emission when ethanol was used as the fuel in the engine. The results obtained when operated with ethanol were compared to results from the engine operated with gasoline fuel (gasoline 91). Engine used in the experiment was MITISUBISHI MODAL G 13 BEP 7606 with a volume of 1300 cc. The engine performances test were performed with the eddy current test bed and exhaust emission was conducted with the Oliver K 9000. Firstly, engine performance with gasoline fuel was studied then; it followed with ethanol experiment at concentrations of 95 % (E95). Engine performance was tested with full load when the engine runs at engine speed from 2,000 rpm to 6,000 rpm sequentially. The amount of fuel feed was 200 CC each run. Results shown that exhaust gas have much lower CO but gave slightly higher CO₂ and HC when the engine operated with ethanol than that with gasoline. For engine performance test, ethanol gave higher volumetric efficiency and thermal efficiency of up to 11 % and 5% respectively. However, engine operated with ethanol gave not significant lower in torque and power. This can be concluded that ethanol have a good tendency to be used as alternative fuel with lower fuel cost.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และ ขอขอบคุณ คุณลิขิต ไสหนู ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ตลอดจนเจ้าหน้าที่และนิสิตประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

5 กรกฎาคม 2550

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
 บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	3
2.2 อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง	5
2.3 เชื้อเพลิง	7
2.4 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	8
2.5 กระบวนการเผาไหม้ทางทฤษฎีและที่เป็นจริง	9
2.6 เชื้อเพลิงเอทานอล	10
2.7 การประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์	19
2.8 สมดุลย์พลังงาน	24
2.9 สารมลพิษในไอเสีย	25
2.10 มาตรการการควบคุมพิษจากไอเสีย	27
 บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	29
3.2 วิธีการทดสอบ	37

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะและการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์	38
4.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลกับแก๊สโซลีน	39
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก ก	53
ภาคผนวก ข	57
สัญลักษณ์ย่อและคำอธิบาย	62
ประวัติผู้วิจัย	64



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	เนื้อที่เพาะปลูกผลิต และผลิตไร่ ของมันสำปะหลัง	11
ตารางที่ 2.2	คุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Characteristics of Fuel)	18
ตารางที่ 2.3	ส่วนประกอบไอเสียเมื่อมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	26
ตารางที่ 3.1	รายละเอียดของเครื่องยนต์ MITSUBISHI รุ่น G13 BEP 7606	29
ตารางที่ ข-1	ตารางความหนาแน่นของเอทานอล	58



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	ภาพแสดงเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	3
รูปที่ 2.2	แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	4
รูปที่ 2.3	อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงทางทฤษฎีสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์	6
รูปที่ 2.4	ขั้นตอนการผลิตเอทานอล	12
รูปที่ 2.5	ไดนาโมมิเตอร์	20
รูปที่ 3.1	เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์	30
รูปที่ 3.2	เครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์	30
รูปที่ 3.3	อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ	31
รูปที่ 3.4	อุปกรณ์วิเคราะห์ไอเสีย OLIVER K 9000	32
รูปที่ 3.5	อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง	32
รูปที่ 3.6	อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ	33
รูปที่ 3.7	คาร์บูเรเตอร์ (MITSUBISHI G13 BEP 7606)	34
รูปที่ 3.8	ขนาดของนมหนูในคาร์บูเรเตอร์	34
รูปที่ 3.9	ไดอะแกรมแสดงชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์	35
รูปที่ 4.1	แสดงกราฟการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่ ความเร็วรอบต่างๆ	39
รูปที่ 4.2	แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังเบรคของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	40
รูปที่ 4.3	แสดงกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	41
รูปที่ 4.4	แสดงกราฟการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	42
รูปที่ 4.5	แสดงกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	43

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 แสดงกราฟการเปรียบเทียบบัพหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน และเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	44
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟการปลดปล่อย CO ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล เป็นเชื้อเพลิง	45
รูปที่ 4.8 แสดงกราฟการปลดปล่อย HC ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล เป็นเชื้อเพลิง	46
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟการปลดปล่อย CO ₂ ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล เป็นเชื้อเพลิง	47
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟการปลดปล่อย O ₂ ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล เป็นเชื้อเพลิง	48
รูปที่ ก1 Heat balance gasoline 91	55
รูปที่ ก2 Heat balance ethanol 95 %	56
รูปที่ ก3 Heat balance of fuel	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากปัญหาราคาน้ำมันในตลาดโลกได้ปรับตัวสูงขึ้นอย่างมาก ซึ่งอาจเป็นปัญหาต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย ซึ่งประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเพื่อเป็นเชื้อเพลิงมากกว่า 90 % ของปริมาณการใช้น้ำมันในประเทศไทยทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถกำหนดกลไกของราคาน้ำมันได้เองต้องปล่อยให้ขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันในตลาดโลกซึ่งมีแนวโน้มว่าจะมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ประเทศไทย ขาดเสถียรภาพทางด้านพลังงานและด้านเศรษฐกิจ ที่สำคัญมีการคาดการณ์ว่าปริมาณน้ำมันของโลกอาจถูกใช้หมดไปภายใน 50 ปีข้างหน้า หากยังมีอัตราการใช้น้ำมันในปริมาณสูงเช่นในปัจจุบัน ดังนั้นการแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงานจากทรัพยากรภายในประเทศเพื่อมาทดแทนการนำเข้าและเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ในอนาคตที่จะถึงจึงมีความจะเป็นอย่างยิ่ง

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพื่อหาเชื้อเพลิงที่จะมาทดแทนน้ำมัน ซึ่งเอทานอล (Ethanol) ก็เป็นเชื้อเพลิงอีกชนิดหนึ่งที่มีความสนใจเป็นอย่างมากได้แก่ กากที่เหลือจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น อ้อย, มันสำปะหลัง มาใช้ผลิตเอทานอลในราคาถูกที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันแก๊สโซลีนและดีเซล โดยผลการศึกษาและการทดลองใช้ที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าการนำเอทานอลมาใช้ทดแทนน้ำมันเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาค่าที่ดียิ่งขึ้นทั้งยังมีความเป็นไปได้สูงที่จะพัฒนาไปสู่เชิงพาณิชย์ ในอนาคตต่อไป

แต่ในการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ผ่านมา ส่วนมากจะเป็นการนำมาผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน ซึ่งเรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) (แก๊สโซฮอล์ 95 และแก๊สโซฮอล์ 91 เป็นต้น) และผสมกับน้ำมันดีเซล ซึ่งเรียกว่า ดีโซฮอล์ (Diesohol) ซึ่งสามารถใช้ได้กับรถยนต์โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงเครื่องยนต์แต่อย่างใด (ยังไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน) แต่ในการนำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์โดยไม่ผสมยังมีการศึกษาและนำมาใช้น้อยมาก

เพราะฉะนั้นโครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงสมรรถนะและไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลต่อไปรวมถึงการประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอลมาเป็นเชื้อเพลิง และเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลE95และเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่ใช้แก๊สโซลีน 91เป็นเชื้อเพลิง
2. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลE95 และเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่ใช้แก๊สโซลีน 91เป็นเชื้อเพลิง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้เครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะที่มีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงชนิดคาร์บูเรเตอร์
2. ใช้เอทานอล 95% เป็นเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบกับการใช้แก๊สโซลีน 91 เป็นเชื้อเพลิง
3. ทำการทดสอบที่ ภาระงานคงที่ และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสมรรถนะและการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลได้
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาหาเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันในอนาคต
4. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อลดการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

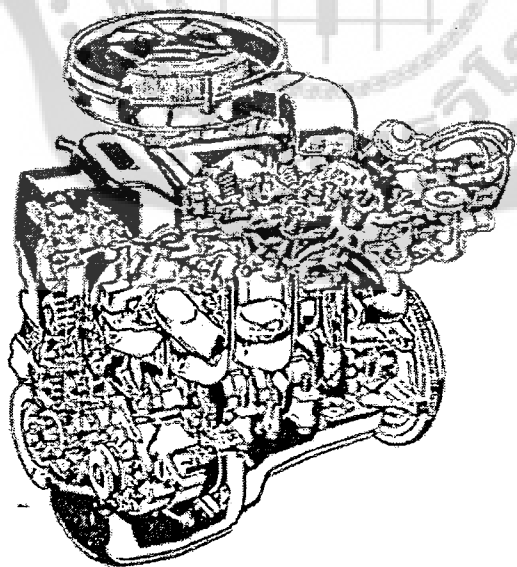
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือที่เรียกว่าเครื่องยนต์กลวัตรอดโต (Otto cycle) หรือเครื่องยนต์ S.I. (Spark – Ignition Engine) เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน มีการจุดระเบิดส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศที่เรียกว่า ไอดี (Air – fuel mixture) โดยการใช้ประกายไฟ และใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเบาที่มีการระเหยง่าย หรือก๊าซธรรมชาติ เช่น น้ำมันแก๊สโซลีน แก๊สโซฮอลล์ เอทานอล เมทานอล มีเทน หรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นต้น

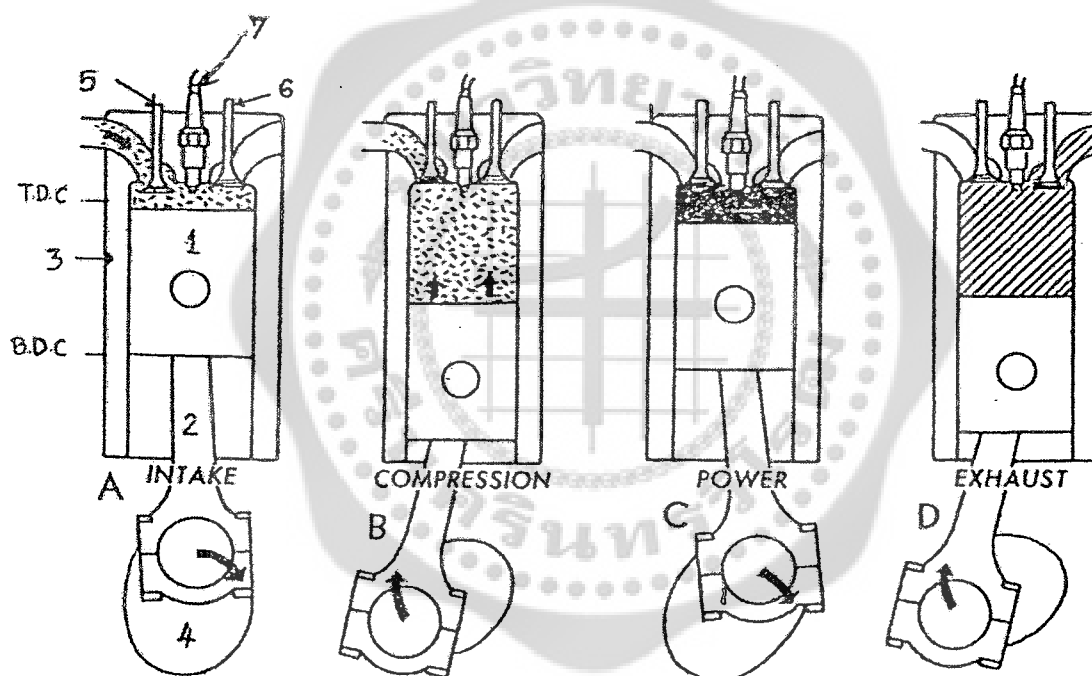
เครื่องยนต์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็ก เครื่องยนต์ขนาดกลางที่ใช้กับรถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถยนต์นั่งทั่ว ๆ ไป หรือเครื่องยนต์อากาศยาน เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

2.1.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบลูกสูบ 4 จังหวะ จะทำงานตามวัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะ ที่จะทำให้ครบรอบการทำงานคือ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิด หรือจังหวะกำลัง และจังหวะคาย ในขณะที่เครื่องยนต์แบบลูกสูบทำงานนั้นลูกสูบจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในกระบอกสูบและถ่ายเทกำลังผ่านก้านสูบไปยังเพลาค้อเหวี่ยง ซึ่งการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของลูกสูบนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยง เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะทำงานครบรอบการทำงานเมื่อเพลาค้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ จะได้กำลังงานจากการจุดระเบิด 1 ครั้ง ซึ่งแต่ละจังหวะมีหลักการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) วาล์วไอดี (5) จะเปิด วาล์วไอเสีย (6) ปิด ลูกสูบ (1) เคลื่อนที่จากศูนย์ตายบน (Top Dead Center, TDC) ลงสู่ศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, BDC) เพื่อดูดส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศที่เรียกว่า ไอดี (Air Fuel Mixture) ผ่านทางวาล์วไอดี เข้าไปในกระบอกสูบ (3) ในจังหวะที่แรงดันภายในกระบอกสูบจะต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศ จังหวะนี้จะมีติดต่อกันไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่างจะหมดจังหวะ ซึ่งขณะนี้ไอดีจะถูกดูดเข้ามาบรรจเต็มกระบอกสูบ เพลาค้อเหวี่ยงหมุน (4) ได้ 180 องศา

2. จังหวะอัด (Compression Stroke) จังหวะนี้จะต่อเนื่องมาจากจังหวะดูด โดยหลังจากลูกสูบ (1) เคลื่อนที่ลงมาถึงศูนย์ตายล่าง (BDC) แล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน (TDC) โดยในจังหวะนี้ทั้งวาล์วไอดี (5) และวาล์วไอเสีย (6) จะปิดสนิท ไอดีจะถูกอัดตัวเรื่อย ๆ ตามการเคลื่อนที่ของลูกสูบทำให้มีปริมาตรน้อยลงทำให้ไอดีกำลังดันสูงขึ้น ขณะนี้เพลาช้อเหวี่ยง (4) หมุนไปได้ครบ 1 รอบ 360 องศา

3. จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง (Power Stroke) จังหวะนี้จะเกิดขึ้นตอนปลายจังหวะอัดโดยขณะที่ลูกสูบเลื่อนขึ้นถึงศูนย์ตายบน (TDC) ในจังหวะอัดเพียงเล็กน้อย หัวเทียน (7) จะจุดประกายไฟทำให้ไอดีเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นภายในกระบอกสูบ (3) อย่างรวดเร็ว กำลังดันจากการเผาไหม้นี้จะดันลงที่หัวลูกสูบ (1) ทำให้ลูกสูบเลื่อนลงอย่างรุนแรง เราจึงได้งานจากจังหวะนี้ โดยเพลาช้อเหวี่ยง (4) หมุนไปได้ 540 องศา

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) หลังจากลูกสูบ (1) เคลื่อนที่ลงจนถึงศูนย์ตายล่าง (BDC) แล้ว วาล์วไอเสีย (6) จะเปิด (วาล์วไอดีปิด) เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นก็จะไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบ (3) ทางวาล์วไอเสีย จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนขึ้นถึงศูนย์ตายบน (TDC) วาล์วไอเสียก็จะปิดเป็นการทำงานครบ 4 จังหวะ ซึ่งเพลาช้อเหวี่ยง (4) จะหมุนครบ 2 รอบหรือ 720 องศา การทำงานจะเป็นเช่นนี้หมุนเวียนกันไปตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงานคือ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง และจังหวะคาย เป็นวัฏจักรจนกว่าจะสิ้นสุดการทำงานของเครื่องยนต์

2.2 อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์ S.I. ต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้องแน่นอนในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ปริมาณของอากาศที่ต้องการทางทฤษฎีคือปริมาณของอากาศ ซึ่งต้องเพียงพอสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง รูปที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงโดยน้ำหนัก อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงทางอุดมคติคือ 14 : 1 (อากาศ 14 กิโลกรัม : เชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม) ถ้าในเทอมของปริมาตรอากาศประมาณ 9,800 ลิตร สำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง 1 ลิตร เครื่องยนต์ S.I. จะทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้อากาศลดน้อยลง 10 % (สัมพันธ์กับความต้องการทางทฤษฎี) และจะมีความสิ้นเปลืองต่ำสุดเมื่อใช้อากาศเพิ่มขึ้น 10 %

		14 กิโลกรัม อากาศ		
1 กิโลกรัม เชื้อเพลิง				

รูปที่ 2.3 อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงทางทฤษฎีสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

ถ้ามีการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น (เชื้อเพลิงมากกว่าที่ต้องการสำหรับอัตราส่วนทางทฤษฎี 14 : 1) ดังนั้นอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะหนา และเชื้อเพลิงจะถูกนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ ยิ่งกว่านั้นสัดส่วนของสารที่ไม่เผาไหม้ สารพิษ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในก๊าซไอเสียจะสูงมาก และในกรณีอื่นๆ ก็คือเมื่อปริมาณของเชื้อเพลิงลดน้อยลง อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะบาง ทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงช้าลง เป็นผลให้การทำงานของเครื่องยนต์ตกลงแต่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุผลอันนี้เมื่อเครื่องยนต์ S.I. ถูกใช้งานกับคาร์บูเรเตอร์หรือกับระบบหัวฉีดแก๊สโซลีน กระบอกสูบทั้งหมดจึงต้องได้รับการจ่ายอัตราส่วนผสมภายในขีดจำกัดที่แน่นอน และในกรณีของเครื่องยนต์ S.I. ขีดจำกัดของอัตราส่วนผสมคือ $\lambda < 0.7$ หรือ $\lambda > 1.3$

$$\lambda = \frac{(A/F)_{\text{Act}}}{(A/F)_{\text{th}}}$$

เมื่อ λ คือ อัตราส่วนผสมไอดี

A/F_{Act} คือ ความต้องการอากาศที่เป็นจริง

A/F_{th} คือ ความต้องการอากาศทางทฤษฎี

จำนวนของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปในกระบอกสูบขึ้นอยู่กับโหลด (load) ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และก๊าซไอเสียที่ได้ในขณะนั้น และขึ้นอยู่กับรูปแบบการทำงาน เช่น ขณะเดินเบา มีโหลดบางส่วนหรือโหลดเต็มที่

2.3 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง (Fuels) หมายถึง สารที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจนและคาร์บอนเป็นพื้นฐาน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะทำให้สารนั้นเกิดการเผาไหม้ และปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนนี้ ปรากฏอยู่ในทุกเฟสทั้งของแข็งของเหลว และก๊าซ ซึ่งเชื้อเพลิงของแข็งได้แก่ ถ่านหิน ถ่านโค้ก ไม้ฟืน เป็นต้น เชื้อเพลิงเหลวได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าซ เป็นต้น และเชื้อเพลิงก๊าซได้แก่ ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และก๊าซไฮโดรเจน เป็นต้น สำหรับน้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ประกอบด้วยไฮโดรเจน (H) และคาร์บอน (C) ซึ่งเรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ในอากาศจะประกอบไปด้วยออกซิเจน (O) 21 % และไนโตรเจน (N) 79 % โดยปริมาตร ซึ่งการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ไฮโดรเจนทั้งหมดในน้ำมันแก๊สโซลีนจะรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนออกไซด์ (H_2O) หรือไอน้ำ คาร์บอนทั้งหมดในน้ำมันแก๊สโซลีนจะรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งก๊าซทั้งสองชนิดไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสภาวะแวดล้อม ดังสมการเคมี



ถ้าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ไอของน้ำมันแก๊สโซลีน (HC) บางส่วนจะไม่เผาไหม้หรือเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะออกมากับไอเสีย รวมทั้งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ซึ่งในไอเสียจะมีก๊าซเพิ่มขึ้น ดังสมการเคมี



ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่เป็นพิษ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น สามารถทำให้ตายได้ภายใน 3 นาทีเมื่อสูดดมเข้าไป และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เกิดจากการเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูงมากในขณะทำงาน แหล่งกำเนิดของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่ได้จากรถยนต์ได้แก่ ห้องเพลวข้อเหวี่ยง กรองอากาศหรือคาร์บูเรเตอร์ ถังน้ำมันเชื้อเพลิง และท่อไอเสีย

2.4 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ปฏิกิริยาเคมีขณะที่เชื้อเพลิงถูกออกซิไดซ์และให้พลังงานความร้อนปริมาณมากออกมาเรียกว่า การเผาไหม้ การเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะอาศัยประกายไฟจากหัวเทียนจุดระเบิดเชื้อเพลิงให้เผาไหม้และจะลุกลามออกไปรอบ ๆ ห้องเผาไหม้ (การเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อความร้อนที่ได้จากประกายไฟของหัวเทียนมีค่าสูงกว่าความร้อนที่สูญเสียไปกับสิ่งแวดล้อม)

การเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ตามทฤษฎีจะเกิดขึ้นที่ศูนย์ตายบนและเสร็จสิ้นที่ศูนย์ตายล่าง แต่ในทางปฏิบัติการเผาไหม้จะเริ่มขึ้นที่ก่อนศูนย์ตายบนประมาณ 20 องศา และเสร็จสิ้นหลังศูนย์ตายล่างเพียงเล็กน้อย ขั้นตอนการเผาไหม้อาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ ช่วงที่ 1 ส่วนใหญ่จะเป็นช่วงของการทำปฏิกิริยาเคมี ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งอุณหภูมิและความดันเกิดขึ้นเร็วมากระหว่างช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ซึ่งแยกกันไม่ค่อยจะออก ช่วงที่ 3 เป็นช่วงเผาไหม้ขั้นสุดท้าย นับตั้งแต่ความดันสูงสุดออกไปจนถึงการเผาไหม้เสร็จสิ้น

ที่อุณหภูมิเผาไหม้ปกติ ไนโตรเจนจะประพฤติตนเป็นก๊าซเฉื่อย และจะไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับธาตุอื่น ๆ ไนโตรเจนปกติจะเข้าไปในห้องเผาไหม้ในปริมาณมากที่อุณหภูมิต่ำและออกที่อุณหภูมิสูงมาก และจะถูกกลืนพลังงานเคมีในปริมาณมากระหว่างการเผาไหม้ และไนโตรเจนถูกสมมุติให้เป็นก๊าซเฉื่อยอย่างสมบูรณ์

อากาศซึ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ปกติจะเป็นไอน้ำ (ความชื้น) บางส่วน สำหรับกระบวนการเผาไหม้ส่วนมาก ความชื้นในอากาศสามารถปรับเปลี่ยนเป็นก๊าซเฉื่อยคล้ายกับไนโตรเจน อย่างไรก็ดี ที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ ไอน้ำบางส่วนจะถูกแยกออกเป็น H_2 และ O_2 ทั้งเป็น H_2O และ OH เมื่อก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้เย็นกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของไอน้ำ ความชื้นบางส่วนจะควบแน่นออกมา มันมีความสำคัญที่สามารถทำนายอุณหภูมิจุดน้ำค้างและเมื่อหยดน้ำรวมตัวกันเป็นกัมมะถันออกไซด์ จะเปลี่ยนเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง

เชื้อเพลิงที่ผสมกับออกซิเจนจะอยู่ในสถานะที่ไม่เหมาะสมกับการเริ่มกระบวนการเผาไหม้ เพราะว่าเชื้อเพลิงจะต้องถึงอุณหภูมิการจุดระเบิดที่จะเริ่มการเผาไหม้ อุณหภูมิการจุดระเบิดต่ำสุดของสารต่าง ๆ ในบรรยากาศปกติของแก๊สโซลีนประมาณ $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ คาร์บอน $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ไฮโดรเจน $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ คาร์บอนมอนอกไซด์ $610\text{ }^{\circ}\text{C}$ และมีเทน $630\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.5 กระบวนการเผาไหม้ทางทฤษฎีและที่เป็นจริง

ในการศึกษาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เราจะศึกษาโดยสมมุติว่า เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ถ้าคาร์บอนทั้งหมดในเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้เป็น CO_2 ไฮโดรเจนทั้งหมดถูกเผาไหม้เป็น H_2O และกำมะถันทั้งหมด (ถ้ามี) ถูกเผาไหม้เป็น

SO₂ นั่นคือส่วนประกอบของเชื้อเพลิงทั้งหมดมีความสามารถในการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และในทางกลับกันการเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ ก๊าซไอเสียที่ได้จะมีเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ เช่น C, H₂, CO หรือ OH

O₂ ที่ไม่เพียงพอเป็นผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แต่ก็ไม่ใช้กรณีนี้เพียงกรณีเดียว การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นแม้ว่าจะมี O₂ ในห้องเผาไหม้มากกว่าที่ต้องการ O₂ จะรวมตัวกับ H₂ ได้ดีกว่า C ดังนั้นไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงปกติจะเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในรูปแบบของ H₂O แม้ว่าจะมี O₂ น้อยกว่าที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์อย่างไรก็ดี คาร์บอนบางส่วนจะกลายเป็น CO หรือ C บางส่วนเป็นก๊าซ product (product gases) ปริมาณต่ำสุดของอากาศที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง เรียกว่า อากาศทางทฤษฎี ดังนั้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์กับอากาศทางทฤษฎี จะไม่มี O₂ ที่ถูกเผาไหม้ในก๊าซโปรดัก อากาศทางทฤษฎีถูกอ้างอิงเป็นจำนวนของอากาศที่ถูกต้องการสมการเคมีหรือ 100 % ของอากาศทางทฤษฎี กระบวนการเผาไหม้ที่ใช้อากาศน้อยกว่าอากาศทางทฤษฎีจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กระบวนการเผาไหม้ทางอุดมคติระหว่างเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์กับอากาศทางทฤษฎีเรียกว่า การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทางทฤษฎี ดังตัวอย่างการเผาไหม้ทางทฤษฎีของน้ำมันแก๊สโซลีน



สำหรับเชื้อเพลิงเอทานอลซึ่งมีสมการเคมี C₂H₅OH สมการการเผาไหม้ทางทฤษฎีที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงเอทานอล คือ



คิดในหน่วยโมล

$$\begin{array}{rclclclcl} 1 & + & 3(1 + 3.773) & = & 2 & + & 3 & + & 11.32 \\ 1 & + & 14.32 & = & 16.32 & & & & \end{array}$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$\begin{array}{rclcl} 46.07 & + & (14.32 \times 28.96) & = & (2 \times 44.01) + (3 \times 18.02) + (11.32 \times 28.16) \\ & & 46.07 + 14.32 & = & 88.02 + 65.06 + 318.77 \end{array}$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของเอทานอล จะได้

$$(A/F)_s = \frac{414.7}{46.07} = 9.00$$

นั่นคือเชื้อเพลิงเอทานอล 1 กิโลกรัมจะต้องใช้อากาศ 9 กิโลกรัมจึงจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ตามทฤษฎี Product ของการเผาไหม้ทางทฤษฎีจะไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ C , H_2 , CO , OH หรือ O_2 อีสระ ในกระบวนการเผาไหม้ที่เป็นจริง ในทางปฏิบัติปกติจะใช้อากาศมากกว่าทางทฤษฎี ซึ่งจะเพิ่มโอกาสของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือควบคุมอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ให้ต่ำลง

2.6 เชื้อเพลิงเอทานอล (Ethanol Fuel)

แอลกอฮอล์ที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ Methyl alcohol หรือ Wood alcohol หรือ เมทานอล (Methanol) เมื่อก่อนเป็นผลผลิตที่ได้จากการกลั่นไม้เนื้อแข็งบางชนิด แต่ในปัจจุบันผลิตโดยการสังเคราะห์จากปฏิกิริยาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับไฮโดรเจน และ Ethyl alcohol หรือ เอทานอล (Ethanol) การผลิตแอลกอฮอล์ชนิดนี้ส่วนมากผลิตโดยการหมัก (Fermentation) จากวัสดุประเภทแป้งและน้ำตาล

เอทานอล (Ethanol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่รับประทานได้ มีชื่อทางเคมีคือ เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) และมีสมการทางเคมีเป็น C_2H_5OH เอทานอลสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเช่น เครื่องยนต์แก๊สโซลีน และเครื่องยนต์ดีเซลได้ ซึ่งการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์นั้นมีทั้งแบบที่ผสมกับเชื้อเพลิงเดิม และใช้เอทานอลอย่างเดียว โดยการผสมกับเชื้อเพลิงเดิม ถ้าผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนก็จะเป็น แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) และถ้าผสมกับน้ำมันดีเซลก็จะได้เป็นดีโซฮอล์ (Diesohol)

2.6.1 การผลิตเอทานอล

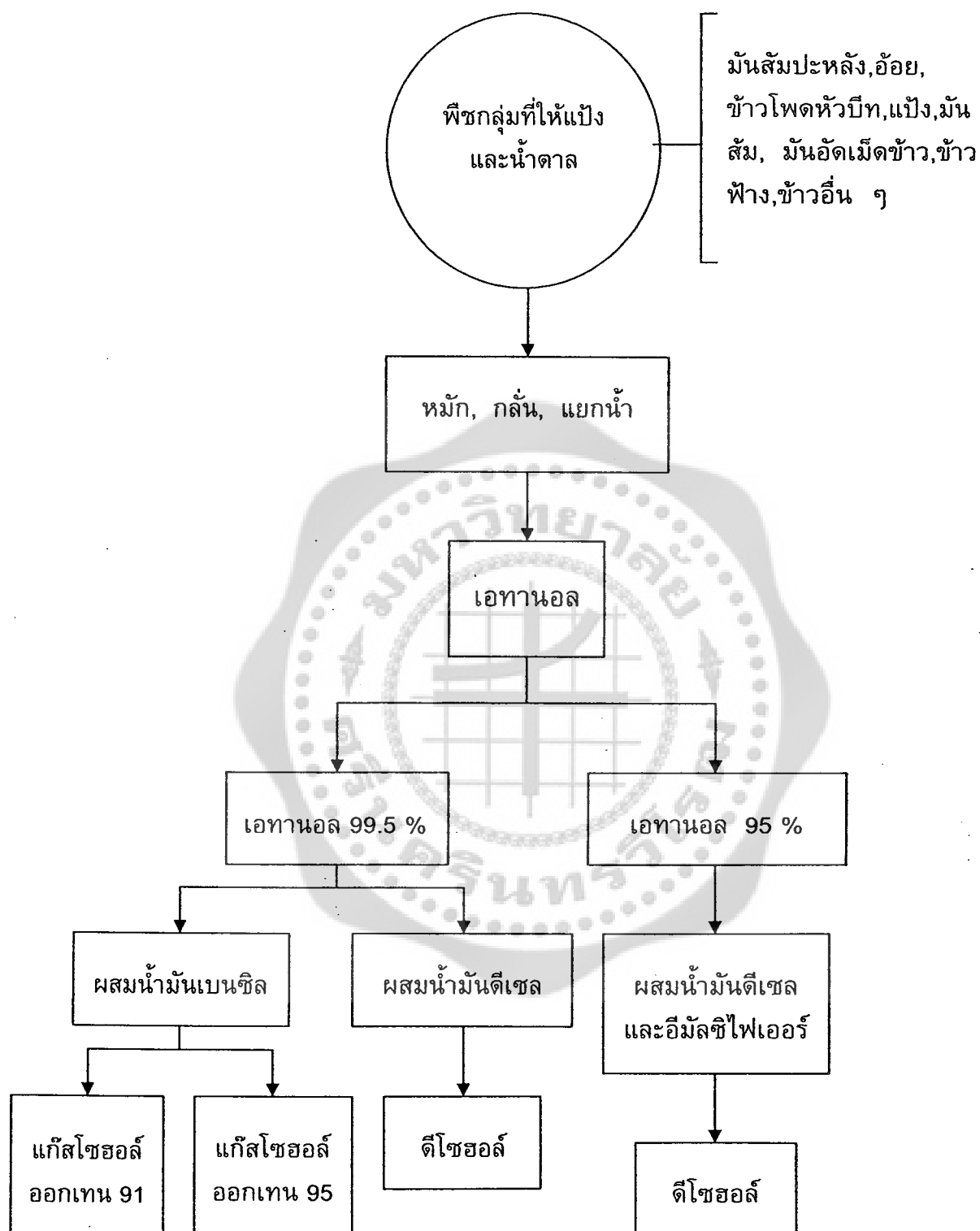
เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) หรือ เอทานอล (Ethanol) หรือ แอลกอฮอล์ มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ผลิต ถ้าผลิตจากพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันสำปะหลังเรียกว่า grain alcohol ถ้าผลิตจากกากน้ำตาลจะเรียกว่า molasses alcohol แอลกอฮอล์ที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ใช้เป็นเครื่องดื่ม ใช้ในทางการแพทย์ ใช้เป็นพลังงานทดแทน เป็นต้น ซึ่งในส่วนการผลิตเพื่อเป็นพลังงานทดแทนนั้นนับว่าได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากปัจจุบันราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นและกำลังจะหมดไปในอนาคตอันสั้น อีกทั้งประเทศไทยก็ประสบกับปัญหาการขาดแคลนผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ โดยเฉพาะมันสำปะหลังที่มีผลผลิตมากเกินความต้องการการส่งออกเป็นจำนวนมากทุกปี จึงได้ทดลองผลิตแอลกอฮอล์จากมันเส้นโดยการหมักแบบต่อเนื่องเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนแม้ว่าต้นทุนการผลิตแอลกอฮอล์จะสูงกว่า

น้ำมันปิโตรเลียม แต่ก็เป็นการลงทุนเพียงแค่ว่าเฉพาะการเริ่มต้นเท่านั้นทำให้ได้ประโยชน์มากในระยะยาวและยังเป็นการเพิ่มมูลค่า (Added Value) ให้แก่มันสำปะหลังอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เพาะปลูกผลิต และผลิตต่อไร่ ของมันสำปะหลังในประเทศไทย

ปี	เนื้อที่เพาะปลูก (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (ตันต่อไร่)
2534-2535	8.798	21.555	2.45
2535-2536	9.144	21.213	2.32
2536-2537	8.798	19.796	2.25
2537-2538	7.519	17.068	2.27
2538-2539	7.808	15.370	2.04
2539-2540	6.756	17.295	2.56

การผลิตหมักแอลกอฮอล์ในระดับโรงงานทดลองจากมันเส้นโดยใช้ระบบแบบต่อเนื่องพบว่าปริมาณมันเส้นที่เหมาะสมคือ 35 % โดยใช้เอนไซม์ Amylase (120L.) 0.25 ml/kg. Dry solid, CaCl₂ 2g/kg. dry solid, pH 6.5 ที่ 90 °C นาน 1 ชั่วโมง ได้น้ำตาลรีดิวส์ 9.92 % คิดเป็นค่า Dextrose Equivalent 43.07 หลังจากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 60 °C. เติมเอนไซม์ Glucoamylase (300 L) ปริมาณ 4 ml/kg. Dry solid, pH 4.7 ใช้เวลาย่อย 24 ชั่วโมง ได้น้ำตาลรีดิวส์ 23.89 % หรือ D.E. 103.4 ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ พบว่า *Saccharomyces cerevisiae* M 30 มีความเหมาะสมในการผลิตมากที่สุด ต่อมาทำการหมักในถังทรงสูง 100 ลิตร ใช้ระบบหมุนเวียนเซลล์กลับพบว่าอัตราการเจริญที่เหมาะสมคือ 0.20 ต่อชั่วโมง หมักแอลกอฮอล์ได้ 4.29 % คิดเป็นอัตราการผลิตได้ 8.58 g/hr. พบว่าปริมาณน้ำตาลในถังหมัก และส่วนที่ล้นออก (Over flow) ยังคงเหลืออยู่มาก เพราะยีสต์ใช้ไม่ทันและบางส่วนเกิดการ Wash out เมื่อปริมาณยีสต์มากการผลิตแอลกอฮอล์จะมากขึ้น แต่เมื่ออัตราการเจริญสูงปริมาณเซลล์จะถูกเจือจางลงทำให้การผลิตแอลกอฮอล์น้อยลง



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการผลิตเอทานอล

2.6.2 การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่งเครื่องยนต์ทั้งสองแตกต่างกันที่ลักษณะการทำงาน ส่วนประกอบของเครื่องยนต์และที่สำคัญที่สุดคือวิธีการจุดระเบิดเชื้อเพลิง (Fuel Ignition) เครื่องยนต์แก๊สโซลีนใช้ประกายไฟในการจุดระเบิดเชื้อเพลิงในตอนเริ่มต้นและเกิดการเผาไหม้ตัวเองอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เครื่องยนต์ดีเซลอาศัยความร้อนจากอากาศอัดในห้องเผาไหม้จุดระเบิดเชื้อเพลิง จากลักษณะที่แตกต่างกันของเครื่องยนต์ทั้งสองชนิดนี้ทำให้เชื้อเพลิงที่นำมาใช้จึงมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย เพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์แต่ละแบบจากการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงในปัจจุบัน ทำให้มีการสนใจเชื้อเพลิงทดแทน (Alternate fuel) ที่จะนำมาทดแทนเชื้อเพลิง ฟอสซิล (Fossil fuel) กันมากขึ้น เอทานอล (Ethanol) เชื้อเพลิงจากพืชการเกษตรหรือของเสียจากการเกษตร สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลได้เอทานอลไม่ใช่เชื้อเพลิงเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลเลยทีเดียวแต่มันเป็นเชื้อเพลิงที่ทดแทนได้ โดยเฉพาะในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซล ลักษณะเฉพาะของเครื่องยนต์เอทานอลที่ใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้มีการพัฒนาามากกว่า 75 ปีแล้ว และได้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลดังใน ตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างเชื้อเพลิงเอทานอล เมทานอล แก๊สโซลีนและดีเซล

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Birrell 1982 ได้ศึกษาผลการสึกกร่อนของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนในเครื่องยนต์ SI ซึ่งเชื้อเพลิงผสมใช้เอทานอล 20% และแก๊สโซลีน 80% โดยใช้เครื่องยนต์ 6 สูบ ปริมาตรกระบอกสูบรวม 4.1 ลิตร ทดสอบที่ ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 100 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบได้ดังนี้

- แหวนลูกสูบตัวบนรัศมีลดลง 0.001 มม.
- แหวนลูกสูบตัวที่สองรัศมีลดลง 0.006 มม.
- แหวนน้ำมันรัศมีลดลง 0.020 มม.
- ระยะระหว่างวาล์วและบ่าวาล์ว
- วาล์วไอดี 0.343 มม.
- วาล์วไอเสีย 0.066 มม.

King และ Chui 1984 ได้ทำการศึกษาผลของการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอล 95% เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งใช้เครื่องยนต์ Ford OHC 2.3L เป็นเครื่องทดสอบ ทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 2,500 rpm ภาระ 24.8 kW และ

1. ลักษณะการสึกหรอโดยทั่วไปของกระบอกสูบของเครื่องยนต์ ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลมีลักษณะเป็นการสึกหรอตามแนวเส้นรอบวงของกระบอกสูบเป็นวงรี และการสึกหรอจะเกิดขึ้นมากที่สุดที่สบูที่ 1 และ 4 ส่วนสบูที่ 2 และ 3 จะสึกหรอรองลงมา
2. การสึกหรอของกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 6 เท่า
3. เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลใช้น้ำมันหล่อลื่นประมาณ 6.15 ลิตร ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนใช้น้ำมันหล่อลื่นเพียงประมาณ 1.1 ลิตร ซึ่งมากกว่าประมาณ 6 เท่า ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งสรุปว่าเกิดจากเมทานอลสามารถแทรกซึมชั้นฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นที่ผนังกระบอกสูบได้ทำให้เกิดการรวมตัวกันและถูกเผาไหม้ออกไปด้วย จึงทำให้มีการใช้น้ำมันหล่อลื่นและมีการสึกหรอที่มากกว่า

Myung และคณะ 1993 ได้ทำการศึกษาสมรรถนะและความทนทานของเครื่องยนต์ (engine durability test) ซึ่งเป็นการทดสอบการทนต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์อันเนื่องมาจากการกัดกร่อน (corosion) ของเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนในอัตราส่วน เมทานอล 85% และแก๊สโซลีน 15% หรือเรียกว่าเชื้อเพลิง M85 ทดสอบเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ Hyundai รุ่น 1991 MY SCOUPE 4 สูบ 1.5 ลิตร อัตราส่วนกำลังอัด (CR) 10:1 ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

1. สมรรถนะของเครื่องย่นดํา จากการทดสอบหาคําลังสูงสุด (maximum power) ที่สภาวะ Full load ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ พบว่าเครื่องย่นดําที่ใช้เชื้อเพลิง M85 ให้ Power output สูงขึ้นเล็กน้อยประมาณ 6% เมื่อเทียบกับเครื่องย่นดําที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ทั้งนี้เพราะว่าเชื้อเพลิง M85 มีค่า Latent heat of evaporation ที่สูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนทำให้อุณหภูมิในท่อไอดีต่ำ อากาศที่ดูดเข้ามามีความหนาแน่นสูงขึ้น ทำให้ลูกสูบสามารถดึงอากาศเข้าได้มากขึ้น มีผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. การสึกหรอของเครื่องยนต์ ทำการทดสอบโดยวัดปริมาณเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่นทุก ๆ 12 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาในการทดสอบ 96 ชั่วโมง จากผลการทดสอบปรากฏว่าเชื้อเพลิง M85 นั้นมีการสึกหรอที่เพิ่มขึ้นสูงมากหลังจากชั่วโมงที่ 48 คือจากปริมาณเศษโลหะ 100 ppm ที่ชั่วโมงที่ 48 เพิ่มขึ้นเป็น 360 ppm ในชั่วโมงที่ 60 และเพิ่มเป็น 800 ppm ในชั่วโมงที่ 72

ในขณะที่ เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าการสึกหรอเพียงเล็กน้อย ซึ่งตลอดการทดสอบวัดปริมาณเศษโลหะได้สูงสุดแค่ 50 ppm เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงเชื้อเพลิงเมทานอลมีผลทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อใช้ไปนาน วิธีแก้ไขอาจใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดพิเศษเพื่อลดการกัดกร่อนของเชื้อเพลิงเมทานอล

สุรัชย์ ขวเศรษฐ์นันท์ 2526 ได้ทำการศึกษาการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม 35% โดยปริมาตร โดยเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลล้วน เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ คูโบต้าดีเซลสูบเดียว รุ่น ET80 ทำงานที่ 2100 rpm แรงบิด 95% ของแรงบิดสูงสุด ไม่มีการัดแปลงสภาพเครื่องยนต์แต่อย่างใด แอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมจะเข้ากระบอกสูบโดยตรงเหวี่ยงไปกับอากาศที่เข้ากระบอกสูบ

การวัดการสึกหรอของเครื่องยนต์ทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องไปวิเคราะห์ หาสารแขวนลอยโดยใช้เครื่อง Spectrometer และวัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ก่อน และหลังการทดสอบ ซึ่งทำการทดสอบเป็นเวลารวมกันประมาณ 96 ชั่วโมง

ผลการทดสอบปรากฏว่า ทองแดงซึ่งเป็นโลหะหลักใน Bearing alloy จะสึกมากขึ้นเมื่อใช้แอลกอฮอล์เสริม ส่วนโลหะอื่นๆ จะมีการสึกหรอใกล้เคียงกันกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลล้วน โดยสรุปกล่าวได้ว่าผลของการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม ในแง่ของการสึกหรอไม่แตกต่างกับในกรณีที่ใช้น้ำมันดีเซลเท่าไรนัก

2.6.4 ความก้าวหน้าของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยเองก็มีความสนใจในการนำเอาผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมเช่นเดียวกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีสถาบัน และองค์กรต่าง ๆ ได้ศึกษาแนวทางการใช้เอทานอลเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เช่น โครงการส่วนพระองค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) องค์กรสุราและการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเล็งเห็นข้อได้เปรียบทางด้านวัตถุดิบ ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิด รวมทั้งความพร้อมด้านการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อเป็นเครื่องดื่มอยู่แล้ว ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาได้ทำการศึกษาทดลองการผลิตและใช้แอลกอฮอล์ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้มีพระราชกระแสให้ศึกษาต้นทุนการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย เพราะว่าในอนาคตอาจเกิดเหตุการณ์น้ำมันขาดแคลนหรือราคาอ้อยตกต่ำ การนำอ้อยมาแปรรูปเป็นแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นแนวทางที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้ และได้พระราชทานเงินทุนวิจัยใช้ในการดำเนินงานในปี พ.ศ. 2537 ได้ทดลองทำการผสมแอลกอฮอล์กับน้ำมันแก๊สโซลีนในอัตรา 4 : 1 เป็นแก๊สโซฮอล (Gasohol) ใช้กับรถยนต์ทุกคันของโครงการฯ ที่ใช้แก๊สโซลีน ซึ่งผลการทดลองก็สามารถใช้ได้ดีอย่างไม่มีปัญหา ซึ่งเอทานอลที่ผลิตได้เป็น เอทานอล 95 % ในปี

พ.ศ. 2539 ได้ร่วมเข้ากับการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยปรับปรุงคุณภาพแอลกอฮอล์จาก 95 % กลั่นซ้ำเป็นแอลกอฮอล์ 99.5 % ทำให้ได้ก๊าซโซฮอล์ที่มีคุณภาพดีขึ้นและใช้มาจนปัจจุบัน รถยนต์ทุกคันของโครงการที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีนสามารถเติมแก๊สโซฮอล์ได้จากสถานีบริการของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาในปี พ.ศ. 2541 โครงการส่วนพระองค์ฯ ได้ร่วมกับ ปตท. จัดตั้งโครงการดีโซฮอล์ (Disohol) ทดลองผสมแอลกอฮอล์ 95 % กับน้ำมันดีเซลและสารอีมีลซิไฟเออร์ (สารอีมีลซิไฟเออร์ประกอบด้วย PEOPS และ SB 407) ในอัตราส่วน 14 : 85 : 1 ดีโซฮอล์ได้ทดลองใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล เช่น รถปิกอัพ รถแทรกเตอร์ของโครงการฯ จากการทดลองพบว่าสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดีพอสมควร และสามารถลดวันต่ำลงได้ประมาณ 50 % นอกจากนี้ยังมีสถาบันและองค์กรต่าง ๆ ได้ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลเพื่อเป็นพลังงานทดแทน เช่น สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) องค์กรสุรา, และการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเล็งเห็นข้อได้เปรียบทางวัตถุดิบซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิด รวมทั้งมีความพร้อมทางด้านการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อเป็นเครื่องดื่มอยู่แล้ว ในปัจจุบันรัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้เอทานอล เป็นพลังงานทดแทนอย่างเป็นรูปธรรม โดยมีโครงการแก๊สแอลกอฮอล์ ซึ่ง ปตท. ร่วมกับโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาและไทยออยล์ ได้ทำการเริ่มจำหน่ายให้แก่ประชาชนแล้วตั้งแต่วันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2544 ที่ผ่านมาที่สถานีบริการน้ำมัน ปตท. สำนักงานใหญ่ ราคาถูกกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน 91 ลิตรละ 50 สตางค์ มีคุณภาพเท่ากับแก๊สโซลีนนอกแทน 91 พร้อมรับประกันว่าไม่มีผลกระทบกับเครื่องยนต์แต่อย่างใด และโครงการร่วมมือกันระหว่าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชาติกับบริษัทบางจากปิโตรเลียมจำกัด (มหาชน) ผลิตและทดลองตลาดแอลกอฮอล์ไร้น้ำ มีระยะเวลา 2 ปี โดย วท. จะทำการผลิตเอทานอลให้กับบริษัทบางจากฯ เพื่อทำการทดลองจำหน่ายให้กับประชาชน ตามสถานีบริการน้ำมันในเครือของบริษัทฯ โดยในเบื้องต้นจะทดลองจำหน่ายประมาณ 4 สถานี คาดว่าราคาจะต่ำกว่าราคาน้ำมันแก๊สโซลีน 91 ประมาณ 50 - 80 สตางค์ ทั้งนี้ วท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าประชาชนจะให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่และมั่นใจในประสิทธิภาพของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมกับน้ำมันแก๊สโซลีนพิเศษ อันจะนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดอุตสาหกรรมประเภทนี้ในอนาคต สำหรับการผลิตเอทานอลนั้น วท. จะทำการผลิตที่โรงงานต้นแบบ ที่มีกำลังการผลิต 1,500 ลิตรต่อวัน โดยใช้หัวมันสัมปะหลังวันละ 10 ตัน ผลิตเป็นเอทานอลไร้น้ำ 99.5 % ส่งให้บริษัทบางจากทำการผสมเป็นแก๊สโซฮอล์เพื่อจำหน่ายให้กับประชาชนต่อไป โดยในระหว่างดำเนินโครงการ วท. จะดำเนินการเก็บข้อมูลในเชิงวิศวกรรม ตลอดจนความคิดเห็นของผู้บริโภคอีกด้วยเพื่อนำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น วท. มีความพร้อมอย่างเต็มที่และจะเดินเครื่องผลิตเอทานอลประมาณต้นเดือนธันวาคม 2543 พร้อมจะผลิตสู่ตลาดประมาณเดือน มกราคม 2544

นับเป็นจุดเริ่มต้นการใช้พลังงานทดแทนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจ ลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมอีกทั้งยังช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ที่มั่นคงขึ้น จูงใจให้เกษตรกรยึดอาชีพเพาะปลูก รัฐบาลไม่ต้องพยุงราคาพืชผลทางการเกษตร ซึ่งเป็นการสร้างความเข้มแข็งด้านเทคโนโลยีอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามการจำหน่ายแก๊สโซฮอล์ ยังมีปัญหาในเรื่องภาษีสรรพสามิตน้ำมัน และกองทุนซึ่งอยู่ระหว่างการพิจารณาในคณะกรรมการโครงการเอทานอลแห่งชาติ ประมาณปลายเดือนมกราคม 2544 นี้ หากว่ามีมติเห็นชอบในหลักการแนวทางการส่งเสริม และสนับสนุนการผลิตและการใช้แอลกอฮอล์ คาดว่าจะส่งผลให้ราคาแก๊สโซฮอล์ ที่จำหน่ายให้กับประชาชนถูกลงอีกอย่างแน่นอน

2.6.5 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอล

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเอทานอลดังแสดงในตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น เนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันแก๊สโซลีนเพราะฉะนั้นการจะนำเอาเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้แทนน้ำมันแก๊สโซลีนนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติที่แตกต่างเพื่อที่จะให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างเหมาะสม นั่นคือ

1. จากการเขียนสมการเคมีของเอทานอล C_2H_5OH จะเห็นว่านอกเหนือจากอะตอมของไฮโดรเจน (H) และคาร์บอน (C) ที่มีอยู่เหมือนในน้ำมันแก๊สโซลีนแล้วในเอทานอลยังมีอะตอมของออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งอะตอมของออกซิเจนจะจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxy – OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นโพลาร์ (Polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน จึงทำให้มีอำนาจการกัดกร่อนสูงกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน ซึ่งจะส่งผลการกัดกร่อนต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะและจะทำปฏิกิริยากับพลาสติกบางชนิด ดังนั้นการที่จะนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวัสดุหรือการเคลือบสารที่ต้านทานการกัดกร่อนของเอทานอลในชิ้นส่วนที่ต้องสัมผัสเอทานอล

2. ค่าความจุพลังงาน (Energy Content) จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของเอทานอลนั้นมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 30 % ดังนั้นเมื่อใช้เอทานอลแทนแก๊สโซลีน จะต้องเพิ่มให้มีปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้นเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เช่นเดิมและจากการสมดุลสมการทางเคมีของเชื้อเพลิงทั้งสอง ที่การเผาไหม้สมบูรณ์ (Stoichiometric) แก๊สโซลีนจะได้ A/F ประมาณ 14.6 ในขณะที่เอทานอลมีเพียง 9 เพราะฉะนั้นถ้าเอทานอลใช้อัตราส่วนเดียวกับแก๊สโซลีนก็จะทำให้ส่วนผสมของเอทานอลกับอากาศที่ได้บางมาก ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างยากลำบากและทำให้การสตาร์ทติดยากโดยเฉพาะในช่วงที่อากาศเย็น เพราะฉะนั้นจะต้องเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าไปในกระบอกสูบโดยการเพิ่มขนาดของนมหนูน้ำมันในคาร์บูเรเตอร์

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Characteristics of Fuel)

	Gasoline	Light Diesel	Ethanol	Methanol
Chemical Formula (l)	$C_{8.26}H_{15.5}$	$C_{10.8}H_{18.7}$	C_2H_5OH	CH_3OH
Molecular Weight	114.8	148.6	46.07	32.04
Specific Gravity	0.7 – 0.78	0.84 – 0.88	0.785	0.792
Oxygen Content (wt %)	-	-	34.8	50.0
Boiling Point ($^{\circ}C$)	27 – 225	188 – 343	78	65
Reid Vapor Pressure (kPa)	55 – 103	-	16	32
Higher Heating Value (kJ/kg)	47,300	44,800	29,700	22,700
Lower Heating Value (kJ/kg)	44,000	42,500	26,900	20,000
Heat of Vaporization (kJ/kg) ^(a)	305	270	840	1,103
LHV of Stoich. Mixture (kJ/kg)	2,830	2,740	2,690	2,680
Specific Heat (kJ/kg.K)				
Liquid	2.4	2.2	2.5	2.6
Vapor C_p	~1.7	~1.7	1.93	1.72
Research Octane Number (RON)	92 – 98	-	107	106
Moter Octane Number (MON)	80 – 90	-	89	92
Cetane Number	<10	45 – 55	3	8
Stoichiometric a/f Ratio	14.6	14.5	9	6.5

(l) = liquid phase. (a) = At 1 atm and 25 $^{\circ}C$ for liquid fuels.

3. ค่าความร้อนแฝงของการระเหยตัว (Latent Heat of Vaporization) จากตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงจะเห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงของการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่า ซึ่งแสดงว่าเมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เอทานอลจะมีการดึงความร้อนเพื่อการระเหยตัวในท่อไอดีมากกว่าจะทำให้อุณหภูมิในท่อไอดีต่ำกว่า ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนี้

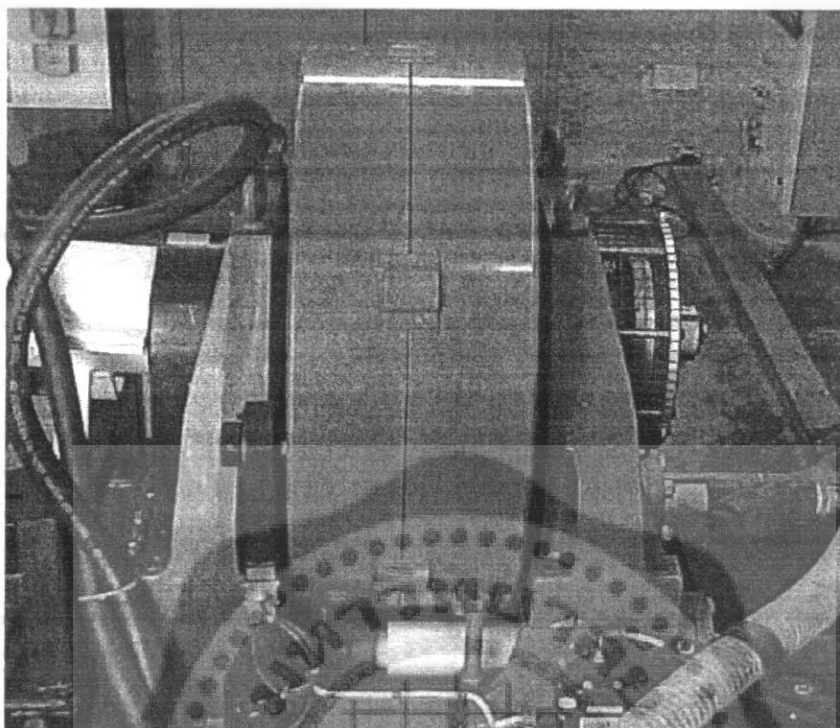
3.1 เมื่ออุณหภูมิในท่อไอดีต่ำ อากาศที่ถูกดูดเข้ามาก็จะมีการควบแน่นสูงขึ้น ทำให้ลูกสูบสามารถดึงอากาศเข้ามามากขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น และให้กำลังของเครื่องยนต์มากขึ้น มีงานวิจัยหนึ่งรายงานว่าการำลังงานที่ได้ (Power Input) จากเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล 95% เป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงกว่าการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงประมาณ 3 % ที่อัตราส่วนการอัดเดียวกัน

3.2 จากการที่เอทานอลต้องใช้ความร้อนในการระเหยตัวที่มากกว่าทำให้สภาวะที่อุณหภูมิบรรยากาศต่ำ การระเหยตัวของเอทานอลเป็นไปได้ยาก ทำให้มีปัญหาในการสตาร์ทเครื่องยนต์ในขณะที่อากาศเย็น ซึ่งเอทานอลสามารถกลายเป็นไอเพื่อการเผาไหม้ได้ที่อุณหภูมิต่ำ 10°C และจะมีปัญหาต่อการสตาร์ทในสภาวะอากาศเย็นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 4°C ได้มีการศึกษาแก้ไขปัญหาดังนี้โดยบางคนใช้วิธีผสมน้ำมันแก๊สโซลีนเข้าไปประมาณ 5 – 10 % หรือบางคนทดลองใช้ อีเทอร์ (Ether) และอะซีโตน (Acetone) ผสมลงไปประมาณ 21 % ในเอทานอล ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่าสามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง -18°C

4. ค่าออกเทน (Octane) ค่าออกเทนเป็นตัวเลขที่ใช้คุณสมบัติด้านทานการน็อคของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าเชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าออกเทนที่สูงกว่าแก๊สโซลีน ซึ่งทำให้สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดได้ จากการศึกษาทดลองใช้ในประเทศบราซิล พบว่าในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้ถึง 18 : 1 (สำหรับเอทานอล 99.5 %) แต่ในการใช้งานจริงจะอยู่ที่ประมาณ 12 : 1

2.7 การประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์

สมรรถนะของเครื่องยนต์ คือ ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นเครื่องบ่งบอกให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้น ซึ่งถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพ แรงบิด กำลังงาน ความเร็ว ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น อันสามารถจะนำมาใช้เป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้เครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) เป็นเครื่องมือทดสอบซึ่งจะมีอยู่หลายยี่ห้อชนิดนี้จะวัดออกมาในรูปของแรงบิดและรอบการหมุนของเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งค่าแรงบิดนี้สามารถนำไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้ ดังนี้



รูปที่ 2.5 ไดนาโมมิเตอร์

2.7.1 กำลังงานเบรก (Brake Power)

กำลังงานเบรก (Brake Power) ,Bp เป็นกำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์ กล่าวคือ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้แล้วจะเกิดแรงดันสูงดันให้ลูกสูบเลื่อนลงไปยังศูนย์ตายล่าง และส่งถ่ายไปยังล้อช่วยแรงออกไปขับไดนาโมมิเตอร์ (แบบใช้กระแสไฟฟ้า) และสามารถวัดกำลังงานเบรกที่ออกมาจากเครื่องยนต์พร้อมทั้งแสดงออกมาในรูปของแรงบิดเบรก (Torque) , N.m ดังนั้นกำลังงานเบรกสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Bp = \frac{2\pi TN}{60 \times 1000} \quad (2.1)$$

และ

$$T = F \cdot L \quad (2.2)$$

เมื่อ

Bp	=	กำลังงานเบรก , kW
T	=	แรงบิดที่วัดได้จากเพลลาเครื่องยนต์, N.m
N	=	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm
F	=	แรงดึงหรือกดที่แขนไดนาโมมิเตอร์, N

L = ความยาวของแกนไดนาโมมิเตอร์, m

และถ้าคิดเป็นแรงม้า (Horse Power) โดยที่ $1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$

ดังนั้น

$$\text{Bhp} = \frac{TN}{7123.8} \quad (2.3)$$

เมื่อ Bhp คือ กำลังม้าเบรคของเครื่องยนต์, hp

2.7.2 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption, bsfc) เป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังเบรคที่ให้ออกมา ในการทดสอบเครื่องยนต์ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล ($\dot{m}_f$) โดยเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะนั้นยิ่งต่ำก็ยิ่งดี ซึ่งค่า bsfc สามารถหาได้จากสมการ

$$\text{bsfc} = \frac{\dot{m}_f}{B_p} \quad (2.4)$$

เมื่อ bsfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค, kg/kW.hr
 $\dot{m}_f$ คือ อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, kg/hr

และสามารถหาอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้โดย

$$\dot{m}_f = \frac{W}{t} \times 3600 \quad (2.5)$$

เมื่อ

W คือ ปริมาณเชื้อเพลิง, kg
 t คือ เวลาที่เชื้อเพลิงถูกใช้ไป, sec

2.7.3 กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power)

กำลังงานเชื้อเพลิง เป็นการคิดค่ากำลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง จากอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ซึ่งหาได้จาก

$$F_p = \frac{\dot{m}_f \times Q_{LHV}}{3600} \quad (2.6)$$

เมื่อ

F_p คือ กำลังงานเชื้อเพลิง, kW
 Q_{LHV} คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, kJ/kg

2.7.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake thermal efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake thermal efficiency) , η_{Bth} เป็นการนำพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ซึ่งจะเป็นการแสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์นั้นมีความสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานกลได้มากเพียงใด ประสิทธิภาพทางความร้อนหาได้จาก กำลังที่ได้ / (อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง × ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง)

$$\eta_{Bth} = \frac{\text{กำลังที่ได้}}{\text{อัตราการไหลของเชื้อเพลิง} \times \text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง}} \quad (2.7)$$

$$= \frac{B_p}{F_p} \times 100$$

เมื่อ η_{Bth} คือประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค, %

2.7.5 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency), η_{vol} หมายถึง ความสามารถในการดูดอากาศเข้าสู่กระบอกสูบจริงต่อปริมาตรที่เครื่องยนต์ดูดได้ในทางทฤษฎี สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_{vol} = \frac{2(\dot{m}_a - \dot{m}_f)}{60 \cdot \rho_{air} V_d \cdot N} \times 100 \quad (2.8)$$

เมื่อ	$\dot{m}_a$	=	อัตราการไหลของอากาศ, kg/hr
	$\dot{m}_f$	=	อัตราการไหลของเชื้อเพลิง, kg/hr
	ρ_{air}	=	ความหนาแน่นของอากาศ, kg/L
	V_d	=	ปริมาตรกระบอกสูบ, m^3
	N	=	ความเร็วรอบ, rpm

2.7.6 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air – Fuel Ratio)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะสมบูรณ์เพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการเผาไหม้ การคลุกเคล้าระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ และปริมาณอากาศที่ประจุเข้ากระบอกสูบมากน้อยเพียงใด ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (Stoichiometer air fuel ratio) เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ต้องการเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทราบได้จากคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิง โดยน้ำมันแก๊สโซลีนมีค่าเท่ากับ 14.6 : 1 และเอทานอลมีค่าเท่ากับ 9 : 1 แต่สำหรับการทำงานจริงของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน จะมีค่าประมาณ 12 – 18 : 1

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (2.9)$$

เมื่อ	A/F	คือ	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง
	$\dot{m}_a$	คือ	ปริมาณอากาศเข้ากระบอกสูบ, kg/hr
	$\dot{m}_f$	คือ	อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, kg/hr

2.8 สมดุลย์พลังงาน

การสมดุลย์พลังงาน คือ การวิเคราะห์เพื่อจะหาข้อมูลว่าพลังงานความร้อนที่เชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์นั้นได้ถูกใช้ไปในทางใดบ้าง โดยการใช้สมการของกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ พลังงานความร้อนจากเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นจะถูกนำไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.8.1 พลังงานที่ใช้ในกำลังงานเบรค

คือ กำลังที่วัดจากเพลลาที่ออกจากเครื่องยนต์ เพื่อที่จะนำไปใช้งานโดยตรง โดยกำลังงานเบรคจะหาได้จากสมการเดียวกับที่เคยกล่าวมาแล้วข้างต้น คือ

$$\dot{Q}_1 = \frac{2\pi TN}{60 \times 1000} \quad (2.10)$$

เมื่อ $\dot{Q}_1$ คือ พลังงานความร้อนเทียบเท่ากำลังงานเบรคของเครื่องยนต์, kW

2.8.2 พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับระบบระบายความร้อน

ในการควบคุมอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ จะต้องสูญเสียพลังงานความร้อนไปจำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถหาได้จากมวลของน้ำหล่อเย็นต่อเวลา $\times$ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ $\times$ ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\dot{Q}_2 = \dot{m}_w C_{p_w} (T_1 - T_2) \quad (2.11)$$

เมื่อ $\dot{Q}_2$ = พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำระบายความร้อน , kW

$\dot{m}_w$ = อัตราการไหลโดยมวลของน้ำระบายความร้อน , kg/sec

T_2 = อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ทางออกเครื่องยนต์ , °C

T_1 = อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ทางเข้าเครื่องยนต์ , °C

C_{p_w} = ความร้อนจำเพาะเมื่อความดันคงที่ของน้ำ
ระบายความร้อน , kJ/kg.K

2.8.3 พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับแก๊สไอเสีย

ในการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน ในจังหวะคายก็จะมี การสูญเสีย ความร้อนไปเป็นจำนวนมากพอสมควร โดยพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับแก๊สไอเสียนี้ สามารถหาได้จากสมการ

$$\dot{Q}_3 = \dot{m}_{EX} h_{EX} T_{EX} \quad (2.12)$$

เมื่อ $\dot{Q}_3$ = พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย , kW
 $\dot{m}_w$ = อัตราการไหลโดยมวลของไอเสีย , kg/sec
 T_2 = อุณหภูมิของไอเสีย , °C
 T_1 = เอลทานปีของไอเสีย , kJ/kg

2.8.4 พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปในบรรยากาศ และส่วนอื่น ๆ

ความร้อนที่สูญเสียส่วนนี้จะไม่สามารถหาได้โดยตรงแต่จะหาค่าผลต่างของพลังงานความร้อนที่ให้กับเครื่องยนต์กับพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับระบบระบายความร้อนที่รวมกับพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับแก๊สไอเสีย

$$\dot{Q}_4 = \dot{Q}_{in} - (\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3) \quad (2.12)$$

เมื่อ $\dot{Q}_4$ = พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปในบรรยากาศ และส่วนอื่นๆ , kW
 $\dot{Q}_{in}$ = พลังงานความร้อนที่เชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ทั้งหมด, kW

2.9 สารมลพิษในไอเสีย (Pollutants in the Exhaust)

สารที่พบในไอเสียของรถยนต์เครื่องยนต์เบนซินอันมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของคน คือ CO, HC, NO_x , ตะกั่วและสาร พิษอื่น

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบไอเสียเมื่อมีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

ส่วนประกอบ	ปริมาตร %
N ₂	83.5
O ₂ (รวม argon ด้วย)	2.22
CO ₂	13.0
H ₂	0.23
CO	0.97
HC	250 (ppm)
NO	2900 (ppm)
NO ₂	18 (ppm)

หมายเหตุ

1. เชื้อเพลิงเบนซินที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง
2. ค่าต่างๆ ไม่รวมความชื้นและน้ำ
3. 1 % = 10,000 ppm

2.9.1 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

ซึ่งเป็นสารพิษที่มีมากและเป็นแก๊สที่มีสัดส่วนค่อนข้างมากในแก๊สไอเสียจึงเป็นแก๊สที่มีอันตรายมากเป็นพิษตามกฎหมายของเยอรมันและในหลาย ๆ ประเทศจะมีเหมือน ๆ กันคือ ชีวิตของมนุษย์จะต้องได้รับไม่มากกว่า 50 ส่วนต่อล้านส่วน (50 ppm) ของคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศในบริเวณที่คนทำงานอยู่ปัจจุบันบนทางแยกถนนสายหลักจึงต้องทำการตรวจวัดค่าปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นประจำ

2.9.2 ส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ (Unburnt Hydrocarbons)

ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ประกอบด้วยส่วนประกอบหลายๆ อย่างที่แตกต่างกันส่วนประกอบเหล่านี้ยังเป็นข้อสงสัยว่าจะเป็นตัวสนับสนุนให้เกิดมะเร็งได้หรือไม่ และยังเป็นต้นเหตุของกลิ่นไอเสียที่ฉุนแฉะอีกด้วย

2.9.3 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นสารที่เติมลงไปในน้ำมันเบนซินโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันเบนซินซูเปอร์เพื่อเพิ่มคุณภาพต่อการขับขี่ที่เป็นเหตุให้เครื่องยนต์น็อกร่างกายมนุษย์ดูดซึมเอาตะกั่วเข้าไปได้โดยง่ายกว่าการกำจัดออกไป ดังนั้นตะกั่วจึงมีแนวโน้มที่จะเกิดการสะสมในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายมากขึ้น อันเป็นผลกระทบที่ไม่เป็นที่ปรารถนาเช่นเดียวกับการกินผักหรือเนื้อสัตว์ซึ่งมีการดูดซึมเอาตะกั่วไว้

2.9.4 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO₂ Gas)

แก๊สไนโตรเจนออกไซด์มีสีน้ำตาลแดงและมีพิษอย่างรุนแรงด้วยในที่นี้มีความเข้มข้นมากกว่า 150 ส่วนในล้านส่วน (150 ppm) จะทำให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรงต่ออวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ มนุษย์สามารถดูดซับเอาออกไซด์ของไนโตรเจนได้ประมาณ 0.5 ส่วนในล้านส่วน (0.5 ppm) ได้โดยปราศจากการเป็นอันตรายของสุขภาพ

2.9.5 สารมลพิษอื่น ๆ ในไอเสีย

มลพิษที่เกิดขึ้นมากับไอเสียของเครื่องยนต์เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน กรดคาร์บอน แอมโมเนีย เกิดขึ้นในระดับความเข้มข้นต่ำซึ่งจะไม่ใช่เป็นพิษอย่างรุนแรงหรืออันตรายต่อสุขภาพ

2.10 มาตรการการควบคุมพิษจากไอเสีย (Exhaust Emission Control Measures)

การลดระดับสารมลพิษในไอเสีย เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอนและออกไซด์ของไนโตรเจน มีกระบวนการที่ได้มีการพัฒนาและนำมาใช้ดังลำดับต่อไปนี้

2.10.1 โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ (Pollution-control Carburetors) ซึ่งเป็นคาร์บูเรเตอร์ที่ติดตั้งระบบเครื่องยนต์เดินเบา (Idling Systems) และระบบเครื่องยนต์เดินเร็วเกิน (Overrun System) เช่น ขณะรถแล่นลงจากเขาซึ่งจะต้องตัดการจ่ายน้ำมันเบนซินเพื่อรักษาความถูกต้องและความคงที่ของอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเบนซิน

2.10.2 ใช้ระบบฉีดน้ำมันเบนซิน (Fuel Injection Systems) ซึ่งเป็นระบบที่ทำการส่งน้ำมันเบนซินเข้าผสมกับอากาศเป็นไอดีเข้าห้องสูบโดยการฉีด ทำให้อัตราผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเบนซินสามารถที่จะควบคุมให้เกิดขึ้นอยู่ในสภาพที่เหมาะสมทุกสภาวะของการทำงานของเครื่องยนต์และความต้องการลดมลพิษไอเสีย

2.10.3 ปรับปรุงการหมุนวนของส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเบนซิน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีขึ้น โดยทำการออกแบบอย่างรอบคอบในการสร้างท่อไอดีและห้องเผาไหม้ ทำให้การควบคุมองศาการจุดระเบิด (Ignition Timing) เป็นไปอย่างดีที่สุดที่เป็นไปได้

2.10.4 โดยการใช้แคตอะลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter) ซึ่งเป็นตัวลดมลพิษในไอเสียไปเป็นสารที่ไม่มีพิษ อย่างไรก็ตามชิ้นส่วนชุดนี้มีราคาค่อนข้างแพงและเป็นการเสี่ยงต่อสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นหรือเกิดสิ่งมีพิษขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีตะกั่วอยู่ในน้ำมันเบนซิน

2.10.5 ให้ความร้อนหลังการเผาไหม้ (Thermal Afterburning) หรือการเผาไหม้ซ้ำ (Recombustion) ทำการเป่าลมจากปั๊มลมที่ขับหมุนจากเครื่องยนต์เข้าไปในแก๊สไอเสียทันทีที่ออกจากกระบอกสูบ ด้วยวิธีการนี้จึงเปลี่ยนคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นพิษให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่เป็นพิษและเกิดการเผาผลาญไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ที่หลงเหลืออยู่ให้หมดสิ้นไปได้มากขึ้น

2.10.6 วงกลับแก๊สไอเสีย (Exhaust Gas Recirculation) โดยการให้อิเสียส่วนหนึ่งไหลวนกลับเข้าไปในท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์ จะทำให้เกิดการลดออกไซด์ของไนโตรเจนลง แต่ก็ทำให้เกิดการลดกำลังของเครื่องยนต์ลงด้วย

2.10.7 ลดกำลังเครื่องยนต์จำเพาะต่อลิตรลง (Reducing the Specific Output Power per Litre) ลดอัตราส่วนกำลังเครื่องยนต์ต่อความจุลงแล้วเครื่องยนต์จะผลิตออกไซด์ของไนโตรเจนน้อยลงและทำให้มีความต้องการตะกั่วที่เป็นตัวต้านทานการน็อคในน้ำมันเบนซินลดลงด้วยการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการแพร่ออกของแก๊สไอเสียไม่เป็นการง่ายที่จะทำการแก้ปัญหามากนัก เพราะขณะที่ทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง สัดส่วนความสมดุลจากสารพิษของออกไซด์ของไนโตรเจนมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น



บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ อาจแบ่งออกเป็นส่วนตัวต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 เครื่องยนต์สำหรับการทดสอบ

3.1.2 อุปกรณ์วัดสมรรถนะของเครื่องยนต์

3.1.3 อุปกรณ์วัดไอเสียของเครื่องยนต์

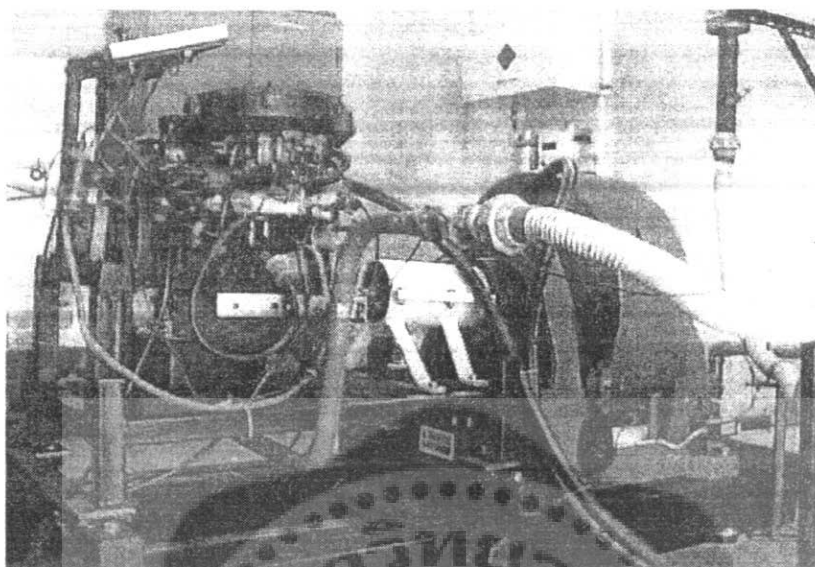
3.1.4 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

3.1.1 เครื่องยนต์สำหรับการทดสอบ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน MITSUBISHI รุ่น G13 BEP 7606 ขนาด 1300 cm² เป็นเครื่องทดสอบซึ่งรายละเอียดของเครื่องยนต์มีดังนี้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ MITSUBISHI รุ่น G 13 B EP 7606

รายการ	รายละเอียดของเครื่องยนต์
แบบ	เครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะ OHC 8 วาล์ว
ลูกสูบ X ระยะชัก	78 X 82 mm.
ความจุกระบอกสูบ	1299 cm ²
แรงบิดสูงสุด	108 N.m ที่ 4000 rpm.
กำลังงานเบรคสูงสุด	60 kW. ที่ 6000 rpm.
อัตราส่วนการอัด	9.8 : 1
องศาการจุดระเบิด	8 องศา ก่อน TDC. ที่ 850 rpm.
ลำดับการจุดระเบิด	1-3-4-2
น้ำมันเชื้อเพลิง	แก๊สโซลีน Octane Number 91
ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	คาร์บูเรเตอร์ ลิ้นคู่
น้ำมันหล่อลื่น	SAE 20w50 (ความจุ 3.5 ลิตร)
ระบบจุดระเบิด	คอยล์, จานจ่าย, หน้าทองขาว
ระบบสตาร์ท	มอเตอร์สตาร์ท

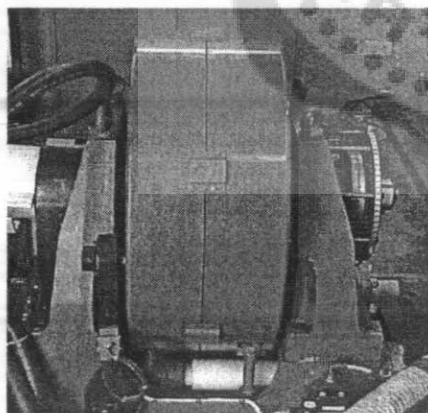


รูปที่ 3.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์

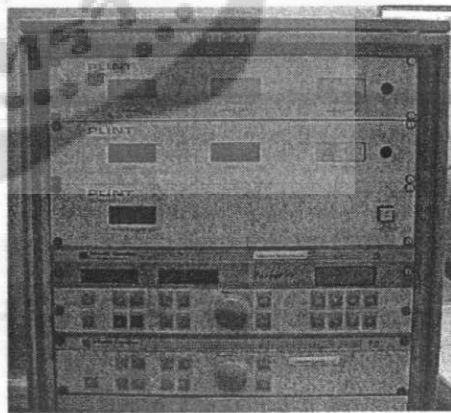
3.2.1 อุปกรณ์วัดสมรรถนะของเครื่องยนต์

1. เครื่องทดสอบ (ENGINE TEST BED)

อุปกรณ์ชุดนี้ใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ สามารถทดสอบได้ทั้งเครื่องยนต์ดีเซลและแก๊สโซลีนซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบดังรูปที่ 3.2



(ก) Dynamometer

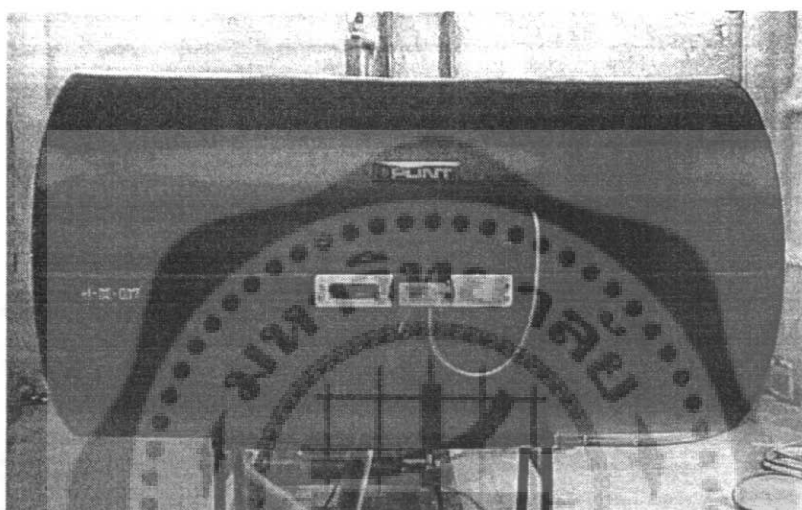


(ข) ชุด Control Dynamometer

รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

2. เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ

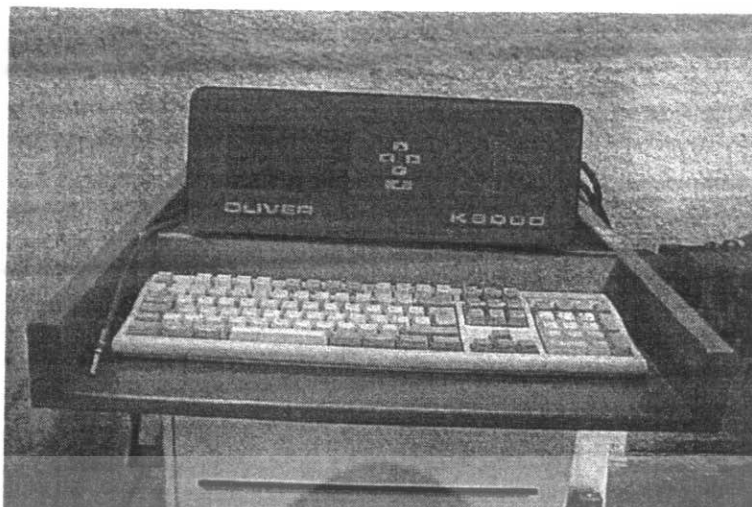
อุปกรณ์วัดปริมาณอากาศเข้า (Air consumption) ปริมาณอากาศที่ดูดผ่านถังพักอากาศ (Air box) ขนาดเส้นศูนย์กลางของ Orifice 60 mm. วัดอัตราการไหลของอากาศโดยเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วแปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าเป็นปริมาณอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ มีหน่วยเป็น kpa



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

3. อุปกรณ์วิเคราะห์ไอเสีย (OLIVER K 9000)

การวิเคราะห์ส่วนประกอบก๊าซไอเสียเป็นการวิเคราะห์ทางแห้ง (Dry basis) โดยนำหัววัดสำหรับดูดก๊าซใส่ที่ปลายท่อไอเสียส่วนประกอบของก๊าซไอเสียที่สามารถวัดได้ทั้งหมด 4 ชนิด และแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลข คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซออกซิเจน (O₂) และก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งค่าการวัดจะมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่ก๊าซไฮโดรคาร์บอนค่าการวัดจะเป็นหนึ่งในล้านส่วน (PPM) โดยปริมาตร

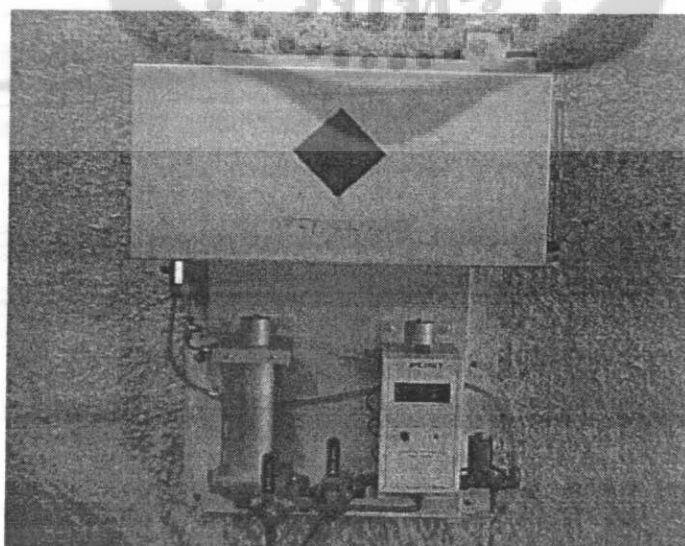


รูปที่ 3.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ไอเสีย OLIVER K 9000

4. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ถังขนาด 400 มิลลิลิตร จำนวน 2 ถังวัดเทียบกับเวลา สามารถตั้งค่าในการทดสอบได้ 4 ลักษณะดังนี้

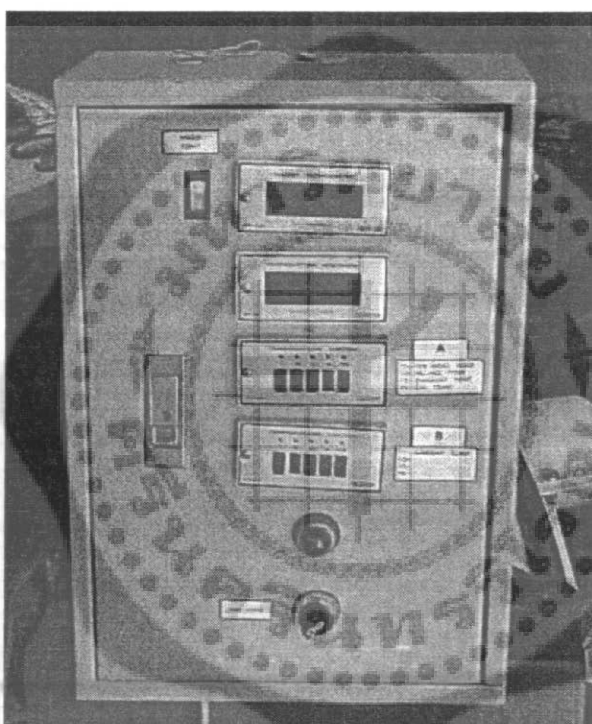
- Single	50	%	=	200	ml.
- Single	100	%	=	400	ml.
- Double	50	%	=	400	ml.
- Double	100	%	=	800	ml.



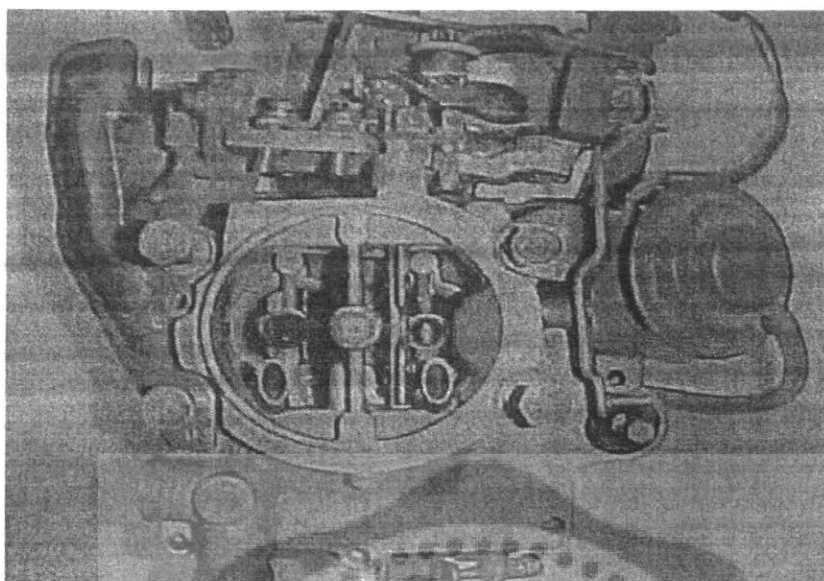
รูปที่ 3.5 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

5. อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ

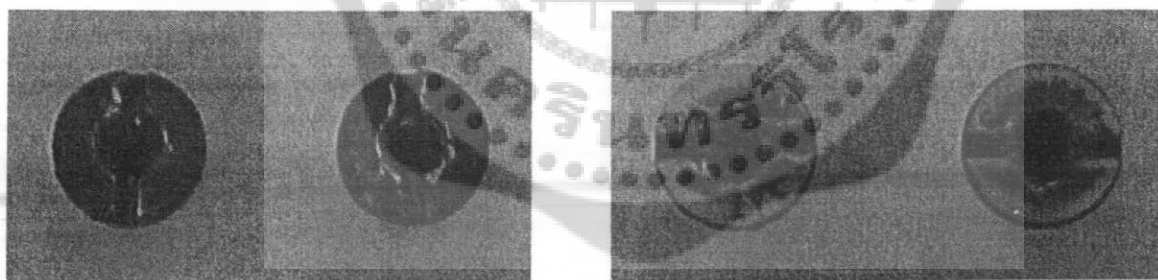
1. อุณหภูมิน้ำเข้า (T₁)
2. อุณหภูมิน้ำออก (T₂)
3. อุณหภูมิไอดี (T₃)
4. อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (T₄)
5. อุณหภูมิไอเสีย (T₅)
6. อุณหภูมิห้อง (T₆)



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.7 คาร์บูเรเตอร์ (MITSUBISHI G 13 BEP 7606)



(ก) นมหนูที่ใช้กับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน
เบอร์ 102/110

(ข) นมหนูที่ใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอล
เบอร์ 156/165

รูปที่ 3.8 ขนาดของนมหนูในคาร์บูเรเตอร์

3.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบจะใช้เครื่อง MITSUBISHI โดยในการทดสอบ จะใช้น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง และเอทานอล (Ethanol) 95 % เพื่อเปรียบเทียบ กำลังงาน, แรงบิด, และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากนั้นทำการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์โดยเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของนมหนูน้ำมันและปรับองศาการจู่ระเบิด สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของนมหนู และปรับองศาการจู่ระเบิดเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง โดยพิจารณาจาก กำลังงาน, แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นองค์ประกอบหลัก เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง

ขั้นตอน การปรับ Dynamometer เพื่อ การทดสอบเครื่องยนต์แบบมี Load

- ปรับค่า Dynamometer Speed ไปที่ค่าความเร็วประมาณ 2000 - 6000 rpm
- ปรับค่า Throttle จนกระทั่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์มากกว่าค่า Dynamo Speed เล็กน้อยแล้วหยุดปรับ
- รอจนกระทั่งความเร็วของเครื่องยนต์กับความเร็วของ Dynamometer มีค่าเท่ากัน
- จากนั้นปรับค่า Throttle ไปที่ 100 % ให้อยู่ๆ เพิ่มค่า ขณะนี้ยังสังเกตว่าความเร็วของเครื่องยนต์ยังมีค่าเท่าเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง
- ข้อควรระวัง ห้ามปรับ Dynamo Speed ต่ำกว่า 1500 rpm และไม่เกินค่า Speed สูงสุดของเครื่องยนต์แต่ละชนิด

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

การทดสอบจะทำการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนก่อน จากนั้นใช้เครื่องยนต์เครื่องเดียวกันทำการทดสอบโดยใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง เพื่อทดสอบหาความเหมาะสมที่ใช้กับเครื่องยนต์

1. ติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับเครื่องทดสอบสมรรถนะ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและอุปกรณ์วิเคราะห์ไอเสีย
2. เดินเครื่องยนต์ในตำแหน่งเดินเบา เพื่อให้เครื่องยนต์มีอุณหภูมิทำงาน เพื่อให้เครื่องยนต์พร้อมที่จะทำการทดสอบ โดยเดินเครื่องประมาณ 15 - 20 นาที
3. ทำการทดสอบเครื่องยนต์ ภายใต้เงื่อนไขในการทดสอบคือ ทดสอบที่ความเร็ว 2000 - 6000 รอบต่อนาที โดยปรับลิ้นปีกผีเสื้อ (Throttle valve) ให้อยู่ในตำแหน่งเปิดสุด (Full throttle) แล้วจดบันทึกค่าต่างๆ

- ความดันบรรยากาศ , kPa
- ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ , rpm
- แรงบิด (Torque), N-m.
- ค่าอัตราการไหลของอากาศ , kg/s
- เวลาที่เชื้อเพลิงใช้ไป
- อุณหภูมิของอากาศเข้า ไอเสีย น้ำเข้า – ออกเครื่องยนต์ , $^{\circ}\text{C}$

4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ

- กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ (Bp), kW
- กำลังเบรคแรงม้าของเครื่องยนต์ (Bhp), hp
- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (bsfc), kg/ kW.hr
- อัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$), kg/s
- กำลังงานเชื้อเพลิง (Fp) , kW
- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (η_{Bth}) , %
- อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F)

บทที่ 4

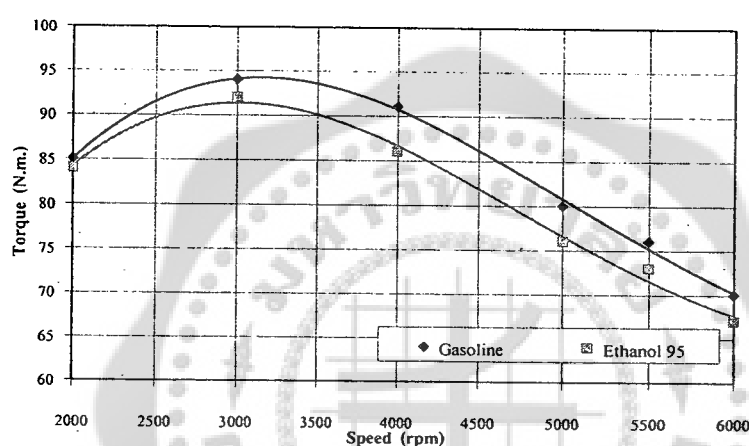
ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองสมรรถนะและการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง เพื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลE95เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งผ่านการใช้งานมาแล้วแต่ได้ทำการซ่อมบำรุงใหม่ตามคู่มือ เครื่องที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ MITSUBISHI รุ่น G13BEP 7606 ตามรายละเอียดใน ตารางที่ 3.1 การทดสอบสมรรถนะจะทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงก่อน จากนั้นทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง นำตัวแปรที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Torque , Power , Bsfcc) และมลพิษของแก๊สไอเสีย (CO , HC) ที่ใช้เอทานอล นำมาพิจารณาว่ามีแนวโน้มให้สมรรถนะดีที่สุดและมลพิษมีแนวโน้มลดลง เพื่อทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ลักษณะการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เป็นการทดสอบที่ความเร็วเปลี่ยนภาระงาน (Load) ตำแหน่งของลิ้นเร่งคาร์บูเรเตอร์อยู่ในตำแหน่งเปิดเต็มที่ (Full Throttle valve) ซึ่งทำให้รอบของเครื่องสูงสุด การควบคุมรอบของเครื่องยนต์โดยการเพิ่มหรือลดภาระ (Load) ที่ให้กับเครื่องยนต์ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ในครั้งนี้ที่ความเร็วต่ำสุด 2000 rpm. ทดสอบที่ความเร็วสุด 6000 rpm. โดยทดสอบจากรอบต่ำไปสู่รอบสูง ขณะทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์จะทำการวัดแรงบิด , กำลังงานเบรค , อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิง, เวลาที่ใช้ต่อน้ำมันเชื้อเพลิง 200 CC. ที่ตามความเร็วรอบต่าง ๆ , มลพิษจากไอเสีย (CO , CO₂ , O₂ , HC) , อุณหภูมิไอดี – ไอเสีย , อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า – ออก , อุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็น และอุณหภูมิบรรยากาศ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ได้ผลดังนี้

4.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลกับแก๊สโซลีน

จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงโดยทดสอบสภาวะเดียวกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ เปรียบเทียบกับสมรรถนะกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

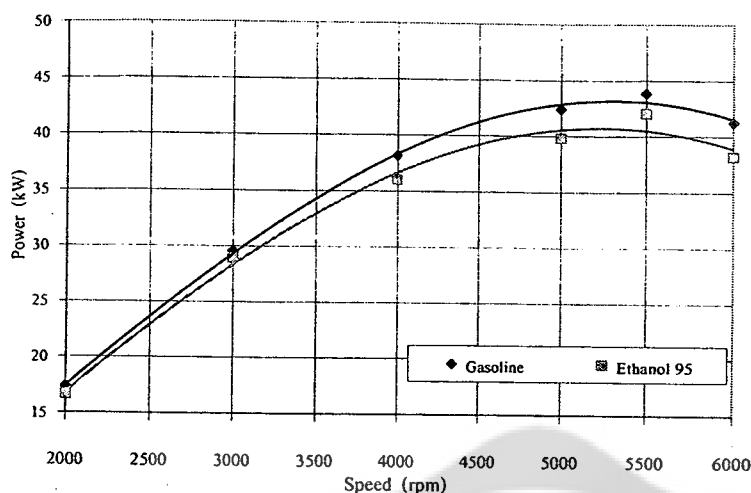


รูปที่ 4.1 แสดงกราฟการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่างๆ

4.2.1 แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque of Engine)

จากรูปกราฟที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดลองของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลและแก๊สโซลีน พบว่าที่ความเร็วรอบ 2000 – 3500 rpm. จะมีแรงบิดเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ความเร็วรอบ 3200 rpm. และจะค่อยลดลงเรื่อย ๆ จนถึงความเร็ว 6000 rpm. แนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ทางทฤษฎีและเอทานอลมีค่า Octane Number สูงกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้เครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ที่ภาวะสมบูรณ์ จากกราฟจะเห็นได้ว่า เอทานอล 95 % มีแนวโน้มให้แรงบิดต่ำกว่าแก๊สโซลีน 91 ที่ทุกความเร็วรอบ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล 95 % เป็นเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์เอทานอลจะให้ค่าแรงบิดต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยเฉลี่ยประมาณ 2 – 3 % ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm. และที่ความเร็วรอบ 6000 rpm. จะให้ค่าแรงบิดต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยเฉลี่ยประมาณ 4 – 5 %

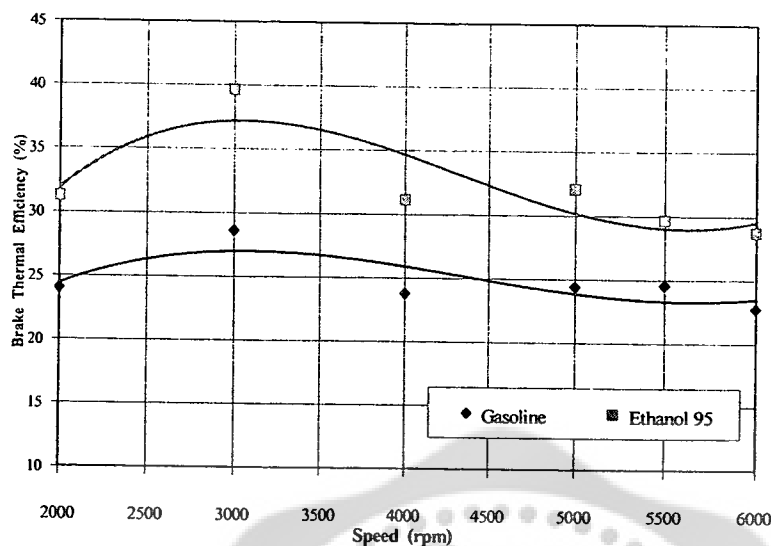


รูปที่ 4.2 แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังเบรคของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.2 กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ (Brake Power)

จากกราฟรูปที่ 4.2 จะพบว่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในช่วงความเร็ว 2000 - 3500 rpm. มีแนวโน้มใช้กำลังงานเบรคมากกว่ากำลังงานเบรคของแก๊สโซลีนเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากแรงบิดที่สูงกว่าที่กล่าวมาแล้ว และสาเหตุอีกประการหนึ่งคือประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีแนวโน้มสูงกว่า จึงทำให้ไอตีมีความหนาแน่นมากกว่า มีผลให้การเผาไหม้เกิดขึ้นรุนแรงภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งเป็นผลให้กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน

เมื่อเปรียบเทียบกำลังเบรคระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล 95 % เป็นเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์เอทานอลจะให้ค่ากำลังเบรคต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยเฉลี่ยประมาณ 4 % ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm. และที่ความเร็วรอบ 5500 rpm. จะให้ค่ากำลังเบรคต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยเฉลี่ยประมาณ 4 %

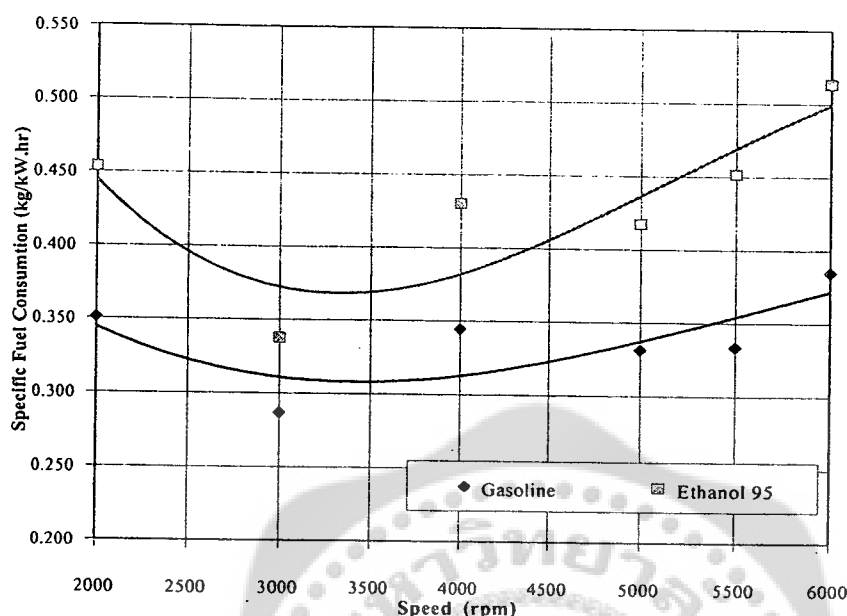


รูปที่ 4.3 แสดงกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.3. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Thermal Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุก ๆ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน ซึ่งจากการทดสอบเอทานอล 95 % สูงสุดประมาณ 39.63 % ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm. และต่ำสุดที่ 28.72 % ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm. ขณะที่แก๊สโซลีนให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดประมาณ 28.57 % ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm. และต่ำสุด 22.96 % ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm. สาเหตุที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีค่า Adiabatic Flame Temperature ต่ำกว่า 39 องศา ทำให้การสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการทำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์น้อยมีผลทำให้การสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่า และเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงของการระเหยตัวมากกว่า จึงดึงเอาความร้อนที่อยู่บริเวณรอบ ๆ เพื่อการระเหยตัว มีผลทำให้อุณหภูมิไอดีเข้าสู่เครื่องยนต์ต่ำมีความหนาแน่นมาก จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์เอทานอลจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ประมาณ 28 % ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm. ซึ่งไม่ว่าจะใช้เชื้อเพลิงชนิดใดค่าประสิทธิภาพสูงสุดก็จะอยู่ที่ 3000 rpm. และลักษณะของกราฟจะใกล้เคียงกับทางทฤษฎีมาก



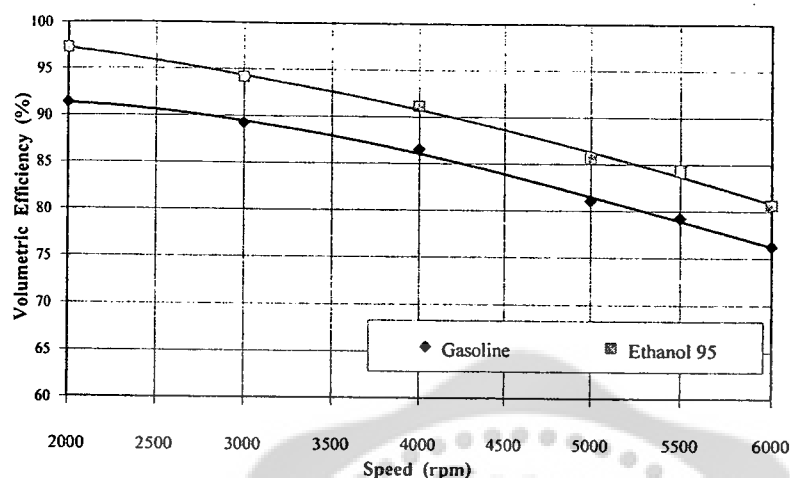
รูปที่ 4.4 แสดงกราฟการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ (Brake specific fuel Consumption)

จากกราฟรูปที่ 4.4 พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์เอทานอลนั้น จะเห็นว่าเครื่องยนต์เอทานอลมีความสิ้นเปลืองมากกว่าเครื่องยนต์ แก๊สโซลีนประมาณ 30 - 40 % ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าความร้อนในการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ทำให้การเผาไหม้ต้องใช้จำนวนเชื้อเพลิงที่มากกว่าเพื่อให้ได้ค่าพลังงานออกมาเท่ากัน

จากกราฟอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์น้อยที่สุด (Minimum Specific Fuel Consumption) ของเครื่องยนต์จะอยู่ที่ความเร็วรอบประมาณ 3000 rpm. ซึ่งเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่า 0.287 kg/kW.hr ในขณะที่เครื่องยนต์เอทานอล 95 % มีค่าเท่ากับ 0.338 kg/kW.hr

เมื่อพิจารณาจากกราฟจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีอัตราความสิ้นเปลืองจำเพาะที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล 95% เป็นเชื้อเพลิง ประมาณ 15 % ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm.

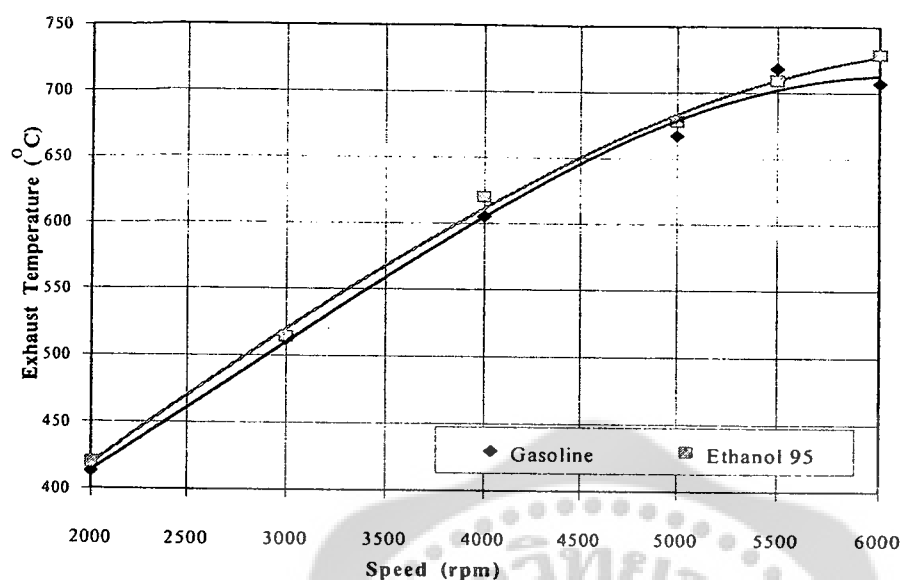


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.5 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency)

จากกราฟรูปที่ 4.5 ซึ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงและเอทานอลที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จากกราฟจะเห็นว่าค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์จะลดลงเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูง ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อความเร็วของเครื่องยนต์สูงขึ้นการไหลของอากาศในท่อไอดีจะสูงขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้นจึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะเห็นว่าเครื่องยนต์เอทานอล E95 % จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประมาณ 5 % ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm. และที่ความเร็วรอบ 6000 rpm. จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์เอทานอลจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ประมาณ 5 % และ สาเหตุเนื่องจาก Heat of Vaporization ที่สูงอาจทำให้อากาศไหลเข้าได้มากกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency) สูงขึ้น

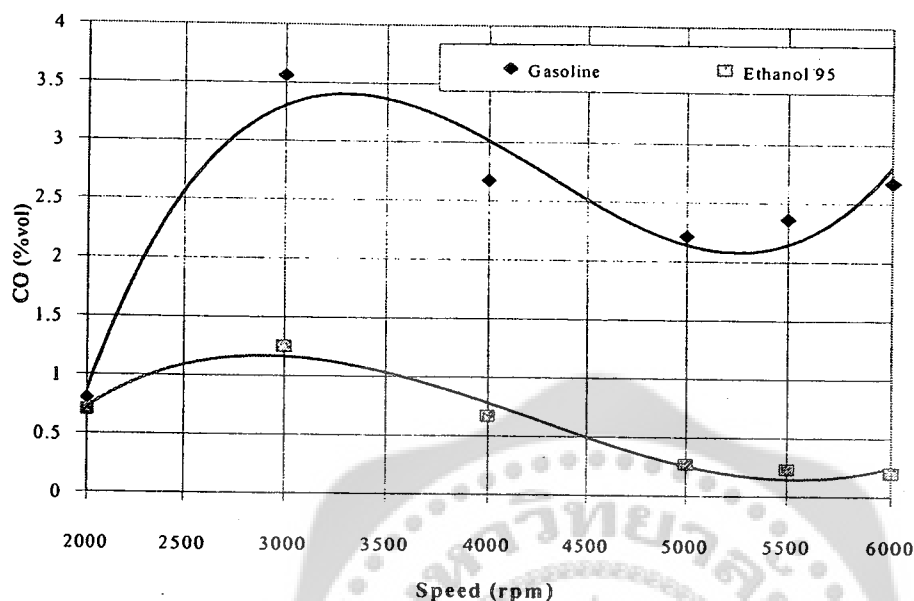


รูปที่ 4.6 แสดงกราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล เป็นเชื้อเพลิง

4.2.6 อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ (Exhaust Temperature)

จากกราฟรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง และเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 2000 – 6000 rpm. จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิไอเสียจะเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งมีผลมาจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น อัตราการเผาไหม้สูงขึ้นและเครื่องยนต์ก็จะปล่อยพลังงานที่ใส่เข้าไปออกมาเป็นรูปของความร้อนมากขึ้น ซึ่งความร้อนเหล่านี้ก็จะถูกปลดปล่อยออกมากับไอเสีย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนกับเอทานอลแล้ว จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงเอทานอล E95 % จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ประมาณ 2 % ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm. ทั้งนี้เนื่องมาจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีการเผาไหม้ที่รวดเร็ว เพราะฉะนั้นในการเผาไหม้ความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะถูกปลดปล่อยออกมากับ ไอเสียมากกว่าที่จะสูญเสียให้กับสิ่งรอบข้าง และเนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลไอดีที่เข้ากระบอกสูบมีความหนาแน่นที่มากกว่า ทำให้ได้การเผาไหม้ได้ความดันและอุณหภูมิที่สูงกว่า หรืออาจเกิดจากการที่เชื้อเพลิงเอทานอลมีอุณหภูมิไอเสียที่สูงกว่าอาจเกิดจากการที่เพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงเข้าไปมากแล้วเผาไหม้ในกระบอกสูบไม่หมดทำให้ไปเผาไหม้อีกครั้งที่ท่อไอเสียทำให้เกิดอุณหภูมิสูงที่ท่อไอเสีย

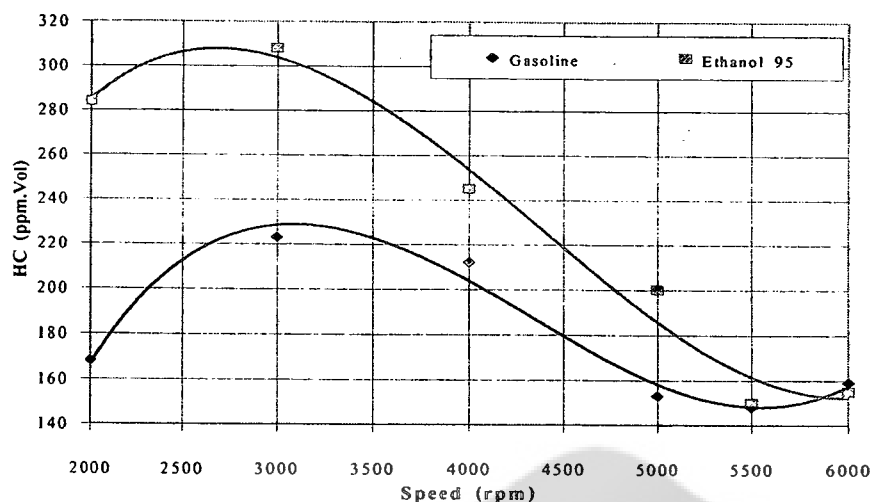


รูปที่ 4.7 แสดงกราฟการปลดปล่อย CO ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.7 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เนื่องจากเอทานอลมีองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำกว่า และมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยจึงช่วยให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์มากกว่าแก๊สโซลีน โดยมีแนวโน้มว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่าแก๊สโซลีน จากการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบ 3000 rpm. จะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ระหว่างแก๊สโซลีนกับเอทานอลพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลจะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำกว่าที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง

เมื่อเปรียบเทียบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง โดยที่เอทานอล 95 % เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ยต่ำสุด 0.23 %Vol

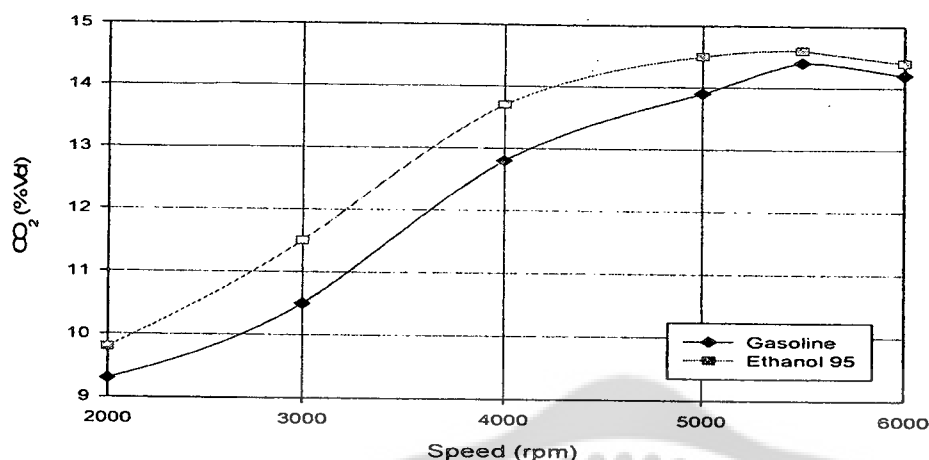


รูปที่ 4.8 แสดงกราฟการปลดปล่อย HC ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.8 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

จากรูปที่ 4.8 พบว่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีนทั้งนี้เนื่องจากแก๊สโซลีนมีสารไฮโดรคาร์บอนน้อยกว่าและมี Adiabatic flame temperature สูงกว่ามีผลทำให้อัตราการเผาไหม้รวดเร็วและมีผลให้การสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมมากกว่า อุณหภูมิการเผาไหม้จึงต่ำกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นสารอะตอมหนักการเผาไหม้ยากที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีผลให้ไฮโดรคาร์บอนลดลง จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเกิดไฮโดรคาร์บอนสูงกว่าแก๊สโซลีน

เมื่อเปรียบเทียบก๊าซไฮโดรคาร์บอนระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและ เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงเอทานอล 95 % ปลดปล่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 198 ppm.Vol ซึ่งสูงกว่าแก๊สโซลีน ปลดปล่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 177 ppm.Vol

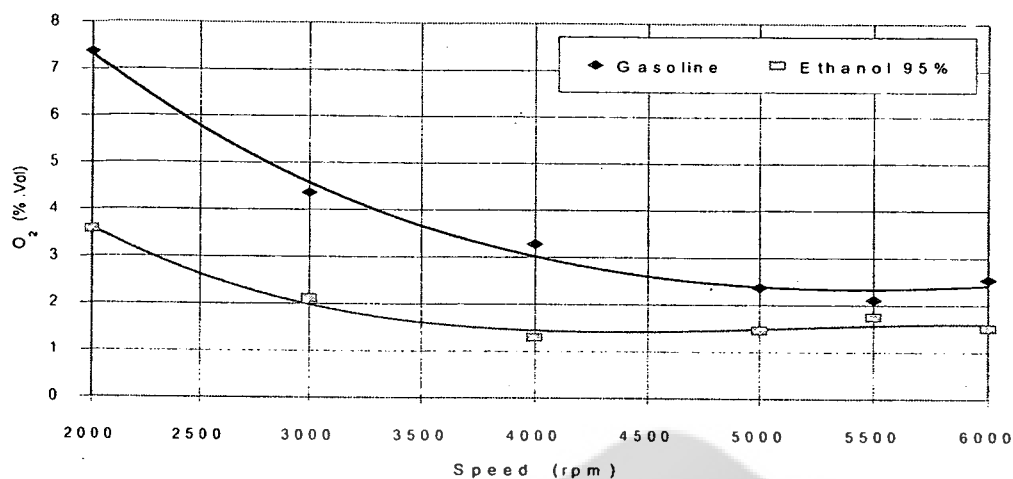


รูปที่ 4.9 แสดงกราฟการปลดปล่อย CO₂ ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.9 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลผลิตที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ (เมื่อทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ จะได้ผลผลิตที่ได้จากการเผาไหม้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ) ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.9 จะพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงในช่วงที่เครื่องยนต์ใช้ความเร็วรอบต่ำกว่า 5000 rpm และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบสูงเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนจะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ใกล้เคียงกับเอทานอล

เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงเอทานอล 95 % ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 14.6 %Vol ซึ่งสูงกว่าแก๊สโซลีน และแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้งสองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟการปลดปล่อย O₂ ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

4.2.10 ก๊าซออกซิเจน (O₂)

ก๊าซออกซิเจนเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ (เมื่อทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ น้ำจะเป็นผลผลิตหนึ่งที่ได้) ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.10 จะพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงในช่วงที่เครื่องยนต์ใช้ความเร็วรอบต่ำ และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบสูงเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนจะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ใกล้เคียงกับเอทานอล

เมื่อเปรียบเทียบก๊าซออกซิเจนระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน และเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงเอทานอล 95 % เกิดก๊าซออกซิเจนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.35 % Vol

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการศึกษาสมรรถนะที่เกิดกับเครื่องยนต์ เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน MISUBISHI รุ่น G 13 BEP 7506 ขนาด 1300 CC. เป็นเครื่องยนต์สำหรับการทดสอบ โดยที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและใช้เอทานอล E95 เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงมีการดัดแปลงแก้ไขเครื่องยนต์บางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงเอทานอล คือ เพิ่มขนาดของ MAIN JET ในคาร์บูเรเตอร์ จากเดิมมาใช้เบอร์ 102/110 เป็นเบอร์ 136/165 เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งเชื้อเพลิงให้มากขึ้น โดยพิจารณาจากอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงอยู่ระหว่าง 13.2 – 12.3:1 องศาการจุดระเบิด คือ 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน โดยสังเกตแรงบิด, กำลังเบรคของเครื่องยนต์, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร, สมรรถนะของเครื่องยนต์

จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนพบว่า

1. เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะให้ค่าแรงบิดและกำลังงานต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง
2. เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประมาณ 10 % จากการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสูงสุด 39.6 % ที่ 3000 rpm.
3. เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง จะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้เพราะว่าเชื้อเพลิงเอทานอลมีความร้อนเพียงที่ประมาณ 66 % ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน เพราะฉะนั้นเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจึงต้องใช้จำนวนเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีน

จากการทดสอบการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนพบว่า

1. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เนื่องจากเอทานอลมีองค์ประกอบของคาร์บอนน้อยกว่า และมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยในตัวเองจึงช่วยให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์มากกว่าแก๊สโซลีน จากการทดสอบพบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง แต่จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงทั้งนี้เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่าดังกล่าวมาแล้วข้างต้น
2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) จากการทดสอบพบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนสูงกว่าแก๊สโซลีน ทั้งนี้อาจเนื่องจากแก๊สโซลีนมีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าเชื้อเพลิงเอทานอลและมี Adiabatic flame temperature สูงกว่ามีผลทำให้อัตราการเผาไหม้รวดเร็วและมีผลให้การสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมมากกว่า อุณหภูมิการเผาไหม้จึงต่ำกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นสารอะตอมหนักการเผาไหม้ยากที่อุณหภูมิต่ำจึงมีผลให้ไฮโดรคาร์บอนลดลงในกรณีที่ใช้แก๊สโซลีน
3. เมื่อเปรียบเทียบปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน และเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล จะปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิงที่ทุกความเร็วรอบ

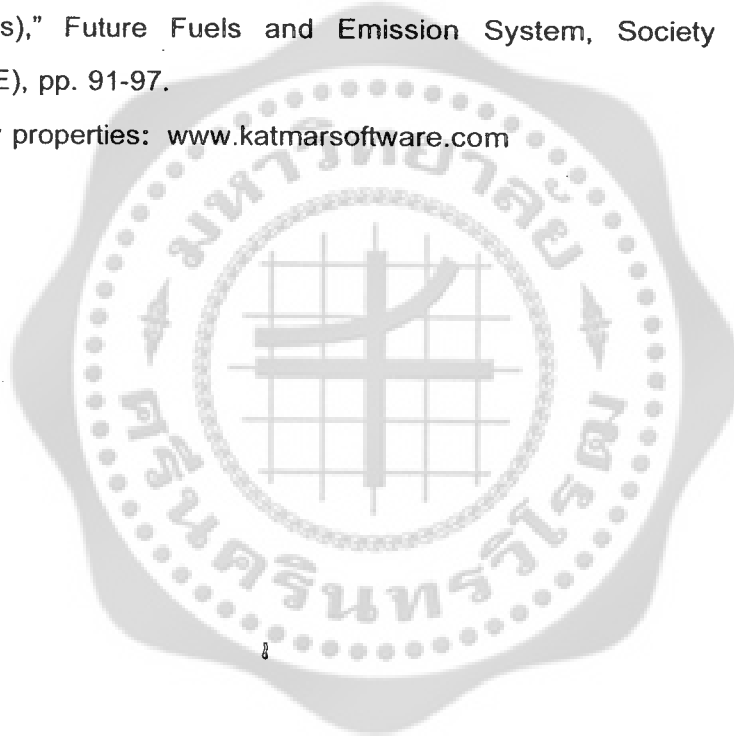
5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในภาวะใช้งานจริง
2. ควรมีการศึกษาการสึกหรอต่อชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง
3. ควรมีการศึกษาผลกระทบชิ้นส่วนต่างๆในระบบเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์
4. ควรออกแบบท่อไอเสียที่สามารถรับรองการทนความร้อนของไอเสียได้
5. ควรศึกษาระบบการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง

บรรณานุกรม

1. รองศาสตราจารย์วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. 2543 เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน. กรุงเทพฯ : บริษัท จูนพับลิชชิง จำกัด, .
2. บุญธรรม ภัทรจารุกุล. 2542. เครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สโซลีน. กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),
3. ศรีณรงค์ ตูทองคำ และคณะ. 2544 ทฤษฎีแก๊สโซลีน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญธรรม.หนังสือพิมพ์ไทยรัฐฉบับประจำวันจันทร์ที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. หน้า 8.
4. เขียวชัย บุญยะกุล . เครื่องยนต์เบนซิน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) การควบคุมไอเสีย และมาตรการการควบคุมมลพิษจากไอเสีย , หน้า 124 -127.
5. พูลพร แสงบางปลา , ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , หน้า 79 - 83.
6. อนนต์ ช่วยเกิด , 2545 , การศึกษาและปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิง ,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะพลังงานและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
7. ลิขิต ไสหนู , 2544 , ผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะพลังงานและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. .
8. สุรัชย์ บวรเศรษฐนันท์, 2526, "การสีกหราชอาณาจักรเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
9. HEYWOOD,JB 1988, Internal Combustion Engine Fundamentals, Mc Graw Hill Inc.,New Yoek',pp 913 - 914.
10. Ferguson , C.R. 1985 , Internal Combustion Engine, John Wiley & Sons Ins.,Canada,pp 527 - 532.
11. U.S. Department of Energy, 1999, Guidebook for Handling, Storing and Dispensing Fuel Ethanol, Center for Transportation Research, Chicago, pp. 11-13. (www.afdc.doe.gov)

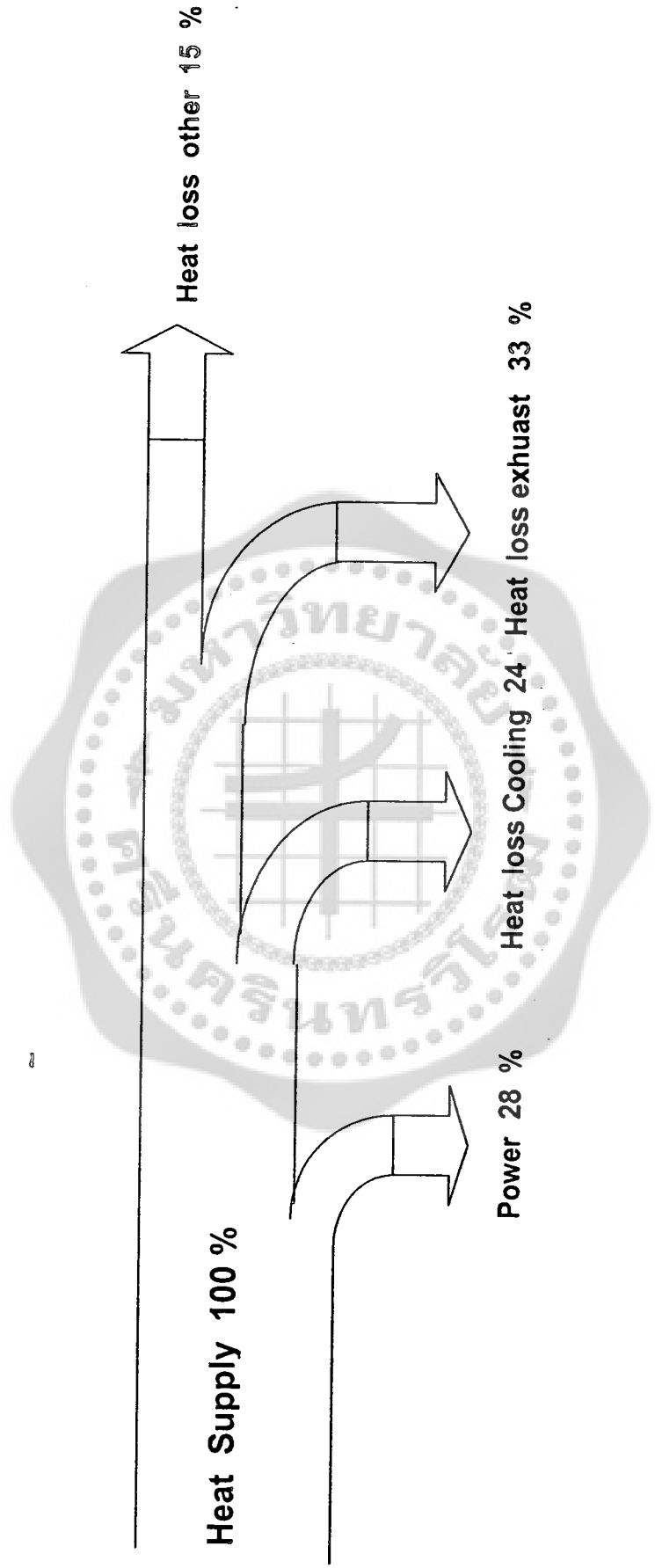
12. Birrell, J.S., 1982, " Ethanol as a Petrol Extender in Spark Ignition Engines," Paper 825026 presented at the International Fisita Congress, Melbourne, Australia, pp. 59-63.
13. King, E.T. and Chui G.K., 1984, "Hardware effects on the wear of methanol fueled engine," VI International Symposium on Alcohol Fuel Technology ,Ottawa Canada, May 21- 25, pp. 242-251.
14. Myung , C.L., et al, 1993, "Research and Development of Hyundai Flexible Fuel Vehicles (FFVs)," Future Fuels and Emission System, Society of Automotive Engineers (SAE), pp. 91-97.
15. Ethanol density properties: www.katmarsoftware.com



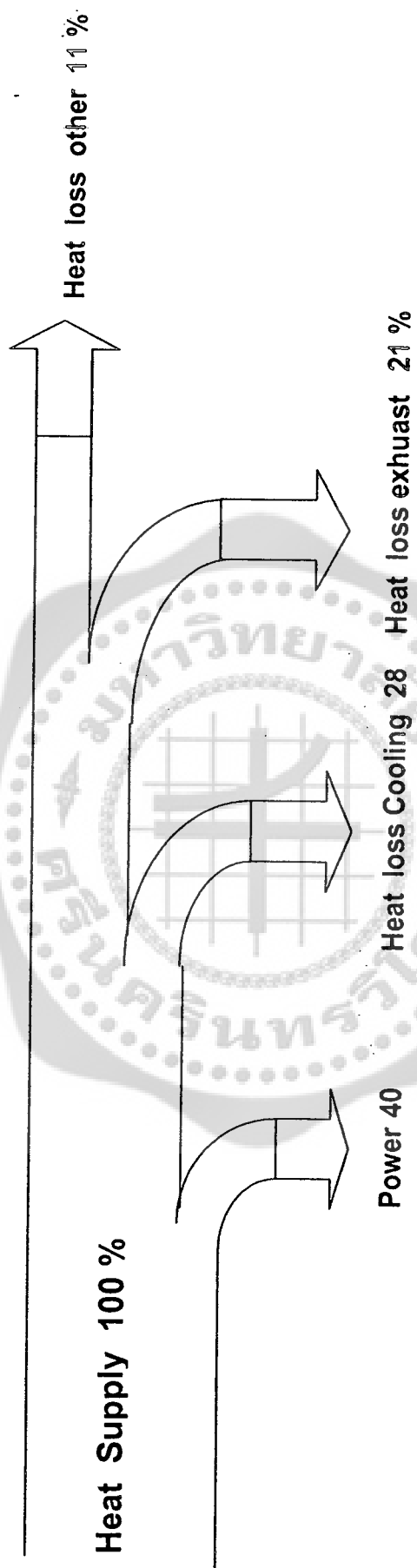
ภาคผนวก ก

Heat Balance of Fuel



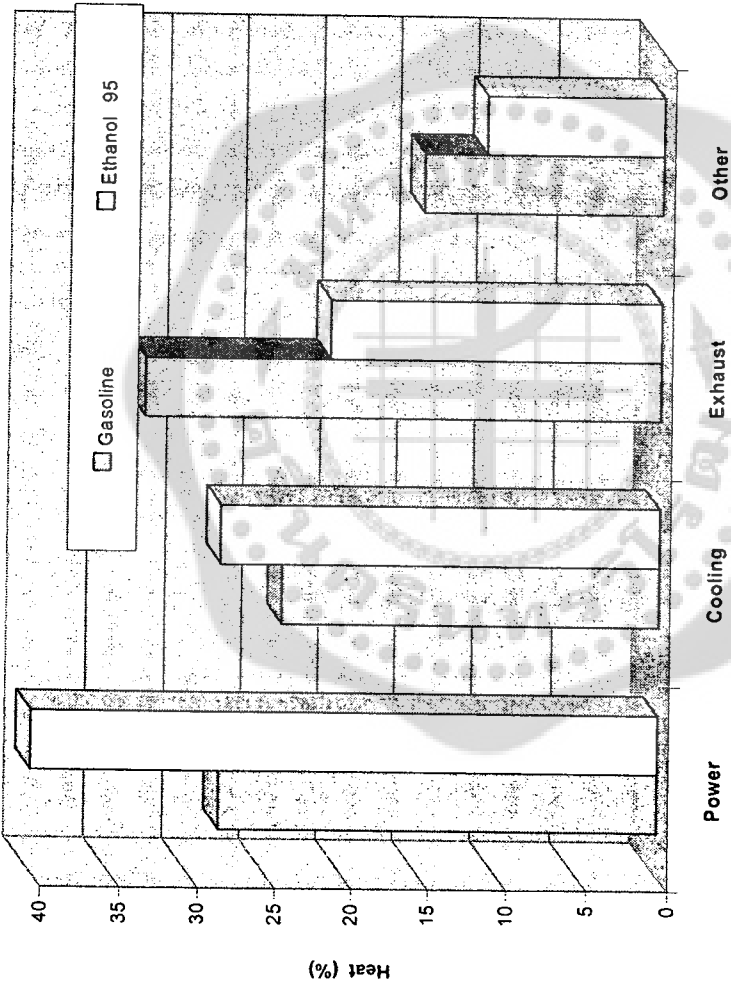


รูปที่ ๓1 Heat balance gasoline 91



รูปที่ ก2 Heat balance ethanol 95 %

8



รูปที่ 3 Heat balance of fuel



ภาคผนวก ข

ตารางความหนาแน่นของเอทานอล

ตารางที่ ข-1 Density of Ethanol (C_2H_5OH) (g/ml or kg/l)

%	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
0	0.99973	0.99913	0.99823	0.99708	0.99568	0.99406	0.99225
1	785	725	636	520	379	217	034
2	602	542	453	336	014	0.98849	663
3	426	365	275	157	014	0.98849	663
4	258	195	103	0.98984	0.98839	627	485
5	098	032	0.98938	817	670	501	311
6	0.98946	0.98877	780	656	507	335	142
7	801	729	627	500	347	172	0.97975
8	660	584	478	346	189	009	808
9	524	442	331	193	031	0.97846	641
10	393	304	187	043	0.97875	685	475
11	267	171	047	0.97897	723	527	312
12	145	041	0.97910	753	573	371	150
13	026	0.97914	775	611	424	216	0.96989
14	0.97911	790	643	427	287	063	829
15	800	669	514	334	133	0.96990	670
16	692	552	387	199	0.96990	760	512
17	583	433	259	062	844	607	352
18	473	313	129	0.96923	679	452	189
19	363	191	0.96997	782	547	294	023
20	252	068	864	639	395	134	0.95856
21	139	0.96944	729	459	424	0.95973	687
22	024	818	592	384	087	809	516
23	0.96907	689	453	199	0.95929	643	343
24	787	558	312	048	769	476	168
25	665	424	168	0.95895	607	306	0.94991
26	539	287	020	738	442	133	810
27	406	144	0.95867	576	272	0.94955	625
28	268	0.95996	710	410	098	774	438

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) Density of Ethanol (C_2H_5OH) (g/ml or kg/l)

%	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
29	125	844	548	241	0.94922	590	248
30	0.95977	686	382	067	741	403	055
31	823	524	212	0.94890	557	214	0.93860
32	665	357	038	709	370	021	662
33	502	186	0.94860	525	180	0.93986	461
34	334	011	679	337	0.93986	626	257
35	162	0.94834	494	146	790	425	051
36	0.94986	650	306	0.93952	591	221	0.92808
37	805	646	114	756	390	016	643
38	620	273	0.93919	556	186	0.92808	422
39	431	079	720	353	0.92979	597	208
40	238	0.93882	518	148	770	385	0.91952
41	042	682	314	0.92940	558	170	774
42	0.93842	478	107	729	344	0.91952	554
43	639	271	0.92897	516	128	733	332
44	433	062	685	301	0.91910	513	108
45	226	0.92852	472	085	692	291	0.90884
46	017	640	257	0.91868	472	069	660
47	0.92806	426	041	649	250	0.90845	434
48	593	211	0.91823	429	028	621	207
49	379	0.91995	604	208	0.90805	396	0.89979
50	0.92126	0.91776	0.91384	0.90958	0.90580	0.90168	0.89750
51	0.91943	555	160	760	353	0.89940	519
52	723	333	0.90936	534	125	710	288
53	502	110	711	307	0.89896	479	056
54	279	0.90885	485	079	667	248	0.88823
55	055	659	258	0.89850	437	016	589
56	0.90831	433	031	621	206	0.88784	356
57	607	207	0.89803	392	0.88975	552	122

ตารางที่ ๗-1 (ต่อ) Density of Ethanol (C_3H_5OH) (g/ml or kg/l)

%	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
58	381	0.89980	574	162	744	319	0.87888
59	154	752	344	0.88931	512	085	653
60	0.89927	523	113	699	278	0.87851	417
61	698	293	0.88882	446	044	615	180
62	468	062	650	233	0.87809	379	0.86943
63	237	0.88830	417	0.87998	574	142	705
64	006	597	183	763	337	0.86905	466
65	0.88774	364	0.87948	527	100	667	227
66	541	130	713	291	0.86863	429	0.85987
67	308	0.87895	477	054	625	190	747
68	074	660	241	0.86817	387	0.85950	407
69	0.87839	424	004	579	148	710	266
70	602	187	0.86766	340	0.85908	470	025
71	365	0.86949	527	100	667	228	0.84783
72	127	710	287	0.85806	426	0.84986	540
73	0.86888	470	047	618	184	743	297
74	648	229	0.85806	376	0.84941	500	053
75	408	0.85988	564	134	698	257	0.83809
76	168	747	322	0.84891	455	013	564
77	0.85927	505	079	647	211	0.83768	319
78	685	262	0.84850	403	0.83966	523	074
79	442	018	590	158	720	277	0.82827
80	197	0.84772	344	0.83911	473	029	578
81	0.84950	525	096	664	224	0.82780	329
82	702	277	0.83848	415	0.82974	530	079
83	453	028	599	164	724	279	0.81828
84	203	0.83777	348	0.82913	473	027	576
85	0.83951	525	095	660	220	0.81774	322
86	697	271	0.82840	405	220	0.81774	322

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) Density of Ethanol (C_2H_5OH) (g/ml or kg/l)

%	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
87	441	014	583	148	708	262	0.80811
88	181	0.82754	323	0.81888	448	003	552
89	0.82819	492	062	626	186	0.80742	291
90	654	227	0.81797	362	0.80922	478	028
91	386	0.81959	529	094	655	211	0.79761
92	114	688	257	0.80823	384	0.79941	491
93	0.81839	413	0.80983	549	111	669	220
94	561	134	705	272	0.79835	393	0.78947
95	278	0.80852	424	0.79991	555	114	670
96	0.80991	566	138	706	271	0.78831	388
97	698	274	0.79846	415	0.78981	542	100
98	399	0.79975	547	117	684	247	0.77806
99	094	670	243	0.78814	382	0.77946	507
100	0.79784	360	0.78943	506	075	641	203

สัญลักษณ์ย่อและคำอธิบาย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A/F	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	-
B_p	กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์	kW
B_{hp}	กำลังม้าเบรคของเครื่องยนต์	hp
$bsfc$	ความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรค	kg/kW.hr
C_{p_w}	ความร้อนจำเพาะเมื่อความดันคงที่ของน้ำ	kJ/kg.K
$C_{p_{EX}}$	ความร้อนจำเพาะเมื่อความดันคงที่ของไอเสีย	kJ/kg.K
F_p	กำลังงานเชื้อเพลิง	kW
h_{EX}	เอนทาลปีของไอเสีย	kJ/kg
$\dot{m}_a$	อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ	kg/hr
$\dot{m}_f$	อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	kg/hr
$\dot{m}_w$	อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ	kg/sec
$\dot{m}_{EX}$	อัตราการไหลโดยมวลของไอเสีย	kg/sec
Q_{LHV}	ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	kJ/kg
$\dot{Q}_1$	พลังงานที่ใช้ในกำลังงานเบรค	kW
$\dot{Q}_2$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับน้ำระบาย	kW
$\dot{Q}_3$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย	kW
$\dot{Q}_4$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปในบรรยากาศ	kW
$\dot{Q}_{in}$	พลังงานความร้อนที่เชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์	kW
T	แรงบิดที่วัดได้จากเพลลาเครื่องยนต์	N.m
T_{EX}	อุณหภูมิของไอเสีย	$^{\circ}C$
T_1	อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ทางเข้า	$^{\circ}C$
T_2	อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ทางออก	$^{\circ}C$
t	เวลาที่เชื้อเพลิงถูกใช้ไป	sec
V_d	ปริมาตรกระบอกสูบ	m^3

คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
W	ปริมาณเชื้อเพลิง	kg
λ	อัตราส่วนระหว่าง $(A/F)_{จริง}$ ต่อ $(A/F)_{ทฤษฎี}$	-
η_{Bth}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค	%
η_{vol}	ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร	%
ρ_{air}	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m ³



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล

นายพิชัย อัสฎมมงคล

(MR. PICHAIR ASADAMONGKON)

ตำแหน่งปัจจุบัน

ตำแหน่งอาจารย์ ประจำภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ติดต่อ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120

โทรศัพท์

02-6641000 ต่อ 2055, 2063

โทรสาร

037-322609

ประวัติการศึกษา

2532

ปริญญาตรี (คอ.บ) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

2538

ปริญญาโท (วศ.ม) วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

2544

ปริญญาเอก (Ph.D) Mechanical Engineering, King's College London,
University of London, UK.

ประวัติการทำงาน

2532-2534

โรงงานสยามฟรีเสริฟฟูดส์ จ.ราชบุรี ในตำแหน่งหัวหน้าฝ่ายวิศวกรรม

2537-ปัจจุบัน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จ. นครนายก ตำแหน่งอาจารย์

ประวัติการทำงานด้านการบริหาร

2544-2549

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

2544-2548

กรรมการบริหารหลักสูตร ระดับปริญญาตรี (วศ.บ) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

2545-ปัจจุบัน

กรรมการบริหารหลักสูตร ระดับปริญญาโท (วศ.ม) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

ประวัติการทำงานด้านการบริการทางวิชาการ

- ผู้เขียนหลักสูตร (2544) ระดับปริญญาโท (วศ.ม) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก

- ผู้ตรวจหลักสูตร (2545) กรรมการผู้ตรวจหลักสูตร ระดับปริญญาโท (วศ.ม)
สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและสาขาวิศวกรรมการผลิต(หลักสูตรภาษาอังกฤษ)
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- บรรณาธิการวารสาร (2548) บรรณาธิการวารสารวิชาการชื่อ วารสารวิชาการวิศวกรรม
พลังงาน และ สิ่งแวดล้อม (JEEE) ดำเนินการภายใต้โครงการความร่วมมือทางวิชาการ
ระหว่างกองวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า และ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- ที่ปรึกษาทางวิชาการ สมาอุตสาหกรรม ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญด้านการอนุรักษ์พลังงาน
กรรมการและประธานควบคุมการนำเสนอบทความการประชุมวิชาการทางเทคโนโลยี
อุตสาหกรรมและหุ่นยนต์.2548 (มิถุนายน พ.ศ 2548 .)
- กรรมการและประธานควบคุมการนำเสนอบทความ งานประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 (พ.ศ. 2548) .
- กรรมการและประธานควบคุมการนำเสนอบทความ งานประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 (พ.ศ. 2547)
- กรรมการและประธานควบคุมการนำเสนอบทความ งานประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 (พ.ศ. 2546)
- วิทยากรอบรมและเรียบเรียงเอกสารประกอบการอบรมให้กับวิทยากรในหลักสูตร
ผู้รับผิดชอบการอนุรักษ์พลังงานระดับอาวุโส และหลักสูตรระดับสามัญ โดยมีศูนย์อนุรักษ์
พลังงานแห่งประเทศไทย เป็นผู้จัด เป็นกิจกรรมทางวิชาการ (พ.ศ. 2547)
- กรรมการและประธานควบคุมการนำเสนอบทความ งานประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 (พ.ศ. 2546)
- ผู้เชี่ยวชาญด้านการอนุรักษ์พลังงานด้านการสาธิตเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน
อุตสาหกรรม จัดโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
(กรกฎาคม 2545-2546)
- กรรมการพิจารณาบทความ และกรรมการจัดงานประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 (พ.ศ. 2545)
- อาจารย์พิเศษ ในวิชา Engineering Thermodynamic ให้กับ กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (พ.ศ. 2544)

ประวัติการสอน

ปริญญาตรี	วิชา Refrigeration, Power Plant Engineering, Thermodynamic 1 and 2, Heat Transfer, Energy, Engineering Drawing, Fluid Mechanic 1 and 2, Energy Conservation. Internal Combustion Engine. Engineering Mechanic 1.
-----------	---

ปริญญาโท วิชา Advance Thermodynamic, Energy Conservation in
Industry, Systems Thermal Design. Bio-Energy Conversion.

สาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

- การออกแบบเบรคเห็ดน้ำ
- Turbulent Flow in Engine Cylinder
- การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคาร
- พลังงานทดแทนและเชื้อเพลิงทดแทน

งานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย

- งบประมาณแผ่นดิน เรื่อง การพัฒนารถจักรยานยนต์เพื่อใช้น้ำมันเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ประจำปี 2549 อยู่ระหว่างวิจัย
- งบประมาณแผ่นดิน เรื่อง การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เอทานอลE-95 เป็นเชื้อเพลิง ประจำปี 2549 อยู่ระหว่างวิจัย
- งบประมาณแผ่นดิน เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องบดสมุนไพรชนิดบดผง ประจำปี 2548 อยู่ระหว่างวิจัย
- งบประมาณแผ่นดิน เรื่อง การสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ตุลาคม 2546 - กันยายน 2547
- โครงการวิจัยเครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน เรื่อง การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งแบบเบรคเห็ดน้ำขนาดเล็ก ตุลาคม 2546 - กันยายน 2547
- ได้รับทุนทบวงมหาวิทยาลัย โครงการวิจัยและพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารตามนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ จังหวัดนครนายก เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบเบรคเห็ดน้ำ ตุลาคม 2545 - กันยายน 2546

ผลงานทางวิชาการและงานวิจัย

- 1) พิชัย อัสฎมมงคล 2538. "การออกแบบและการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบเบรคเห็ดน้ำ" วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ พ.ศ. 2538
- 2) Asadamongkon P., St Hill, N., Lee K. C. and Yiannesskis, M. 2000. "On the turbulence and cyclic variation levels in the internal combustion engine cylinders" .Proc.I.Mech.E. Conf "Automobile Engineering", pp. 79-88, C587/021/2000.

- 3) Asadamongkon P., St Hill, N., Lee K. C. 2000. "A study of turbulence and cyclic variations levels in internal combustion engine cylinder" Proc. 10 tht. Symp. "Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics", Lisbon, Portugal, July 2000.
- 4) Asadamongkon P., 2001. "Characteristic of the Flow Through Dual-Intake Valves Gasoline Engines". Ph.D. Thesis, King's College London, University of London.
- 5) Asadamongkon P., 2001 "Study of Turbulence and Cycle to Cycle Variation Level in SI Engine Cylinders" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลครั้งที่ 15. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร, ตุลาคม 2544.
- 6) ลิขิต ไสหนู และ พิชัย อัมภมมงคล "การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เล็กสูบเดี่ยวที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิง" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลครั้งที่ 17. ปรจันบุรี, ตุลาคม 2546
- 7) ภาณุเดช จินดาวงศ์ สุพัตร ศรีเจริญ พิชัย อัมภมมงคล และ ลิขิต ไสหนู "สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลครั้งที่ 17 ปรจันบุรี 15-17 ตุลาคม พ.ศ. 2546
- 8) ประภษฏี วงศ์สุนทรชาติ วิชิต บัวแก้ว และ พิชัย อัมภมมงคล "การศึกษาผลของแรงเสียดทานโดยใช้ของผสมอะครีลาไมด์ โพลีเมอร์ ที่มีต่อต้านทวนพลังงานในการดันท่อชั้นใต้ดินของกรุงเทพมหานคร" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลครั้งที่ 18 ขอนแก่น 18-20 ตุลาคม พ.ศ. 2547
- 9) วิชัย กนกพิทยาธร อุดมชัย จินะดิษฐ์ และ พิชัย อัมภมมงคล "การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์แกสโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงแกสโซลีนที่มีส่วนผสมบิวทานอล" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 19 ภูเก็ต 19-21 ตุลาคม พ.ศ. 2548
- 10) สุรัชย์ ทรัพย์ธนบูรณ์ อุดมชัย จินะดิษฐ์ และ พิชัย อัมภมมงคล "การพัฒนาเครื่องยนต์แกสโซลีนขนาดเล็กออกแบบประสงคโดยใช้น้ำมันเคโรซีนเป็นเชื้อเพลิงหลัก" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 19 ภูเก็ต 19-21 ตุลาคม พ.ศ. 2548
- 11) พิชัย อัมภมมงคล และ ศิริพรรณ ธงชัย "เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมและกรณีศึกษา (ด้านพลังงานไฟฟ้า)" การประชุมวิชาการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์ นนทบุรี 16-17 มิถุนายน พ.ศ. 2548
- 12) วิโรจน์ จินดาร์ตน์ อโณทัย สุขแสงพนมรุ่ง และ พิชัย อัมภมมงคล "การคำนวณช่วยในการตัดสินใจเลือกกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานในอาคาร" การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 ชลบุรี 11-13 พฤษภาคม พ.ศ. 2548
- 13) ลิขิต ไสหนู สมมาส แก้วล้วน และ พิชัย อัมภมมงคล "การศึกษาการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล เป็นเชื้อเพลิงในสภาวะการใช้งานจริง" The journal of Industrial Technology, Vol. 1, Issue 1, Feb-Jul, 2005.

14) สมมาส แก้วล้วน พิชัย อัมมมงคล และ สุนีรัตน์ พิพัฒน์โนมัย “การประเมินทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำก๊าซชีวภาพจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็กมาใช้กับเครื่องยนต์เพื่อการผลิตไฟฟ้า” การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 นครราชสีมา 27-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2549

15) ศิริพรรณ ธงชัย และ พิชัย อัมมมงคล “เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการ” การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 นครราชสีมา 27-29 กรกฎาคม พ.ศ. 2549



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

นายสมมาส แก้วล้วน

(Mr.Sommas Kaewluan)

วัน-เดือน-ปี เกิด

20 กันยายน 2517 อายุ 30 ปี

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 โทร 026-641-000 ต่อ 2063, 015-528-005
โทรสาร 037-322-609 E-mail : sommask@yahoo.com and sommas@swu.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2540 ปริญญาตรี หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2545 ปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัติการอบรม

พ.ศ. 2546 การควบคุมและการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำมันร้อน
(เพื่อการประหยัดพลังงานและความปลอดภัย) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2538 – 2540 ลูกจ้างชั่วคราว ตำแหน่งนายช่างเทคนิค สังกัดภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์
พ.ศ. 2540 – ปัจจุบัน ข้าราชการ ตำแหน่งนายช่างเทคนิค สังกัดภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์

1. งานในตำแหน่งนายช่างเทคนิค จนถึง ปัจจุบัน

- 1.1 ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการความร้อน ความเย็นและปรับอากาศ
- 1.2 ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ของไหล
- 1.3 ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการโรงจักรต้นกำลัง

2. งานสอน

Thermodynamics I

Thermodynamics II

Energy Conservation

Air Condition

Mechanical Engineering Laboratory

3. งานควบคุมการทำโครงการวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

- เรื่องที่ 1. รถบริการภายใน มศว องค์กรฯ
- เรื่องที่ 2. การออกแบบและการคำนวณเครื่องยนต์กังหันแก๊สขนาดเล็กโดยใช้โปรแกรม CAD/CAM
- เรื่องที่ 3. การออกแบบและสร้างหม้อไอน้ำแบบใช้ความร้อนทิ้งจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน
- เรื่องที่ 4. ชุดศึกษาระบบทำความเย็นแบบดูดซึมในรถยนต์
- เรื่องที่ 5. แบบจำลองรถจักรไอน้ำ
- เรื่องที่ 6. เครื่องทอดกรอบโดยใช้กำลังอัด
- เรื่องที่ 7. เครื่องพ่นฝักกระป๋อง
- เรื่องที่ 8. เครื่องอบแห้งแบบระเหิดน้ำ

4. ผลงานเอกสารการสอนและงานวิจัย

- คู่มือการเรียนรู้วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1
- คู่มือการเรียนรู้วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2
- การออกแบบและสร้างเครื่องพ่นฝักบรรจุภัณฑ์น้ำพริกและปลาร้าสับ
- ศักยภาพการนำระบบ cogeneration และ Absorption chiller ในอาคารธุรกิจบางประเภท
- การศึกษาการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงตามสภาวะการใช้งานจริง

5. งานอื่นๆ

- กรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกลภาคปกติ และภาคพิเศษ