

# การศึกษาสมรรถนะของ เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ดีโซฮอล ชนิดบิวทานอลเป็นส่วนผสม

## The Performance Study of a Diesel Engine Using Buthanol Base Diesohol Fuel

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนผสมบิวทานอลที่เหมาะสมสูงสุดที่เครื่องยนต์ดีเซลสามารถเดินเครื่องได้ตามปกติ โดยการผสมแอลกอฮอล์ชนิดบิวทานอลกับน้ำมันดีเซลโดยตรงในอัตราส่วนตั้งแต่ 0 - 50% โดยปริมาตรของเชื้อเพลิงผสม แล้วพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ การเผาไหม้และการสึกหรอของเครื่องยนต์ กับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวโดยการศึกษานี้จะทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1500,

2000, 2500 และ 3000 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยแต่ละความเร็วรอบจะทำการปรับค่าแรงบิดที่ 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร ตามลำดับ

ผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้ อัตราส่วนผสมของน้ำมันดีเซลกับบิวทานอลเท่ากับ 42% โดยปริมาตร คืออัตราส่วนผสมสูงสุดที่เครื่องยนต์ดีเซลสามารถเดินเครื่องได้ตามปกติ และให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าน้ำมันดีเซลเฉลี่ย 12.92% พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรค พบว่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเฉลี่ย 11.73% อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค พบว่า

ไม่แตกต่างจากน้ำมันดีเซล อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงพบว่าต่ำกว่ากรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวเฉลี่ย 3.52% และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงพบว่าไม่มีความแตกต่างจากกรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว สำหรับการศึกษ ปริมาณไอเสียจากเครื่องยนต์พบว่าปริมาณ  $O_2$  จากการเผาไหม้ใกล้เคียงกับกรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ปริมาณ CO และ HC มีค่าสูงกว่าแต่ปริมาณ  $CO_2$ ,  $NO_x$  และควันดำมีค่าต่ำกว่ากรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว การสึกหรอพบว่าไม่แตกต่างจากกรณีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อตรวจสอบความสะอาดในห้องเผาไหม้พบว่ามีเขม่าสีดำจับที่บริเวณหัวลูกสูบเล็กน้อย

## Abstract

The purpose of this research is to determine the maximum ratio of diesel fuel and buthanol alcohol mixing that used in a diesel engine as the same condition with pure diesel fuel. The mixing ratio of buthanol alcohol starts from 0 to 50% by volume of mixed fuels, then compares the engine performance, fuel combustion and engine wearing of the diesel engine between mixed fuels and pure diesel fuel. The test will be operated at the engine speed of 1500, 2000, 2500 and 3000 rpm. And at each engine speed, the engine torque will be varied at 50, 90 and 120 N.m.

The results show that, 42% of buthanol in mixed fuel is the maximum ratio that the diesel engine can be operated as the same conditions with pure diesel fuel without any modification. By this mixing

ratio, the brake thermal efficiency is averaged 12.92% higher than pure diesel fuel, and the brake specific energy consumption is averaged 11.73% lower than pure diesel fuel. The break specific fuel consumption is not significantly difference from pure diesel fuel. The air-fuel ratio is averaged 3.52% lower than pure diesel fuel. The fuel consumption is not significantly difference from pure diesel fuel. The  $O_2$  from exhausted gas is also not significantly difference from pure diesel fuel. However, the CO and HC from exhausted gas are higher than pure diesel fuel. The  $CO_2$ ,  $NO_x$  and smoke are lower than pure diesel fuel. The wearing of engine parts is also not significantly found, however the black slag is found at the piston heads in the case of mixed fuels.

## 1. บทนำ

ปัจจุบันการนำพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยมากขึ้น เพื่อค้นหาชนิดของเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ทดแทนหรือผสมเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลักให้มากที่สุด หลายฝ่ายได้มีการวิจัยโดยการนำแอลกอฮอล์มาใช้ทดแทนหรือผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงหลัก งานวิจัยนี้ เป็นการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะ การสึกหรอและวิเคราะห์แก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง เมื่อใช้แอลกอฮอล์ชนิดบิวทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ โดยปริมาตร เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำบิวทานอลไปผสมกับน้ำมันดีเซลเพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพในอนาคต

## 1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาอัตราส่วนผสมของน้ำมันดีเซลและบิวทานอลสูงสุดที่สามารถทดสอบกับเครื่องยนต์โดยที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องเรียบปกติ
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้บิวทานอลเป็นส่วนผสมในเชื้อเพลิง
3. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณส่วนประกอบไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์
4. เพื่อเปรียบเทียบการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้บิวทานอลเป็นส่วนผสมในเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

## 1.2 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของน้ำมันเชื้อเพลิงและนำน้ำมันเชื้อเพลิงตัวอย่างไปทดสอบกับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์และส่วนประกอบในไอเสีย ดังนั้น จึงจำกัดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างบิวทานอลกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 0 - 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเพื่อหาความเหมาะสมของอัตราส่วนบิวทานอลกับน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง
2. ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 4 จังหวะ ยี่ห้อซูซูกุ รุ่น 4JA1 ที่ติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์และส่วนประกอบในไอเสียโดยทดสอบที่ความเร็วรอบ 1500, 2000, 2500 และ 3000 รอบต่อนาที โดยในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จะทำการเปลี่ยนค่าแรงบิด 3 ค่าคือ 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร ตามลำดับ
3. เปรียบเทียบความสะอาดในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทุกส่วนผสมของเชื้อเพลิง

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลและวิธีการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้บิวทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
2. ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลที่เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว
3. เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล
4. เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไปเพื่อพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์

## 2. ทฤษฎีและการคำนวณ

### 2.1 การคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) คือ ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อกำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ หาได้จากสมการ

$$B_{sfc} = \frac{\dot{m}_f \times 3,600}{BP} \quad (1)$$

เมื่อ  $B_{sfc}$  คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (kg/kW.hr.)

$\dot{m}_f$  คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/hr.)

สามารถหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้โดย

$$\dot{m}_f = \frac{w_f \times 3,600}{t} \quad (2)$$

เมื่อ  $w_f$  คือ มวลของเชื้อเพลิง (kg)

t คือ เวลาที่เชื้อเพลิงถูกใช้ไป (sec.)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) คือ จำนวนของพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อกำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็น

ตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นกำลังงานเบรคของเชื้อเพลิง หาได้จากสมการ

$$B_{sec} = Q_{HV} \times B_{sfc} \quad (3)$$

เมื่อ  $B_{sec}$  คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (kJ/kW.hr.)

$Q_{HV}$  คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

กำลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Power) เป็นการคิดค่ากำลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง จากอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ซึ่งหาได้จาก

$$FP = \dot{m}_f \times Q_{HV} \quad (4)$$

เมื่อ FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

$Q_{HV}$  คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake Thermal Efficiency) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่เครื่องยนต์ส่งออก (Power Output) กับพลังงาน (Energy) ที่เกิดจากการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิง

$$\eta_{BTH} = \frac{BP}{FP} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ  $\eta_{BTH}$  คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (%)

BP คือ กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดสอบ (kW)

FP คือ กำลังงานเชื้อเพลิง (kW)

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air - Fuel Ratio)

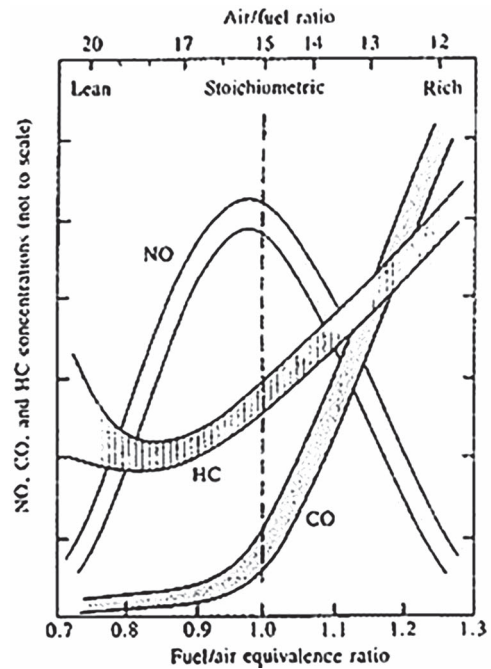
$$A/F = \dot{m}_a / \dot{m}_f \quad (6)$$

เมื่อ A/F คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (1)

$\dot{m}_a$  คือ ปริมาณอากาศเข้ากระบอกสูบ (kg/s)

$\dot{m}_f$  คือ อัตราส่วนสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/s)

## 2.2 ไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล



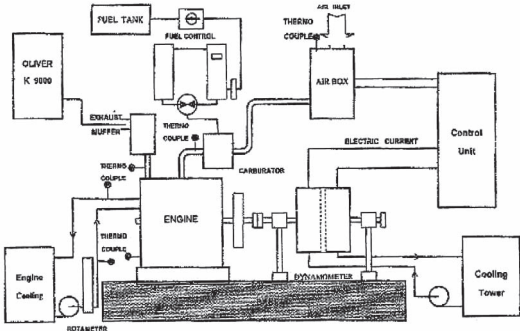
รูปที่ 1 แสดงการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนออกไซด์เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

ที่มา : John B. Heywood. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamental.*

## 3. การทดสอบ

การวิจัยครั้งนี้ได้มีการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว และผลการทดสอบที่ได้จากการใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลและบิวทานอล

ที่ส่วนผสมต่าง ๆ โดยมีอุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการดังนี้



รูปที่ 2 แสดงไดอะแกรมของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

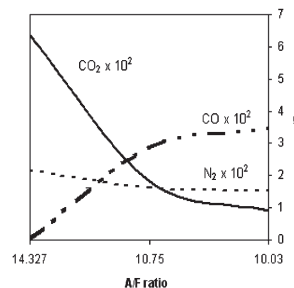
### 3.1 การทดสอบโดยการปรับแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์

ก่อนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ได้ทำการเปลี่ยนแวนลูกสูบและปะเก็นเสื้อสูบใหม่ ทำความสะอาดห้องเผาไหม้ใหม่ทั้งหมด จากนั้นจึงทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงผสมบิวทานอล ในการทดสอบกับเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะทำการปรับแรงบิดของเครื่องยนต์เป็น 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร ตามลำดับ และแต่ละค่าของแรงบิดทำการปรับรอบเครื่องยนต์ที่ 1500, 2000, 2500 และ 3000 rpm เมื่อเครื่องยนต์ถูกทดสอบแต่ละความเร็วรอบและแต่ละแรงบิด จะทำการบันทึกค่าต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบสำหรับการวิจัยดังนี้ 1. แรงบิดของเครื่องยนต์ 2. กำลังงานเบรค 3. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงผสม 4. อัตราการไหลของอากาศ ที่ทางเข้าท่อร่วมไอดี 5. ค่าการปล่อยควันดำ 6. ปริมาณแก๊ส  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $O_2$ ,  $No_x$  และ  $HC$  7. อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น 8. อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเข้า - น้ำหล่อเย็นออก 9. อุณหภูมิห้องทดสอบ อุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง

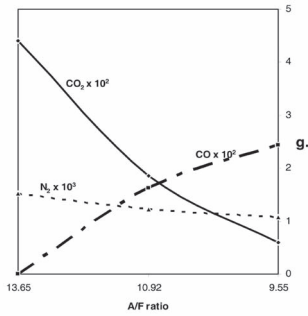
### 3.2 การทดสอบโดยการเดินเครื่องยนต์ตัวเปล่า 300 ชั่วโมง

ก่อนการทดสอบได้ทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่แล้วทำการทดสอบเดินเครื่องตัวเปล่า 300 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบ 1500 rpm โดยใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว เก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องทุก ๆ 100 ชั่วโมง เมื่อทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลเสร็จแล้วทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องใหม่แล้วจึงทำการทดสอบด้วยเชื้อเพลิงผสมบิวทานอล 42% เช่นเดียวกับการทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำมันเครื่องไปทำการทดสอบหาปริมาณโลหะที่ผสมในน้ำมันเครื่องเพื่อเปรียบเทียบการสึกหรอของเครื่องยนต์ และทำการวัดขนาดของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทั้งก่อนและหลังการทดสอบ

จากการคำนวณตามทฤษฎีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ดีเซล สามารถนำค่าปริมาณแก๊สต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มาเขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแก๊สไอเสียและอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงได้ดังรูปที่ 4 และ 5 ซึ่งจะพบว่าเมื่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลง ปริมาณแก๊ส  $CO$  เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณแก๊ส  $CO_2$  และ  $N_2$  ลดลง

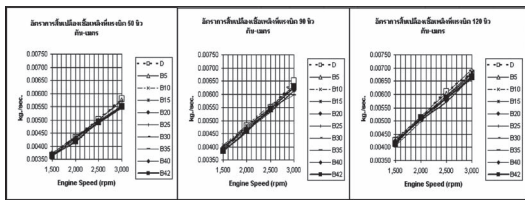


รูปที่ 3 แสดงกราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแก๊ส  $CO_2$ ,  $CO$  และ  $N_2$  เมื่อ A/F ratio ลดลงในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล



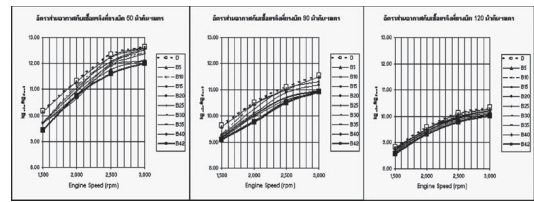
รูปที่ 4 แสดงกราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแก๊ส  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  และ  $\text{N}_2$  เมื่อ A/F ratio ลดลงในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอล 42%

#### 4. ผลการวิจัย



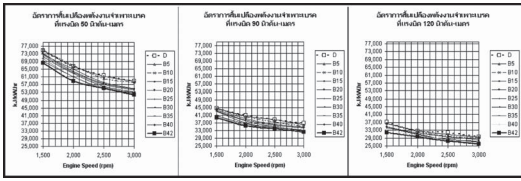
รูปที่ 5 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราสารสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 5 อัตราสารสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตรระหว่างเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลกับเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว พบว่าอัตราสารสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงที่ผสมบิวทานอล 42% โดยปริมาตร มีอัตราสารสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยทั้งหมดใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากค่าความร้อนเชื้อเพลิงของบิวทานอลมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย จึงเป็นผลให้อัตราการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้มีค่าใกล้เคียงกัน



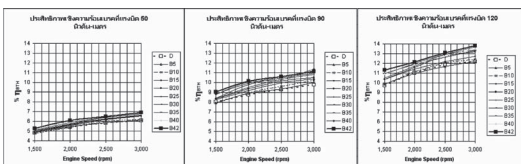
รูปที่ 6 เปรียบเทียบอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 6 พบว่าเมื่อเพิ่มแรงบิดเครื่องยนต์ให้มากขึ้นเป็น 120 นิวตัน-เมตร อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงจะต่ำกว่าที่แรงบิด 50 และ 90 นิวตัน-เมตร และเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและที่ทุกความเร็วรอบพบว่า อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลส่วนมากจะต่ำกว่า อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว และเมื่อพิจารณาเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอล 42% โดยปริมาตร พบว่าค่าอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงมีค่าต่ำที่สุดโดยอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอล 42% โดยปริมาตร จะต่ำกว่าอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวโดยเฉลี่ย 3.20% เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณบิวทานอลซึ่งมีส่วนประกอบของออกซิเจนอยู่แล้ว ทำให้ความต้องการปริมาณอากาศในการเผาไหม้น้อยลงจึงเป็นผลให้อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงลดลงตามลำดับ และจากการคำนวณทางทฤษฎีพบว่าเมื่อเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมบิวทานอลเพิ่มขึ้นอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งผลการคำนวณทางทฤษฎีได้แสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 7 เมื่อเพิ่มแรงบิดเครื่องยนต์เป็น 120 นิวตัน-เมตร พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคจะต่ำกว่าการทดสอบที่แรงบิด 50 และ 90 นิวตัน-เมตร และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่แรงบิด 120 นิวตัน-เมตร พบว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมกับบิวทานอล 42% โดยปริมาตรจะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวประมาณ 12.18% นั่นก็แสดงว่าที่แรงบิด 120 นิวตัน-เมตรเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอล 42% โดยปริมาตร สามารถที่จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นงานได้มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวเนื่องจากกำลังงานเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีกว่าดังจะเห็นได้ชัดจากกราฟในรูปที่ 8



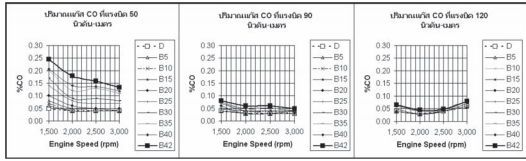
รูปที่ 8 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 8 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ที่แรงบิด 120 นิวตัน-เมตร ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์นั้นจะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์คือจะมีค่าต่ำที่ความเร็วรอบต่ำและจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นตามลำดับและยังเปลี่ยนแปลงตามค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ด้วยคือเมื่อเพิ่มแรงบิดจาก 90 นิวตัน-เมตร เป็น 120 นิวตัน-เมตร ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์จะสูงขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอล 42% โดยปริมาตรจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวโดยเฉลี่ย 12.92% ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลหลายประการ เช่น เชื้อเพลิงบิวทานอลมีค่าความร้อนเชื้อเพลิง, Boiling point และ Flash point ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล โดยค่าความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอล 42% โดยปริมาตรมีค่า 41,335 kJ/kg ขณะที่ค่าความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวมีค่า 45,968 kJ/kg, Boiling point ของบิวทานอลมีค่า 117.7°C ขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า 177.5°C และ Flash point ของบิวทานอลมีค่า 35°C ขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า 67°C เป็นต้น ซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น คุณสมบัติในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบิวทานอลที่สามารถเผาไหม้ได้รวดเร็วทำให้การสูญเสียความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

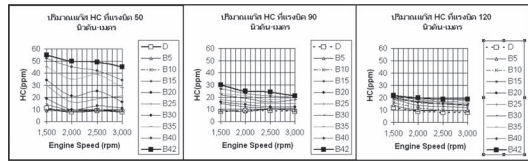
รอบข้างได้น้อยกว่า จึงส่งผลให้ได้กำลังที่มากกว่าด้วยทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีขึ้นด้วย

เปรียบเทียบปริมาณแก๊สไอเสียจากการเผาไหม้



รูปที่ 9 กราฟแสดงปริมาณแก๊ส CO ที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

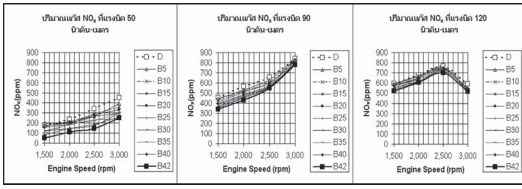
จากรูปที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส CO ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร พบว่าเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นปริมาณแก๊ส CO มีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณแก๊ส CO ที่เกิดขึ้นจะสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากคาร์บอนในองค์ประกอบของบิวทานอลไม่สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อย่างสมบูรณ์ระหว่างการเผาไหม้ เพราะอุณหภูมิการจุดระเบิดของบิวทานอลต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ดังนั้น คาร์บอนจึงหลงเหลือออกมาในรูปของแก๊ส CO มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงที่ลดลงเมื่อเชื้อเพลิงมีส่วนผสมบิวทานอลเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 6 และจากรูปที่ 5 พบว่าเมื่ออัตราส่วนเปลี่ยนเชื้อเพลิงไม่เปลี่ยนแปลงแต่ใช้อากาศในการเผาไหม้น้อยลง จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 10 กราฟแสดงปริมาณแก๊ส HC ที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส HC ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่แรงบิด 120 นิวตัน-เมตรพบว่าแนวโน้มคล้ายกับผลการทดสอบด้วยแรงบิด 50 และ 90 นิวตัน-เมตร คือเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊ส HC มีแนวโน้มลดลง และเมื่อเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณแก๊ส HC ที่เกิดขึ้นจะสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ปริมาณแก๊ส HC ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงมีส่วนผสมบิวทานอลมากขึ้นอาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่หนาจะสัมผัสผนังเสื้อสูบที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นเหตุให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและไม่เกิดการเผาไหม้เลย หรืออาจเกิดจากส่วนผสมเบาเกินไปเปลวไฟจะดับทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอนมาก หรืออาจเกิดจากน้ำมันที่เหลือหลังการฉีดของหัวฉีด และส่วนที่เหลือเป็นหยดนี้ไม่สามารถเผาไหม้ต่อไปได้ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอน หรือเชื้อเพลิงหล่อลื่นในเสื้อสูบและกระบอกสูบเผาไหม้จนเกิดการไหม้ จะทำให้เกิดแก๊สไฮโดรคาร์บอน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 พบว่าจากทฤษฎีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงลดลงปริมาณแก๊ส HC จะสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในครั้งนี้



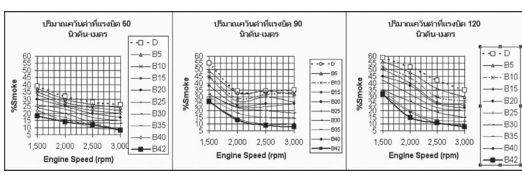


รูปที่ 11 กราฟแสดงปริมาณแก๊ส NO<sub>x</sub> ที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 11 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส NO<sub>x</sub> จากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร พบว่าเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊ส NO<sub>x</sub> มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมบิวทานอลเพิ่มขึ้นปริมาณแก๊ส NO<sub>x</sub> ที่เกิดขึ้นจะต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

เป็นการยากที่จะวิเคราะห์หว่าแก๊ส NO<sub>x</sub> ที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยมาจากที่ไหนในระบบสูบเนื่องจากอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงและอุณหภูมินั้นเปลี่ยนแปลงตามกันอย่างซับซ้อนมาก ระหว่างช่องของการเกิดการสันดาปในระบบสูบที่มีออกซิเจนมาก จะเป็นการสันดาปที่ดี การเผาไหม้จะสมบูรณ์และรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิสูงมาก และที่อุณหภูมิสูงนี้เองจะทำให้เกิดแก๊ส NO<sub>x</sub> ในช่องนี้มาก

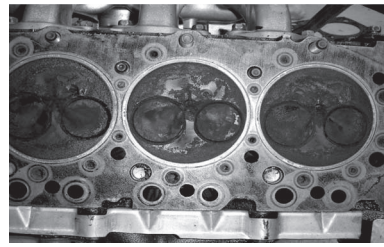
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 พบว่าจากทฤษฎีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงลดลง ปริมาณแก๊ส NO<sub>x</sub> จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในครั้งนี้



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าควันดำที่แรงบิด 50, 90 และ 120 นิวตัน-เมตร

จากรูปที่ 12 เมื่อเปรียบเทียบค่าควันดำที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมบิวทานอลและเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่แรงบิด 120 นิวตัน-เมตร พบว่า ค่าควันดำส่วนมากมีค่าสูงกว่าค่าควันดำที่ทดสอบที่แรงบิด 50 และ 90 นิวตัน-เมตร และที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที หรือความเร็วรอบต่ำ ค่าควันดำจะสูงที่สุดและลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลการทดสอบที่แรงบิด 50 และ 90 นิวตัน-เมตร และเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมบิวทานอลตั้งแต่ 5-42% ให้ค่าควันดำต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว สาเหตุที่ค่าควันดำลดลงสามารถอธิบายได้ว่าปริมาณควันดำที่ลดลงเนื่องจากเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแก๊ส CO ซึ่งจะมีสีขาวขุ่นสามารถสังเกตได้ระหว่างการทดสอบ

ความสะอาดในห้องเผาไหม้และการสึกหรอ



รูปที่ 13 คราบเขม่าในห้องเผาไหม้หลังการทดสอบ

จากรูปที่ 13 เมื่อสิ้นสุดการทดสอบเครื่องยนต์ได้ทำการถอดชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพื่อตรวจสอบความสะอาดในห้องเผาไหม้และการสึกหรอ พบว่าที่ลูกสูบมีเขม่าสีดำจับที่ปลายลูกสูบเล็กน้อยมีลักษณะแข็งและเปราะ ซึ่งลักษณะดังกล่าวน่าจะเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของอากาศและเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ซึ่งมีเขม่าจับตัวกันเป็นก้อนแข็งส่วนการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์พบว่าไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

## 5. สรุป

จากการทดสอบการใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลผสมกับบิวทานอลตั้งแต่ 5 - 50% โดยปริมาตรกับเครื่องยนต์พบว่า ที่อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันดีเซลกับบิวทานอล 42% โดยปริมาตรคือ อัตราส่วนผสมสูงสุดที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้ปกติโดยไม่เกิดการน็อคไม่มีการปรับแต่งใดๆ และมีสมรรถนะไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวแต่มีข้อเสียคือแก๊สไอเสียมีกลิ่นแรง

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ให้ความคิดเห็น และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และคณาจารย์ในโครงการความร่วมมือหลักสูตรปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกในการจัดหาสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสำหรับการทำงานการวิจัยนี้มาโดยตลอด

## เอกสารอ้างอิง

- โกวิท ศตวุฒิ. (2527). การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์หนักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน. โครงการวิจัย เลขที่ 15G-IE-2525. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรศักดิ์ จิระวาริ. (2530). การใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.
- จรัญ คงวัตร; และคณะ. (2544). ศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล. โครงการงานอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชูศักดิ์ ทองพู; และนางวิน แสงเงินอ่อน. (2536). การลดควันดำเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ถวัลย์ แสงนา. (2544). แอลกอฮอล์ : น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุรินทร์ วงษ์ศิริ. (2531). การใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.
- ปกรณกิจ ตั้งสมบุรณ์; และคณะ. (2543). เครื่องยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล. ปริญญาบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศ.
- ปราโมทย์ อ่อนประไพ. (2538). เทคโนโลยีเครื่องยนต์ดีเซล. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- ปัญญา วรเพชรายุทธ. (2541). น้ำมันดีเซลก๊ามะถันต่ำก้าวสำคัญในการลดปัญหามลพิษทางอากาศ. วารสาร คพ. ปีที่ 3 (ฉบับที่ 1). กรุงเทพฯ.
- มนตรี ทวาโรจน์. (2538). การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าด เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.
- ลิขิต ไสหนู. (2544). ผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. (วิชาเทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.
- วารุจ เสือดี. (2524). เอกสารประกอบการฝึกอบรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ความรู้เบื้องต้น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการตรวจวัดวิเคราะห์. ปทุมธานี : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2545). เอกสารประกอบการสอนวิชามลพิษทางอากาศ. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

- สมศักดิ์ สีนประเสริฐ. (2524). *สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เมทานอลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสมอขวัญ ตันติกุล. (2544). *เครื่องยนต์สันดาปภายใน*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพศึกษา.
- อรุณ ไชยพันธุ์. (2548). *การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Kowalewicz. A. (1993). *Methanol as a fuel for spark ignition engines: a review and analysis*. Poland : Radom Technical University.
- John B. Heywood. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamental*. Singapore : McGraw-Hill Book Company.
- Kenneth Wark; Cecil F. Warner; & Wayne T. David. (1998). *Air Pollution, its origin and control*. 3<sup>rd</sup> ed.: Addison - Wesley.
- Noel de nervers. (2000). *Air Pollution Control Engineering*.