

การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ดีไซด์ต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI



นายพิสุทธิ ธนบดีภัทร์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3541-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARATIVE STUDIES OF DIESEHOL ON CI ENGINE'S COMBUSTION AND PERFORMANCE



Mr.Pisut Dhanabordeepat

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3541-3



พิสุทธิ ธนบดีภัทร์ : การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ดีโซฮอลต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI. (COMPARATIVE STUDIES OF DIESEHOL ON CI ENGINE'S COMBUSTION AND PERFORMANCE) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร , 250 หน้า. ISBN 974-17-3541-3.

การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ดีโซฮอลต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI ชนิด IDI นี้ได้ดำเนินการทดสอบกับเครื่องยนต์ Ford Ranger รุ่น WL81 ขนาด 2.499 ลิตร โดยแบ่งงานออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรก ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล ส่วนที่สองคือ ทำการวัดค่าความดันในห้องเผาไหม้และความดันในท่อจ่ายเชื้อเพลิงและส่วนที่สามคือ นำผลการทดสอบที่ได้จากส่วนแรกและส่วนที่สองมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีโซฮอลในเชิงสมรรถนะและการเผาไหม้โดยดูจากอัตราการปล่อยความร้อน

จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอลมีกำลังและแรงบิดสูงสุดต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเนื่องจากผลของค่าความร้อนที่ต่ำกว่าดีเซล โดยความแตกต่างมากขึ้นที่รอบต่ำ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ในส่วนที่สองจะเป็นการวัดค่าความดันในห้องเผาไหม้, ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด, และองศาข้อเหวี่ยงเพื่อที่จะไปคำนวณหาอัตราการฉีดเชื้อเพลิง, อัตราการปล่อยความร้อน, การปล่อยความร้อนสุทธิ และเศษส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ จากการวัดพบว่าความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของดีโซฮอลจะต่ำกว่าการเผาไหม้ดีเซล และจากผลการวิเคราะห์พบว่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงและจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีโซฮอลจะล่าช้ากว่าดีเซลเล็กน้อย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซล ขณะที่ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดและช่วงการเผาไหม้ของดีโซฮอลจะมีค่าใกล้เคียงกับดีเซล อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดและการปล่อยความร้อนสุทธิของดีโซฮอลมีค่าใกล้เคียงกับดีเซลเนื่องจากผลของการฉีดเชื้อเพลิงที่มากกว่า ส่วนที่แรงบิดสูงสุดดีเซลมีค่ามากกว่า เศษส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้แล้วของดีโซฮอลน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับดีเซล จากผลดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงดีโซฮอลสามารถใช้ทดแทนดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ CI ชนิด IDI ได้ หากมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงวัสดุที่อยู่ในระบบเชื้อเพลิงบางชนิดให้เหมาะสมกับเอทานอล

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2546.....

# # 4370426621 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD : IDI ENGINE / DIESOHOL / PERFORMANCE / COMBUSTION / HEAT RELEASE RATE

PISUT DHANABORDEEPAT : COMPARATIVE STUDIES OF DIESOHOL ON CI ENGINE'S COMBUSTION AND PERFORMANCE. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. KANIT WATTANAVICHIEEN, Ph.D., 250 pp. ISBN 974-17-3541-3.

These comparative studies of diesohol on CI engine's combustion and performance were conducted on Ford Ranger WL81 2.499 ltr. IDI engine. The work has been divided into 3 parts. The first part is performance investigation with diesel and diesohol. The second part is in-cylinder and fuel line pressure measurement. And the last part is calculation and comparison of the test results of diesohol and diesel for engine's performance and combustion (from the heat release rate information).

The results show that full load power and torque of diesohol in an IDI engine are lower than diesel, due to its the lower heating value. The differences are progressive worse at the lower speed. The engine's brake specific fuel consumption of diesohol is higher than diesel. In-cylinder pressure, fuel line pressure and crank angle were recorded. Fuel injection rate, heat release rate, net heat release and mass fraction burned were estimated. The results show that the maximum in-cylinder pressure of diesel combustion is slightly higher than diesohol. More delay in injection timing and start of combustion of diesohol was found. As its consequence, the lower in maximum diesohol in-cylinder pressure was found. However, burn duration of diesohol is similar to the diesel. Heat release rate and net heat release of diesohol's combustion is closed to diesel because of higher fuel injection per cycle, except at full load that diesel is higher. Mass fraction burned of diesohol's combustion is close to or little less than diesel's combustion. It may be concluded that diesohol can be replaced diesel fuel in an IDI engine if some diesohol compatible parts have been replaced.

Department.....Mechanical Engineering..... Student's signature.....

Field of study.....Mechanical Engineering..... Advisor's signature.....

Academic year.....2003.....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่  
ให้คำแนะนำ รวมทั้งร่วมทำการทดสอบกับข้าพเจ้าจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพรพรรณพี ซิงห์, คุณเทอดศักดิ์ ชัยสุริยะพันธ์, คุณวิรุทธิ์ เกื้อกิตติวงศ์, คุณ  
พิชญ์ ปริญาจารย์, เพื่อน และรุ่นน้องที่ห้องปฏิบัติการเครื่องยนต์สันดาปภายในทุกคนที่ช่วย  
ติดตั้งเครื่องยนต์และทำการทดสอบเครื่องยนต์ ขอขอบคุณ คุณเสวย เกตุนาถ เจ้าหน้าที่ประจำ  
ตึกปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่ห้องปฏิบัติการ  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ให้ผู้วิจัยยืมเครื่องมือและช่วยเหลือในค่าต่างๆ

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์  
ค่าปรึกษา และกำลังใจเสมอมาจนผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

|   | หน้า      |
|---|-----------|
| บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย.....   | ง         |
| บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ.....  | จ         |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | ฉ         |
| สารบัญ.....   | ช         |
| สารบัญตาราง.....  | ฎ         |
| สารบัญภาพ.....  | ฐ         |
| สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์.....  | ด         |
| <br>  |           |
| <b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของวิทยานิพนธ์.....                               | 1         |
| 1.2 วัตถุประสงค์.....   | 2         |
| 1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....   | 2         |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....  | 2         |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....  | 3         |
| <br>  |           |
| <b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์.....</b> | <b>4</b>  |
| 2.1 กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI แบบ IDI.....                           | 4         |
| 2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความดันกระบอกสูบ.....                                 | 5         |
| 2.3 การคำนวณอัตราการฉีดเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้.....           | 10        |
| 2.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์.....                        | 12        |
| <br>  |           |
| <b>บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง.....</b>                         | <b>14</b> |
| 3.1 การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI.....                    | 14        |
| 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซล.....  | 17        |
| 3.2.1 Cetane Number.....  | 17        |
| 3.2.2 Volatility.....   | 17        |
| 3.2.3 ความหนาแน่น (Density) .....   | 19        |
| 3.2.4 ความหนืด (Viscosity) .....  | 19        |
| 3.2.5 คุณสมบัติการหล่อลื่น (Lubricity).....                                 | 20        |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า      |
|--|-----------|
| <b>บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง (ต่อ)</b>   |           |
| 3.2.6 คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำของเชื้อเพลิงดีเซล.....   | 20        |
| 3.2.7 เสถียรภาพของเชื้อเพลิงดีเซล.....   | 20        |
| 3.2.8 ปริมาณซัลเฟอร์ (Sulphur Content) .....   | 21        |
| 3.2.9 ปริมาณอะโรมาติก (Aromatic Content) .....   | 22        |
| 3.2.10 ปริมาณน้ำและตะกอน (Water and Sediment Content).....   | 22        |
| 3.2.11 จุดวาบไฟ (Flash Point).....   | 23        |
| 3.2.12 สภาพการอัดตัวได้ของเชื้อเพลิง (Compressibility).....  | 23        |
| 3.3 เทคโนโลยีการผลิตเอทานอล.....   | 23        |
| 3.4 ความเข้ากันได้ของวัสดุที่มีต่อเอทานอล(Material Compatibility).....   | 24        |
| <b>บทที่ 4 เครื่องยนต์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ และวิธีการทดสอบ.....</b>  | <b>25</b> |
| 4.1 เครื่องยนต์ทดสอบ.....  | 26        |
| 4.2 ไดนาโมมิเตอร์.....   | 26        |
| 4.3 การวัดอัตราสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง.....  | 28        |
| 4.4 การวัดอัตราการไหลของอากาศ .....  | 29        |
| 4.5 การแสดงสภาวะการทำงาน(อุณหภูมิและความดัน)ที่ส่วนต่างๆของเครื่องยนต์..   | 32        |
| 4.5.1 การวัดความดันตกคร่อม Orifice Plate และความดันท่อไอดี.....  | 32        |
| 4.5.2 การวัดอุณหภูมิที่ท่อร่วมไอดี และท่อเชื้อเพลิง.....   | 33        |
| 4.5.3 การวัดอุณหภูมิที่ถังอากาศ.....   | 33        |
| 4.5.4 การแสดงผลของอุณหภูมิที่วัดได้ในท่อร่วมไอดี, ท่อเชื้อเพลิง<br>และถังอากาศ.....  | 33        |
| 4.5.5 การวัดอุณหภูมิไอเสีย.....  | 33        |
| 4.5.6 การวัดอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำหล่อเย็น.....  | 33        |
| 4.5.7 การวัดอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง.....   | 33        |
| 4.5.8 การวัดความดันน้ำมันเครื่อง.....  | 34        |
| 4.5.9 การแสดงผลของอุณหภูมิไอเสีย, อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของ<br>น้ำหล่อเย็น, อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และความดันน้ำมันเครื่อง..... | 34        |
| 4.5.10 การวัดความดันไอเสีย.....  | 34        |



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|   |           |
|---|-----------|
| <b>บทที่ 4 เครื่องยนต์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (ต่อ)</b>        |           |
| 4.5.11 การวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ.....                      | 34        |
| 4.6 ระบบการวัดข้อมูล Indicating ภายในห้องเผาไหม้.....             | 35        |
| 4.6.1 Data acquisition and processing system.....                 | 35        |
| 4.6.2 Shaft Encoder.....  | 36        |
| 4.6.3 ความดันในห้องเผาไหม้.....                                   | 37        |
| 4.6.4 ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด (Fuel line pressure)..... | 37        |
| 4.6.5 Charge Amplifier.....                                       | 38        |
| 4.7 การทำ Performance Map.....                                    | 39        |
| 4.8 การเลือกจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้.....         | 41        |
| <b>บทที่ 5 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>               | <b>44</b> |
| 5.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์.....                          | 44        |
| 5.2 ผลการทดสอบการวัดความดันในห้องเผาไหม้ .....                    | 51        |
| 5.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงการเผาไหม้.....                  | 83        |
| 5.3.1 รอบเดินเบา.....   | 88        |
| 5.3.2 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1000 rev/min.....               | 92        |
| 5.3.3 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2000 rev/min.....               | 98        |
| 5.3.4 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2250 rev/min.....               | 104       |
| 5.3.5 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2500 rev/min.....               | 110       |
| 5.3.6 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2750 rev/min.....               | 116       |
| 5.3.7 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 3000 rev/min.....               | 122       |
| 5.3.8 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 3500 rev/min.....               | 128       |
| 5.3.9 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 3750 rev/min.....               | 134       |
| 5.3.10 ภาระสูงสุด (Full Load).....                                | 139       |
| 5.3.11 แรงบิดคงที่ 20 N.m.....                                    | 145       |
| 5.3.12 แรงบิดคงที่ 30 N.m.....                                    | 151       |
| 5.3.13 แรงบิดคงที่ 40 N.m.....                                    | 156       |
| 5.3.14 แรงบิดคงที่ 80 N.m.....                                    | 162       |

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|   |     |
|---|-----|
| <b>บทที่ 5 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)</b>  |     |
| 5.3.15 แรงบิดคงที่ 90 N.m.....  | 168 |
| 5.3.16 ผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อ<br>ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด..... | 170 |
| <b>บทที่ 6 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....</b>                                    | 171 |
| 6.1 อภิปรายผล.....  | 171 |
| 6.2 สรุปผลการวิจัย.....   | 174 |
| 6.3 ข้อเสนอแนะ.....   | 176 |
| 6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง.....  | 176 |
| <b>รายการอ้างอิง.....</b>   | 178 |
| <b>บรรณานุกรม.....</b>  | 180 |
| <b>ภาคผนวก.....</b>   | 182 |
| ภาคผนวก ก คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ.....   | 183 |
| ภาคผนวก ข มาตรฐาน ISO 3046 ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ.....                                      | 187 |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลผลทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์.....                       | 211 |
| <b>ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....</b>  | 250 |

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 3-1 คุณสมบัติของดีเซลโดยทั่วไปและเอทานอล.....                                    | 15   |
| 4-1 มาตรฐาน ECE R49.....   | 41   |
| 4-2 การแจกแจงจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้.....                       | 43   |
| 5-1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของดีเซลและดีไซซอล.....    | 47   |
| ก-1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ.....                                       | 184  |
| ค-1 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm.....    | 212  |
| ค-2 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1250 rpm.....    | 213  |
| ค-3 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm.....    | 214  |
| ค-4 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1750 rpm.....    | 215  |
| ค-5 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm.....    | 216  |
| ค-6 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2250 rpm.....    | 217  |
| ค-7 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm.....    | 218  |
| ค-8 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2750 rpm.....    | 219  |
| ค-9 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3030 rpm.....    | 210  |
| ค-10 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3250 rpm.....   | 221  |
| ค-11 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm.....   | 222  |
| ค-12 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3750 rpm.....   | 223  |
| ค-13 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm.....   | 224  |
| ค-14 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm..... | 225  |
| ค-15 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 1250 rpm..... | 226  |
| ค-16 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm..... | 227  |
| ค-17 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 1750 rpm..... | 228  |
| ค-18 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm..... | 229  |
| ค-19 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 2250 rpm..... | 230  |
| ค-20 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm..... | 231  |
| ค-21 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 2750 rpm..... | 232  |
| ค-22 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 3030 rpm..... | 233  |
| ค-23 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 3250 rpm..... | 234  |
| ค-24 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีไซซอล ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm..... | 235  |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| ค-25 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีโซฮอล ที่ความเร็วรอบ 3750 rpm..... | 236  |
| ค-26 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีโซฮอล ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm..... | 237  |
| ค-27 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล.....      | 238  |
| ค-28 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีโซฮอล.....    | 241  |
| ค-29 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล.....                  | 244  |
| ค-30 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล.....                  | 247  |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญญภาพ

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 2-1 ขอบเขตของระบบเปิดของห้องเผาไหม้สำหรับการวิเคราะห์การปล่อยความร้อน.....  | 5    |
| 2-2 ภาพแสดงห้องเผาไหม้หลัก(ตัวห้อย1) และห้องเผาไหม้ล่วงหน้า(ตัวห้อย2)<br>สำหรับการวิเคราะห์การปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ IDI.....  | 6    |
| 2-3 อัตราการปล่อยความร้อนสุทธิสำหรับเครื่องยนต์ CI แบบ Indirect Injection ที่ load<br>คงที่ ( $0.29 \leq \phi \leq 0.32$ ) รูป(a) หน่วย kW, รูป(b) หน่วย J/degree.....  | 9    |
| 2-4 อัตราการปล่อยความร้อนรวมที่คำนวณได้ใน IDI swirl-chamber diesel<br>ที่ engine full load 1 คือที่ห้องเผาไหม้หลัก และ 2 คือที่ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า<br>รูปคือการปล่อยความร้อนรวม ส่วนรูปล่างคืออัตราการปล่อยความร้อน<br>รูป(a) คือที่ความเร็วรอบ 1320 rpm และ รูป(b) คือที่ความเร็วรอบ 2800 rpm..... | 10   |
| 3-1 โค้งการกลั่น(Distillation curve) ของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป.....  | 13   |
| 3-2 แสดงโค้งการกลั่น (Distillation curve) ของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์<br>ตามมาตรฐาน ATSM 86.....   | 14   |
| 4-1 แสดงแผนผังอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์.....   | 25   |
| 4-2 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ใช้.....  | 26   |
| 4-3 แสดงเครื่องยนต์ที่ต่อกับไดนาโมมิเตอร์.....  | 27   |
| 4-4 แสดงภาพไดนาโมมิเตอร์.....   | 27   |
| 4-5 แสดงภาพแผงควบคุมไดนาโมมิเตอร์.....  | 28   |
| 4-6 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง.....  | 29   |
| 4-7 แสดงถังอากาศติดแผ่น orifice ที่ใช้อัตราการไหลของอากาศ.....  | 29   |
| 4-8 แสดงภาพการวัดอัตราการไหลของอากาศโดยวิธี Air box method.....   | 30   |
| 4-9 แสดงमानอมิเตอร์ที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศและความดันท่อไอดี.....   | 32   |
| 4-10 ท่อขดลดความร้อนสำหรับการวัดความดันไอเสีย.....  | 34   |
| 4-11 แสดงภาพบารอมิเตอร์(ซ้าย) และเทอร์โมมิเตอร์(ขวา).....   | 35   |
| 4-12 แสดงภาพของเครื่อง Cussons P4500 (Autoscan).....  | 36   |
| 4-13 แสดงภาพของ Shaft Encoder ยี่ห้อ Cussons รุ่น P4503.....  | 36   |
| 4-14 แสดงภาพของ Pressure transducer สำหรับวัดความดันในห้องเผาไหม้.....  | 37   |
| 4-15 แสดงภาพของ Pressure transducer สำหรับวัดความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด.....   | 37   |
| 4-16 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Pressure transducer สำหรับวัดความดันในห้องเผาไหม้<br>และความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด.....   | 38   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 4-17 แสดงภาพของ Charge Amplifier ยี่ห้อ KISTLER รุ่น 5011b11.....  | 39   |
| 4-18 แสดงจุดทดสอบเพื่อทำ Performance map.....  | 40   |
| 4-19 แผนภูมิแสดงรูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน ECE R49.....   | 41   |
| 4-20 แผนภูมิแสดงรูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน ECE 15.....  | 42   |
| 4-21 แผนภูมิแสดงรูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน EUDC.....  | 42   |
| 4-22 แสดงจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้.....   | 43   |
| 5-1 Performance map ของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์<br>เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล.....    | 44   |
| 5-2 Performance map ของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์<br>เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล์..... | 45   |
| 5-3 Full load curve ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีเซลและดีโซฮอล์.....  | 46   |
| 5-4 bsfc และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ภาระเต็มที่<br>เมื่อใช้ดีเซลและดีโซฮอล์.....      | 44   |
| 5-5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ความเร็วคงที่ของเกียร์ 4 และ 5.....                               | 49   |
| 5-6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ของเกียร์ 4 และ 5.....                                     | 49   |
| 5-7 Map ของอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล.....  | 50   |
| 5-8 Map ของอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล์.....                                     | 51   |
| 5-9(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา.....   | 53   |
| 5-9(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่รอบเดินเบา.....  | 53   |
| 5-9(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่รอบเดินเบา.....  | 53   |
| 5-9(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่รอบเดินเบา.....  | 53   |
| 5-9(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่รอบเดินเบา.....  | 53   |
| 5-9(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา.....  | 53   |
| 5-10(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m .....   | 54   |
| 5-10(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....                             | 54   |
| 5-10(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....   | 54   |
| 5-10(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....   | 54   |
| 5-10(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....   | 54   |
| 5-10(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....                             | 54   |



## สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-15(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m ..... | 59   |
| 5-16(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....               | 60   |
| 5-16(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....  | 60   |
| 5-16(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 60   |
| 5-16(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 60   |
| 5-16(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 60   |
| 5-16(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....  | 60   |
| 5-17(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m .....              | 61   |
| 5-17(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m.....  | 61   |
| 5-17(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m.....              | 61   |
| 5-17(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m.....              | 61   |
| 5-17(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m.....              | 61   |
| 5-17(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m.....  | 61   |
| 5-18(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m .....              | 62   |
| 5-18(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....  | 62   |
| 5-18(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....              | 62   |
| 5-18(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....              | 62   |
| 5-18(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....              | 62   |
| 5-18(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....  | 62   |
| 5-19(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....              | 63   |
| 5-19(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m..... | 63   |
| 5-19(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....             | 63   |
| 5-19(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....             | 63   |
| 5-19(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....             | 63   |
| 5-19(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m..... | 63   |
| 5-20(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....               | 64   |
| 5-20(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....  | 64   |
| 5-20(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 64   |
| 5-20(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 64   |



## สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-20(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 64   |
| 5-20(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....  | 64   |
| 5-21(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....               | 65   |
| 5-21(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....  | 65   |
| 5-21(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....              | 65   |
| 5-21(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....              | 65   |
| 5-21(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....              | 65   |
| 5-21(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....  | 65   |
| 5-22(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....               | 66   |
| 5-22(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....  | 66   |
| 5-22(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....              | 66   |
| 5-22(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....              | 66   |
| 5-22(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....              | 66   |
| 5-22(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m.....  | 66   |
| 5-23(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....               | 67   |
| 5-23(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....  | 67   |
| 5-23(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 67   |
| 5-23(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 67   |
| 5-23(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....              | 67   |
| 5-23(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m.....  | 67   |
| 5-24(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m.....               | 68   |
| 5-24(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m.....  | 68   |
| 5-24(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m.....              | 68   |
| 5-24(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m.....              | 68   |
| 5-24(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m.....              | 68   |
| 5-24(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m.....  | 68   |
| 5-25(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....              | 69   |
| 5-25(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 130 N.m..... | 69   |
| 5-25(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....             | 69   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-25(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....             | 69   |
| 5-25(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 130 N.m.....             | 69   |
| 5-25(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 130 N.m..... | 69   |
| 5-26(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....               | 70   |
| 5-26(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....  | 70   |
| 5-26(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....              | 70   |
| 5-26(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....              | 70   |
| 5-26(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....              | 70   |
| 5-26(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m.....  | 70   |
| 5-27(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m.....              | 71   |
| 5-27(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m..... | 71   |
| 5-27(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m.....             | 71   |
| 5-27(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m.....             | 71   |
| 5-27(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m.....             | 71   |
| 5-27(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m..... | 71   |
| 5-28(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....               | 72   |
| 5-28(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....  | 72   |
| 5-28(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....              | 72   |
| 5-28(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....              | 72   |
| 5-28(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....              | 72   |
| 5-28(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m.....  | 72   |
| 5-29(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m.....              | 73   |
| 5-29(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m..... | 73   |
| 5-29(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m.....             | 73   |
| 5-29(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m.....             | 73   |
| 5-29(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m.....             | 73   |
| 5-29(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m..... | 73   |
| 5-30(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....                  | 74   |
| 5-30(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....     | 74   |



## สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-35(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 79   |
| 5-35(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 79   |
| 5-35(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 79   |
| 5-35(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 79   |
| 5-35(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 79   |
| 5-36(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด.....              | 80   |
| 5-36(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 80   |
| 5-36(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 80   |
| 5-36(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 80   |
| 5-36(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 80   |
| 5-36(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 80   |
| 5-37(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด.....              | 81   |
| 5-37(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 81   |
| 5-37(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 81   |
| 5-37(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 81   |
| 5-37(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 81   |
| 5-37(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 81   |
| 5-38(1) ความดันในห้องเผาไหม้ ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....              | 82   |
| 5-38(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 82   |
| 5-38(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 82   |
| 5-38(4) อัตราการปล่อยความร้อน ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 82   |
| 5-38(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด.....             | 82   |
| 5-38(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด..... | 82   |
| 5-39(1) อุณหภูมิไอเสีย ที่รอบเดินเบา.....                                   | 85   |
| 5-39(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่รอบเดินเบา.....                       | 85   |
| 5-39(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่รอบเดินเบา.....                             | 85   |
| 5-39(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่รอบเดินเบา.....                       | 85   |
| 5-39(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา .....                           | 85   |
| 5-39(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่รอบเดินเบา.....                         | 85   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-39(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่รอบเดินเบา.....  | 86   |
| 5-39(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่รอบเดินเบา.....                | 86   |
| 5-39(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่รอบเดินเบา.....  | 86   |
| 5-39(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่รอบเดินเบา.....               | 86   |
| 5-39(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา.....  | 86   |
| 5-39(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา.....  | 86   |
| 5-39(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่รอบเดินเบา.....                               | 87   |
| 5-39(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่รอบเดินเบา.....   | 87   |
| 5-39(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่รอบเดินเบา.....   | 87   |
| 5-39(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่รอบเดินเบา.....        | 87   |
| 5-39(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่รอบเดินเบา.....   | 87   |
| 5-39(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่รอบเดินเบา.....  | 87   |
| 5-40(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 89   |
| 5-40(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 89   |
| 5-40(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 89   |
| 5-40(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 89   |
| 5-40(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 89   |
| 5-40(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 89   |
| 5-40(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 90   |
| 5-40(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 90   |
| 5-40(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 90   |
| 5-40(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min..... | 90   |
| 5-40(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 90   |

### สารบัญญภาพ (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 5-40(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 90   |
| 5-40(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....                        | 91   |
| 5-40(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 91   |
| 5-40(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 91   |
| 5-40(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min..... | 91   |
| 5-40(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 91   |
| 5-40(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....   | 91   |
| 5-40(19) คุณหมุมไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min.....  | 92   |
| 5-41(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 95   |
| 5-41(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 95   |
| 5-41(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 95   |
| 5-41(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 95   |
| 5-41(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....   | 95   |
| 5-41(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 95   |
| 5-41(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....   | 96   |
| 5-41(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....         | 96   |
| 5-41(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....   | 96   |
| 5-41(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....        | 96   |
| 5-41(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....   | 96   |
| 5-41(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....   | 96   |
| 5-41(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....                        | 97   |
| 5-41(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 97   |
| 5-41(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 97   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-41(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min..... | 97   |
| 5-41(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....   | 97   |
| 5-41(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 97   |
| 5-41(19) คุณหมุมิโอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min.....  | 98   |
| 5-42(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 101  |
| 5-42(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 101  |
| 5-42(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 101  |
| 5-42(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 101  |
| 5-42(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 101  |
| 5-42(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 101  |
| 5-42(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 102  |
| 5-42(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....        | 102  |
| 5-42(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 102  |
| 5-42(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....       | 102  |
| 5-42(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 102  |
| 5-42(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 102  |
| 5-42(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....                       | 103  |
| 5-42(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 103  |
| 5-42(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 103  |
| 5-42(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min..... | 103  |
| 5-42(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....   | 103  |
| 5-42(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 103  |
| 5-42(19) คุณหมุมิโอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min.....  | 104  |
| 5-43(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 107  |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-43(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 107  |
| 5-43(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 107  |
| 5-43(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 107  |
| 5-43(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 107  |
| 5-43(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 107  |
| 5-43(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 108  |
| 5-43(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....        | 108  |
| 5-43(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 108  |
| 5-43(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....       | 108  |
| 5-43(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 108  |
| 5-43(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 108  |
| 5-43(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....                       | 109  |
| 5-43(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 109  |
| 5-43(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 109  |
| 5-43(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min..... | 109  |
| 5-43(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....   | 109  |
| 5-43(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 109  |
| 5-43(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min.....  | 110  |
| 5-44(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 113  |
| 5-44(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 113  |
| 5-44(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 113  |
| 5-44(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 113  |
| 5-44(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....  | 113  |
| 5-44(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 113  |
| 5-44(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....  | 114  |



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 5-44(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....         | 114  |
| 5-44(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 114  |
| 5-44(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....        | 114  |
| 5-44(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 114  |
| 5-44(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 114  |
| 5-44(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....                        | 115  |
| 5-44(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....  | 115  |
| 5-44(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....  | 115  |
| 5-44(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min..... | 115  |
| 5-44(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....  | 115  |
| 5-44(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 115  |
| 5-44(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min.....   | 116  |
| 5-45(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 119  |
| 5-45(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 119  |
| 5-45(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 119  |
| 5-45(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 119  |
| 5-45(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....   | 119  |
| 5-45(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 119  |
| 5-45(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....   | 120  |
| 5-45(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....         | 120  |
| 5-45(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....   | 120  |
| 5-45(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....        | 120  |
| 5-45(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....   | 120  |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 5-45(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....   | 120  |
| 5-45(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....                        | 121  |
| 5-45(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 121  |
| 5-45(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 121  |
| 5-45(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min..... | 121  |
| 5-45(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 121  |
| 5-45(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....   | 121  |
| 5-45(19) คุณหมุมไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min.....  | 122  |
| 5-46(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 125  |
| 5-46(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 125  |
| 5-46(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 125  |
| 5-46(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 125  |
| 5-46(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....   | 125  |
| 5-46(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 125  |
| 5-46(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....   | 126  |
| 5-46(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....         | 126  |
| 5-46(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....   | 126  |
| 5-46(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....        | 126  |
| 5-46(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....   | 126  |
| 5-46(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....   | 126  |
| 5-46(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....                        | 127  |
| 5-46(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 127  |
| 5-46(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 127  |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-46(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min..... | 127  |
| 5-46(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....   | 127  |
| 5-46(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 127  |
| 5-46(19) คุณหมุมิโอเสีย ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min.....  | 128  |
| 5-47(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 131  |
| 5-47(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 131  |
| 5-47(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 131  |
| 5-47(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 131  |
| 5-47(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 131  |
| 5-47(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 131  |
| 5-47(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 132  |
| 5-47(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....        | 132  |
| 5-47(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 132  |
| 5-47(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....       | 132  |
| 5-47(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 132  |
| 5-47(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 132  |
| 5-47(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....                       | 133  |
| 5-47(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 133  |
| 5-47(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 133  |
| 5-47(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min..... | 133  |
| 5-47(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....   | 133  |
| 5-47(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 133  |
| 5-47(19) คุณหมุมิโอเสีย ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min.....  | 134  |
| 5-48(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่ภาวะสูงสุด.....   | 136  |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-48(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ภาวะสูงสุด.....   | 136  |
| 5-48(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ภาวะสูงสุด.....   | 136  |
| 5-48(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ภาวะสูงสุด.....   | 136  |
| 5-48(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ภาวะสูงสุด.....  | 136  |
| 5-48(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ภาวะสูงสุด.....   | 136  |
| 5-48(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ภาวะสูงสุด.....  | 137  |
| 5-48(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่ภาวะสูงสุด.....        | 137  |
| 5-48(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ภาวะสูงสุด.....  | 137  |
| 5-48(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่ภาวะสูงสุด.....       | 137  |
| 5-48(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ภาวะสูงสุด.....  | 137  |
| 5-48(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ภาวะสูงสุด.....  | 137  |
| 5-48(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่ภาวะสูงสุด.....                       | 138  |
| 5-48(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ภาวะสูงสุด.....   | 138  |
| 5-48(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่ภาวะสูงสุด.....   | 138  |
| 5-48(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่ภาวะสูงสุด..... | 138  |
| 5-48(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ภาวะสูงสุด.....   | 138  |
| 5-48(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ภาวะสูงสุด.....  | 138  |
| 5-48(19) คุณหมุมไอเสีย ที่ภาวะสูงสุด.....   | 139  |
| 5-49(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 142  |
| 5-49(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 142  |
| 5-49(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 142  |
| 5-49(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 142  |
| 5-49(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 142  |
| 5-49(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 142  |
| 5-49(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 143  |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-49(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่แรงบิด 20 N.m.....         | 143  |
| 5-49(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 143  |
| 5-49(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่แรงบิด 20 N.m.....        | 143  |
| 5-49(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 143  |
| 5-49(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 143  |
| 5-49(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่แรงบิด 20 N.m.....                        | 144  |
| 5-49(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 144  |
| 5-49(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 144  |
| 5-49(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่แรงบิด 20 N.m..... | 144  |
| 5-49(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m.....  | 144  |
| 5-49(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 144  |
| 5-49(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 20 N.m.....   | 145  |
| 5-50(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 148  |
| 5-50(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 148  |
| 5-50(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 148  |
| 5-50(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 148  |
| 5-50(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 30 N.m.....   | 148  |
| 5-50(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 148  |
| 5-50(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 30 N.m.....   | 149  |
| 5-50(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่แรงบิด 30 N.m.....         | 149  |
| 5-50(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 30 N.m.....   | 149  |
| 5-50(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่แรงบิด 30 N.m.....        | 149  |
| 5-50(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 30 N.m.....   | 149  |

### สารบัญญภาพ (ต่อ)

| รายการ  | หน้า |
|---|------|
| 5-50(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 30 N.m.....   | 149  |
| 5-50(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่แรงบิด 30 N.m.....                        | 150  |
| 5-50(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 150  |
| 5-50(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 150  |
| 5-50(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่แรงบิด 30 N.m..... | 150  |
| 5-50(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 150  |
| 5-50(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m.....   | 150  |
| 5-50(19) คุณหมุมไอเสีย ที่แรงบิด 30 N.m.....  | 151  |
| 5-51(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 153  |
| 5-51(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 153  |
| 5-51(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 153  |
| 5-51(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 153  |
| 5-51(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m.....   | 153  |
| 5-51(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 153  |
| 5-51(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 40 N.m.....   | 154  |
| 5-51(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่แรงบิด 40 N.m.....         | 154  |
| 5-51(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 40 N.m.....   | 154  |
| 5-51(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่แรงบิด 40 N.m.....        | 154  |
| 5-51(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m.....   | 154  |
| 5-51(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m.....   | 154  |
| 5-51(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่แรงบิด 40 N.m.....                        | 155  |
| 5-51(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 155  |
| 5-51(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 155  |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 5-51(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่แรงบิด 40 N.m..... | 155  |
| 5-51(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 40 N.m.....   | 155  |
| 5-51(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 155  |
| 5-51(19) คุณหมุมิโอเสีย ที่แรงบิด 40 N.m.....  | 156  |
| 5-52(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 159  |
| 5-52(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 159  |
| 5-52(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 159  |
| 5-52(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 159  |
| 5-52(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 159  |
| 5-52(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 159  |
| 5-52(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 160  |
| 5-52(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่แรงบิด 80 N.m.....        | 160  |
| 5-52(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 160  |
| 5-52(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่แรงบิด 80 N.m.....       | 160  |
| 5-52(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 160  |
| 5-52(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 160  |
| 5-52(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่แรงบิด 80 N.m.....                       | 161  |
| 5-52(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 161  |
| 5-52(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 161  |
| 5-52(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่แรงบิด 80 N.m..... | 161  |
| 5-52(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m.....   | 161  |
| 5-52(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 161  |
| 5-52(19) คุณหมุมิโอเสีย ที่แรงบิด 80 N.m.....  | 162  |
| 5-53(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงาน ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 165  |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รายการ   | หน้า |
|--|------|
| 5-53(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 165  |
| 5-53(3) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 165  |
| 5-53(4) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 165  |
| 5-53(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 165  |
| 5-53(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 165  |
| 5-53(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 166  |
| 5-53(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%<br>ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 166  |
| 5-53(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 166  |
| 5-53(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%<br>ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 166  |
| 5-53(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 166  |
| 5-53(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 166  |
| 5-53(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90%<br>ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 167  |
| 5-53(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 167  |
| 5-53(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อน ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 167  |
| 5-53(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด<br>ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 167  |
| 5-53(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m.....   | 167  |
| 5-53(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 167  |
| 5-53(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 90 N.m.....  | 168  |
| 5-54 แนวโน้มของช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิห้องเผาไหม้<br>ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบสูงกว่า 2000 rev/min..... | 170  |



## สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์

| คำย่อ               | คำอธิบาย  | หน่วย            |
|---------------------|---|------------------|
| A/F                 | Air/fuel Ratio  | kg air / kg fuel |
| (A/F) <sub>s</sub>  | Air/fuel Ratio ที่ stoichiometric   | kg air / kg fuel |
| A <sub>n</sub>      | พื้นที่ที่เล็กที่สุดของหัวฉีด   | m <sup>2</sup>   |
| A <sub>o</sub>      | ขนาดของ orifice   | m <sup>2</sup>   |
| A <sub>R</sub>      | Geometric flow area at the flow restriction   | m <sup>2</sup>   |
| bmep                | Brake mean effective pressure   | kPa              |
| bsfc                | Brake specific fuel consumption   | g/kW-h           |
| BDC                 | ตำแหน่งจุดศูนย์ตายล่าง  |                  |
| C <sub>d</sub>      | Discharge Coefficient ที่หัวฉีด   |                  |
| C <sub>D</sub>      | Discharge Coefficient ที่ passageway  |                  |
| C <sub>DO</sub>     | Discharge Coefficient ของ orifice plate   |                  |
| C <sub>p</sub>      | Specific heat at constant volume  | kJ/(kg-K)        |
| C <sub>v</sub>      | Specific heat at constant volume  | kJ/(kg-K)        |
| °CA                 | องศาเซลเซียส  |                  |
| d                   | เส้นผ่านศูนย์กลางของ orifice plate  | m                |
| dm <sub>f</sub> /dθ | อัตราการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด  | kg/°CA           |
| g                   | ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.807                                       | m/s <sup>2</sup> |
| k                   | ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ (specific heat ratio)  |                  |
| K                   | ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และเท่ากับ 2 สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ |                  |
| m <sub>a</sub>      | อัตราการไหลของอากาศ   | kg/s             |
| m <sub>f</sub>      | อัตราการไหลของเชื้อเพลิง  | kg/s             |
| m <sub>f</sub>      | มวลเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อ 1 cycle ต่อสูบ                                | kg               |
| N                   | ความเร็วรอบของเครื่องยนต์   | rev/min          |
| N <sub>c</sub>      | จำนวนกระบอกสูบของเครื่องยนต์  |                  |
| N <sub>min</sub>    | ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่น้อยที่สุด   | rpm              |
| P <sub>b</sub>      | กำลังเบรก   | kW               |
| P <sub>c</sub>      | Upstream stagnation pressure  | kPa              |

### สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

| คำย่อ          | คำอธิบาย                                     | หน่วย                      |
|----------------|--|----------------------------|
| $P_T$          | Static pressure                              | kPa                        |
| $Q_{HV}$       | ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (heating value)     | kJ/kg fuel                 |
| $r_c$          | อัตราส่วนการอัด (compression ratio)          |                            |
| $R$            | ค่าคงที่ของก๊าซ (specific gas constant)      | kJ/(kg-K)                  |
| SOC            | จุดสิ้นสุดการเผาไหม้                         | $^{\circ}\text{CA}$        |
| SOI            | จุดเริ่มต้นการเผาไหม้                        | $^{\circ}\text{CA}$        |
| $t$            | เวลา   | s                          |
| $T_b$          | แรงบิดเบรก                                   | Nm                         |
| $T_c$          | Upstream stagnation temperature              | K                          |
| TDC            | ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบน                         |                            |
| $T_{SOI}$      | อุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิง     | K                          |
| $v$            | ความเร็ว                                     | m/s                        |
| $V$            | ปริมาตรที่ใช้วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง | ml                         |
| $V_b$          | ปริมาตรถังพักอากาศที่เล็กที่สุด              | $\text{m}^3$               |
| $V_d$          | Displaced volume                             | $\text{dm}^3$              |
| $V_s$          | ปริมาตรช่วงชักลูกสูบ                         | $\text{m}^3$               |
| $\dot{V}$      | อัตราการไหลโดยปริมาตร                        | ml/s                       |
| $X_b$          | Mass fraction burn                           |                            |
| $Z$            | ระดับความสูง                                 | m                          |
| $\Delta h$     | ผลต่าง Head ที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์         | mm $\text{H}_2\text{O}$    |
| $\Delta p$     | ผลต่างความดัน                                | kPa                        |
| $\phi$         | Equivalent ratio                             |                            |
| $\gamma_{air}$ | น้ำหนักจำเพาะของอากาศ                        | $\text{kg/m}^2\text{-s}^2$ |
| $\eta_f$       | Fuel conversion efficiency                   |                            |
| $\eta_v$       | Volumetric efficiency                        |                            |
| $\lambda$      | Relative air/fuel ratio                      |                            |
| $\rho_{a,i}$   | ความหนาแน่นของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์     | $\text{kg/m}^3$            |

## สารบัญคําย่อและสัญลักษณ์(ต่อ)

| คําย่อ                      | คำอธิบาย                 | หน่วย           |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| $\rho_{\text{air}}$         | ความหนาแน่นของอากาศ      | $\text{kg/m}^3$ |
| $\rho_f$                    | ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง | $\text{kg/m}^3$ |
| $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ | ความหนาแน่นของอากาศ      | $\text{kg/m}^3$ |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของวิทยานิพนธ์

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ได้มีการทดลองต่างๆ มากมายในการประเมินความเป็นไปได้ของการใช้ Alternative fuel ต่างๆ ในรูปของเชื้อเพลิงช่วย หรือ เชื้อเพลิงทดแทน สำหรับเครื่องยนต์ CI และจากข้อมูลที่ได้ๆมา Alternative fuels ส่วนมากจะเกี่ยวกับการทำให้สมรรถนะหรือมลภาวะต่ำลง ในขณะที่เชื้อเพลิงบางประเภทจำเป็นต้องดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อให้สามารถใช้งานได้ อย่างสมบูรณ์ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงนั้นก็สูงมากด้วย นอกจากนี้ยังต้องการการพิจารณาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและมลภาวะอื่นๆ ที่ปล่อยสู่บรรยากาศในช่วงการผลิต, การขนส่ง, กระบวนการต่างๆ และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง แทนที่จะคำนึงถึงเฉพาะมลพิษจากไอเสียรถยนต์เพียงอย่างเดียว

เนื่องด้วยปัญหาด้านราคาน้ำมันดีเซลที่สูงมากขึ้น การนำแอลกอฮอล์มาผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นดีเซล (ดีเซล 89% โดยปริมาตร ผสมกับเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% ปริมาณ 10% โดยปริมาตร และ emulsifier 1% โดยปริมาตร) มาใช้กับเครื่องยนต์ CI จึงเป็นหนทางที่จะช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงปิโตรเลียมจากต่างประเทศ อย่างไรก็ตามการที่จะนำเชื้อเพลิงชนิดนี้มาใช้กับเครื่องยนต์ CI นั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ในหลายด้าน เนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อเครื่องยนต์ในด้านต่างๆ อาทิ ลักษณะการเผาไหม้, มลภาวะ และความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ ฯลฯ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา อาทิ Hardenberg [1] และ Khan [2] พบว่าการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI สามารถลดควันดำ,  $\text{NO}_x$ , particulate emission และไฮโดรคาร์บอนได้ แต่ว่าจะพบปัญหาการกัดกร่อน เนื่องจากเอทานอลจะกัดกร่อนโลหะบางประเภท เช่น อลูมิเนียม, ทองเหลือง, สังกะสี และตะกั่ว [3]

สำหรับการวิเคราะห์การเผาไหม้ของดีเซลเมื่อมีการเติมเอทานอลลงไป Ali [4] พบว่าไม่มีผลต่อช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด (ignition delay) และ charge temperature จะลดลงซึ่งเป็นผลทำให้  $\text{NO}_x$  emission ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการปล่อยความร้อนจะลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และตำแหน่งของจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเกิดช้าออกไป (delay) เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลจากเครื่องยนต์ CI ชนิด DI ไม่พบข้อมูลเกี่ยวกับผลของเอทานอลต่อเครื่องยนต์ CI ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

ในวิทยานิพนธ์นี้จะมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ดีไซฮอลล์ที่มีต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการออกแบบปรับแต่งเครื่องยนต์ และเพื่อพิจารณาว่าการใช้เชื้อเพลิงดีไซฮอลล์เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ CI อย่างไร โดยจะใช้พิจารณาการเผาไหม้ด้วยข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ และพิจารณาสมรรถนะจากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะคงตัวบนแท่นทดสอบในห้องปฏิบัติการ

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้ดีไซฮอลล์ที่มีต่อสมรรถนะและการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI เปรียบเทียบกับเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล

## 1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ทดสอบเครื่องยนต์ CI เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลที่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆแล้วบันทึกข้อมูลตัวแปรการทำงาน อาทิ ความดันในห้องเผาไหม้, แรงบิด, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด, อัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.3.2 ทดสอบเครื่องยนต์ CI เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีไซฮอลล์ที่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆแล้วบันทึกข้อมูลตัวแปรการทำงาน อาทิ ความดันในห้องเผาไหม้, แรงบิด, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด, อัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.3.3 ทำการสร้าง Performance map ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์

1.3.4 วิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้และการปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้

1.3.5 เปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีไซฮอลล์กับดีเซลที่มีต่อเครื่องยนต์ในด้านสมรรถนะและผลการวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ทำการติดตั้งเครื่องยนต์รวมทั้งอุปกรณ์การวัดต่างๆ อาทิ เทอร์โมคัปเปิ้ล, มานอมิเตอร์ และอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.4.2 ทำการทดสอบเครื่องยนต์ CI เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลที่สภาวะคงที่ ที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆแล้วบันทึกข้อมูลตัวแปรการทำงาน อาทิ ความดันในห้องเผาไหม้, แรงบิด, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด, อัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.4.3 ทำการทดสอบเครื่องยนต์ CI เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอลล์ที่สภาวะคงที่ ที่ความเร็วรอบคงที่ค่าต่างๆแล้วบันทึกข้อมูลตัวแปรการทำงาน อาทิ ความดันในห้องเผาไหม้, แรงบิด, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด, อัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.4.4 ทำการคำนวณและสร้าง Performance map ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงนั้นๆ โดยใช้ข้อมูลจากข้อ 1.4.2, 1.4.3

1.4.5 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้และการปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้

1.4.6 ทำการเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงดีโซฮอลล์กับดีเซลที่มีต่อเครื่องยนต์ในด้านสมรรถนะและข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้

1.4.7 สรุปผลการทดลอง

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อให้ทราบถึงผลของการใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอลล์ที่มีต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI เพื่อพิจารณาการนำเชื้อเพลิงดีโซฮอลล์มาใช้กับเครื่องยนต์และเป็นพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการออกแบบปรับแต่งเครื่องยนต์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในบทนี้จะกล่าวถึงถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้และสมรรถนะในเครื่องยนต์ CI และการวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ โดยพิจารณาจากกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ รวมทั้งจะกล่าวถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์

#### 2.1 กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI แบบ IDI

ในเครื่องยนต์ CI แบบ IDI (Indirect Injection) ห้องเผาไหม้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบ swirl chamber ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยคอคอด กระบวนการการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI แบบ IDI จะสามารถแบ่งได้เป็น 3 กระบวนการหลักๆ คือ การก่อดำของกระแสดำอากาศ, การก่อดำของสเปรย์ และการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI แบบ IDI เริ่มต้นจากอากาศถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบ ในช่วงจังหวะดูด (Intake Stroke) ในจังหวะอัด อากาศจะถูกอัดตัวผ่านคอคอดที่เชื่อมต่อระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสองเข้าสู่ห้องเผาไหม้ล่วงหน้าจนมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น ซึ่งอากาศในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่ถูกอัดให้ไหลผ่านคอคอดนี้จะมีความเร็วสูง ทำให้อัตราการผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงสูงขึ้นไปด้วย ที่ปลายจังหวะอัด (Compression Stroke) เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปจะแตกตัวเป็นละอองฝอยและระเหยผสมกับอากาศร้อนบริเวณรอบๆ เนื่องจากการเผาไหม้มี Ignition Delay จึงทำให้ต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึง TDC เล็กน้อย แต่สำหรับในบางเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงอาจมีการฉีดเชื้อเพลิงที่หลัง TDC เล็กน้อยก็ได้ เพื่อเป็นการจำกัดไม่ให้เกิดการเผาไหม้ที่รุนแรงเกินไป อันจะส่งผลให้เกิด  $\text{NO}_x$  สูง อัตราการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศนี้จะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวแปร เช่น ความดันในการฉีดเชื้อเพลิง, ความดันในห้องเผาไหม้, อัตราการไหลวน (swirl rate), ลักษณะผนังห้องเผาไหม้ เป็นต้น ซึ่งในช่วงนี้เมื่อส่วนผสมซึ่งอยู่ในช่วง Flammability Limit, มีอุณหภูมิ, ความดัน และพลังงานกระตุ้นสูงเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยา การเผาไหม้ก็จะเริ่มขึ้น สำหรับเครื่องยนต์ CI แบบ IDI ที่ใช้ห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบ swirl chamber จะมีอัตราการไหลวนของอากาศสูง เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมาบางส่วนจะไปกระทบผนังห้องเผาไหม้ ประกอบกับ ignition delay สั้นเนื่องจากอัตราส่วนการอัดที่สูงกว่าเครื่องยนต์ DI และอากาศในห้องเผาไหม้หลักยังไม่

พร้อมที่จะผสมกับเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงทำให้อัตราการเผาไหม้หรืออัตราการปล่อยความร้อนเริ่มต้นต่ำ ซึ่งเรียกส่วนนี้ว่า Premixed หรือ Rapid Combustion Phase หลังจากนั้นเปลวไฟก็จะลามเผาไหม้ส่วนผสมซึ่งเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้ามาในภายหลังในช่วง Diffusion หรือ Mixing-Controlled Combustion Phase อัตราการปล่อยความร้อนในช่วงนี้จะมีค่าสูงที่สุด อัตราการเผาไหม้ในช่วงนี้จะถูกควบคุมโดยอัตราการผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ และเนื่องจากความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าจะสูงกว่าห้องเผาไหม้หลักประมาณ 0.5 ถึง 5 atm. จึงทำให้เกิดการไหลของเชื้อเพลิง, อากาศ, และก๊าซที่ถูกเผาไหม้แล้วเข้าสู่ห้องเผาไหม้หลัก ซึ่งช่วงนี้จะทำให้มีการปล่อยพลังงานออกมาเพิ่มขึ้น ในจังหวะขยายตัว(Expansion Stroke) อัตราการปล่อยความร้อนจะค่อยๆ ลดต่ำลง ซึ่งเรียกว่า Late Combustion Phase ซึ่งเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงส่วนที่เหลืออยู่เล็กน้อย และเป็นการเผาไหม้ต่อไปของเขม่าและสารที่เกิดจากการเผาไหม้ส่วนผสมหนา เช่น CO, H<sub>2</sub> ฯลฯ

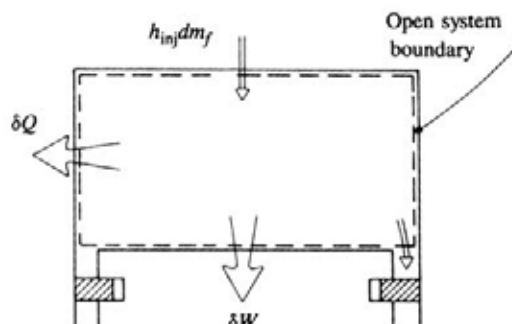
## 2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ (สำหรับเครื่องยนต์ CI แบบ Indirect Injection)

การวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้สามารถนำไปใช้ในการหาอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง ซึ่งจะใช้พื้นฐานของกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบเปิดซึ่งเป็น Quasi static (ความดันและอุณหภูมิคงที่) ดังสมการ

$$\frac{dQ}{dt} - p \frac{dV}{dt} + \sum_i m_i h_i = \frac{dU}{dt} \quad (2-1)$$

|        |                   |   |
|--------|-------------------|---|
| โดยที่ | $\frac{dQ}{dt}$   | คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านขอบเขตของระบบเข้าไปในระบบ |
|        | $p \frac{dV}{dt}$ | คือ อัตราการถ่ายเทงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบ    |
|        | $m_i$             | คือ อัตราการไหลของมวลเข้าระบบ                           |
|        | $h_i$             | คือ เอนทาลปีของมวลที่ไหลเข้าระบบ                        |
|        | $U$               | คือ พลังงานของสารที่อยู่ในระบบ                          |





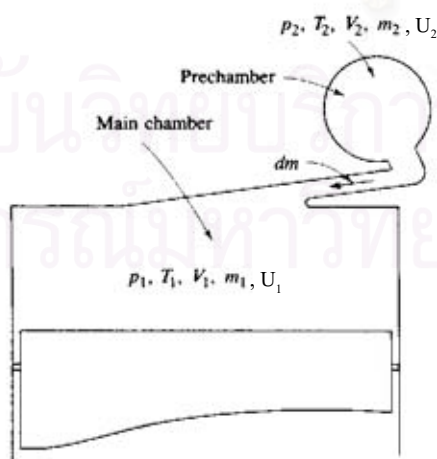
รูปที่ 2-1 ขอบเขตของระบบเปิดของห้องเผาไหม้สำหรับการวิเคราะห์การปล่อยความร้อน [5]

สำหรับ Indirect-Injection Compression Ignition Engine ความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าจะสูงกว่าห้องเผาไหม้หลักประมาณ 0.5 ถึง 5 atm จึงทำให้เกิดการไหลของเชื้อเพลิง, อากาศและก๊าซที่เผาไหม้แล้วเข้าสู่ห้องเผาไหม้หลัก ซึ่งช่วงนี้จะทำให้มีการปล่อยพลังงานออกมาเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 2-2 แสดงว่าห้องเผาไหม้ของ IDI ถูกแบ่งเป็นระบบเปิด 2 ระบบ ซึ่งเมื่อใช้กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ จะได้ว่า

$$\text{สำหรับห้องเผาไหม้หลัก} \quad \frac{dQ_1}{dt} - p_1 \frac{dV_1}{dt} + h_{2,1} \frac{dm}{dt} = \frac{dU_1}{dt} \quad (2-2)$$

$$\text{สำหรับห้องเผาไหม้ล่วงหน้า} \quad \frac{dQ_2}{dt} - h_{2,1} \frac{dm}{dt} + h_f \frac{dm_f}{dt} = \frac{dU_2}{dt} \quad (2-3)$$



รูปที่ 2-2 ภาพแสดงห้องเผาไหม้หลัก(ตัวห้อย 1) และห้องเผาไหม้ล่วงหน้า(ตัวห้อย 2) สำหรับการวิเคราะห์การปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ IDI [5]

โดยที่  $dm/dt$  คืออัตราการไหลระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสอง(จะมีค่าเป็นบวกเมื่อไหลจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเข้าห้องเผาไหม้หลัก) ถ้า  $dm/dt > 0$ ,  $h_{2,1}$  จะคือ  $h_2$  และถ้า  $dm/dt < 0$ ,  $h_{2,1}$  จะคือ  $h_1$

และถ้าเรานิยามให้  $U_1$  และ  $U_2$  คือพลังงานภายในสัมผัส (sensible internal energy) และ  $h_f$  เป็นเอนทาลปีสัมผัส (sensible enthalpy) ของเชื้อเพลิงแล้ว  $dQ_1/dt$  และ  $dQ_2/dt$  จะคืออัตราการปล่อยความร้อนสุทธิซึ่งเท่ากับผลต่างของอัตราการปล่อยพลังงานเนื่องจากการเผาไหม้กับอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง

ถ้าเราให้สารทำงานในห้องเผาไหม้เป็นก๊าซอุดมคติที่มีค่า  $c_v, c_p, M$  คงที่ และจากความสัมพันธ์ของก๊าซอุดมคติ

$$p_1 V_1 = m_1 R T_1 \quad (2-4)$$

$$p_2 V_2 = m_2 R T_2 \quad (2-5)$$

และจากความจริงที่ว่า  $h_{s,f} = 0$  สามารถใช้กำจัด  $m, T$  ออกจากพจน์  $dU/dt$  ได้ ดังนั้นจึงสามารถเขียนสมการที่ (2-2) และ (2-3) ใหม่ได้เป็น

$$\frac{dQ_1}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p_1 \frac{dV_1}{dt} + \frac{1}{\gamma-1} V_1 \frac{dp_1}{dt} - c_p T_{2,1} \frac{dm}{dt} \quad (2-6)$$

$$\frac{dQ_2}{dt} = \frac{1}{\gamma-1} V_2 \frac{dp_2}{dt} + c_p T_{2,1} \frac{dm}{dt} \quad (2-7)$$

ดังนั้นจะได้ว่าอัตราการปล่อยความร้อนรวม คือ

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{dQ_1}{dt} + \frac{dQ_2}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p_1 \frac{dV_1}{dt} + \frac{1}{\gamma-1} \left( V_1 \frac{dp_1}{dt} + V_2 \frac{dp_2}{dt} \right) \quad (2-8)$$

ในทางปฏิบัติการคำนวณแบบสมการที่ (2-8) จะทำได้ยากเนื่องจากต้องใช้ Pressure Transducer 2 ตัวติดที่ห้องเผาไหม้ทั้งสอง และยังต้องทนต่อ Thermal Loading อีกด้วย ดังนั้นเขาจึงสมมติให้  $p_1 = p_2$  เนื่องจากความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้ามากกว่าห้องเผาไหม้หลัก 0.5 ถึง 5 atm เมื่อเทียบกับระดับความดัน 60 ถึง 80 atm จึงสามารถละความคลาดเคลื่อนในส่วนนี้ได้ ถ้าเขียน  $p_2 = p_1 + \Delta p$  สมการที่ (2-8) จะกลายเป็น

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p_1 \frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1 + V_2}{\gamma-1} \frac{dp_1}{dt} + \frac{V_2}{\gamma-1} \frac{d(\Delta p)}{dt} \quad (2-9)$$

ซึ่งถ้าตัดพจน์สุดท้ายออกไปจะทำให้ได้สมการเหมือนเครื่องยนต์ Direct Injection และใช้ข้อมูลความดันจากห้องเผาไหม้หลักมาคำนวณตามสมการที่ (2-10)

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{dt} + \frac{V}{\gamma-1} \frac{dp}{dt} \quad (2-10)$$

ปริมาณการปล่อยความร้อนสุทธิสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2-11)

$$Q = \int_{\theta_{start}}^{\theta_{end}} \frac{dQ}{dT} d\theta \quad (2-11)$$

Mass fraction burned ( $X_b$ ) หมายถึงสัดส่วนของมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้แล้ว ซึ่งแปรผันกับความร้อนที่ปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากสมการ

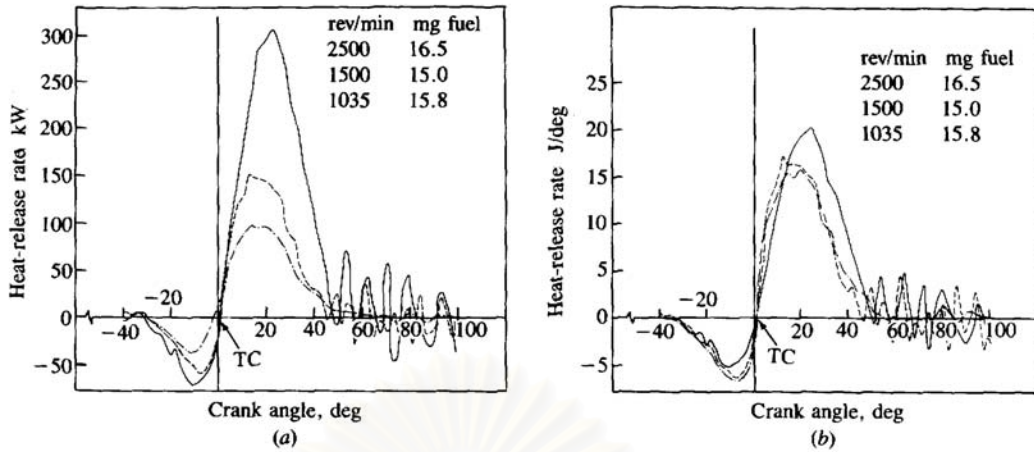
$$X_b = \frac{Q}{m_f LHV} \quad (2-12)$$

โดยที่  $m_f$  คือ มวลของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อ 1 cycle ต่อสูบ (kg/cycle)

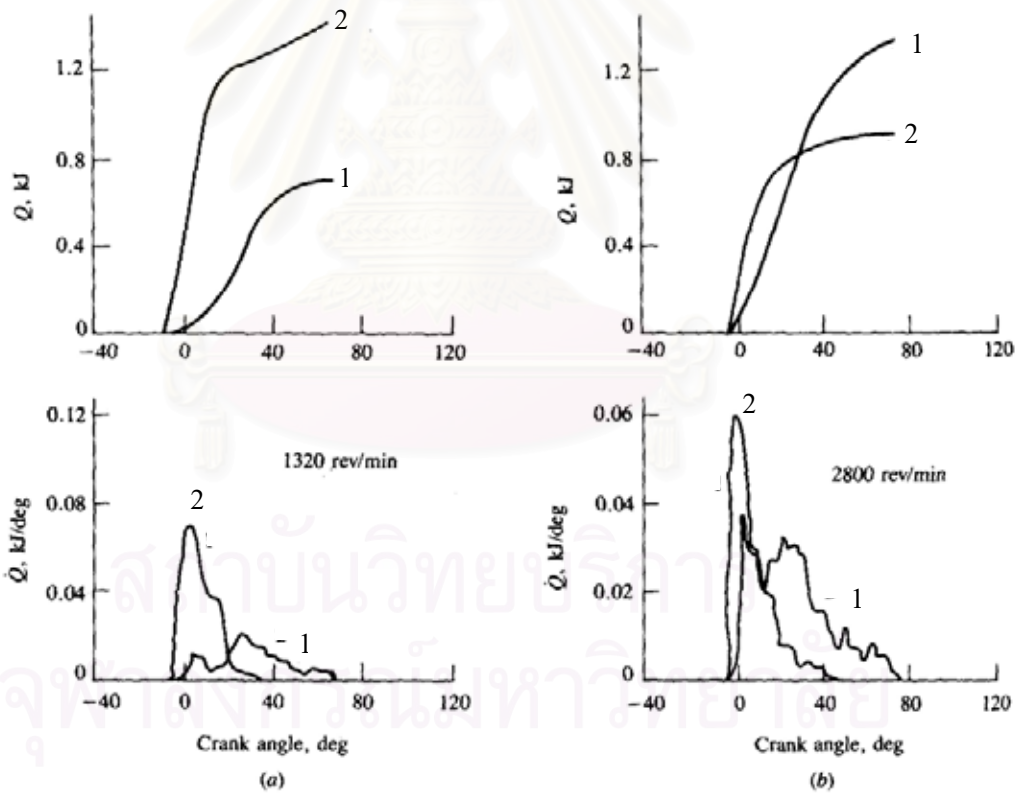
LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง

ค่า mass fraction burned นี้จะบอกให้ทราบว่าที่ตำแหน่งต่างๆ เชื้อเพลิงได้ถูกเผาไหม้ไปแล้วปริมาณเท่าใด

รูปที่ 2-3 แสดงตัวอย่างอัตราการปล่อยความร้อนสุทธิสำหรับเครื่องยนต์ CI แบบ Indirect Injection เมื่อ  $\gamma = 1.35$  ที่ 3 ความเร็วและปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อ cycle คงที่ พบว่าอัตราการปล่อยความร้อนสัมบูรณ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการปล่อยความร้อนสัมพัทธ์จะขึ้นอยู่กับอัตราการเผาไหม้ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ



รูปที่ 2-3 อัตราการปล่อยความร้อนสุทธิสำหรับเครื่องยนต์ CI แบบ Indirect Injection ที่ load คงที่ ( $0.29 \leq \phi \leq 0.32$ ) รูป(a) หน่วย kW, รูป(b) หน่วย J/degree [5]



รูปที่ 2-4 อัตราการปล่อยความร้อนรวมที่คำนวณได้ใน IDI swirl-chamber diesel ที่ engine full load 1 คือที่ห้องเผาไหม้หลัก และ 2 คือที่ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า รูปบนคือการปล่อยความร้อนรวม ส่วนรูปล่างคืออัตราการปล่อยความร้อน รูป (a) คือที่ความเร็วรอบ 1320 rpm และ รูป (b) คือที่ความเร็วรอบ 2800 rpm [5]

จากตัวอย่างกราฟแสดงอัตราการปล่อยความร้อนรวมของเครื่องยนต์ CI แบบ Indirect Injection Swirl-Chamber ที่ full load ดังรูปที่ 2-4 พบว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่ำ การปล่อยความร้อนที่ห้องเผาไหม้ลว่งหน้ามีค่าถึง 2/3 ของความร้อนทั้งหมด และที่ห้องเผาไหม้หลักมีอัตราการปล่อยความร้อนต่ำเนื่องมาจากว่าที่ความเร็วรอบต่ำ การ swirl ต่ำทำให้กระบวนการผสมต่ำเนื่องจากระดับ turbulent ต่ำ แต่ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง การปล่อยความร้อน 2/3 ของทั้งหมดจะเกิดที่ห้องเผาไหม้หลัก

นิยามสำหรับการวิเคราะห์การเผาไหม้ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แก่

- จุดเริ่มต้นการเผาไหม้คือจุดที่เชื้อเพลิงปล่อยความร้อนออกมาแล้ว 1% ของการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด[6]
- ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดหมายถึงช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงถึงจุดเริ่มต้นการเผาไหม้
- จุดสิ้นสุดการเผาไหม้คือจุดที่เชื้อเพลิงปล่อยความร้อนออกมาแล้ว 99% ของการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด[6]
- ช่วงการเผาไหม้หมายถึงช่วงเวลาตั้งแต่จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดสิ้นสุดการเผาไหม้

ในการพิจารณาเกี่ยวกับช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด Shihadeh และ Hochgreb [7] ได้มีการทดสอบผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดกับเชื้อเพลิงดีเซล, NREL และ ENSYN ซึ่งมีเอทานอลและน้ำเป็นองค์ประกอบด้วย โดยใช้กฎของก๊าซอุดมคติและสมมติให้สารทำงานเป็นอากาศ ซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเชื้อเพลิงดีเซลจะมีช่วงล่าช้าลดลงน้อยมากเมื่อเทียบกับ NREL และ ENSYN แต่จะมีผลลดลงมากต่อเชื้อเพลิงทั้งสองซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบ และเมื่อองค์ประกอบของน้ำมากขึ้นจะทำให้ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวขึ้น เพราะว่าน้ำจะทำให้อัตราการระเหยของเชื้อเพลิงลดลง แต่ไม่ใช่เหตุผลของอุณหภูมิก๊าซขณะนั้นๆที่เย็นลง

ดังนั้นถ้าพิจารณาดีโซลซึ่งมีเอทานอลเป็นองค์ประกอบเช่นกัน ถ้าเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ(มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากขึ้น)มาผสมเป็นดีโซลล์ แนวโน้มของช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดก็น่าจะยาวขึ้นด้วย

## 2.3 การคำนวณอัตราการฉีดเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้

การคำนวณอัตราการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่านหัวฉีดสามารถคำนวณได้จากสมการ(2-13) [6]

$$\frac{dm_f}{d\theta} = C_d A_n \sqrt{2\rho_f \Delta p} \quad (2-13)$$

|        |            |   |
|--------|------------|---|
| โดยที่ | $C_d$      | คือ Discharge coefficient ของหัวฉีด   |
|        | $A_n$      | คือ พื้นที่ที่เล็กที่สุดของหัวฉีด ( $m^2$ )   |
|        | $\rho_f$   | คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ( $kg/m^3$ )   |
|        | $\Delta p$ | คือ Pressure drop across nozzle ในที่นี้คือผลต่างระหว่างความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด (Fuel line pressure) กับ ความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า |

ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อ 1 cycle ต่อสูบ สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2-14)

$$m_f = m_f \times 30 / N \quad (2-14)$$

|        |             |  |
|--------|-------------|--|
| โดยที่ | $m_f$       | คือ มวลของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อ 1 cycle ต่อสูบ ( $kg/cycle$ ) |
|        | $\dot{m}_f$ | คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบ ( $kg/s$ )                     |
|        | $N$         | คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ( $rev/min$ )                                      |

สำหรับค่า Discharge coefficient สามารถคำนวณได้จากการอินทิเกรตอัตราการฉีดเชื้อเพลิงตลอดช่วงของการฉีด ดังสมการ(2-15)

$$\int_{\theta_{start}}^{\theta_{end}} \frac{dm_f}{d\theta} d\theta = m_f \times 30 / N \quad (2-15)$$

|        |                  |   |
|--------|------------------|---|
| โดยที่ | $\theta_{start}$ | คือ องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่เริ่มฉีดเชื้อเพลิง      |
|        | $\theta_{end}$   | คือ องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่สิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง |

ซึ่งเราสามารถทราบช่วงการฉีดของหัวฉีดได้โดยดูจากผลต่างระหว่างความดันท่อจ่ายเชื้อเพลิง (Fuel line pressure) กับ ความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เมื่อเชื้อเพลิงถูกปั๊มเชื้อเพลิงอัดให้มีความดันมากเกินกว่าค่า opening pressure ของหัวฉีด เข็มหัวฉีดจะเริ่มยกตัวในขณะที่ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดจะลดลงเล็กน้อย และความดันจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะยังคงถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ความดันในท่อจ่ายเชื้อเพลิง

มากกว่าความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า เชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้จนกระทั่งสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อความดันในห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงเริ่มลดลงจนไม่สามารถเอาชนะแรงดันสปริงที่กดเข็มหัวฉีดได้

## 2.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้แก่ กำลัง, แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ฯลฯ กำลังเบรคของเครื่องยนต์สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$P_b = 2\pi N T_b / 60000 \quad (2-16)$$

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (Fuel Conversion Efficiency)

$$\eta_f = \frac{P_b}{m_f Q_{HV}} \quad (2-17)$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

$$bsfc = \frac{m_f}{3.6 \times 10^6 P_b} \quad (2-18)$$

ความดันยังผลเฉลี่ย สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ

$$bmep = \frac{4\pi T_b}{V_d} \quad (2-19)$$

Volumetric Efficiency

$$\eta_v = \frac{2m_a \times 10^3}{60\rho_{a,i} V_d N} \quad (2-20)$$

โดยที่  $\eta_f$  คือ Fuel conversion efficiency

$\eta_v$  คือ Volumetric efficiency

$\rho_{a,i}$  คือ ความหนาแน่นของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์ ( $\text{kg/m}^3$ )

|             |  |
|-------------|--|
| $b_{mep}$   | คือ Brake mean effective pressure (kPa)      |
| $bsfc$      | คือ Brake specific fuel consumption (g/kW-h) |
| $\dot{m}_a$ | คือ อัตราการไหลของอากาศ (kg/s)               |
| $\dot{m}_f$ | คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/s)      |
| $N$         | คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rev/min)      |
| $P_b$       | คือ กำลังเบรก (kW)                           |
| $Q_{HV}$    | คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)         |
| $T_b$       | คือ แรงบิดเบรก (Nm)                          |
| $V_d$       | คือ Displaced volume (dm <sup>3</sup> )      |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 3

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI, คุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงดีเซล และความเหมาะสมของวัสดุต่อเอทานอล

#### 3.1 การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ และเทอร์โมไดนามิกส์ของเอทานอล ดูเหมือนว่าเอทานอลจะไม่เหมาะสมที่จะเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI แต่การใช้เอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลอาจมีผลดีที่น่าดึงดูดในด้านการลดมลพิษของสารประกอบซัลเฟอร์, เขม่า, คิว้นดำ, Particulates Matter, Hydrocarbon Emission และ  $\text{NO}_x$  เป็นต้น เนื่องจากเอทานอลมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในเชื้อเพลิง ดังนั้นเชื้อเพลิงดีเซลที่ผสมเอทานอลจะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว ซึ่งอาจเป็นผลทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์และ Unburned Hydrocarbon บางชนิดต่ำลง และอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ต่ำกว่า จะทำให้เกิด  $\text{NO}_x$  emission ต่ำกว่าเมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว

เอทานอลจะมีอุณหภูมิ autoignition temperature สูงกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไปมาก คืออยู่ในช่วง 700 K เมื่อเทียบกับ 550 K ดังนั้นการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงหลักโดยตรงสำหรับเครื่องยนต์ CI จึงไม่เหมาะสม การสตาร์ทเครื่องที่อากาศเย็นจำเป็นต้องใช้อัตราส่วนการอัดที่สูงขึ้นและการช่วยเหลืออื่นๆ เช่นการใช้หัวเผา และ ignition improvers แม้กระทั่งที่สภาพอากาศปกติก็ตาม ซึ่งการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลจะมีความเป็นไปได้เมื่อต้องการการอุ่นเครื่องยนต์

ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของเอทานอลมีค่าสูงกว่าดีเซลทั่วไปมากกว่า 2 เท่า และค่าความร้อนของเอทานอลต่ำกว่าดีเซลประมาณ 36% ซึ่งจะมีผลต่อการเผาไหม้ของดีเซล

ในกรณีที่เอทานอลถูกใช้ในเครื่องยนต์ CI เอทานอลอาจจะถูกผสมกับเชื้อเพลิงดีเซลเป็นดีเซล หรือเอทานอลอาจถูกเติมผสมกับอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ก็ได้ ระบบที่มีการเติมเอทานอลและน้ำเข้าไปในอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์ดีเซลเทอร์โบชาร์จได้มีการผลิตในเชิงพาณิชย์บ้างแล้ว หน้าทีหลักของระบบคือการหล่อเย็น turbocharged air โดยใช้ความร้อนแฝงของเอทานอล (latent heat) ดังนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์สูงขึ้นเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ความหนาแน่นจะสูงขึ้น และทำให้ได้กำลังมากขึ้น ซึ่งจะได้ผล

เช่นเดียวกับการใช้ intercooler การควบคุมปริมาณเอทานอลที่ใส่เข้าไปในอากาศที่เข้าเครื่องยนต์เป็นสิ่งที่ยาก และจะเป็นสาเหตุให้การทำงานของเครื่องยนต์ไม่ราบเรียบ หรือเกิดการดับ ถ้าหากว่ามีปริมาณเอทานอลใส่เข้าไปในอากาศที่เข้าเครื่องยนต์มากเกินไป

เนื่องจากเอทานอลมีคุณภาพการจุดระเบิดที่ต่ำ ดังนั้นการใช้เอทานอลผสมในน้ำมันดีเซล อาจจำเป็นต้องมีการผสมสารเพิ่มความสามารถในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง (Ignition Improver) เข้าไปด้วย การใช้ ignition improver ของเอทานอลจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อใช้ในปริมาณที่มากเพียงพอเพื่อให้เกิด ignition delay period ที่สั้น แต่กำลังของเครื่องยนต์ที่ได้อาจจะลดลง ถ้าไม่มีการเพิ่มปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปเพื่อชดเชยกับค่าค่าความร้อน (heating value) ของเอทานอลที่ต่ำกว่าดีเซล ซึ่งถ้าหากว่าต้องการให้ได้กำลังของเครื่องยนต์เท่าเดิมอาจจะต้องฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น นั่นก็หมายความว่า จะต้องใช้ปั๊มหัวฉีดที่ใหญ่ขึ้น หรือว่าใช้การฉีดเชื้อเพลิงที่ยาวนานขึ้น

ปัจจัยอื่นที่ต้องพิจารณาในการนำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์ได้แก่ เอทานอลมีค่าความหนืด (viscosity) และการหล่อลื่นที่ต่ำกว่าดีเซล ซึ่งจะทำให้เกิดการสึกกร่อนในระบบเชื้อเพลิงที่มากขึ้น เช่น ตัวกรองเชื้อเพลิงอุดตัน, เกิดการสะสมที่เข็มหัวฉีด, ปั๊มหัวฉีดชำรุด ความสามารถในการระเหย (Volatility) ของเอทานอลที่สูงกว่าดีเซลอาจทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิด vapor lock และ การเกิดโพรงอากาศในระบบเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่ำ (cavitation) แต่สามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้ง electric pump เข้าไปในระบบจ่ายเชื้อเพลิงเพื่อเป็นการเพิ่มความดันให้กับระบบ ซึ่งเป็นการช่วยแก้ปัญหาการเกิด vapor lock และ cavitation

สำหรับคุณสมบัติของเอทานอลและดีเซลโดยทั่วไปแสดงไว้ในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติของดีเซลโดยทั่วไปและเอทานอล [5, 8, 9, 10, 11]

| Properties                              | Diesel Fuel                       | Ethanol                          |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| Chemical Formula                        | C <sub>3</sub> to C <sub>25</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH |
| Molecular Weight                        | ≈ 170 - 200                       | 46.07                            |
| Composition, Weight %                   |                                   |                                  |
| Carbon                                  | 84 - 87                           | 52.2                             |
| Hydrogen                                | 33 - 16                           | 13.1                             |
| Oxygen                                  | 0                                 | 34.7                             |
| Specific gravity @ 0°C, 1 atm           | 0.82 - 0.95                       | 0.785                            |
| Density, kg/m <sup>3</sup> @ 0°C, 1 atm | 820 - 950                         | 785                              |
| Boiling temperature, °C                 | 187.8 – 343.3                     | 77.8                             |
| Vapor pressure, kPa                     | 1.38                              | 15.86                            |

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติของดีเซลโดยและเอทานอลทั่วไป (ต่อ) [5, 8, 9, 10, 11]

| Properties  | Diesel Fuel     | Ethanol |
|---|-----------------|---------|
| Octane no.(1)   |                 |         |
| Research octane no.                                     | -               | 108     |
| Motor octane no.  | -               | 92      |
| (R+M)/2   | N/A             | 100     |
| Cetane no.(1)   | 40-55           | 8       |
| Water solubility, @ 21.11°C                             |                 |         |
| Fuel in water, volume %                                 | Negligible      | 100     |
| Water in fuel, volume %                                 | Negligible      | 100     |
| Freezing point, °C                                      | -40 – (-1.11)   | -114    |
| Melting point, °C                                       |                 | -117    |
| Critical temperature, °C                                |                 | 243     |
| Viscosity Ns/m <sup>2</sup> @ 15.56°C                   | 0.0026 - 0.0041 | 0.00119 |
| Flash point, closed cup, °C                             | 73.89           | 12.78   |
| Autoignition temperature, °C                            | ≈ 315.56        | 422.78  |
| Latent heat of vaporization, kJ/kg @ 25°C,<br>1 atm     | 230 – 270       | 840     |
| Flammability limits, volume %                           |                 |         |
| Lower   | 1               | 4.3     |
| Higher  | 6               | 19      |
| Heating value   |                 |         |
| Higher (liquid fuel-liquid Water), MJ/kg                | 43.8 – 44.8     | 29.7    |
| Lower (liquid fuel-water Vapor), MJ/kg                  | 41.4 – 42.5     | 26.9    |
| Lower Heating value of stoichiometric<br>mixture, MJ/kg | 2.74 – 2.76     | 2.69    |
| Specific heat, kJ/kg-K                                  |                 |         |
| C <sub>p</sub> liquid                                   | 1.9 – 2.2       | 2.5     |
| C <sub>p</sub> vapor                                    | ≈ 1.7           | 1.93    |
| Bulk Modulus, MPa @ 20°C                                | 1585.7          | 1060    |
| Stoichiometric air/fuel, weight                         | 14.4 – 14.5     | 9       |

### 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซล

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงทดสอบสำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้แสดงไว้ในตาราง ก-1 โดยรายละเอียดต่างๆ อธิบายได้ดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 เลขซีเทน (Cetane Number)

การวัดคุณภาพการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงดีเซลซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปคือเลขซีเทน การกำหนดค่าของเลขซีเทนถูกนิยามโดยการผสมกันของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์อ้างอิง 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ cetane(n-hexadecane) ที่มีคุณสมบัติการจุดระเบิดสูงให้มีเลขซีเทนเป็น 100 และ isocetane หรือ heptamethyl nonane เป็น paraffin ที่มีกิ่งสาขามาก มีคุณสมบัติการจุดระเบิดต่ำ กำหนดให้มีเลขซีเทนเป็น 15 โดยใช้มาตรฐาน ASTM D613 ในการทดสอบ

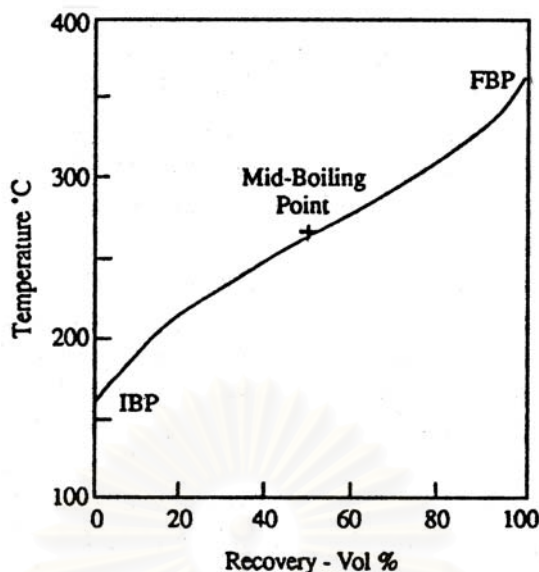
$$\text{cetane number} = \% \text{ n-cetane} + 0.15 (\% \text{ heptamethyl nonane}) \quad (3-1)$$

เลขซีเทนนี้มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิง เช่น คุณสมบัติการสตาร์ทเครื่อง, มลภาวะ, ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด และเสียงของเครื่องยนต์ เป็นต้น ผลดีของการที่เชื้อเพลิงมีเลขซีเทนสูงได้แก่ เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูง, เพิ่มคุณสมบัติการสตาร์ทเครื่องในขณะเย็น, ลดควันดำในช่วงการอุ่นเครื่องยนต์, ลดเสียงดัง, ลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษ แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดสอบเพื่อหาค่าเลขซีเทนนั้นสูงจึงได้มีการคำนวณ cetane index (CCI) ขึ้นมาเพื่อประมาณค่าคุณสมบัติการจุดระเบิดแทน โดยใช้ค่า API gravity และ mid-boiling temperature (50 % evaporated) ตามมาตรฐาน ASTM D976

เนื่องจากเอทานอลมีค่าออกเทนสูงซึ่งก็หมายความว่าความสามารถในการจุดระเบิดต่ำ ดังนั้นดีโซลล์จึงมีเลขซีเทนต่ำกว่าดีเซล

#### 3.2.2 Volatility

รายละเอียดที่ได้ระหว่างการกลั่นเชื้อเพลิง ได้แก่ initial boiling point (IBP), end point (EP) หรือ final boiling point (FBP), percent of condensate recovered และ percent residue of nonvolatile matter โค้งการกลั่นตัวของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไปแสดงในรูปที่ 3-1

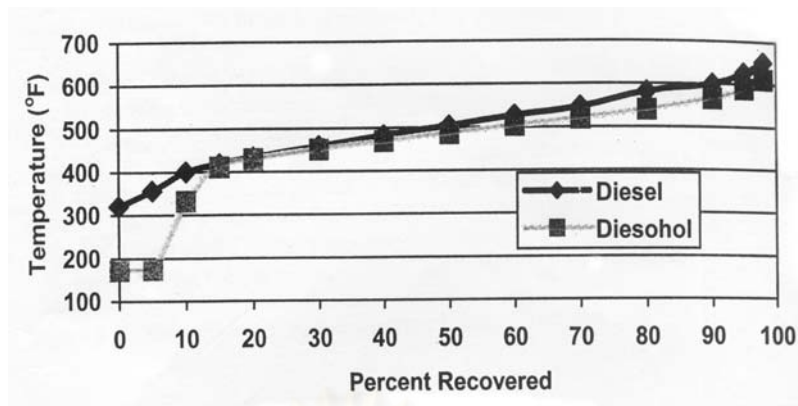


รูปที่ 3-1 โค้งการกลั่น(Distillation curve) ของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป [8]

Volatility (การกลั่น หรือช่วงการเดือดของเชื้อเพลิง) มีผลต่อคุณสมบัติอื่นๆ รวมถึง ความหนาแน่น, จุดวาบไฟ, อุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตัวเอง, ความหนืด และเลขซีเทน volatility ที่สูงจะทำให้เกิด vapor lock และจุดวาบไฟที่ต่ำลง vapor lock จะทำให้เครื่องยนต์ misfire หรือเกิดความล้มเหลวในการติดเครื่องยนต์ใหม่หลังจากดับเครื่องยนต์ลงในช่วงเวลาสั้นในสภาวะร้อน แต่อย่างไรก็ตาม volatility ที่สูงก็ยิ่งทำให้เชื้อเพลิงระเหยได้อย่างสมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ แต่ผลที่ตามมาคือส่วนที่มีจุดเดือดสูงอาจเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดการสะสมรวมตัวในเครื่องยนต์และเพิ่มระดับควัน แต่อย่างไรก็ตาม ภายในช่วง 350 °C ถึง 400 °C ผลของ volatility ที่ต่ำต่อไอเสียจะมีค่าน้อย mid-volatility ของเชื้อเพลิงดีเซลมีผลอย่างชัดเจนต่อแนวโน้มของควันโดยผ่านผลต่อการฉีดและการผสมของเชื้อเพลิง แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่กลั่นตัวไปแล้ว 50% ใช้สำหรับการคำนวณ cetane index ตามมาตรฐาน ASTM D976

ส่วนที่ volatility สูงซึ่งอยู่ที่จุดต่ำสุดในโค้งในรูปที่ 3-1 ช่วยปรับปรุงการติดเครื่องขณะเย็นและการอุ่นเครื่อง ในขณะที่ส่วนที่ volatility ต่ำที่ปลายด้านสูงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการสะสมรวมตัว, ควัน และการสึกหรอ เนื่องจากเชื้อเพลิงระเหยยาก ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

เอทานอลมีจุดเดือดต่ำกว่าดีเซล และจากรูปที่ 3-2 แสดงให้เห็นว่า  $T_{90}$ ,  $T_{95}$  ของเชื้อเพลิงดีเซลไฮโซลต์ต่ำกว่าดีเซล



รูปที่ 3-2 แสดงโค้งการกลั่น (Distillation curve) ของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล  
ตามมาตรฐาน ATSM 86 [12]

### 3.2.3 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงดีเซลให้ประโยชน์ในการบ่งชี้องค์ประกอบ และคุณลักษณะที่สัมพันธ์กับสมรรถนะ เช่น คุณภาพการจุดระเบิด, กำลัง, การประหยัดเชื้อเพลิง, คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำ และแนวโน้มของควัน บางครั้งอาจแสดงความหนาแน่นเป็นความถ่วงจำเพาะ หรือ API gravity ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการกลั่นต่างๆ โดยประมาณแสดงดังต่อไปนี้ [8]

|                               |                             |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Straight-run distilled        | 805 – 870 kg/m <sup>3</sup> |
| Hydrocracked gas oil          | 815 – 840 kg/m <sup>3</sup> |
| Thermally cracked gas oil     | 835 – 875 kg/m <sup>3</sup> |
| Catalytically cracked gas oil | 930 – 965 kg/m <sup>3</sup> |

เนื่องจากเอทานอลมีความหนาแน่นต่ำกว่าดีเซล ดังนั้นดีโซฮอลจึงมีความหนาแน่นต่ำกว่าดีเซล

### 3.2.4 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของของไหลบ่งบอกถึงความต้านทานการไหลของมันซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อเพลิงดีเซลเนื่องจากมันมีอิทธิพลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้นมุมกรวยสเปรย์ของหัวฉีดจะลดลง, การกระจายเชื้อเพลิง และการพุ่งของสเปรย์ (spray penetration) ก็ลดลงไปด้วย ในขณะที่ขนาดของหยดเชื้อเพลิง (droplet) ใหญ่ขึ้น ดังนั้นความหนืดจะมีผลต่อ injection timing ที่เหมาะสมสำหรับรูปร่างหัวฉีดและความดันการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ นอกจากนี้ความหนืดจะมีอิทธิพลต่อปริมาณของเชื้อเพลิงที่ฉีดด้วย

เชื้อเพลิงดีเซลมักจะมีการกำหนดคุณสมบัติขอบเขตบนของความหนืดเพื่อให้แน่ใจว่ามี การไหลของเชื้อเพลิงที่เพียงพอสำหรับการติดเครื่องขณะเย็นและยังมีการกำหนดความหนืดต่ำสุด เพื่อป้องกันการสูญเสียกำลังที่อุณหภูมิสูงด้วย เนื่องจากหากว่าเชื้อเพลิงมีความหนืดต่ำมากเกินไปจะทำให้ penetration ของสเปรย์ยาวเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดการ wet ที่ผนังห้องเผาไหม้ทำให้สูญเสียกำลังของเครื่องยนต์ได้ ในกรณีของดีเซลที่ทดสอบนั้นมีความหนืดต่ำกว่าดีเซล เล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในช่วงข้อกำหนดของประเทศไทย

### 3.2.5 คุณสมบัติการหล่อลื่น (Lubricity)

คุณสมบัติการหล่อลื่นของเชื้อเพลิงดีเซลปกติแล้วทำนายได้โดยการทดสอบด้วย high frequency reciprocating rig (HFRR) ซึ่งจากการทดสอบนี้ค่าคุณสมบัติการหล่อลื่นของดีเซลโดยปกติจะมีค่าต่ำกว่าดีเซล แต่หากว่ามีการใช้สารเติมแต่งที่เหมาะสมก็จะสามารถเพิ่มคุณสมบัติการหล่อลื่นของดีเซลให้สูงกว่าดีเซลได้

### 3.2.6 คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำของเชื้อเพลิงดีเซล

เชื้อเพลิงดีเซลมากถึง 20% อาจประกอบด้วย heavy paraffinic hydrocarbons ซึ่งมีความสามารถในการละลายที่จำกัดในเชื้อเพลิง Paraffins จะสะสมรวมตัวกันเป็นไข(wax) เมื่ออยู่ในสภาวะที่เย็นเพียงพอ ซึ่งนั่นเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ การเกิดในระบบเชื้อเพลิงในยานพาหนะเป็นแหล่งของปัญหาในการทำงานต่างๆ เช่นทำให้เกิดการอุดตันในระบบเชื้อเพลิง

### 3.2.7 เสถียรภาพของเชื้อเพลิงดีเซล

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเชื้อเพลิงคือ ความมีเสถียรภาพไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลาระหว่างการผลิต การใช้งานในเครื่องยนต์ และการก่อกองตัวของตะกอนระหว่าง การเก็บเชื้อเพลิงดีเซลในระยะยาว ในโตรเจน และสารประกอบที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบมักจะ เกี่ยวข้องอย่างมากในกระบวนการเสื่อมสภาพของเชื้อเพลิง เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มี แนวนอนที่รวมตัวกันเป็นตะกอนเชื้อเพลิง กลไกที่การเผาไหม้ของไฮโดรคาร์บอนเกิดขึ้นใน หลายขั้นตอน เริ่มต้นด้วยการเริ่มเกิดโซ่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดอนุมูลอิสระ เมื่ออนุมูลอิสระของ ไฮโดรคาร์บอนก่อกองตัวขึ้น มันจะสามารถรวมตัวกับออกซิเจนเพื่อก่อให้เกิดอนุมูล peroxide ซึ่ง ในทางกลับกันสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนอื่นโดยการกำเนิดอนุมูลอิสระของ ไฮโดรคาร์บอนอื่น และ hydroperoxide ดังนั้นกระบวนการเผาไหม้จึงไม่สูญเสียไปได้ด้วย ตนเอง อนุมูลอิสระยังสามารถเป็นเหตุให้เกิด polymerization และ ปฏิกิริยาการเผาไหม้เพื่อ

ก่อให้เกิดวัสดุที่น้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งสามารถสะสมรวมตัวในระบบเชื้อเพลิง ขั้นตอนสุดท้ายคือ chain termination เมื่อ antioxidant หายไป เป็นปฏิกิริยาซึ่งนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่ไร้อนุพลอิสระ

ความสามารถของเชื้อเพลิงในการรักษาเสถียรภาพในถังเก็บขึ้นอยู่กับตัวแปรซึ่งควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาด้วยตัวเอง อาทิ oxidation ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการเกิดปฏิกิริยาด้วยตัวเองที่ซับซ้อนปรากฏออกมาโดยทั่วไปมี 2 ชนิด ได้แก่ soluble gum ซึ่งเป็นพวก nonvolatile และ insoluble gum ซึ่งมักถูกเรียกว่าเป็นตะกอน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่อันตรายที่สุดของการเสื่อมสภาพของเชื้อเพลิงในถังเก็บ การเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพในระบบเชื้อเพลิงถูกสังเกตเห็นได้จากการอุดตันที่ไส้กรอง และการสะสมรวมตัวของสารเหนียวๆ (gum) ในระบบจุดระเบิดและหัวฉีด สาเหตุหลักของปัญหาการทำงานเหล่านี้ อาจเป็นเพราะความจริงที่ว่าเชื้อเพลิงดีเซลทำหน้าที่เป็นตัวหล่อเย็นหัวฉีด ซึ่งเป็นไปได้มากที่สุดที่จะเสื่อมสภาพที่อุณหภูมิสูง ในส่วนของถังเชื้อเพลิงเมื่อเชื้อเพลิงถูกทำให้เย็นลงและให้ความร้อนอีกครั้ง การเกิดวัฏจักรการให้ความร้อนและการทำให้เย็นต่อเนื่องกันอาจทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเชื้อเพลิงดีเซลที่ไม่มีเสถียรภาพทางความร้อน

ปัญหาประการหนึ่งในการนำเอทานอลมาผสมกับดีเซลเป็นดีโซฮอล์นั้นคือ อาจพบปัญหาการแยก (phase separation) เฟสเกิดขึ้น โดยเอทานอลซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่าดีเซลจะลอยอยู่ด้านบนและดีเซลจะอยู่ส่วนล่างของถัง การแยกเฟสนี้เกิดจากสภาวะของดีโซฮอล์นั้นมีอุณหภูมิ ต่ำ และ/หรือ มีองค์ประกอบน้ำมากเกินไป เริ่มแรกจะพบการก่อตัวของหยดลอยอยู่ในดีโซฮอล์ ซึ่งหลังจากทิ้งไว้จะพบว่าเกิดการแยกชั้นของเอทานอลและดีเซล ดังนั้นการใช้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ต่ำเช่น 95.5% ผสมกับดีเซลที่สภาวะอุณหภูมิปกติจะพบปัญหาการแยกเฟส แต่การใช้เอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% จะไม่พบปัญหาการแยกเฟสนี้ที่สภาวะอุณหภูมิปกติ [12] การแก้ปัญหาการแยกเฟสนี้ทำได้โดยการใช้สารเติมแต่งซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถการละลายของเอทานอลในดีเซล ซึ่งสารเติมแต่งนี้จะช่วยเพิ่มเสถียรภาพภายใต้สภาวะอุณหภูมิและปริมาณน้ำต่างๆ

### 3.2.8 ปริมาณซัลเฟอร์ (Sulphur Content)

วิธีหนึ่งในการลดระดับไอเสียทั้งหมดของ particulate matter (TPM) จากเครื่องยนต์ดีเซลคือ การใช้เชื้อเพลิงดีเซลที่มีกำมะถันต่ำ (<0.05% โดยน้ำหนัก) ระหว่างกระบวนการเผาไหม้กำมะถันส่วนใหญ่ในเชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนเป็น sulphur dioxide ( $\text{SO}_2$ ) ซึ่งส่วนมากถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ที่ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเพิ่มเติม นำไปสู่มลภาวะทางอากาศ  $\text{SO}_2$  ที่เหลือจะถูกเผาไหม้ในไอเสียดีเซลที่มีออกซิเจนหนา และเกิดเป็น sulphur trioxide ( $\text{SO}_3$ ) อุณหภูมิไอเสียดีเซลที่สูงจะรักษา  $\text{SO}_3$  ไว้ในสภาวะไอ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับน้ำ โดยปฏิกิริยาคายความร้อน



นำไปสู่การก่อตัวของละอองกรดกำมะถันในอากาศ ซึ่งเมื่อรวมตัวกับน้ำโดยพันธะทางเคมีจะถูกปล่อยออกมาเป็น particulate matter

ประโยชน์อื่นของการลดระดับกำมะถันในเชื้อเพลิงดีเซลคือ การลดการสึกหรอ เป็นที่รู้กันว่าระดับกำมะถันที่สูงในเชื้อเพลิงทำให้เกิดการสึกหรอที่แหวนลูกสูบและ liners ของกระบอกสูบ การที่กำมะถันทำให้เกิดการสึกหรอเนื่องมาจาก 2 กลไก คือ การสึกหรอเชิงกัดกร่อน และการสะสมรวมตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับกำมะถันของเชื้อเพลิงและสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์โดยตรง

สำหรับในประเทศไทยค่ามากที่สุดของกำมะถันในดีเซลถูกกำหนดไว้คือ 0.05% ในการผลิตเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันน้อยกว่า 50 ppm และปริมาณ aromatic 5% โดยปริมาตร (ตามที่ระบุสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล class 1) จำเป็นที่จะต้องใช้สภาวะ hydro-processing ที่รุนแรงขึ้นหรือเทคโนโลยี hydro-processing ที่แตกต่างออกไป

เนื่องจากเอทานอลไม่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นการผสมเอทานอลในดีเซลจะทำให้ดีเซลที่ได้นั้นมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำลงเมื่อเทียบกับดีเซลที่มีปริมาณเท่ากัน

### 3.2.9 ปริมาณอะโรมาติก (Aromatic Content)

ส่วนประกอบ aromatic ในเชื้อเพลิงดีเซลเป็นปัญหาที่สำคัญเพราะว่าทำให้เกิดการปล่อย particulate emission แต่อย่างไรก็ตาม aromatics มีส่วนช่วยในการหล่อลื่นของเชื้อเพลิง ดังนั้นการกำจัดสารเหล่านี้จะทำให้เกิดอัตราการสึกหรอของปั๊มหัวฉีดอย่างสูงอย่างผิดปกติ ในกรณีของดีเซลที่ได้นั้นมีปริมาณอะโรมาติกทั้งหมดต่ำกว่าดีเซลเล็กน้อย [12]

### 3.2.10 ปริมาณน้ำและตะกอน (Water and Sediment Content)

เราไม่สามารถที่จะกำจัดน้ำออกจากเชื้อเพลิงดีเซลได้หมด เนื่องจากขั้นตอนแรกที่มีน้ำเข้ามาคือระหว่างกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงของการมีน้ำปะปนมาระหว่างการขนส่งและการเก็บในถัง การเกิดขึ้นของน้ำในถังเก็บอาจทำให้เกิดการเติบโตของราและแบคทีเรีย การปนเปื้อนจุลินทรีย์ทำให้เกิดปัญหาสำคัญกับเครื่องยนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเชื้อเพลิง เช่น เกิดการอุดตันที่ไส้กรอง

ตะกอนที่พบในเชื้อเพลิงดีเซลส่วนใหญ่เป็นอนินทรีย์โดยกำเนิด เช่น สนิม, อนุภาคโลหะ และฝุ่นละออง บางส่วนสามารถเป็นสารอินทรีย์จากการเสื่อมสภาพขององค์ประกอบเชื้อเพลิงที่ไม่เสถียร, การกระทำของแบคทีเรียที่รอยต่อของน้ำมัน-น้ำ หรือ ไซจากเชื้อเพลิง

ตะกอนสามารถนำไปสู่การอุดตันได้กรองในยานพาหนะ และน้ำยังช่วยเพิ่มสภาวะกรดทำให้เกิดปัญหาเนื่องมาจากการกัดกร่อนและความสึกหรอในเครื่องยนต์และระบบฉีดเชื้อเพลิง การทดสอบมาตรฐานสำหรับปริมาณน้ำและตะกอนทำได้โดยวิธีทางเหวี่ยง

### 3.2.11 จุดวาบไฟ (Flash Point)

จุดวาบไฟคือการวัดอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดซึ่งเชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ได้จากแหล่งกำเนิดประกายไฟภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน จุดวาบไฟนี้จะมีผลต่อเชื้อเพลิงในการพิจารณาด้านการขนส่ง, รูปแบบการจัดเก็บ และการระมัดระวังดูแลรักษา

ในกรณีของดีเซลค่าจุดวาบไฟถูกควบคุมโดยจุดวาบไฟของเอทานอลซึ่งต่ำกว่าข้อกำหนดต่ำสุดสำหรับเชื้อเพลิงดีเซลในประเทศไทย ดังนั้นการจัดการกับดีเซลจึงต้องจัดการเช่นเดียวกับแก๊สโซลีน

### 3.2.12 สภาพการอัดตัวได้ของเชื้อเพลิง (Compressibility)

คุณสมบัติการอัดตัวได้ของเชื้อเพลิงเป็นคุณสมบัติซึ่งมีผลต่อการฉีดเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงเหลวที่มีสภาพการอัดตัวได้สูงจะทำให้ห้องศากรฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าเนื่องจากจะต้องใช้เวลามากขึ้นในการอัดเชื้อเพลิงให้ได้ความดันที่ต้องการ

ตัวแปรที่บ่งบอกถึงสภาพการอัดตัวได้คือ bulk modulus โดย bulk modulus เป็นสัดส่วนผกผันกับสภาพการอัดตัวได้ ดีเซลซึ่งมี bulk modulus สูงกว่าเอทานอล ดังนั้นดีเซลจึงมีสภาพการอัดตัวได้น้อยกว่าดีเซลของศากรฉีดเชื้อเพลิงของดีเซลจึงมีแนวโน้มที่จะล่าช้ากว่าดีเซล

## 3.3 เทคโนโลยีการผลิตเอทานอล

เอทานอล หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ มีสูตรเคมีคือ  $C_2H_5OH$  สามารถผลิตได้จากวัสดุทางการเกษตร ซึ่งแบ่งออกออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่มีสารน้ำตาลหรือชีวมวลที่ให้คาร์โบไฮเดรตประเภทน้ำตาล เช่น อ้อย, ข้าวฟ่างหวาน และกากน้ำตาล เป็นต้น ประเภทที่มีสารพวกแป้งหรือชีวมวลที่ให้คาร์โบไฮเดรตในรูปแป้ง เช่น มันสำปะหลัง, ข้าวเหนียว, ข้าวเจ้า และข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งพืชเศรษฐกิจที่นับว่ามีศักยภาพสูงพอที่จะนำมาพัฒนาเพื่อใช้ผลิตเอทานอลทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะนี้ได้แก่ อ้อย, มันสำปะหลัง และข้าวฟ่าง เป็นต้น และอีกประเภทหนึ่งคือชีวมวลในรูปของเซลลูโลส เช่นเศษวัสดุทางการเกษตร, ไม้ เป็นต้น

การผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบที่เป็นชีวมวลดังกล่าวยกเว้นชีวมวลที่ให้คาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาลต้องผ่านกระบวนการผลิต 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูปของน้ำตาลที่สามารถละลายน้ำได้ ขั้นที่สอง หมักน้ำตาลให้กลายเป็นเอทานอลโดยการยีสต์(yeast)

และชั้นที่สาม แยกเอทานอลจากสารผสมที่ได้จากการหมักโดยวิธีการกลั่น จากขั้นตอนดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ซิวมวลที่ให้คาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาลอยู่แล้วได้เปรียบกว่าซิwmวลอย่างอื่น เพราะสามารถนำไปหมักเป็นเอทานอลได้โดยตรง นอกจากนี้เอทานอลที่ผลิตจากอ้อยยังมีข้อได้เปรียบอีกอย่างคือ ซานอ้อยหลังจากถูกบีบแล้วยังนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย ดังนั้นการผลิตเอทานอลที่ผ่านๆมาจึงนิยมผลิตเอทานอลจากอ้อยหรือจากกากน้ำตาลมากกว่า จากผลิตผลทางการเกษตรอื่น

### 3.4 ความเข้ากันได้ของวัสดุที่มีต่อเอทานอล (Material Compatibility)

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการพิจารณานำเชื้อเพลิงดีโซลมาใช้กับเครื่องยนต์ CI คือ ความเข้ากันได้ของวัสดุที่มีต่อเอทานอล เนื่องจากเอทานอลอาจจะทำปฏิกิริยากับวัสดุบางชนิดซึ่งทำให้เกิดการกัดกร่อน วัสดุที่ถูกกัดกร่อนเหล่านี้อาจทำให้เกิดความเสียหายและเป็นต้นเหตุให้เกิดข้อบกพร่องของระบบเชื้อเพลิง เช่น จะไปทำให้ปั๊มเชื้อเพลิงอุดตันได้ ตัวอย่างของโลหะที่ถูกกัดกร่อนอย่างรวดเร็วถ้าหากว่าในเชื้อเพลิงประกอบด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้นสูง ได้แก่ อลูมิเนียม, ทองเหลือง, สังกะสี, ตะกั่ว และ Ternne(lead-tin-alloy)-plated steel ซึ่งนิยมใช้ทำถังน้ำมันแก๊สโซลีนในรถยนต์ โลหะที่ทนต่อการกัดกร่อนของเอทานอล ได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel), เหล็กดำ(black iron) และทองแดง

นอกจากนี้เอทานอลจะทำให้วัสดุประเภทพลาสติกและยางบางประเภทเสื่อมลงหรือบวมเสียรูปได้ เช่น ยางธรรมชาติ, ปะเก็นไม้ค็อก, polyurethane, หนัง(leather), polyester-bonded fiberglass laminate, polyvinyl chloride(PVC), polyamides และ methyl-methacrylate plastic สำหรับวัสดุที่แนะนำให้เปลี่ยนไปใช้แทนในกรณีที่วัสดุเหล่านี้จะต้องสัมผัสกับเอทานอลคือ Viton<sup>®</sup> ซึ่งเป็น fluoroelastomer ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อความร้อนและการบวม Buna-N, Neoprene rubber, polyethylene, nylon, polypropylene, nitrile และ Teflon

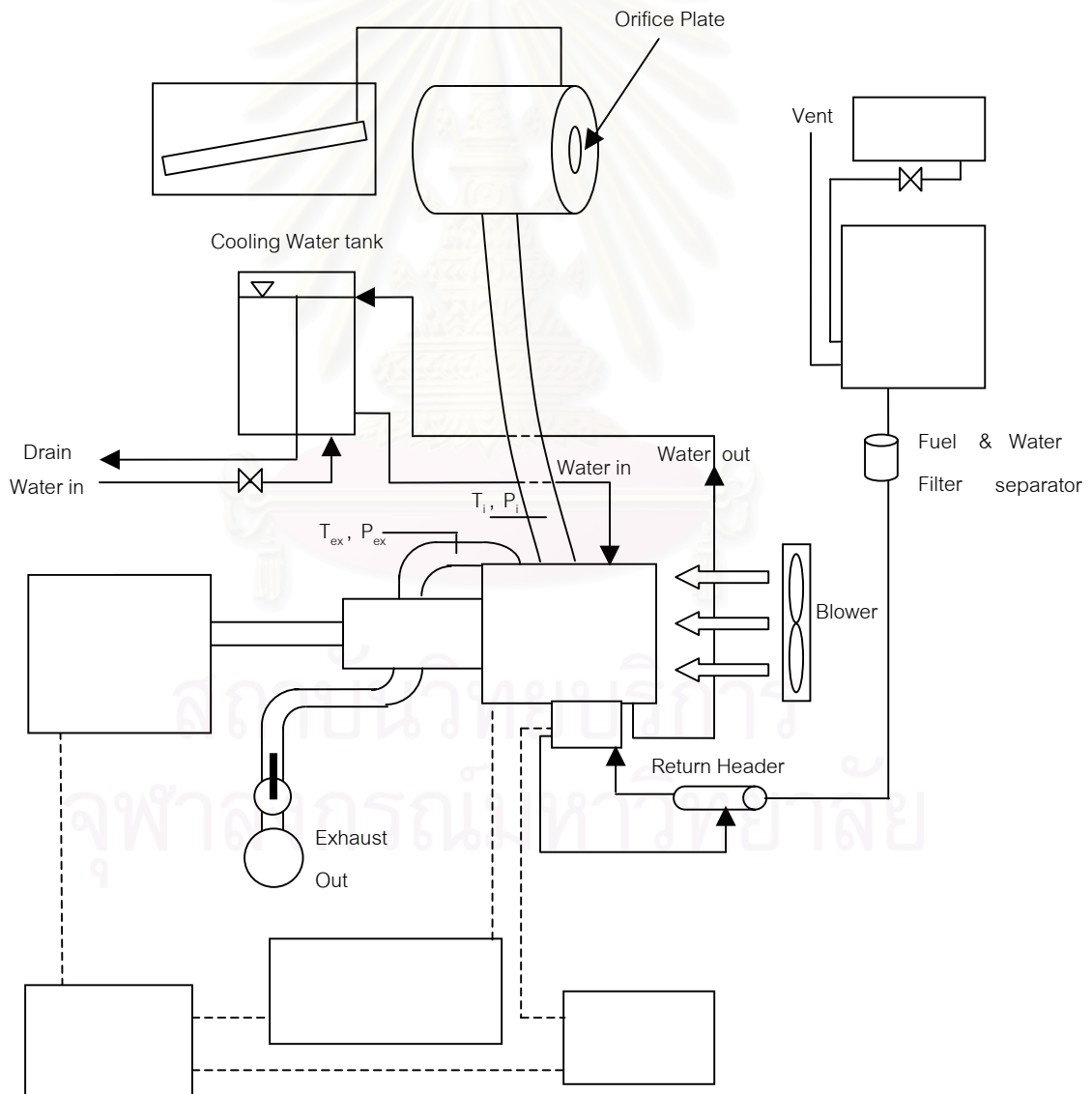
ในกรณีที่ผลิตรระบบเชื้อเพลิงขึ้นใหม่ ระบบเชื้อเพลิงนั้นควรทำด้วยสแตนเลส(stainless steel) หรือ อโนไดซ์อลูมิเนียม(anodized aluminium) ปะเก็นและ o-ring ก็ควรเปลี่ยนไปใช้ fluoroelastomer หรือวัสดุชนิดอื่นที่กล่าวไว้ข้างต้น

## บทที่ 4

### เครื่องยนต์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ และวิธีการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์, การวัดความดันในห้องเผาไหม้ และความดันในท่อจ่ายเชื้อเพลิง (fuel line pressure) รวมทั้งวิธีการเลือกจุดทำงานและทำการทดสอบ

รูปที่ 4-1 แสดงให้เห็นถึงแผนผังอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์

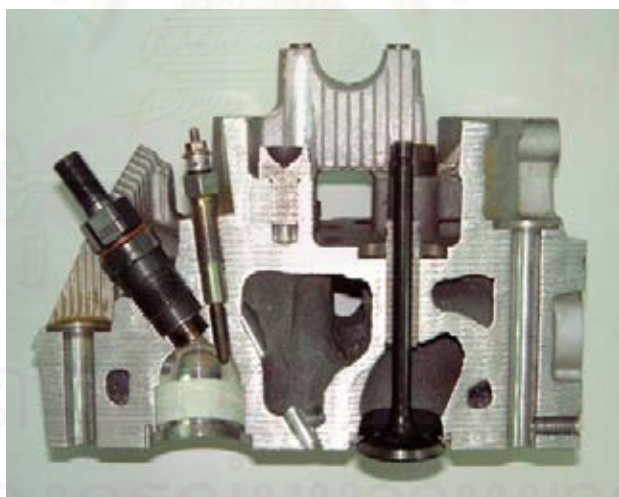


รูปที่ 4-1 แสดงแผนผังอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์

#### 4.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นชนิด CI แบบ Indirect injection 4 จังหวะ 4 สูบวางเรียง ระบายความร้อนด้วยน้ำ ยี่ห้อ FORD รุ่น WL81 ที่ใช้กับรถกระบะรุ่น RANGER ซึ่งมีรายละเอียดทางเทคนิค ดังนี้

|                            |                            |      |
|----------------------------|----------------------------|------|
| เครื่องยนต์รุ่น            | WL 81                      |      |
| เครื่องยนต์แบบ             | 4 สูบ 12 วาล์ว SOHC        |      |
| ระบบระบายความร้อน          | ระบายความร้อนด้วยน้ำ       |      |
| ระบบ Induction system      | Natural aspirated          |      |
| ขนาดความจุระบอสูบ          | 2.499                      | ลิตร |
| ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก | 93x92                      | มม.  |
| ความยาวก้านสูบ             | 152                        | มม.  |
| อัตราส่วนการอัด            | 21.6 : 1                   |      |
| ลักษณะห้องเผาไหม้          | Pre-Chamber                |      |
| ระบบจ่ายเชื้อเพลิง         | ปั๊มหัวฉีดน้ำมันแบบจานจ่าย |      |
| Opening Pressure ของหัวฉีด | 11.4 ถึง 12.1 Mpa          |      |



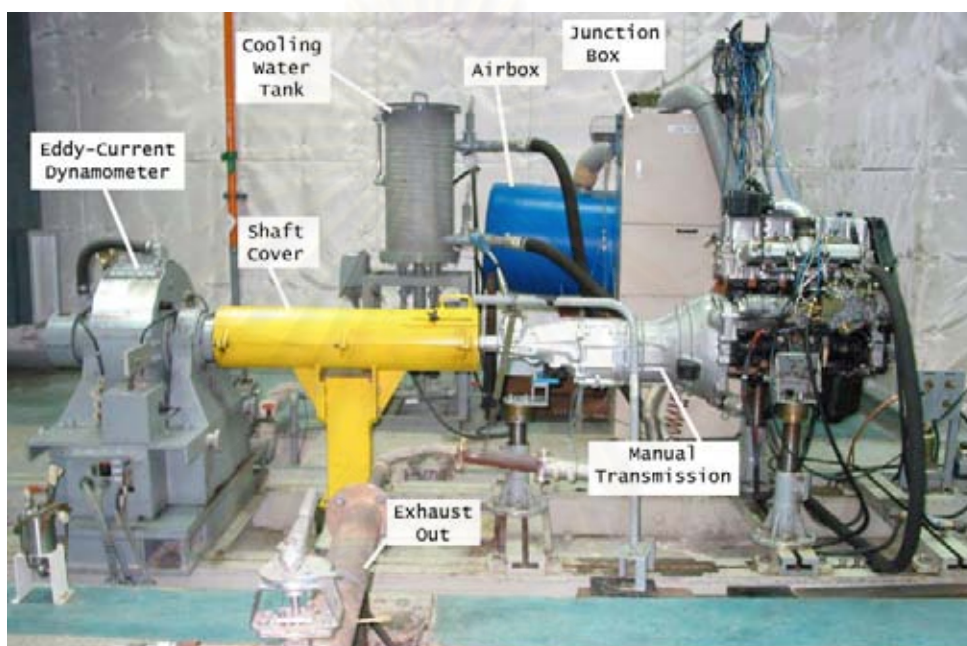
รูปที่ 4-2 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ใช้

#### 4.2 ไดนาโมมิเตอร์

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้เป็นยี่ห้อ MEIDEN รุ่น EC-80 ชนิด PTW-DAD (TWD150) ขนาดความจุที่รับได้ 150 kW ดังแสดงในรูปที่4-1 การควบคุมไดนาโมมิเตอร์มาจากแผงควบคุม ยี่ห้อ MEIDEN รุ่น IED 853 โดยมีรายละเอียดดังนี้

|                          |           |                  |
|--------------------------|-----------|------------------|
| ค่าแรงบิดสูงสุดที่รับได้ | 500       | Nm.              |
| ค่า Detection accuracy   | $\pm 0.1$ | % ของค่าเต็มสเกล |
| ค่าความเร็วรอบสูงสุด     | 8000      | rev/min          |
| ค่า Detection accuracy   | $\pm 0.1$ | % ของค่าเต็มสเกล |

ในการวิจัยนี้ใช้โหมดที่ควบคุมความเร็วรอบไดนาโมมิเตอร์ให้คงที่ และปรับองศาหมุน  
 คั่นแรงด้วย Electric Actuator ยี่ห้อ MEIDEN รุ่น SMTH-100-EN มีช่วงองศาในการควบคุม  $130^\circ$



รูปที่ 4-3 แสดงเครื่องยนต์ที่ต่อกับไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 4-4 แสดงภาพไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 4-5 แสดงภาพแผงควบคุมไดนาโมมิเตอร์

#### 4.3 การวัดอัตราสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

ในขณะที่ทดสอบจะวัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงด้วยอุปกรณ์วัดการไหลชนิด Volumetric gravitation flow meter ซึ่งใช้เซนเซอร์ตรวจจับระดับของเหลว (optical sensor) ยี่ห้อ SUNX รุ่น EX-F1 ซึ่งมีแอมพลิฟายเออร์ในตัว Response time น้อยกว่า 2 ms. สามารถใช้ได้กับหลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ถึง 13 มม. แต่ในการวิจัยนี้ใช้หลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. โดยติดเซนเซอร์ 2 ตัวให้ห่างกันในระดับที่ได้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เมื่อระดับน้ำมันเคลื่อนที่ลงมาถึงเซนเซอร์ตัวบน นาฬิกาจับเวลาจะเริ่มทำงานจับเวลา จนเมื่อระดับน้ำมันไหลมาถึงเซนเซอร์ตัวล่าง นาฬิกาจะหยุดจับเวลา

เวลาที่วัดได้จะนำมาใช้ในการคำนวณปริมาตรการไหล ดังสมการ

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \quad (4-1)$$

|        |           |  |
|--------|-----------|--|
| โดยที่ | $\dot{V}$ | คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (ml/s)                     |
|        | $V$       | คือ ปริมาตรที่ใช้วัด (ml) สำหรับการทดสอบนี้ใช้ 20 ml |
|        | $t$       | คือ เวลาที่นาฬิกาจับเวลาวัดได้ (s)                   |

สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหาได้จากสมการ

$$\dot{m}_f = \frac{\rho_f V}{t} \quad (4-2)$$

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

$\rho_f$  คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (kg/m<sup>3</sup>)



รูปที่ 4-6 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

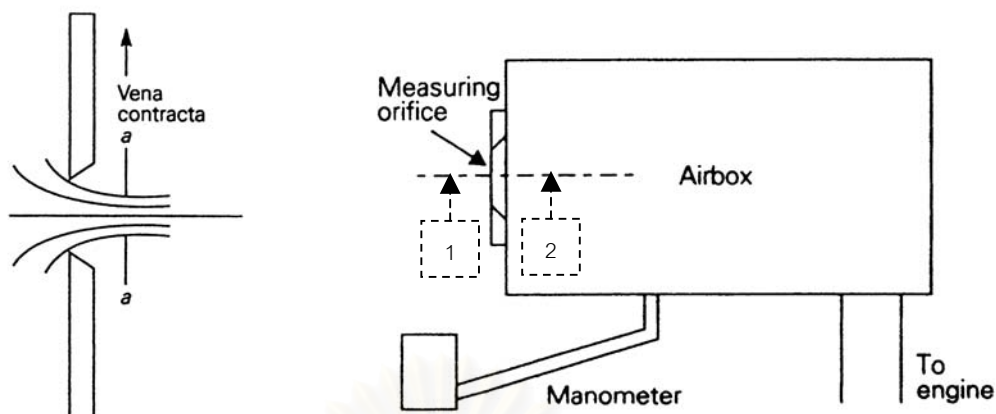


รูปที่ 4-7 แสดงถึงอากาศติดแผ่น orifice ที่ใช้อัตราการไหลของอากาศ

#### 4.4 การวัดอัตราการไหลของอากาศ

ปริมาณอากาศที่เครื่องยนต์ต้องการเพื่อให้เผาไหม้กับเชื้อเพลิงนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและไหลของเครื่องยนต์ สำหรับการทดลองนี้จะใช้วิธีการวัดอัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์โดยวิธี Air box method ซึ่งใช้วิธีวัดความดันตกคร่อมแผ่น orifice plate ตามมาตรฐาน BS1042 [13] ขนาด 50 มม. ซึ่งติดอยู่หน้าถังอากาศ และมีค่า Drag Coefficient เท่ากับ 0.6





รูปที่ 4-8 แสดงภาพการวัดอัตราการไหลของอากาศโดยวิธี Air box method [14]

ภาพถ่ายแสดงการไหลของอากาศผ่านแผ่น orifice plate

ภาพขาวแสดงภาพ Orifice flow meter

ปริมาตรของถังที่เล็กที่สุดที่จะทำให้ไม่เกิดการกระเพื่อมของอากาศที่ไหล ได้ถูกวิเคราะห์ โดย Kastner [17]

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 K^4 d^2}{N_c V_s n_{\min}^2} \quad (4-3)$$

- โดยที่  $V_b$  คือ ปริมาตรถังพักอากาศที่เล็กที่สุด ( $m^3$ )  
 $K$  คือ ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และ  
 มีค่าเท่ากับ 2 สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ  
 $d$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ orifice plate (m)  
 $N_c$  คือ จำนวนรอบอกสูบของเครื่องยนต์  
 $V_s$  คือ ปริมาตรช่วงชักลูกสูบ ( $m^3$ )  
 $N_{\min}$  คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่น้อยที่สุด (rev/min)

สมมติให้อากาศที่ไหลผ่าน orifice plate เป็นของไหลอัดตัวไม่ได้ (Incompressible flow) และพิจารณาให้ความหนาแน่นของอากาศคงที่ จากสมการเบอร์นูลลี จะได้ว่า

$$\frac{p_1}{\gamma_{\text{air}}} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma_{\text{air}}} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (4-4)$$

|        |                       |   |
|--------|-----------------------|---|
| โดยที่ | $p$                   | คือ ความดัน (kPa)   |
|        | $v$                   | คือ ความเร็วอากาศ (m/s)   |
|        | $\gamma_{\text{air}}$ | คือ น้ำหนักจำเพาะของอากาศ ( $\text{kg/m}^2\text{-s}^2$ ) = $\rho_{\text{air}}g$                   |
|        | $\rho_{\text{air}}$   | คือ ความหนาแน่นของอากาศ ( $\text{kg/m}^3$ ) เท่ากับ $1.165 \text{ kg/m}^3$ ที่ $30^\circ\text{C}$ |
|        | $Z$                   | คือ ระดับความสูง (m)  |
|        | $g$                   | คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $\text{m/s}^2$ ) เท่ากับ $9.807 \text{ m/s}^2$        |

ตัวห้อย 1 และ 2 คือตำแหน่งสภาวะ 1 และ 2 ในรูป 4-8 ขวา ตามลำดับ

เนื่องจากสภาวะ 1 เป็นอากาศนิ่ง และทั้งสองสภาวะอยู่ในระดับความสูงเดียวกัน ดังนั้น จะได้ความเร็วของอากาศ คือ

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{air}}}} \quad (4-5)$$

การไหลผ่าน orifice จะเกิด Vena contracta ซึ่งจะทำให้การไหลจริงน้อยกว่าทฤษฎีเสมอ ดังนั้นเมื่อคิดการไหลแบบคงตัว จะได้อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ คือ

$$\dot{m}_a = C_{\text{DO}} \rho_{\text{air}} v A_o \quad (4-6)$$

|        |                 |   |
|--------|-----------------|---|
| โดยที่ | $C_{\text{DO}}$ | คือ Discharge coefficient ของ orifice plate |
|        | $A_o$           | คือขนาดของ orifice ( $\text{m}^2$ )         |

การวัดผลต่างความดันตกคร่อม orifice plate จะวัดโดยใช้मानมิเตอร์ ซึ่งจะได้ค่า head ในหน่วย  $\text{mm.H}_2\text{O}$  ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาผลต่างความดันตกคร่อม orifice plate ได้จากสมการ

$$\Delta p = \rho_{\text{H}_2\text{O}} g \Delta h \quad (4-7)$$

|        |                             |  |
|--------|-----------------------------|--|
| โดยที่ | $\Delta h$                  | คือ ผลต่าง Head ที่อ่านได้จากमानมิเตอร์ ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )       |
|        | $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ | คือ ความหนาแน่นของอากาศ ( $\text{kg/m}^3$ ) เท่ากับ $997 \text{ kg/m}^3$ |

เมื่อนำสมการ(4-5) และ (4-7) มาแทนลงในสมการ(4-6) จะได้สมการที่นำไปใช้งาน คือ

$$\dot{m}_a = C_{DO} A_o \sqrt{2\rho_{air} \rho_{H_2O} g \Delta h} \quad (4-8)$$

ดังนั้นจากสมการ(4-2) และ (4-8) จะสามารถหาอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ และ Equivalent ratio ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F/A = \frac{\rho_f V/t}{C_{DO} A_o \sqrt{2\rho_{air} \rho_{H_2O} g \Delta h}} \quad (4-9)$$

$$\text{Equivalent ratio} = \frac{(F/A)}{(F/A)_s} \quad (4-10)$$

#### 4.5 การแสดงสภาวะการทำงาน (อุณหภูมิและความดัน) ที่ส่วนต่างๆของเครื่องยนต์

##### 4.5.1 การวัดความดันตกคร่อม Orifice Plate และความดันท่อไอดี

ค่าผลต่างความดันที่เกิดขึ้นระหว่าง Orifice Plate ถูกวัดโดยใช้मानอมิเตอร์แบบเอียง วัดได้สูงสุด 200 มม.น้ำ ความดันที่ก่อนเข้าท่อร่วมไอดีถูกวัดโดยใช้मानอมิเตอร์แบบเอียง วัดได้สูงสุด 400 มม.น้ำ



รูปที่ 4-9 แสดงमानอมิเตอร์ที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศและความดันท่อไอดี

#### 4.5.2 การวัดอุณหภูมิที่ท่อร่วมไอดีและท่อเชื้อเพลิง

การวัดอุณหภูมิที่ท่อร่วมไอดีและท่อเชื้อเพลิงจะใช้เทอร์โมคัพเบิล รุ่น JBS-3310 แบบหัวสกรูขันยึดติดกับพื้นผิว ชนิดของไส้เป็น type K (Chromel-Alumel, CA) เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 มม. ขนาดของสกรู W1/4 นิ้ว และมีอุณหภูมิใช้งานสูงสุด 400 องศาเซลเซียส ขันยึดติดกับท่อร่วมไอดีและท่อกลับของปั๊มเชื้อเพลิงตามลำดับ

#### 4.5.3 การวัดอุณหภูมิที่ถังอากาศ

การวัดอุณหภูมิที่ถังอากาศ (air box) ใช้เทอร์โมคัพเบิล รุ่น JB-10 ชนิดของไส้เป็น type K (CA) เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 มม. ความยาวปลอกป้องกัน 200 มม. อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 400 องศาเซลเซียส ไส้เข้าไปในส่วนกลางของถังอากาศบริเวณก่อนเข้าท่อไอดี

#### 4.5.4 การแสดงผลของอุณหภูมิที่วัดได้ในท่อร่วมไอดี, ท่อเชื้อเพลิง และถังอากาศ

การแสดงผลของอุณหภูมิจะแสดงผลออกมาที่เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล (Digital Temperature Indicator) ยี่ห้อ DIGICON รุ่น IS-7 ซึ่งการแสดงผลเป็นระบบ zero blanking ความแม่นยำ  $\pm 0.5\%$  ของค่าเต็มสเกล +1 หลัก โดยที่อินพุตเป็นเทอร์โมคัพเบิลดังกล่าวข้างต้น

#### 4.5.5 การวัดอุณหภูมิไอเสีย

การวัดอุณหภูมิของไอเสียที่ออกมาจากท่อไอเสียจะใช้เทอร์โมคัพเบิลชนิด type K (CA) ซึ่งมีอุณหภูมิใช้งานสูงสุด 1000 องศาเซลเซียส โดยวัดที่ท่อไอเสียตอนต้น

#### 4.5.6 การวัดอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำหล่อเย็น

การวัดอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำหล่อเย็นจะใช้เทอร์โมคัพเบิลชนิด type T (Copper-Constantan, CC) ซึ่งมีอุณหภูมิใช้งานในช่วง 0 ถึง 200 องศาเซลเซียส โดยวัดที่ท่อน้ำเข้าและออกของถังพักน้ำหล่อเย็น ตามลำดับ

#### 4.5.7 การวัดอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง

การวัดอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องจะใช้เทอร์โมคัพเบิลซึ่งเป็นชนิด type T (CC) อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 200 องศาเซลเซียส โดยใส่เข้าไปทางช่องของเหล็กวัดระดับน้ำมันเครื่อง

#### 4.5.8 การวัดความดันน้ำมันเครื่อง

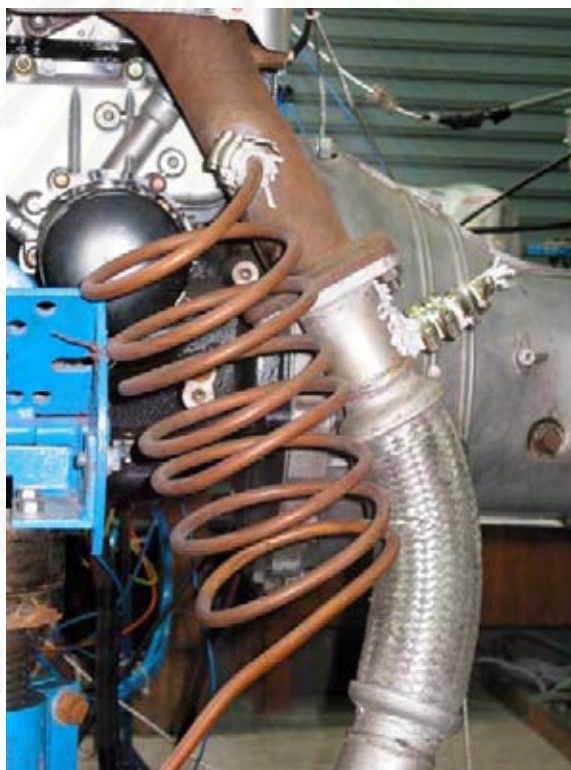
ใช้ pressure transducer ซึ่งมีความดันใช้งานสูงสุด 1000 kPa ติดตั้งแทน pressure switch ของเครื่องยนต์

#### 4.5.9 การแสดงผลของอุณหภูมิไอเสีย, อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของน้ำหล่อเย็น, อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และความดันน้ำมันเครื่อง

จะแสดงผลออกมาเป็นดิจิตอลที่มอนิเตอร์ของแผงควบคุมของไดนาโมมิเตอร์ ดังรูปที่ 4-5

#### 4.5.10 การวัดความดันไอเสีย

วัดโดยใช้मानมิเตอร์แบบ U-tube manometer ซึ่งใช้น้ำเป็นสารทำงาน โดยติดตั้งท่อขาดเพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าอุปกรณ์วัดที่ตำแหน่งท่อร่วมไอเสีย ดังรูป



รูปที่ 4-10 ท่อขาดลดความร้อนสำหรับการวัดความดันไอเสีย

#### 4.5.11 การวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

อุณหภูมิบรรยากาศ ถูกวัดออกมาเป็นอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง ตามลำดับ ส่วนความดันบรรยากาศ วัดโดยใช้บารอมิเตอร์



รูปที่ 4-11 แสดงภาพบารอมิเตอร์(ซ้าย) และเทอร์โมมิเตอร์(ขวา)

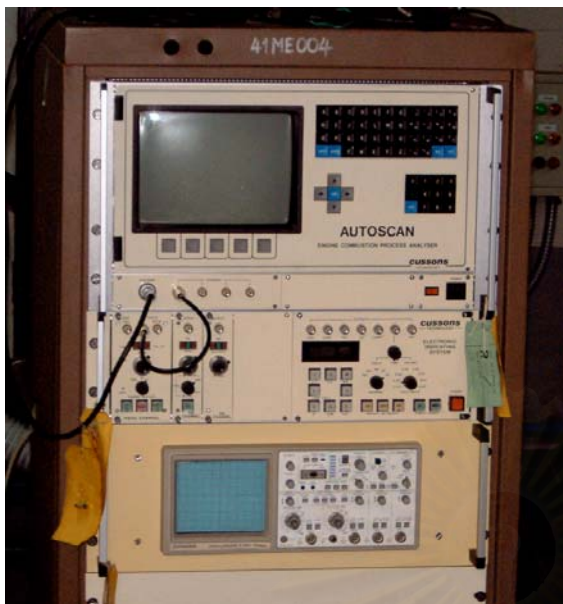
#### 4.6 ระบบการวัดข้อมูล Indicating ภายในห้องเผาไหม้

##### 4.6.1 Data acquisition and processing system

ในการทดสอบนี้ใช้เครื่อง Cussons P4500 (Autoscan) ดังรูปที่ 4-12 ในการเก็บข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ โดยรับสัญญาณ pulse จาก encoder แล้วแปลงสัญญาณจาก analog เป็น digital เครื่อง autoscan นี้สามารถรับสัญญาณ input ได้ 4 channels, 10 volt span (0 ถึง 10 V. หรือ -5 ถึง +5 V.) มีมอดิวเตอร์แบบไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบของกราฟ P- $\phi$  หรือ P-V ได้

|                        |   |
|------------------------|---|
| Resolution             | 0.025 FS (12bit)                              |
| accuracy               | 0.05 % FS (0.17% FS max.)                     |
| Max. acquisition speed | มากกว่า 250,000 12 bit samples/second/channel |

ในขณะที่บันทึกค่าเครื่อง autoscan จะบันทึกค่าที่ได้ลงในหน่วยความจำของเครื่อง ซึ่งเราสามารถถ่ายโอนข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทาง serial interface



รูปที่ 4-12 แสดงภาพของเครื่อง  
Cussons P4500 (Autoscan)



รูปที่ 4-13 แสดงภาพของ Shaft Encoder  
ยี่ห้อ Cussons รุ่น P4503

#### 4.6.2 Shaft Encoder

Shaft Encoder เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณการหมุนของเพลาเป็น pulse สำหรับการวัดที่ต้องการความแม่นยำสูง สำหรับการทดสอบนี้ใช้ shaft encoder ยี่ห้อ Cussons รุ่น P4503 ซึ่งมีความละเอียด  $0.1^{\circ}\text{CA}$  (หมายความว่า จะกำเนิด pulse ออกมาทุก  $0.1^{\circ}\text{CA}$  ที่เครื่องยนต์หมุนไป)

#### 4.6.3 ความดันในห้องเผาไหม้

สำหรับการวัดและเก็บค่าความดันในห้องเผาไหม้และความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด ใช้ Piezoelectric pressure transducer ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโครงสร้างจะประกอบด้วยผลึกควอทซ์ ซึ่งจะจ่ายประจุไฟฟ้าออกมาเมื่อมีแรงมากระทำบนผลึก ซึ่งประจุที่จ่ายออกมาจะมีค่าแปรตามแรงกระทำนั้น

ในการวัดความดันในห้องเผาไหม้จะใช้ pressure transducer ติดที่ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า แทนตำแหน่งของหัวเผา สำหรับการทดสอบนี้ใช้ pressure transducer ยี่ห้อ AVL รุ่น GU12P ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

|   |                   |                    |
|---|-------------------|--------------------|
| ช่วงการวัดตั้งแต่   | 0 ถึง 20          | Mpa                |
| Overload  | 25                | MPa                |
| Sensitivity   | 150               | pC/MPa             |
| Linearity น้อยกว่า  | $\pm 0.3$         | % FSO              |
| Acceleration Sensitivity  | น้อยกว่า 0.001    | bar/ g             |
| Shock Resistance  | มากกว่า 2000      | g                  |
| ช่วงอุณหภูมิใช้งานได้ถึง  | 400               | $^{\circ}\text{C}$ |
| Insulation Resistance ที่ $20^{\circ}\text{C}$  | มากกว่า $10^{13}$ | $\Omega$           |
| ค่า Capacitance   | 7                 | pF                 |
| Thermal Sensitivity Shift จาก $20^{\circ}\text{C}$ ถึง $400^{\circ}\text{C}$ น้อยกว่า $\pm 2\%$ และจาก $200^{\circ}\text{C}$ ถึง $300^{\circ}\text{C}$ น้อยกว่า $\pm 0.5\%$ |                   |                    |



รูปที่ 4-14 แสดงภาพของ Pressure transducer สำหรับวัดความดันในห้องเผาไหม้



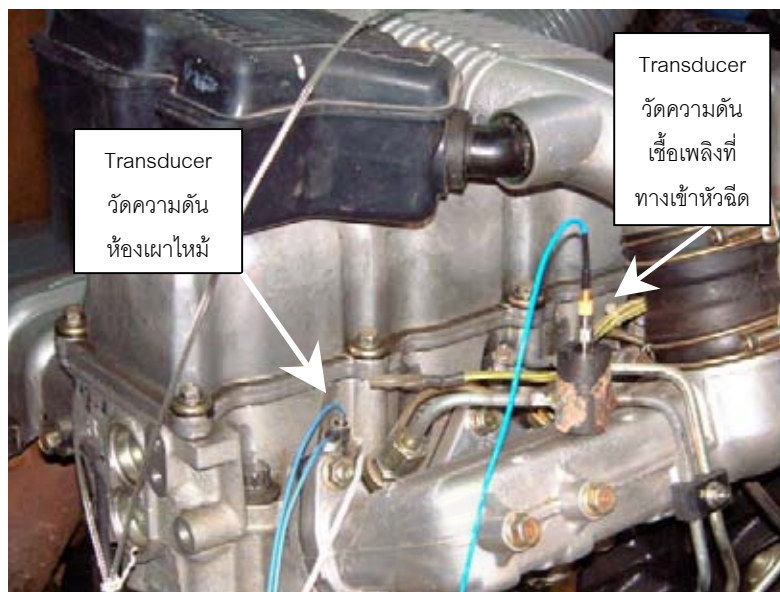
รูปที่ 4-15 แสดงภาพของ Pressure transducer สำหรับวัดความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด

#### 4.6.4 ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด (Fuel line pressure)

ในการวัดความดันที่ท่อจ่ายเชื้อเพลิงจะใช้ pressure transducer ยี่ห้อ KISTLER รุ่น 607C1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

|   |               |                       |
|---|---------------|-----------------------|
| ช่วงการใช้งาน                               | 0 ถึง 482,633 | kPa                   |
| ความดันที่วัดได้สูงสุด                      | 689,476       | kPa                   |
| ค่า sensitivity                             | -0.0174       | pC/kPa                |
| อุณหภูมิให้อยู่ในช่วง                       | -196 ถึง 260  | $^{\circ}\text{C}$    |
| ทนอุณหภูมิ intermittent gas temperature ได้ | 1650          | $^{\circ}\text{C}$    |
| ค่า temperature coefficient of sensitivity  | 0.02          | %/ $^{\circ}\text{C}$ |





รูปที่ 4-16 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Pressure transducer สำหรับวัดความดันในห้องเผาไหม้ และความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด

#### 4.6.5 Charge Amplifier

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณประจุที่จ่ายออกมาจาก piezo electric pressure transducer ให้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำไปแสดงผลหรือประมวลผลให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการต่อไป เช่น แสดงผลบน Oscilloscope หรือแปลงสัญญาณ analog เป็น digital เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ในการวัดความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีดในการทดสอบนี้จะใช้ Charge amplifier ยี่ห้อ KISTLER รุ่น 5011b11 โดยมีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้

|                                |                      |          |
|--------------------------------|----------------------|----------|
| Measuring range                | $\pm 10$ ถึง 999,000 | pC       |
| Sensitivity                    | 0.01 ถึง 9,990       | pC/MU    |
| Scale                          | 0.001 ถึง 9,990,000  | MU/V     |
| Output voltage                 | $\pm 10$             | V        |
| Output current                 | $\pm 5$              | mA       |
| Output impedance               | 10                   | $\Omega$ |
| Amplitude Linearity            | $\leq \pm 0.05$      | %        |
| Accuracy of measuring range    |                      |          |
| $\leq -99.9\text{pC (FS)}$     | $\leq \pm 3$         | %        |
| $\geq +100\text{ pC (FS)}$     | $\leq \pm 1$         | %        |
| Drift (due to leakage current) | $\leq \pm 0.03$      | pC/s     |



รูปที่ 4-17 แสดงภาพของ Charge Amplifier ยี่ห้อ KISTLER รุ่น 5011b11

#### 4.7 การทำ Performance Map

Performance Map ของเครื่องยนต์เป็นเครื่องมือที่ดีที่สุดที่บ่งชี้ความแตกต่างของสมรรถนะของเครื่องยนต์ แม้ว่า Performance Map จะถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะที่ต่างกันของเครื่องยนต์ต่างกันในอุตสาหกรรมรถยนต์ แต่ Performance Map ก็สามารถใช้เป็นเครื่องแสดงความแตกต่างของสมรรถนะของเครื่องยนต์แบบเดียวกันแต่ใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันได้เช่นเดียวกัน ในการศึกษานี้ เครื่องยนต์จะเป็นเหมือนเครื่องมือชิ้นหนึ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันที่แตกต่างกัน ตัวแปรสามตัวถูกนำมาใช้ในการสร้างกราฟ Performance Map ในการทดสอบนี้ได้แก่ คือ

- bsfc, Break Specific Fuel Consumption, g/kW-hr
- แรงบิด, Nm.
- ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rev/min (RPM)

Test Matrix ที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการทดสอบจะประกอบไปด้วยเมตริกซ์ขนาดไม่น้อยกว่า 10x10 โดยแบ่งโหลดออกไม่น้อยกว่าสิบจุด และแบ่งความเร็วรอบออกไม่น้อยกว่าสิบจุด จากนั้นค่าสมรรถนะที่วัดได้จะถูกนำมาสร้างเป็น Performance Map ของเครื่องยนต์

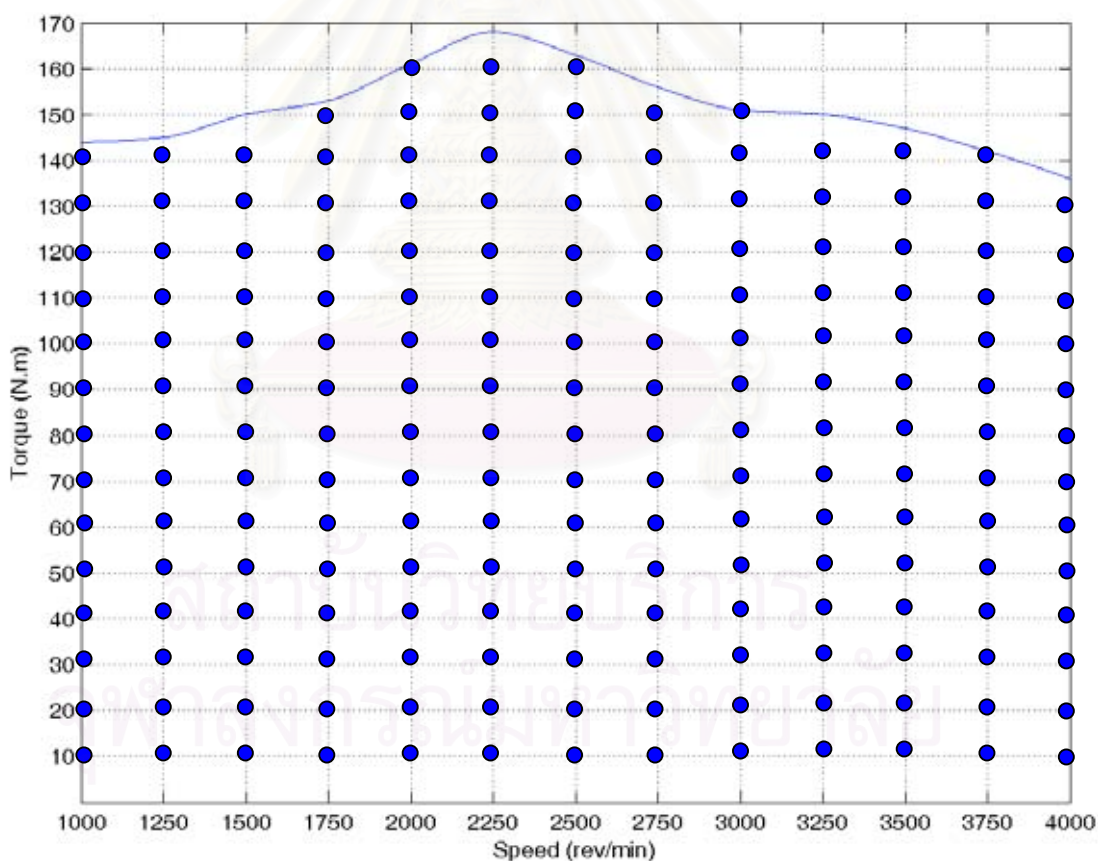
สำหรับการทดสอบนี้ จะทดสอบโหลดตั้งแต่ 10 Nm เพิ่มโหลดทีละ 10 Nm จนถึงโหลดสูงสุด ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่โดยเริ่มตั้งแต่ 1000 rev/min และเพิ่มความเร็วรอบทีละ

250 rev/min จนถึง 4000 rev/min ยกเว้นที่ 3000 rev/min จะเปลี่ยนไปทดสอบที่ 3030 rev/min แทน เนื่องจากว่าจุดนั้นเป็นจุดที่ไดนาโมมิเตอร์ไม่สามารถควบคุมให้เครื่องยนต์เดินคงที่ได้

ค่าต่างๆที่วัดได้จากการทดสอบทั้งหมด อาทิ อัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ, ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิของสภาวะที่ทดสอบ, อุณหภูมิไอเสีย ฯลฯ จะถูกนำมาคำนวณค่า bsfc และ ค่า equivalent ratio ซึ่งผ่านการ correct ค่าต่างๆ ให้ได้ตามมาตรฐาน ISO 3046 ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข

Performance map คือการนำกราฟ 3 มิติมาทำให้อยู่ในรูป 2 มิติ (contour) โดยมีแกน x คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ แกน y คือแรงบิด และแกน z คือ bsfc หรือ equivalent ratio หรือ อุณหภูมิไอเสีย

จุดทดสอบที่ใช้ในการทำ performance map เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเชื้อเพลิงดีเซลและดีเซลไฮดรอลิก แสดงได้ดังรูปที่ 4-18



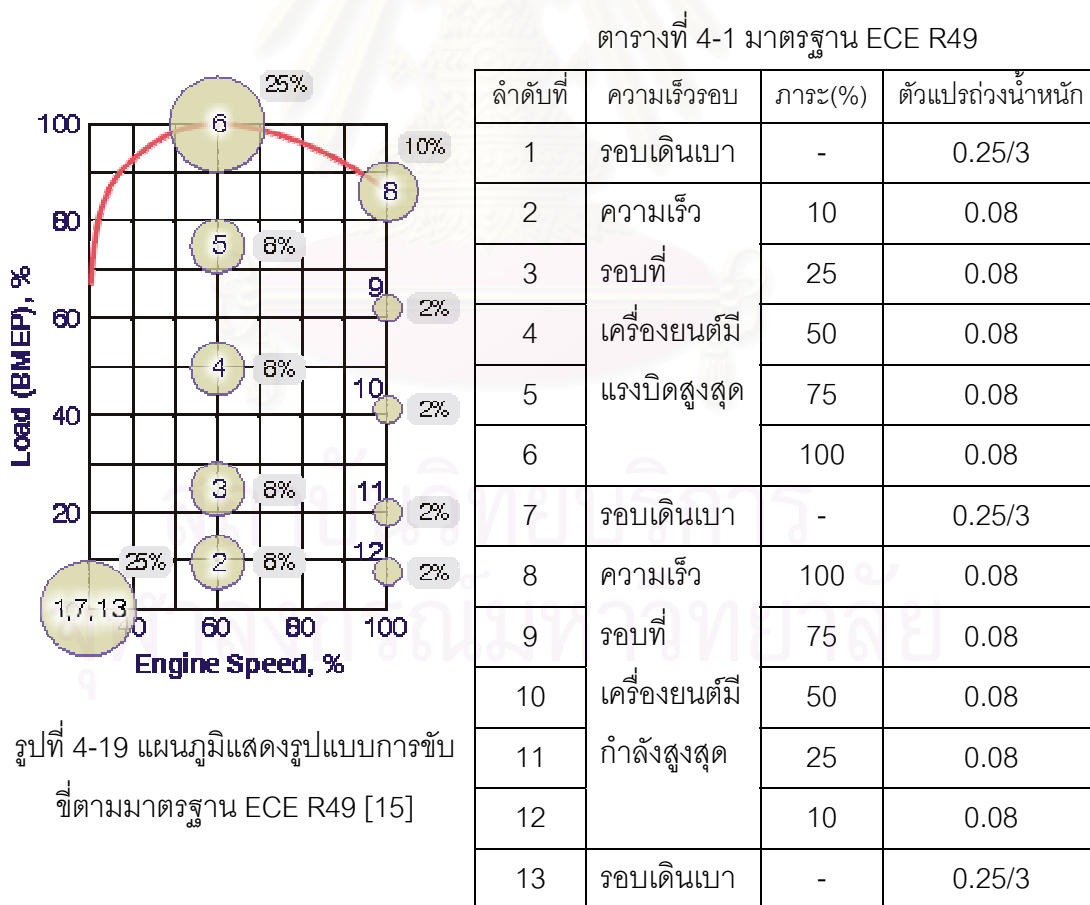
รูปที่ 4-18 แสดงจุดทดสอบเพื่อทำ Performance map

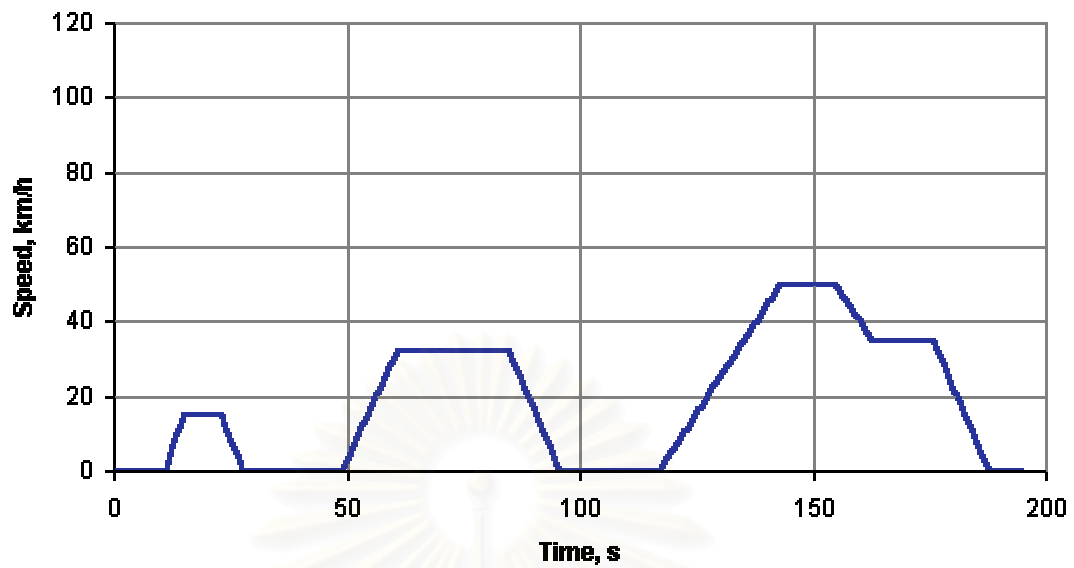
### 4.8 การเลือกจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้

การเลือกจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้อ้างอิงจาก

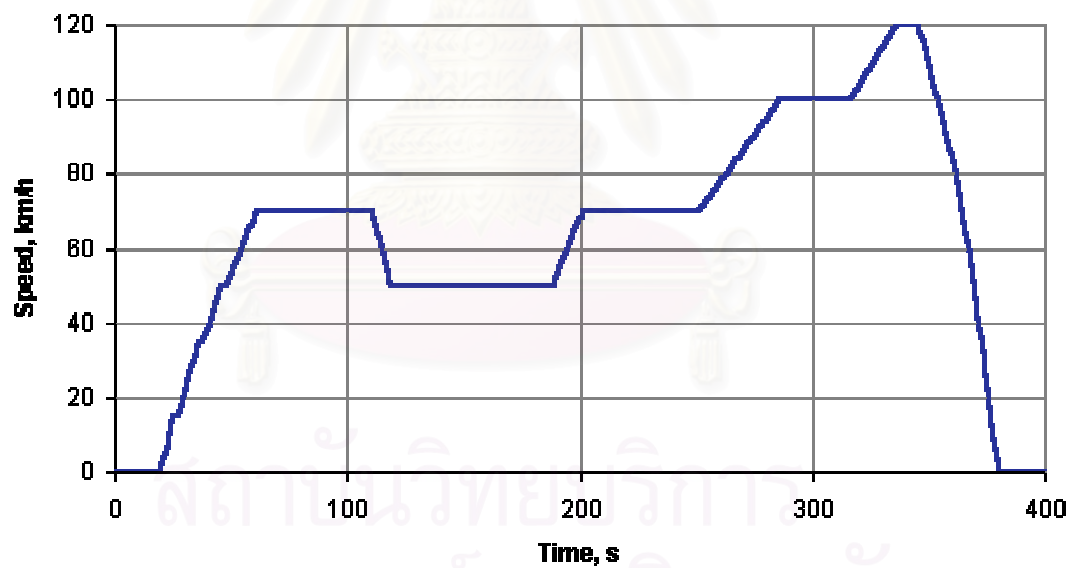
- รูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน ECE 15 + EUDC ซึ่งเป็นรูปแบบการขับขี่ของรถบรรทุกขนาดเล็ก (Light duty vehicle) สำหรับการทดสอบมลพิษ ในยุโรป
- รูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน ECE R49 ซึ่งคือ 13-mode steady state diesel engine test cycle สำหรับการทดสอบมลพิษในยุโรป
- จุดที่เกิดแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ
- จุดเทียบเท่ากับการขับขี่รถบรรทุกขนาดเล็กที่ความเร็วคงที่สำหรับเกียร์ 4 และ 5

การขับขี่ตามมาตรฐาน ECE R49 ได้แสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 19 และตารางที่ 4-1 ส่วนการขับขี่ตามมาตรฐาน ECE 15 + EUDC หมายความว่าขับขี่ตามมาตรฐาน ECE 4 รอบ แล้วตามด้วย EUDC อีก 1 รอบ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4-20 และ 4-21 โดยที่จุดทดสอบที่จะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้จะได้จากการคำนวณที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ย้อนกลับมาเป็นจุดทำงานของเครื่องยนต์โดยระบุด้วยความเร็วรอบของเครื่องยนต์และแรงบิด



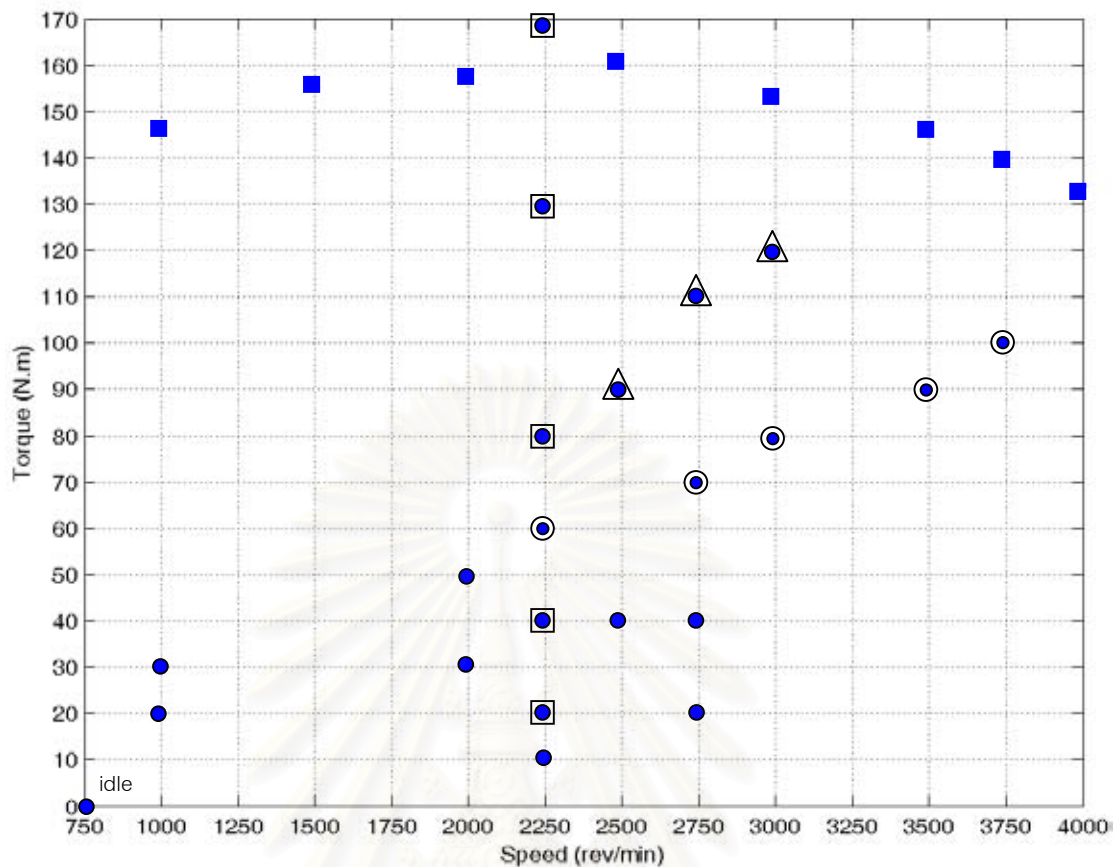


รูปที่ 4-20 แผนภูมิแสดงรูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน ECE 15 [16]



รูปที่ 4-21 แผนภูมิแสดงรูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐาน EUDC [16]

สุดท้ายจะได้จุดทดสอบทั้งหมดสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้ ดังรูปที่ 4-22 ซึ่งสรุปแจกแจงรายละเอียดของจุดทดสอบได้ดังตารางที่ 4-2



- ECE R49                      ■ Full Load                      ⊙ 4<sup>th</sup> Gear constant km/h
- ECE 15 + EUDC                      ▲ 5<sup>th</sup> Gear constant km/h

รูปที่ 4-22 แสดงจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้

ตารางที่ 4-2 การแจกแจงจุดทดสอบสำหรับการวัดความดันในห้องเผาไหม้

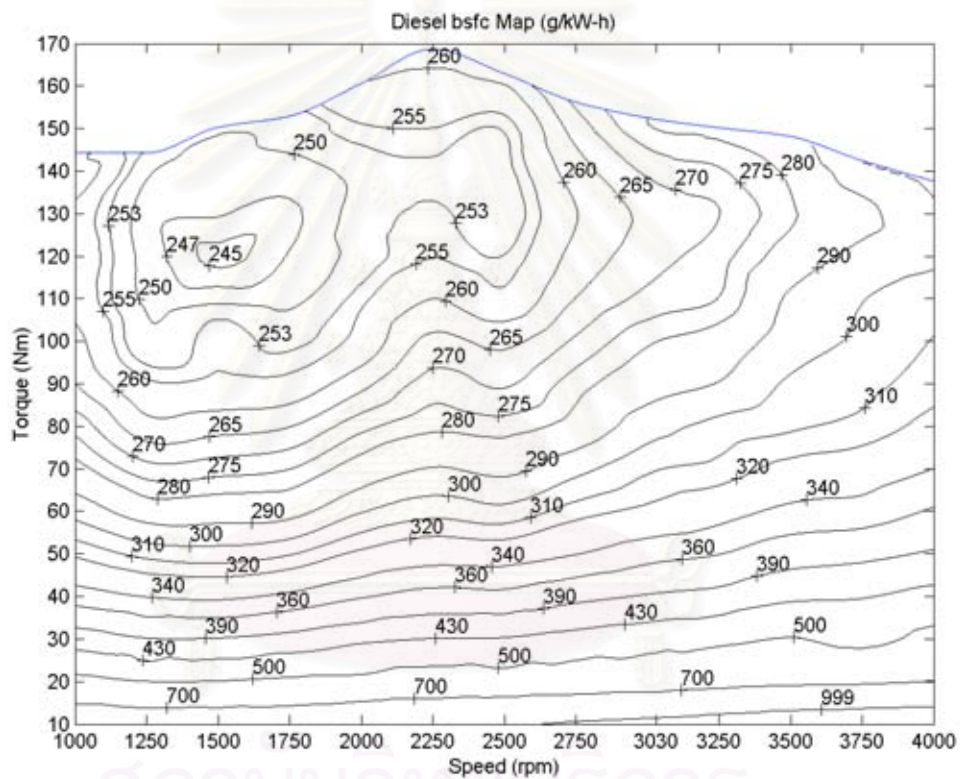
| Description  | Speed (rev/min) | Torque (Nm) | Description        | Speed (rev/min) | Torque (Nm) | Description        | Speed (rev/min) | Torque (Nm) |
|--|-----------------|-------------|--------------------|-----------------|-------------|--------------------|-----------------|-------------|
| 60 km/h(4)   | 2250            | 61          | Idle               | 761             | 0           | ECE 15, R49        | 2250            | 20          |
| 70 km/h(4)   | 2750            | 70          | ECE 15             | 1000            | 20          | ECE R49            | 2250            | 40          |
| 80 km/h(4)   | 3000            | 82          |                    | 1000            | 30          | ECE R49            | 2250            | 80          |
| 90 km/h(4)   | 3500            | 90          | 35 km/h(3)ECE 15   | 2000            | 30          | ECE R49            | 2250            | 130         |
| 100 km/h(4)  | 3750            | 100         | ECE 15             | 2000            | 50          | ECE R49            | 2250            | Full        |
| 80 km/h(5)   | 2500            | 90          | 15 km/h(1), [8]    | 2250            | 10          | 50 km/h(3), ECE 15 | 2750            | 40          |
| 90 km/h(5)   | 2750            | 111         | ECE 15             | 2500            | 40          | ( ) is gear number |                 |             |
| 100 km/h(5)  | 3000            | 120         | 32 km/h(2), ECE 15 | 2750            | 20          |                    |                 |             |
| Maximum torque at 1000, 1500, 2000, 2250, 2500, 3000, 3500, 3750, 4000 rev/min |                 |             |                    |                 |             |                    |                 |             |

## บทที่ 5

### ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 5.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

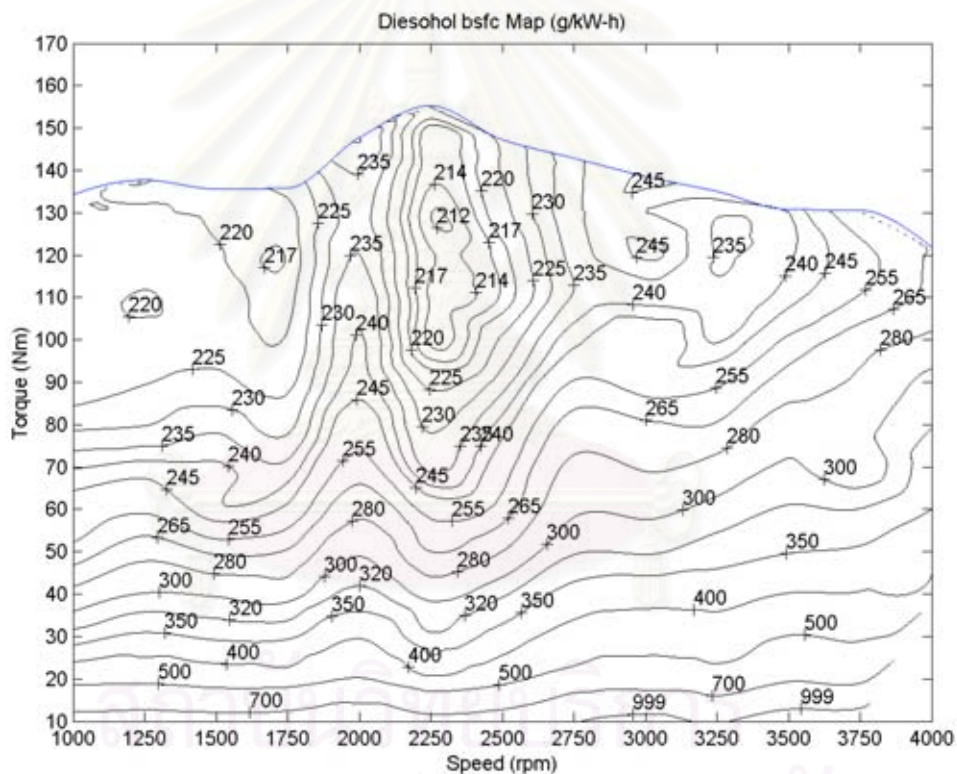
ผลการทำ Performance map จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ แสดงได้ดังรูปที่ 5-1 และ 5-2 ตามลำดับ



รูปที่ 5-1 Performance map ของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล

จากรูปที่ 5-1 แสดง performance map ของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล พบว่าจุดที่เครื่องยนต์มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 245 g/kW-h เกิดที่ 1500 rev/min, 120 N.m ค่า bsfc จะเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุดเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นโดยที่ภาระคงตัว ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ friction mep แต่ส่วนหนึ่งจะถูกชดเชยโดยผลของการลดความสำคัญของการสูญเสียความร้อนต่อวัฏจักรที่มีต่อ

ประสิทธิภาพ เมื่อภาระลดลงที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ค่า bsfc จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่ประสิทธิภาพเชิงกลลดลง ส่วนหนึ่งจะถูกชดเชยโดยประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานบ่งชี้ (indicated fuel conversion efficiency) ที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศ (fuel/air equivalent ratio) ลดลง เมื่อภาระเพิ่มขึ้นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ค่า bsfc จะเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุดเล็กน้อย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพเชิงกลและการลดลงของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานบ่งชี้ และเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลงที่ภาระคงที่ ค่า bsfc จะเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุดไม่มากนัก ทั้งนี้เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพเชิงกลและการลดลงของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานบ่งชี้เนื่องจากการเพิ่มความสำคัญของของการสูญเสียความร้อน



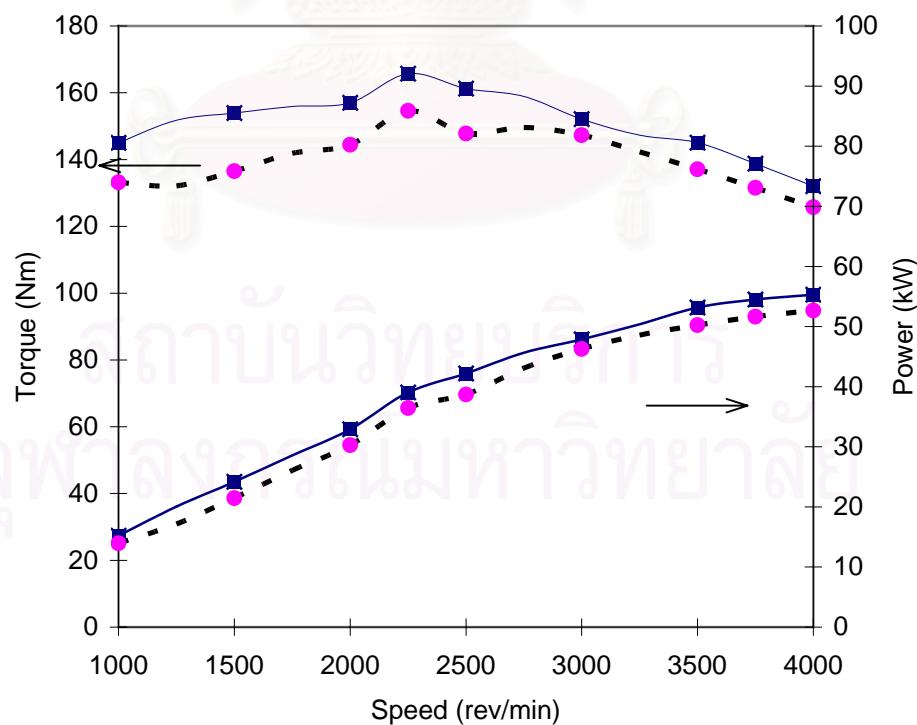
รูปที่ 5-2 Performance map ของอัตราคาร์ดินเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล

จากการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอลซึ่งต้องเดินเครื่องยนต์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานพบว่าเนื่องจากอุณหภูมิการกลายเป็นไอที่ต่ำกว่าดีเซลของเอทานอล ในระบบเชื้อเพลิงมีการเกิดฟองก๊าซขวางการไหลของเชื้อเพลิง (vapor lock) ดังนั้นการวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงจึงเสมือนว่าจะไหลได้น้อยกว่าเมื่อไม่เกิด vapor lock ดังนั้นการเปรียบเทียบ



performance map ของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (bsfc) จากการทดสอบเครื่องยนต์ CI โดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ที่ความเร็วคงที่และแรงบิดคงที่ ที่จุดทำงานต่างๆ พบว่าโดยรวมอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล์ประหยัดกว่าเชื้อเพลิงดีเซล แต่ในความเป็นจริงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดควรได้จากการทดสอบขณะที่ไม่เกิด vapor lock ดังนั้นสำหรับการเปรียบเทียบผลในด้านความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะใช้ผลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการทดสอบการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เนื่องจากการเดินเครื่องในขณะเก็บข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้เป็นการเดินเครื่องในระยะเวลาสั้น ดังนั้นจะสามารถหลีกเลี่ยงการเกิด vapor lock ได้ ซึ่งผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของดีเซลและดีโซฮอล์แสดงได้ดังตารางที่ 5-1 และพิจารณาเปรียบเทียบ full load curve ของเครื่องยนต์สำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 5-3

จากรูปที่ 5-3 พบว่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้งสองเกิดขึ้นที่ 2250 rev/min. เหมือนกัน โดยที่เครื่องยนต์ดีเซลมีแรงบิดสูงสุด 168 N.m และเครื่องยนต์ดีโซฮอล์มีแรงบิดสูงสุด 156 N.m เนื่องจากดีโซฮอล์มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต่ำ ดังนั้นแรงบิดสูงสุดและกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จะลดลงเมื่อใช้ดีโซฮอล์ และความแตกต่างจะมีมากขึ้นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำลง



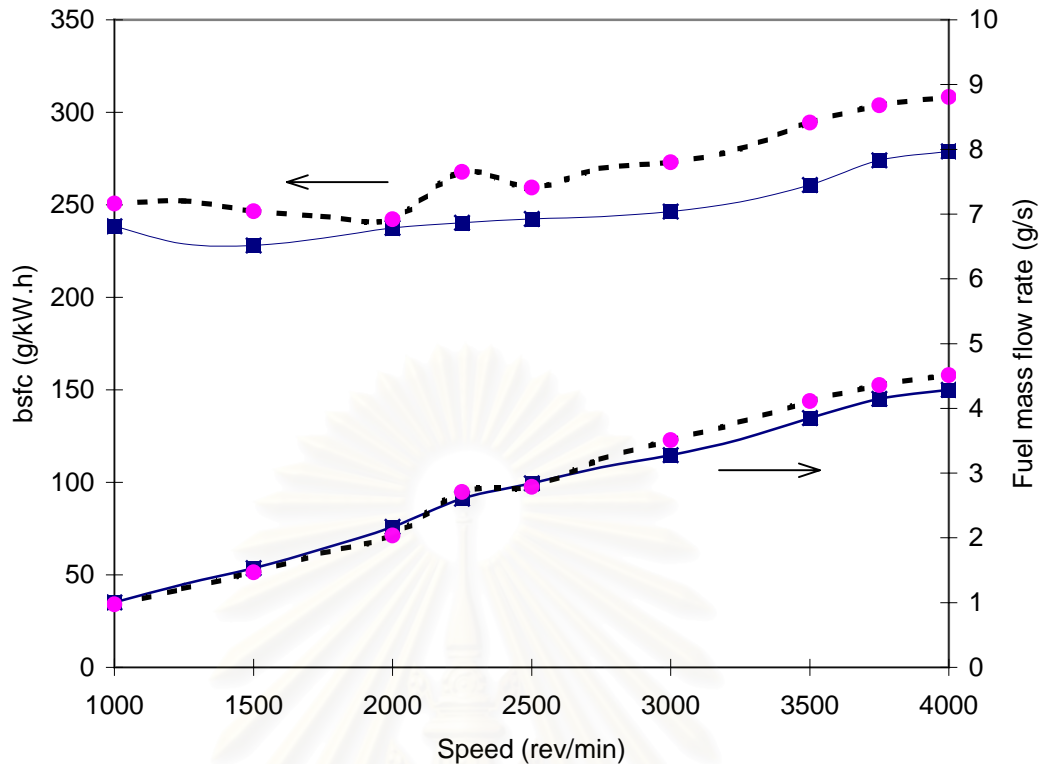
รูปที่ 5-3 Full load curve ของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีเซลและดีโซฮอล์  
(เส้นทึบแสดงดีเซล และเส้นประแสดงดีโซฮอล์)

ตารางที่ 5-1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะของดีเซลและดีโซฮอล์

| Speed<br>(rev/min) | Torque<br>(N.m)                     | bsfc (g/kW.h) |          | difference<br>of bsfc | % of<br>difference |
|--------------------|-------------------------------------|---------------|----------|-----------------------|--------------------|
|                    |                                     | Diesel        | Diesohol |                       |                    |
| 1000               | 20                                  | 480.5         | 506.8    | 26.2                  | 5.5                |
| 1000               | 30                                  | 375.7         | 408.7    | 33.0                  | 8.8                |
| 1000               | 147 <sup>1</sup> / 135 <sup>2</sup> | 238.3         | 250.8    | 12.4                  | 5.2                |
| 1500               | 157 <sup>1</sup> / 138 <sup>2</sup> | 228.0         | 246.5    | 18.4                  | 8.1                |
| 2000               | 30                                  | 392.7         | 399.4    | 6.7                   | 1.7                |
| 2000               | 50                                  | 300.5         | 312.9    | 12.4                  | 4.1                |
| 2000               | 159 <sup>1</sup> / 145 <sup>2</sup> | 237.5         | 242.3    | 4.7                   | 2.0                |
| 2250               | 10                                  | 897.5         | 971.0    | 73.5                  | 8.2                |
| 2250               | 20                                  | 506.5         | 566.6    | 60.1                  | 11.9               |
| 2250               | 40                                  | 335.8         | 371.7    | 35.9                  | 10.7               |
| 2250               | 61                                  | 275.7         | 310.7    | 34.9                  | 12.7               |
| 2250               | 80                                  | 253.8         | 284.7    | 30.9                  | 12.2               |
| 2250               | 130                                 | 230.7         | 260.0    | 29.3                  | 12.7               |
| 2250               | 168 <sup>1</sup> / 156 <sup>2</sup> | 240.4         | 267.8    | 27.5                  | 11.4               |
| 2500               | 40                                  | 348.5         | 359.2    | 10.7                  | 3.1                |
| 2500               | 90                                  | 252.8         | 271.4    | 18.6                  | 7.3                |
| 2500               | 163 <sup>1</sup> / 149 <sup>2</sup> | 242.4         | 259.3    | 16.8                  | 6.9                |
| 2750               | 20                                  | 553.5         | 578.2    | 24.7                  | 4.5                |
| 2750               | 40                                  | 353.2         | 373.5    | 20.3                  | 5.7                |
| 2750               | 70                                  | 274.0         | 300.9    | 26.9                  | 9.8                |
| 2750               | 111                                 | 239.8         | 260.2    | 20.4                  | 8.5                |
| 3000               | 82                                  | 254.8         | 303.2    | 48.3                  | 19.0               |
| 3000               | 120                                 | 233.9         | 274.3    | 40.3                  | 17.2               |
| 3005               | 154 <sup>1</sup> / 148 <sup>2</sup> | 246.4         | 273.1    | 26.7                  | 10.8               |
| 3500               | 90                                  | 266.9         | 302.9    | 36.0                  | 13.5               |
| 3500               | 147 <sup>1</sup> / 138 <sup>2</sup> | 260.7         | 294.5    | 33.8                  | 13.0               |
| 3750               | 100                                 | 268.9         | 298.5    | 29.7                  | 11.0               |
| 3750               | 140 <sup>1</sup> / 133 <sup>2</sup> | 274.0         | 303.9    | 29.8                  | 10.9               |
| 4000               | 134 <sup>1</sup> / 127 <sup>2</sup> | 278.9         | 308.3    | 29.4                  | 10.5               |

หมายเหตุ : ตัวยก 1 แสดงค่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีเซล

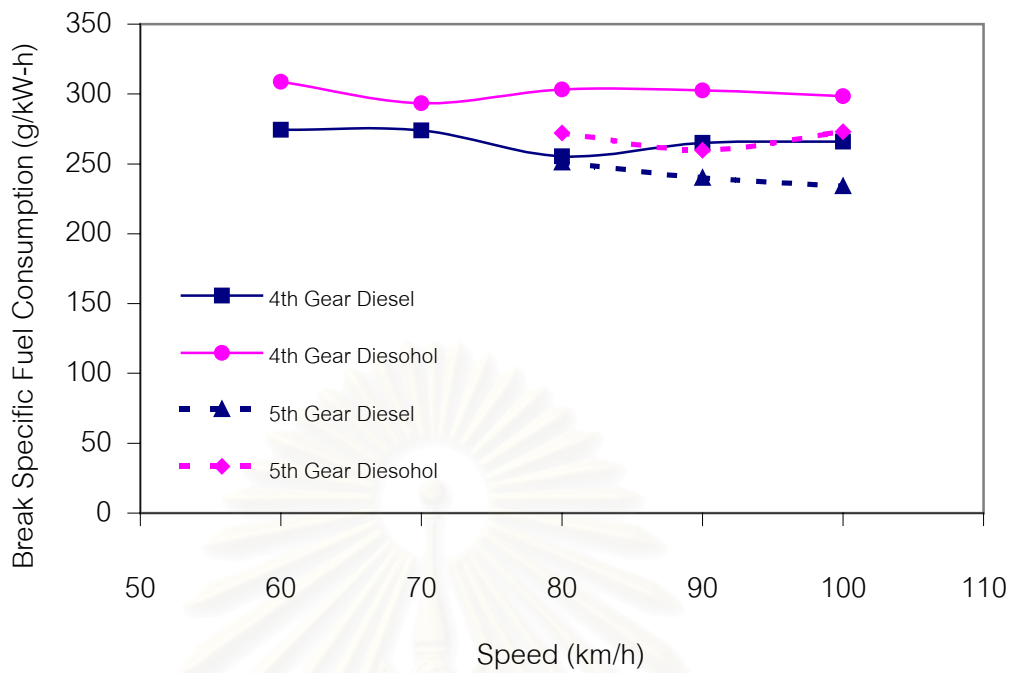
ตัวยก 2 แสดงค่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีโซฮอล์



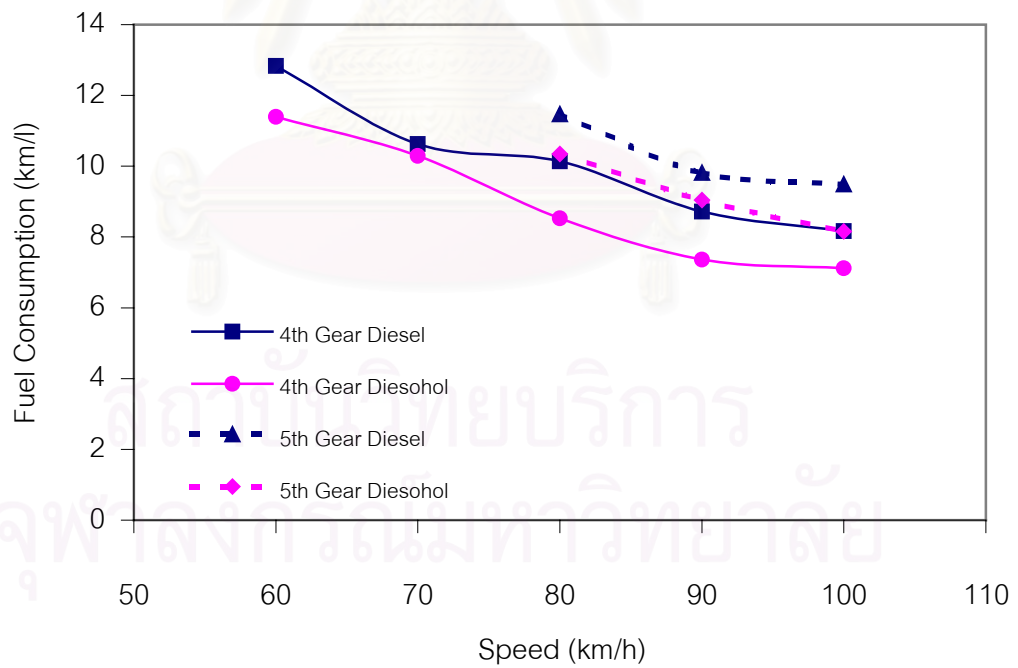
รูปที่ 5-4 bsfc และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์  
ที่ภาระเต็มที่ใช้ดีเซลและดีโซฮอลล์  
(เส้นทึบแสดงดีเซล และเส้นประแสดงดีโซฮอลล์)

จากตารางที่ 5-1 และรูปที่ 5-4 ค่า bsfc ของเครื่องยนต์ที่ภาระเต็มที่ใช้ดีโซฮอลล์จะเพิ่มขึ้น 2 ถึง 19% ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ นั้นหมายความว่าเครื่องยนต์จะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเพิ่มขึ้นเนื่องจากดีโซฮอลล์มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำกว่าดีเซล แต่เมื่อพิจารณาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในหน่วย g/s พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำดีเซลจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าดีโซฮอลล์เล็กน้อย แต่ที่ความเร็วรอบสูง ดีโซฮอลล์จะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล

การที่แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีโซฮอลล์ลดลงต่ำกว่าดีเซลมากขึ้นสำหรับความเร็วรอบต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเร็วรอบสูงนั้น เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5-4 จะพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำและภาระสูงสุดนั้น ดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าแม้ว่าจะมีตำแหน่งองศาคันเร่งเท่ากันก็ตาม และเมื่อคำนึงถึงว่าดีโซฮอลล์มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าดีเซล ดังนั้นแรงบิดสูงสุดของดีโซฮอลล์จึงลดลงต่ำกว่าดีเซลในสัดส่วนที่มากกว่าเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง



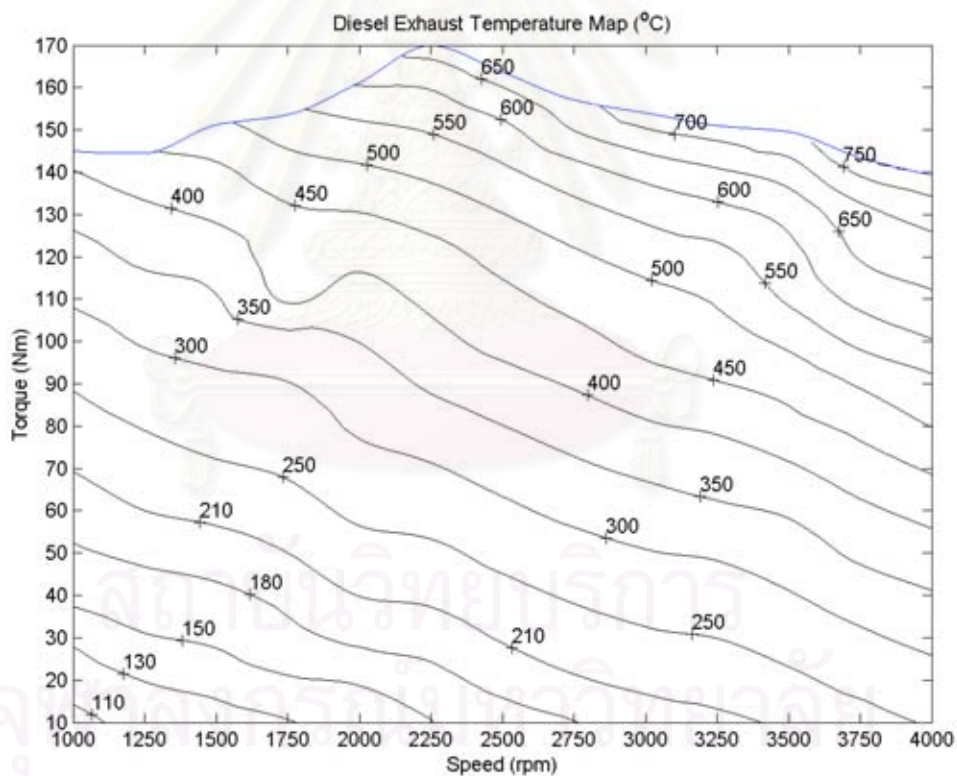
รูปที่ 5-5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่ความเร็วคงที่ของเกียร์ 4 และ 5



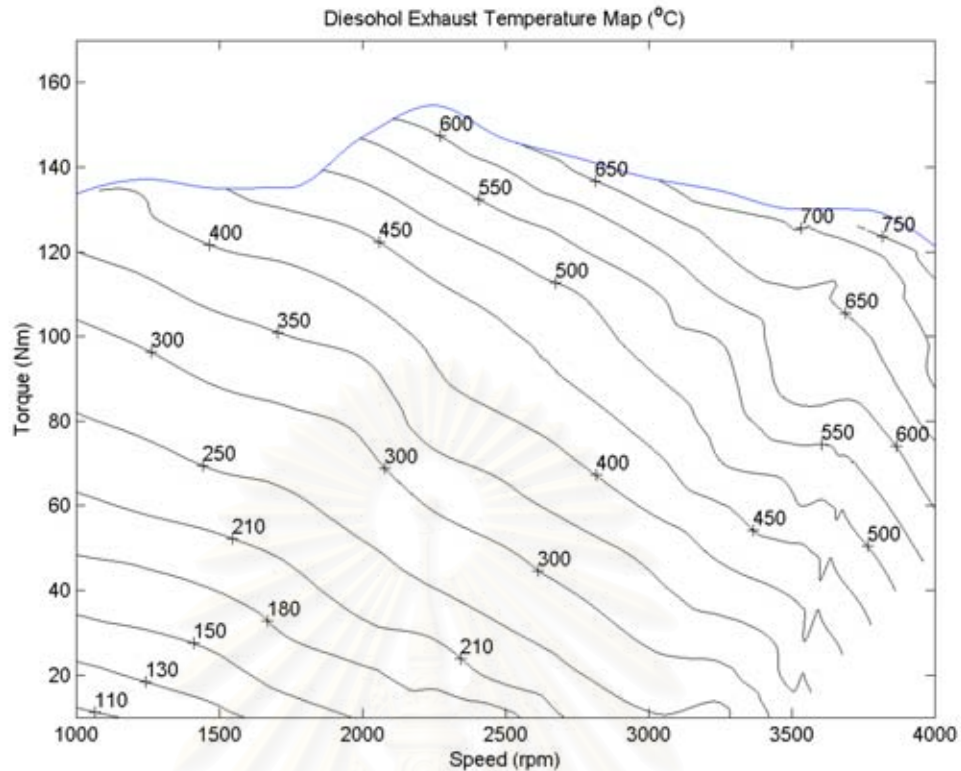
รูปที่ 5-6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ของเกียร์ 4 และ 5

จากรูปที่ 5-5 และ 5-6 เป็นกราฟแสดงเปรียบเทียบ bsfc และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการทำงานกับรอบรทุกขนาดเล็กรับเคลื่อนที่ความเร็วคงที่ของเกียร์ 4 และ 5 เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกทุกประมาณ 500 kg. ตามลำดับ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น bsfc มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองมีแนวโน้มมากขึ้น โดยจะพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลจะมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีโซล และมีทั้ง bsfc และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีโซลและเกียร์ 5 มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเกียร์ 4

รูปที่ 5-7 และ 5-8 แสดง map ของอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซลตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีโซลมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ดีเซลเล็กน้อย และความแตกต่างนี้จะมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงขึ้น



รูปที่ 5-7 Map ของอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล



รูปที่ 5-8 Map ของอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล

## 5.2 ผลการทดสอบการวัดความดันในห้องเผาไหม้

จากผลการวัดความดันในห้องเผาไหม้, ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด และองศาเพลลาข้อเหวี่ยง สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาอัตราการฉีดเชื้อเพลิงได้โดยใช้สมการ(2-13), อัตราการปล่อยความร้อนสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ(2-10), การปล่อยความร้อนสุทธิโดยสามารถหาได้จากสมการ(2-11) และสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ(2-12) ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดแสดงได้ดังรูปที่ 5-9 ถึง 5-38

จากรูปที่ 5-9(1) ถึง 5-38(1) ซึ่งแสดงความดันในห้องเผาไหม้ จะพบว่าโดยส่วนใหญ่ดีเซลจะมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมากกว่าดีโซลล์

จากรูปที่ 5-9(2) ถึง 5-38(2) ซึ่งแสดงความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด พบว่าดีเซลมีแนวโน้มจะสร้างความดันในการฉีดก่อนหน้าดีโซลล์เล็กน้อย

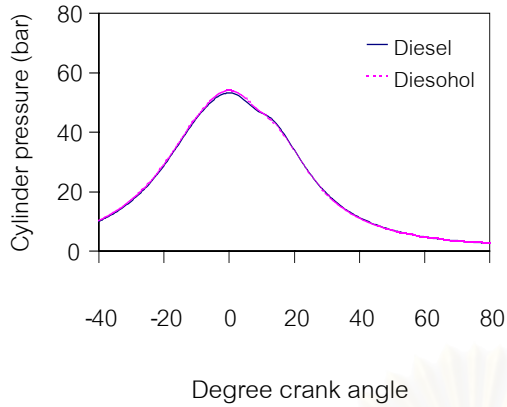
รูปที่ 5-9(3) ถึง 5-38(3) จะเป็นผลการคำนวณอัตราการฉีดเชื้อเพลิงซึ่งได้จากข้อมูลความดันในรูปที่ 5-9(1) ถึง 5-38(1) และ 5-9(2) ถึง 5-38(2) ซึ่งผลที่ได้พบว่าโดยส่วนใหญ่ดีเซลจะมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงก่อนดีโซลล์เล็กน้อย

รูปที่ 5-9(4) ถึง 5-38(4) แสดงอัตราการปล่อยความร้อน โดยจะพบว่าในช่วงต้นของกราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะเว้าลงไปเล็กน้อยสำหรับที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 2000 rev/min แต่ใน

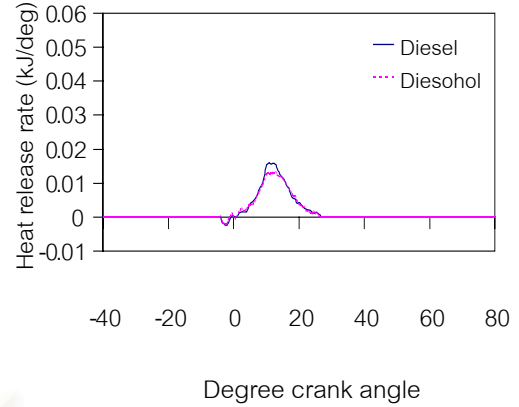
กรณีความเร็วรอบสูงกว่า 2000 rev/min นั้นจะไม่พบกราฟเว้าลงในช่วงต้น ซึ่งอาจเนื่องมาจาก residual gas ในห้องเผาไหม้นั้นมีอุณหภูมิและความร้อนสูงเมื่อเทียบกับการดูดความร้อนของเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงพบว่ากราฟเป็นค่าบวกตั้งแต่เริ่มต้น

นอกจากนี้อีกสิ่งหนึ่งที่พบจากกราฟอัตราการปล่อยความร้อนคือการเกิด peak ของกราฟอัตราการปล่อยความร้อน โดยที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 2000 rev/min นั้น กราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะมีค่า peak เพียงจุดเดียว เนื่องจากเมื่อพิจารณาประกอบกับกราฟอัตราการขีดเชื้อเพลิงดังรูปที่ 5-9(3) ถึง 5-11(3), 5-30(3) ถึง 5-31(3) และ 5-34(3) จะเห็นว่าการขีดเชื้อเพลิงจะมีการขีดเพียงลูกเดียวเท่านั้น กราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะมีค่า peak 2 จุด เนื่องจากเมื่อพิจารณาประกอบกับกราฟอัตราการขีดเชื้อเพลิงดังรูป 5-12(3) ถึง 5-33(3) และ 5-35(3) ถึง 5-38(3) จะพบว่ากราฟอัตราการขีดเชื้อเพลิงจะมี 2 ลูก โดยลูกที่สองจะมีปริมาณน้อยกว่าลูกแรก เมื่อหัวขีดได้ขีดเชื้อเพลิงลูกแรกไปแล้วนั้น เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้น กราฟอัตราการปล่อยความร้อนจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดแล้วจึงเริ่มลดลง การพุ่งสูงขึ้นอีกครั้งของกราฟอัตราการปล่อยความร้อนนั้นก็เกิดผลมาจากการขีดเชื้อเพลิงลูกที่สองนั่นเองที่ทำให้เพิ่มอัตราการเผาไหม้อีกครั้ง

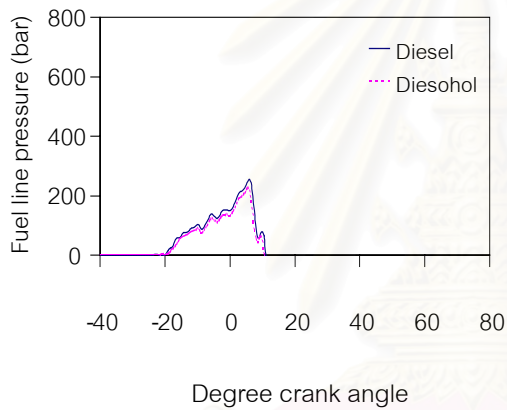
รูปที่ 5-9(5) ถึง 5-38(5) และรูปที่ 5-9(6) ถึง 5-38(6) เป็นผลต่อเนื่องของ รูปที่ 5-9(4) ถึง 5-38(4) ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์เปรียบเทียบต่างๆจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



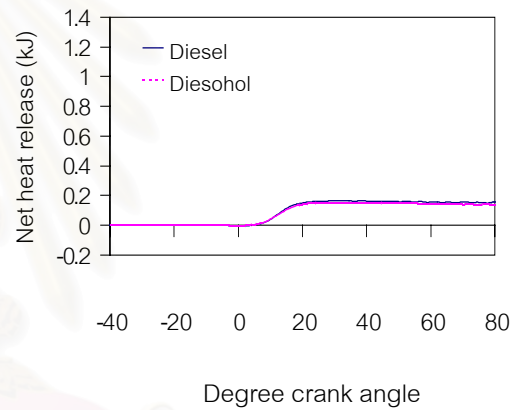
รูปที่ 5-9(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่รอบเดินเบา



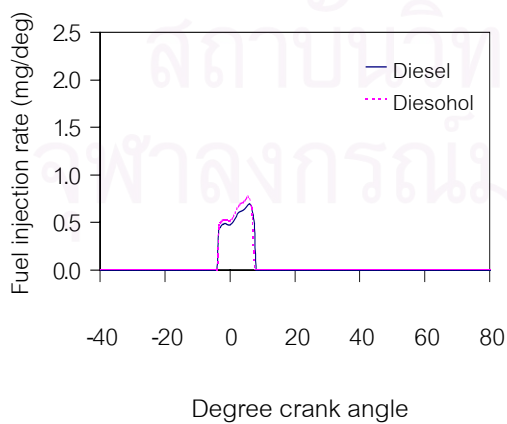
รูปที่ 5-9(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่รอบเดินเบา



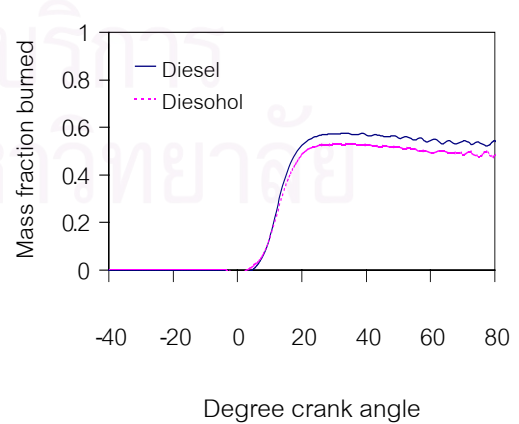
รูปที่ 5-9(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่รอบเดินเบา



รูปที่ 5-9(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่รอบเดินเบา

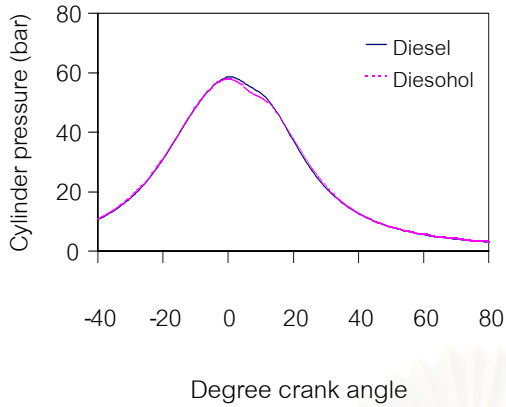


รูปที่ 5-9(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่รอบเดินเบา

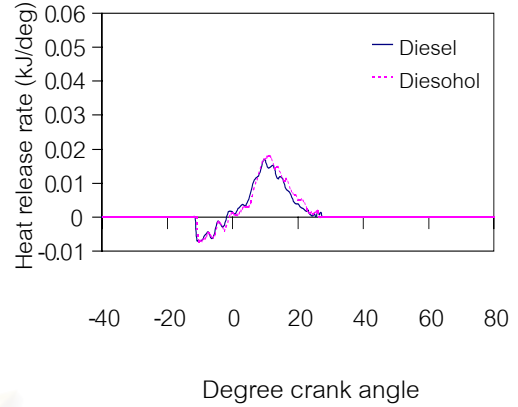


รูปที่ 5-9(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่รอบเดินเบา

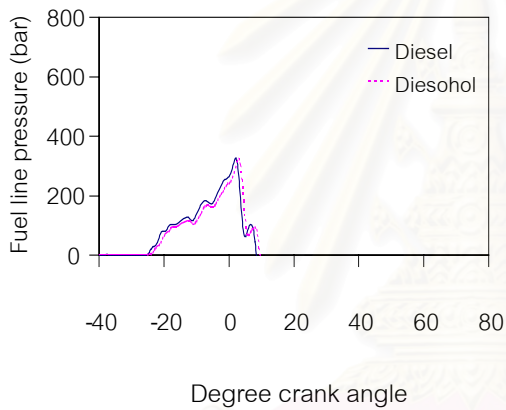




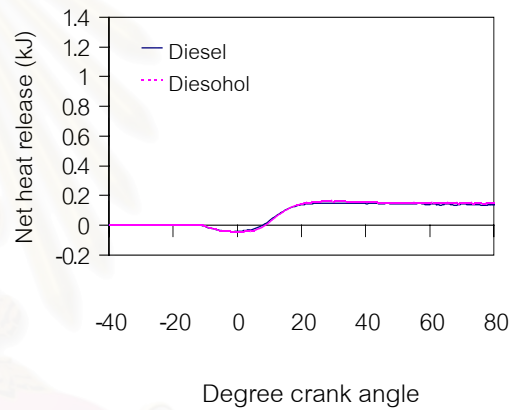
รูปที่ 5-10(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m



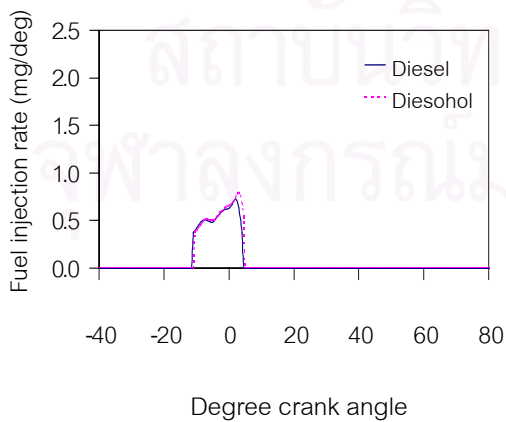
รูปที่ 5-10(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m



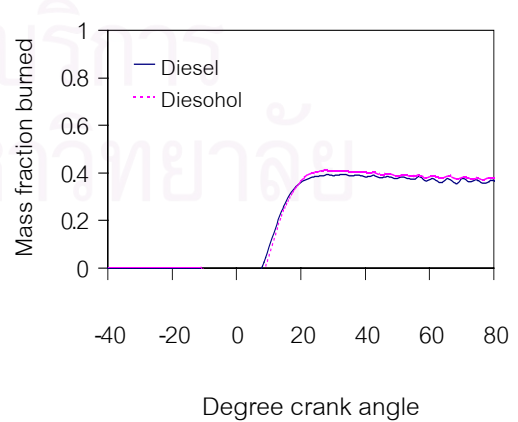
รูปที่ 5-10(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m



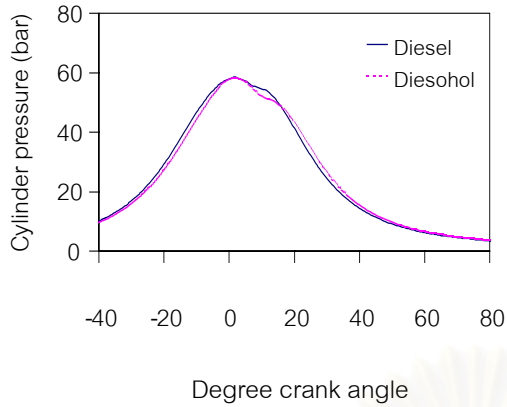
รูปที่ 5-10(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m



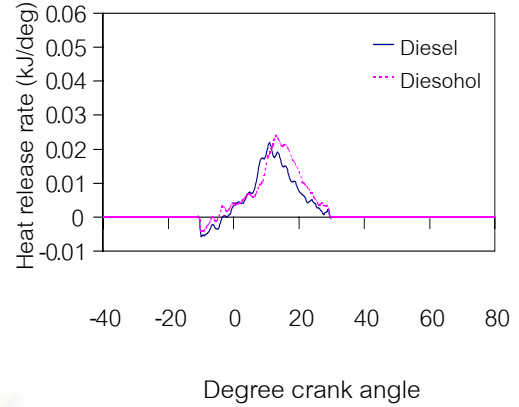
รูปที่ 5-10(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m



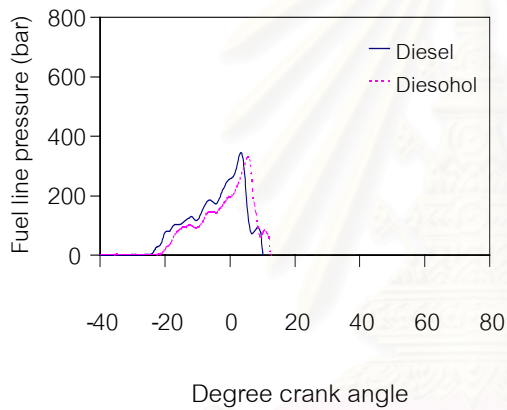
รูปที่ 5-10(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 20 N.m



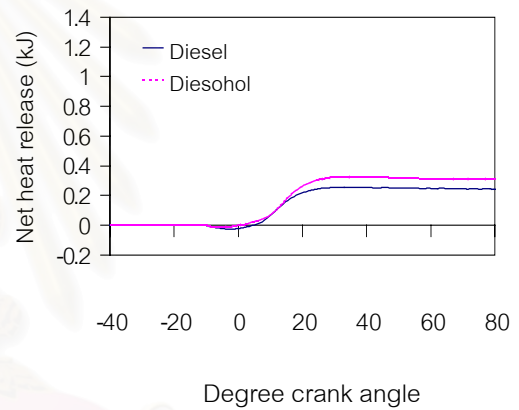
รูปที่ 5-11(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



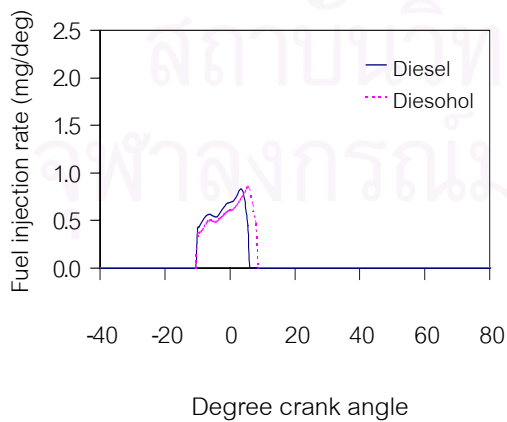
รูปที่ 5-11(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



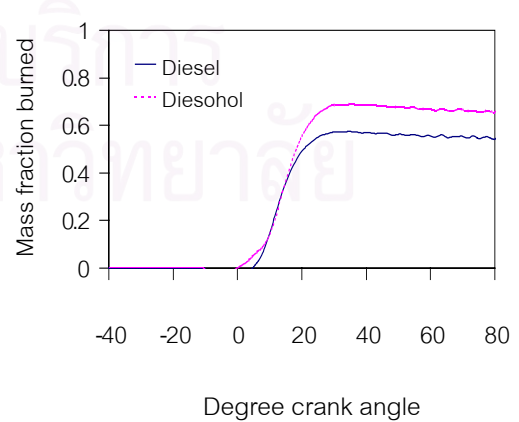
รูปที่ 5-11(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



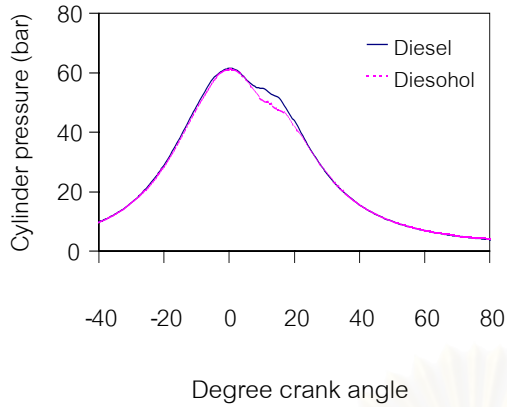
รูปที่ 5-11(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



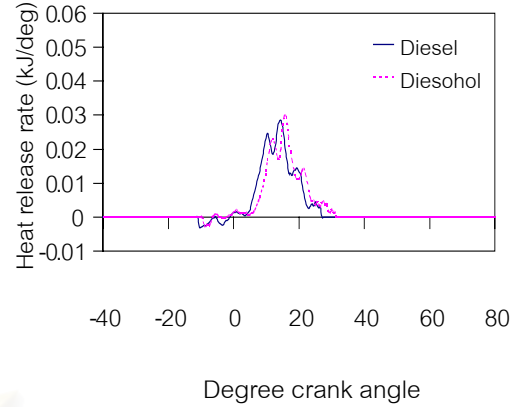
รูปที่ 5-11(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



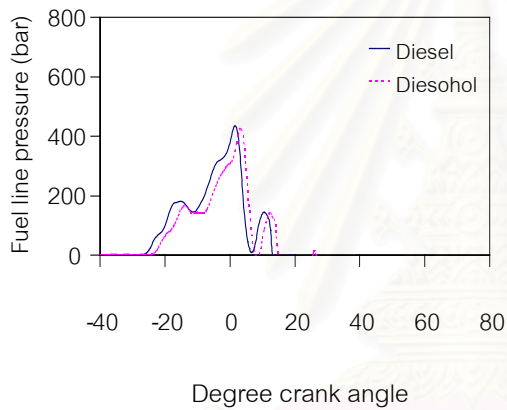
รูปที่ 5-11(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 1000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



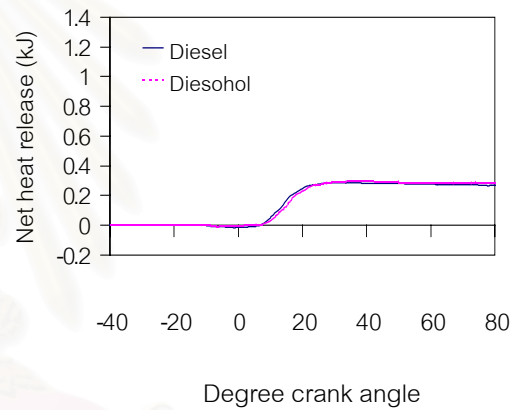
รูปที่ 5-12(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



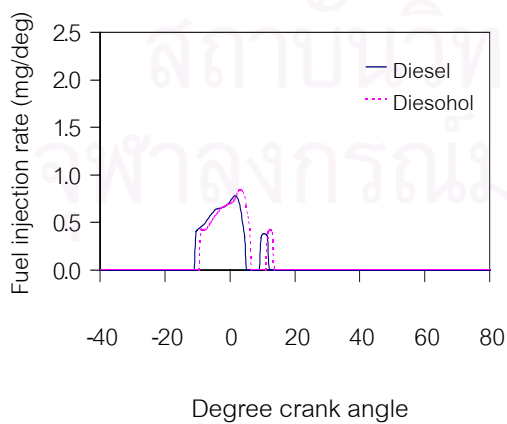
รูปที่ 5-12(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



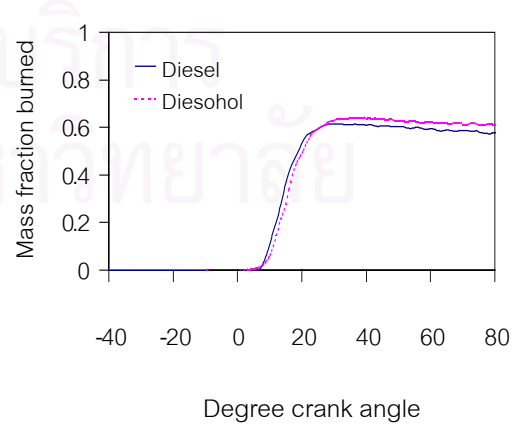
รูปที่ 5-12(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



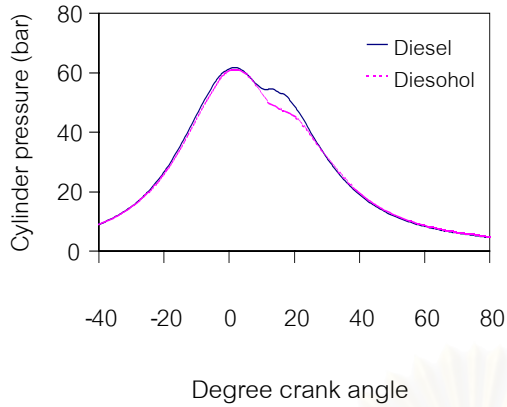
รูปที่ 5-12(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



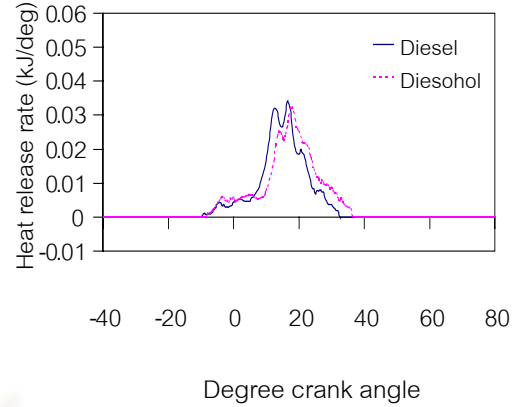
รูปที่ 5-12(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



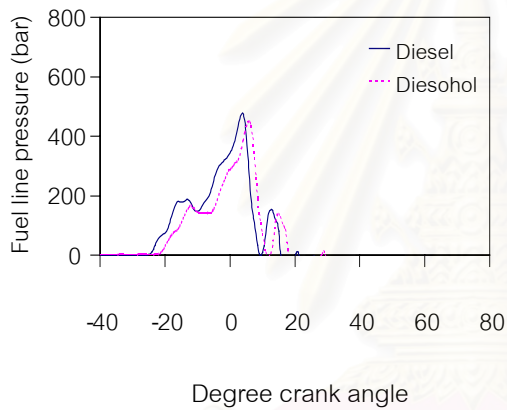
รูปที่ 5-12(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 30 N.m



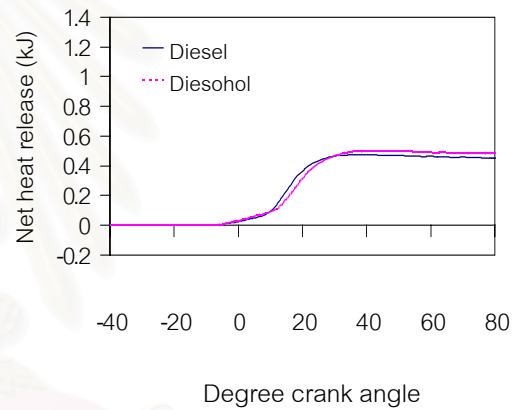
รูปที่ 5-13(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 50 N.m



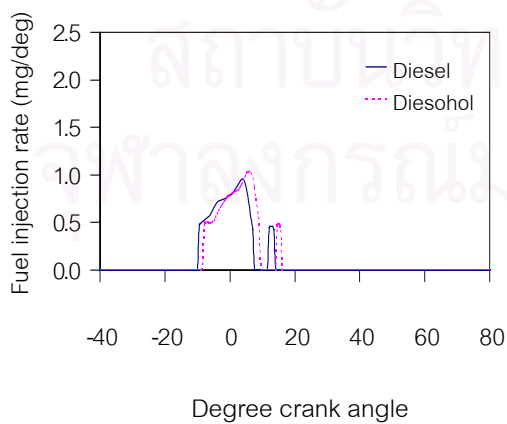
รูปที่ 5-13(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 50 N.m



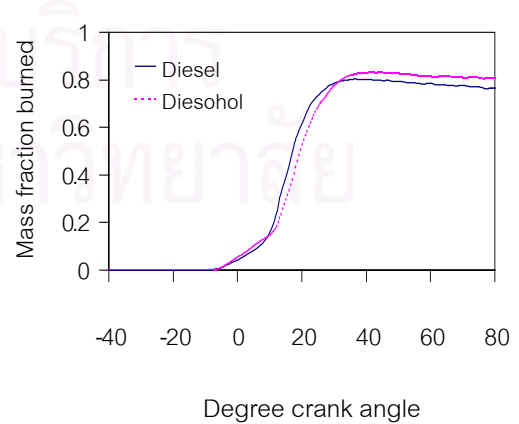
รูปที่ 5-13(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 50 N.m



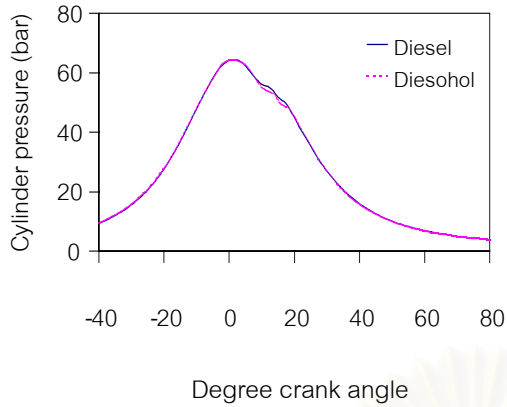
รูปที่ 5-13(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 50 N.m



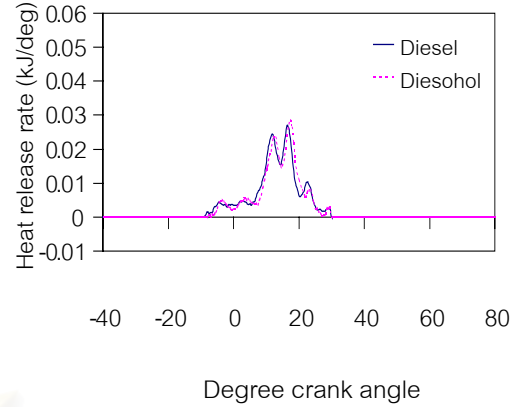
รูปที่ 5-13(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 50 N.m



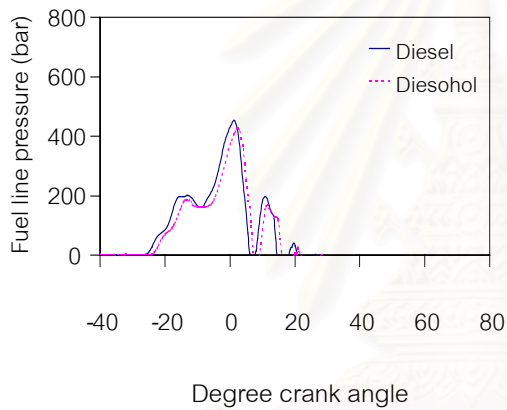
รูปที่ 5-13(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2000 rev/min, แรงบิด 50 N.m



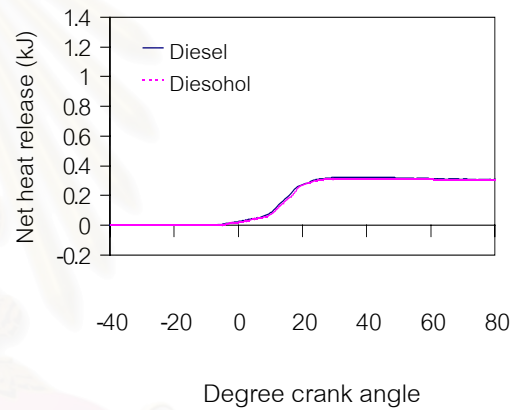
รูปที่ 5-14(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 10 N.m



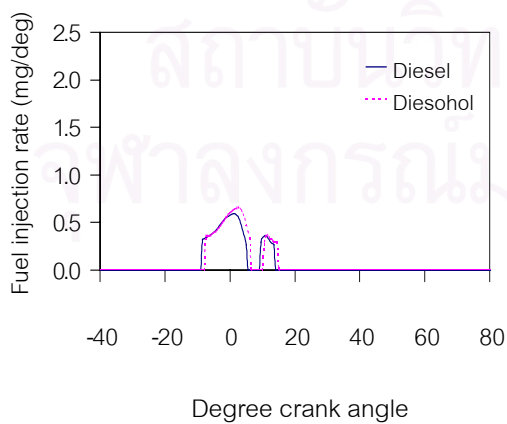
รูปที่ 5-14(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 10 N.m



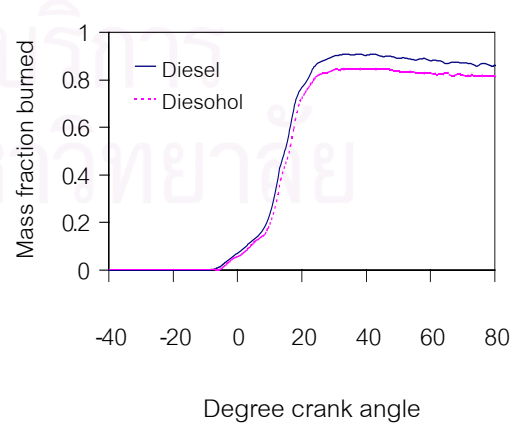
รูปที่ 5-14(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 10 N.m



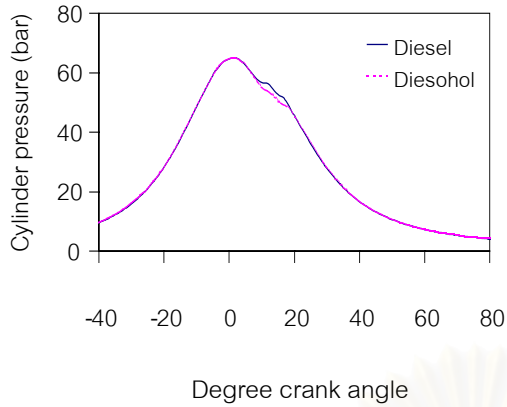
รูปที่ 5-14(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 10 N.m



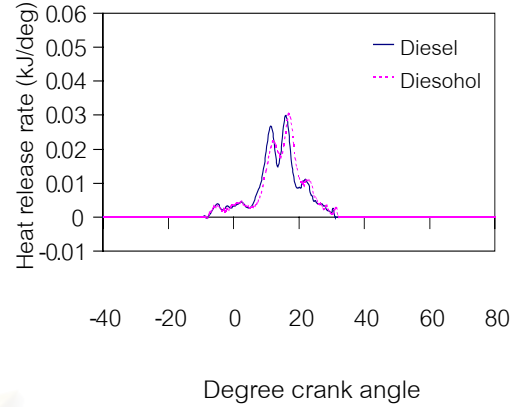
รูปที่ 5-14(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 10 N.m



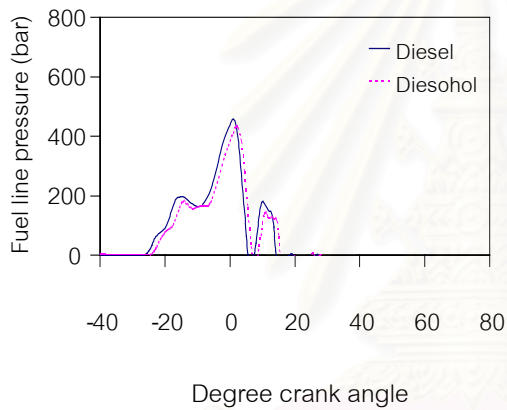
รูปที่ 5-14(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 10 N.m



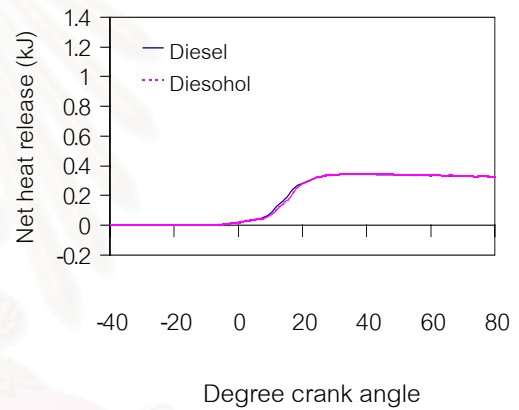
รูปที่ 5-15(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m



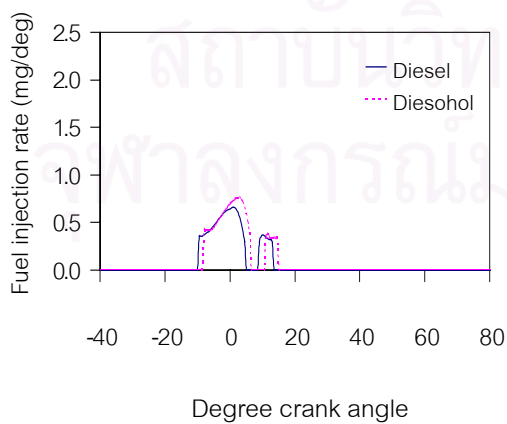
รูปที่ 5-15(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m



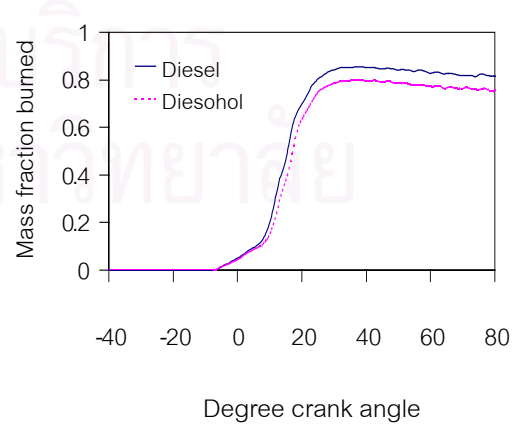
รูปที่ 5-15(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m



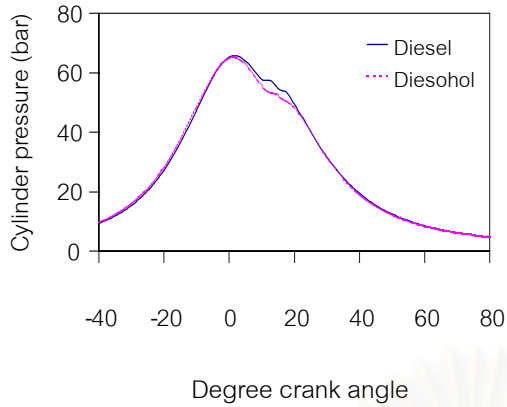
รูปที่ 5-15(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m



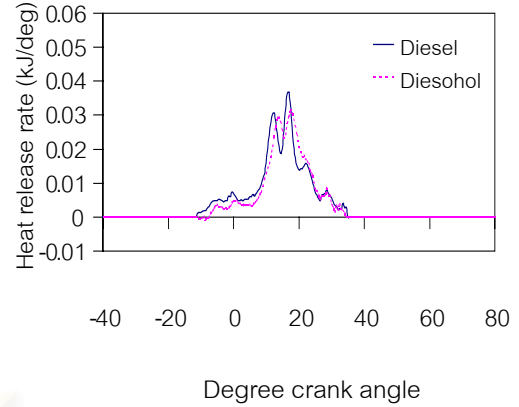
รูปที่ 5-15(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m



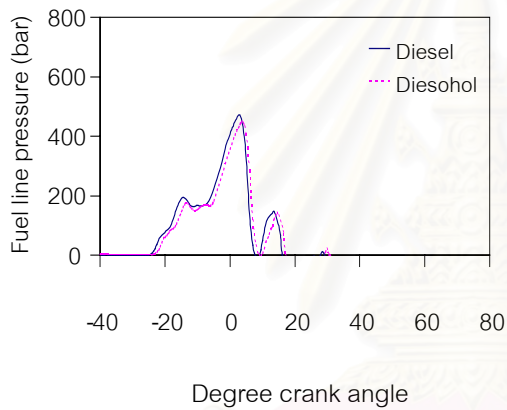
รูปที่ 5-15(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 20 N.m



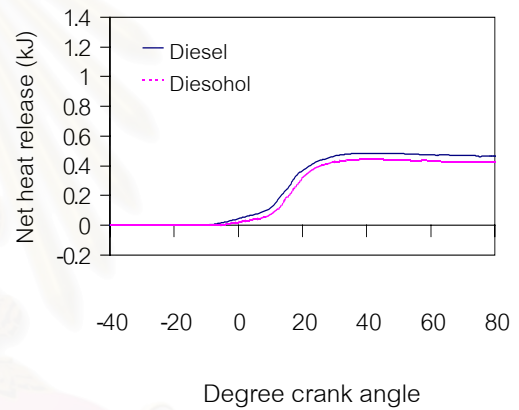
รูปที่ 5-16(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m



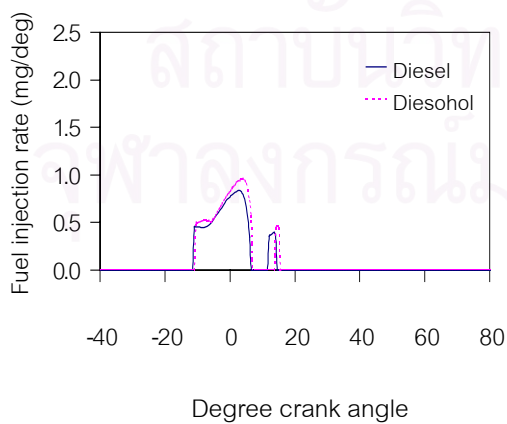
รูปที่ 5-16(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m



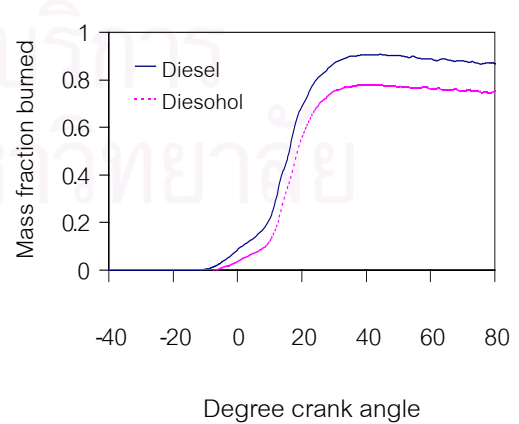
รูปที่ 5-16(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m



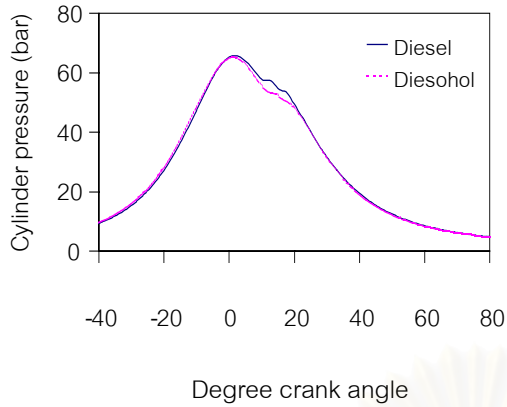
รูปที่ 5-16(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m



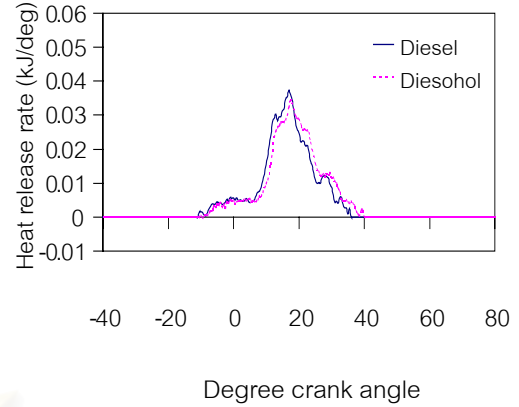
รูปที่ 5-16(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m



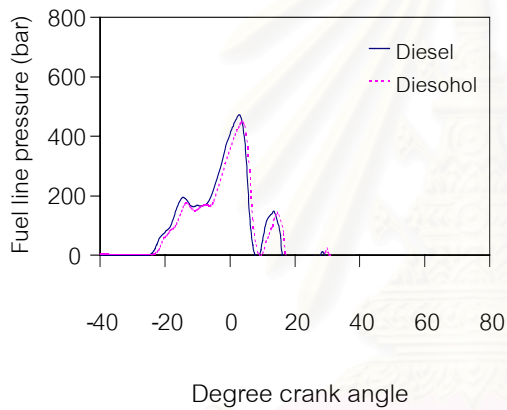
รูปที่ 5-16(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 40 N.m



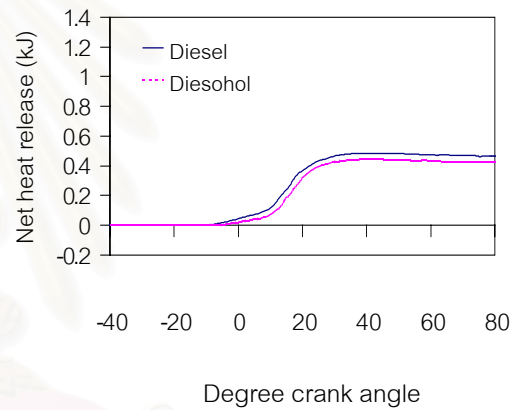
รูปที่ 5-17(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m



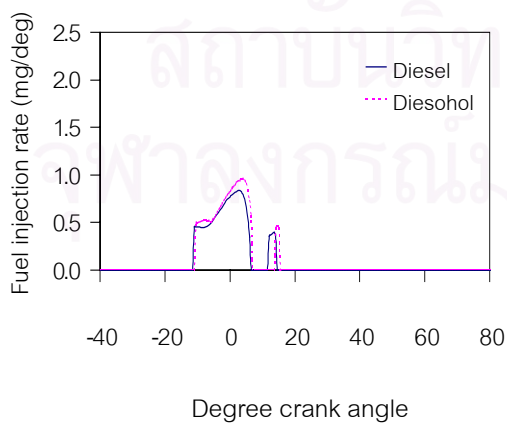
รูปที่ 5-17(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m



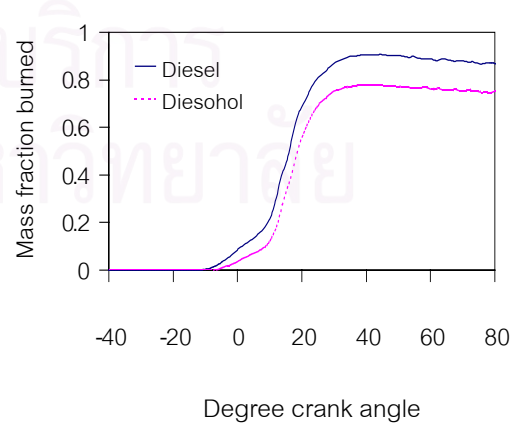
รูปที่ 5-17(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m



รูปที่ 5-17(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m

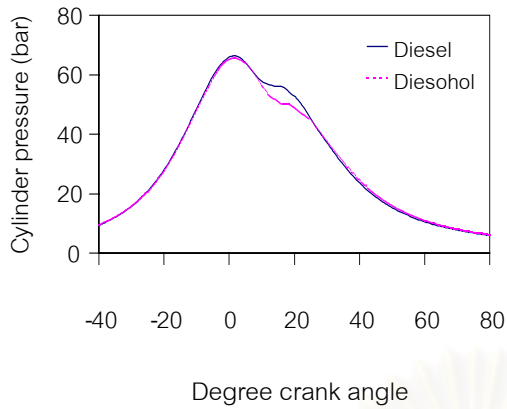


รูปที่ 5-17(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m

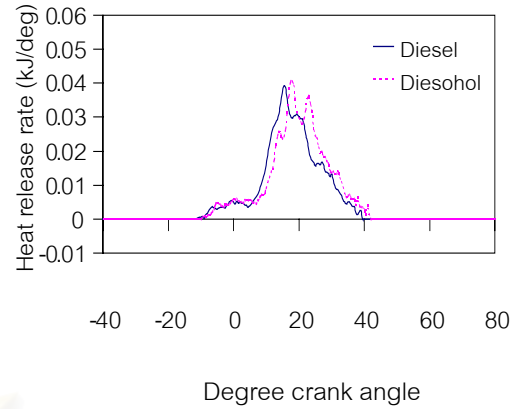


รูปที่ 5-17(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 60 N.m

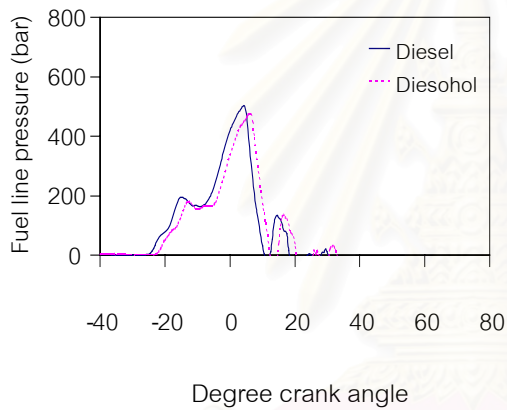




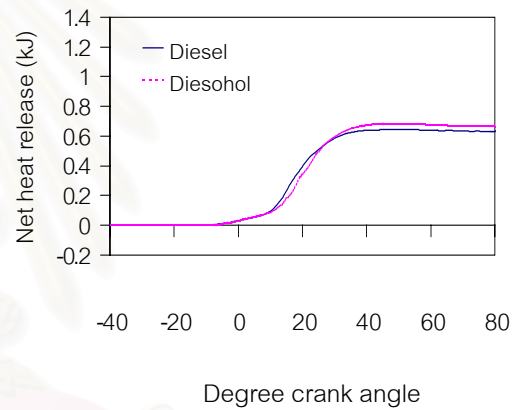
รูปที่ 5-18(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m



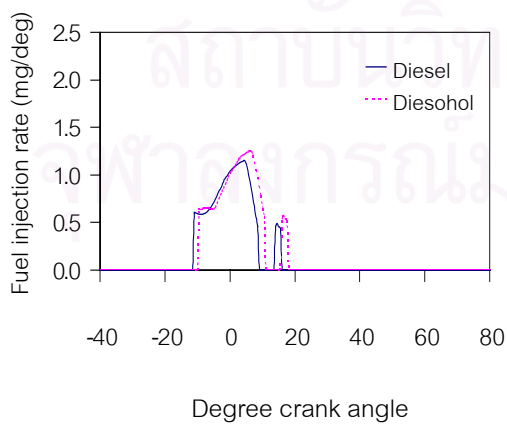
รูปที่ 5-18(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m



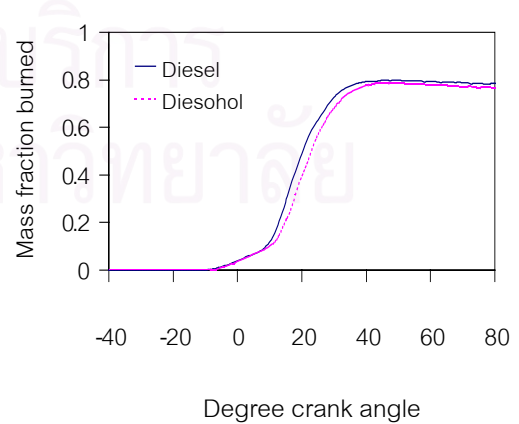
รูปที่ 5-18(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m



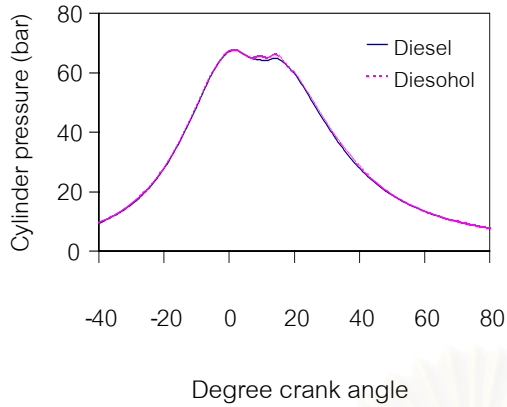
รูปที่ 5-18(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m



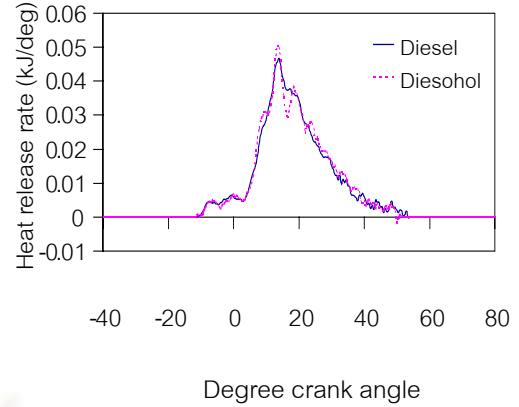
รูปที่ 5-18(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m



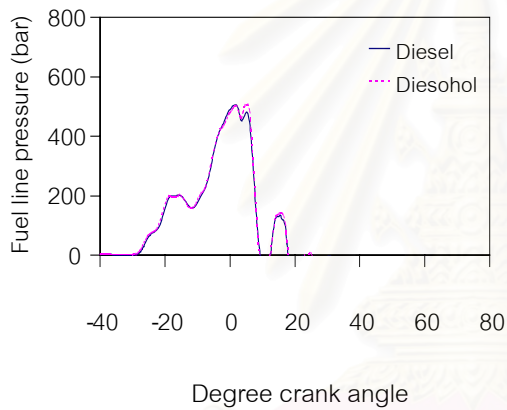
รูปที่ 5-18(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 80 N.m



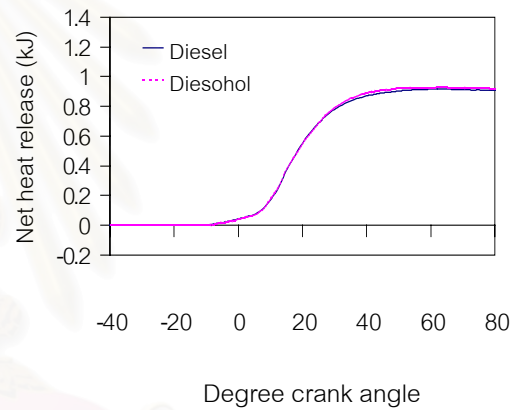
รูปที่ 5-19(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m



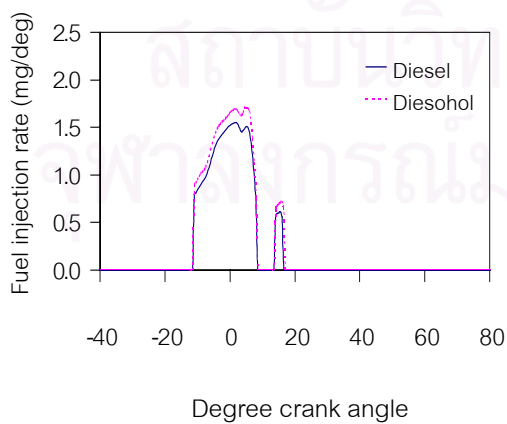
รูปที่ 5-19(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m



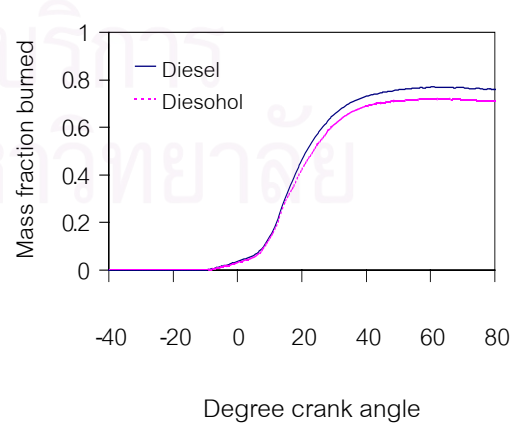
รูปที่ 5-19(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m



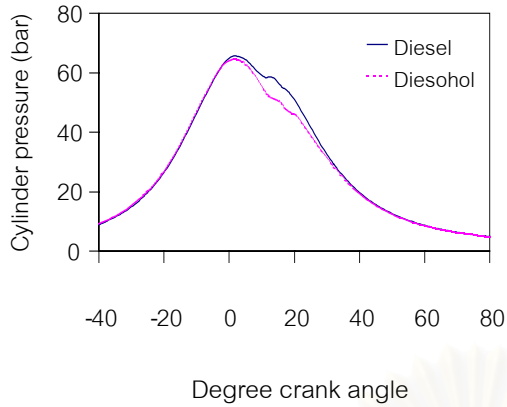
รูปที่ 5-19(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m



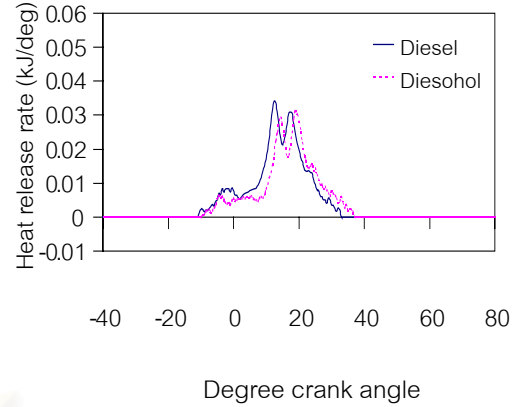
รูปที่ 5-19(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m



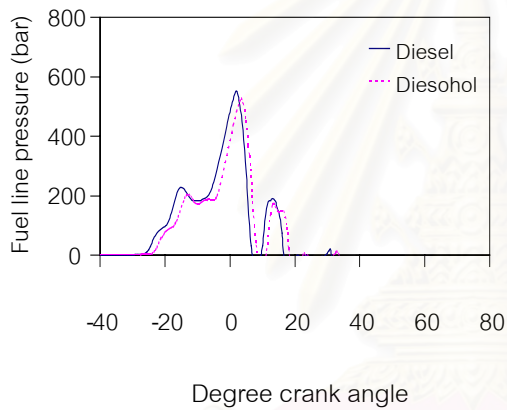
รูปที่ 5-19(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, แรงบิด 130 N.m



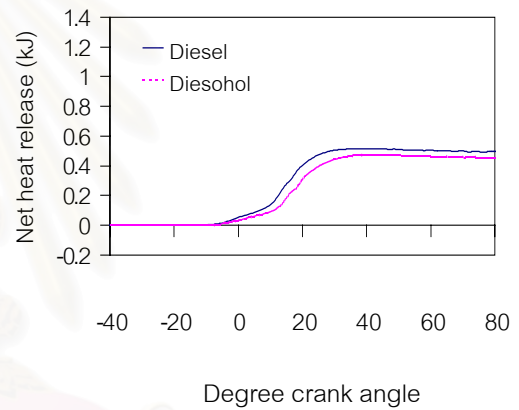
รูปที่ 5-20(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m



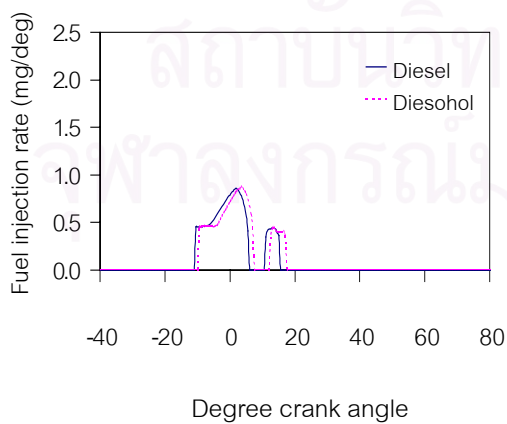
รูปที่ 5-20(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m



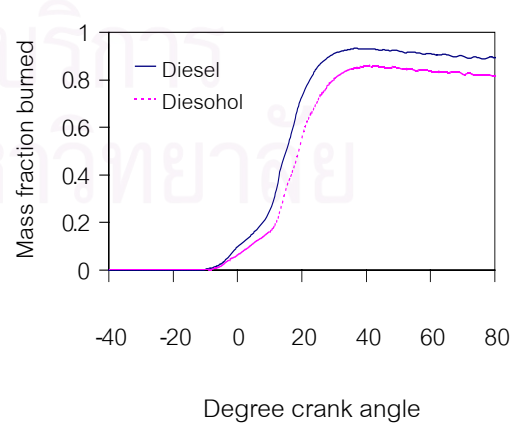
รูปที่ 5-20(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m



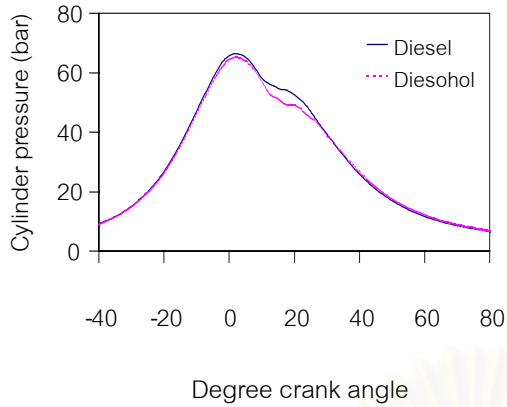
รูปที่ 5-20(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m



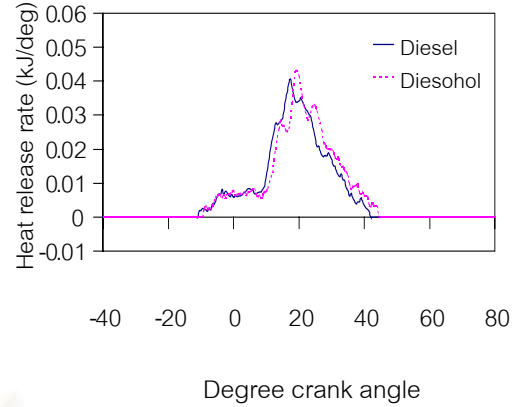
รูปที่ 5-20(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m



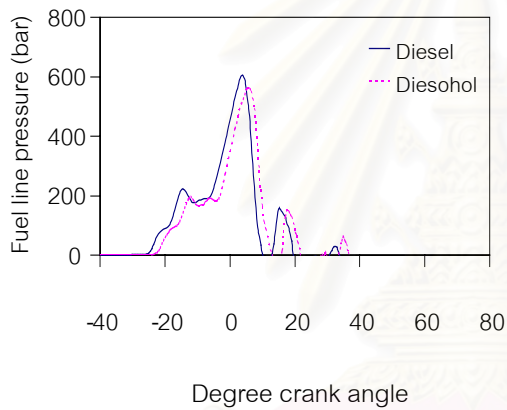
รูปที่ 5-20(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 40 N.m



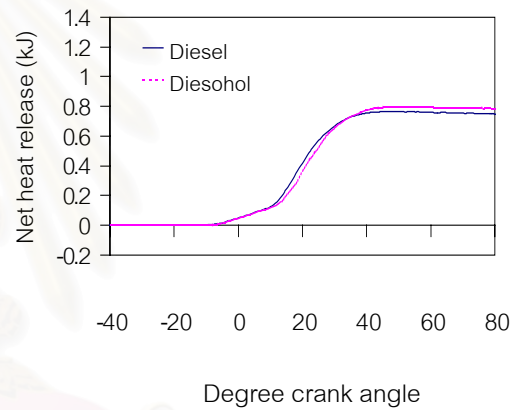
รูปที่ 5-21(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



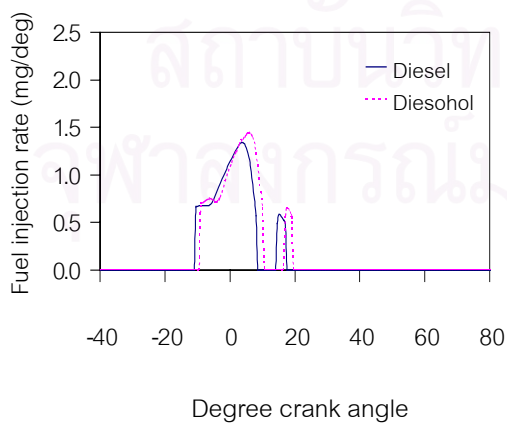
รูปที่ 5-21(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



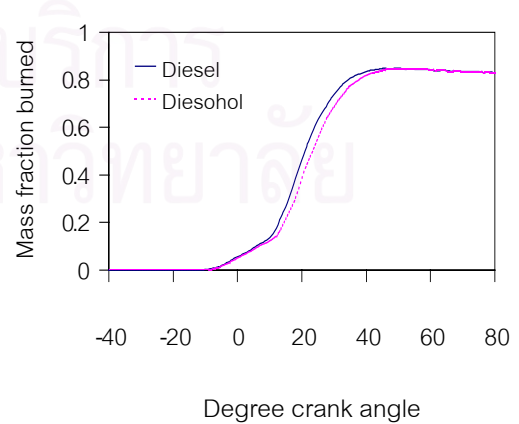
รูปที่ 5-21(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



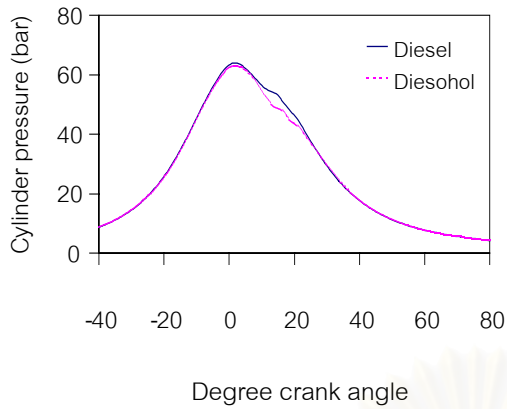
รูปที่ 5-21(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



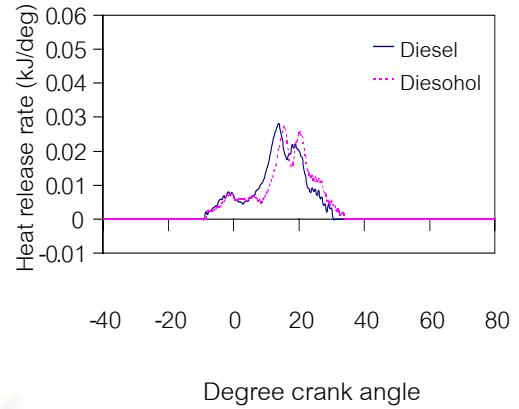
รูปที่ 5-21(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



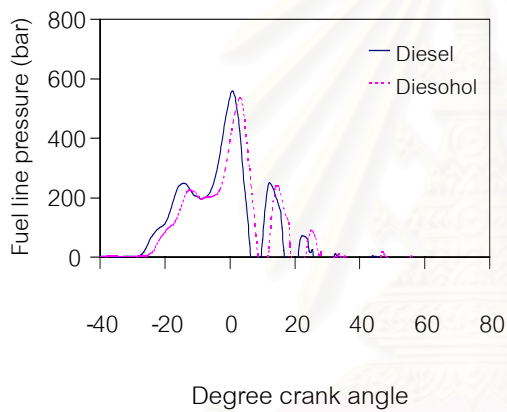
รูปที่ 5-21(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



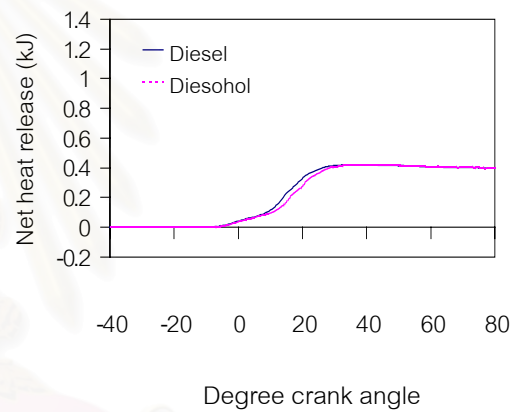
รูปที่ 5-22(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m



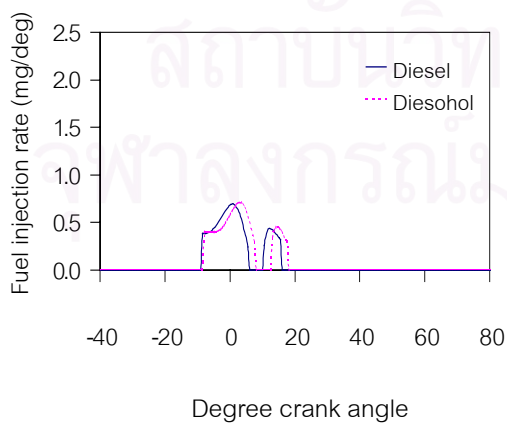
รูปที่ 5-22(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m



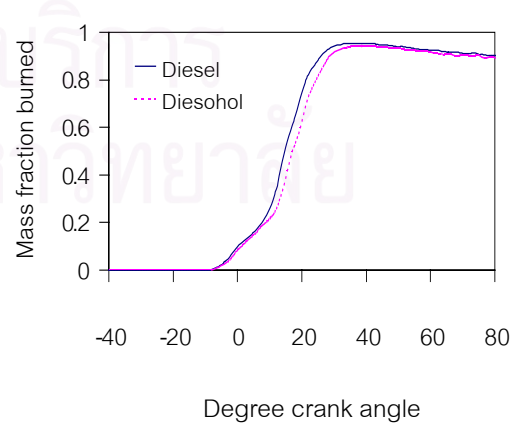
รูปที่ 5-22(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m



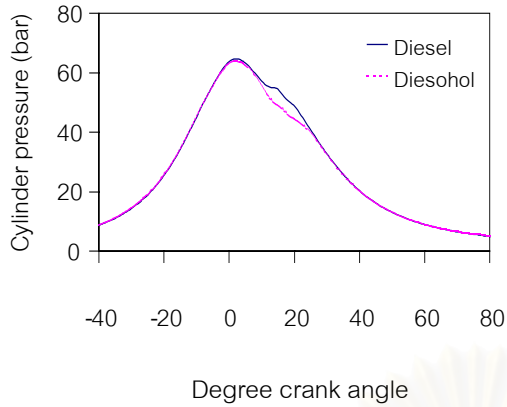
รูปที่ 5-22(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m



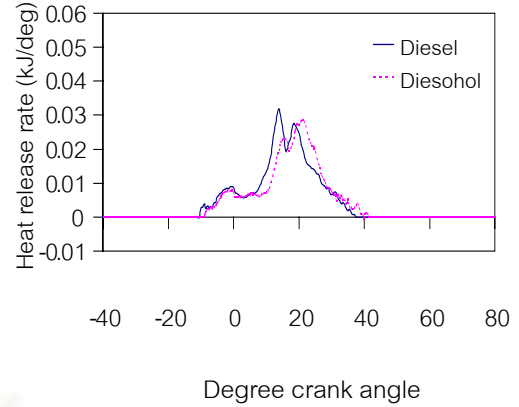
รูปที่ 5-22(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m



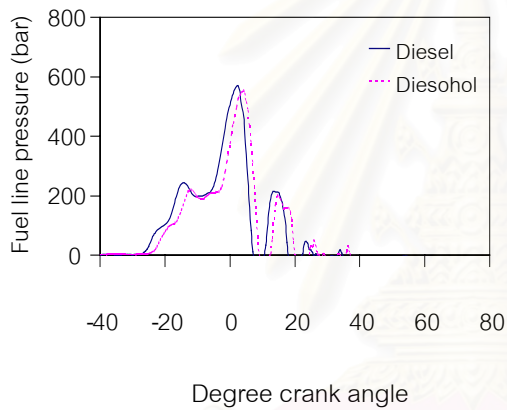
รูปที่ 5-22(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 20 N.m



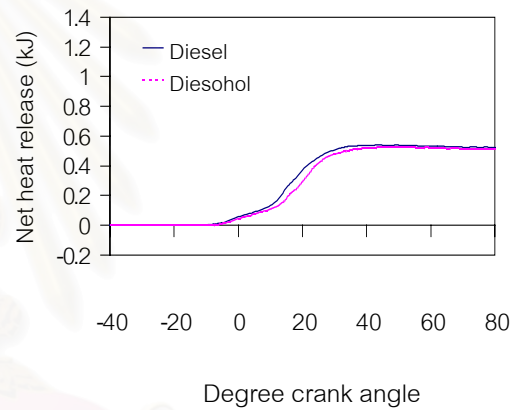
รูปที่ 5-23(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m



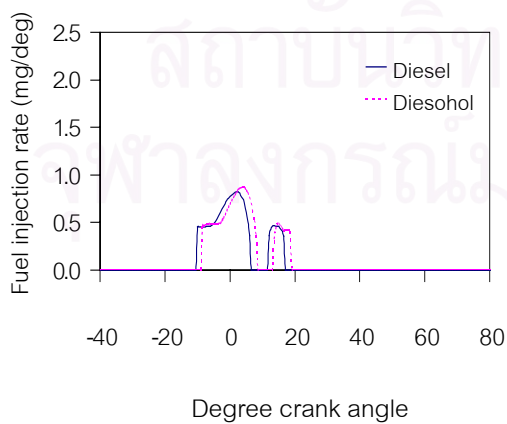
รูปที่ 5-23(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m



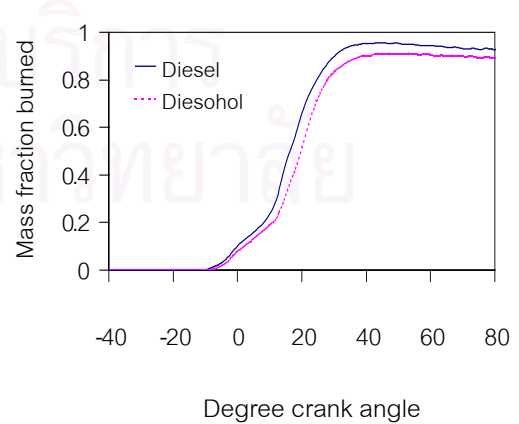
รูปที่ 5-23(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m



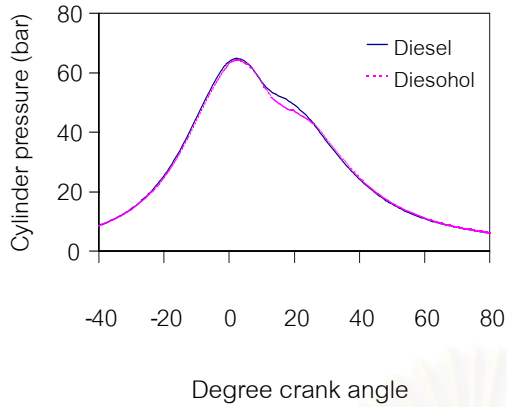
รูปที่ 5-23(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m



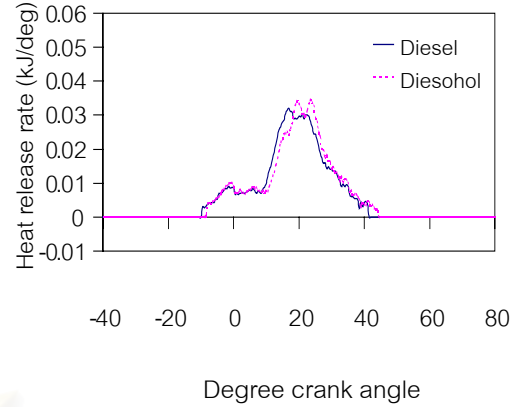
รูปที่ 5-23(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m



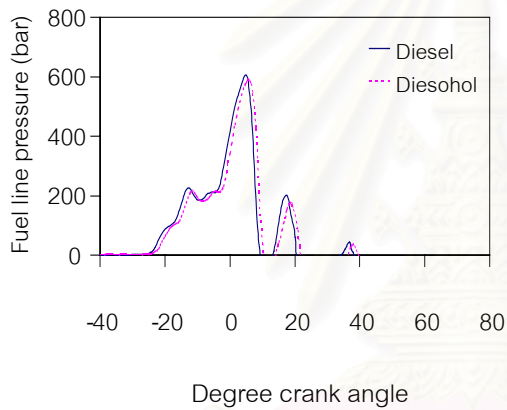
รูปที่ 5-23(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 40 N.m



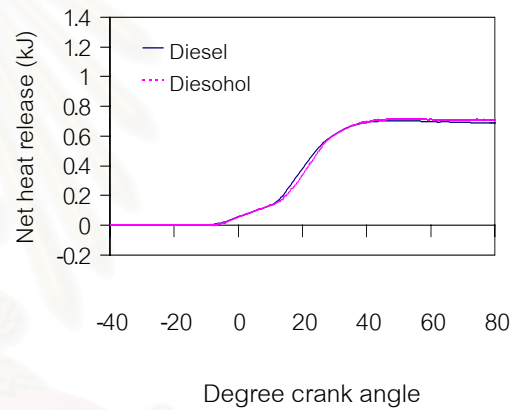
รูปที่ 5-24(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m



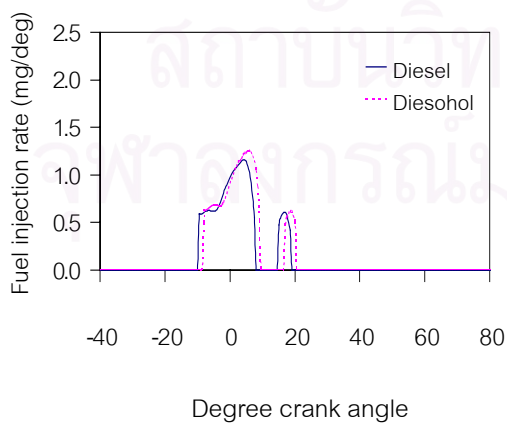
รูปที่ 5-24(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m



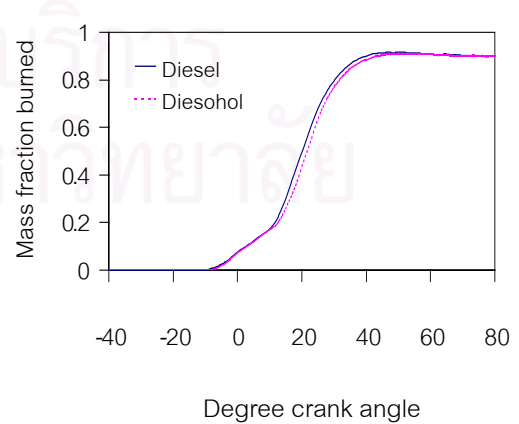
รูปที่ 5-24(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m



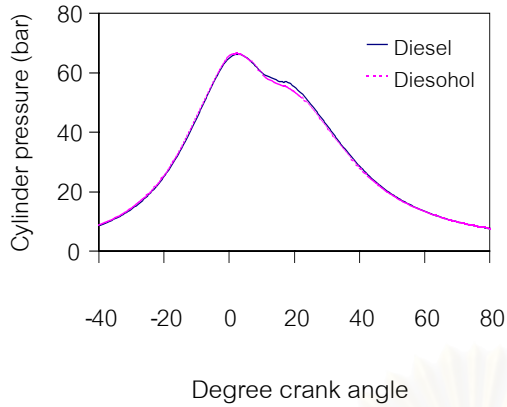
รูปที่ 5-24(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m



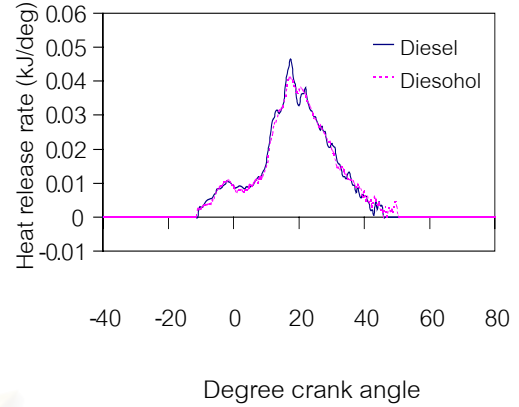
รูปที่ 5-24(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m



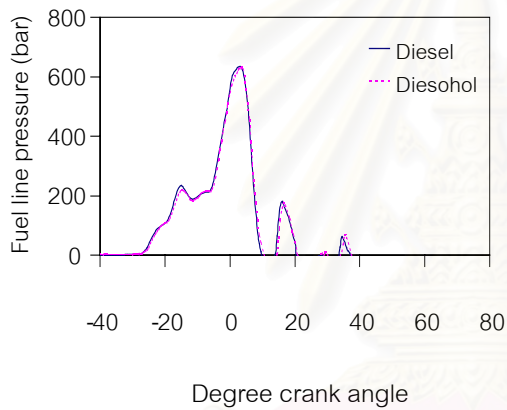
รูปที่ 5-24(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 70 N.m



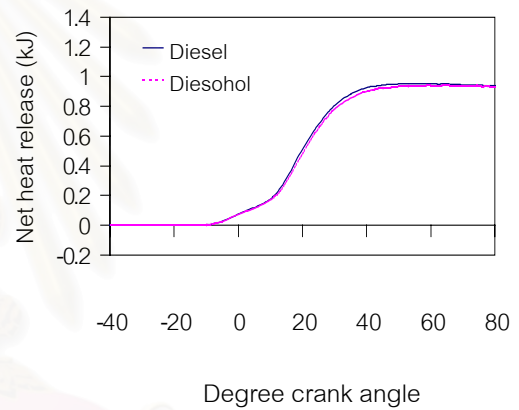
รูปที่ 5-25(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 110 N.m



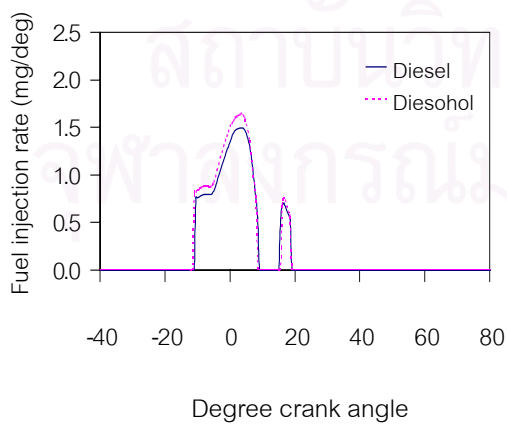
รูปที่ 5-25(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 110 N.m



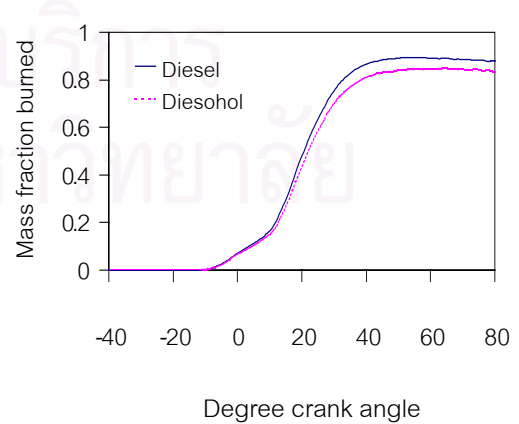
รูปที่ 5-25(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 110 N.m



รูปที่ 5-25(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 110 N.m

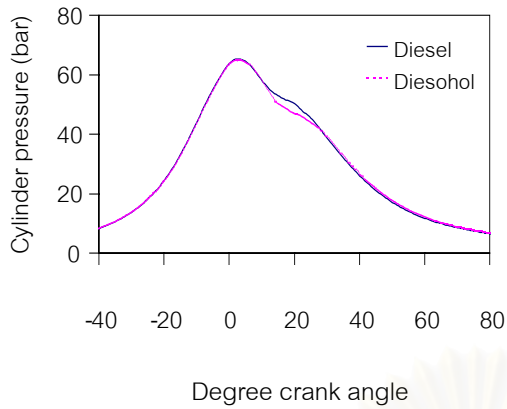


รูปที่ 5-25(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 110 N.m

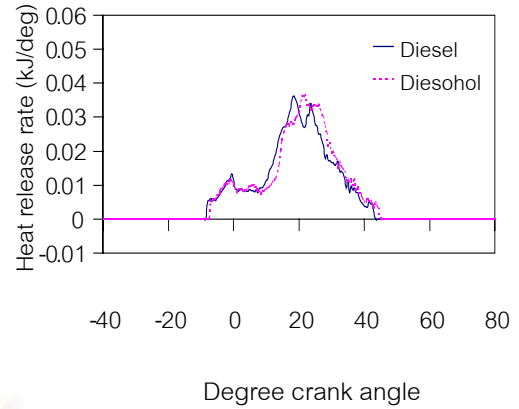


รูปที่ 5-25(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2750 rev/min, แรงบิด 110 N.m

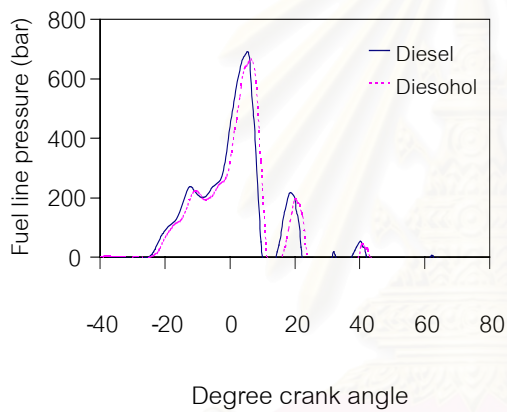




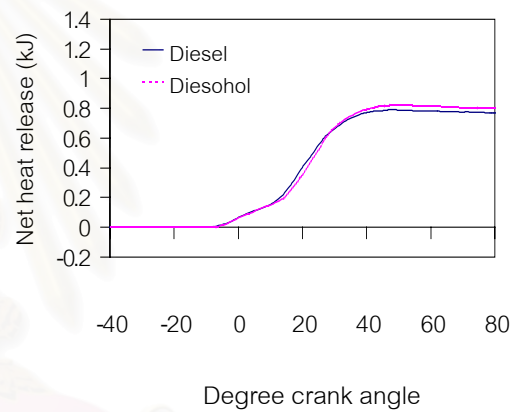
รูปที่ 5-26(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m



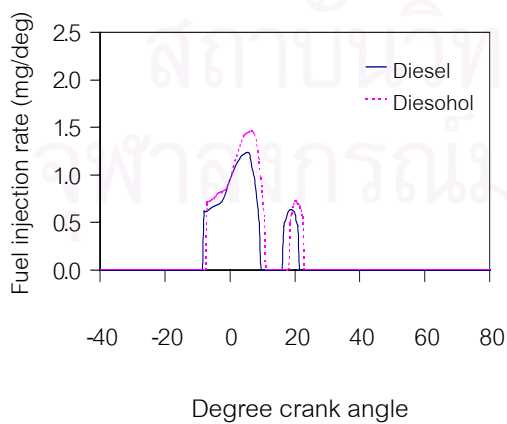
รูปที่ 5-26(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m



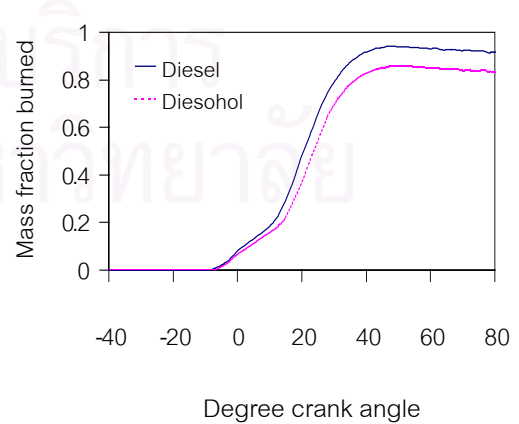
รูปที่ 5-26(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m



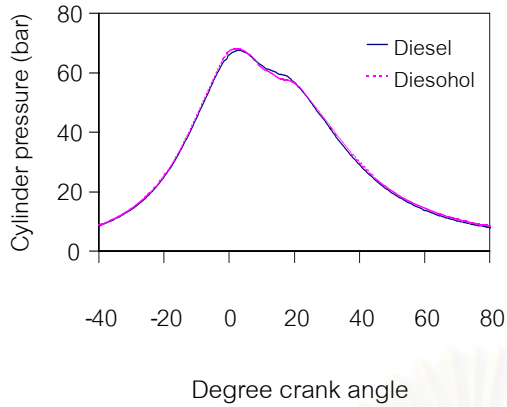
รูปที่ 5-26(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m



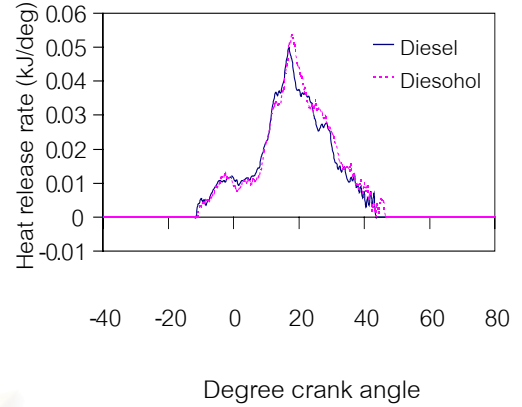
รูปที่ 5-26(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m



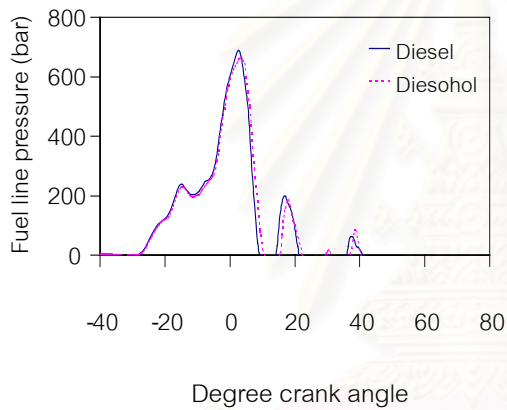
รูปที่ 5-26(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 80 N.m



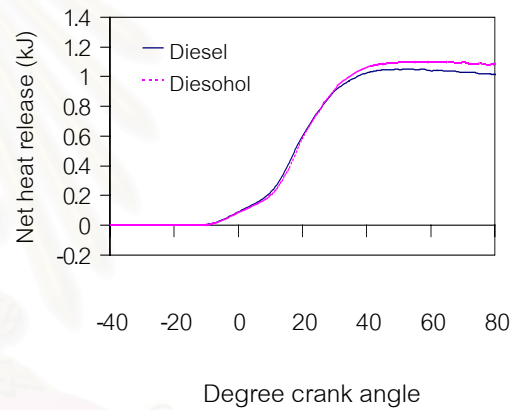
รูปที่ 5-27(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m



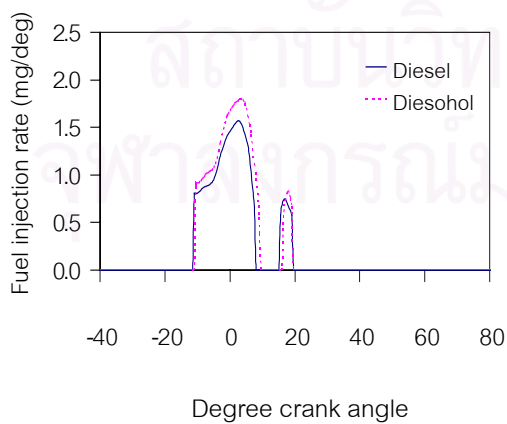
รูปที่ 5-27(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m



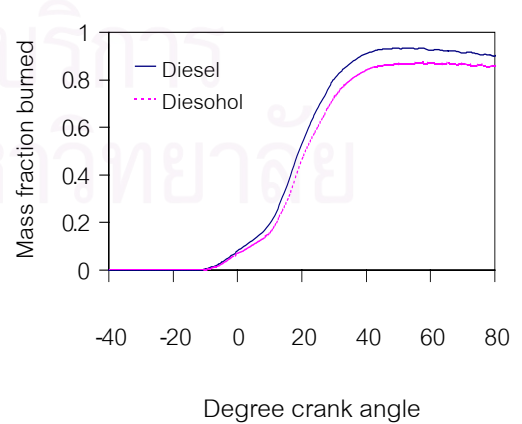
รูปที่ 5-27(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m



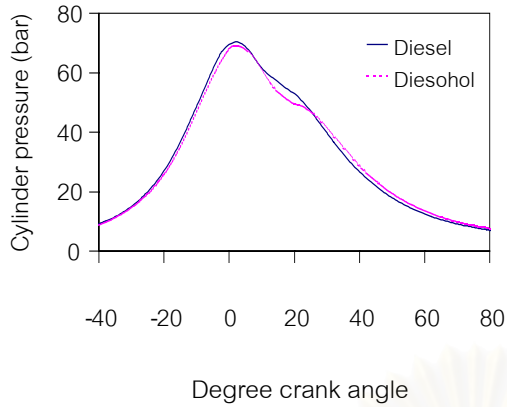
รูปที่ 5-27(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m



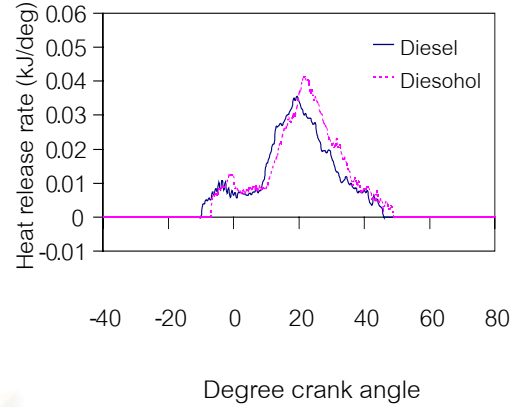
รูปที่ 5-27(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m



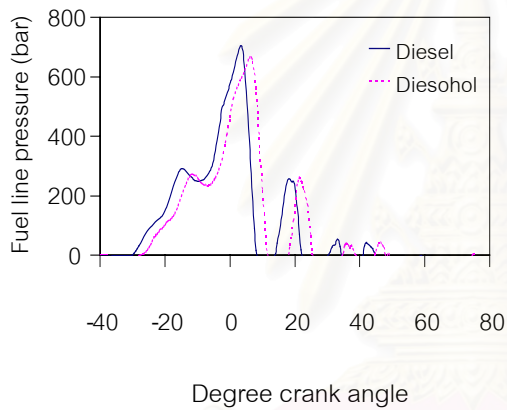
รูปที่ 5-27(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3000 rev/min, แรงบิด 120 N.m



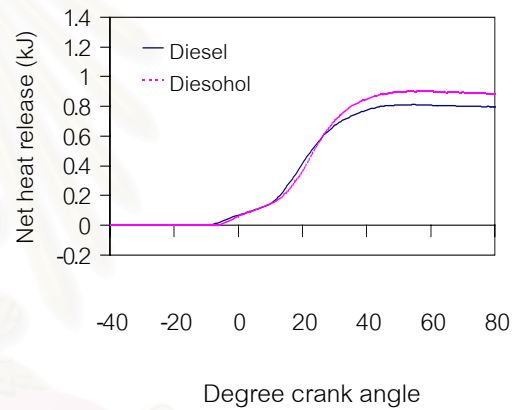
รูปที่ 5-28(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



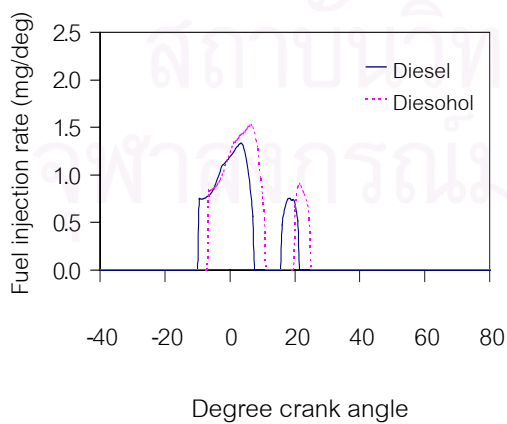
รูปที่ 5-28(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



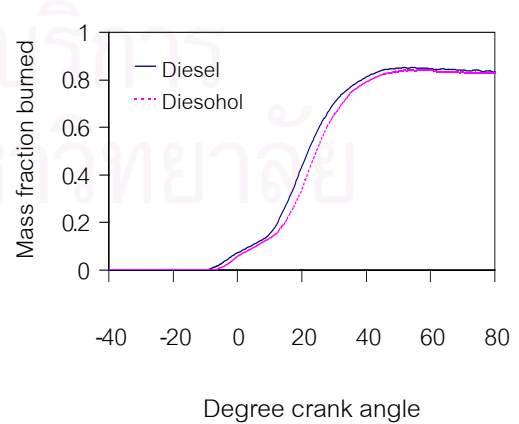
รูปที่ 5-28(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



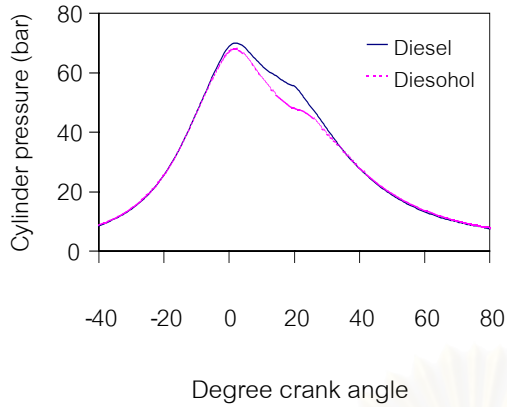
รูปที่ 5-28(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



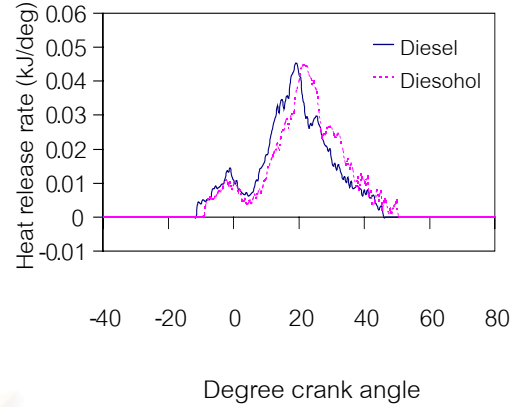
รูปที่ 5-28(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



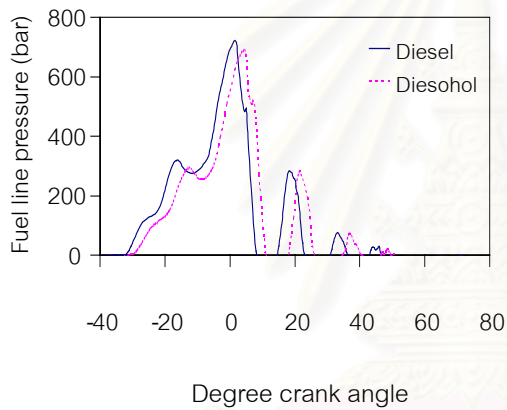
รูปที่ 5-28(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3500 rev/min, แรงบิด 90 N.m



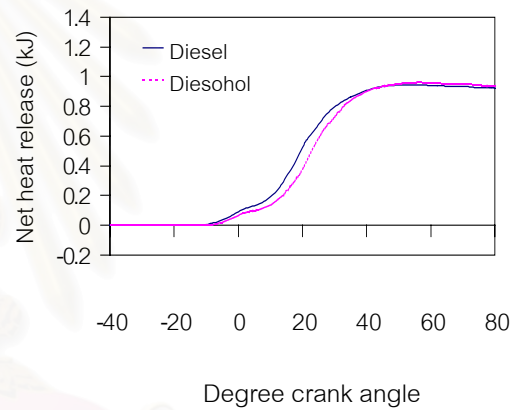
รูปที่ 5-29(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m



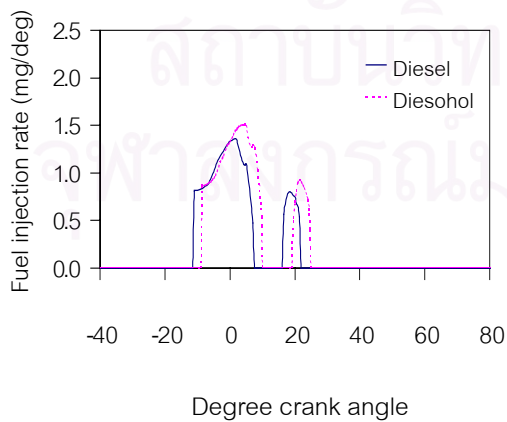
รูปที่ 5-29(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m



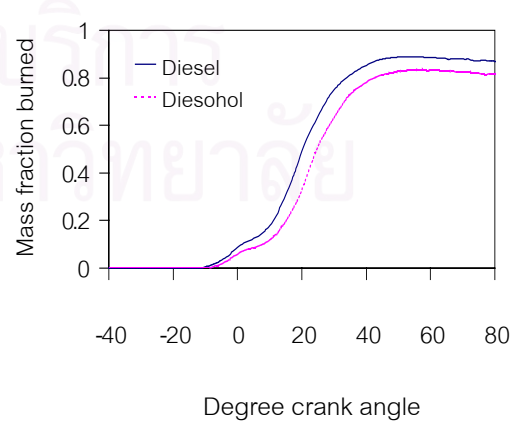
รูปที่ 5-29(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m



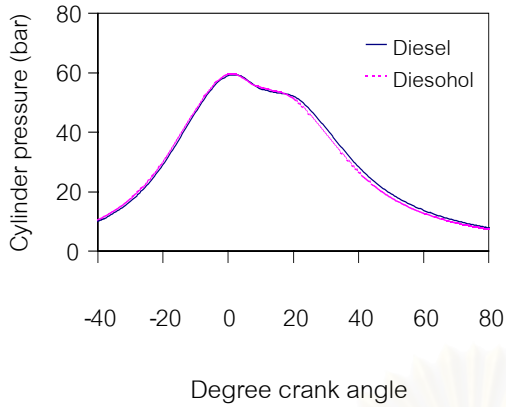
รูปที่ 5-29(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m



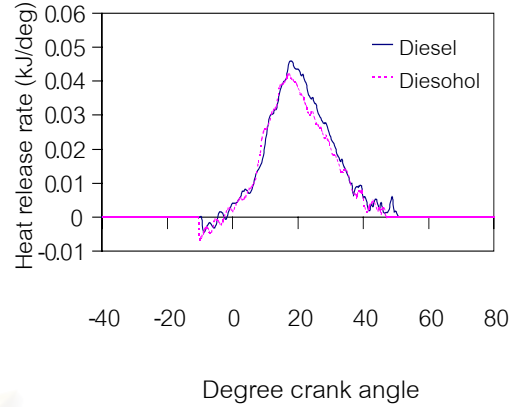
รูปที่ 5-29(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m



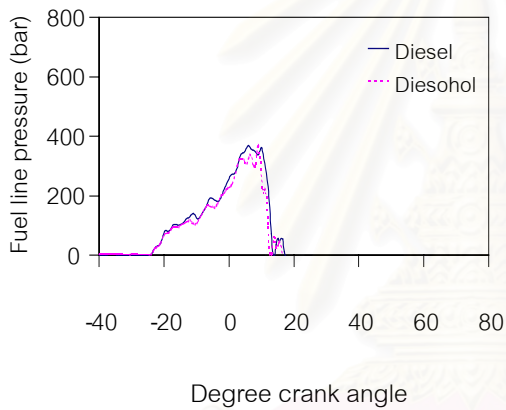
รูปที่ 5-29(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3750 rev/min, แรงบิด 100 N.m



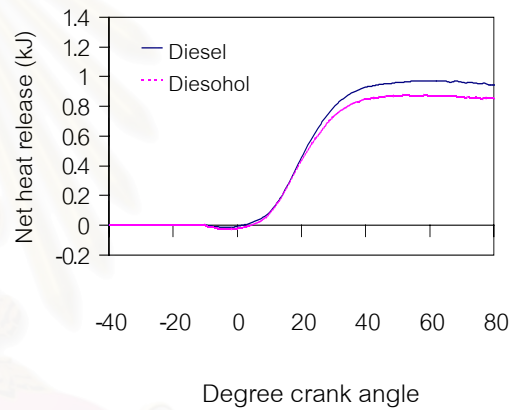
รูปที่ 5-30(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด



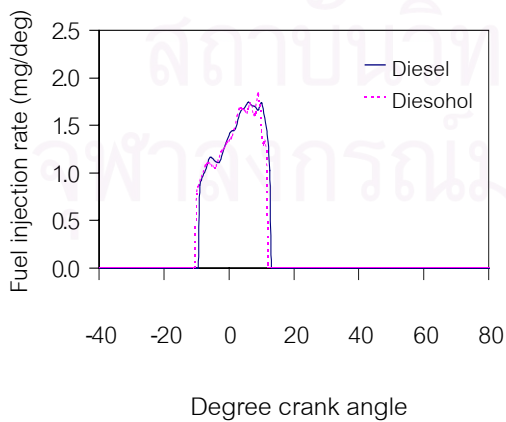
รูปที่ 5-30(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด



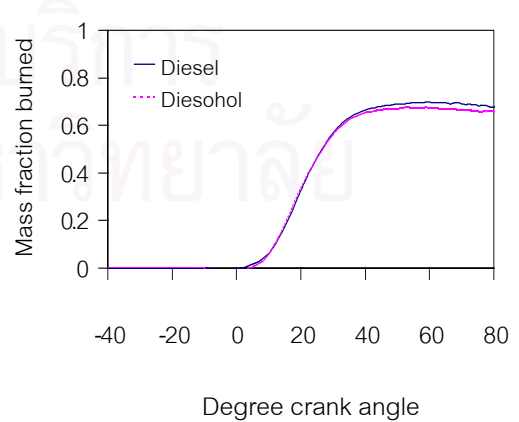
รูปที่ 5-30(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด



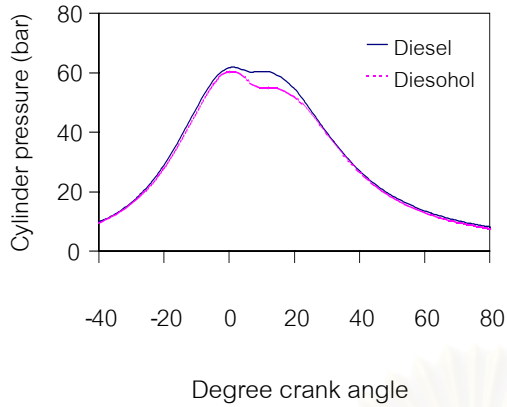
รูปที่ 5-30(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด



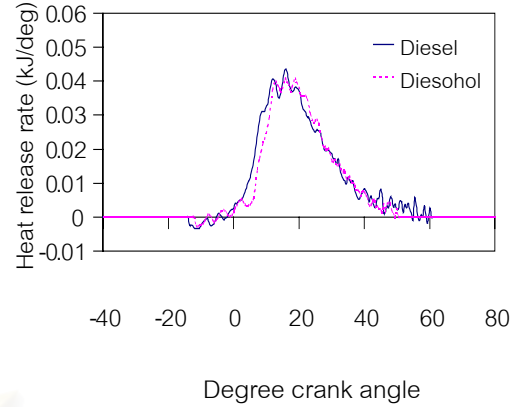
รูปที่ 5-30(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด



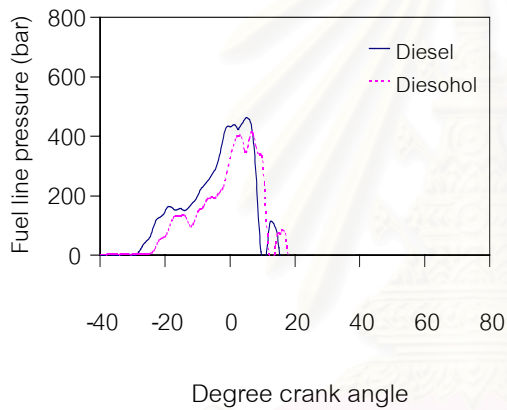
รูปที่ 5-30(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 1000 rev/min, ภาวะสูงสุด



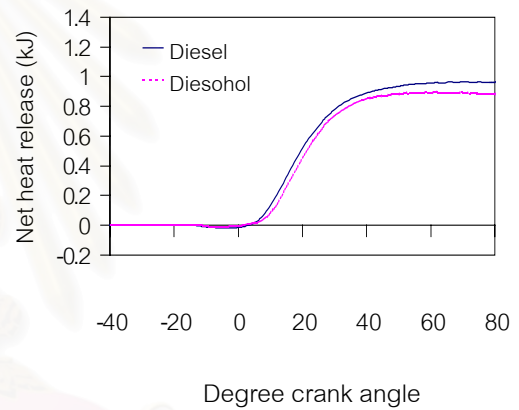
รูปที่ 5-31(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 1500 rev/min, ภาวะสูงสุด



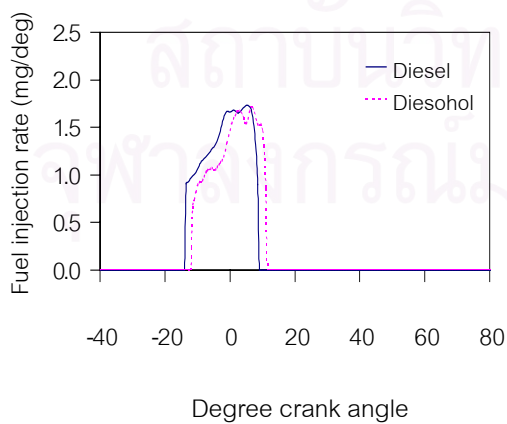
รูปที่ 5-31(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 1500 rev/min, ภาวะสูงสุด



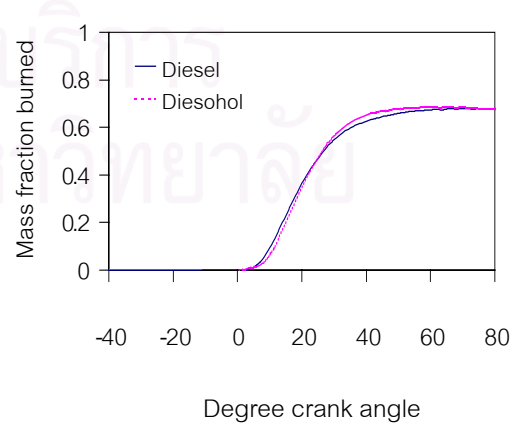
รูปที่ 5-31(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 1500 rev/min, ภาวะสูงสุด



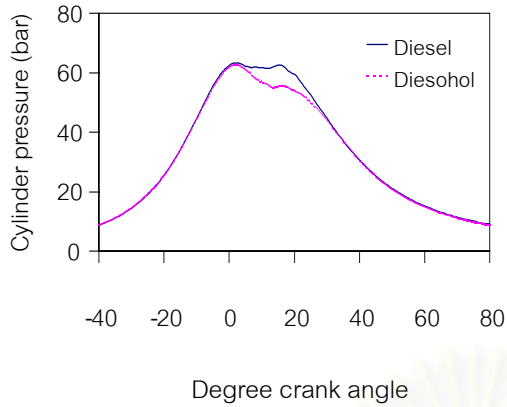
รูปที่ 5-31(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 1500 rev/min, ภาวะสูงสุด



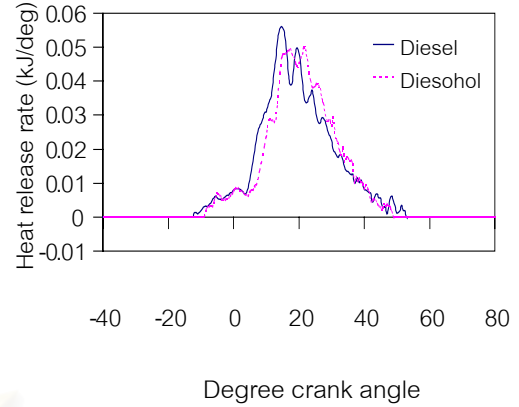
รูปที่ 5-31(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 1500 rev/min, ภาวะสูงสุด



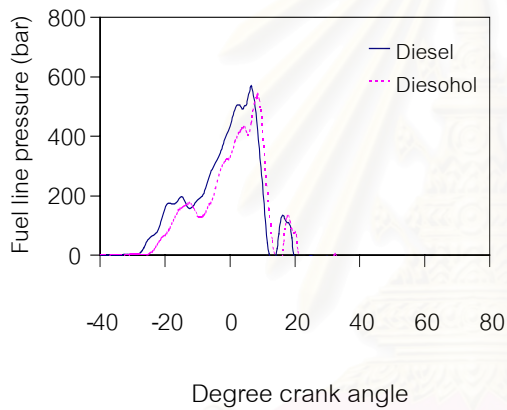
รูปที่ 5-31(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 1500 rev/min, ภาวะสูงสุด



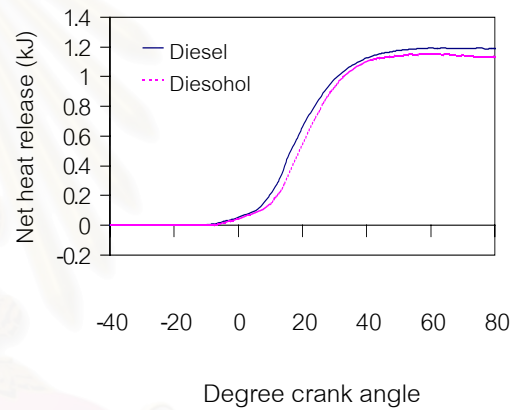
รูปที่ 5-32(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2000 rev/min, ภาวะสูงสุด



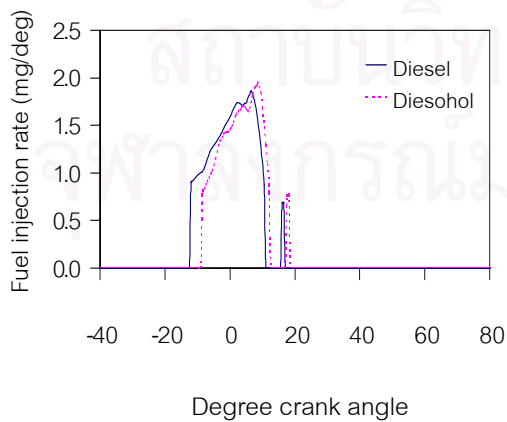
รูปที่ 5-32(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2000 rev/min, ภาวะสูงสุด



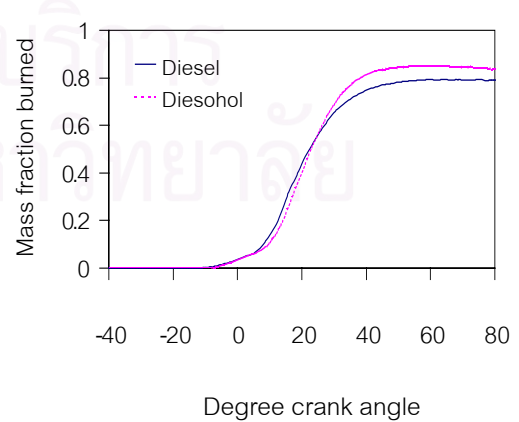
รูปที่ 5-32(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2000 rev/min, ภาวะสูงสุด



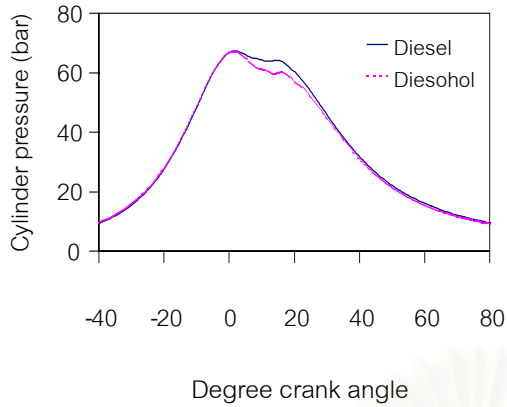
รูปที่ 5-32(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2000 rev/min, ภาวะสูงสุด



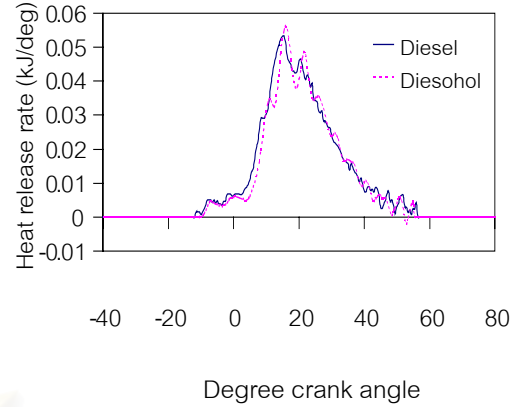
รูปที่ 5-32(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2000 rev/min, ภาวะสูงสุด



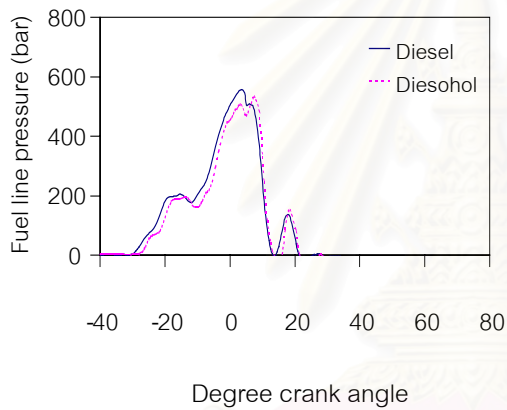
รูปที่ 5-32(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2000 rev/min, ภาวะสูงสุด



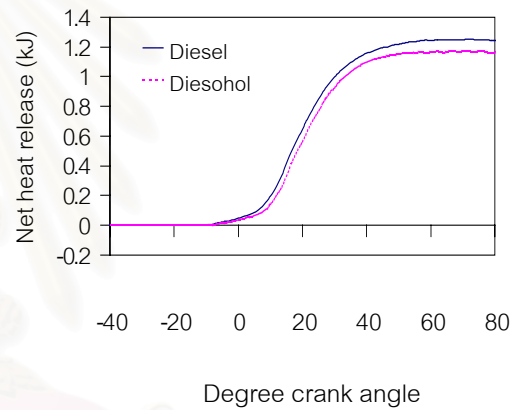
รูปที่ 5-33(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, ภาวะสูงสุด



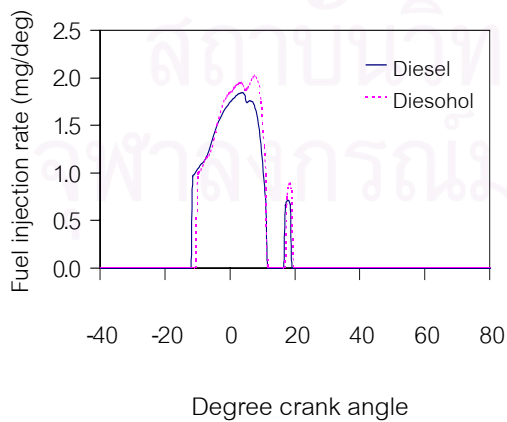
รูปที่ 5-33(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2250 rev/min, ภาวะสูงสุด



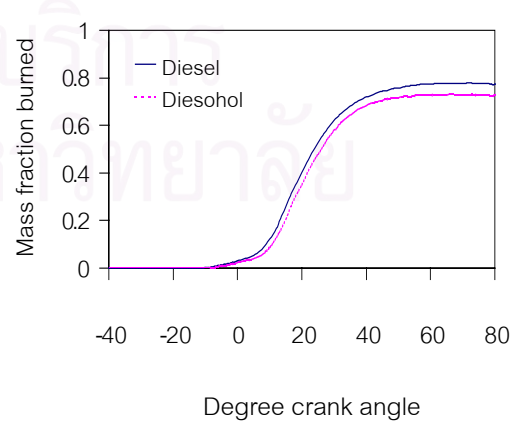
รูปที่ 5-33(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2250 rev/min, ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-33(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2250 rev/min, ภาวะสูงสุด

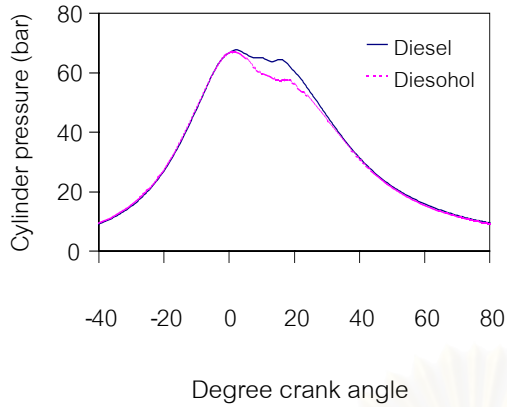


รูปที่ 5-33(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2250 rev/min, ภาวะสูงสุด

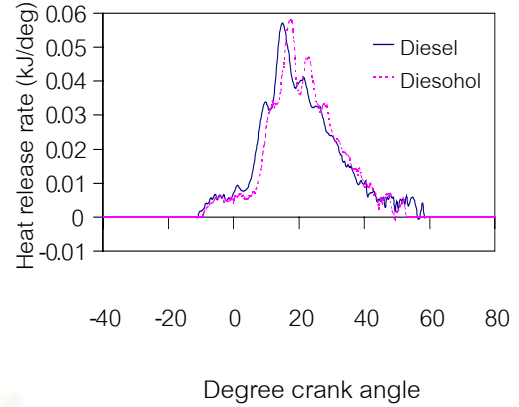


รูปที่ 5-33(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2250 rev/min, ภาวะสูงสุด

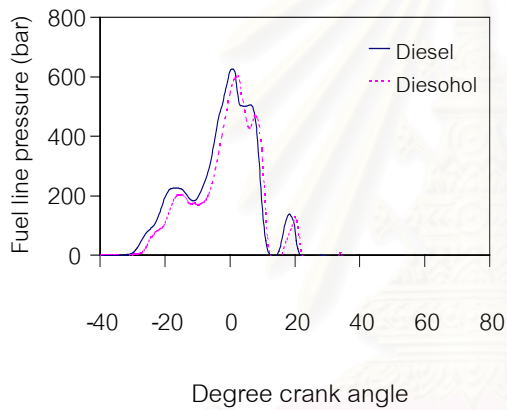




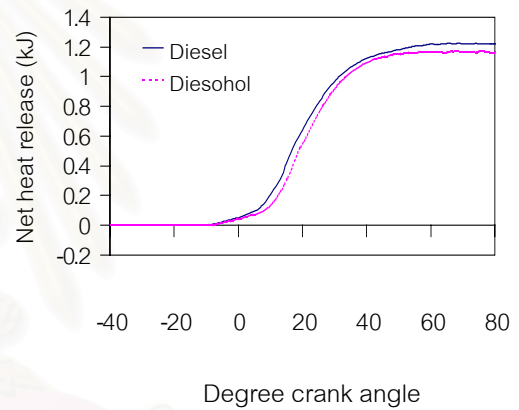
รูปที่ 5-34(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 2500 rev/min, ภาวะสูงสุด



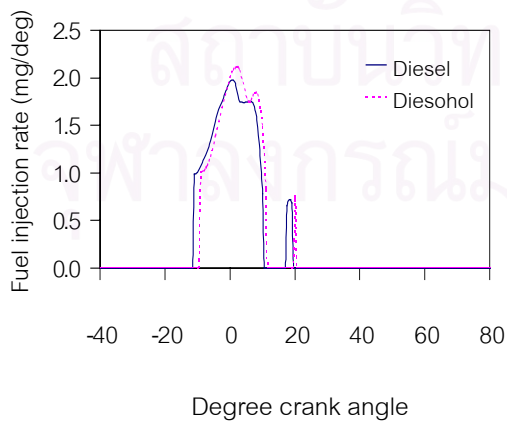
รูปที่ 5-34(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 2500 rev/min, ภาวะสูงสุด



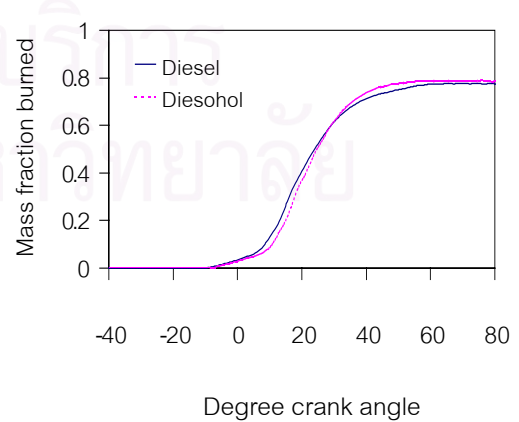
รูปที่ 5-34(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 2500 rev/min, ภาวะสูงสุด



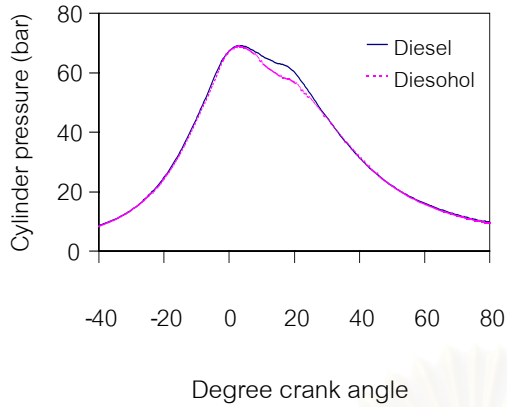
รูปที่ 5-34(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 2500 rev/min, ภาวะสูงสุด



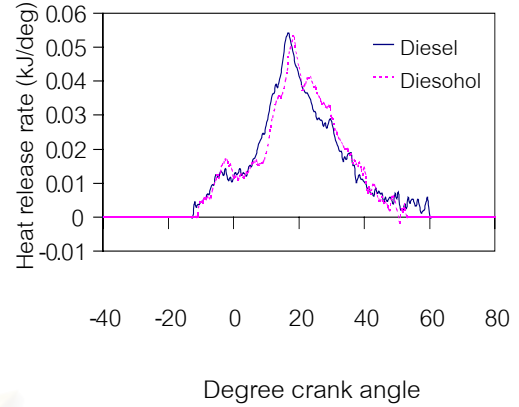
รูปที่ 5-34(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 2500 rev/min, ภาวะสูงสุด



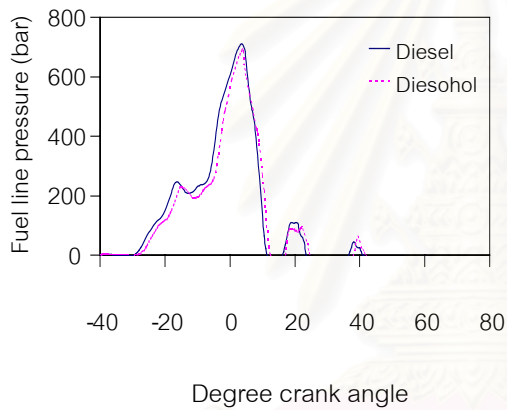
รูปที่ 5-34(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 2500 rev/min, ภาวะสูงสุด



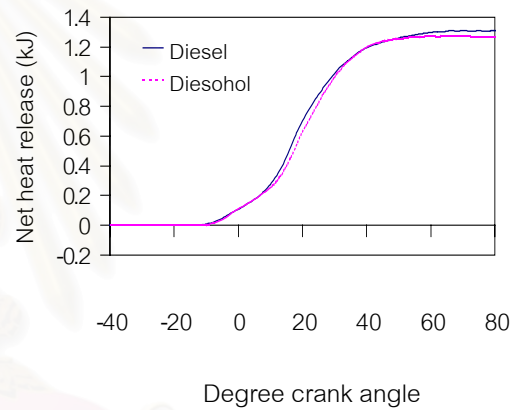
รูปที่ 5-35(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด



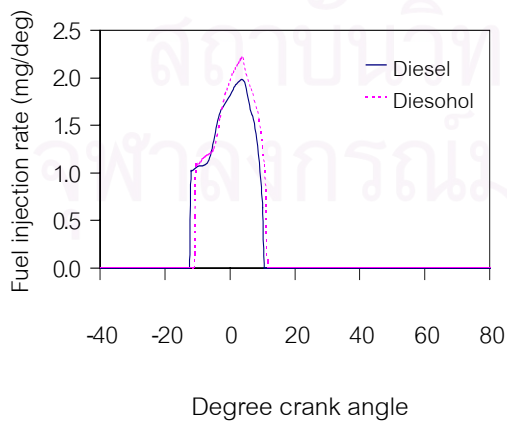
รูปที่ 5-35(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด



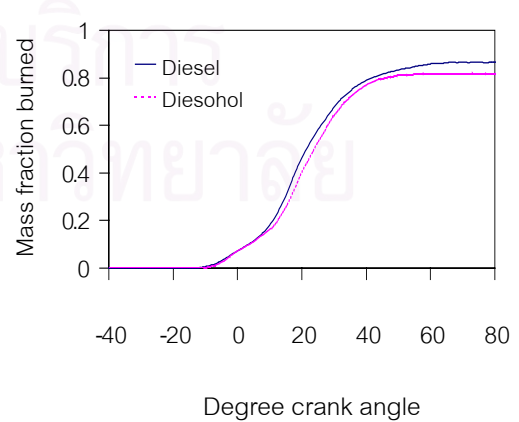
รูปที่ 5-35(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด



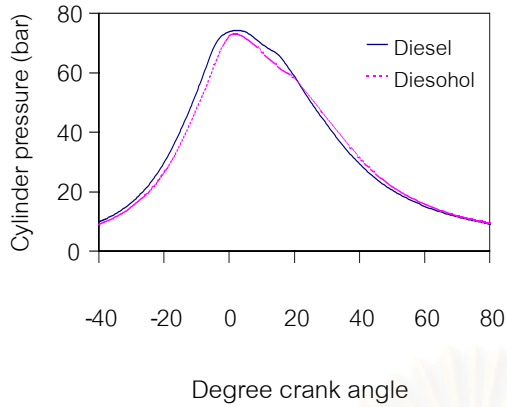
รูปที่ 5-35(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด



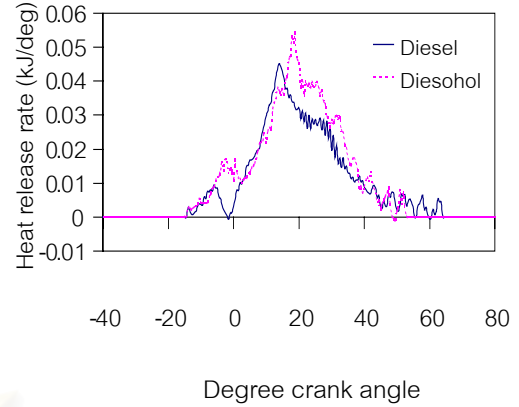
รูปที่ 5-35(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด



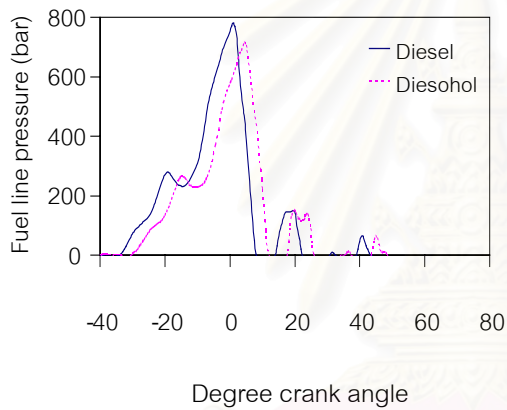
รูปที่ 5-35(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3000 rev/min, ภาวะสูงสุด



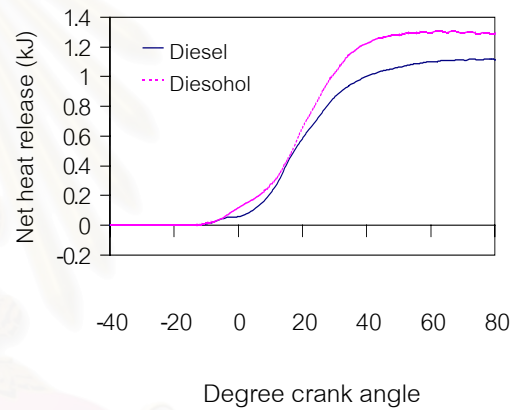
รูปที่ 5-36(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด



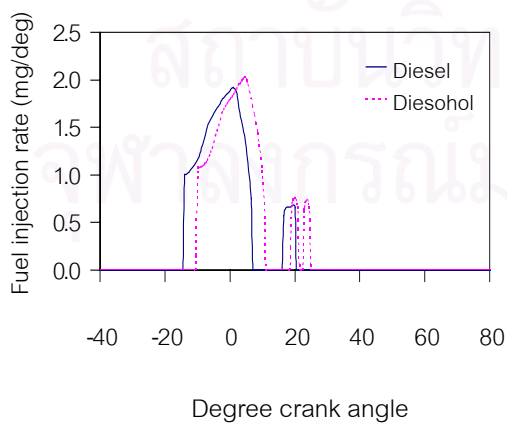
รูปที่ 5-36(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด



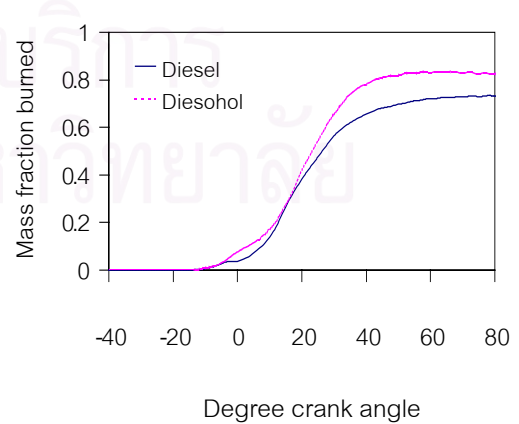
รูปที่ 5-36(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด



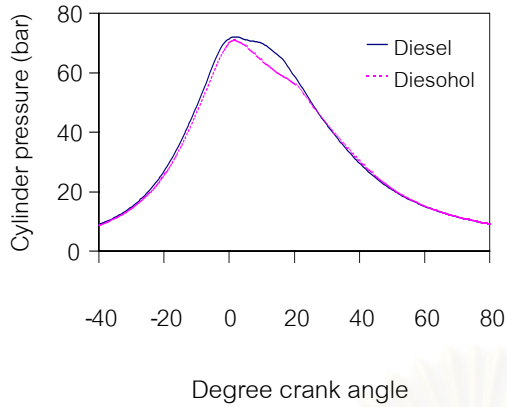
รูปที่ 5-36(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด



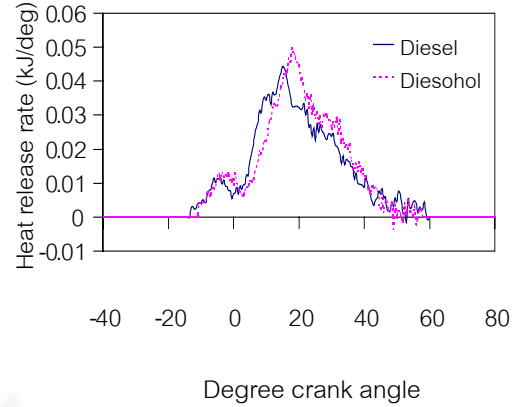
รูปที่ 5-36(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด



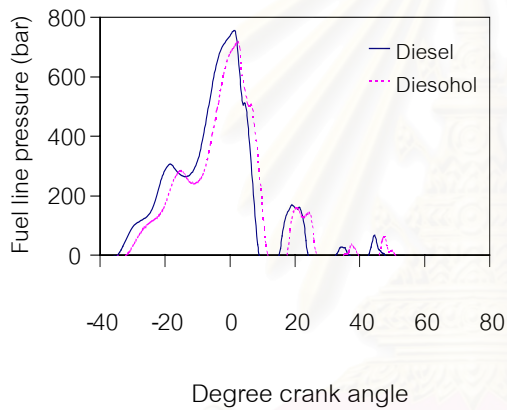
รูปที่ 5-36(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3500 rev/min, ภาวะสูงสุด



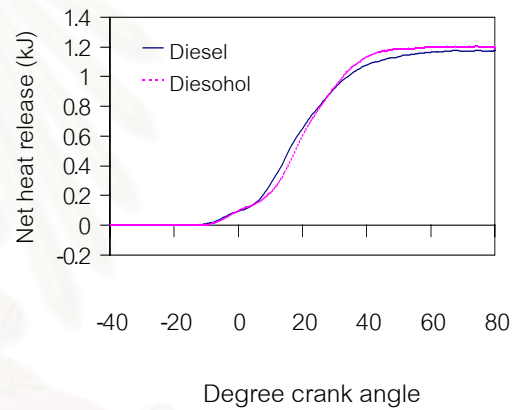
รูปที่ 5-37(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด



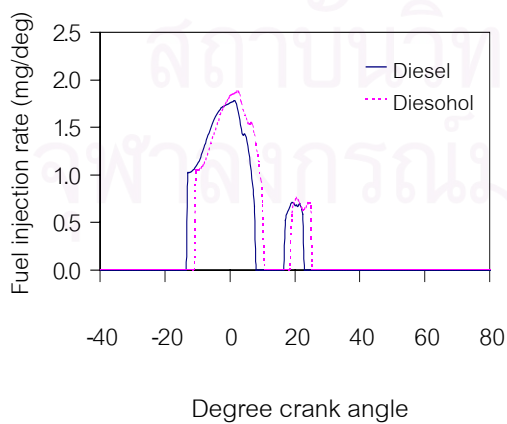
รูปที่ 5-37(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด



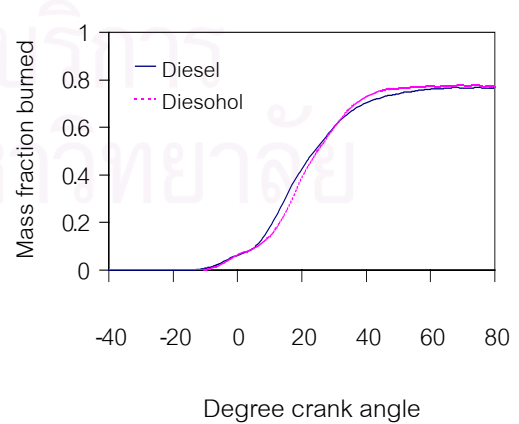
รูปที่ 5-37(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด



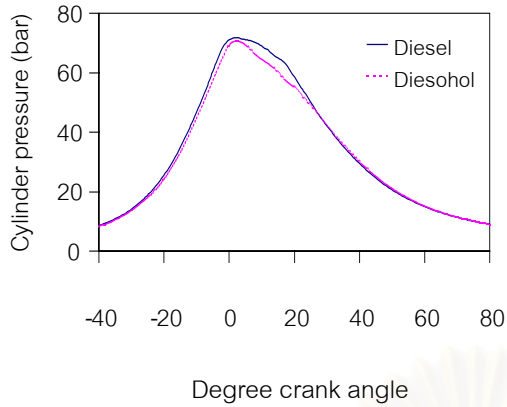
รูปที่ 5-37(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด



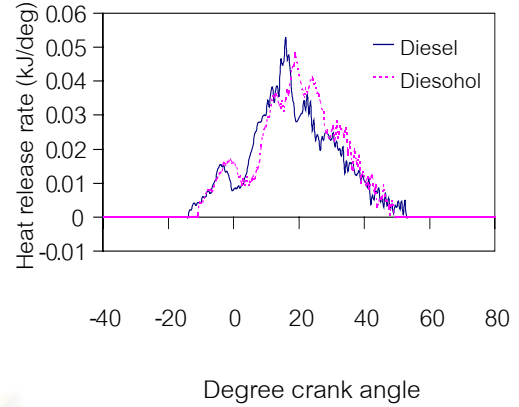
รูปที่ 5-37(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด



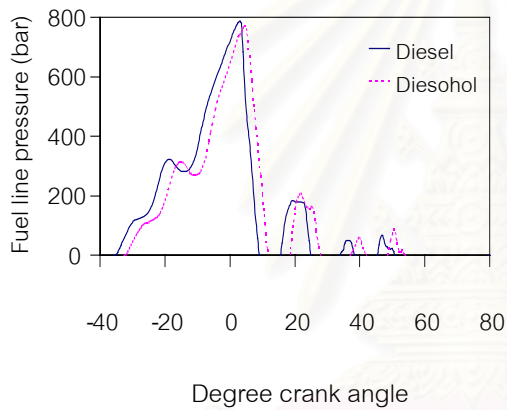
รูปที่ 5-37(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 3750 rev/min, ภาวะสูงสุด



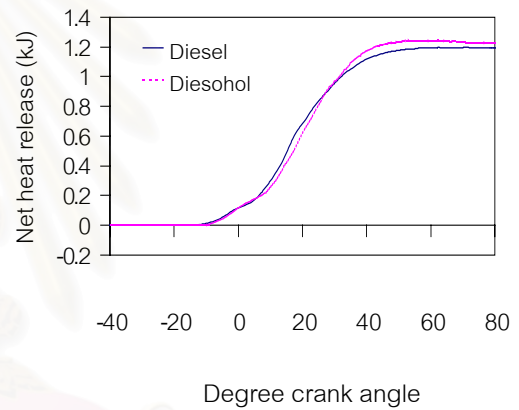
รูปที่ 5-38(1) ความดันในห้องเผาไหม้  
ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด



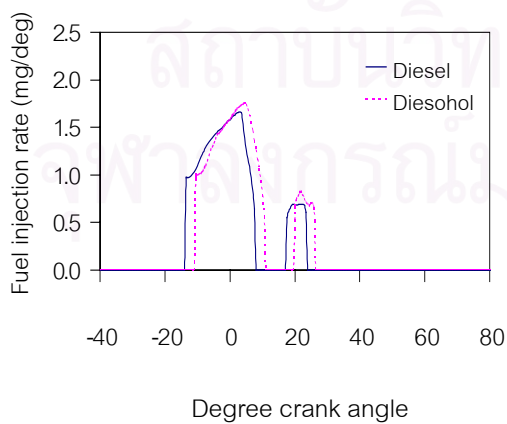
รูปที่ 5-38(4) อัตราการปล่อยความร้อน  
ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด



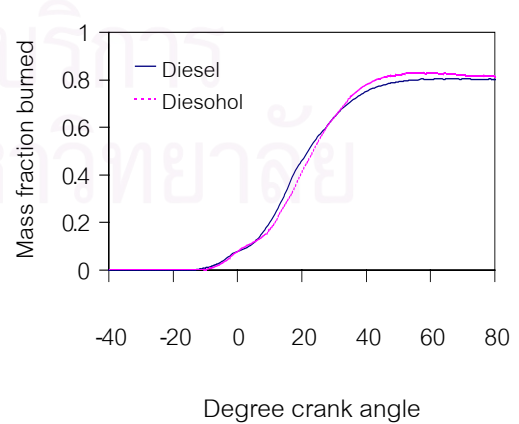
รูปที่ 5-38(2) ความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด  
ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-38(5) การปล่อยความร้อนสุทธิ  
ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-38(3) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-38(6) สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้  
ที่ 4000 rev/min, ภาวะสูงสุด

### 5.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงการเผาไหม้

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลเชิงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์ โดยจะแยกพิจารณาตามรอบเดินเบา, ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่, ภาระสูงสุด และ แรงบิดคงที่ ซึ่งได้แก่ รอบเดินเบา, 1000 rev/min, 2000 rev/min, 2250 rev/min, 2500 rev/min, 2750 rev/min, 3000 rev/min, 3500 rev/min, 3750 rev/min, 4000 rev/min, ภาระเต็มที่, แรงบิด 20 N.m, แรงบิด 30 N.m, แรงบิด 40 N.m, แรงบิด 80 N.m, และแรงบิด 90 N.m

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ผ่านมาสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลเชิงการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์ได้ โดยที่รูปที่ 5-40(1) ถึง 5-53(1) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง

รูปที่ 5-39(2) ถึง 5-53(2) แสดงการเปรียบเทียบความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดซึ่งได้จากการทดสอบวัดความดันในห้องเผาไหม้

รูปที่ 5-39(3) ถึง 5-53(3) แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรซึ่งพิจารณาจากพื้นที่ใต้กราฟอัตราการฉีดเชื้อเพลิง

รูปที่ 5-39(4) ถึง 5-53(4) แสดงการเปรียบเทียบของศาการฉีดเชื้อเพลิง (injection timing)

รูปที่ 5-39(5) ถึง 5-53(5) แสดงการเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ โดย พิจารณาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 1% หรือจากการปล่อยความร้อนออกมา 1% ของการปล่อยความร้อนสูงสุด

รูปที่ 5-39(6) ถึง 5-53(6) แสดงการเปรียบเทียบช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด (ignition delay) ซึ่งเป็นช่วงเวลาจากจุดที่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่เริ่มต้นการเผาไหม้

รูปที่ 5-39(7) ถึง 5-53(7) แสดงการเปรียบเทียบจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของการปล่อยความร้อนสูงสุด

รูปที่ 5-39(8) ถึง 5-53(8) แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10%

รูปที่ 5-39(9) ถึง 5-53(9) แสดงการเปรียบเทียบจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ของการปล่อยความร้อนสูงสุด

รูปที่ 5-39(10) ถึง 5-53(10) แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%

รูปที่ 5-39(11) ถึง 5-53(11) แสดงการเปรียบเทียบจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยประมาณ 99% ของการปล่อยความร้อนสูงสุด

รูปที่ 5-39(12) ถึง 5-53(12) แสดงการเปรียบเทียบช่วงการเผาไหม้ โดยพิจารณาช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 1% ถึง 99%

รูปที่ 5-39(13) ถึง 5-53(13) แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ถึง 90%

รูปที่ 5-39(14) ถึง 5-53(14) แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดโดยพิจารณาจากกราฟอัตราการปล่อยความร้อนในรูปที่ 5-9(4) ถึง 5-38(4)

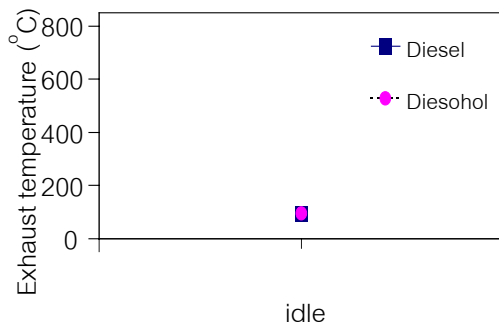
รูปที่ 5-39(15) ถึง 5-53(15) แสดงการเปรียบเทียบจุดที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด

รูปที่ 5-39(16) ถึง 5-53(16) แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด

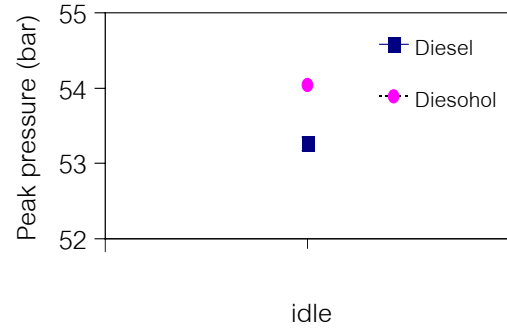
รูปที่ 5-39(17) ถึง 5-53(17) แสดงการเปรียบเทียบค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดโดยพิจารณาจากกราฟการปล่อยความร้อนสุทธิในรูปที่ 5-9(5) ถึง 5-38(5)

รูปที่ 5-39(18) ถึง 5-53(18) แสดงการเปรียบเทียบค่าสูงสุดของเศษส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้แล้วโดยพิจารณาจากกราฟสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ในรูปที่ 5-9(6) ถึง 5-38(6)

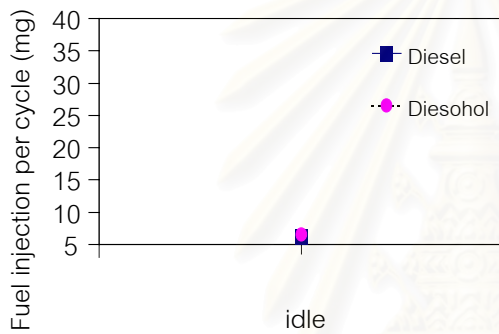
และรูปที่ 5-39(1) และ 5-40(19) ถึง 5-53(19) แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสียที่ได้โดยการวัดขณะทดสอบเครื่องยนต์



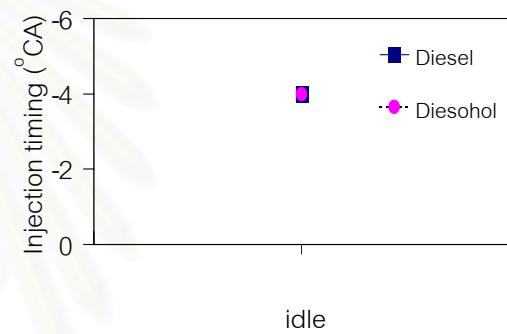
รูปที่ 5-39(1) อุณหภูมิไอเสีย  
ที่รอบเดินเบา



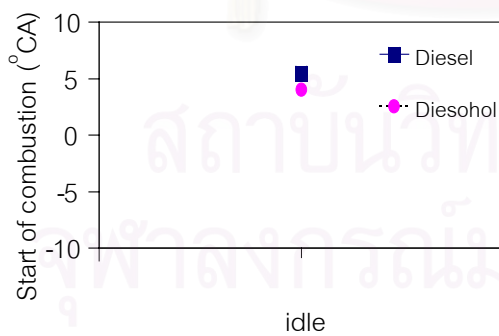
รูปที่ 5-39(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด  
ที่รอบเดินเบา



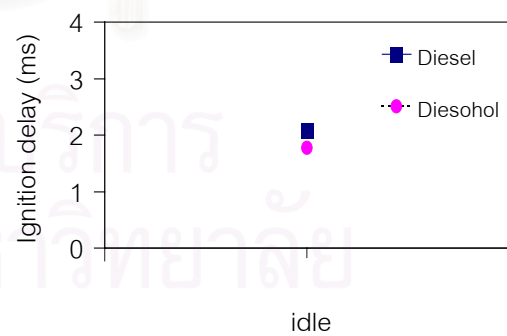
รูปที่ 5-39(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร  
ที่รอบเดินเบา



รูปที่ 5-39(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง  
ที่รอบเดินเบา

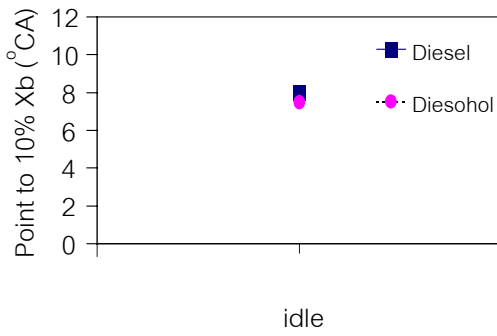


รูปที่ 5-39(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้  
ที่รอบเดินเบา

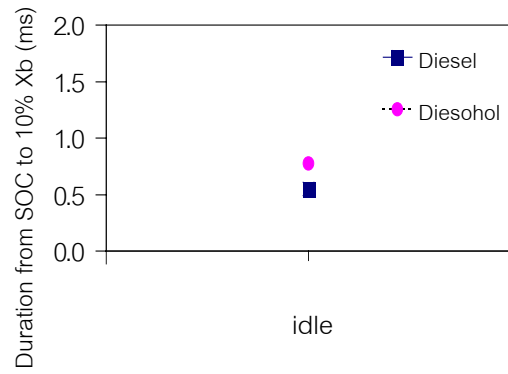


รูปที่ 5-39(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด  
ที่รอบเดินเบา

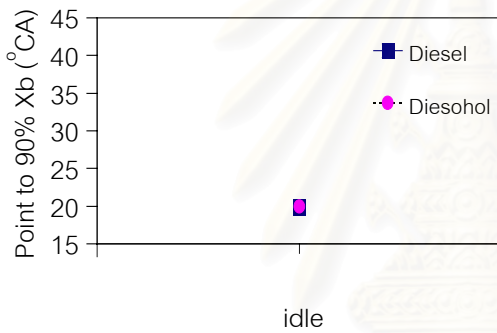




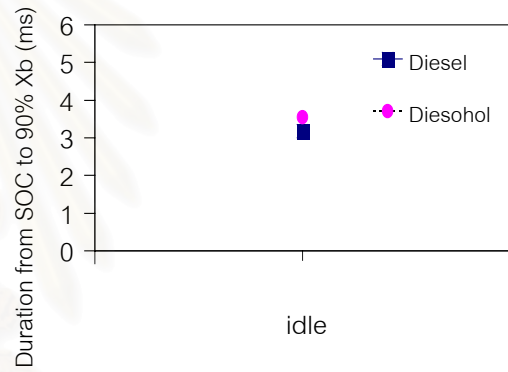
รูปที่ 5-39(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่รอบเดินเบา



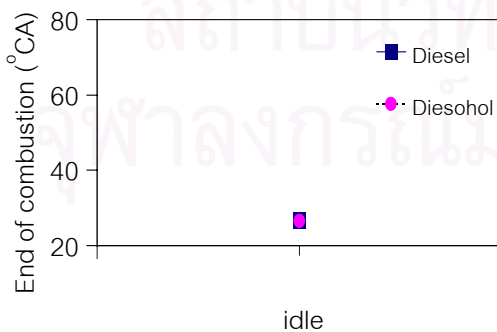
รูปที่ 5-39(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่รอบเดินเบา



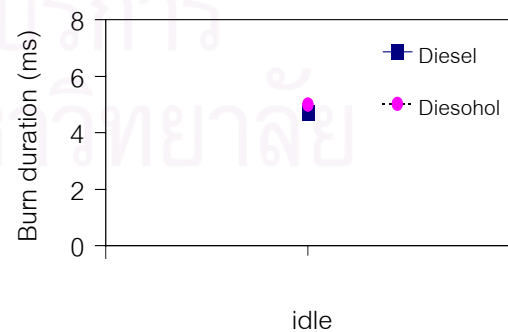
รูปที่ 5-39(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่รอบเดินเบา



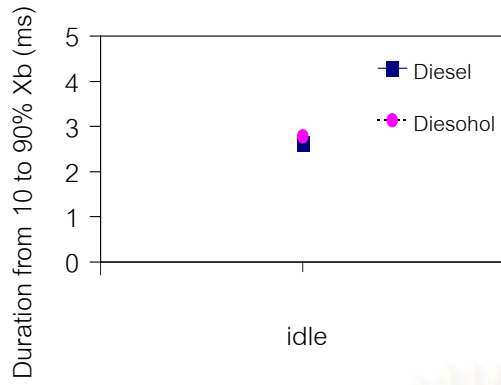
รูปที่ 5-39(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่รอบเดินเบา



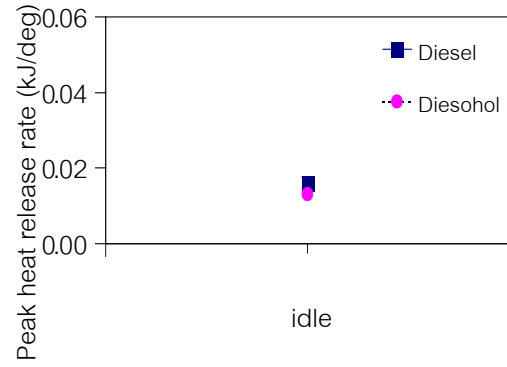
รูปที่ 5-39(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา



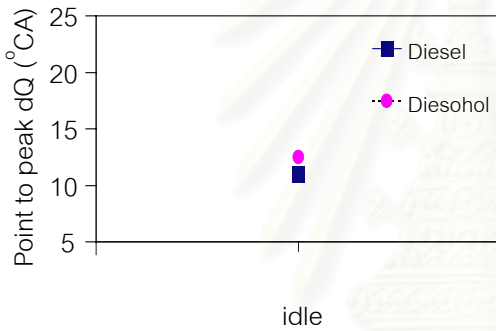
รูปที่ 5-39(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่รอบเดินเบา



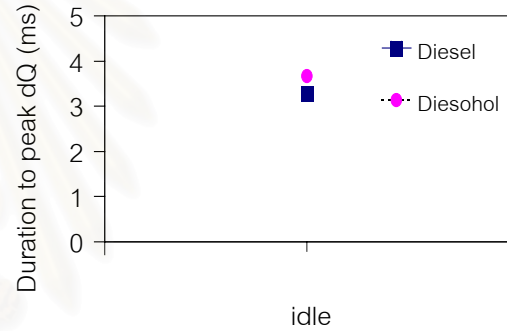
รูปที่ 5-39(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่รอบเดินเบา



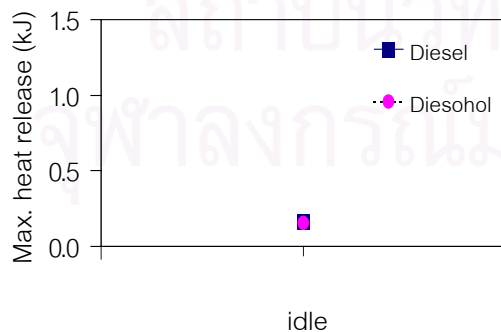
รูปที่ 5-39(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่รอบเดินเบา



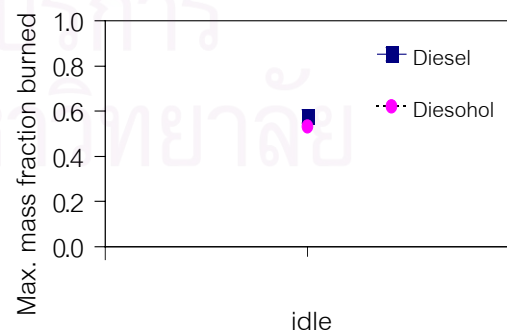
รูปที่ 5-39(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่รอบเดินเบา



รูปที่ 5-39(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่รอบเดินเบา



รูปที่ 5-39(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่รอบเดินเบา



รูปที่ 5-39(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่รอบเดินเบา

### 5.3.1 รอบเดินเบา

จากรูปที่ 5-39(1) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าเท่ากัน คือ  $95^{\circ}\text{C}$

จากรูปที่ 5-39(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-39(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีโซฮอลล์มากกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-39(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองเกิดที่ตำแหน่งเดียวกันคือ  $-4$  องศาข้อเหวี่ยง

จากรูปที่ 5-39(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีโซฮอลล์เกิดก่อนดีเซล 1.5 องศาข้อเหวี่ยง

จากรูปที่ 5-39(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีเซลช้ากว่าดีโซฮอลล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-39(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของดีเซลเกิดขึ้นช้ากว่าดีโซฮอลล์ 0.5 องศาข้อเหวี่ยง

จากรูปที่ 5-39(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของดีเซลยาวกว่าดีโซฮอลล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-39(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ของเชื้อเพลิงทั้งสองเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันคือที่ 20 องศาข้อเหวี่ยง

จากรูปที่ 5-39(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ดีเซลจะสั้นกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-39(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองเกิดที่ตำแหน่งใกล้เคียงกันมาก โดยดีเซลสิ้นสุดการเผาไหม้ช้ากว่า 0.5 องศาข้อเหวี่ยง

จากรูปที่ 5-39(12) ช่วงการเผาไหม้ของดีเซลสั้นกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-39(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ถึง 90% ของดีโซฮอลล์จะยาวกว่าดีเซล

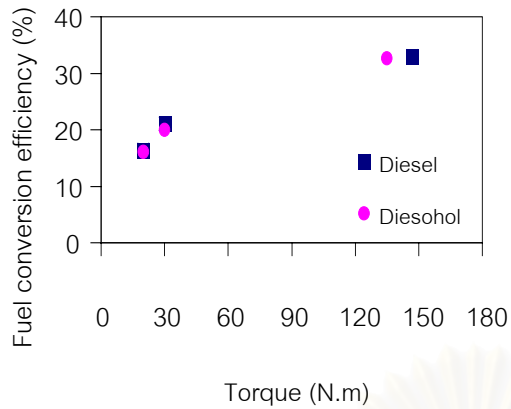
จากรูปที่ 5-39(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลสูงกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-39(15) พบว่าตำแหน่ง peak ของดีเซลจะเกิดก่อนดีโซฮอลล์ 1.5 องศาข้อเหวี่ยง

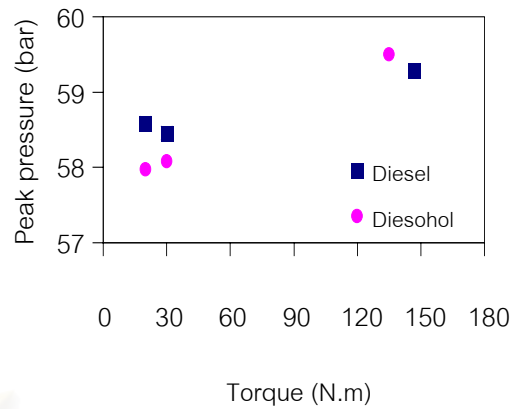
จากรูปที่ 5-39(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีโซฮอลล์จะยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-39(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดของดีเซลมากกว่าดีโซฮอลล์เล็กน้อย

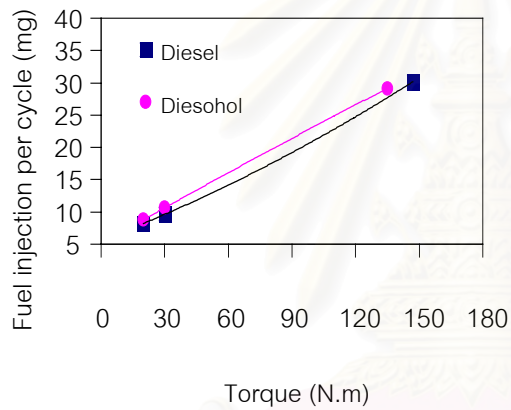
จากรูปที่ 5-39(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดของดีเซลมากกว่าดีโซฮอลล์



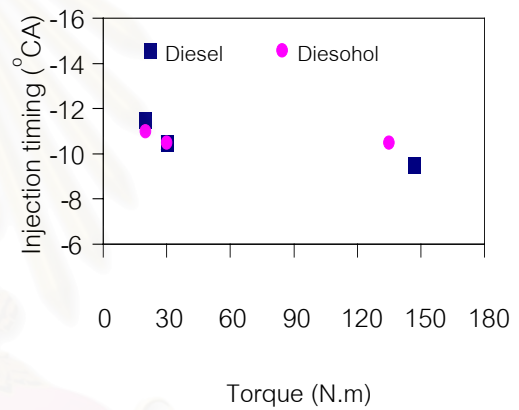
รูปที่ 5-40(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



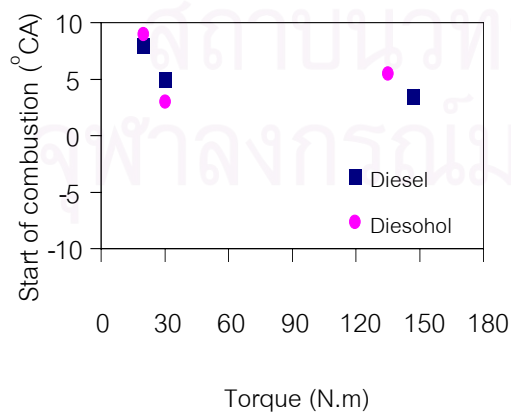
รูปที่ 5-40(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



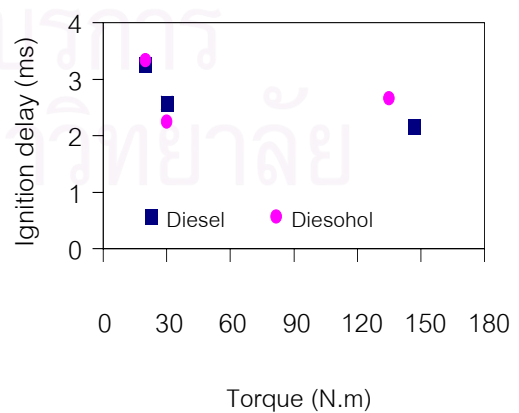
รูปที่ 5-40(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



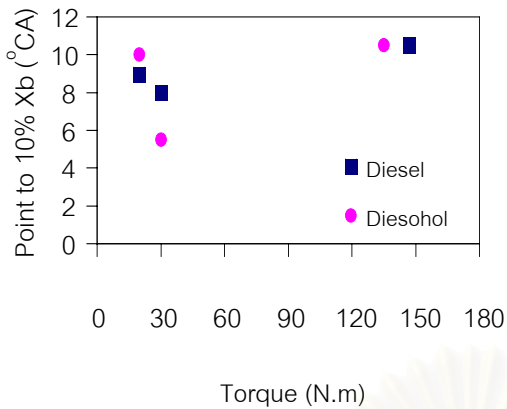
รูปที่ 5-40(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



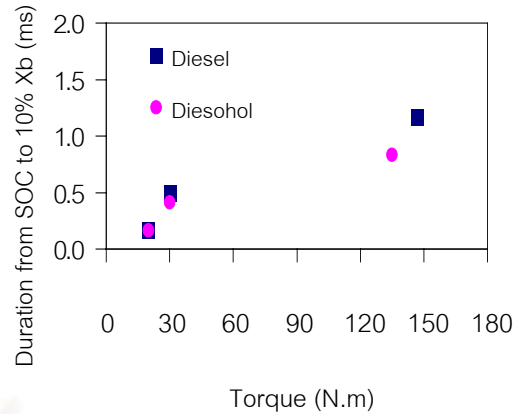
รูปที่ 5-40(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



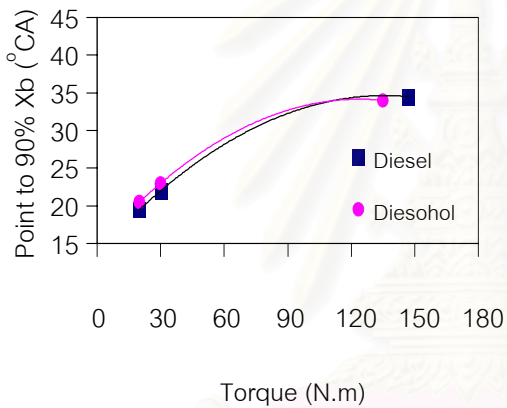
รูปที่ 5-40(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



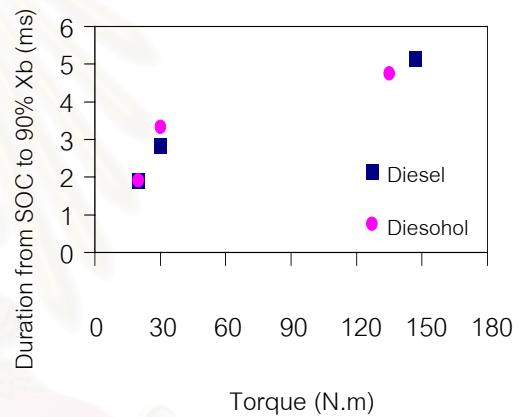
รูปที่ 5-40(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



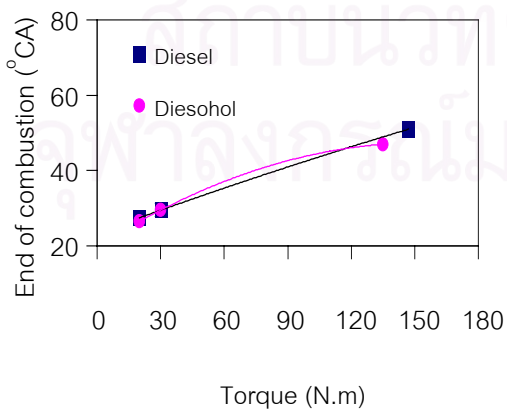
รูปที่ 5-40(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



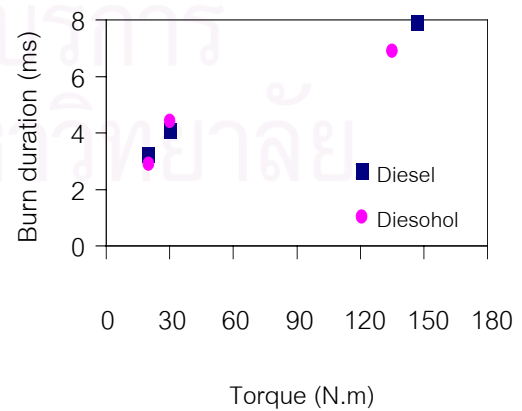
รูปที่ 5-40(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



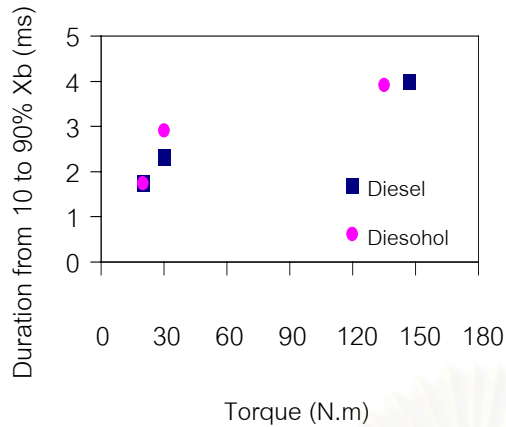
รูปที่ 5-40(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



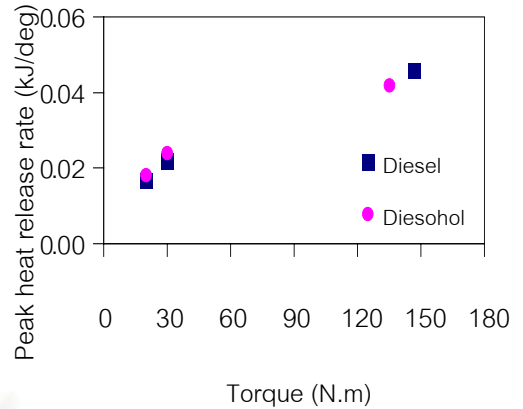
รูปที่ 5-40(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



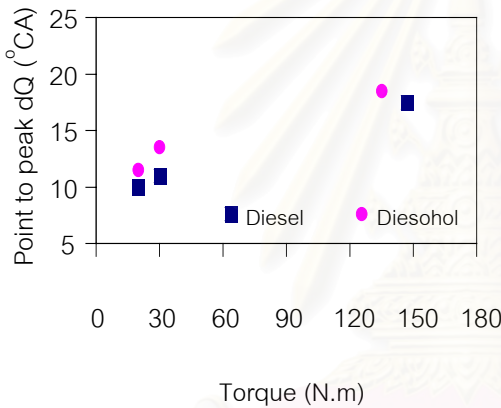
รูปที่ 5-40(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



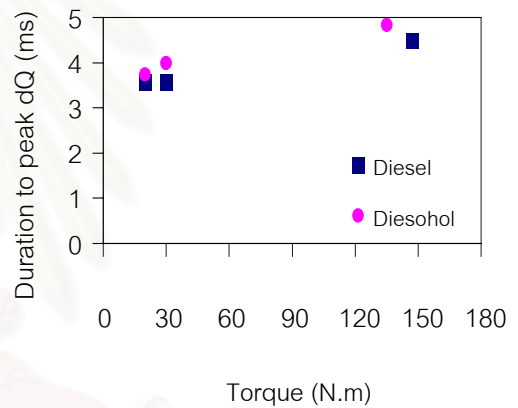
รูปที่ 5-40(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



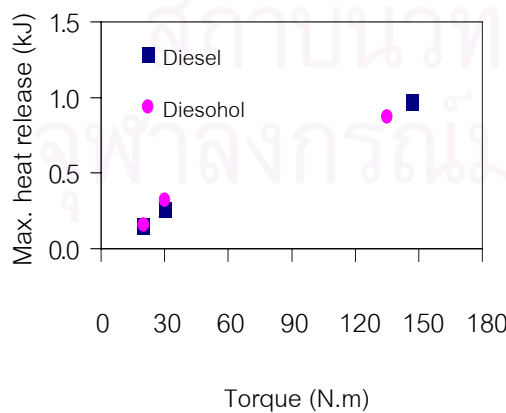
รูปที่ 5-40(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



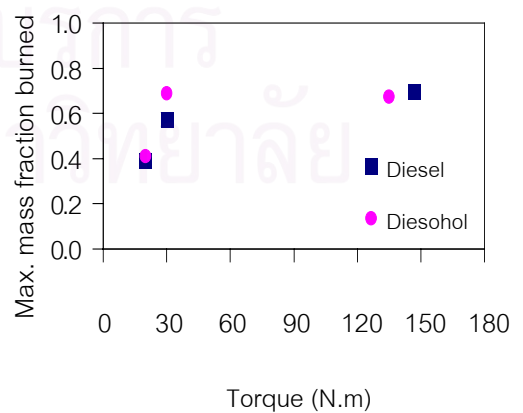
รูปที่ 5-40(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



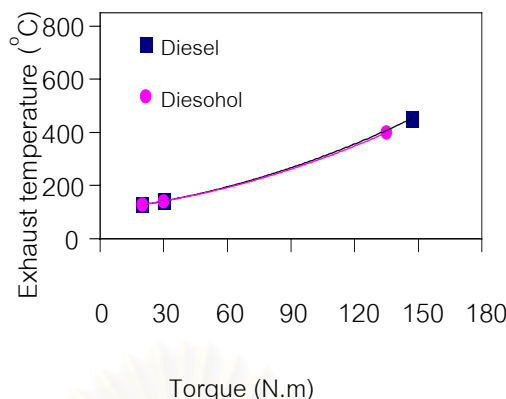
รูปที่ 5-40(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



รูปที่ 5-40(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



รูปที่ 5-40(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min



รูปที่ 5-40(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min

### 5.3.2 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1000 rev/min

จากรูปที่ 5-40(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น และดีเซลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมากกว่าดีโซฮอล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-40(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของดีเซลจะสูงกว่าดีโซฮอล์ที่แรงบิดต่ำ แต่ที่แรงบิดสูงสุดพบว่าดีโซฮอล์มีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดสูงกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-40(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงบิดเท่ากัน ดีโซฮอล์มีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-40(4) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น องศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีเซลมีแนวโน้ม retard ลงเล็กน้อย ส่วนดีโซฮอล์มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และที่แรงบิดต่ำองศาการฉีดเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยที่แรงบิด 20 N.m ดีเซลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอล์เล็กน้อย และที่แรงบิด 30 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีองศาการฉีดไม่แตกต่างกัน แต่องศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีโซฮอล์จะ advance กว่าดีเซลที่แรงบิดสูงสุด

จากรูปที่ 5-40(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีเซลจะเกิดเร็วเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ส่วนดีโซฮอล์มีแนวโน้มช้าลงในช่วงแรงบิดต่ำและเร็วขึ้นเล็กน้อยที่แรงบิดสูงสุด โดยดีโซฮอล์มีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซลยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m

จากรูปที่ 5-40(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีเซลจะสั้นลงเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ส่วนดีโซฮอล์มีแนวโน้มสั้นลงในช่วงแรงบิดต่ำและยาวขึ้นเล็กน้อยที่แรงบิดสูงสุด โดยดีโซฮอล์มีแนวโน้มที่จะเริ่มต้นการเผาไหม้เร็วกว่าดีเซลยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m

จากรูปที่ 5-40(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกันเมื่อแรงบิดสูงขึ้น ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% เกิดขึ้น

เร็วกว่าจุดอื่นและดีไซฮอลถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีเซล ส่วนที่แรงบิด 20 N.m ดีเซลเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีไซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-40(8) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มยาวขึ้น โดยที่ดีไซฮอลมีช่วงเวลาที่สั้นกว่าดีเซล ยกเว้นที่แรงบิด 20 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน และความแตกต่างจะมากขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 5-40(9) เมื่อแรงบิดสูงขึ้น เชื้อเพลิงทั้งสองจะเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ช้าลง และเมื่อเปรียบเทียบกับที่แรงบิดค่าเดียวกัน ดีไซฮอลจะถึงที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% หลังดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-40(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มที่จะยาวขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น และช่วงเวลาของดีเซลกับดีไซฮอลมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m ดีไซฮอลมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-40(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีแนวโน้มที่จะสิ้นสุดการเผาไหม้หลังดีไซฮอลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองสิ้นสุดการเผาไหม้ที่ไม่ต่างกัน

จากรูปที่ 5-40(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีแนวโน้มของช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีไซฮอล ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m ดีไซฮอลยาวกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-40(13) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มยาวขึ้น โดยดีเซลมีช่วงเวลาใกล้เคียงกับดีไซฮอล ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m ดีไซฮอลมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-40(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีไซฮอลมีแนวโน้มสูงกว่าดีเซลเล็กน้อยที่แรงบิดต่ำเนื่องจากดีไซฮอลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซลดังรูปที่ 5-40(3) แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีไซฮอลมีค่า peak ต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่น้อยกว่า

จากรูปที่ 5-40(15) พบว่าจุดที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลจะเกิดก่อนดีไซฮอลเล็กน้อย และจุด peak นี้จะเกิดห่างออกไปเมื่อแรงบิดเพิ่มสูงขึ้น

จากรูปที่ 5-40(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดสั้นกว่าดีไซฮอล

จากรูปที่ 5-40(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดของดีไซฮอลมีแนวโน้มสูงกว่าดีเซลเล็กน้อยที่แรงบิดต่ำเนื่องจากดี



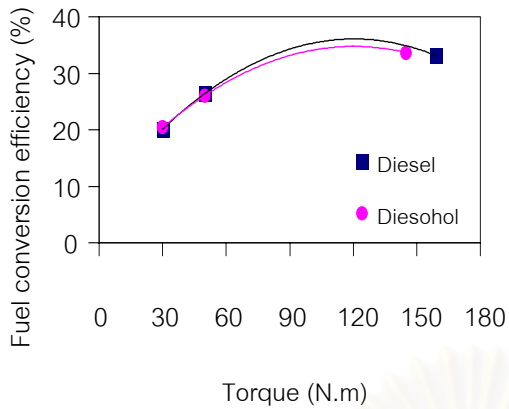
โซฮอลด์มีปริมาณการขีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซลดังรูปที่ 5-40(3) แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีโซฮอลด์มีค่า peak ต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากดีโซฮอลด์มีปริมาณการขีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรน้อยกว่า

จากรูปที่ 5-40(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้นในช่วงแรงบิดต่ำ และมีแนวโน้มคงที่ที่แรงบิดสูง ที่แรงบิด 20 N.m เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วของดีเซลมีค่าใกล้เคียงกับดีโซฮอลด์ แต่ที่แรงบิด 30 N.m เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วของดีโซฮอลด์สูงกว่าดีเซล ส่วนที่แรงบิดสูงสุดดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงกว่าดีโซฮอลด์

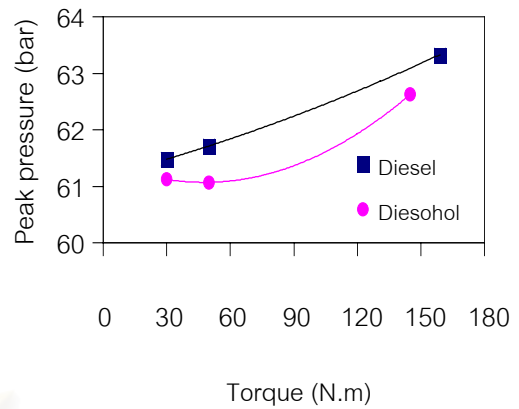
จากรูปที่ 5-40(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมาก และแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีโซฮอลด์ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับปริมาณการปล่อยความร้อนสุทธิ



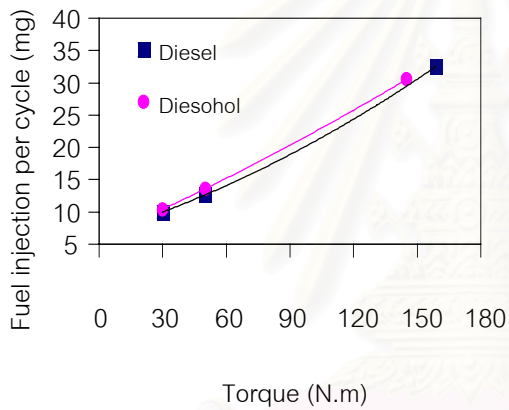
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



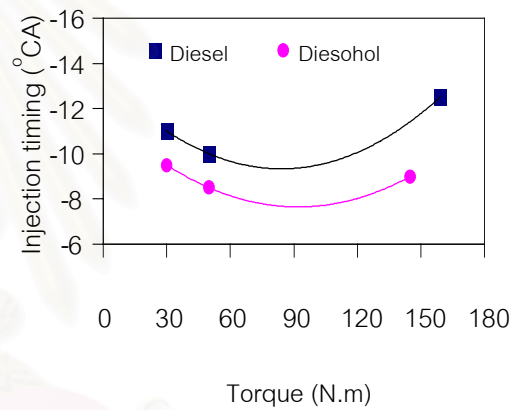
รูปที่ 5-41(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



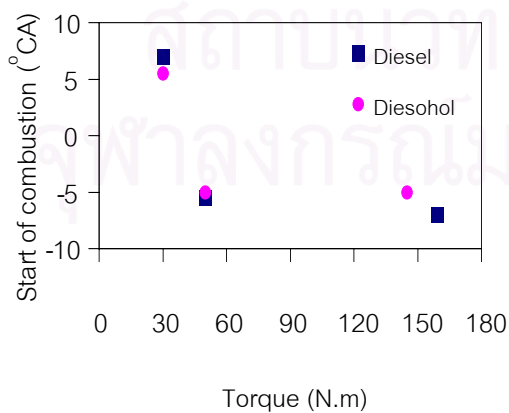
รูปที่ 5-41(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



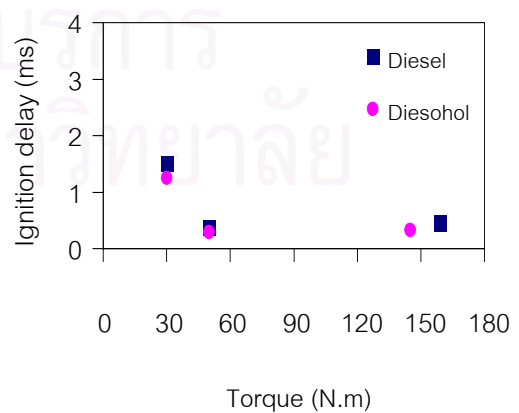
รูปที่ 5-41(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



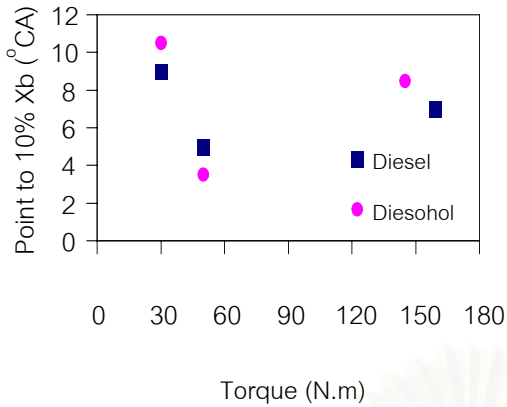
รูปที่ 5-41(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



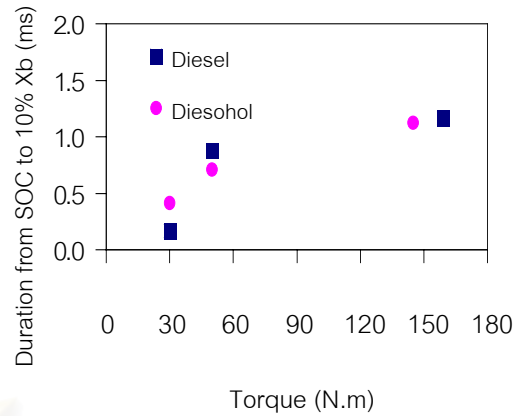
รูปที่ 5-41(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



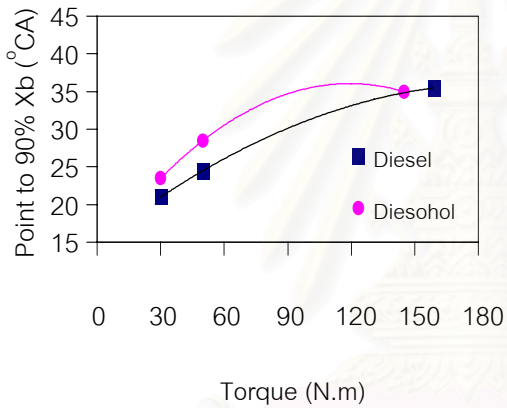
รูปที่ 5-41(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



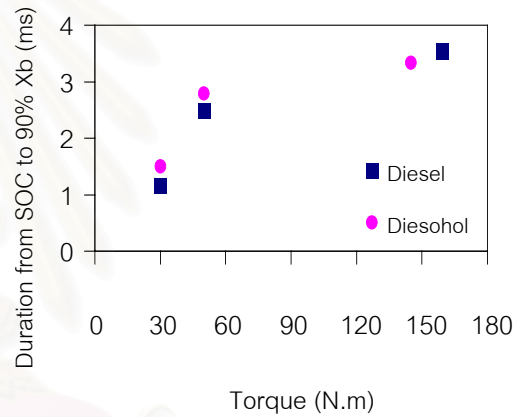
รูปที่ 5-41(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



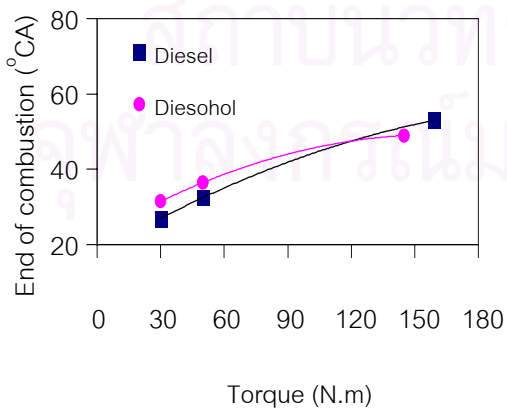
รูปที่ 5-41(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



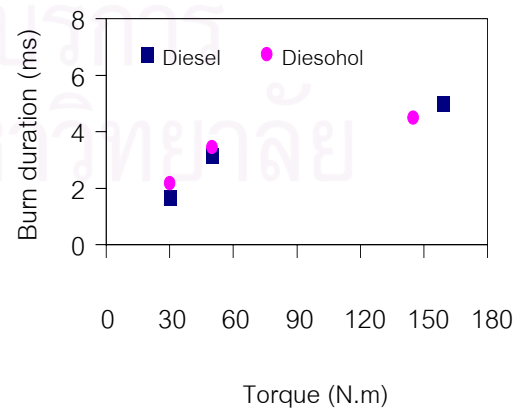
รูปที่ 5-41(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



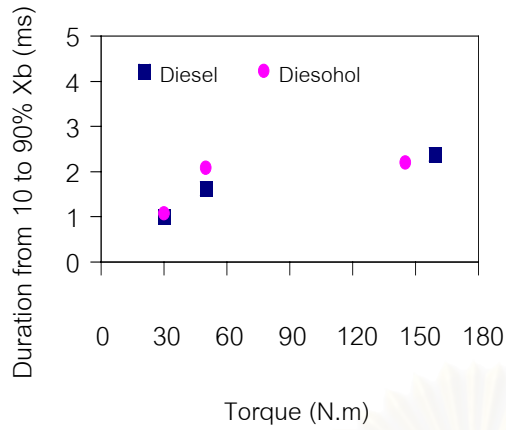
รูปที่ 5-41(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



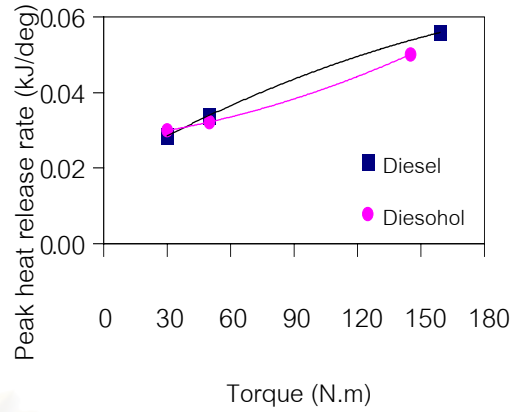
รูปที่ 5-41(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



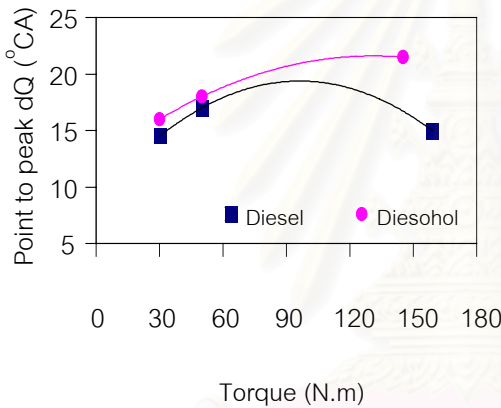
รูปที่ 5-41(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



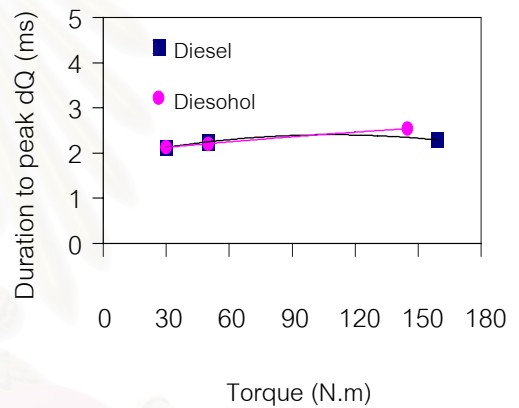
รูปที่ 5-41(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



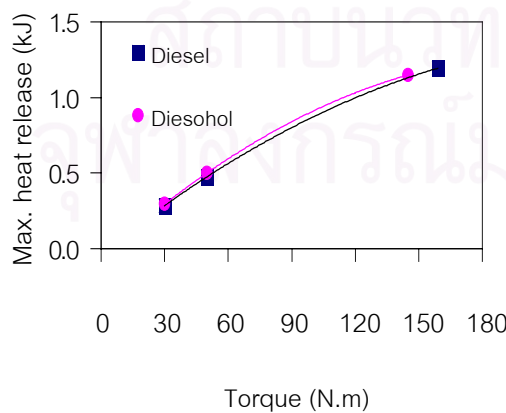
รูปที่ 5-41(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



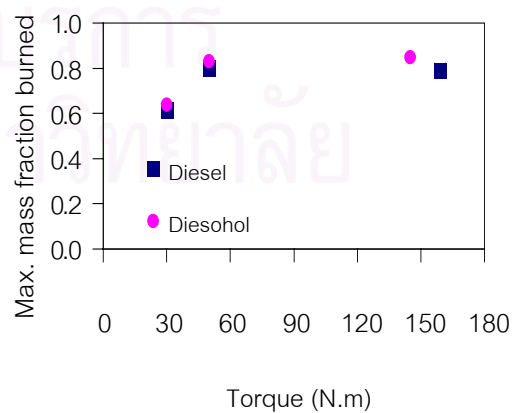
รูปที่ 5-41(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



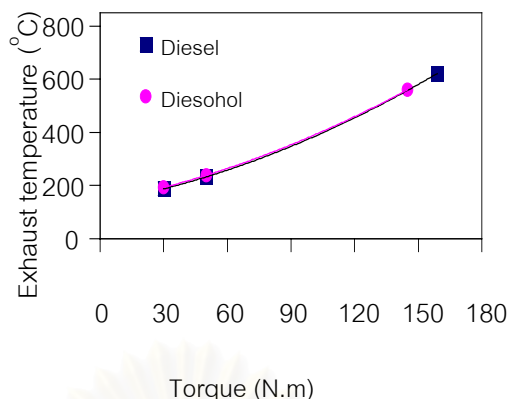
รูปที่ 5-41(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



รูปที่ 5-41(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



รูปที่ 5-41(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min



รูปที่ 5-41(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min

### 5.3.3 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2000 rev/min

จากรูปที่ 5-41(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นจะมากเมื่อแรงบิดต่ำ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์นี้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงของดีเซลและดีโซฮอลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยดีโซฮอลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าเล็กน้อยยกเว้นที่แรงบิด 50 N.m

จากรูปที่ 5-41(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น และเนื่องจากผลของการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ช้ากว่าจากการที่ดีโซฮอลมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่า ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของดีโซฮอลจึงต่ำกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-41(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามแรงบิดสูงขึ้น และเมื่อสังเกตจากกราฟแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นเกือบจะเป็นกราฟเส้นตรง โดยเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกัน ดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล แต่ที่แรงบิดสูงสุด เนื่องจากดีเซลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงกว่า ดังนั้นแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ได้จึงสูงกว่าดีโซฮอล

จากรูปที่ 5-41(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีเซล advance กว่าดีโซฮอลเนื่องจากผลของ compressibility ที่น้อยกว่า และเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ความแตกต่างขององศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีเซลกับดีโซฮอลจะมากขึ้นด้วย

จากรูปที่ 5-41(5) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะเกิดเร็วขึ้นที่แรงบิดต่ำ และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่สำหรับแรงบิดสูง และดีโซฮอลมีแนวโน้มที่จะเริ่มการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซล ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m

จากรูปที่ 5-41(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มที่จะลดลงที่แรงบิดต่ำ และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่สำหรับแรงบิดสูง โดยดีเซลมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-41(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ของดีเซลมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นก่อนดีโซฮอลล์ ยกเว้นที่แรงบิด 50 N.m

จากรูปที่ 5-41(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% มีแนวโน้มยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีแนวโน้มของช่วงเวลายาวกว่าดีโซฮอลล์เล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิด 30 N.m

จากรูปที่ 5-41(9) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มที่จะเกิดช้าลง โดยเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกัน ดีเซลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ก่อนดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-41(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มจะยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลล์มีแนวโน้มที่ยาวกว่าดีเซล ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลยาวกว่าเล็กน้อยเนื่องจากที่แรงบิดสูงสุดดีเซลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-41(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะเกิดช้าลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลล์มีแนวโน้มสิ้นสุดการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซล ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลสิ้นสุดการเผาไหม้ช้ากว่าเนื่องจากที่แรงบิดสูงสุดดีเซลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-41(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลล์มีแนวโน้มที่ยาวกว่าดีเซล ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลยาวกว่าเล็กน้อยเนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

จากรูปที่ 5-41(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 30 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ที่แรงบิด 50 N.m ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าเล็กน้อย และที่แรงบิดสูงสุด ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลาด้านกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-41(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเพิ่มสูงขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น และที่ภาระบางส่วน ดีเซลมีแนวโน้มของอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดใกล้เคียงกับดีโซฮอลล์ แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีเซลเนื่องจากดีเซลมีช่วงการฉีดเชื้อเพลิงยาวกว่าเล็กน้อย ดีโซฮอลล์ดังรูปที่ 5-31(ค)

จากรูปที่ 5-41(15) ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลจะเกิดขึ้นก่อนดีโซฮอลล์ดังรูปที่ 5-11(ง), 5-12(ง) และ 5-31(ง)

จากรูปที่ 5-41(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีโซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าเนื่องจากค่าสูงสุดของอัตราการปล่อยความร้อนที่จุดนี้ของดีโซฮอลล์เป็นค่าสูงสุดที่ peak ที่สอง

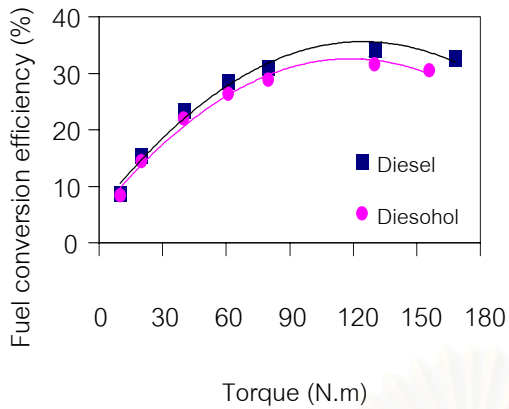
จากรูปที่ 5-41(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มสูงขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น และที่ภาระบางส่วน ดีเซลมีแนวโน้มของการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดใกล้เคียงกับดีโซฮอลล์ และที่แรงบิดสูงสุดดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมากกว่าดีโซฮอลล์เนื่องจากดีเซลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าและช่วงการฉีดยาวกว่าดีโซฮอลล์ ซึ่งแนวโน้มเช่นนี้เหมือนกับกราฟปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรดังรูปที่ 5-41(3)

จากรูปที่ 5-41(18) เมื่อแรงบิดสูงขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดจะเพิ่มขึ้นที่แรงบิดต่ำ และมีแนวโน้มคงที่สำหรับแรงบิดสูง โดยที่ดีโซฮอลล์มีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วมากกว่าดีเซลเล็กน้อยที่แรงบิดสูง แต่ที่แรงบิดต่ำมีค่าใกล้เคียงกัน

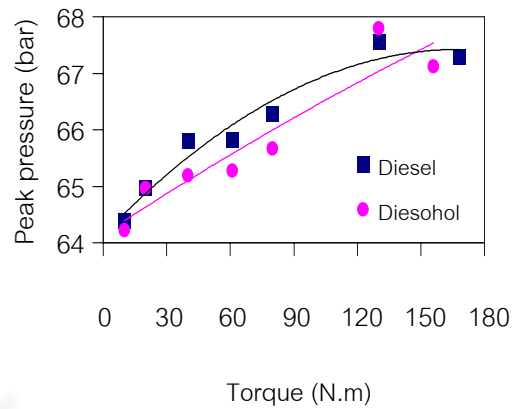
จากรูปที่ 5-41(19) อุณหภูมิไอเสียจะสูงขึ้นตามแรงบิดที่สูงขึ้น โดยที่ภาระบางส่วน ดีโซฮอลล์มีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าเนื่องจากปริมาณการปล่อยความร้อนสุทธิของดีเซลสูงกว่า



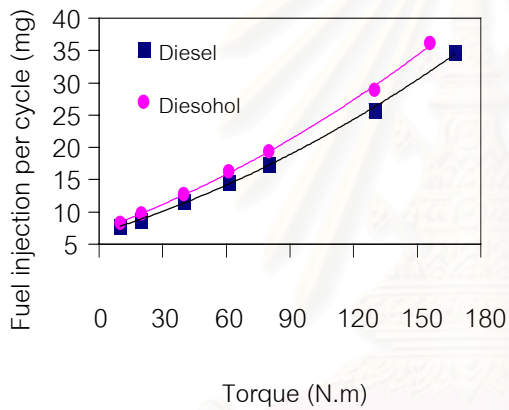
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



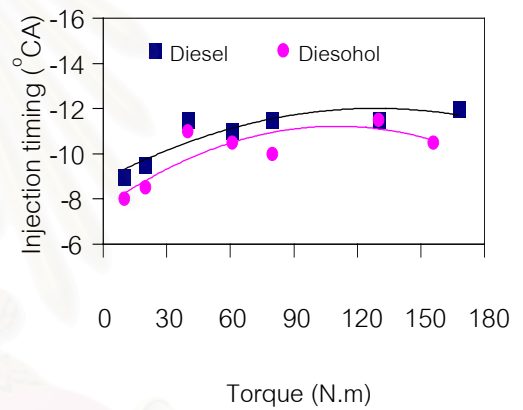
รูปที่ 5-42(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



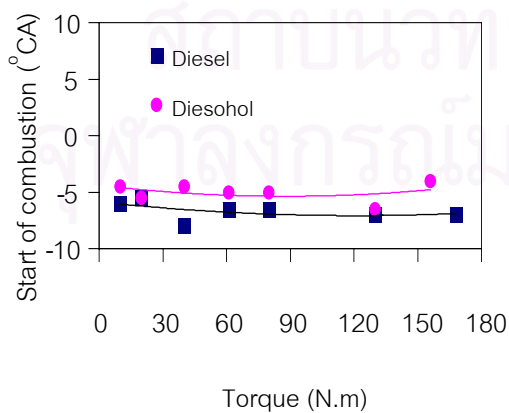
รูปที่ 5-42(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



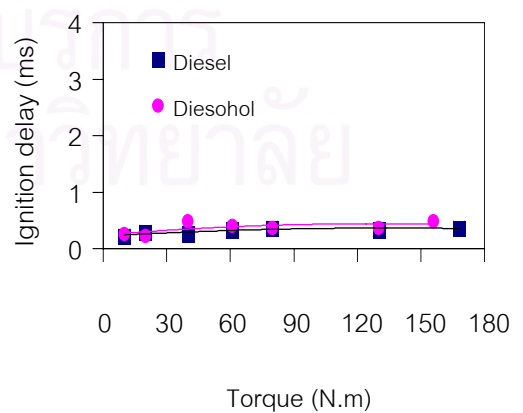
รูปที่ 5-42(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



รูปที่ 5-42(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min

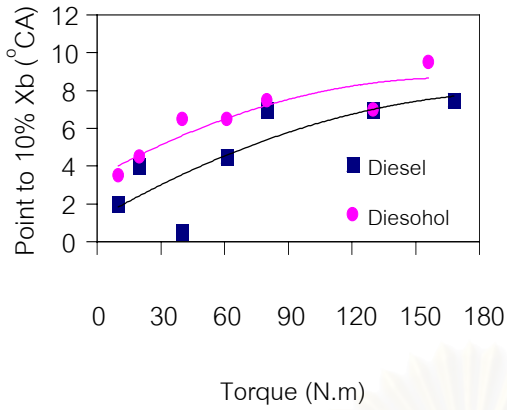


รูปที่ 5-42(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min

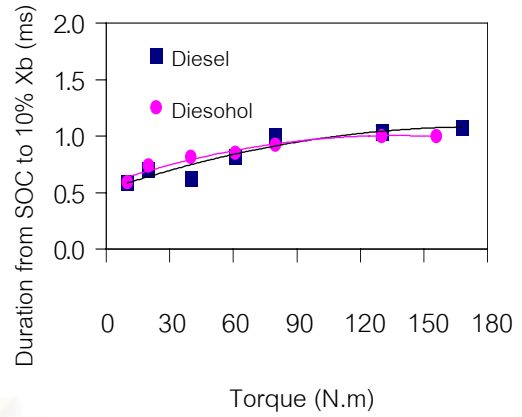


รูปที่ 5-42(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min

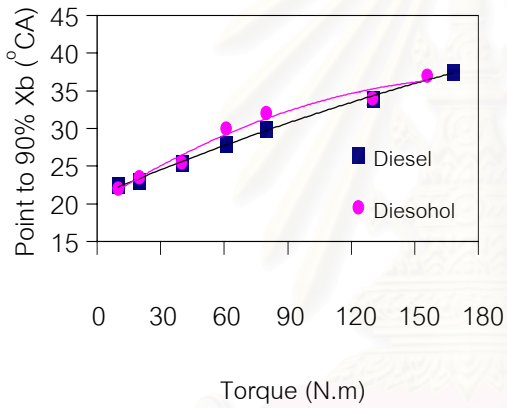




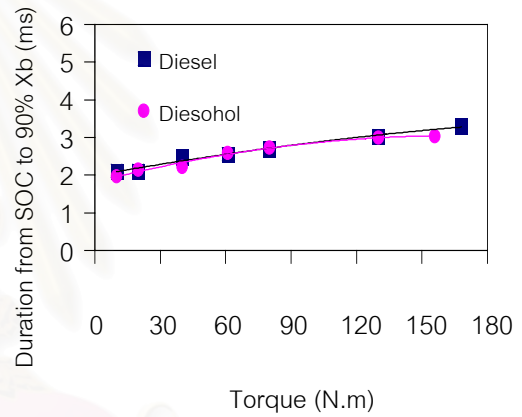
รูปที่ 5-42(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



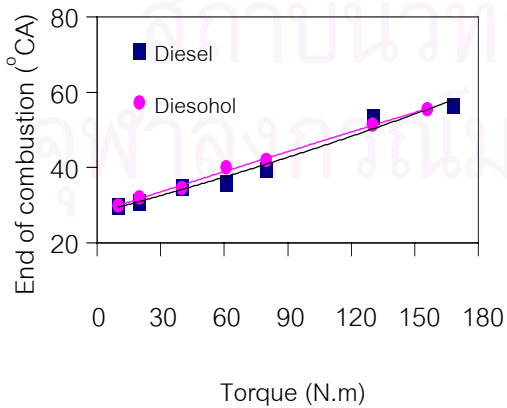
รูปที่ 5-42(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



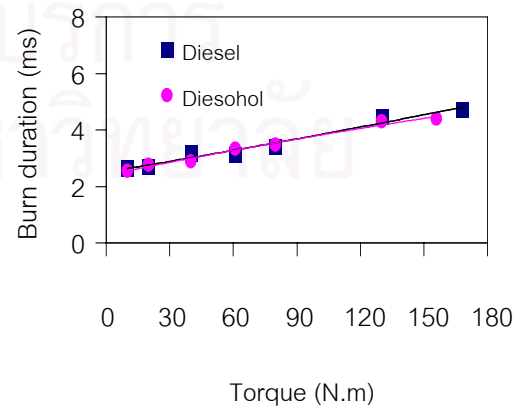
รูปที่ 5-42(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



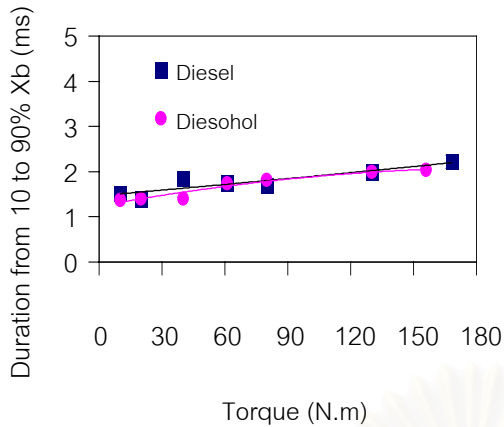
รูปที่ 5-42(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



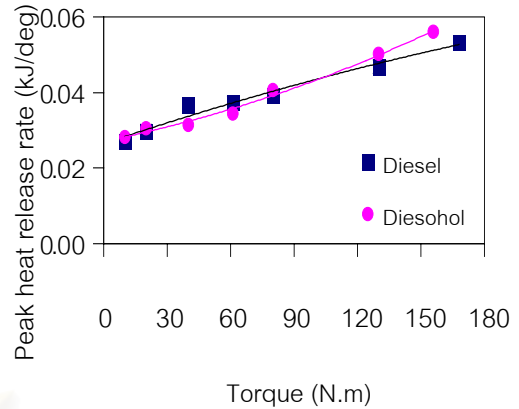
รูปที่ 5-42(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



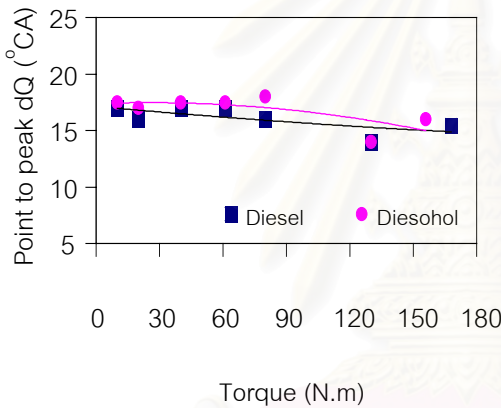
รูปที่ 5-42(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



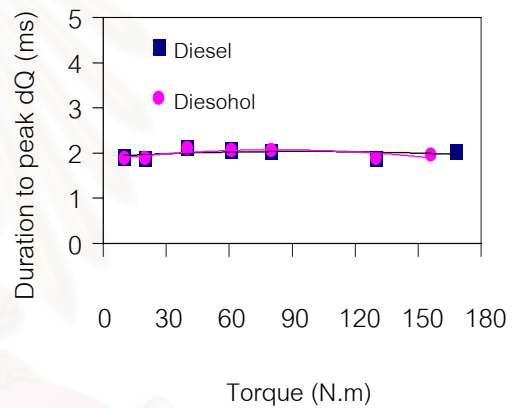
รูปที่ 5-42(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



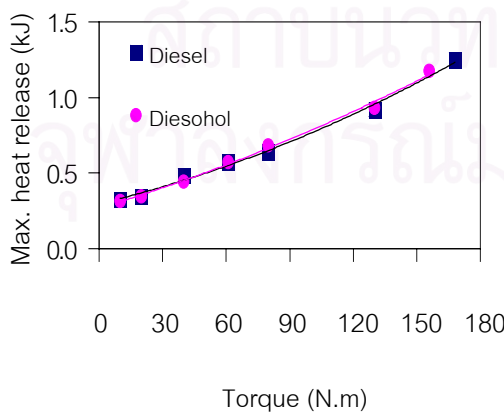
รูปที่ 5-42(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



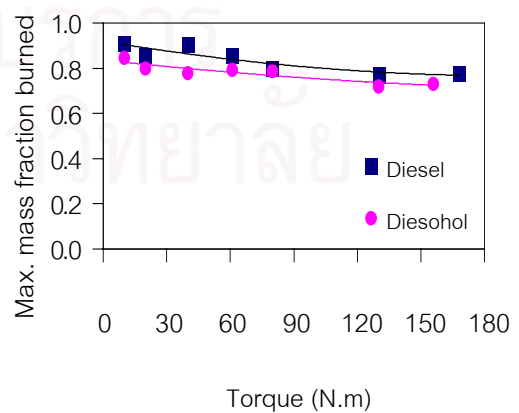
รูปที่ 5-42(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



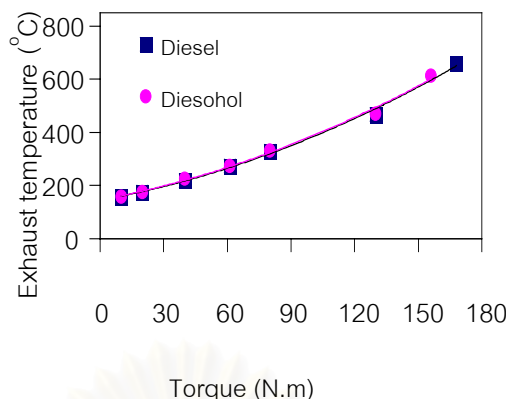
รูปที่ 5-42(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



รูปที่ 5-42(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



รูปที่ 5-42(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min



รูปที่ 5-42(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min

#### 5.3.4 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2250 rev/min

จากรูปที่ 5-42(1) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นมากที่แรงบิดต่ำ และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่แรงบิดปานกลาง ส่วนที่แรงบิดสูงสุดกราฟจะลดลงเล็กน้อย สำหรับที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์นี้ ดีเซลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าดีโซฮอลและผลต่างจะมากขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น

จากรูปที่ 5-42(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของดีโซฮอลจะต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากผลของการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ช้ากว่าจากการที่ดีโซฮอลมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่า

จากรูปที่ 5-42(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น และดีโซฮอลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงกว่าดีเซล โดยความแตกต่างจะมากขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น

จากรูปที่ 5-42(4) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น องศาการฉีดเชื้อเพลิงจะ advance ขึ้นที่แรงบิดต่ำ และมีแนวโน้มค่อนข้างจะคงที่ที่แรงบิดปานกลางถึงแรงบิดสูง โดยดีเซลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-42(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะเริ่มต้นการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอล ยกเว้นที่แรงบิด 20 N.m เริ่มต้นการเผาไหม้ที่ตำแหน่งใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-42(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกันที่ทุกแรงบิด ยกเว้นที่แรงบิด 40 N.m และแรงบิดสูงสุด ดีโซฮอลมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-42(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มเกิดขึ้นช้าลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และดีเซลมีแนวโน้มจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีโซฮอลล์ ยกเว้นที่แรงบิด 130 N.m ซึ่งไม่พบความแตกต่าง

จากรูปที่ 5-42(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิด 40 N.m ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่า

จากรูปที่ 5-42(9) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะเกิดขึ้นช้าลง โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิด 60 และ 80 N.m ดีโซฮอลล์จะเกิดขึ้นช้ากว่า

จากรูปที่ 5-42(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาพอๆกัน ยกเว้นที่แรงบิด 10, 40 N.m และแรงบิดสูงสุด ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลาที่สั้นกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-42(11) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดสิ้นสุดการเผาไหม้จะยิ่งห่างจาก TDC มากขึ้น โดยที่แรงบิดต่ำถึงปานกลาง ดีเซลมีแนวโน้มสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอลล์ และที่แรงบิดสูงดีโซฮอลล์มีแนวโน้มสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-42(12) ช่วงการเผาไหม้จะยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองยาวพอๆกัน ยกเว้นบางจุดที่ดีโซฮอลล์มีช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าเล็กน้อยคือที่แรงบิด 40, 130 N.m และแรงบิดสูงสุด และที่แรงบิด 60 N.m ดีโซฮอลล์ยาวกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-42(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิด 40 N.m ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลาด้านกว่า

จากรูปที่ 5-42(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะสูงขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่ดีโซฮอลล์มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีโซฮอลล์ที่แรงบิดต่ำและแรงบิดสูง ส่วนที่แรงบิดปานกลางคือที่แรงบิด 40 และ 60 N.m ดีเซลมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีโซฮอลล์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ากราฟอัตราการฉีดเชื้อเพลิงลูกที่ 2 ของดีเซลยาวกว่าดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-42(15) พบว่าดีโซฮอลล์มีตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดช้ากว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิด 130 N.m ตำแหน่ง peak ไม่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-42(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่สำหรับทุกแรงบิด และนอกจากนั้นดีเซลและดีโซฮอลล์ยังมีช่วงเวลาที่ ไม่แตกต่างกันอีกด้วย

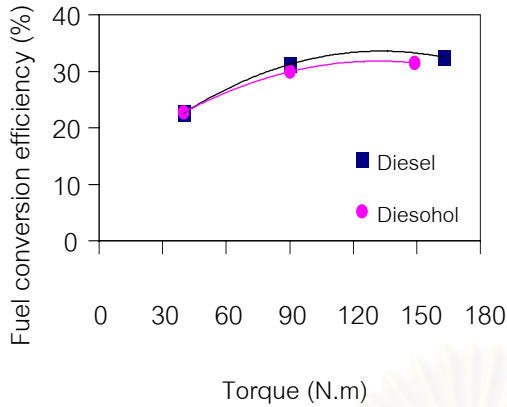
จากรูปที่ 5-42(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่แรงบิดค่าเดียวกัน เชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มของการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมากกว่าดีโซฮอลล์ เนื่องจากดีเซลมีช่วงการฉีดเชื้อเพลิงยาวกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-42(18) เมื่อแรงบิดสูงขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดจะลดลงเล็กน้อยที่แรงบิดต่ำสำหรับดีโซฮอลล์ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์นี้ ดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดสูงกว่าดีโซฮอลล์ทุกจุดทำงาน

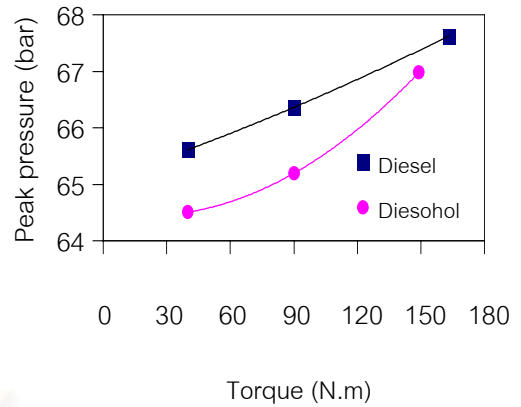
จากรูปที่ 5-42(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบที่ค่าแรงบิดเท่ากัน ดีโซฮอลล์มีอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์สูงกว่าดีเซลเล็กน้อย



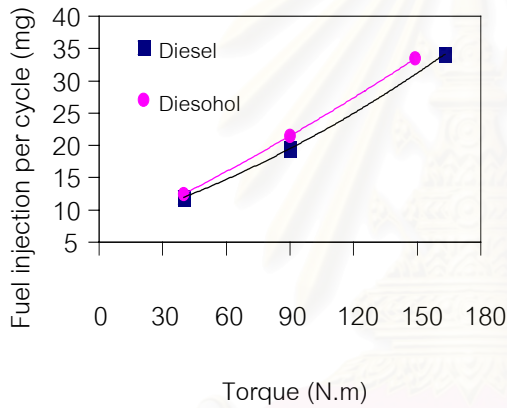
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



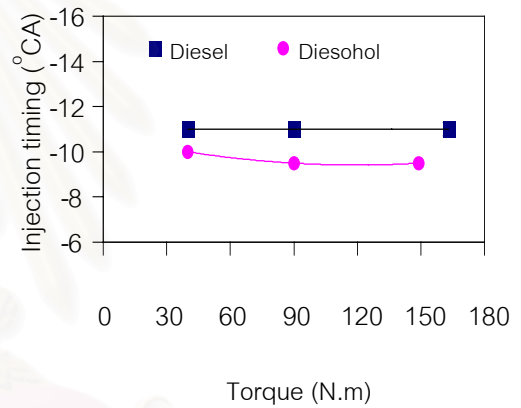
รูปที่ 5-43(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



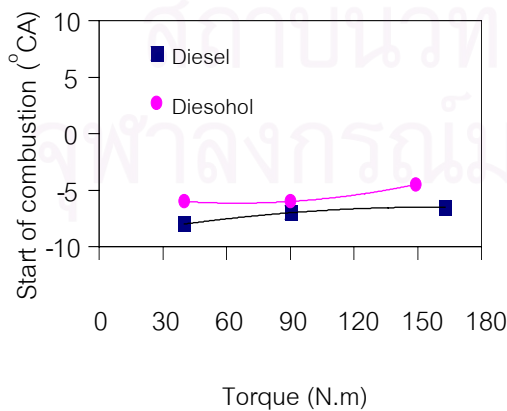
รูปที่ 5-43(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



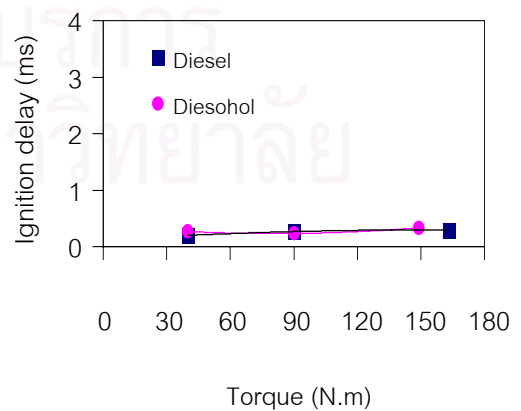
รูปที่ 5-43(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



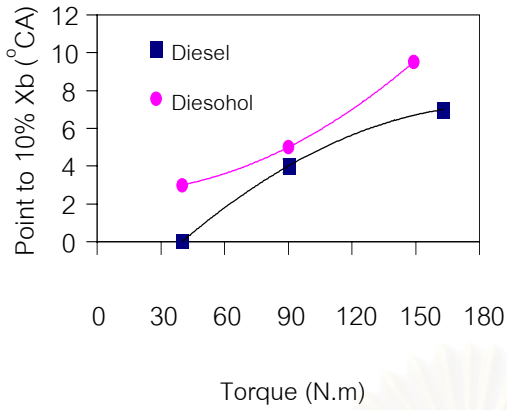
รูปที่ 5-43(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



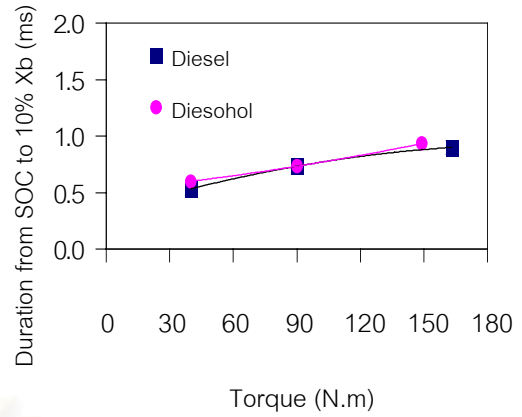
รูปที่ 5-43(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



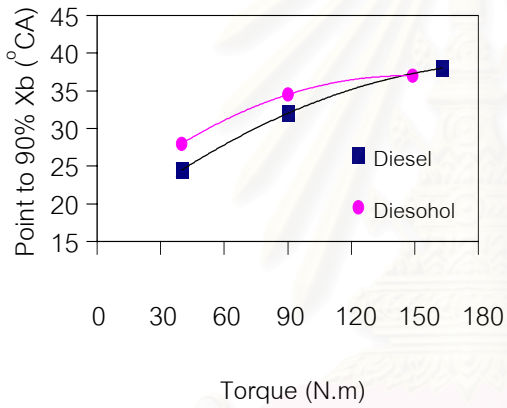
รูปที่ 5-43(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



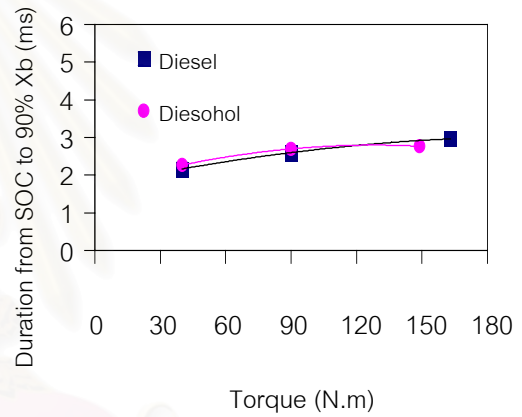
รูปที่ 5-43(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



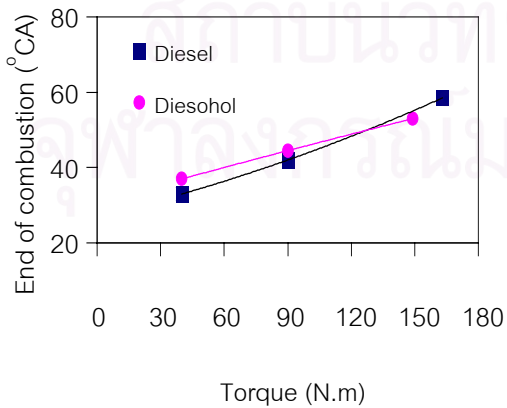
รูปที่ 5-43(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



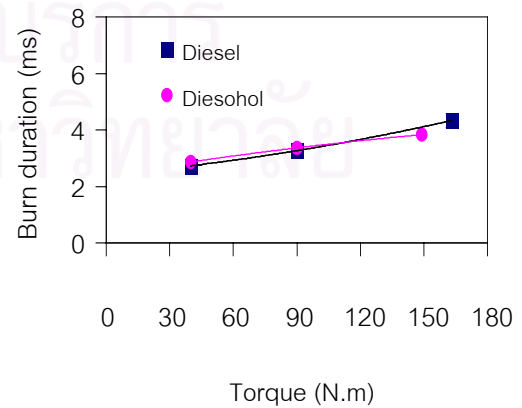
รูปที่ 5-43(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



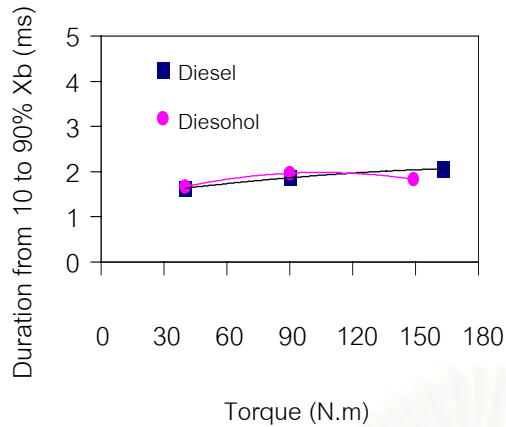
รูปที่ 5-43(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



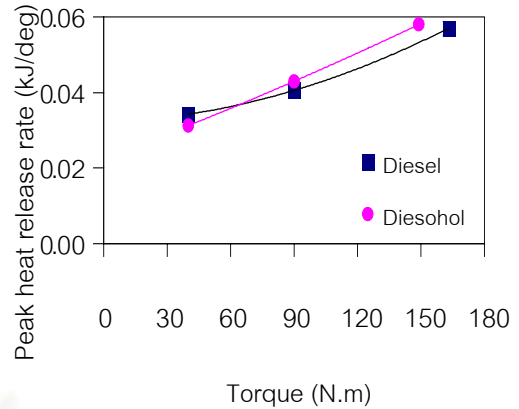
รูปที่ 5-43(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



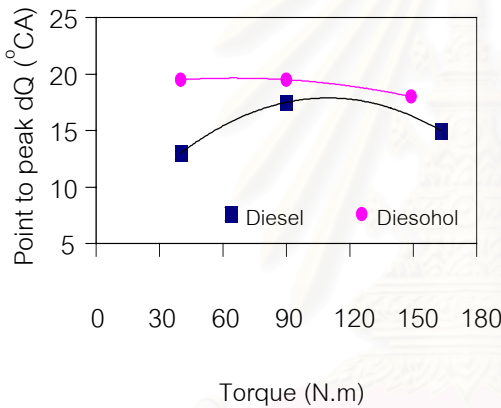
รูปที่ 5-43(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



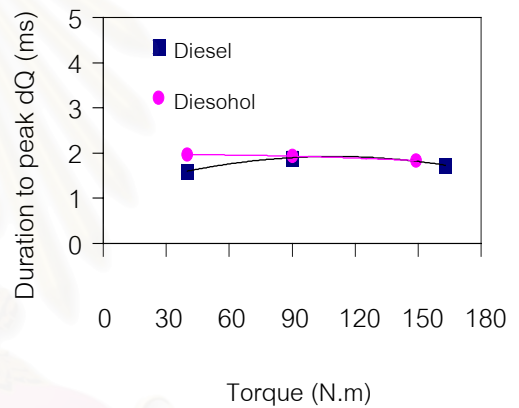
รูปที่ 5-43(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



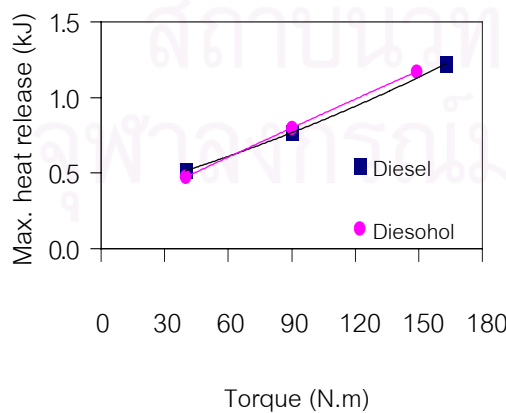
รูปที่ 5-43(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



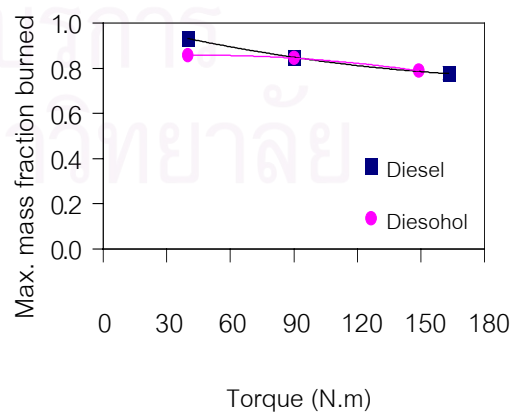
รูปที่ 5-43(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



รูปที่ 5-43(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min

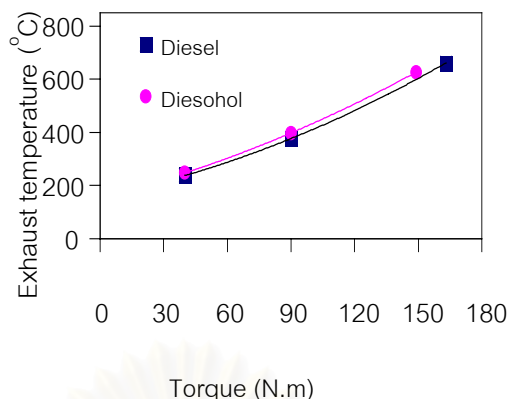


รูปที่ 5-43(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min



รูปที่ 5-43(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min





รูปที่ 5-43(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min

### 5.3.5 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2500 rev/min

จากรูปที่ 5-43(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มจากต่ำถึงแรงบิดปานกลาง แต่เมื่อแรงบิดสูงขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงแรงบิดต่ำ ดีเซลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับดีโซฮอลที่แรงบิดต่ำ แต่ที่แรงบิดปานกลางถึงสูงนั้น ดีเซลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าดีโซฮอล ซึ่งหมายความว่าดีโซฮอลต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าในการจะให้เครื่องยนต์ทำงานได้ที่ภาระเท่ากับดีเซล

จากรูปที่ 5-43(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของดีโซฮอลจะต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากผลของการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ช้ากว่าจากการที่ดีโซฮอลมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่า โดยที่แรงบิดสูงสุดจะมีความแตกต่างน้อยกว่าที่ภาระบางส่วน

จากรูปที่ 5-43(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรเพิ่มขึ้นตามแรงบิดที่สูงขึ้น ดีโซฮอลมีแนวโน้มที่จะฉีดเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากกว่าดีเซล และความแตกต่างนี้จะมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดสูงขึ้น

จากรูปที่ 5-43(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีแนวโน้มคงที่เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยองศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีเซล advance กว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-43(5) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มเกือบคงที่ โดยดีโซฮอลจะมีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-43(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มเกือบคงที่เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-43(7) จุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% จะเกิดข้างลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะถึงจุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-43(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิด 90 N.m เชื่อมเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่เท่ากัน

จากรูปที่ 5-43(9) จุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มจะเกิดข้างลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะถึงจุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ก่อนดีโซฮอลล์ ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด เนื่องจากค่าความร้อนที่สูงกว่าของดีเซล และที่แรงบิดสูงสุดนี้ดีเซลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซลเล็กน้อยจึงทำให้ที่แรงบิดสูงสุดนี้เผาไหม้ได้ยาวขึ้น

จากรูปที่ 5-43(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และดีโซฮอลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด

จากรูปที่ 5-43(11) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มจะสิ้นสุดข้างลง โดยดีเซลจะถึงจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอลล์ ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดเนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากรูปที่ 5-43(12) เมื่อแรงบิดเพิ่ม ช่วงการเผาไหม้จะยาวขึ้นเล็กน้อย และดีโซฮอลล์จะมีช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90%

จากรูปที่ 5-43(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื่อมต่อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ถึง 90% จะยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ที่ภาระบางส่วนเชื่อมต่อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน โดยดีโซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าน้อยมาก แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลาด้านกว่า

จากรูปที่ 5-43(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิดปานกลางถึงสูงนั้น ดีโซฮอลล์จะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีเซล และดีเซลจะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีโซฮอลล์ที่แรงบิดต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะดีโซฮอลล์มีค่าความร้อนต่ำกว่าดีเซล เมื่อพิจารณาประกอบกับกราฟปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรในรูปที่ 5-43(3) พบว่าที่แรงบิดต่ำเชื่อมต่อเพลิงทั้งสองมีการฉีดเชื้อเพลิงในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลจึงสูงกว่า แต่ในกรณีที่แรงบิดมากขึ้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีโซฮอลล์มากกว่าดีเซลมากขึ้น ทำให้ผลในส่วนนี้ชดเชยกับค่าความร้อนของดีโซฮอลล์ จึงทำให้อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีโซฮอลล์มากกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-43(15) ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีโซฮอลล์ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่ความเร็วรอบอื่น ๆ คือจะเกิดขึ้นช้ากว่าดีเซล จากรูปจะพบว่าที่แรงบิด 40 N.m ดี

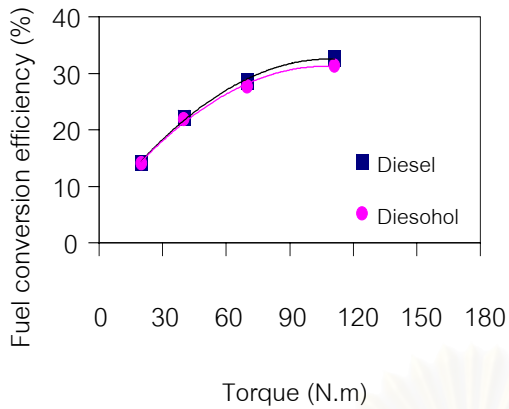
ไซฮอลล์จะเกิด peak ช้ากว่าดีเซลมากเนื่องจากว่าค่าสูงสุดนั้นเป็นค่าสูงสุดของ peak ที่สอง ซึ่งถ้าเมื่อเปรียบเทียบกับ peak แรกแล้วความแตกต่างก็จะเท่ากับที่แรงบิดอื่น

จากรูปที่ 5-43(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาของดีเซลใกล้เคียงกับดีไซฮอลล์ ยกเว้นที่แรงบิด 40 N.m แต่ถ้าพิจารณาที่ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของ peak แรกเหมือนกันเชื้อเพลิงทั้งสองจะมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

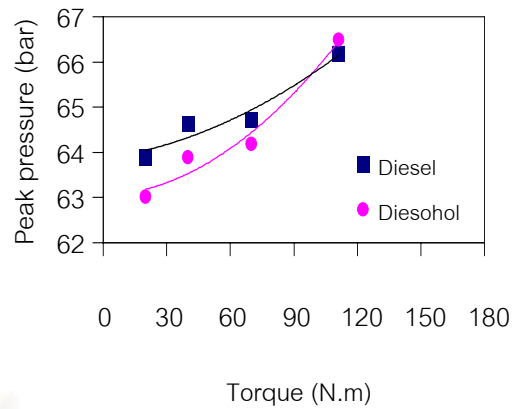
จากรูปที่ 5-43(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น โดยแนวโน้มและเหตุผลจะเป็นเช่นเดียวกับอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดซึ่งได้กล่าวไว้แล้ว

จากรูปที่ 5-43(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ที่แรงบิดต่ำดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีไซฮอลล์ แต่ที่แรงบิดสูงขึ้นไปเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดใกล้เคียงกัน

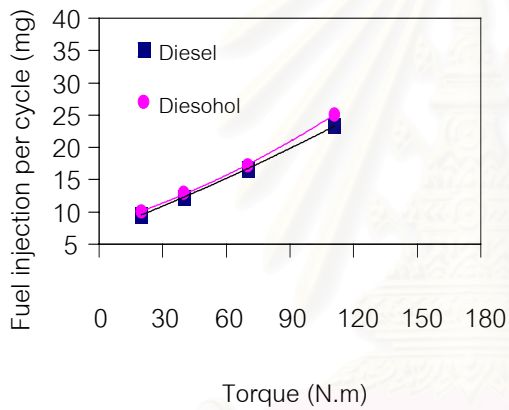
จากรูปที่ 5-43(19) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มสูงขึ้น โดยแนวโน้มของดีไซฮอลล์มีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่แรงบิดค่าเดียวกัน



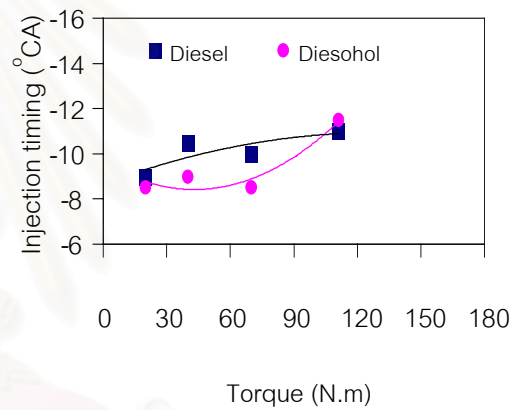
รูปที่ 5-44(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



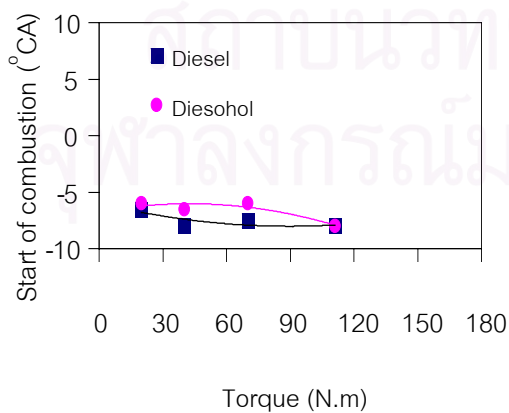
รูปที่ 5-44(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



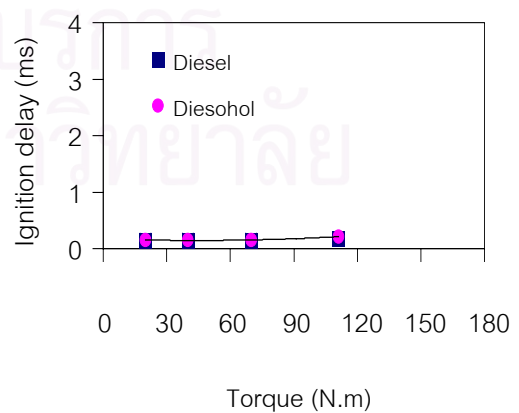
รูปที่ 5-44(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



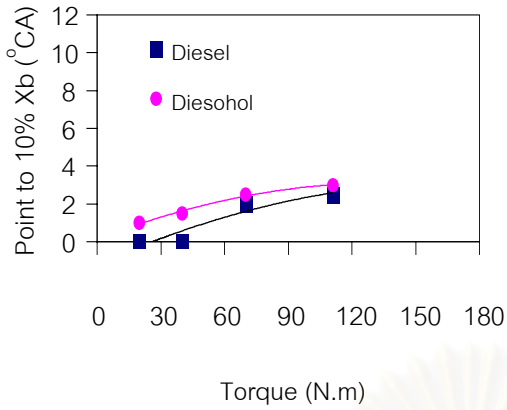
รูปที่ 5-44(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



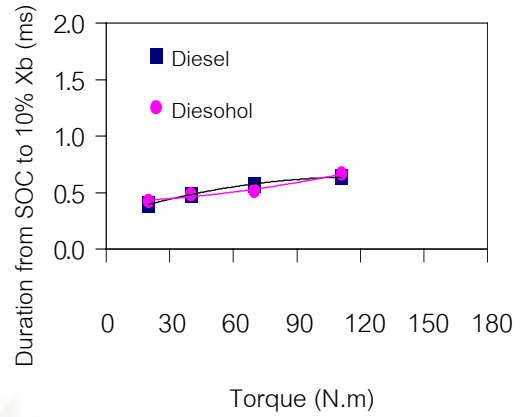
รูปที่ 5-44(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



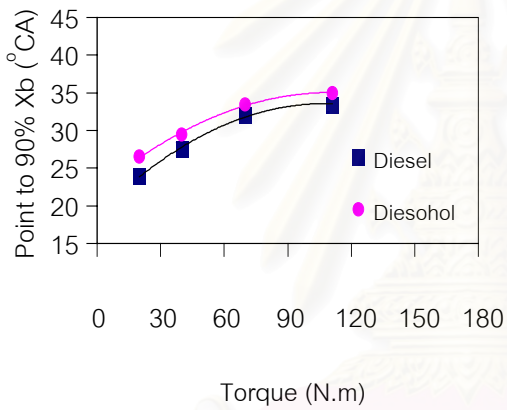
รูปที่ 5-44(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



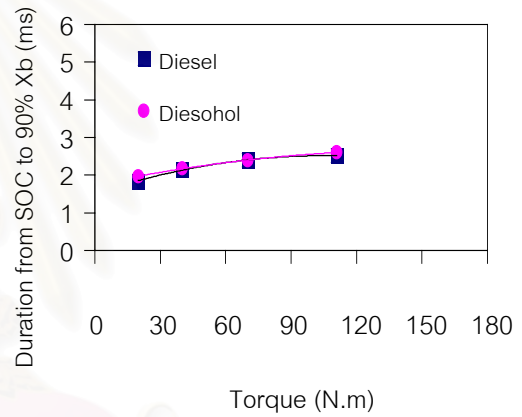
รูปที่ 5-44(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



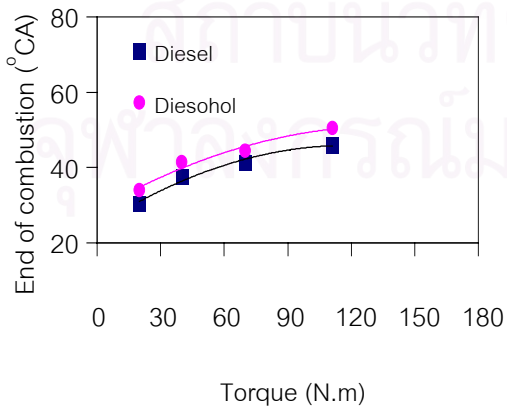
รูปที่ 5-44(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



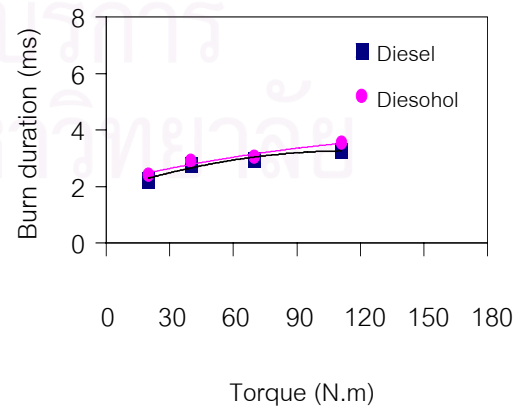
รูปที่ 5-44(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



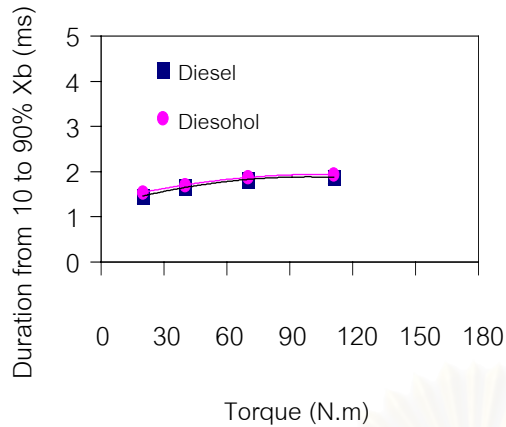
รูปที่ 5-44(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



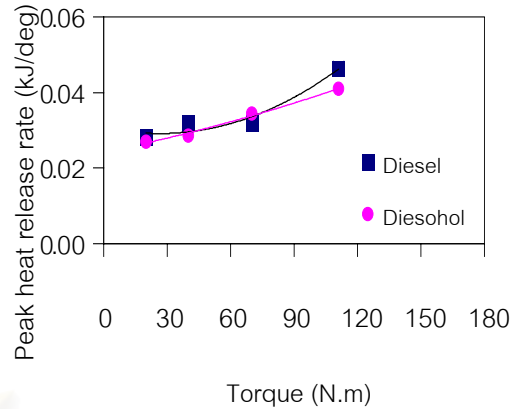
รูปที่ 5-44(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



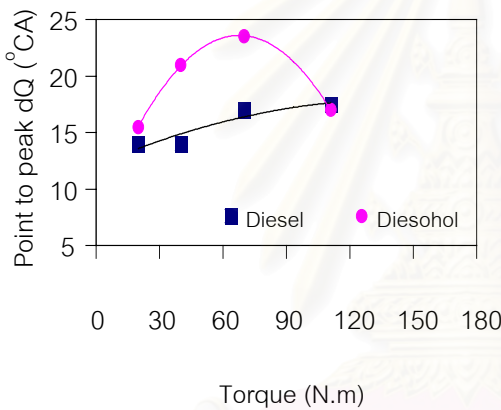
รูปที่ 5-44(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



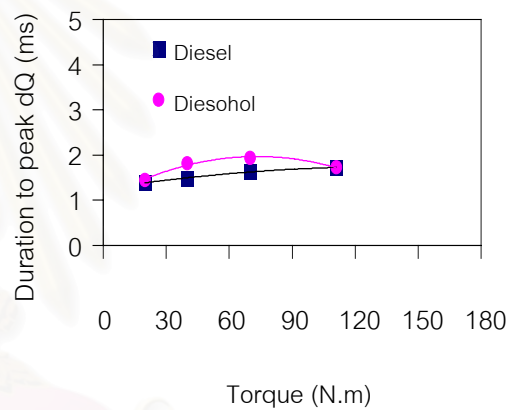
รูปที่ 5-44(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



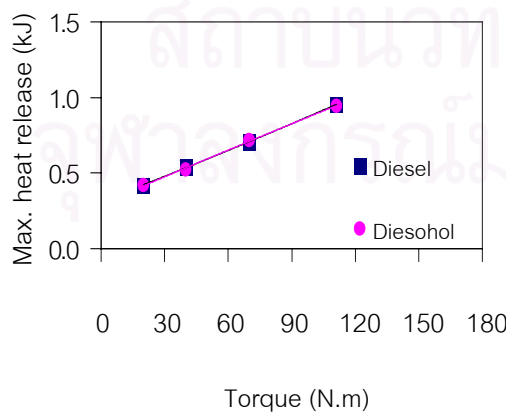
รูปที่ 5-44(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



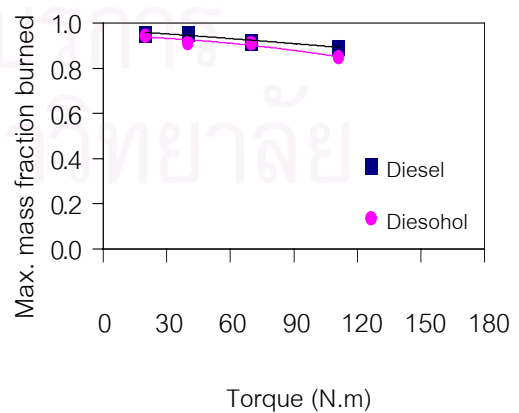
รูปที่ 5-44(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



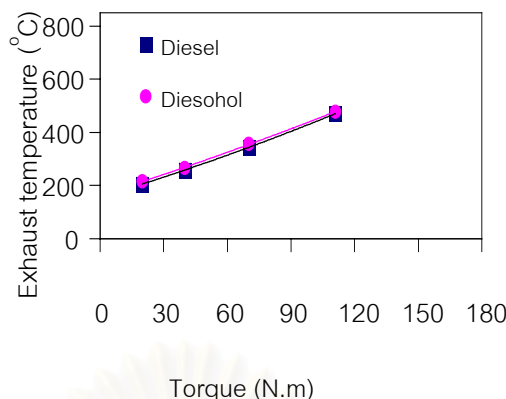
รูปที่ 5-44(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



รูปที่ 5-44(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



รูปที่ 5-44(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min



รูปที่ 5-44(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min

### 5.3.6 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 2750 rev/min

จากรูปที่ 5-44(1) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมากกว่าดีโซฮอล์เล็กน้อย และความแตกต่างนี้จะมากขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 5-44(2) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้น และดีเซลจะมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมากกว่าดีโซฮอลลดลงเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้ว ยกเว้นที่แรงบิด 111 N.m ที่ดีโซฮอล์มีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมากกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-44(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะมากขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และดีโซฮอล์มีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-44(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีแนวโน้ม advance ขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ดีเซลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอล์ ยกเว้นที่แรงบิด 111 N.m ดีเซลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง retard กว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-44(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มเกือบคงที่เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีแนวโน้มที่จะเริ่มการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอล์ ยกเว้นที่แรงบิด 111 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ตำแหน่งใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-44(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มคงที่สำหรับทุกแรงบิด และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดที่เท่ากัน แม้ว่าที่แรงบิด 111 N.m ดีโซฮอล์มีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าเล็กน้อยแต่ก็นับว่าใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-44(7) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นช้าลง โดยดีโซฮอล์จะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% หลังดีเซล

จากรูปที่ 5-44(8) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อย โดยทั้งสองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มของช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-44(9) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นช้าลง โดยดีไซฮอลล์จะเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% หลังดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-44(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิด 70 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-44(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มที่สิ้นสุดช้าลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะสิ้นสุดการเผาไหม้หลังดีเซล

จากรูปที่ 5-44(12) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มยาวขึ้น โดยดีไซฮอลล์จะมีช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-44(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกันมาก โดยดีไซฮอลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าน้อยมาก

จากรูปที่ 5-44(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น โดยดีเซลมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีไซฮอลล์ยกเว้นที่แรงบิด 70 N.m

จากรูปที่ 5-44(15) ตำแหน่งของจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีไซฮอลล์จะเกิดขึ้นช้ากว่าดีเซลเหมือนกับที่ความเร็วรอบอื่นๆ ยกเว้นที่แรงบิด 111 N.m ซึ่งไม่พบความแตกต่าง การที่ดีไซฮอลล์มีตำแหน่งของจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดล่าช้ากว่าดีเซลมากที่แรงบิด 40 และ 70 N.m เนื่องจากว่าค่าอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดเกิดขึ้นที่ peak ที่สอง แต่เมื่อดูจาก peak แรกดังรูปที่ 5-22(ง) และ 5-23(ง) แล้วความล่าช้าก็จะลดลง

จากรูปที่ 5-44(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยถ้าจะพิจารณาเฉพาะ peak แรกของอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดแล้ว เชื้อเพลิงทั้งสองจะมีช่วงเวลาเท่าๆกัน แต่ถ้าพิจารณาตามค่าสูงสุดที่แท้จริงจะได้ผลคือที่แรงบิด 40 และ 70 N.m ดีไซฮอลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-44(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์นี้ค่าการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันมาก

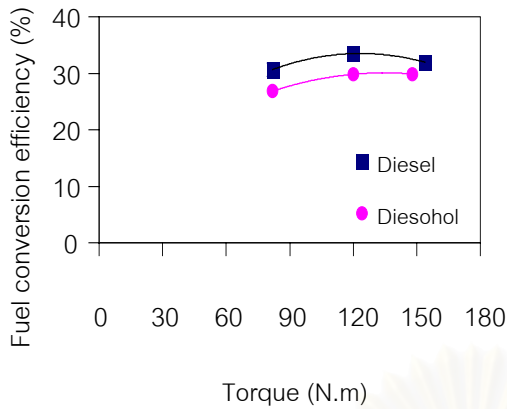
จากรูปที่ 5-44(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีไซฮอลล์เล็กน้อย



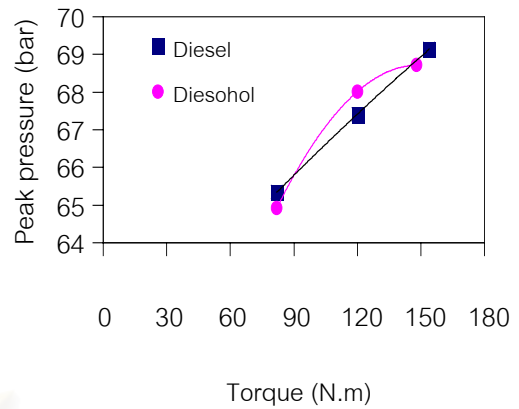
จากรูปที่ 5-44(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นตามแนวโน้ม  
เดียวกับการปล่อยความร้อนสุทธิ แต่ดีเซลจะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย ทั้งนี้อาจ  
เพราะว่าช่วงการเผาไหม้ของดีเซลนั้นยาวกว่าดีเซล



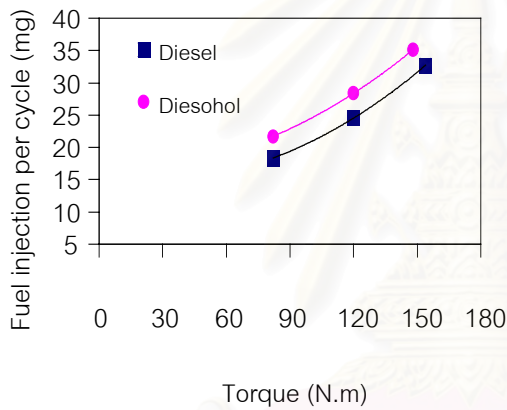
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



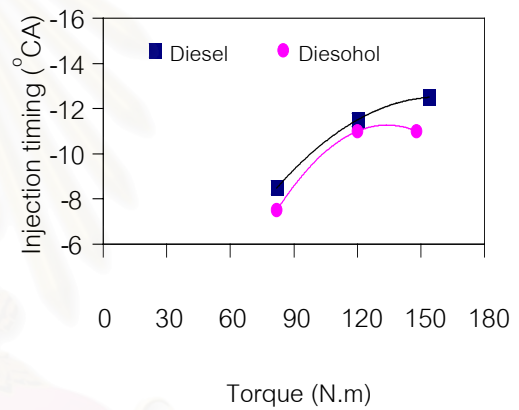
รูปที่ 5-45(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



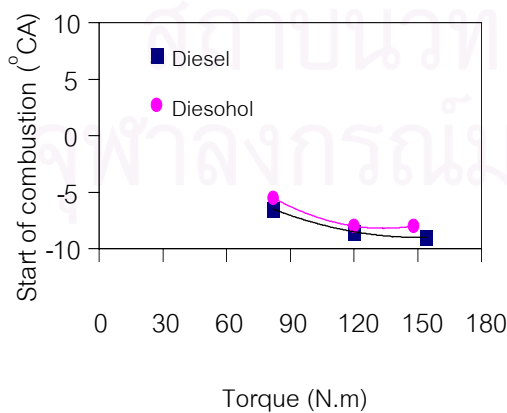
รูปที่ 5-45(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



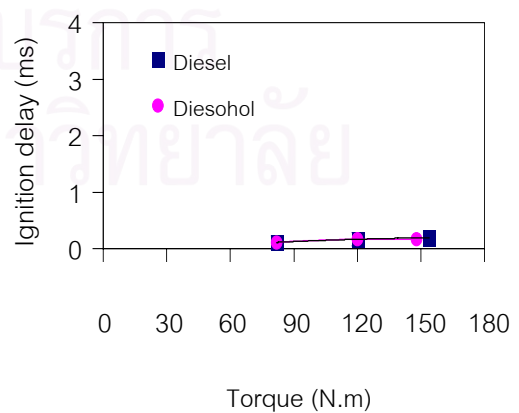
รูปที่ 5-45(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



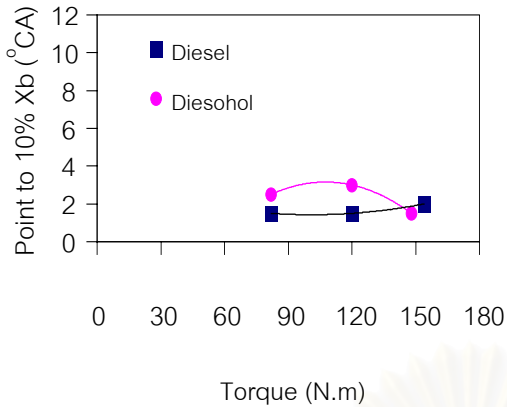
รูปที่ 5-45(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



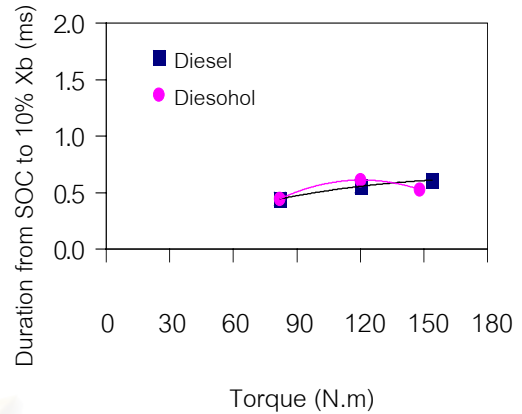
รูปที่ 5-45(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



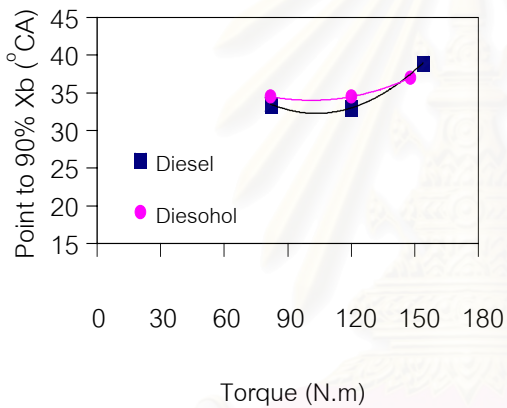
รูปที่ 5-45(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



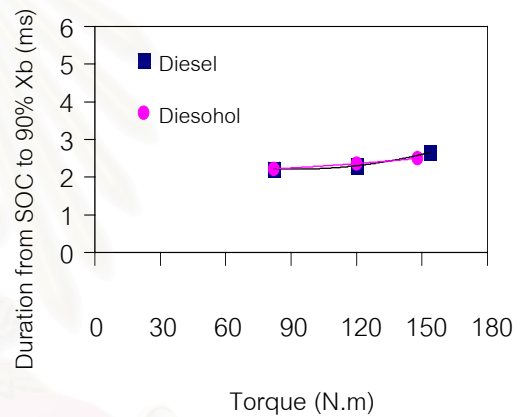
รูปที่ 5-45(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



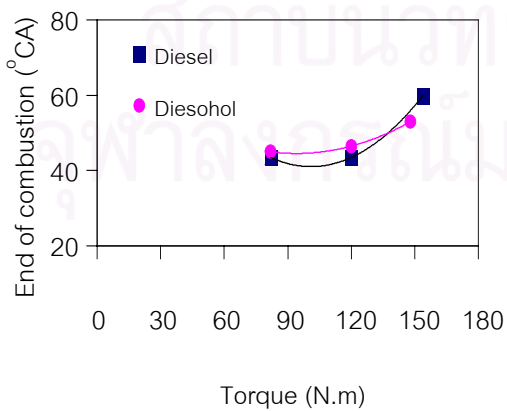
รูปที่ 5-45(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



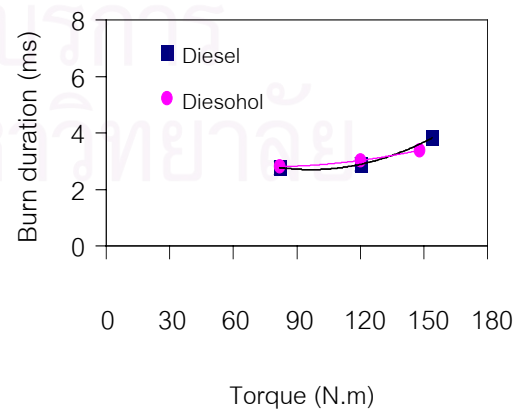
รูปที่ 5-45(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



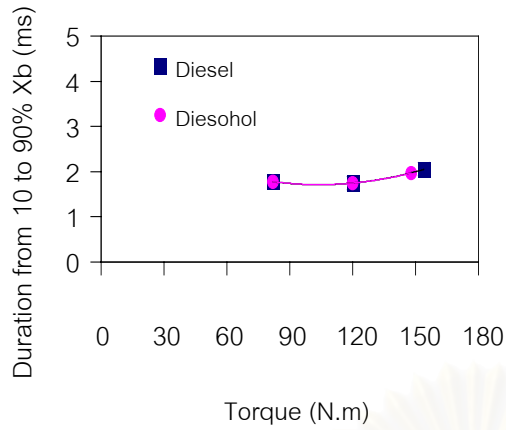
รูปที่ 5-45(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



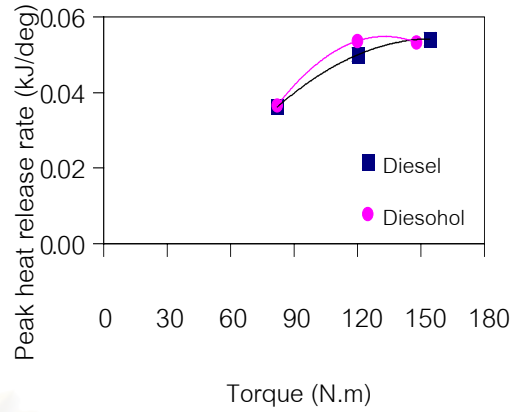
รูปที่ 5-45(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



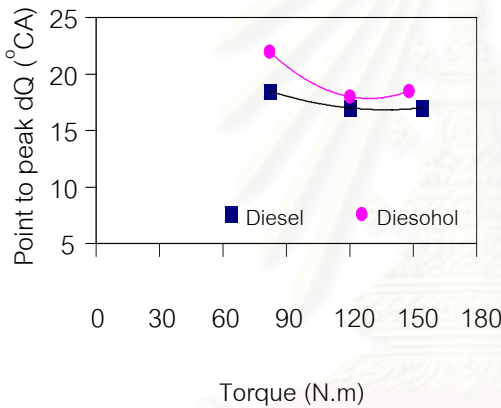
รูปที่ 5-45(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



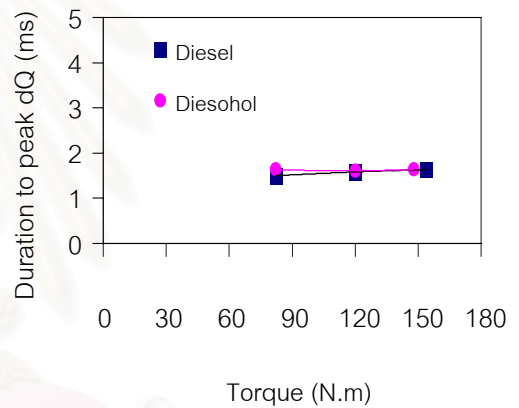
รูปที่ 5-45(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



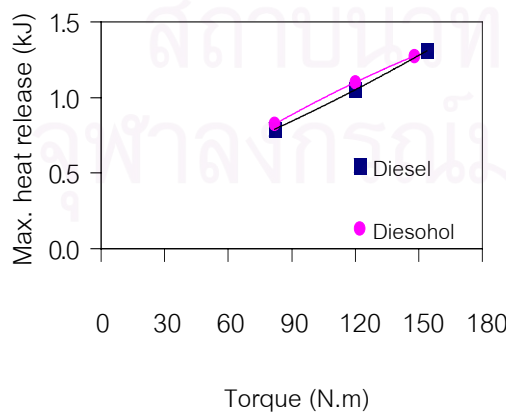
รูปที่ 5-45(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



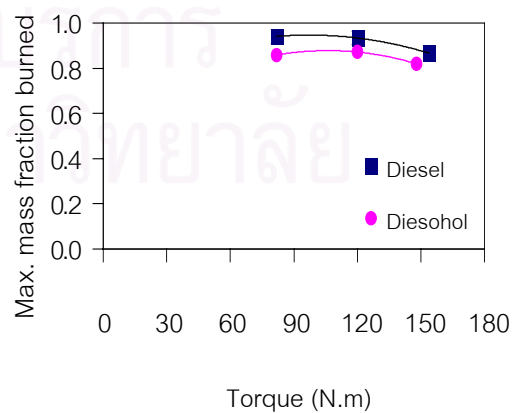
รูปที่ 5-45(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



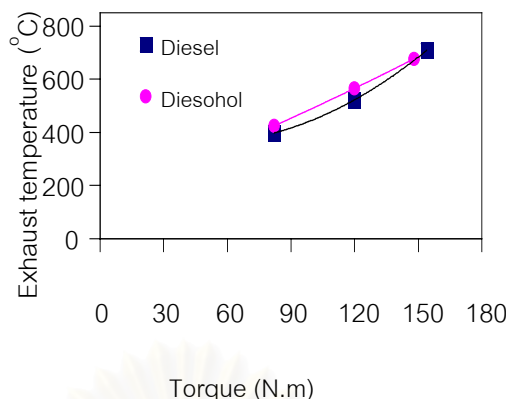
รูปที่ 5-45(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



รูปที่ 5-45(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



รูปที่ 5-45(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min



รูปที่ 5-45(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min

### 5.3.7 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 3000 rev/min

จากรูปที่ 5-45(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นจากแรงบิด 80 N.m ถึง 120 N.m และที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลจะมีประสิทธิภาพลดลงเล็กน้อย แต่สำหรับดีโซฮอลมีแนวโน้มคงที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์นี้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงของดีเซลสูงกว่าดีโซฮอล

จากรูปที่ 5-45(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และดีเซลมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมากกว่าดีโซฮอล ยกเว้นที่แรงบิด 120 N.m

จากรูปที่ 5-45(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะมากขึ้นตามแรงบิดที่มากขึ้น และดีโซฮอลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล ซึ่งหมายความว่าที่ภาระเท่ากันดีโซฮอลต้องฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในปริมาณที่มากกว่าดีเซลเพื่อชดเชยผลของค่าความร้อนที่ต่ำกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-45(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีแนวโน้ม advance ขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และดีเซลมีแนวโน้มจะ advance กว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-45(5) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะเกิดเร็วขึ้นเล็กน้อย โดยดีโซฮอลจะเริ่มต้นการเผาไหม้หลังดีเซลเล็กน้อยเนื่องด้วยดีโซฮอลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงหลังดีเซล

จากรูปที่ 5-45(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดเท่าๆกัน

จากรูปที่ 5-45(7) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยดีเซลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีโซฮอลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีโซฮอลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ใกล้เคียงกับดีเซล

จากรูปที่ 5-45(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ที่แรงบิด 80 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาเท่ากัน ที่แรงบิด 120 N.m ดีเซลมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย และที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-45(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่สำหรับแรงบิดปานกลาง และจะเกิดช่วงที่แรงบิดสูงสุด โดยดีเซลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ช้ากว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลถึงก่อนดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-45(10) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะยาวขึ้นเล็กน้อย และช่วงเวลาของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-45(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่สำหรับแรงบิดปานกลาง และจะสิ้นสุดการเผาไหม้ช้าลงที่แรงบิดสูงสุด โดยดีเซลจะสิ้นสุดการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-45(12) ช่วงการเผาไหม้จะยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิดปานกลางเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน แต่ที่แรงบิดสูงสุด ช่วงการเผาไหม้ของดีเซลจะยาวกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-45(13) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มเกือบคงที่สำหรับที่ภาระบางส่วน และยาวขึ้นเล็กน้อยที่แรงบิดสูงสุด โดยเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกันแล้ว เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-45(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลมีค่าใกล้เคียงกับดีเซล ยกเว้นที่แรงบิด 120 N.m ดีเซลมี peak สูงกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-45(15) จุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลจะเกิดขึ้นหลังดีเซล

จากรูปที่ 5-45(16) สำหรับทุกแรงบิด ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มใกล้เคียงกันสำหรับทั้งดีเซลและดีเซล

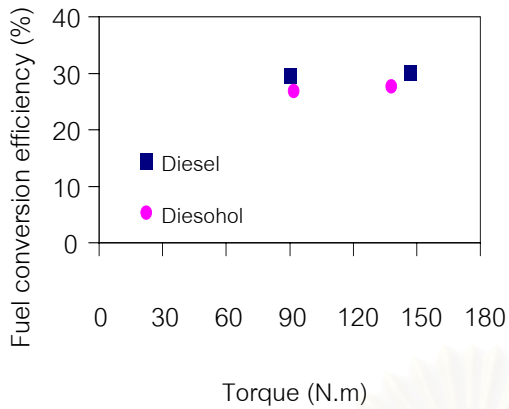
จากรูปที่ 5-45(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกัน ดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิมากกว่าดีเซลเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีเซลที่มากกว่าดีเซลนั้น ชดเชยผลของค่าความร้อนที่ต่ำของดีเซล

จากรูปที่ 5-45(18) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มคงที่ ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดจะลดลงเล็กน้อย และดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วมากกว่าดีเซล

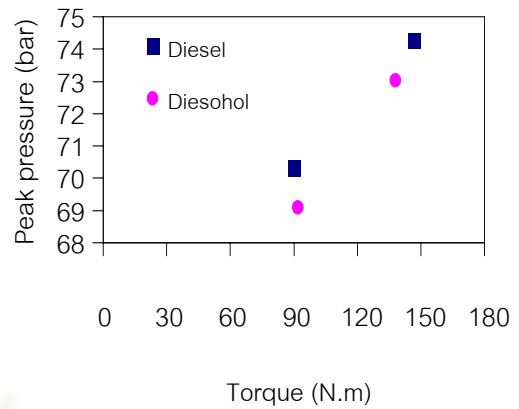
จากรูปที่ 5-45(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับแรงบิดค่าเดียวกัน ดีเซลฮอตมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลซึ่งแนวโน้มนี้เป็นเช่นเดียวกับการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดดังรูปที่ 5-45 (17)



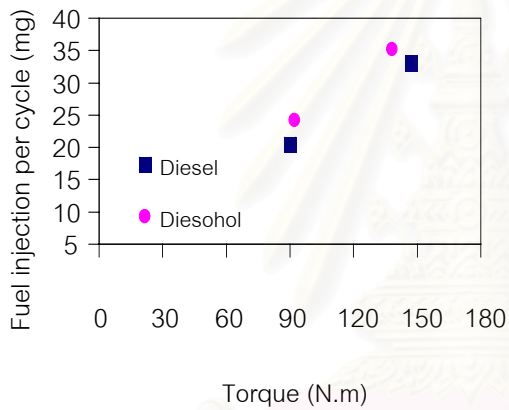
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



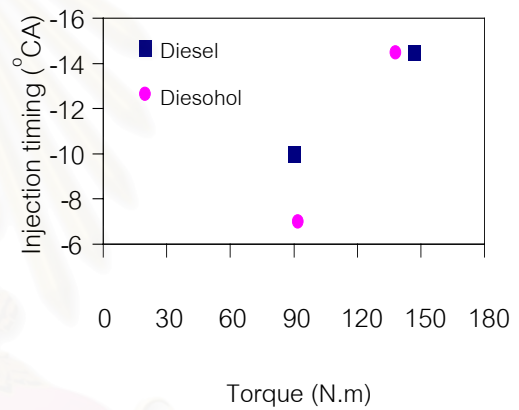
รูปที่ 5-46(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



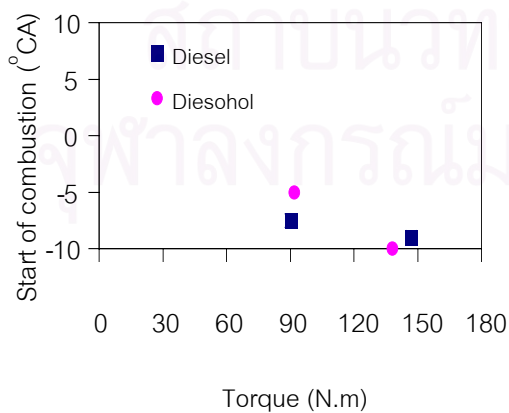
รูปที่ 5-46(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



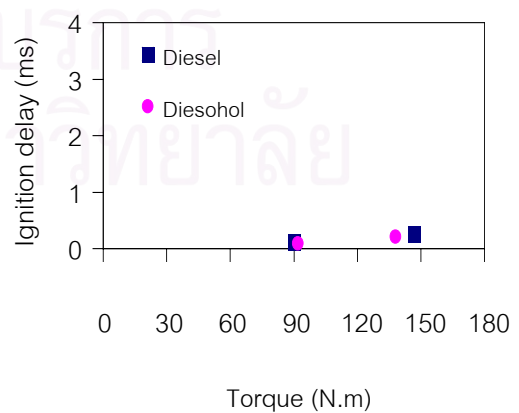
รูปที่ 5-46(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



รูปที่ 5-46(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min

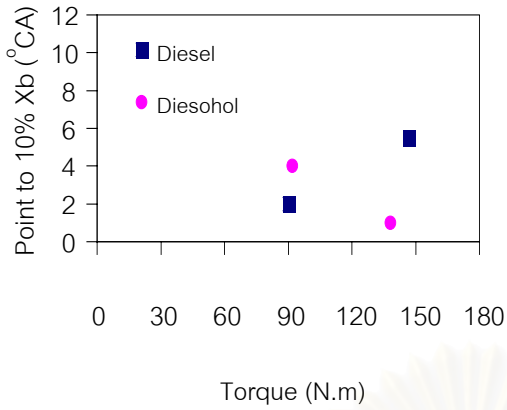


รูปที่ 5-46(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min

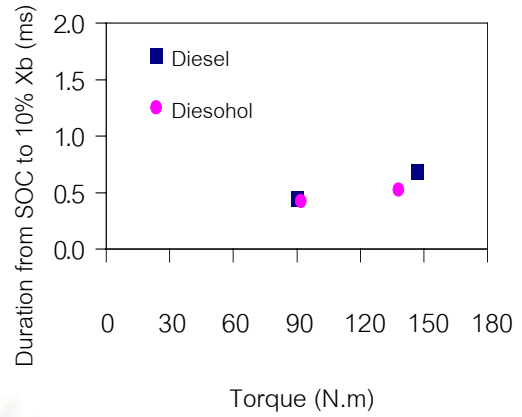


รูปที่ 5-46(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min

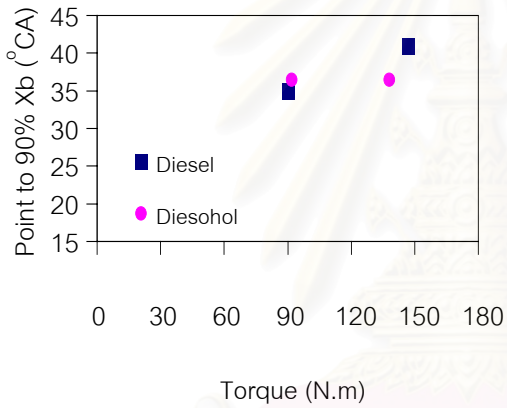




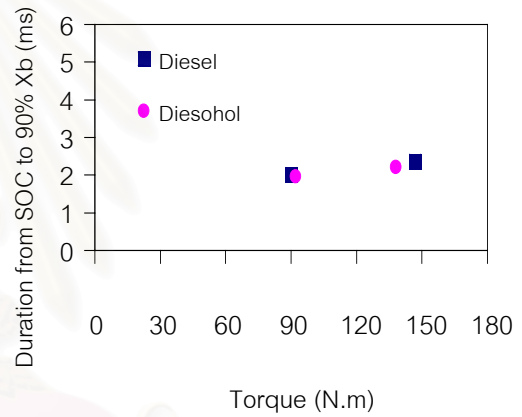
รูปที่ 5-46(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



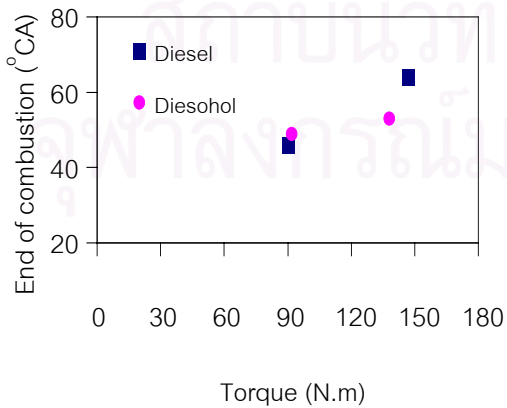
รูปที่ 5-46(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



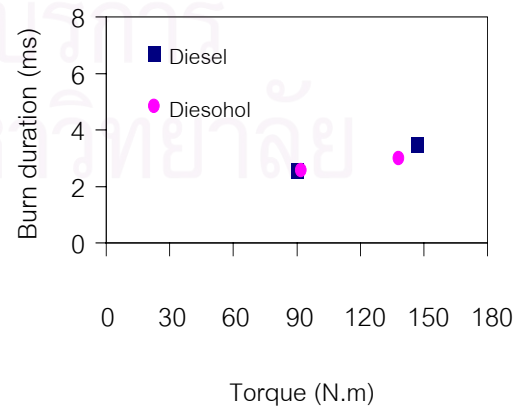
รูปที่ 5-46(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



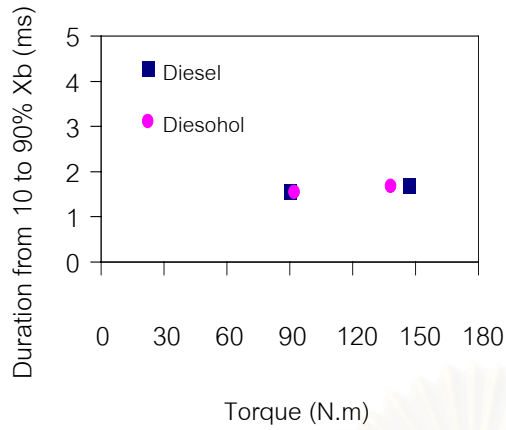
รูปที่ 5-46(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



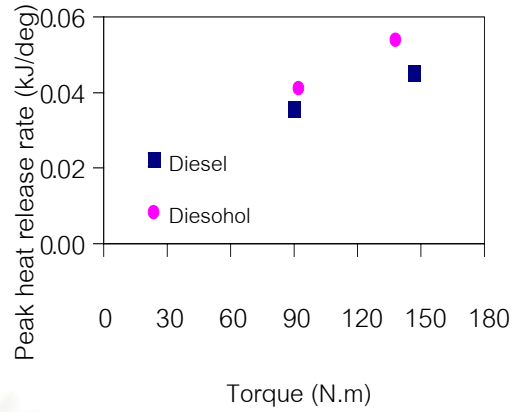
รูปที่ 5-46(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



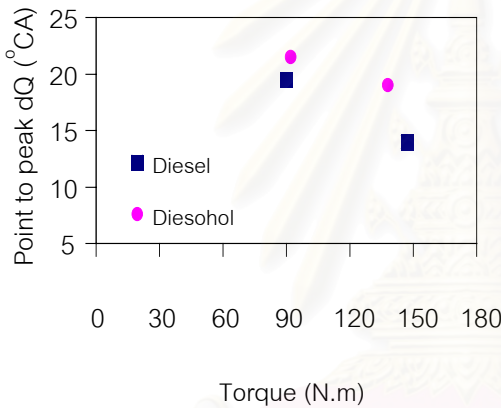
รูปที่ 5-46(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



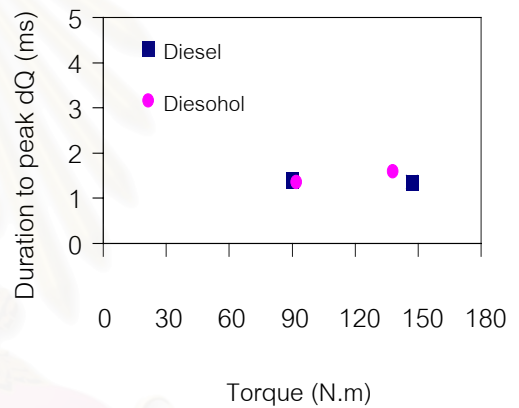
รูปที่ 5-46(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



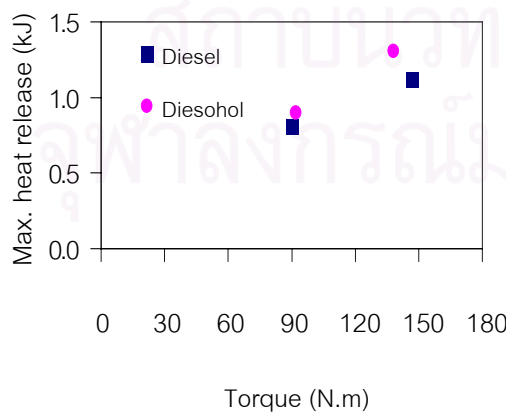
รูปที่ 5-46(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



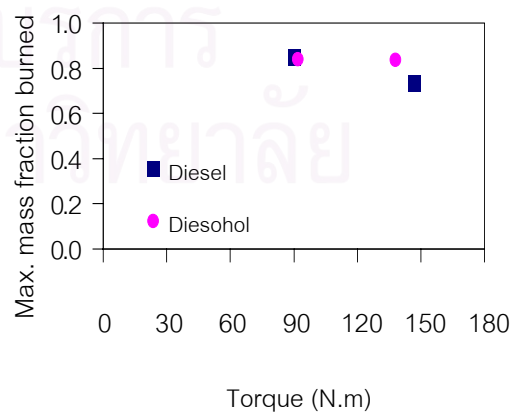
รูปที่ 5-46(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



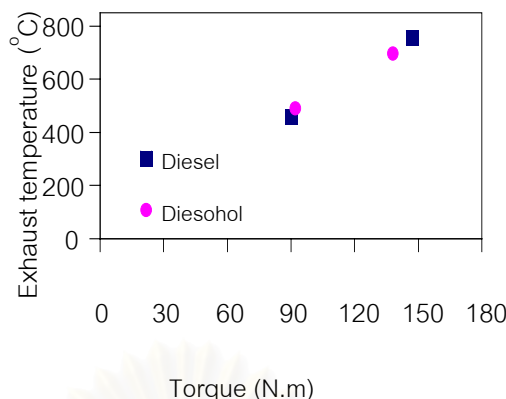
รูปที่ 5-46(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



รูปที่ 5-46(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



รูปที่ 5-46(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min



รูปที่ 5-46(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min

### 5.3.8 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 3500 rev/min

จากรูปที่ 5-46(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่ดีเซลจะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าดีโซฮอล เนื่องจากในภาวะที่เครื่องยนต์ทำได้เท่ากันดีโซฮอลจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-46(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะสูงขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากผลของการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ช้ากว่าจากการที่ดีโซฮอลมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่า

จากรูปที่ 5-46(3) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะเพิ่มขึ้น และดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล ทั้งนี้เพื่อชดเชยค่าความร้อนที่ต่ำกว่าในการจะเดินเครื่องยนต์ที่ภาวะเท่ากัน

จากรูปที่ 5-46(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงจะ advance ขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 90 N.m ดีเซล advance กว่า แต่ที่แรงบิดสูงสุดเชื้อเพลิงทั้งสองมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงไม่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-46(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มเกิดเร็วขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 90 N.m ดีโซฮอลเริ่มการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซล แต่ที่แรงบิดสูงสุดเริ่มการเผาไหม้เร็วกว่า

จากรูปที่ 5-46(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มยาวขึ้นน้อยมากเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มของช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-46(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มไม่ค่อยชัดเจนนักเนื่องจากที่แรงบิด 90 N.m ดีโซฮอลเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ขึ้นหลังดีเซล แต่ที่แรงบิดสูงสุดดีโซฮอลเกิดก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-46(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% จะยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ที่แรงบิด 90 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ส่วนที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลจะมีช่วงเวลายาวกว่าดีโซลล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-46(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ของดีโซลล์มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ส่วนดีเซลมีแนวโน้มที่จะเกิดช้าลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ที่แรงบิด 90 N.m ดีโซลล์เกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ขึ้นหลังดีเซลเล็กน้อย แต่ที่แรงบิดสูงสุดดีโซลล์เกิดก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-46(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีโซลล์จะมีช่วงเวลาที่สั้นกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-46(11) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น การเผาไหม้ของดีเซลมีแนวโน้มจะสิ้นสุดช้าลง ส่วนดีโซลล์จะสิ้นสุดการเผาไหม้ช้าลงเล็กน้อย ที่แรงบิด 90 N.m ดีโซลล์สิ้นสุดเผาไหม้ไปหลังดีเซลเล็กน้อย แต่ที่แรงบิดสูงสุดดีโซลล์สิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-46(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 90 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงการเผาไหม้ยาวพอๆกัน และที่แรงบิดสูงสุด ดีโซลล์มีช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-46(13) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นจาก 90 N.m เป็นแรงบิดสูงสุด ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ถึง 90% ยาวขึ้นน้อยมาก โดยเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกันพบว่าเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-46(14) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะสูงขึ้น โดยดีโซลล์จะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีเซลเนื่องจากว่าดีโซลล์มีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงกว่าดีโซลล์ดังในรูปที่ 5-46(3)

จากรูปที่ 5-46(15) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะสูงขึ้นจะเกิดเร็วขึ้น โดยดีเซลจะมี peak เกิดขึ้นหลังดีโซลล์ ดังรูปที่ 5-27(ง) และ 5-35(ง)

จากรูปที่ 5-46(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกันที่แรงบิด 90 N.m แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีโซลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลแม้ว่าจะมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงเท่ากันก็ตาม

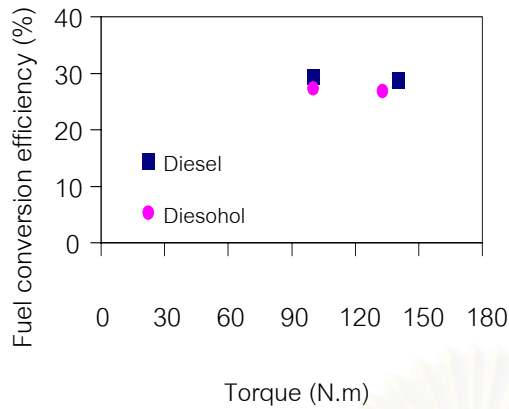
จากรูปที่ 5-46(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีโซลล์จะมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่าดีเซลเนื่องจากเหตุผลของปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สูงกว่า และความแตกต่างจะมากขึ้นเมื่อแรงบิดมากขึ้น

จากรูปที่ 5-46(18) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ดีเซลจะมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดลดลง แต่ดีโซฮอลต์มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยที่แรงบิด 90 N.m ดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดใกล้เคียงกับดีโซฮอลต์ แต่ที่แรงบิดสูงสุดดีเซลมีค่าต่ำกว่า

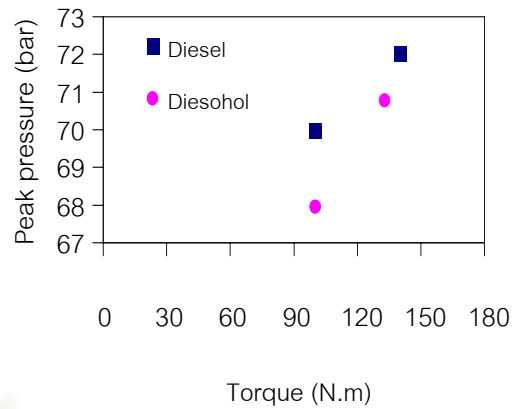
จากรูปที่ 5-46(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น และที่ภาระบางส่วน ดีโซฮอลต์จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซล แต่ที่แรงบิดสูงสุดดีโซฮอลต์จะต่ำกว่า



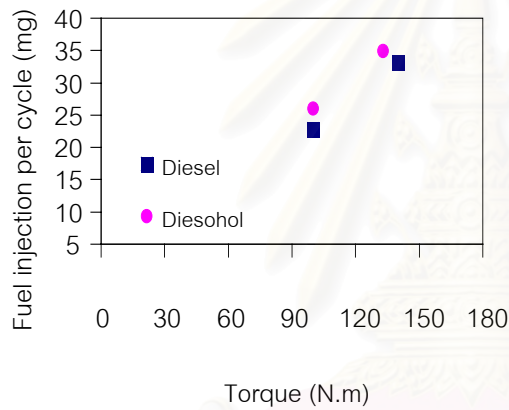
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



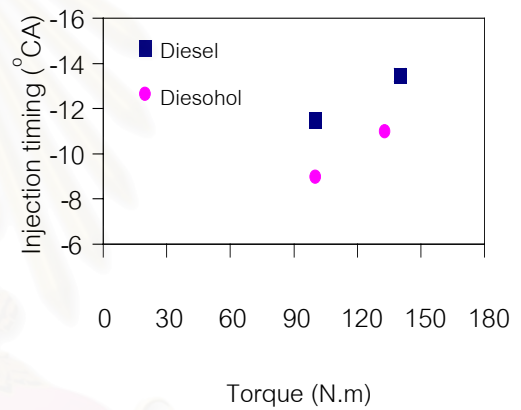
รูปที่ 5-47(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



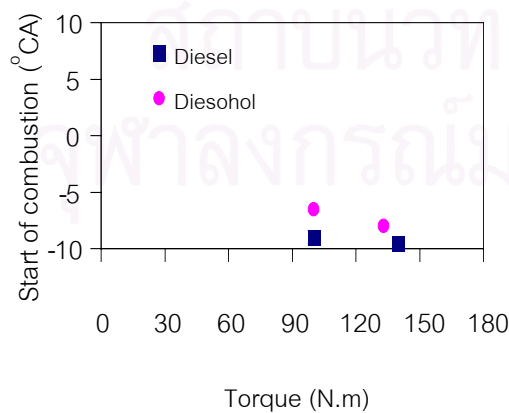
รูปที่ 5-47(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



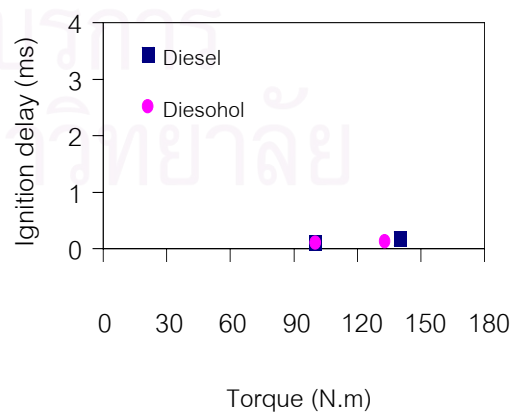
รูปที่ 5-47(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



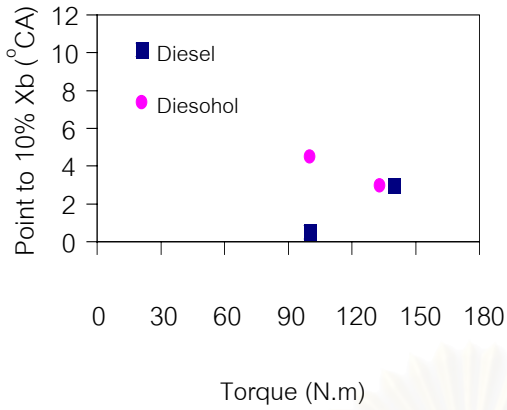
รูปที่ 5-47(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



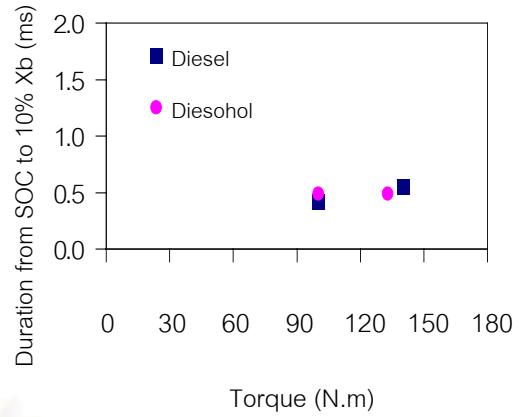
รูปที่ 5-47(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



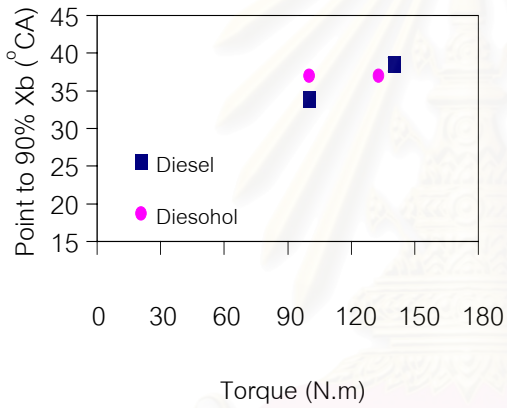
รูปที่ 5-47(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



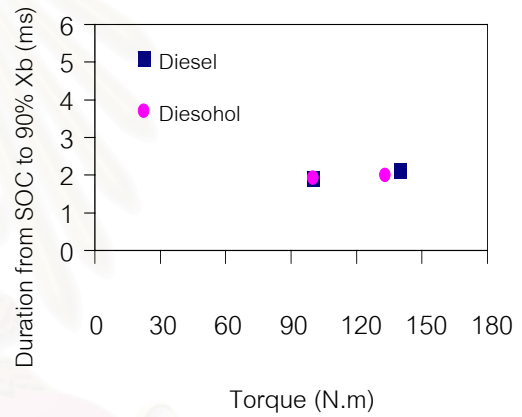
รูปที่ 5-47(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



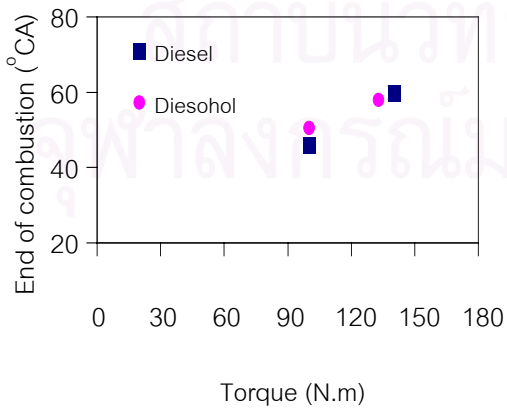
รูปที่ 5-47(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



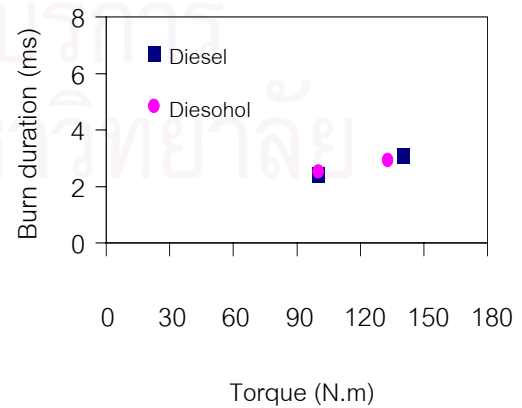
รูปที่ 5-47(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



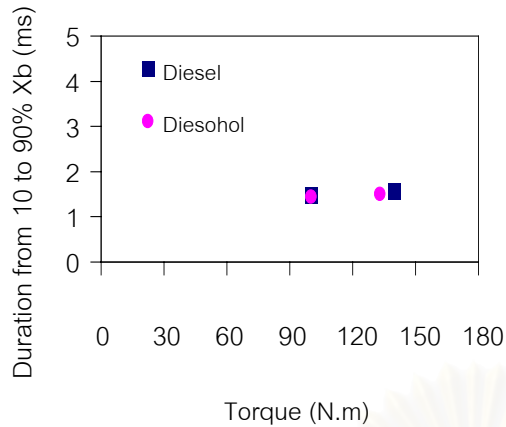
รูปที่ 5-47(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



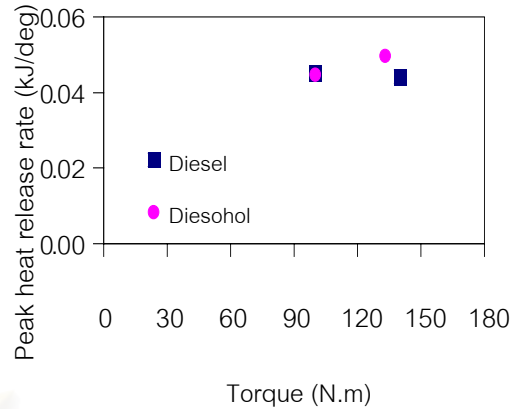
รูปที่ 5-47(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



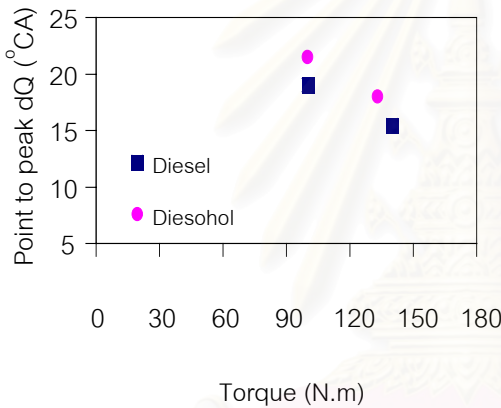
รูปที่ 5-47(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



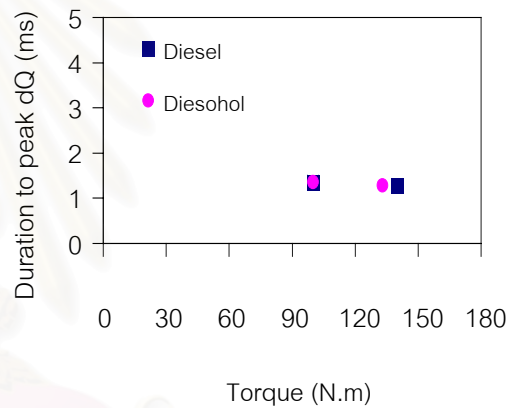
รูปที่ 5-47(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



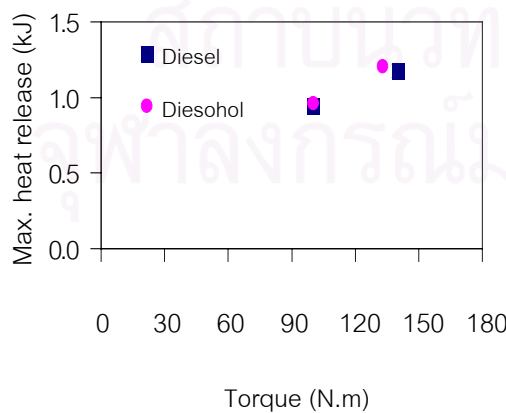
รูปที่ 5-47(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



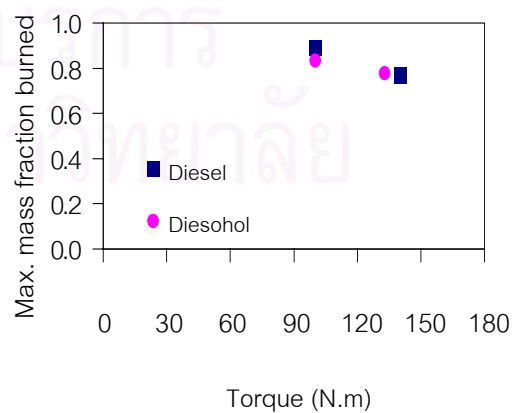
รูปที่ 5-47(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



รูปที่ 5-47(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min

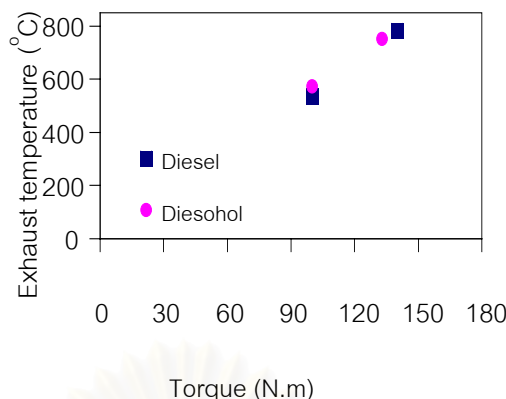


รูปที่ 5-47(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min



รูปที่ 5-47(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุด ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min





รูปที่ 5-47(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบ 3750 rev/min

### 5.3.9 ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 3750 rev/min

จากรูปที่ 5-47(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่ดีเซลจะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าดีโซฮอล เนื่องจากในภาวะที่เครื่องยนต์ทำได้เท่ากันดีโซฮอลจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-47(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมากกว่าดีโซฮอลดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้ว

จากรูปที่ 5-47(3) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะเพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว

จากรูปที่ 5-47(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงจะ advance ขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-47(5) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น จุดเริ่มต้นการเผาไหม้จะเร็วขึ้นเล็กน้อย โดยดีเซลจะเริ่มการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-47(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกัน เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดเท่าๆกัน

จากรูปที่ 5-47(7) ที่แรงบิด 100 N.m จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของดีเซลจะเกิดขึ้นก่อนดีโซฮอล แต่ที่แรงบิดสูงสุดเชื้อเพลิงทั้งสองมีจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-47(8) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ของดีโซฮอลมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ส่วนดีเซลมีแนวโน้มยาวขึ้นเล็กน้อย ที่แรงบิด 100 N.m ดีเซลมีช่วงเวลาน้อยกว่าดีโซฮอลเล็กน้อย แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลมีช่วงเวลายาวกว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-47(9) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ตำแหน่งที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ของดีไซฮอลมี  
แนวโน้มค่อนข้างคงที่ ส่วนดีเซลมีแนวโน้มเกิดขึ้นข้าง

จากรูปที่ 5-47(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90%  
มีแนวโน้มน้อยมากเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 100 N.m เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลา  
ยาวพอๆกัน แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีไซฮอลมีช่วงเวลานั้นสั้นกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-47(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มน้อยมากเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดย  
ที่ภาระบางส่วนดีเซลจะสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีไซฮอล แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลจะสิ้นสุดการเผา  
ไหม้หลังดีไซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-47(12) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มน้อยมาก และเมื่อ  
พิจารณาที่แรงบิดค่าเดียวกัน ทั้งดีเซลและดีไซฮอลมีช่วงการเผาไหม้ที่ใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-47(13) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นจาก 100 N.m เป็นแรงบิดสูงสุด ช่วงเวลาจากจุดที่  
เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มน้อยมาก และทั้งดีเซลและดีไซฮอลมีช่วงเวลาที่  
ใกล้เคียงกันมาก โดยดีเซลจะมีช่วงเวลานั้นสั้นกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-47(14) ที่แรงบิด 100 N.m อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้ง  
สองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่แรงบิดสูงสุด ดีไซฮอลจะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงมากกว่า  
ดีเซล

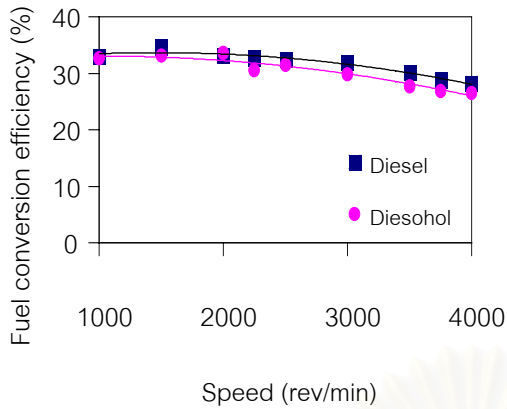
จากรูปที่ 5-47(15) จุดที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มน้อยมากเมื่อ  
แรงบิดสูงขึ้น โดยดีเซลจะเกิด peak ก่อนดีไซฮอล

จากรูปที่ 5-47(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อน  
สูงสุดมีแนวโน้มน้อยมากเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยทั้งดีเซลและดีไซฮอลมีช่วงเวลาที่เท่ากัน

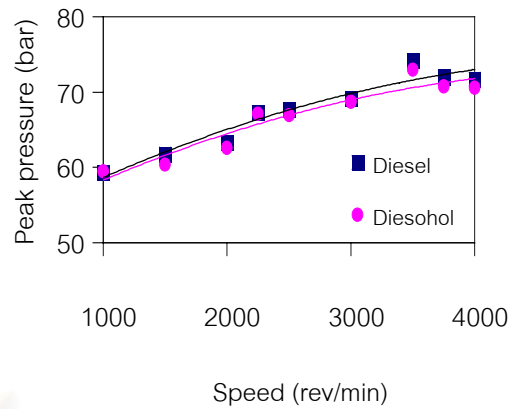
จากรูปที่ 5-47(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น เชื้อเพลิง  
ทั้งสองมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดใกล้เคียงกัน โดยดีไซฮอลจะมีปริมาณการปล่อยความร้อน  
สุทธิมากกว่าดีไซฮอลเล็กน้อยดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว และความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย  
เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 5-47(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดจะลดลงเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น  
โดยเมื่อเปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกัน ดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงมากกว่าดีไซฮอล

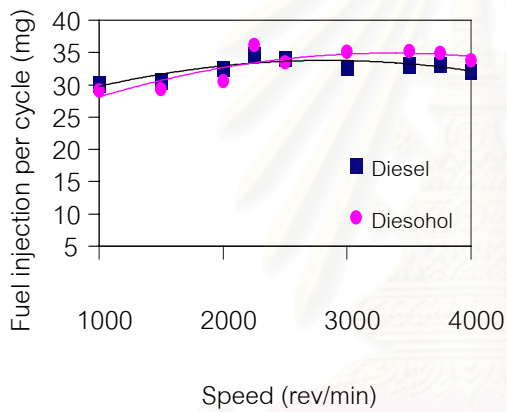
จากรูปที่ 5-47(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น เมื่อ  
เปรียบเทียบที่แรงบิดค่าเดียวกันพบว่าดีไซฮอลจะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย



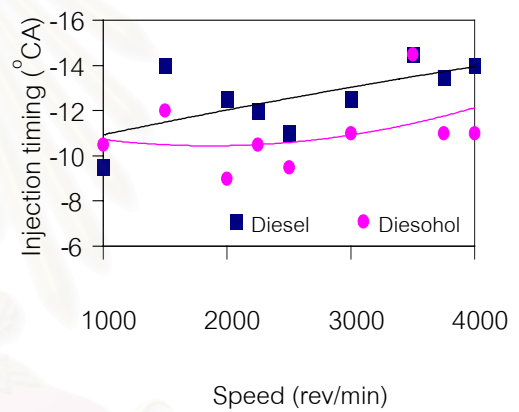
รูปที่ 5-48(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ภาระสูงสุด



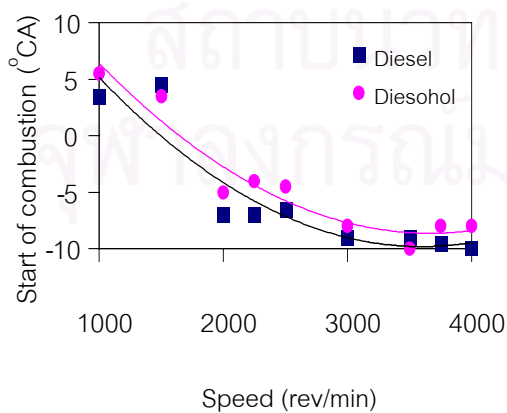
รูปที่ 5-48(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่ภาระสูงสุด



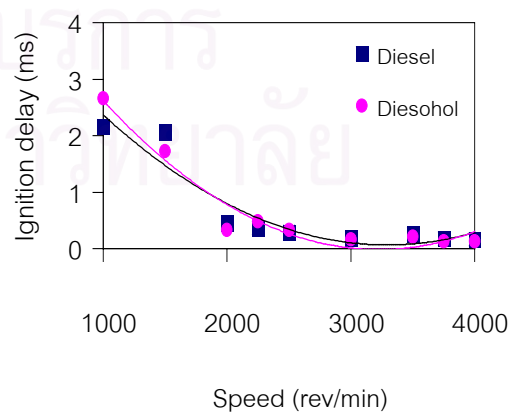
รูปที่ 5-48(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่ภาระสูงสุด



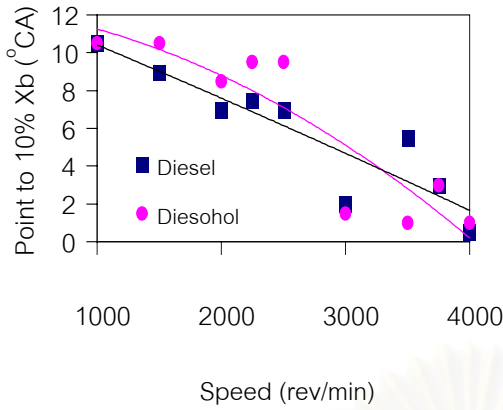
รูปที่ 5-48(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ภาระสูงสุด



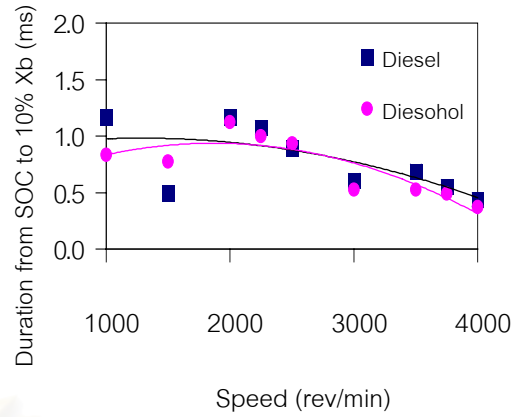
รูปที่ 5-48(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่ภาระสูงสุด



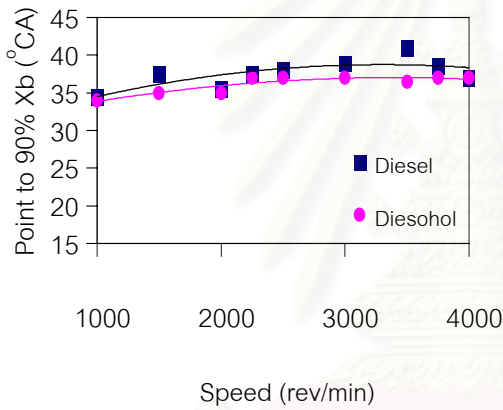
รูปที่ 5-48(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่ภาระสูงสุด



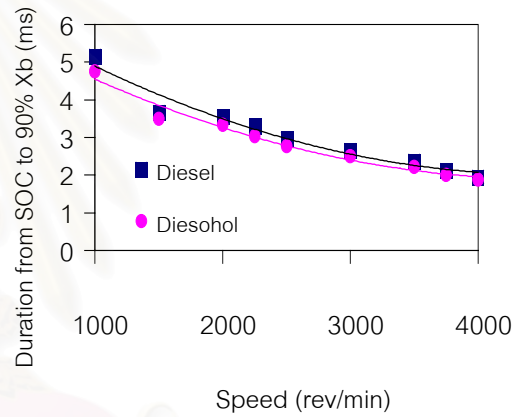
รูปที่ 5-48(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ภาระสูงสุด



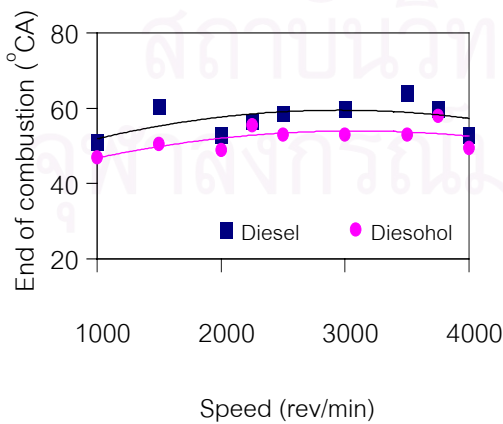
รูปที่ 5-48(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่ภาระสูงสุด



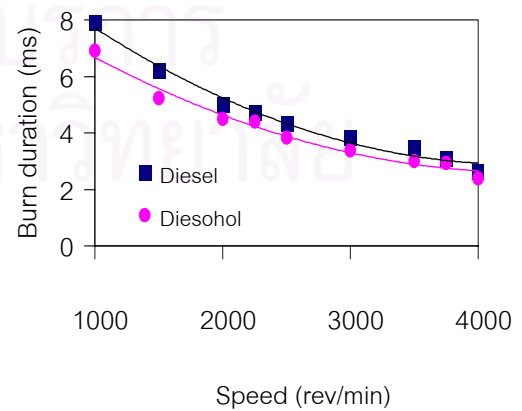
รูปที่ 5-48(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ภาระสูงสุด



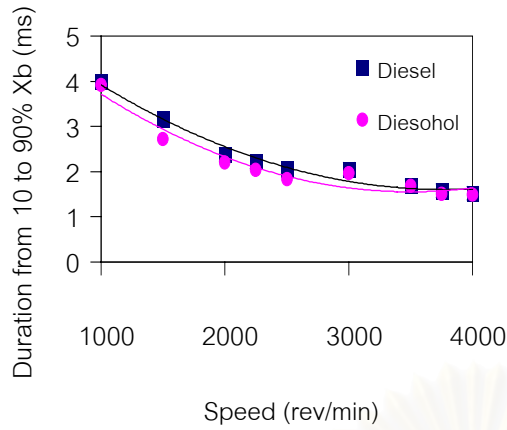
รูปที่ 5-48(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่ภาระสูงสุด



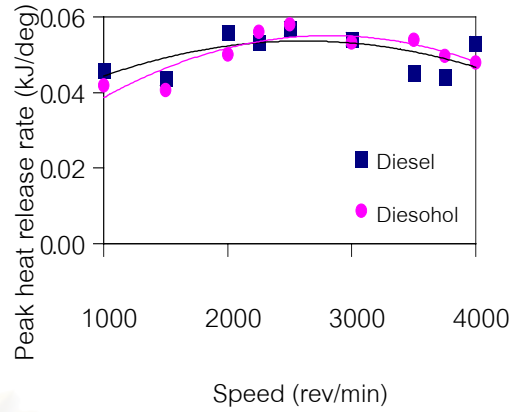
รูปที่ 5-48(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่ภาระสูงสุด



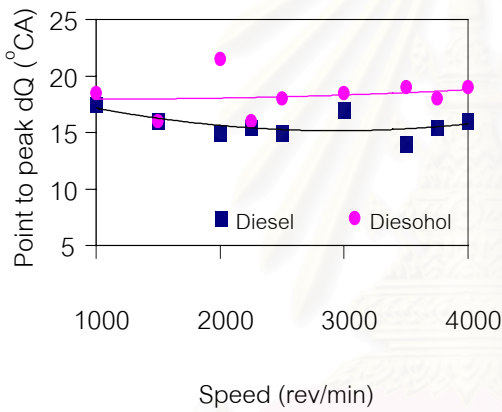
รูปที่ 5-48(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่ภาระสูงสุด



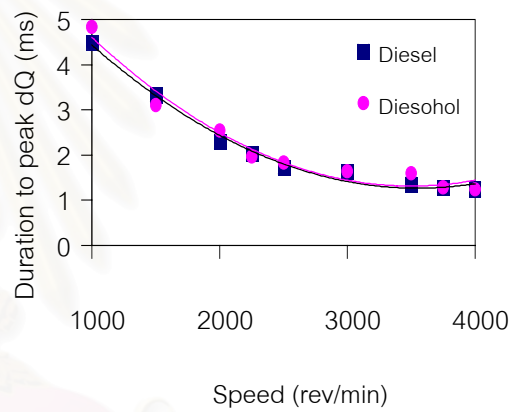
รูปที่ 5-48(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่ภาวะสูงสุด



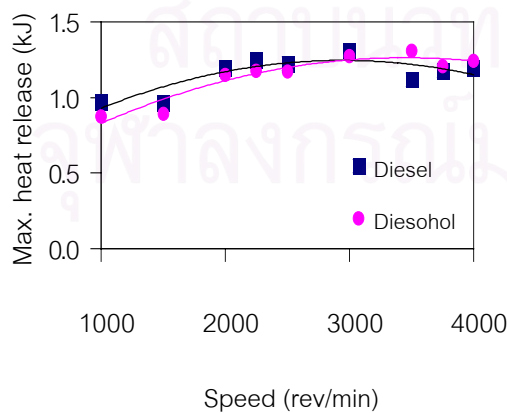
รูปที่ 5-48(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่ภาวะสูงสุด



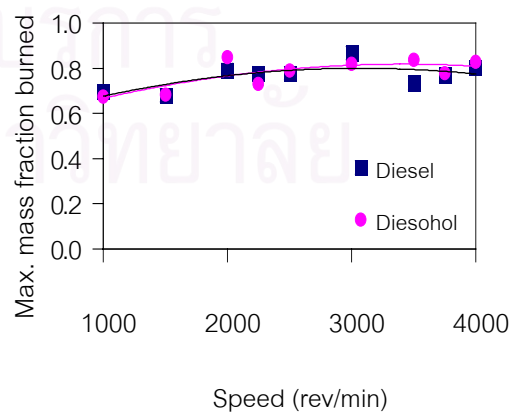
รูปที่ 5-48(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่ภาวะสูงสุด



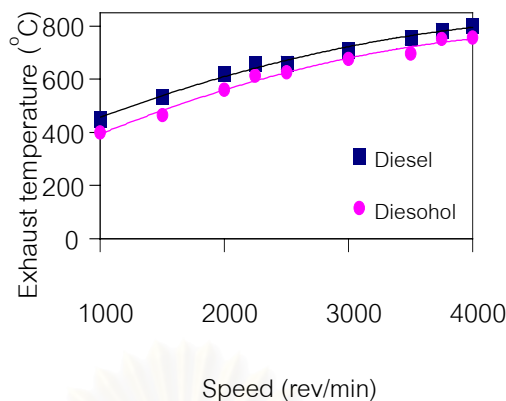
รูปที่ 5-48(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-48(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-48(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดที่ภาวะสูงสุด



รูปที่ 5-48(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่ภาระสูงสุด

### 5.3.10 ภาระสูงสุด (Full Load)

จากรูปที่ 5-48(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะลดลงเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะมากกว่าดีโซฮอล ยกเว้นบางความเร็วรอบที่มีค่าใกล้เคียงกัน เช่นที่ความเร็วรอบ 1000 และ 2000 rev/min

จากรูปที่ 5-48(2) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยที่ความเร็วรอบสูง โดยแนวโน้มดีโซฮอลเซลมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากผลของการเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ช้ากว่าจากการที่ดีโซฮอลมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่า

จากรูปที่ 5-48(3) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ความเร็วรอบต่ำ ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีเซลมากกว่าดีโซฮอล และที่ความเร็วรอบปานกลางนั้นเชื้อเพลิงทั้งสองมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากดีโซฮอลมีค่าความร้อนต่ำกว่า ดังนั้นจึงพบว่าดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่า สำหรับที่ความเร็วรอบสูง ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีโซฮอลมากกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-48(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีเซลมีแนวโน้มที่จะ advance กว่าดีโซฮอล เนื่องจากดีเซลมีความหนืดสูงกว่า ยกเว้นที่ ความเร็วรอบ 1000 rev/min ที่ดีเซล retard กว่า และที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-48(5) เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น การเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะเกิดเร็วขึ้น โดยดีเซลมีแนวโน้มที่จะเริ่มการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอล ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1500 และ 3500 rev/min ที่ดีโซฮอลและดีเซลเริ่มการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-48(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่และมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลางถึงสูง สำหรับที่ความเร็วรอบ

เครื่องยนต์ต่ำจะมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์มีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าดีเซลที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min แต่ที่ความเร็วรอบ 1500 rev/min ดีไซฮอลล์สั้นกว่า

จากรูปที่ 5-48(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มจะเกิดเร็วขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบต่ำถึงปานกลางดีไซฮอลล์มีแนวโน้มที่จะถึงถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% หลังดีเซล ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min สำหรับที่ความเร็วรอบสูงดีเซลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ช้ากว่าดีไซฮอลล์ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ที่ตำแหน่งใกล้เคียงกัน และที่ความเร็วรอบ 4000 rev/min ดีเซลเกิดก่อน

จากรูปที่ 5-48(8) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยดีไซฮอลล์จะมีช่วงเวลาสั้นกว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1500 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าเล็กน้อย และที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-48(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มที่จะเกิดช้าลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์มีแนวโน้มที่จะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ก่อนดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-48(10) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มสั้นลง และดีไซฮอลล์จะมีช่วงเวลาด้านหน้าดีเซลที่ทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์

จากรูปที่ 5-48(11) การเผาไหม้มีแนวโน้มจะสิ้นสุดช้าลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 4000 rev/min การเผาไหม้จะสิ้นสุดช้ากว่าที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min เล็กน้อย และดีไซฮอลล์จะมีแนวโน้มสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-48(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์จะมีช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-48(13) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มสั้นลง ดีไซฮอลล์มีแนวโน้มช่วงเวลาสั้นกว่าดีเซลเล็กน้อย โดยจะมีความแตกต่างมากขึ้นในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 ถึง 2500 rev/min

จากรูปที่ 5-48(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลมีแนวโน้มสูงกว่าดีไซฮอลล์ที่ความเร็วรอบต่ำ และที่ความเร็วรอบปานกลางเชื้อเพลิงทั้งสองมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดไม่แตกต่างกัน และที่ความเร็วรอบสูงดีเซลจะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดต่ำกว่าดีไซฮอลล์ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 4000 rev/min ดีเซลมี peak สูงกว่า

จากรูปที่ 5-48(15) ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีไซฮอลล์จะเกิดขึ้นหลังดีเซล ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1500 rev/min จะเกิดที่ตำแหน่งเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5-30(ง) จะพบว่า peak แรกของดีไซฮอลล์ก็ยังคงเกิดขึ้นหลังดีเซล

จากรูปที่ 5-48(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ ความเร็วรอบ 1000, 2000, 2500 และ 3500 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าเล็กน้อย และที่ความเร็วรอบ 1500 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลาดั้งเดิมสั้นกว่าเล็กน้อย

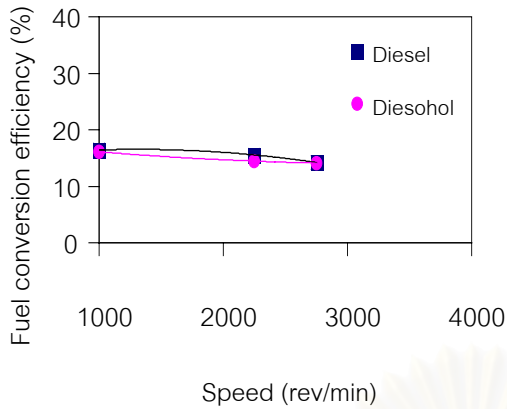
จากรูปที่ 5-48(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น ดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่าดีไซฮอลล์ในช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 rev/min และที่ความเร็วรอบสูงพบว่าดีไซฮอลล์มีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่าดีเซล เนื่องจากที่ความเร็วรอบต่ำนั้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีเซลมากกว่าดีไซฮอลล์ และที่ความเร็วรอบปานกลางนั้นเชื้อเพลิงทั้งสองมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรใกล้เคียงกัน แต่ดีไซฮอลล์มีค่าความร้อนต่ำกว่า ดังนั้นจึงพบว่าดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่า สำหรับที่ความเร็วรอบสูง ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีไซฮอลล์มากกว่าดีเซล ดังนั้นดีไซฮอลล์จึงมีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่า

จากรูปที่ 5-48(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มไม่ค่อยชัดเจนนัก แต่โดยรวมแล้วเชื้อเพลิงทั้งสองมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2000 และ 3500 rev/min ดีไซฮอลล์มีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีเซล และที่ความเร็วรอบ 2250 และ 3000 rev/min ดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีไซฮอลล์

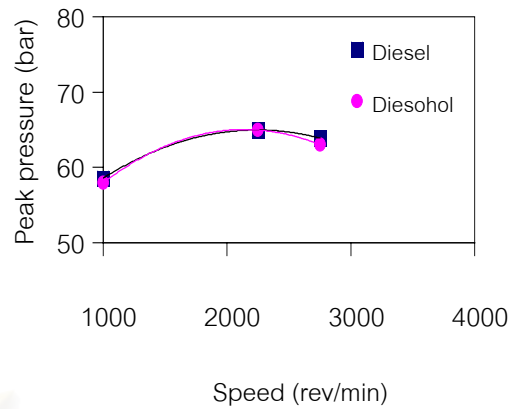
จากรูปที่ 5-48(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ดีเซลมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีไซฮอลล์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

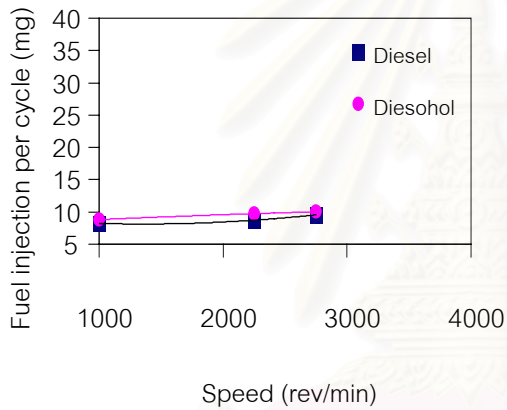




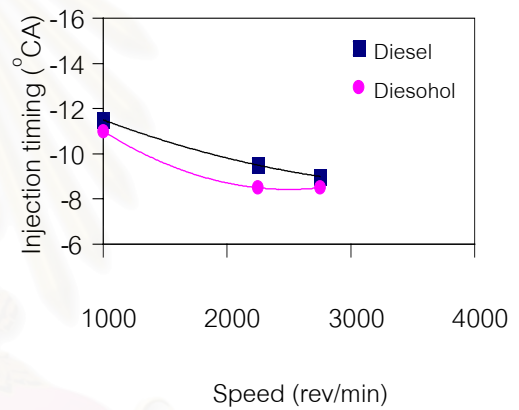
รูปที่ 5-49(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 20 N.m



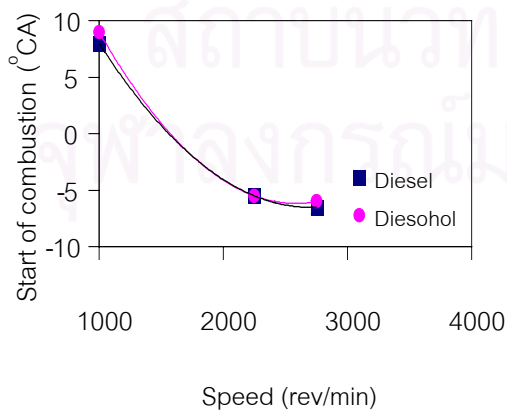
รูปที่ 5-49(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m



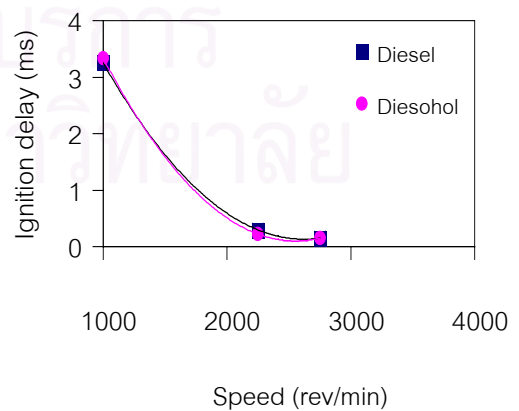
รูปที่ 5-49(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 20 N.m



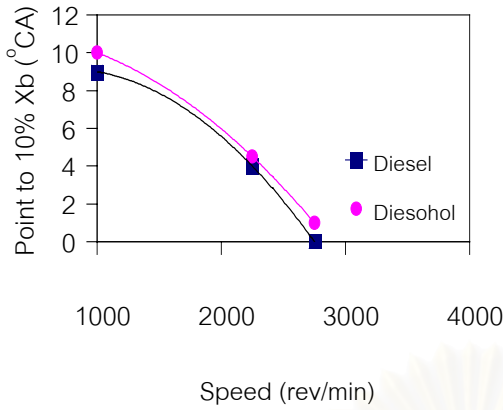
รูปที่ 5-49(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 20 N.m



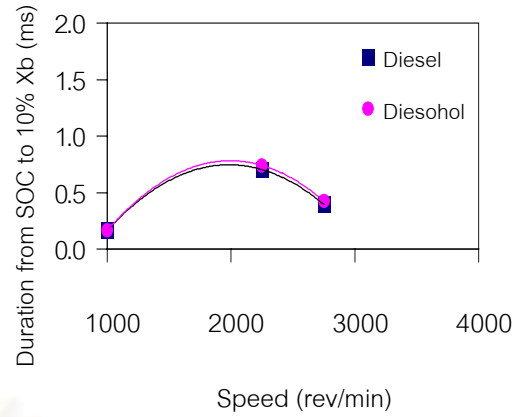
รูปที่ 5-49(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 20 N.m



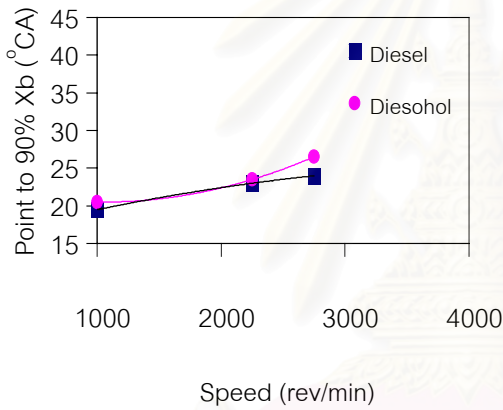
รูปที่ 5-49(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 20 N.m



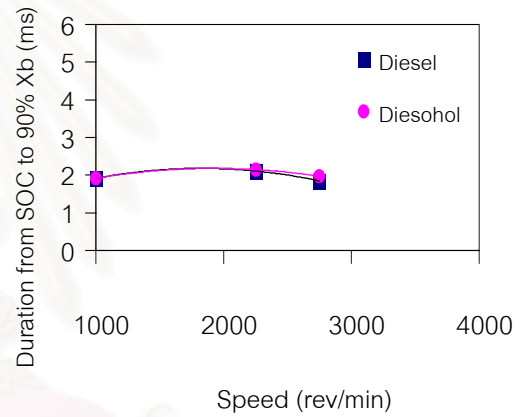
รูปที่ 5-49(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 20 N.m



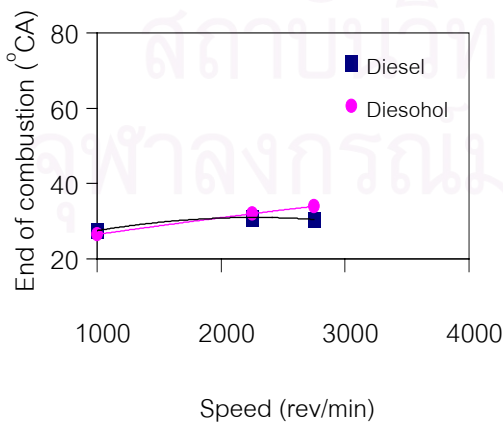
รูปที่ 5-49(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 20 N.m



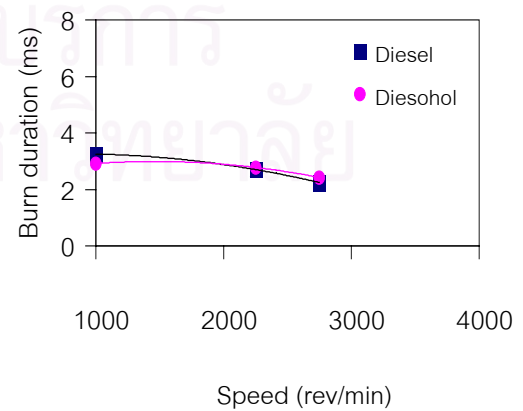
รูปที่ 5-49(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 20 N.m



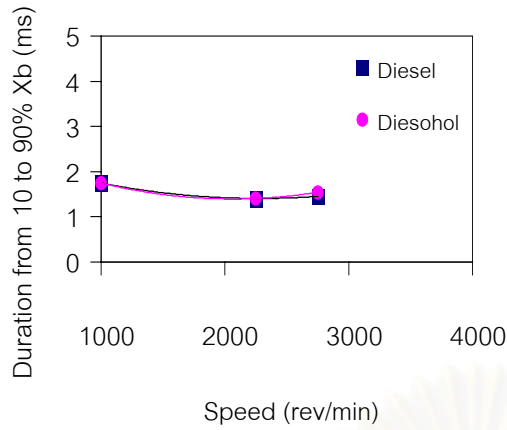
รูปที่ 5-49(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 20 N.m



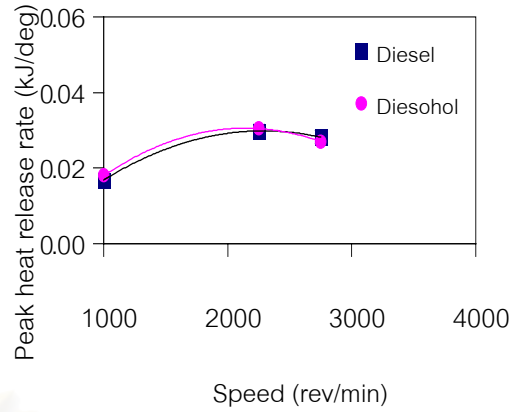
รูปที่ 5-49(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 20 N.m



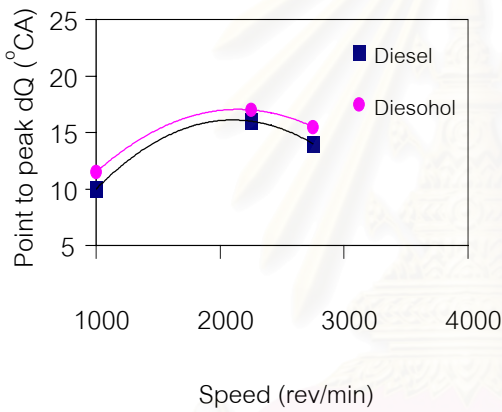
รูปที่ 5-49(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 20 N.m



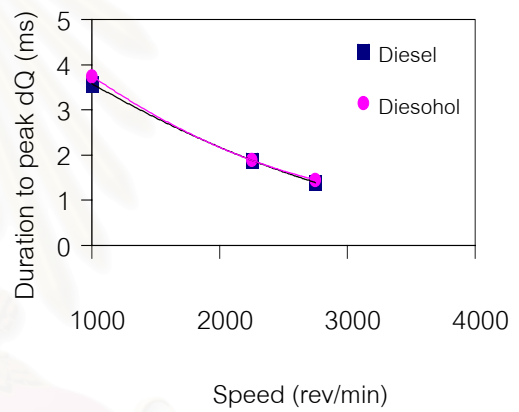
รูปที่ 5-49(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่แรงบิด 20 N.m



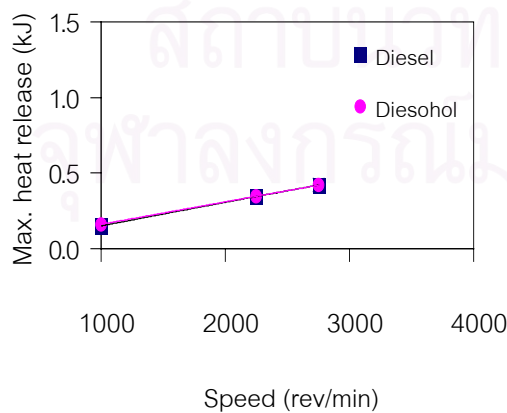
รูปที่ 5-49(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 20 N.m



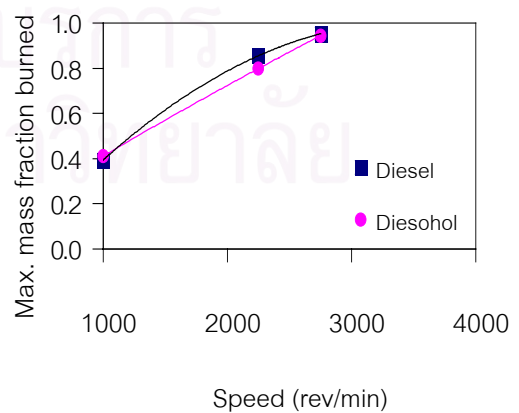
รูปที่ 5-49(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m



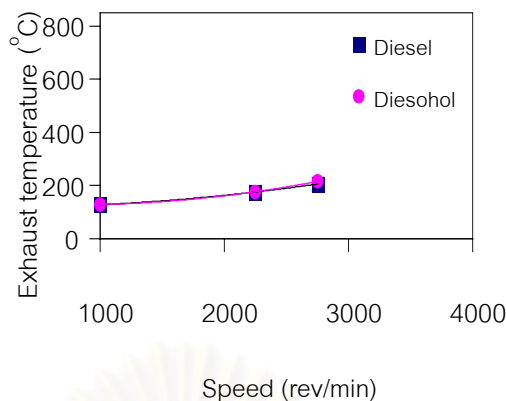
รูปที่ 5-49(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 20 N.m



รูปที่ 5-49(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 20 N.m



รูปที่ 5-49(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดที่แรงบิด 20 N.m



รูปที่ 5-49(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 20 N.m

### 5.3.11 แรงบิดคงที่ 20 N.m

จากรูปที่ 5-49(1) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะลดลงเล็กน้อย โดยดีโซฮอลจะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงต่ำกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจาก 1000 ถึง 2250 rev/min และจะลดลงเล็กน้อยที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min โดยที่ ดีโซฮอลมีแนวโน้มของความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากผลของการเริ่มการเผาไหม้ที่ช้ากว่าจากการที่ ดีโซฮอลมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่า ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดไม่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-49(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล ซึ่งก็หมายความว่าในการจะเดินเครื่องยนต์ที่แรงบิดเท่ากันดีโซฮอลจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-49(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีแนวโน้ม retard ลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอลเนื่องจากผลของ compressibility ที่มากกว่า

จากรูปที่ 5-49(5) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น การเผาไหม้จะเกิดเร็วขึ้นมากที่ความเร็วรอบต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบปานกลาง การเผาไหม้จะเกิดเร็วขึ้นเล็กน้อย โดยดีเซลมีแนวโน้มจะเกิดการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอลเล็กน้อย ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min เกิดการเผาไหม้เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-49(6) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดจะสั้นลงมากที่ความเร็วรอบต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบปานกลางช่วงล่าช้าจะสั้นลงเล็กน้อย และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าที่ใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-49(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มจะเกิดเร็วขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีโซลล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มยาวขึ้นในช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 2250 rev/min และสั้นลงในช่วงความเร็วรอบ 2250 ถึง 2750 rev/min และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ความเร็วรอบ 2250 และ 2750 rev/min ดีโซลล์ยาวกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(9) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น การเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ช้าลง โดยดีโซลล์มีแนวโน้มที่จะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% หลังดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เชื้อเพลิงทั้งสองยังมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-49(11) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น การเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะสิ้นสุดช้าลง โดยที่ความเร็วรอบต่ำ ดีโซลล์จะสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีเซลเล็กน้อย ส่วนที่ความเร็วรอบปานกลาง ดีโซลล์จะสิ้นสุดการเผาไหม้หลังดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มสั้นลงน้อยมากเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบต่ำดีโซลล์จะมีช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าดีเซล ส่วนที่ความเร็วรอบปานกลาง ดีโซลล์มีช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(13) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มสั้นลงน้อยมากจนเกือบคงที่ และนอกจากนี้เชื้อเพลิงทั้งสองยังมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันมากด้วย

จากรูปที่ 5-49(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจาก 1000 ถึง 2250 rev/min และจะลดลงเล็กน้อยที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min โดยที่ความเร็วรอบ 1000 และ 2250 rev/min ดีโซลล์มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีเซล แต่ที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min ดีเซลมีค่าสูงกว่า

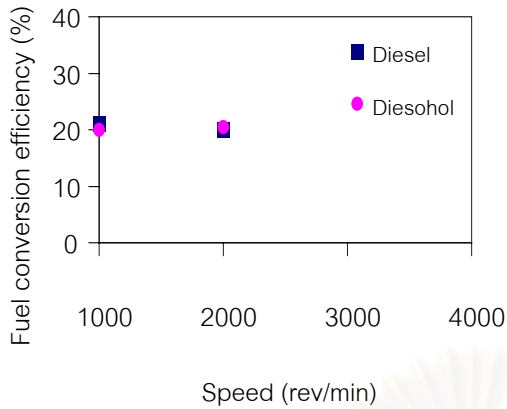
จากรูปที่ 5-49(15) พบว่าจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลจะเกิดขึ้นก่อนดีโซลล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-49(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min ดีโซฮอล์มีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

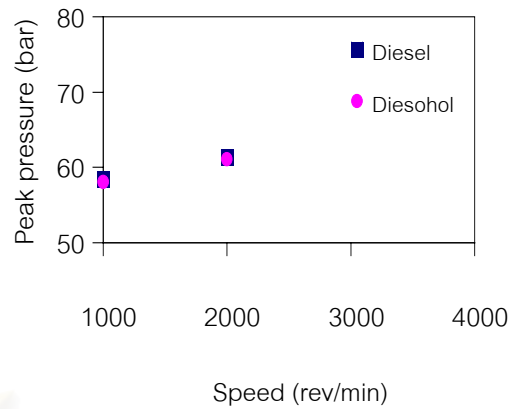
จากรูปที่ 5-49(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 20 N.m นี้เชื้อเพลิงทั้งสองมีการปล่อยความร้อนสุทธิใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-49(18) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดจะเพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบต่ำดีโซฮอล์มีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีเซล แต่ที่ความเร็วรอบปานกลางนั้นดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีโซฮอล์

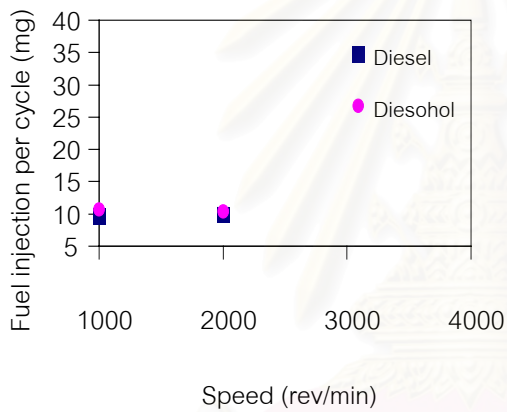
จากรูปที่ 5-49(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอล์จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซล  $1^{\circ}\text{C}$  ที่ความเร็วรอบ 1000 และ 2250 rev/min อุณหภูมิไอเสียของเชื้อเพลิงทั้งสองไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min ดีโซฮอล์จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซล  $10^{\circ}\text{C}$



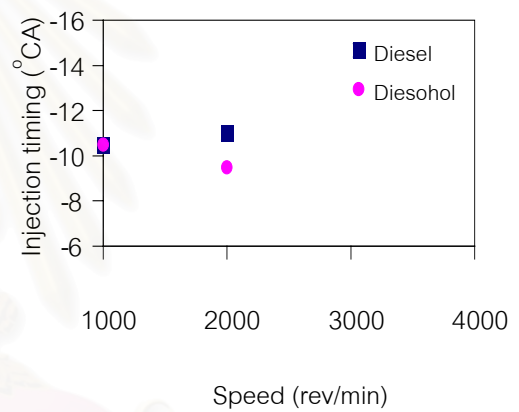
รูปที่ 5-50(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 30 N.m



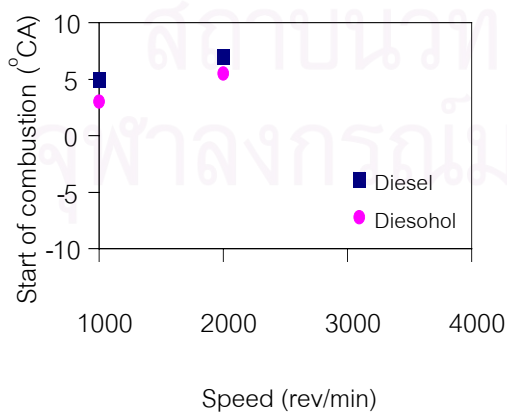
รูปที่ 5-50(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m



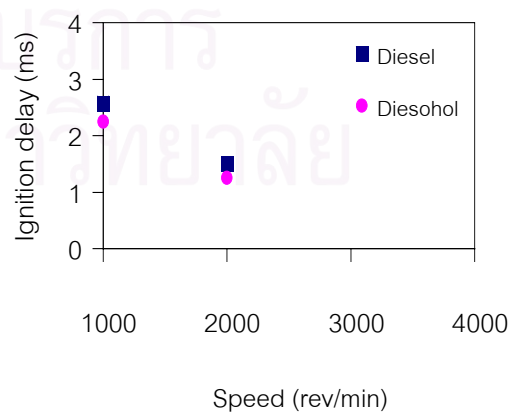
รูปที่ 5-50(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 30 N.m



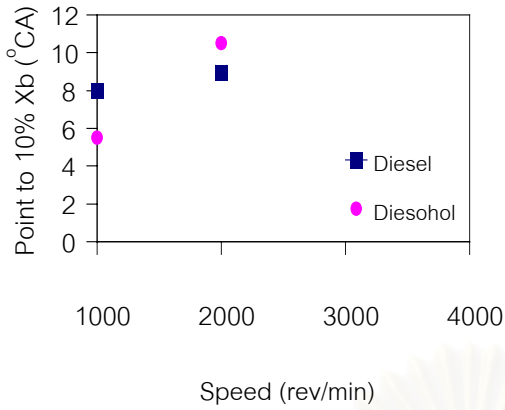
รูปที่ 5-50(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 30 N.m



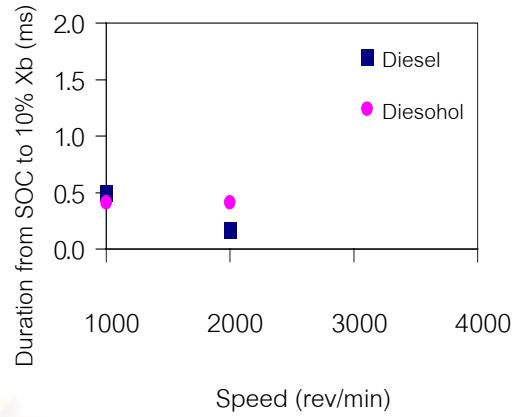
รูปที่ 5-50(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 30 N.m



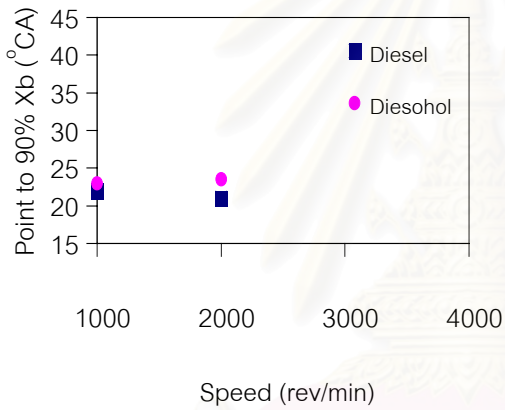
รูปที่ 5-50(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 30 N.m



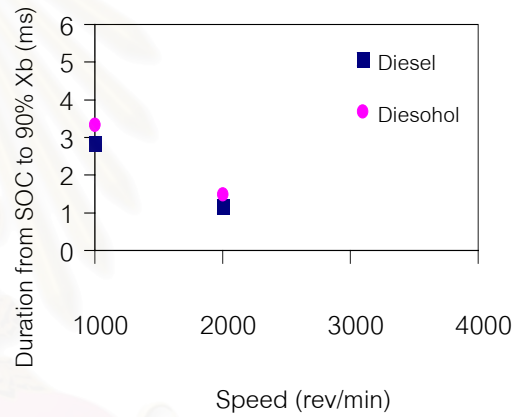
รูปที่ 5-50(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 30 N.m



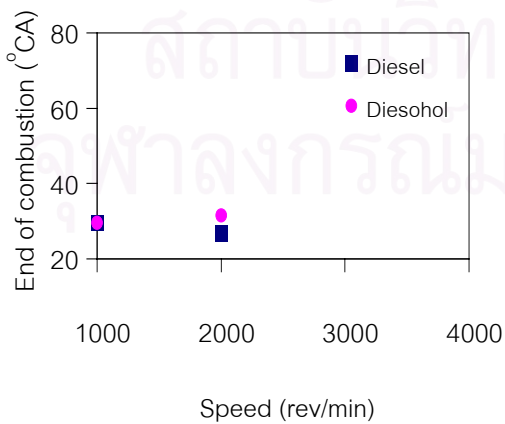
รูปที่ 5-50(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 30 N.m



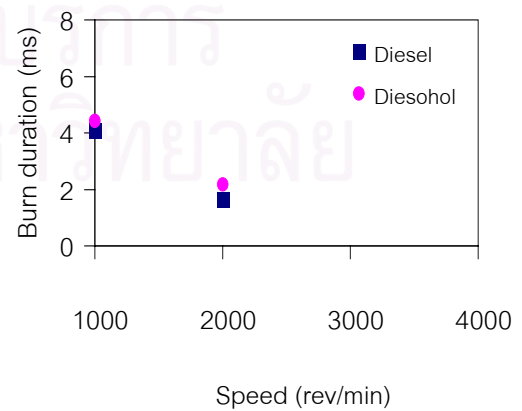
รูปที่ 5-50(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 30 N.m



รูปที่ 5-50(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 30 N.m

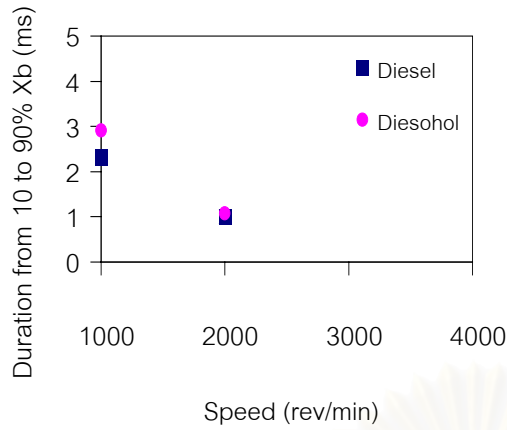


รูปที่ 5-50(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 30 N.m

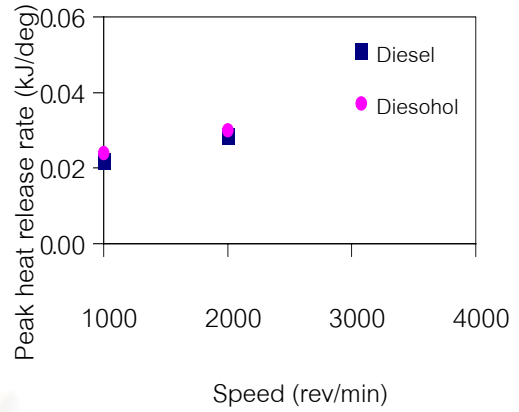


รูปที่ 5-50(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 30 N.m

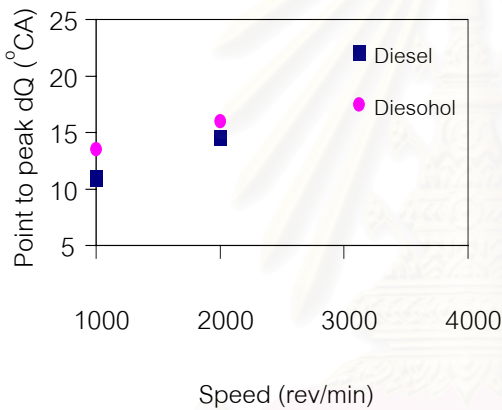




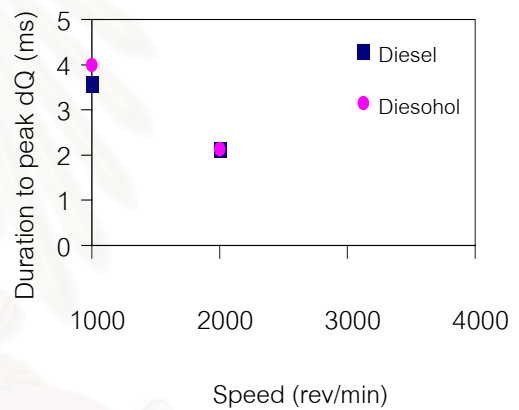
รูปที่ 5-50(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่แรงบิด 30 N.m



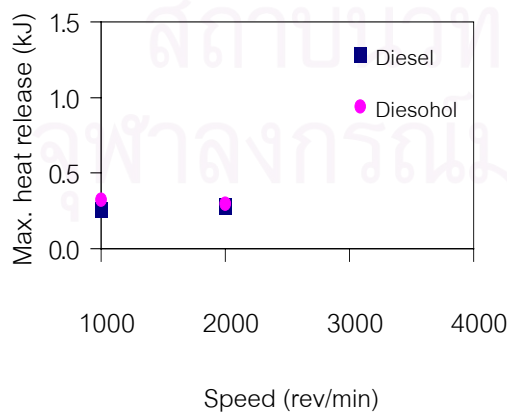
รูปที่ 5-50(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 30 N.m



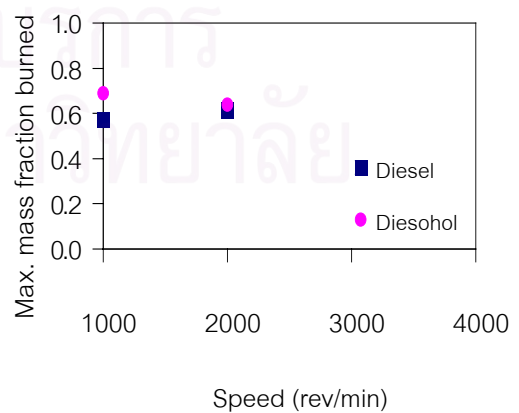
รูปที่ 5-50(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m



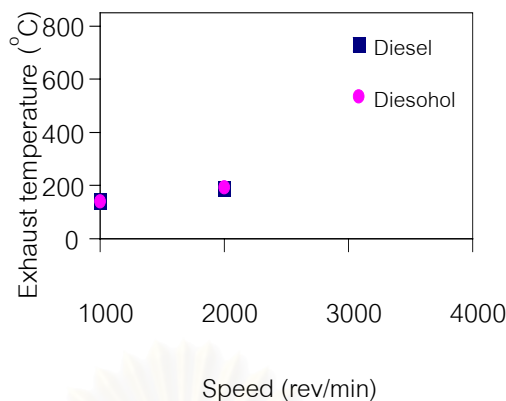
รูปที่ 5-50(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 30 N.m



รูปที่ 5-50(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 30 N.m



รูปที่ 5-50(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดที่แรงบิด 30 N.m



รูปที่ 5-50(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 30 N.m

### 5.3.12 แรงบิดคงที่ 30 N.m

จากรูปที่ 5-50(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min ดีเซลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าดีโซฮอล และที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-50(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีความดันในห้องเผาไหม้สูงที่สุดมากกว่าดีโซฮอลเล็กน้อยดังเหตุผลที่กล่าวมา

จากรูปที่ 5-50(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-50(4) ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน แต่ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min ดีเซลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-50(5) จุดเริ่มการเผาไหม้มีแนวโน้มเกิดขึ้นช้าลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิดนี้ ดีโซฮอลจะเริ่มการเผาไหม้ก่อนดีเซล

จากรูปที่ 5-50(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดสั้นกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-50(7) ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min ดีโซฮอลเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีเซลเล็กน้อย แต่ที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min ดีโซฮอลเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% หลังดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-50(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของดีโซฮอลมีแนวโน้มเกือบคงที่ และดีเซลมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มจาก

1000 เป็น 2000 rev/min โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลาด้านล่างเล็กน้อย ส่วนที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่า

จากรูปที่ 5-50(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยดีเซลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ก่อนดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-50(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีช่วงเวลาด้านล่างดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-50(11) ที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองเกิดขึ้นที่ตำแหน่งใกล้เคียงกัน ส่วนที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min ดีเซลสิ้นสุดการเผาไหม้ก่อนดีโซฮอลล์

จากรูปที่ 5-50(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิด 30 N.m นี้ ดีเซลมีช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าดีโซฮอลล์เล็กน้อย

จากรูปที่ 5-50(13) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มลดลง และดีโซฮอลล์จะมีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min มีความแตกต่างมากกว่าที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min

จากรูปที่ 5-50(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น และดีโซฮอลล์มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดสูงกว่าดีเซล

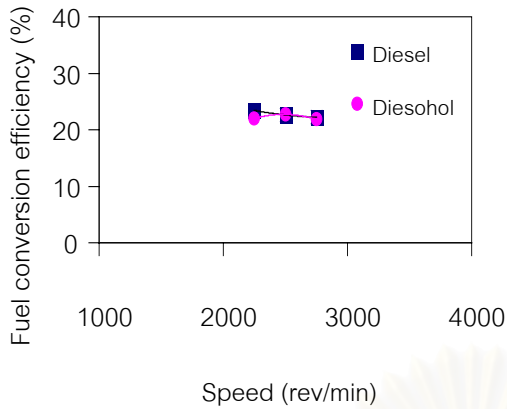
จากรูปที่ 5-50(15) ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะช้าลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยตำแหน่ง peak ของดีโซฮอลล์จะเกิดขึ้นหลังจากดีเซล

จากรูปที่ 5-50(16) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มที่จะลดลง โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min ดีโซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่า และที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน

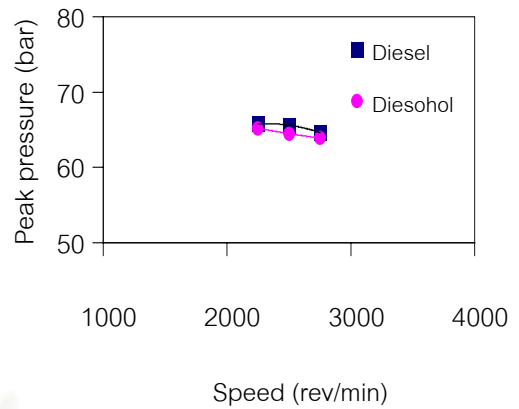
จากรูปที่ 5-50(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และดีโซฮอลล์มีการปล่อยความร้อนสุทธิสูงกว่าดีเซลเนื่องจากผลของปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่สูงกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-50(18) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดของดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนดีโซฮอลล์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและที่แรงบิด 30 N.m นี้ ดีโซฮอลล์มีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีเซล

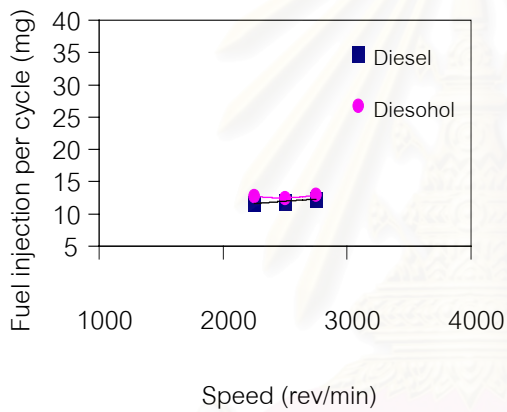
จากรูปที่ 5-50(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 1000 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีอุณหภูมิไอเสียเท่ากัน และที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min ดีโซฮอลล์มีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย



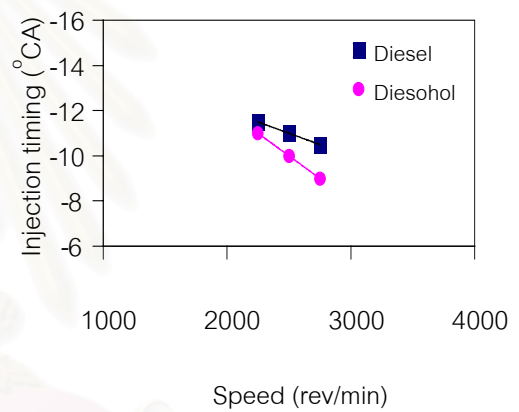
รูปที่ 5-51(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 40 N.m



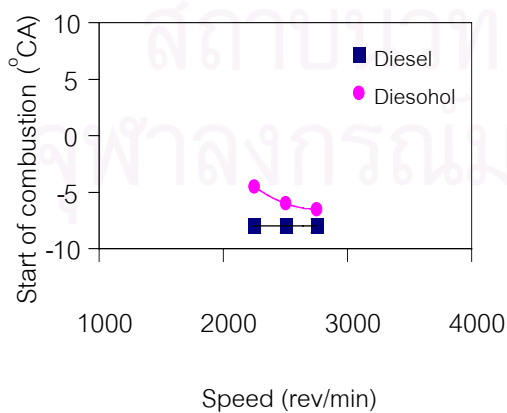
รูปที่ 5-51(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในห้องเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m



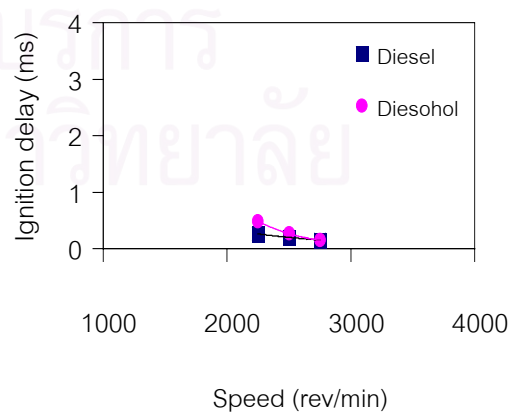
รูปที่ 5-51(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 40 N.m



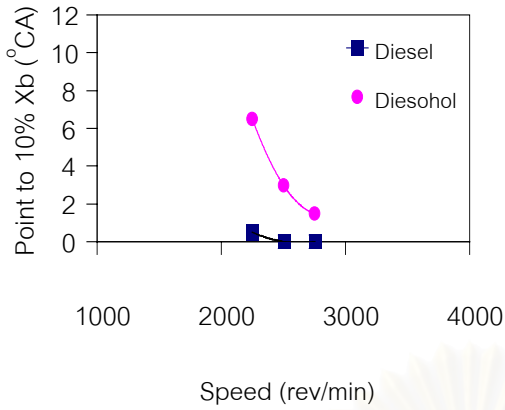
รูปที่ 5-51(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 40 N.m



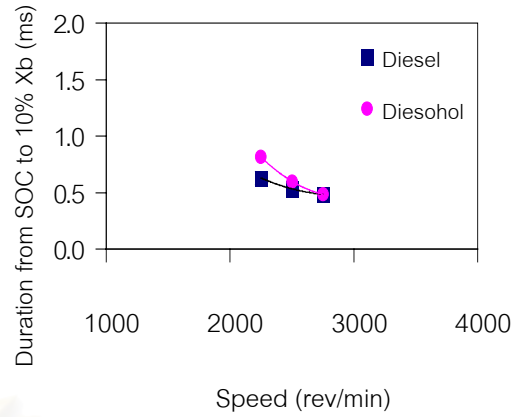
รูปที่ 5-51(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m



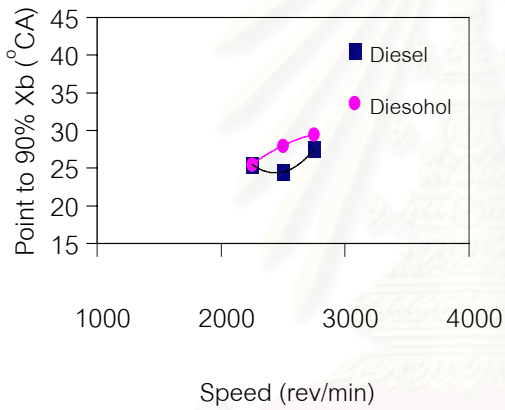
รูปที่ 5-51(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 40 N.m



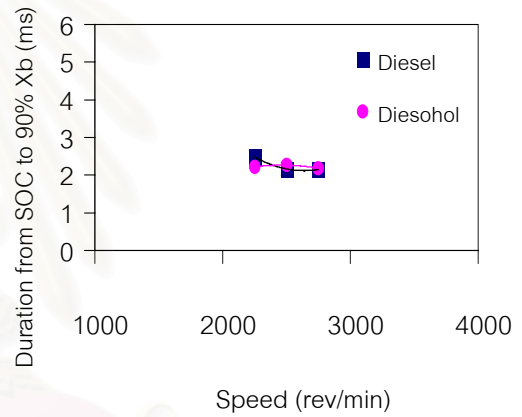
รูปที่ 5-51(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 40 N.m



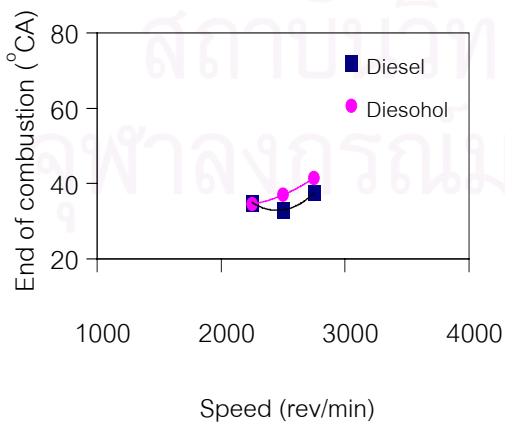
รูปที่ 5-51(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 40 N.m



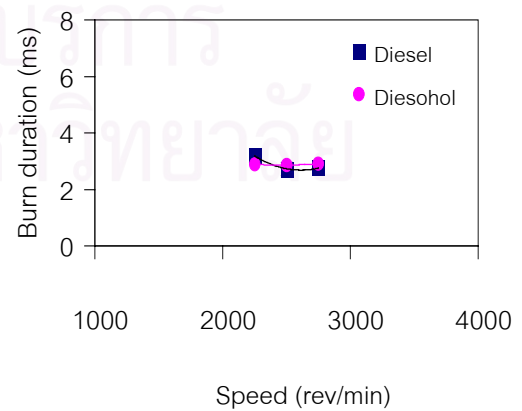
รูปที่ 5-51(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 40 N.m



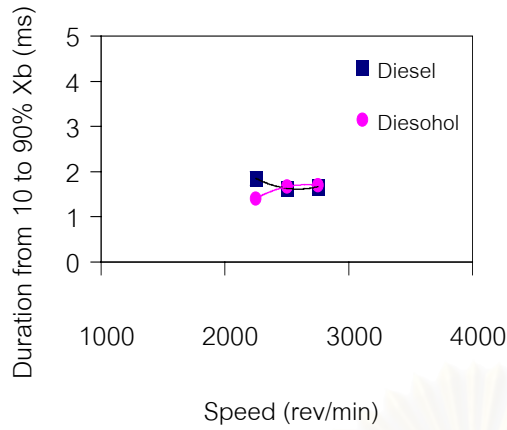
รูปที่ 5-51(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 40 N.m



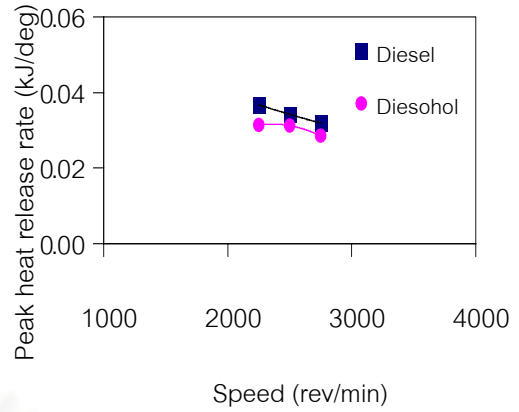
รูปที่ 5-51(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m



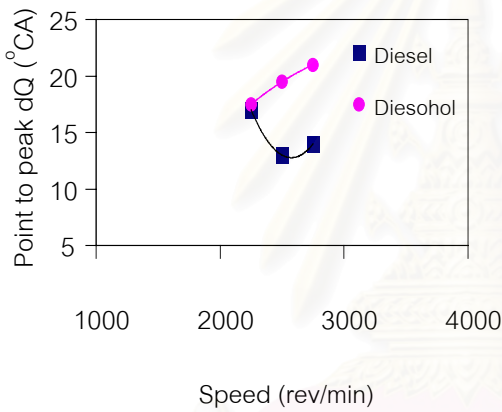
รูปที่ 5-51(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 40 N.m



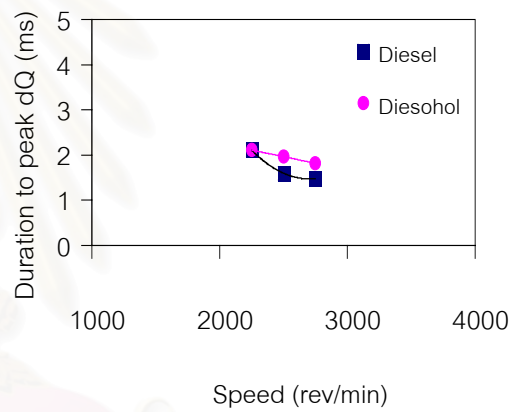
รูปที่ 5-51(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่แรงบิด 40 N.m



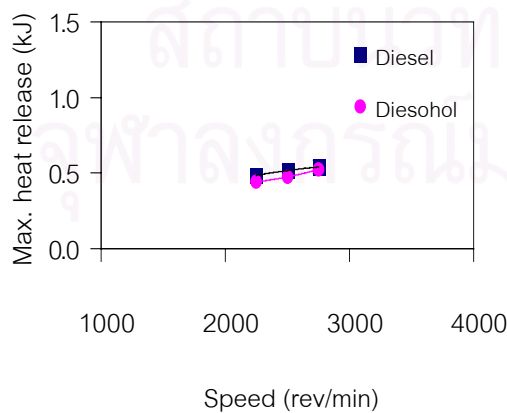
รูปที่ 5-51(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 40 N.m



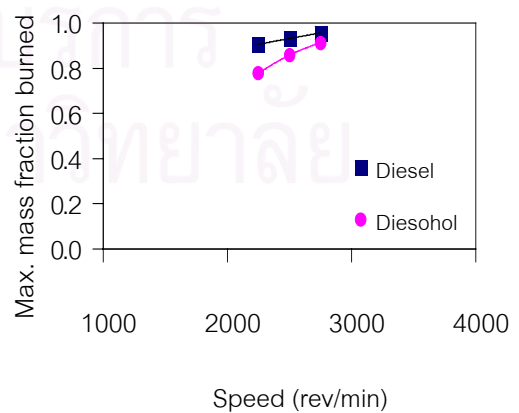
รูปที่ 5-51(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 40 N.m



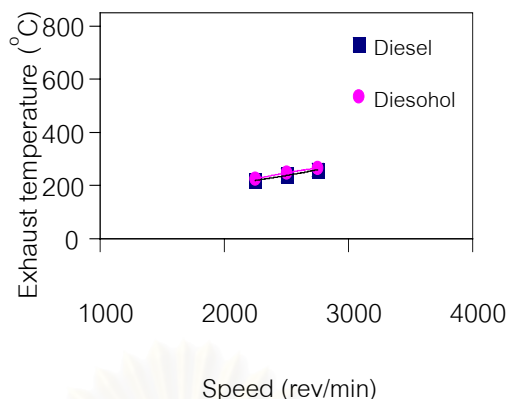
รูปที่ 5-51(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 40 N.m



รูปที่ 5-51(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 40 N.m



รูปที่ 5-51(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดที่แรงบิด 40 N.m



รูปที่ 5-51(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 40 N.m

### 5.3.13 แรงบิดคงที่ 40 N.m

จากรูปที่ 5-51(1) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงของดีเซลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ส่วนดีโซฮอลมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ และเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min ดีเซลมีค่าสูงกว่า

จากรูปที่ 5-51(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลจะมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากดีโซฮอลมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงกว่าดีเซลจึงทำให้เกิดความร้อนสูญเสียสูงกว่า

จากรูปที่ 5-51(3) ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และดีโซฮอลมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล ซึ่งก็หมายความว่าในการจะเดินเครื่องยนต์ที่แรงบิดเท่ากันดีโซฮอลจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-51(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีแนวโน้ม retard ลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอลเล็กน้อยเนื่องจากผลของ compressibility ที่น้อยกว่า

จากรูปที่ 5-51(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีเซลมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนดีโซฮอลมีแนวโน้มที่จะเริ่มการเผาไหม้เร็วขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลจะเริ่มต้นการเผาไหม้หลังดีเซล

จากรูปที่ 5-51(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ดีโซฮอลจะมีช่วงล่าช้ายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดเท่ากัน

จากรูปที่ 5-51(7) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ของดีเซลมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ส่วนดีโซฮอลมีแนวโน้มลดลง และดีเซลจะเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ก่อนดีโซฮอล โดยความแตกต่างจะน้อยลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 5-51(8) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มที่จะสั้นลง โดยดีเซลจะลดลงในอัตราที่น้อยกว่าดีโซฮอล และดีโซฮอลมีแนวโน้มของช่วงเวลายาวกว่าดีเซล โดยผลต่างจะน้อยลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มจาก 2250 เป็น 2750 rev/min จนกระทั่งที่ความเร็วรอบ 2750 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-51(9) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มที่จะเกิดช้าลงสำหรับดีโซฮอล และช้าลงเล็กน้อยสำหรับดีเซล โดยดีโซฮอลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% หลังดีเซล ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-51(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min ดีโซฮอลมีช่วงเวลานั้นสั้นกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-51(11) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น การเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะสั้นสุดช้าลง โดยดีโซฮอลจะสั้นสุดการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซล ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองสั้นสุดการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-51(12) ช่วงการเผาไหม้ของดีโซฮอลมีแนวโน้มคงที่ ส่วนดีเซลมีแนวโน้มคงที่ในช่วงความเร็วรอบ 2500 ถึง 2750 rev/min และสั้นลงเล็กน้อยในช่วงความเร็วรอบ 2250 ถึง 2500 rev/min ที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min ดีโซฮอลจะมีช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าดีเซลเล็กน้อย แต่ที่ความเร็วรอบ 2500 และ 2750 rev/min ดีโซฮอลจะมีช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-51(13) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2500 และ 2750 rev/min ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มคงที่และมีค่าใกล้เคียงกันมากสำหรับเชื้อเพลิงทั้งสอง แต่ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2250 rev/min ดีเซลจะมีช่วงเวลายาวกว่าดีโซฮอล

จากรูปที่ 5-51(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีโซฮอลที่ความเร็วรอบอยู่ในช่วง 2250 ถึง 2750 rev/min

จากรูปที่ 5-51(15) ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีโซฮอลจะเกิดขึ้นหลังดีเซล โดยที่ความเร็วรอบ 2500 และ 2750 rev/min จะมีความแตกต่างมากเนื่องจากค่าอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลเกิดขึ้นที่ peak แรก แต่ดีโซฮอลเกิดที่ peak ที่สอง ซึ่งถ้า



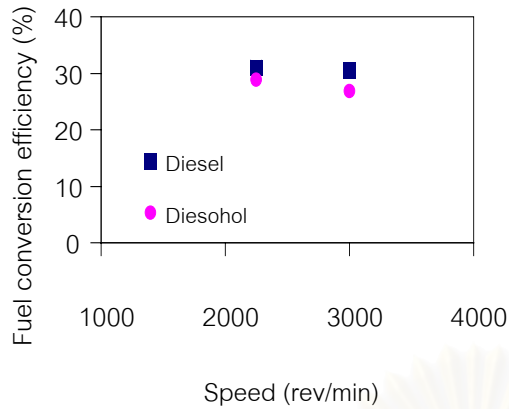
พิจารณาเฉพาะ peak แรกจากรูปที่ 5-19(ง) และ 5-22(ง) แล้วจะพบว่า peak ของดีโซฮอล์จะเกิดขึ้นหลังจากดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-51(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มสั้นลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีช่วงเวลาสั้นกว่า แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะ peak แรกของกราฟอัตราการปล่อยความร้อนดังที่กล่าวมาแล้ว จะได้ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

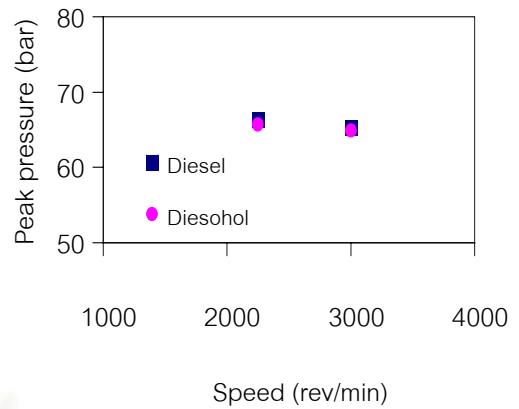
จากรูปที่ 5-51(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลมีการปล่อยความร้อนสุทธิมากกว่าดีโซฮอล์ที่ความเร็วรอบปานกลางนี้

จากรูปที่ 5-51(18) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดของดีโซฮอล์จะเพิ่มขึ้น และของดีเซลจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีโซฮอล์ และความแตกต่างจะน้อยลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น

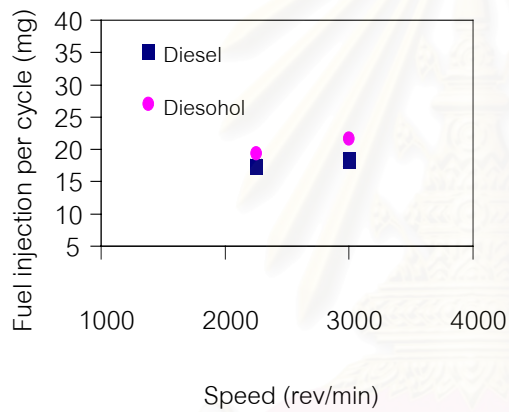
จากรูปที่ 5-51(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นโดยมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอล์จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลประมาณ 6 ถึง 10 °C



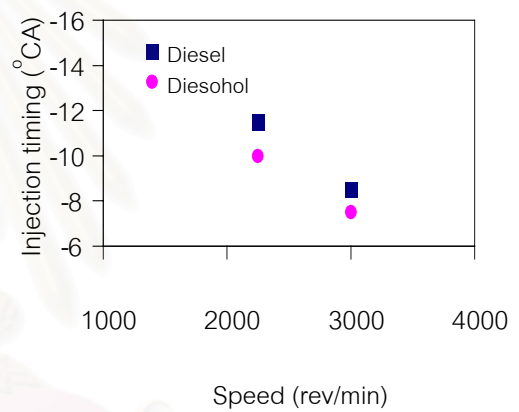
รูปที่ 5-52(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 80 N.m



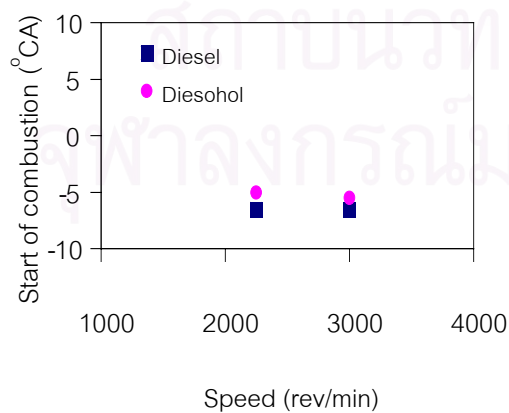
รูปที่ 5-52(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m



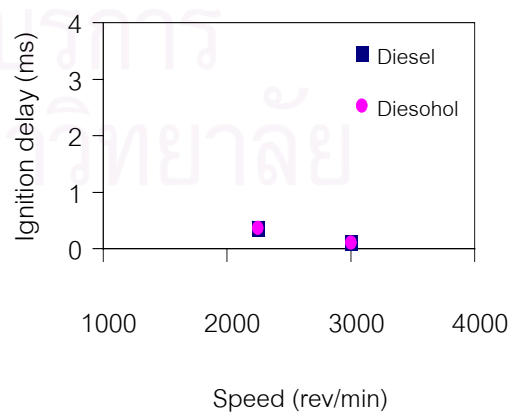
รูปที่ 5-52(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 80 N.m



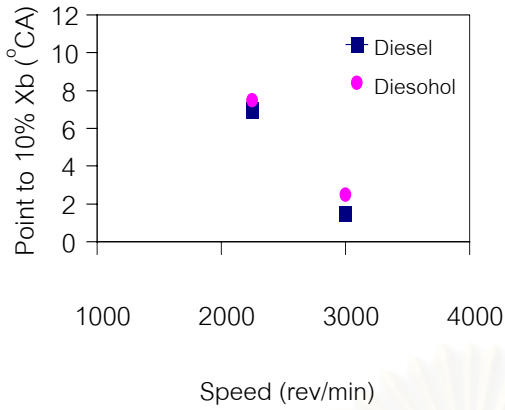
รูปที่ 5-52(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 80 N.m



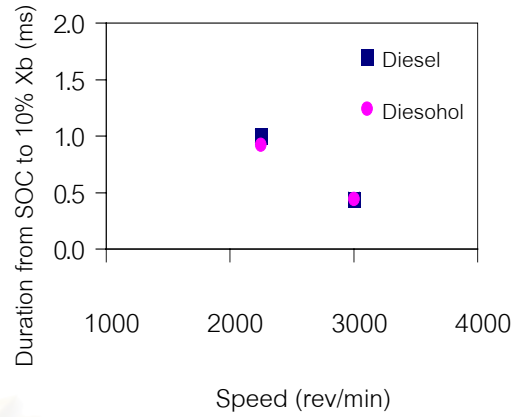
รูปที่ 5-52(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 80 N.m



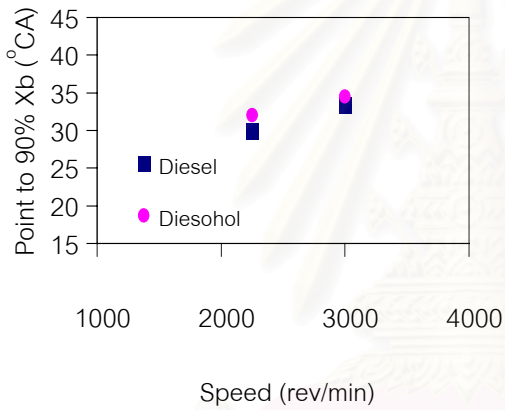
รูปที่ 5-52(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 80 N.m



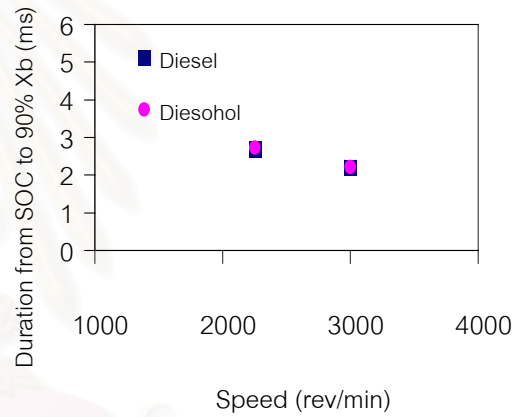
รูปที่ 5-52(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 80 N.m



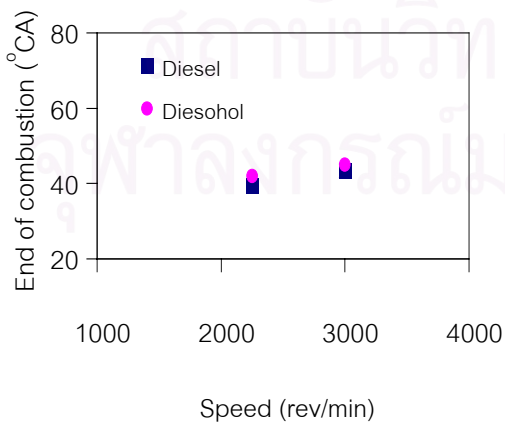
รูปที่ 5-52(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 80 N.m



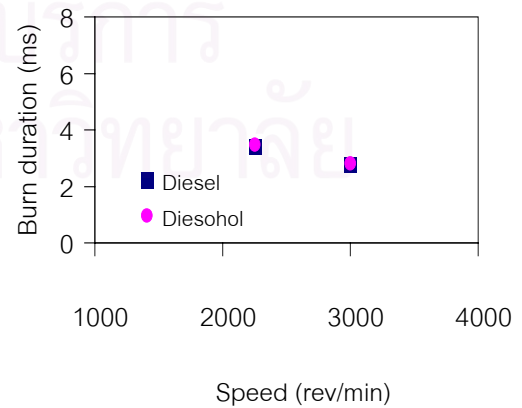
รูปที่ 5-52(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 80 N.m



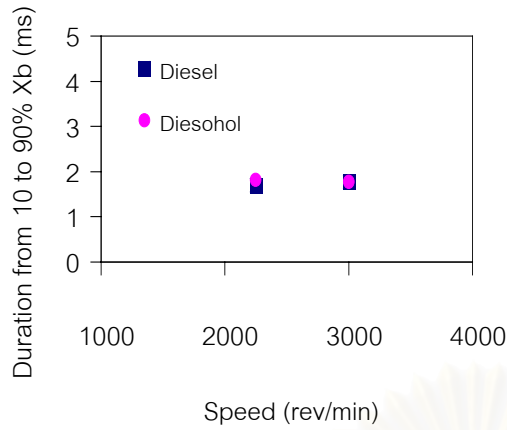
รูปที่ 5-52(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 80 N.m



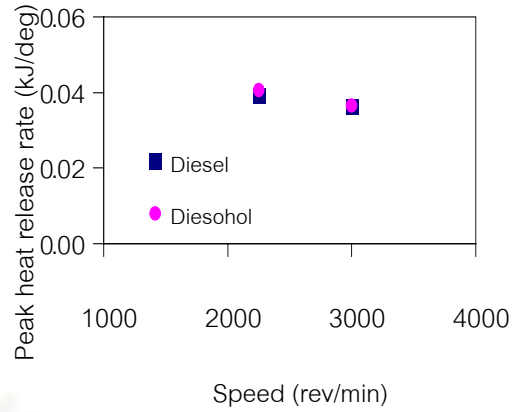
รูปที่ 5-52(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 80 N.m



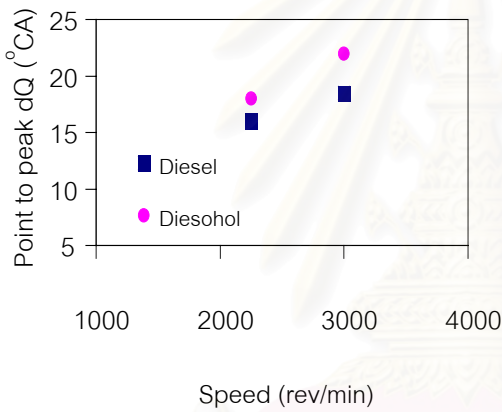
รูปที่ 5-52(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 80 N.m



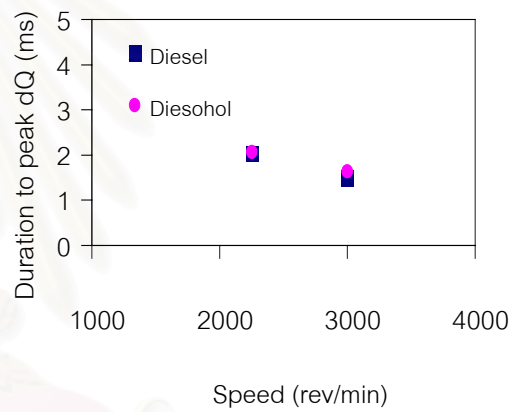
รูปที่ 5-52(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่แรงบิด 80 N.m



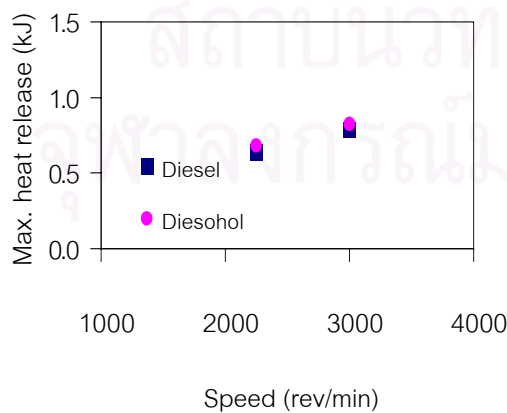
รูปที่ 5-52(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 80 N.m



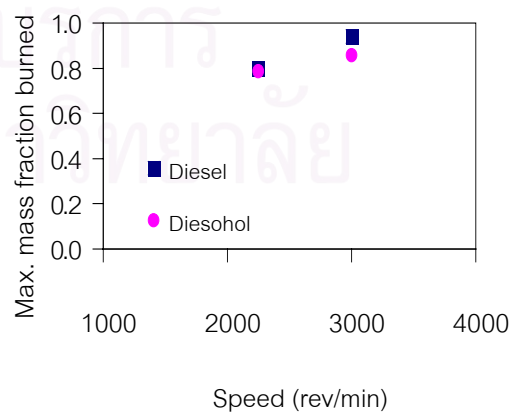
รูปที่ 5-52(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m



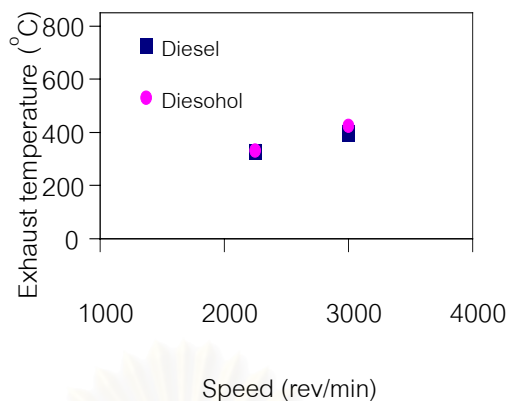
รูปที่ 5-52(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 80 N.m



รูปที่ 5-52(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 80 N.m



รูปที่ 5-52(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดที่แรงบิด 80 N.m



รูปที่ 5-52(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 80 N.m

#### 5.3.14 แรงบิดคงที่ 80 N.m

จากรูปที่ 5-52(1) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงของดีเซลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ส่วนของดีโซฮอลลดลงในสัดส่วนที่มากกว่าดีเซล และที่แรงบิดนี้ดีเซลมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงกว่าดีโซฮอล

จากรูปที่ 5-52(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลจะมีความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากรูปที่ 5-52(3) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล และที่ความเร็วรอบสูงขึ้น ความแตกต่างจะมีมากขึ้น

จากรูปที่ 5-52(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีแนวโน้ม retard ลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะมีองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีโซฮอล เนื่องจากผลของ compressibility ที่น้อยกว่า

จากรูปที่ 5-52(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่สำหรับความเร็วรอบ 2250 และ 3000 rev/min โดยดีโซฮอลจะเริ่มต้นการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-52(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 ไป 3000 rev/min โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดเท่ากัน

จากรูปที่ 5-52(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มที่จะเกิดเร็วขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะเกิดขึ้นก่อนดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-52(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min ดีโซฮอลมี

ช่วงเวลาด้านล่างเล็กน้อย และที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-52(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะเกิดขึ้นช้าลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 ไป 3000 rev/min และดีไซฮอลล์จะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ช้ากว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-52(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะสั้นลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 เป็น 3000 rev/min โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-52(11) การเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะสั้นลงช้าลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 ไป 3000 rev/min โดยดีไซฮอลล์จะสั้นสุดการเผาไหม้หลังดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-52(12) ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 ไป 3000 rev/min และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงการเผาไหม้ใกล้เคียงกันมาก โดยดีไซฮอลล์มีช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-52(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 เป็น 3000 rev/min โดยที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลาด้านล่างน้อยมาก และที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-52(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min ดีไซฮอลล์มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีเซลเล็กน้อย และที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดใกล้เคียงกันมาก

จากรูปที่ 5-52(15) จุดที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมีแนวโน้มจะเกิดช้าลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 2250 ไป 3000 rev/min โดยดีไซฮอลล์จะเกิด peak หลังดีเซล

จากรูปที่ 5-52(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min มีค่าใกล้เคียงกัน และที่ความเร็วรอบ 3000 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าเล็กน้อย

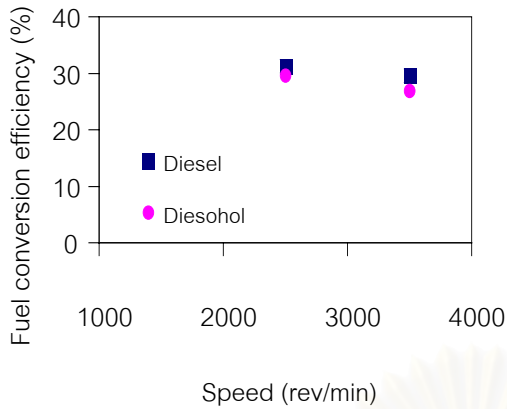
จากรูปที่ 5-52(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์มีการปล่อยความร้อนสุทธิมากกว่าดีเซลเล็กน้อยเนื่องจากผลของการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรที่มากกว่าของดีไซฮอลล์

จากรูปที่ 5-52(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และดีเซลมีเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดมากกว่าดีโซฮอล์ โดยความแตกต่างจะมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงขึ้น

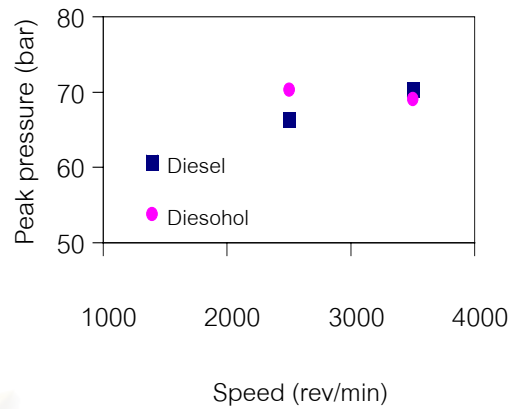
จากรูปที่ 5-52(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอล์จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซล และความแตกต่างจะมีมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงขึ้น



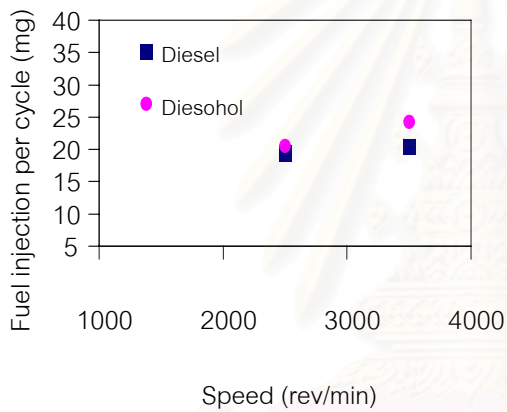
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



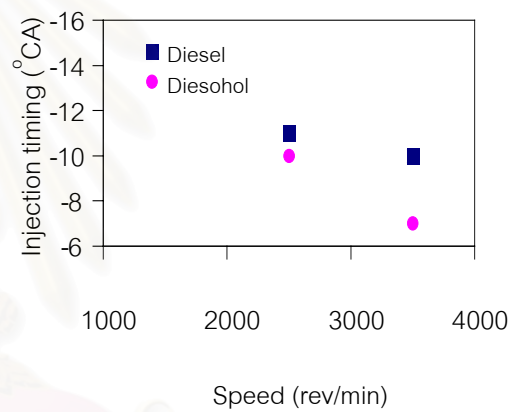
รูปที่ 5-53(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 90 N.m



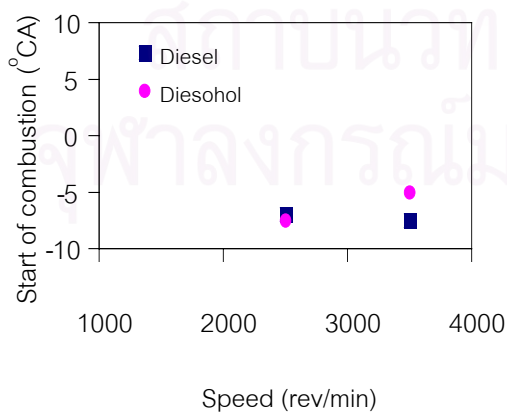
รูปที่ 5-53(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดในห้องเผาไหม้สูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m



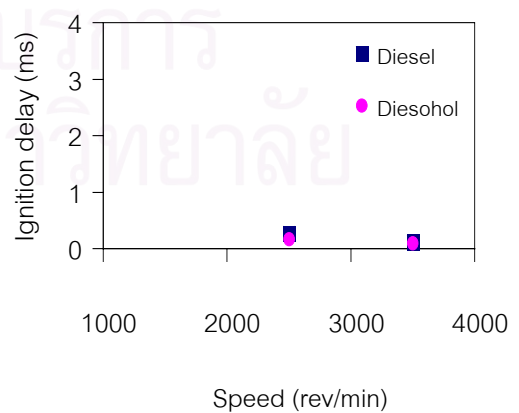
รูปที่ 5-53(3) การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร ที่แรงบิด 90 N.m



รูปที่ 5-53(4) องศาการฉีดเชื้อเพลิง ที่แรงบิด 90 N.m

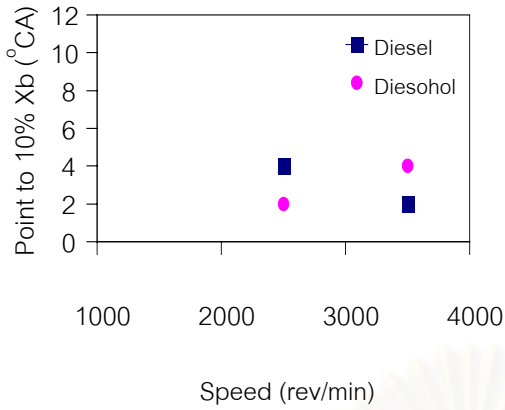


รูปที่ 5-53(5) จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ที่แรงบิด 90 N.m

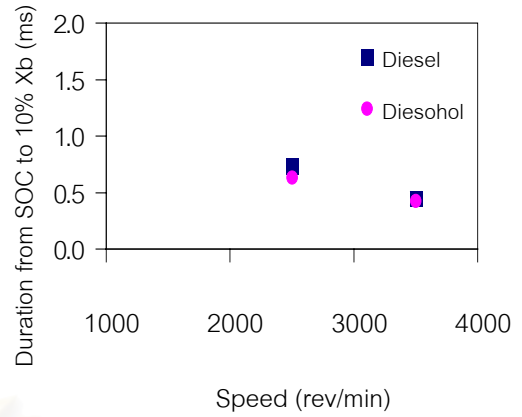


รูปที่ 5-53(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ที่แรงบิด 90 N.m

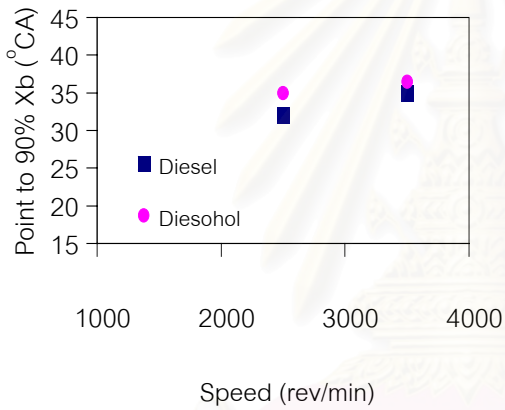




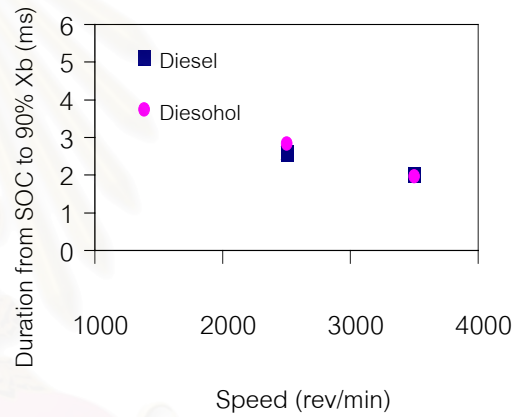
รูปที่ 5-53(7) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 90 N.m



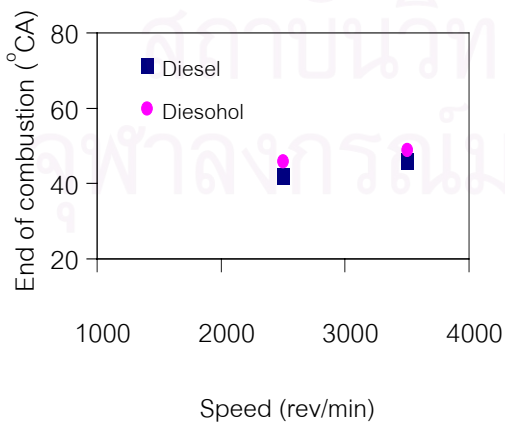
รูปที่ 5-53(8) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ที่แรงบิด 90 N.m



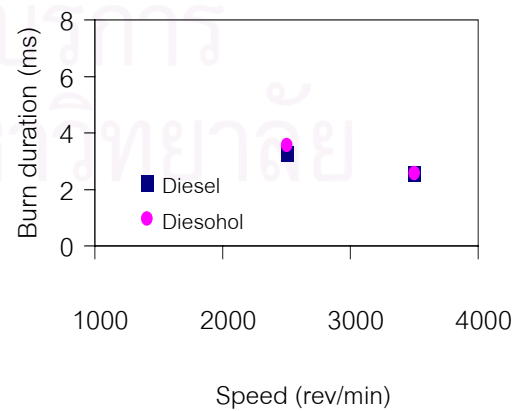
รูปที่ 5-53(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 90 N.m



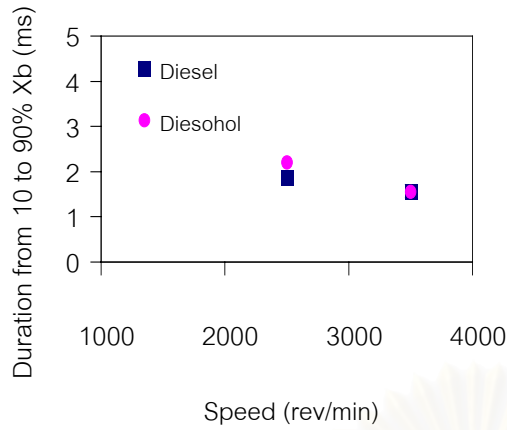
รูปที่ 5-53(10) ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% ที่แรงบิด 90 N.m



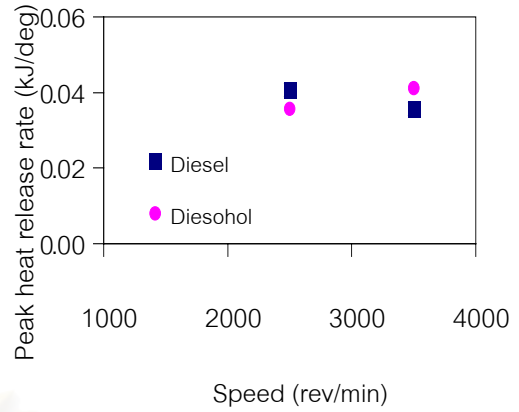
รูปที่ 5-53(11) จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ที่แรงบิด 90 N.m



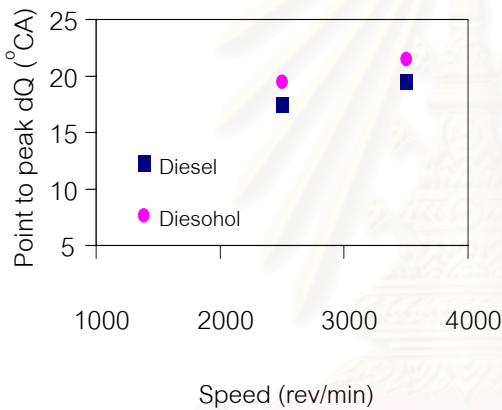
รูปที่ 5-53(12) ช่วงการเผาไหม้ ที่แรงบิด 90 N.m



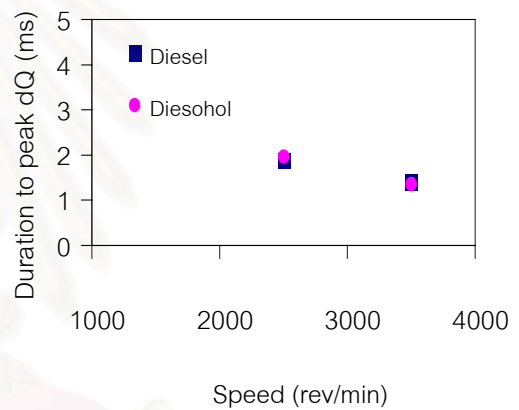
รูปที่ 5-53(13) ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% ที่แรงบิด 90 N.m



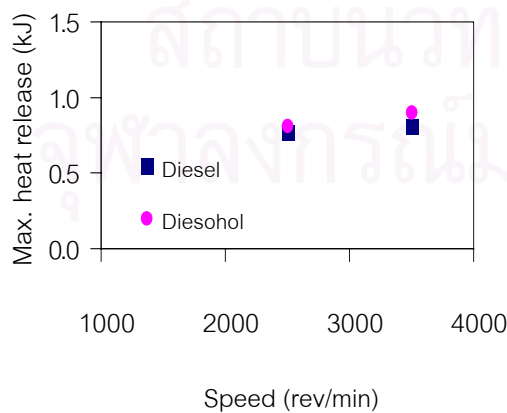
รูปที่ 5-53(14) อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 90 N.m



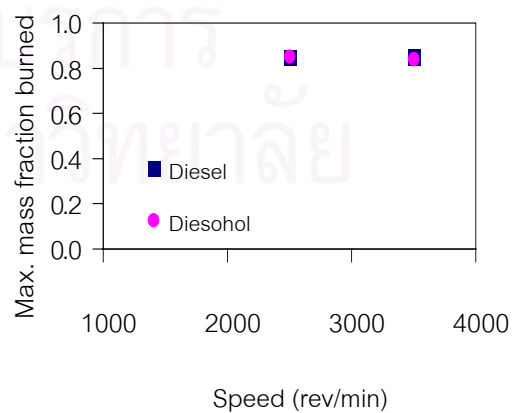
รูปที่ 5-53(15) จุดที่อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m



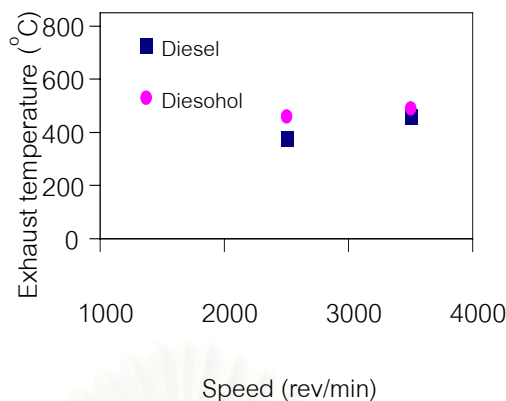
รูปที่ 5-53(16) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดที่แรงบิด 90 N.m



รูปที่ 5-53(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด ที่แรงบิด 90 N.m



รูปที่ 5-53(18) เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดที่แรงบิด 90 N.m



รูปที่ 5-53(19) อุณหภูมิไอเสีย ที่แรงบิด 90 N.m

### 5.3.11 แรงบิดคงที่ 90 N.m

จากรูปที่ 5-53(1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และดีเซลจะมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมากกว่าดีโซฮอล

จากรูปที่ 5-53(2) ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min ดีเซลมีค่าน้อยกว่าแต่ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min ดีเซลมีค่ามากกว่า

จากรูปที่ 5-53(3) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีโซฮอลจะเพิ่มขึ้น และของดีเซลจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยดีโซฮอลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล และจะเพิ่มความแตกต่างมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 5-53(4) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น องศาการฉีดเชื้อเพลิงจะ retard ลง และเนื่องจากผลของความหนืดที่มากกว่าจึงทำให้ดีเซลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงจะ advance กว่าดีโซฮอล

จากรูปที่ 5-53(5) ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีโซฮอลเกิดขึ้นก่อนดีเซลเล็กน้อย และที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีโซฮอลเกิดขึ้นหลังดีเซล

จากรูปที่ 5-53(6) ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มคงที่ และที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min ดีโซฮอลมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดสั้นกว่าดีเซลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-53(7) ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min ดีเซลเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% ช้ากว่าดีโซฮอลเล็กน้อย แต่ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min ดีเซลเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% เร็วกว่าดีโซฮอลเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-53(8) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 10% มีแนวโน้มสั้นลง โดยที่ดีไซฮอลล์จะมีช่วงเวลาที่สั้นกว่าเล็กน้อย

จากรูปที่ 5-53(9) จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะเกิดขึ้นช้าลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยดีเซลจะถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% ก่อนดีไซฮอลล์

จากรูปที่ 5-53(10) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปแล้ว 90% จะสั้นลง และที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ส่วนที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-53(11) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น การเผาไหม้จะสิ้นสุดช้าลง และดีไซฮอลล์จะสิ้นสุดการเผาไหม้หลังดีเซล

จากรูปที่ 5-53(12) ช่วงการเผาไหม้จะสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงการเผาไหม้ยาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ส่วนที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงการเผาไหม้ที่ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-53(13) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% มีแนวโน้มสั้นลงน้อยมาก และที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min ดีไซฮอลล์มีช่วงเวลายาวกว่าดีเซลเล็กน้อย ส่วนที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 5-53(14) ที่ความเร็วรอบ 2500 rev/min อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีเซลมากกว่าดีไซฮอลล์ แต่ที่ความเร็วรอบ 3500 rev/min อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดดีไซฮอลล์มากกว่าดีเซล

จากรูปที่ 5-53(15) จุดที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีไซฮอลล์จะเกิดขึ้นหลังดีเซล 2 องศาข้อเหวี่ยง โดยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น จุด peak นี้จะเกิดขึ้นช้าลง

จากรูปที่ 5-53(16) ช่วงเวลาดังแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะสั้นลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 5-53(17) การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์จะมีการปล่อยความร้อนสุทธิมากกว่าดีเซลเนื่องจากปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีไซฮอลล์มากกว่าดีเซลนั่นเอง

จากรูปที่ 5-53(18) เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มคงที่ และนอกจากนั้นยังมีค่าใกล้เคียงกันมากอีกด้วย

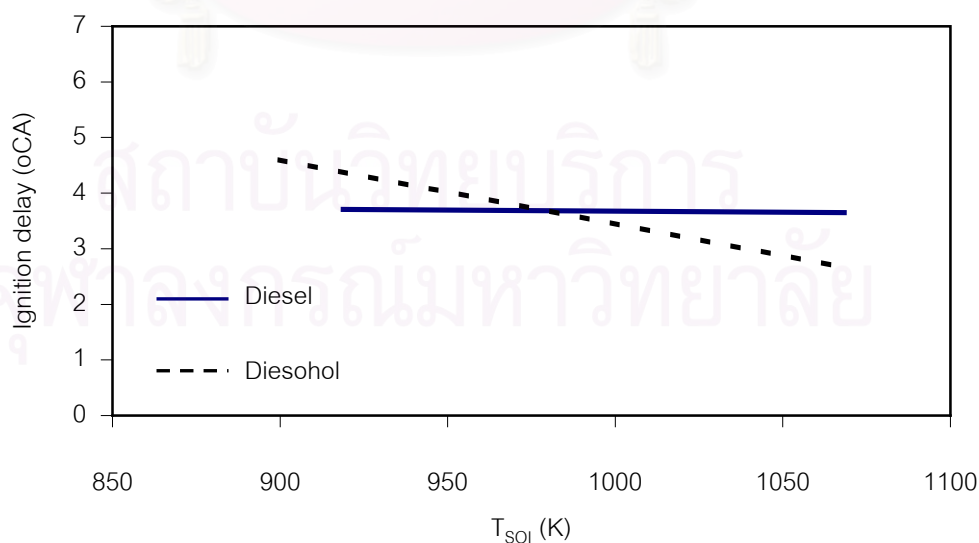
จากรูปที่ 5-53(19) อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยดีโซฮอลมีแนวโน้มของอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซล

### 5.3.16 ผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด

ในการคำนวณหาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ( $T_{SOI}$ ) สามารถคำนวณหาได้จากข้อมูลความดันโดยใช้กฎของก๊าซอุดมคติ เมื่อสมมติให้อากาศเป็นสารทำงาน[16]

แนวโน้มของผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดแสดงได้ดังรูปที่ 5-52 ซึ่งพบว่าผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงของดีเซลจะมีผลน้อยกว่าดีโซฮอล เมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงของดีโซฮอลเพิ่มขึ้น ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีโซฮอลจะสั้นลง

ตามทฤษฎีดีโซฮอลควรมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าดีเซลเนื่องจากดีโซฮอลมีเลขซีเทนต่ำกว่าดีเซล แต่จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่ได้พบว่าโดยรวมแล้วดีโซฮอลมีแนวโน้มของช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดใกล้เคียงกับดีเซล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความเร็วรอบสูงกว่า 2250 rev/min ทั้งนี้เนื่องจากดีโซฮอลซึ่งมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงหลังดีเซลนั้นจะทำให้สภาวะที่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงของดีโซฮอลใกล้ TDC มากขึ้น อุณหภูมิและความดันภายในห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงจะสูงขึ้น ซึ่งช่วยให้ดีโซฮอลระเหยได้ดีขึ้น และพร้อมที่จะเริ่มการเผาไหม้ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงพบว่าช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีโซฮอลมีค่าใกล้เคียงกับดีเซลหรือสั้นกว่าดีเซลในบางจุดทำงานก็อาจเป็นไปได้ หากอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงยิ่งสูงขึ้นจะทำให้ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยิ่งสั้นลงสอดคล้องกับผลของเลขซีเทนที่ต่ำกว่าดีเซลได้



รูปที่ 5-52 แนวโน้มของช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบสูงกว่า 2000 rev/min

## บทที่ 6

### อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 6.1 อภิปรายผล

จากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่าเชื้อเพลิงทั้งสองมีแรงบิดสูงสุดเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min โดยแรงบิดสูงสุดและกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีโซฮอล์จะต่ำกว่าดีเซลเล็กน้อย โดยที่ความเร็วรอบต่ำและแรงบิดสูงสุด ดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองมากกว่าดีโซฮอล์ ดังนั้นจึงพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำและแรงบิดสูงสุด ความแตกต่างระหว่างแรงบิดสูงสุดของดีเซลกับดีโซฮอล์จึงมากกว่าที่ความเร็วรอบสูง

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของดีโซฮอล์มากกว่าดีเซล 2 ถึง 19% ขึ้นอยู่กับจุดทำงาน ซึ่งหมายความว่าในการจะเดินเครื่องยนต์ที่แรงบิดค่าเดียวกัน ดีโซฮอล์จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซลเพราะว่าค่าความร้อนของดีโซฮอล์ต่ำกว่าดีเซล

จากผลการทดสอบและวัดความดันในห้องเผาไหม้เพื่อวิเคราะห์ผลเชิงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีโซฮอล์และดีเซลสามารถอภิปรายโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง (Fuel conversion efficiency) จะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นโดยที่ความเร็วรอบคงที่ และจะมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นโดยที่แรงบิดคงที่ ดีโซฮอล์มีแนวโน้มของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงต่ำกว่าดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของดีโซฮอล์ต่ำกว่าดีเซล เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล์ต้องการปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซลที่ภาระเท่ากัน
2. ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้นโดยที่ความเร็วรอบคงที่ และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 1000 เป็น 2250 rev/min โดยที่แรงบิดคงที่ ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดจะเพิ่มขึ้น และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มสูงไปกว่า 2250 rev/min ดีโซฮอล์จะมีแนวโน้มของความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดต่ำกว่าดีเซลเนื่องจากองศาการฉีดเชื้อเพลิง retard กว่าดีเซล และเริ่มการเผาไหม้ช้ากว่าดีเซล ประกอบกับดีโซฮอล์มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าดีเซล อันเป็นปัจจัยช่วยให้เกิดความแตกต่างชัดเจนยิ่งขึ้น ขณะที่ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงกว่าดีเซล ดังนั้นการสูญเสียความร้อนจึงมากกว่า
3. เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นโดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นโดยที่แรงบิดคงที่ การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยดีโซฮอล์มีแนวโน้มการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีเซล

- ยกเว้นที่ความเร็วรอบต่ำและแรงบิดสูงสุด และความแตกต่างจะมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบมากกว่า 3000 rev/min แต่ที่ความเร็วรอบต่ำและแรงบิดสูงสุดนั้นดีเซลมีการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีไซซอลซึ่งเป็นคุณสมบัติของปั๊มเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถควบคุมได้
4. ดีเซลมีแนวโน้มองศาการฉีดเชื้อเพลิง advance กว่าดีไซซอล เนื่องจากดีเซลมีค่า compressibility ต่ำกว่าดีไซซอล ทำให้การพัฒนาความดันจนถึงค่า opening pressure ของหัวฉีดล่าช้าไปกว่าดีเซล
  5. จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของดีเซลมีแนวโน้มที่จะเกิดก่อนดีไซซอลเล็กน้อย เนื่องจากผลขององศาการฉีดเชื้อเพลิงที่ advance กว่าดีไซซอล
  6. ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น โดยรวมแล้วเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มของช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความเร็วรอบสูงกว่า 2250 rev/min เพราะว่าดีไซซอลซึ่งมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงหลังดีเซลนั้นจะทำให้สภาวะที่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงของดีไซซอลใกล้เคียง TDC มากขึ้น อุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงจะสูงขึ้น ซึ่งช่วยให้ดีไซซอลระเหยได้ดีขึ้น การผสมของเชื้อเพลิงและอากาศดีขึ้นชดเชยกับค่าซีเทนที่ต่ำกว่า และพร้อมที่จะเริ่มการเผาไหม้ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงพบว่าช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีไซซอลไม่แตกต่างจากดีเซล
  7. โดยรวมจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ของดีเซลมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นก่อนดีไซซอล
  8. ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% จะยาวขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้น โดยแนวโน้มส่วนใหญ่เชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลจะมีช่วงเวลายาวกว่าเล็กน้อยเนื่องจากช่วงการเผาไหม้ที่แรงบิดสูงสุดจะขยายยาวกว่าดีไซซอล ซึ่งตามทฤษฎีแล้วดีไซซอลควรจะมีอัตราการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าดีเซล แต่เนื่องจากด้วยเหตุผลของการที่ดีไซซอลมีองศาการฉีดเชื้อเพลิงช้ากว่าดีเซลดังที่กล่าวมาแล้วจึงทำให้อัตราการการระเหยของเชื้อเพลิงและการผสมกันอากาศของดีไซซอลดีขึ้น ดังนั้นจึงพบว่าการเผาไหม้ในช่วงต้นของดีไซซอลกับดีเซลนั้นไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด
  9. จุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเมื่อความเร็วรอบและแรงบิดเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วงการเผาไหม้ที่ยาวขึ้น และดีไซซอลมีแนวโน้มจะเกิดจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% หลังดีเซลเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลจะเกิดขึ้นหลังดีไซซอลเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณออกซิเจนในดีไซซอลเมื่อปริมาณเชื้อเพลิงมีค่ามากขึ้น ทำให้การเผาไหม้ของดีไซซอลเร็วกว่าดีเซล
  10. ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ถึงจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 90% มีแนวโน้มยาวขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น โดยดีไซซอลมีแนวโน้มของช่วงเวลายาวกว่าหรือใกล้เคียงกับดีเซลเนื่องจากผล

ของออกซิเจนในดีไซฮอลล์ ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด ดีเซลมีช่วงเวลายาวกว่าดีไซฮอลล์เพียงเล็กน้อย เนื่องจากช่วงการเผาไหม้ของดีไซฮอลล์สั้นกว่าดีเซล

11. จุดสิ้นสุดการเผาไหม้มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นช้าลงเมื่อความเร็วรอบและแรงบิดเพิ่มขึ้น โดยดีไซฮอลล์มีแนวโน้มที่จะสิ้นสุดการเผาไหม้หลังดีเซลเพียงเล็กน้อย ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุด
12. เมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้นโดยที่ความเร็วรอบคงที่ ช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะยาวขึ้น และช่วงการเผาไหม้มีแนวโน้มสั้นลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นโดยที่แรงบิดคงที่ โดยดีไซฮอลล์มีช่วงการเผาไหม้ใกล้เคียงกับดีเซลที่เมื่อพิจารณาที่แรงบิดค่าเดียวกันสำหรับความเร็วรอบสูง อันอาจเนื่องมาจากองศาการจุดระเบิดที่ล่าช้า, การเกิด turbulence และปริมาณออกซิเจนในดีไซฮอลล์ซึ่งช่วยชดเชยผลของค่าเลขซีเทนที่ต่ำของดีไซฮอลล์ ส่วนที่ความเร็วรอบต่ำถึงปานกลาง ดีไซฮอลล์มีแนวโน้มยาวกว่าเล็กน้อยอันเนื่องมาจากผลของค่าความร้อนแฝงที่สูงและเลขซีเทนที่ต่ำของดีไซฮอลล์
13. ช่วงเวลาจากจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้ว 10% ถึง 90% จะยาวขึ้นเมื่อแรงบิดสูงขึ้น โดยเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มของช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่แรงบิดสูงสุดดีเซลจะมีช่วงเวลายาวกว่าดีไซฮอลล์เนื่องจากช่วงการเผาไหม้ของดีเซลขยายยาวกว่าดีไซฮอลล์
14. อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามแรงบิดที่เพิ่มขึ้นโดยที่ความเร็วรอบคงที่ และสำหรับกรณีแรงบิดคงที่ อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 1000 เป็น 2250 rev/min และจะมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2250 rev/min โดยจะพบว่าจุดทำงานที่เชื้อเพลิงทั้งสองมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรใกล้เคียงกัน ดีเซลจะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีไซฮอลล์เนื่องจากดีเซลมีค่าความร้อนมากกว่าดีไซฮอลล์ แต่จุดทำงานที่ดีไซฮอลล์มีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงกว่าดีเซลมาก จะพบว่าดีไซฮอลล์จะมีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดมากกว่าดีเซล
15. ตำแหน่งที่เกิดอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของดีไซฮอลล์มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นหลังดีเซลเล็กน้อยเนื่องจากผลของจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ล่าช้ากว่า
16. หากพิจารณาเฉพาะตำแหน่ง peak แรกของอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดเชื้อเพลิงจนถึงจุดที่มีอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงทั้งสองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน
17. การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบและแรงบิดที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงบิดสูงสุดและความเร็วรอบต่ำการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดของดีเซลจะสูงกว่าดีไซฮอลล์เนื่องจากดีเซลมีการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรมากกว่าดีไซฮอลล์และค่าความร้อนของดีไซฮอลล์ต่ำกว่าดีเซลสำหรับที่แรงบิดสูงสุดและความเร็วรอบสูง และที่ภาระบางส่วน ดีไซฮอลล์มีการปล่อยความร้อน



สุทธิใกล้เคียงกับดีเซลเพราะปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของดีโซฮอลล์มากกว่าดีเซลและปริมาณออกซิเจนในเชื้อเพลิงดีโซฮอลล์

18. โดยรวมแนวโน้มของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วสูงสุดของดีเซลจะมากกว่าหรือใกล้เคียงกับดีโซฮอลล์ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2000 rev/min ซึ่งดีเซลมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าและช่วงการเผาไหม้สั้นกว่าดีโซฮอลล์
19. อุณหภูมิไอเสียจะสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบและแรงบิดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาที่แรงบิดค่าเดียวกันจะพบว่าดีโซฮอลล์จะมีอุณหภูมิไอเสียสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย ซึ่งจะเป็นแนวโน้มคล้ายกับการปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุด โดยความแตกต่างของอุณหภูมิไอเสียระหว่างดีโซฮอลล์กับดีเซลจะมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ดีโซฮอลล์มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงน้อยกว่าดีเซล และสัดส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วต่ำกว่า ดังนั้นดีโซฮอลล์จึงมีแนวโน้มที่จะเผาไหม้ในท่อไอเสียมากกว่าดีเซล
20. ในการเปรียบเทียบช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีโซฮอลล์กับดีเซลนั้น เนื่องจากไม่สามารถควบคุมองศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีโซฮอลล์ให้เท่ากับดีเซลได้ ดังนั้นตัวแปรที่จะนำมาอธิบายความแตกต่างจึงมีมากขึ้น อาทิ ผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงจะสูงขึ้นจะทำให้ดีโซฮอลล์ระเหยได้ดีขึ้น และพร้อมที่จะเริ่มการเผาไหม้ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงพบว่าช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดของดีโซฮอลล์มีค่าใกล้เคียงกับดีเซล หากอุณหภูมิห้องเผาไหม้ขณะเริ่มฉีดเชื้อเพลิงยิ่งสูงขึ้นจะทำให้ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยิ่งสั้นลงชดเชยกับผลของเลขซีเทนที่ต่ำกว่าดีเซลได้

ในการหาอัตราการปล่อยความร้อนนี้ได้ใช้พื้นฐานของกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบเปิดซึ่งเป็น Quasi static โดยสมมติว่าความดันและอุณหภูมิคงที่ทั่วทั้งห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้า และก๊าซเป็นแบบเนื้อเดียวกันตลอดการเผาไหม้ ซึ่งในความเป็นจริงไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากการเผาไหม้จริงจะประกอบด้วย unburned และ burned gas และความดันในห้องเผาไหม้ทั้งสองก็จะต่างกันเล็กน้อย ซึ่งทำให้ผลการคำนวณอัตราการปล่อยความร้อนอาจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

## 6.2 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- 6.2.1 ได้ผลของการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงดีเซลกับดีโซฮอลล์ของเครื่องยนต์ FORD Ranger WL81 ในด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ อาทิ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น, กำลังและแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ลดลง เป็นต้น

- 6.2.2 ทราบผลของอัตราการปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ซึ่งนำไปใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลในด้านการเผาไหม้ของเครื่องยนต์
- 6.2.3 ได้นำข้อมูลผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอลล์กับเครื่องยนต์ CI รวมทั้งทราบถึงความเหมาะสมของวัสดุบางชนิด

จากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ FORD Ranger WL81 พบว่าดีโซฮอลล์ซึ่งผสมเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% ปริมาณ 10% โดยปริมาตร และ emulsifier 1% โดยปริมาตร กับดีเซล 89% โดยปริมาตร สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI ได้โดยมีผลดังนี้

1. กำลังสูงสุดและแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์จะลดลง และความแตกต่างของแรงบิดสูงสุดจะมากขึ้นที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ โดยแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้นที่ความเร็วรอบเดียวกับเมื่อใช้ดีเซลคือที่ความเร็วรอบ 2250 rev/min
2. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ดีโซฮอลล์จะเพิ่มขึ้น 2 ถึง 19% ขึ้นอยู่กับจุดทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากดีโซฮอลล์มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าดีเซล
3. อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์สูงขึ้นเล็กน้อย โดยจะเพิ่มความแตกต่างเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น

ผลของดีโซฮอลล์ที่ได้จากการเปรียบเทียบการเผาไหม้พบว่า

1. องศาการฉีดเชื้อเพลิงของดีโซฮอลล์จะล่าช้ากว่าดีเซล
2. ดีโซฮอลล์ทำให้ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดลดลงเนื่องจากผลของการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้า ทำให้การเผาไหม้เริ่มขึ้นช้ากว่าดีเซล รวมทั้งความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอที่สูงกว่าดีเซล
3. การฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรจะมากขึ้นที่จุดทำงานเดียวกัน ยกเว้นที่ความเร็วรอบต่ำและภาระสูงสุดดีเซลจะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรสูงกว่า
4. ในเครื่องยนต์ IDI นี้พบว่าการเผาไหม้ของดีโซฮอลล์กับดีเซลมีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน อาทิ ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดและช่วงการเผาไหม้ เป็นต้น

จากผลที่ได้ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงดีโซฮอลล์ดังกล่าว แม้ว่าจะมีคุณสมบัติแตกต่างจากเชื้อเพลิงดีเซลบ้าง โดยเฉพาะเลขซีเทนที่ต่ำกว่า ก็สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ IDI ได้โดยมีพฤติกรรมการเผาไหม้ไม่แตกต่างกันมากนัก แม้จะมีการสูญเสียกำลังและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าก็ตาม

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทำงานวิจัยนี้พบปัญหาและอุปสรรคต่างๆได้แก่ การกัดกร่อนของเอทานอลที่มีต่อวัสดุบางประเภท, การแยกเฟสของดีโซฮอล์ และการเกิด vapor lock ในระบบเชื้อเพลิง เป็นต้น

การที่เชื้อเพลิงดีโซฮอล์มีเอทานอลเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นการจะนำดีโซฮอล์ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI แทนเชื้อเพลิงดีเซลนั้นควรจะมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุในระบบเชื้อเพลิงบางชนิดเพื่อให้สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนของเอทานอลได้ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในการทดสอบเครื่องยนต์สำหรับงานวิจัยนี้ได้พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ถังน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทำจากสังกะสี โดยเปลี่ยนมาใช้ถังน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) กรองเชื้อเพลิงก็เป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่ต้องเปลี่ยน เนื่องจากกรองเชื้อเพลิงชนิดที่ใส่ทำด้วยกระดาษนั้นจะมีความเป็นองค์ประกอบ ซึ่งการนี้เมื่อสัมผัสกับดีโซฮอล์ได้ระยะหนึ่งจะเกิดการเสียรูปและถูกย่อยสลาย นอกจากนี้พลาสติกที่เป็นตัวหุ้มก็ถูกดีโซฮอล์กัดกร่อนเช่นกัน ดังนั้นการทดสอบเครื่องยนต์สำหรับงานวิจัยนี้จึงเปลี่ยนมาใช้กรองเชื้อเพลิงที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม โดยมีตัวหุ้มเป็นแก้ว

การแยกเฟสของดีโซฮอล์จะพบในสภาวะอุณหภูมิต่ำ และมีความชื้นสูง หากนำดีโซฮอล์เทใส่ถังแล้วตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิบรรยากาศจะพบการแยกเฟสเกิดขึ้นโดยจะเริ่มจากมีหยดเล็กๆอยู่ในเชื้อเพลิง ดีเซลซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าเอทานอลจะอยู่ด้านล่างของถังและเอทานอลจะลอยตัวอยู่ด้านบน ปัญหาการแยกเฟสนั้นอาจส่งผลกระทบต่อหากเชื้อเพลิงมีการหมุนเวียนเร็วและไม่มีการเก็บรักษานานเกินควร

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบขณะทำการทดสอบเครื่องยนต์คือการเกิด vapor lock ในระบบเชื้อเพลิง เนื่องจากเอทานอลในดีโซฮอล์มีคุณสมบัติ volatility สูง เมื่อเดินเครื่องยนต์เป็นเวลานาน เชื้อเพลิงในระบบจะมีอุณหภูมิต่ำลง ทำให้เกิดฟองในระบบเชื้อเพลิงซึ่งขวางการไหลของเชื้อเพลิง ดังนั้นจะพบปัญหาเครื่องยนต์เดินไม่เรียบในบางจุดทำงานหรือบางขณะ การแก้ปัญหา vapor lock นี้ อาจทำได้โดยเพิ่มการหล่อเย็นให้กับระบบเชื้อเพลิง หรือการติดตั้งปั๊มเพื่อเพิ่มความดันในระบบเชื้อเพลิงให้สูงขึ้น

ในจัดเก็บดีโซฮอล์ควรระมัดระวังมาก เนื่องจากดีโซฮอล์มีจุดวาบไฟต่ำคือ  $12^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นจึงควรเก็บในที่ที่ห่างจากประกายไฟ และควรปิดถังให้สนิทเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นเข้าไป และป้องกันเอทานอลอาจจะเหยียดออกจากถังเก็บได้

### 6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการเสนอแนะและความคิดเห็นต่องานวิจัยที่จะพัฒนาต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ควรมีการศึกษาเพื่อเลือกสัดส่วนโดยปริมาตรของเอทานอลในดีโซฮอล์เพื่อความเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานจริงกับเครื่องยนต์
2. ควรศึกษาผลของการพัฒนาดีโซฮอล์ที่มีคุณสมบัติดีขึ้น อาทิ พิจารณาผลจากการเติมสาร cetane improver ในดีโซฮอล์
3. ควรพิจารณาศึกษาผลขององศาการฉีดเชื้อเพลิง โดยองศาการฉีดเชื้อเพลิงจะมีผลต่อตัวแปรการเผาไหม้ต่างๆ อาทิ ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด, ช่วงการเผาไหม้ และอัตราการปล่อยความร้อน เป็นต้น



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

1. Hardenberg, H. O., and Schaefer, A. J. The Use of Ethanol as a Fuel for Compression Ignition Engines. SAE paper 811211 (1981) : 37.
2. Khan, N., and Gollahalli, S. R. Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine Burning Unstabilized Emulsions of Diesel Fuel with Water, Methanol, and Ethanol. SAE paper 811210 (1981) : 27.
3. Otte, C., et al., The Newest Silverado: A Production Feasible Ethanol (E85) Conversion by the University of Nebraska-Lincoln. [Online]. Available from : <http://www.engr.unl.edu/~ethanol/unl2000.pdf>
4. Ali, Y., Hanna M. A., and Borg, J. E. Effect of Alternative Diesel Fuels of Heat Release Curves for Cummins N14-410 Diesel Engine. [Online]. Available from : <http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/tra/tra-021.pdf>
5. Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Singapore : McGraw-Hill, 1988.
6. Kumar, S. Diagnosis of Seed Oils Combustion in a Diesel Engine. Doctoral dissertation University of Melbourne, 1986.
7. Shihadeh, A. and Hochgreb, S. Impact of Biomass Pyrolysis Oil Process Condition on Ignition Delay in Compression Ignition Engines. Energy & Fuels, Vol. 16, No. 3, 2002
8. Sher, E. Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines – Pollutant Formation and Control. United States of America : Academic Press, 1998.
9. Alternative fuels data center. What is ethanol - Properties of Fuels. [Online]. Available from : <http://www.afdc.doe.gov/pdfs/fueltable.pdf> Cited in American Petroleum Institute (API). Alcohols and Ethers. API Publication No. 4261, 2nd ed. Washington, DC, United states of America, Table B-1., American Petroleum Institute (API). Alcohols: A Technical Assessment of Their Application as Motor Fuels. API Publication No. 4261, July 1976., Handbook of Chemistry and Physics. 62nd Edition, The Chemical Rubber Company Press, Inc., 1981., Petroleum Product Surveys, National Institute for Petroleum and Energy Research, Diesel Fuel Oils. October 1987. ARCO Chemical Company, 1987.

10. Tat, M.E. and Van Gerpen, J.H. Measurement of Biodiesel Speed of Sound and Its Impact on Injection Timing. Final Report (Report 4 in a series of 6) NREL/SR-510-31462, 2003 : 58
11. Munson, B.R., Young, D.F. and Okiishi, T.H. Fundamentals of Fluid Mechanics. 3<sup>rd</sup> ed. Canada : John Wiley & Sons, 1998.
12. Cockwell, K., et al. The Development of Diesel/Ethanol (Diesohol) Fuel blends for Diesel Vehicles: Fuel Formation and Properties. ISAF XIV TECHNICAL PAPERS, Fuel Technologies Session(5) 2002-FT-27, 2002
13. British Standard. BS 1042. Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits. Section 1.1. Specification for Square-edged Orifice plates, Nozzles and Venturi Tubes inserted in Circular cross-section; Conduits running full. 2<sup>nd</sup> ed. BIS standard, 1992.
14. Plint, M., and Martyr, A. Engine Testing Theory and practice. 2<sup>nd</sup> ed. Great Britain : Butterworth-Heinemann, 1999. Cited in Kastner, L.J. The air box method of measuring air consumption. Proc. I. Mech. E., 1947, 157.
15. Emission Test Cycle. ECE R49. [Online]. Available from : [http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece\\_r49.html](http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_r49.html)
16. Emission Test Cycle. ECE 15 + EUDC. [Online]. Available from : [http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece\\_eudc.html](http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.html)
17. บมจ.การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. ฝ่ายวิจัยและพัฒนา, (ม.ป.ป.).
18. ISO 3046 Internal Combustion Engines – Performance  
Part 1 - Engines for land, rail-traction and marine use - Standard reference conditions and declamations of power, fuel consumption and lubricating oil consumption.

## บรรณานุกรม

1. Owen, K., and Coley, T. Automotive Fuel Reference Book. 2<sup>nd</sup> ed. United States of America : Society of Automotive Engineerings, Inc., 1993.
2. Ziarati, R. Mathematical Modelling and Computer Simulation of Medium Size Diesel Engine Running on Varying Quality Fuels. International Symposium COMODIA 90 (1990) : 591.
3. Humsy, S.C., and Atreya, A. An Experimental Heat Release Rate Analysis of a Diesel Engine Operating under Steady State Conditions. SAE paper 970889 (1997) : 104.
4. Li, J., Zhou, L., Pan, K., Jiang, D., and Chae, J. Evaluation of the Thermodynamic Process of Indirect Injection Diesel Engines by the First and Second Law. SAE paper 952055 (1995) : 3
5. Erqiang, X. and Hui, Z. Combustion Modeling and Cycle Simulation of Devided – Chamber Diesel Engines. [Online]. Available from : [http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85\\_P459.pdf](http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P459.pdf)
6. Nakamura, S. Numerical Analysis and Graphic Visualization with MATLAB<sup>®</sup>. United States of America : Prentice-Hall, 1996.
7. มนตรี พิรุณเกษตร. อุณหพลศาสตร์ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพิมพ์ดี จำกัด, 2540.
8. Oh, T. S., Yang, J. S., and Oh, S. Z. Study of Prediction of Four Stroke Diesel Engine Performance – Cycle Simulation Using Heat Release Model. [Online]. Available from : [http://www.herc.masashi-tech.ac.jp/shudo/esd/data/001/C85\\_P563.pdf](http://www.herc.masashi-tech.ac.jp/shudo/esd/data/001/C85_P563.pdf)
9. Shihadeh, A. and Hochgreb, S. Diesel Engine Combustion of Biomass Pyrolysis Oils. Energy & Fuels, Vol. 14, No. 2, 2002
10. Schuetzle, D., et al. The Evaluation of Diesel/Ethanol Fuel blends for Diesel Vehicles in Thailand: Performance and Emission Studies. ISAF XIV TECHNICAL PAPERS. Vehicle Technologies Session(1) 2002-VT-19, 2002

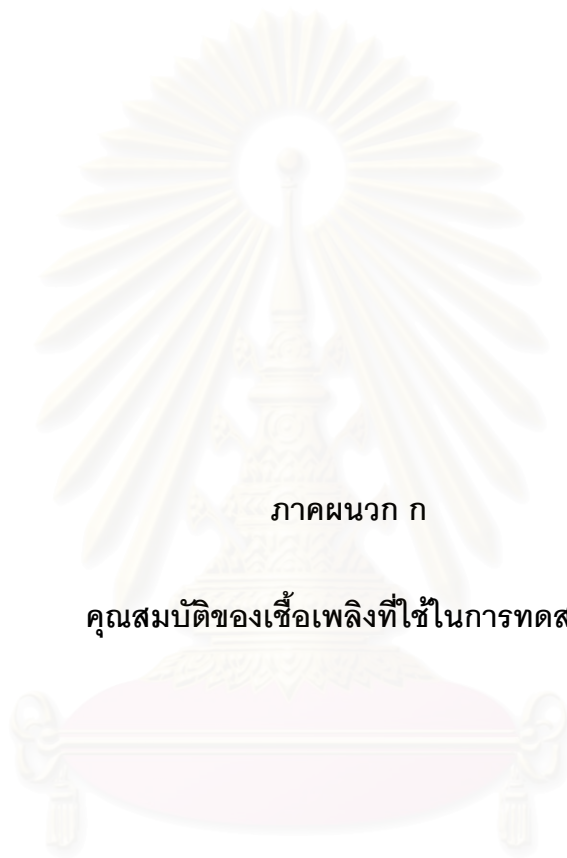
11. Ali, Y., Hanna M. A., and Borg, J. E. Effect of Alternative Diesel Fuels of Heat Release Curves for Cummins N14-410 Diesel Engine. [Online]. Available from : <http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/tra/tra-021.pdf> Cite in Anon., Engine cycle analyzer; Operator'd manual. SuperFlow Corp. Colorado Springs, CO. pp 3: 94-105, 1994
12. Zhao, H.,and Ladammatos N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001.
13. The Fuel Preperator ® The Complete Fuel Filtration and Delivery System. [Online]. Available from : <http://www.superslipperystuff.com/html/details.html>
14. Tat, M.E., Van Gerpen J.H. Physical Properties and Composition Detection of Biodiesel-diesel Fuel Blends. 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress. ASAE Meeting Paper No.026084, 2002





ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

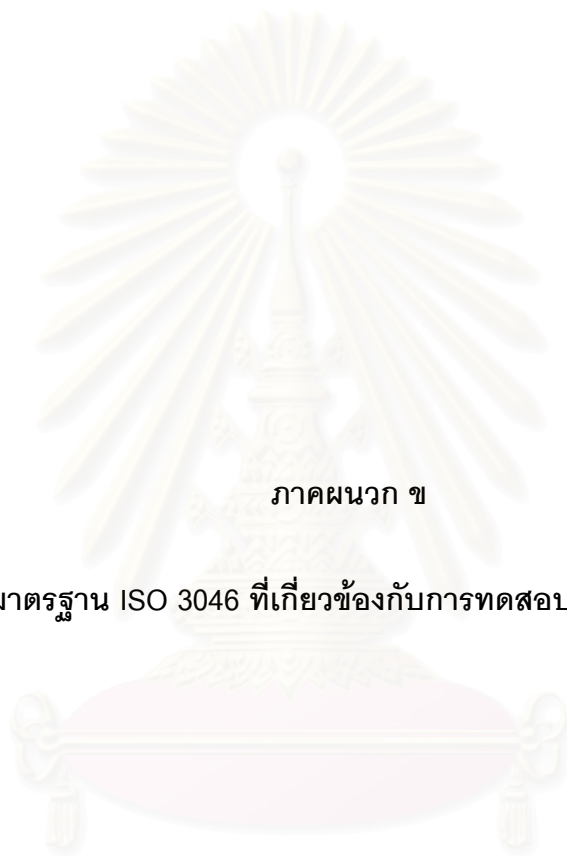
คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

ตาราง จ-1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ [17]

| Properties                      | Unit | Test Method   | Standard Diesel | Diesohol | Thailand Diesel Specification |
|---------------------------------|------|---------------|-----------------|----------|-------------------------------|
| Cetane number                   |      | ASTM D613     | 57.8            | 49.7     | 47 min.                       |
| Cetane Index                    |      | ASTM D976     | 54.8            | 53       | 47 min.                       |
| Distillation                    |      | ASTM D86      |                 |          |                               |
| IBP                             | °C   |               | 174.4           | -        | -                             |
| 10 % recovered                  | °C   |               | 216.5           | -        | -                             |
| 50 % recovered                  | °C   |               | 285.6           | -        | -                             |
| 90 % recovered                  | °C   |               | 351.6           | 335.2    | 357 max.                      |
| End point                       | °C   |               | 373.4           | -        | -                             |
| Specific Gravity @ 15.6/15.6 °C |      | ASTM D1298    | 0.8378          | 0.8333   | 0.810 – 0.870                 |
| API gravity @ 15.6/15.6 °C      |      | ASTM D4052    | 37.4            | -        | -                             |
| Viscosity @ 40 °C               | CST  | ASTM D445     | 3.227           | 2.6      | 1.8 – 4.1                     |
| Lubricity by HFRR               | μm   | CEC F-06-A-96 | 545             | 426      | 460 max.                      |

ตาราง จ-1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ [17] (ต่อ)

| Properties                    | Unit       | Test Method | Standard Diesel | Diesohol | Thailand Diesel Specification |
|-------------------------------|------------|-------------|-----------------|----------|-------------------------------|
| Pour point                    | °C         | ASTM D97    | -3              | -6       | 10 max.                       |
| Cloud point                   | °C         | ASTM D2599  | 3.6             | -        | 16 max.                       |
| Oxidation stability           | mg/100 ml. | ASTM D2274  | 0.63            | -        | -                             |
| Sulfur content                | %wt.       | ASTM D4294  | 0.042           | -        | 0.05 max.                     |
| Water and sediment            | %vol       | ASTM D2709  | Trace           | -        | 0.05 max.                     |
| Flash point                   | °C         | ASTM D93    | 71              | 12       | 52 min.                       |
| Copper strip corrosion number | Number     | ASTM D130   | 1a              | 1a       | 1a                            |
| carbon residue                | %wt.       | ASTM D4530  | < 0.001         | 0.001    | 0.05 max.                     |
| Ash, %wt.                     |            | ASTM D482   | < 0.001         | 0.001    | 0.01 max.                     |
| Color                         |            | ASTM D1500  | -               | -        | -                             |
| Total Acid Number             |            | ASTM D974   | 0.02            | -        | -                             |
| Water content                 | %wt.       | ASTM D4928  | 0.0074          | -        | -                             |
| Lower heating value           | J/g        |             | 45,920          | 44,202   | 44,500 min.                   |



ภาคผนวก ข

มาตรฐาน ISO 3046 ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเครื่องยนต์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## มาตรฐาน ISO 3046 ที่เกี่ยวข้องกับ การทดสอบเครื่องยนต์ [18]

### International Combustion Engines - Performance

#### Part 1 - Engines for land, rail-traction and marine use - Standard reference conditions and declarations of power, fuel consumption and lubricating oil consumption

##### 1. Scope

This report of ISO 3046 specifies the standard reference conditions and the methods of declaring of power, fuel consumption and lubricating oil consumption for reciprocating internal combustion engines using liquid or gaseous for particular engine applications.

##### 2. Field of application

This part of ISO 3046 covers reciprocating internal combustion engines for land, rail-traction and marine use, excluding engines to propel agricultural tractors, road vehicles and aircraft.

This part of ISO 3046 may be applied to engines used to propel road construction and earth-moving machines, industrial trucks and for other applications where no suitable International Standard for these engines exist.

##### 3. References

ISO1000, SI units and recommendation for the use of their multiples and of certain other units.

ISO 1204, Reciprocating internal combustion engines - Designation of the direction of rotation.

ISO 1205, Reciprocating internal combustion engines - Designation of the direction of cylinders.

ISO 1585, Road vehicles - Engine test code - Net power.

ISO 2534, Road vehicles - Engine test code - Gross power.

ISO 2710, Reciprocating internal combustion engines - General definitions.

ISO 3046/2, Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 2 : Engine tests.

ISO 3046/4, Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 4 :  
Speed governing.

ISO 3046/6, Reciprocating internal combustion engines - Performance - Part 6 :  
Overspeed protection

#### 4. Units and terms

4.1 The units used are those of the International System of Units (SI Unit) described in ISO 1000.

4.2 The general engine terms used are as defined in ISO 2710.

#### 5. Standard reference conditions

For the purpose of determining the power and fuel consumption of engines, the following standard reference conditions shall be used :

Total barometric pressure :

$$P_r = 100 \text{ kPa}$$

Air temperature :

$$T_r = 300 \text{ K (27 } ^\circ\text{C)}$$

Relative humidity :

$$\phi_r = 60 \%$$

Charge air coolant temperature :

$$T_{cr} = 300 \text{ K (27 } ^\circ\text{C)}$$

If other reference conditions are chosen, these shall be stated.

#### NOTES

1. Relative humidity of 60% corresponds to a water vapor pressure of 2,133 kPa (16 mmHg) at a temperature of 300 K.
2. The air density at the standard reference conditions is equivalent to that at 98 kPa (376 mmHg) and 20 °C and to that at 101 kPa (760 mmHg) and 30 °C
3. For automotive type inboard and outboard marine propulsion engines, the standard reference conditions in ISO 1585 and ISO 2534 may be applied but they shall be stated.

## 6. Auxiliaries

### 6.1 Introduction

In order to show alertly the conditions under which a power is determined, it is necessary to distinguish those auxiliaries which affect the final shaft output of the engine and also those which are necessary for the continuous or repeated use of the engine.

Items of equipment fitted to the engine and without which the engine could not in any circumstance operate at its declared power are considered to be engine components and are not therefore, classed as auxiliaries.

(Such as fuel injection pump, exhaust turbocharger and charge air cooler are in this category of engine components.)

**6.2 dependent auxiliary** : Item of equipment, the presence or absence of which affects the final shaft output of the engine.

**6.3 independent auxiliary** : Item of equipment which uses power supplied from a source other than the engine.

**6.4 essential auxiliary** : Item of equipment which is essential for the continued or repeated operation of the engine.

**6.5 non-essential auxiliary** : Item of equipment which is not essential for the continued or repeated operation of the engine.

## 7. Declarations of power

### 7.1 Introduction

#### 7.1.1 Purpose of statement of power

Statements of power are required for two main purposes :

a) the declaration by a manufacturer of the value of the power which his engine will deliver under a given set of circumstances. This declared value is known as the "rated power".



b) the verification by measurement that the engine delivers the power which has been declared in a), under the same set of circumstances or after proper allowance has been made for any difference in circumstance.

To specify the set of circumstances under which the declared value of a power would be achieved, the declaration shall state :

- a) the kind of statement of power (see 7.4) and of necessary, the ambient and operating condition (see 7.4.2).
- b) the kind of power output (see 7.3).
- c) the kind of power (see 7.3).
- d) the corresponding engine speed.

#### NOTE

1. The term used in a) to c) may be combined, for example, continuous net brake fuel stop power.
2. Where appropriate to the engine application and the method of manufacture, the power achieved may be subject to a tolerance on the declared power. The existence of and its magnitude shall be stated by the manufacturer.
3. Measurement of the powers referred to in this International Standard shall be determined in accordance with ISO 3046/2.

#### 7.1.2 Unit of power

Power shall be expressed in kilowatts (kW) The addition of the equivalent metric or imperial “horsepower” is permitted for a transitional period.

#### 7.1.3 Power and torque

For engines delivering power by a shaft or shafts, any power in this International Standard is a quantity proportional to the mean torque, calculated on shafts transmitting this torque.

For engines delivering power other than by a shaft or shafts, reference shall be made to the appropriate International Standard for the driven machine.

#### 7.1.4 Engine speed

The speed of an engine is the mean rotational speed of its crankshaft or crankshatts in revolution per minute, except in the case of “free piston” engines where the speed is the number of cycles per minute of the reciprocating components.

#### 7.1.5 Engine with integral gearing

When stating the power of an engine fined with an integral (built-in) speed increasing or reducing device, the speed of the driving shaft extremist shall also be given at the declared engine speed.

### 7.2 Kinds of power

#### 7.2.1 Indicated power

The total power developed in the working cylinders by the gases on the combustion side of the working pistons.

#### 7.2.2 Brake power

The power of the sum of the powers measured at the extremity of the engine driving shaft or shafts.

7.2.2.1 Any statement of brake powers shall be supported by the following list of auxiliaries :

- a) essential dependent auxiliaries as defined in 6.2 and 6.4;
- b) essential independent as define in 6.3 and 6.4;
- c) non-essential dependent auxiliaries as defined in 6.2 and 6.5.

The power absorbed by the independent and the non-essential dependent auxiliaries may be significant, in such cases, their power requirement shall be declared.

Note - Examples of typical auxiliaries are listed in annex A for guidance purposes. These lists are not necessary complete.

#### 7.2.3 Net brake power

The brake power measured when the engine is using only the auxiliaries listed in 7.2.2 a).

### 7.3 Kinds of power output

#### 7.3.1 continuous power

Power which an engine is capable of delivering continuous, between the normal maintenance intervals stated by the manufacturer, at stated speed and under stated ambient conditions, the maintenance prescribed by the manufacturer being carried out.

#### 7.3.1 Overload power

Power which an engine may be permitted to deliver, at stated ambient conditions, immediately after working at the continuous power.

The duration and frequency of use of overload power which is permitted will depend on the service application but adequate allowance shall be made in setting the engine fuel stop permit the overload power shall be expressed as a percentage of the continuous power, together with the duration and frequency permitted and the appropriate engine speed.

Unless otherwise stated an overload power of 110% of the continuous power at a speed corresponding to the engine application is permitted for a period of 12 hours of operation.

#### NOTES

1. The power of marine main propulsion engines is normally limited to to continuous power, so that the overload power cannot be given in service. However, for special applications, marine main propulsion engines may develop overload power in service.
2. If the engine application is not determined, the engine manufacturer shall specify the overload power and the corresponding engine speed.

#### 7,3.2 Fuel stop power

Power which an engine is capable of delivering during a stated period corresponding to its application, and at stated speed and under stated ambient conditions, with the fuel limit so that the fuel stop power cannot exceeded.

## 7.4 Kinds of statements of power

### 7.4.1 ISO powers

#### 7.4.1.1 ISO power

Power determined under the operating conditions of the manufacturer's test bed and adjusted to the standard reference conditions in clause 5.

#### 7.4.1.2 ISO standard power

The name given of the continuous net brake power which the engine manufacturer declares that an engine is capable of delivering continuously, between the normal maintenance intervals stated by the manufacturer, and under the following conditions :

- a) at a stated speed under the operating conditions of the engine manufacturer's test bed;
- b) with the declared power adjusted to the standard reference conditions given in clause 5;
- c) the maintenance prescribed by the engine manufacturer being carried out.

#### 7.4.2 Service power

Power determined under the ambient and operating conditions of an engine application.

To establish service power, the following conditions shall be taken into account :

- a) the ambient conditions, or any nominal ambient conditions according to the special requirements of inspecting and/or legislative authorities and/or classification societies, as specified by the customer (see clause 12);
- b) the normal duty of the engine;
- c) the expected interval between maintenance periods;
- d) the nature and amount of the supervision required;
- e) all information relevant to the operation of the engine in service (see clauses 12 and 13).

## 8. Declarations of fuel consumption

### 8.1 Definitions

#### 8.1.1 Fuel consumption

The quantity of fuel consumed by an engine per unit of time at a state power and under stated conditions.

The quantity of liquid fuels shall be expressed in mass units (kg).

The quantity of gaseous fuels shall be expressed in energy units (J).

#### 8.1.2 Specific fuel consumption

The fuel consumption per unit of power.

#### 8.1.3 ISO specific fuel consumption

The name given in the specific fuel consumption at the ISO standard power.

If not otherwise specified by the manufacturer, a declared specific fuel consumption shall be considered to be the ISO specific fuel consumption.

## 8.2 Reference calorific value of fuels

### 8.2.1 Liquid fuel engines

The declared specific fuel consumption of a liquid fuel engine shall be related to a reference lower calorific value of 42,000 kJ/kg (10,030 kcal/kg).

### 8.2.2 Gas engines

The declared specific fuel consumption of a gas engines shall be related to a stated lower calorific value the gas. The type of gas shall be declared.

### 8.2.3 Specific fuel consumption declarations

The specific fuel consumption of an engine shall be declared at :

- a) the ISO standard power;
- b) (if required by special agreement) at any other declared powers and at specific engine speeds appropriate to the particular engine application.

Unless otherwise states, a deviation of +5% is permitted for the specific fuel consumption for the declared power.

## 9. Declarations of lubricating oil consumption 1 Lubricating oil consumption

### 9.1 Lubricating oil consumption

The quantity of lubricating oil consumed by an engine per unit of time. This quantity is used for guidance. It shall be expressed in litres or kilograms per engine operating hour at the declared power and engine speed.

9.2 The lubricating oil consumption after a stated period of running-in shall be declared.

9.3 The oil discarded during an engine oil change shall be not included in the lubricating oil consumption declaration.

## 10. Adjustment of net brake power for ambient conditions

10.1 When it is required to operate the engine under conditions difference from the standard reference conditions given in clause 5, the net brake power output shall be adjusted to or from the standard reference conditions by the following formulae (see note 1) :

$$P_x = \alpha P_r \quad (1)$$

$$\alpha = k - 0.7(1-k) \left( \frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \quad (\text{see note 2}) \quad (2)$$

$$k = \left( \frac{p_x - a\phi_x p_{sx}}{p_r - a\phi_r p_{sr}} \right)^m \left( \frac{T_r}{T_x} \right)^n \left( \frac{T_{cr}}{T_{cx}} \right)^q \quad (3)$$

10.2 In the case of turbocharged engines in which the limits of turbocharger speed and turbocharger turbine inlet temperature have not been reached at the declared power under standard reference conditions, the manufacturer may declare substitute reference conditions to or from which power adjustments is to be made.

The following formulae (4) and (5) will then be used instead of formula (3)

$$k = \left( \frac{p_x}{p_r} \right)^m \left( \frac{T_r}{T_x} \right)^n \left( \frac{T_{cr}}{T_{cx}} \right)^q \quad (4)$$

$$p_{ra} = P_r \times \left( \frac{\pi_r}{\pi_{max}} \right) \quad (5)$$

Where :

$P_r$  is the brake power;

$p_r$  is the standard reference total barometric pressure;

$p_{sr}$  is the saturation vapour pressure under standard reference conditions;

$\phi_r$  is the standard reference relative humidity;

$T_r$  is the standard reference absolute air temperature;

$T_{cr}$  is the standard reference absolute charge or coolant temperature;

$P_{ra}$  is the substitute reference total barometric pressure given by formula (5);

$T_{ra}$  is the substitute reference absolute air temperature to be stated by the manufacturer;

$\pi_r$  is the boost pressure ratio at declared power under standard reference conditions to be stated by the manufacturer;

$\pi_{max}$  is the maximum available boost pressure ratio to be stated by the manufacturer;

$\alpha$  is the power adjustment factor;

$k$  is the ratio of indicated power;

$\eta_m$  is the mechanical efficiency (see note 4);

$P_x$  is the brake power under the conditions being considered;

$p_x$  is the total barometric pressure condition being considered;

$p_{sx}$  is the saturation vapour pressure under pressure the conditions being considered;

$\phi_x$  is the relative humidity condition being considered;

$T_x$  is the absolute air temperature being considered;

$T_{cr}$  is the absolute charge air coolant temperature at charge air cooler inlet being considered.

The factor  $a$  and exponent  $m$ ,  $n$ , and  $q$  have the numerical value given in table 1 (see note 5).

## NOTES

1. For the convenience of users of these formulae, reference may be made to tables and nomograms in annexes B to O, which also include numerical examples.

2. When the ambient conditions are more favourable than the standard reference conditions, the declared power under the ambient conditions may be limited by the manufacturer to the declared power at the standard reference conditions.

3. If the relative humidity is not known, a value of 60% should be assumed in formulae references A, E and G in table 1.

For all other formulae references the power adjustment is independent of humidity ( $a = 0$ ).

4. The value of mechanical efficiency shall be stated by the engine manufacturer. In the absence of any such statement, the value of  $\eta_m = 0.80$  will be assumed.

5. When declaring the ISO standard power the engine manufacturer shall state which of the formulae references in table 1 is applicable.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Table 1 - Numerical values for power adjustment

| Engine type   | Condition                               |   | Formula reference | Factor | Exponents |      |      |
|---|---|---|-------------------|--------|-----------|------|------|
|   |   |   |                   | a      | m         | n    | q    |
| Compression ignition oil engine and dual-fuel engines | Non - turbocharged                      | Power limited by air excess             | A                 | 1      | 1         | 0.75 | 0    |
|   |   | Power limited by thermal reason         | B                 | 0      | 1         | 1    | 0    |
|   | Turbocharged without charge air cooling | Low and medium speed four-stroke engine | C                 | 0      | 0.7       | 2    | 0    |
|   |   |   |                   |        |           |      |      |
| Spark ignition engines using gaseous fuel             | Non - turbocharged                      |   | E                 | 1      | 0.86      | 0.56 | 0    |
|   | Turbocharged with charge air cooling    | Low and medium speed four-speed engine  | F                 | 0      | 0.57      | 0.55 | 1.75 |
| Spark ignition engines using liquid fuel              | Naturally aspirated                     |   | G                 | 1      | 1         | 0.5  | 0    |

NOTE - The factors and exponents given in table 1 have been established by tests on a number of engines to be generally representative and shall be used in the absence of any other specific information; for example in formula reference D, for an engine with the charge air cooled by engine jacket water, the value for exponent q could be zero. At present, they apply only to the type of engines specified but table 1 will be extended to include other types when sufficient are available.

## 11. Adjustment of fuel consumption for ambient conditions

11.1 When it is required to operate the engine under conditions different from the standard reference conditions given in clause 5, the fuel consumption will differ from that declared for the standard reference conditions and shall be adjusted to or from the standard reference conditions.

The following formulae shall be used if other methods are not declared by the engine manufacturers :

$$b_x = \beta b_r \quad (6)$$

where

$$\beta = k/\alpha \quad (7)$$

where :

$b$  is the specific fuel consumption

$\beta$  is the fuel consumption adjustment factor

$\alpha$  is the power adjustment factor (see 10.1)

$k$  is the ratio of indicated power (see 10.1)

Subscript  $r$  corresponds to values under the standard reference conditions.

Subscript  $x$  corresponds to values the conditions being considered.

NOTE - For the convenience of users of these formulae, reference may be made to the tables and nomograms in annexes B to 0, which also include numerical examples.

## 12. Information to be supplied by the customer

The customer shall supply the following information concerning the required power :

- a) The application and the power required from the engine and details arising therefrom.
- b) The expected frequency and duration of the required powered and the corresponding engine speeds.
- c) Site conditions
  - 1) Site barometric pressure (highest and lowest reading available; if no pressure data are available the altitude above sea level).
  - 2) The monthly mean minimum and maximum air temperatures during the hottest and coldest months of the year.

- 3) The highest and lowest ambient air temperatures around the engine.
  - 4) The relative humidity (or alternatively the water vapour pressure or the wet and dry bulb temperature) ruling at the maximum temperature conditions.
  - 5) The maximum and minimum temperature of the cooling water available.
- d) The specification and lower calorific value of the fuel available.
  - e) Whether the engine is to comply with the requirements of any classification society or with special requirements.
  - f) The probable period for which the engine will be running continuously, and the duration of maximum and minimum load.
  - g) Any other information appropriate to the particular engine application.

### 13. Information to supplied by the engine manufacturer

The engine manufacturer shall supply the following information :

- a) The declared powers.
- b) The corresponding crankshaft and output shaft speeds.

**NOTE** - For certain applications of variable engines it is common practice to supply a power/speed diagram covering the ranges of power over which the engine can be used in continuous and in short period operation.

- c) The direction of rotation (see ISO 1204).
- d) The number and arrangement of cylinders (see ISO 1205).
- e) Whether the engine is two-stroke or four-stroke, naturally aspired, mechanically pressure charge or turbocaharged and whether with or without charge air cooler.
- f) The quantity of air required for the operation of the engine for :
  - 1) combustion and scavenging;
  - 2) cooling and ventilation.
- g) The method of starting, apparatus supplied and additional apparatus required.
- h) The type and grade of lubricating oil(s) recommended.

j) The type of governing, with speed droop of required (see ISO 3046/4 and ISO 3046/6).

If for variable speed duties, the working speed range and the idling speed.

If necessary, the critical speed range shall be indicated.

k) The method of cooling and the capacity of the cooling system with the rates of circulation of the cooling fluids.

m) (From air cooled engines only.) Whether hot air discharge ducting can be fitted.

n) A schedule recommended maintenance and overhaul periods.

p) Specifications and lower calorific values of fuels recommended.

q) Maximum permissible back-pressure in the exhaust system and the maximum permissible intake depression.

r) Any other information appropriate to the particular engine application.



## Annex A

### Examples of auxiliaries which may be fitted

NOTE - These lists are govern for guidance purposes only and are not necessary complete.

#### LIST A - Essential dependent auxiliaries (see 6.2 and 6.4)

- 1) Engine-driven lubricating oil pressure pump.
- 2) Engine-driven lubricating oil scavenge pump for dry-sump engines.
- 3) Engine-driven engines cooling water pump.
- 4) Engine-driven raw water pump.
- 5) Engine-driven radiator cooling fan.
- 6) Engine-driven engine cooling fan for air-cooled engines.
- 7) Engine-driven gaseous fuel pump.
- 8) Engine-driven fuel feed pump.
- 9) Engine-driven fuel pressure pump for common rail or servo-injection system.
- 10) Engine-driven generator, air compressor or hydraulic pump when supplying power to items in lists B.
- 11) Engine-driven cylinder lubricating pump.
- 12) Air cleaner or air silencer (normal or special).
- 13) Exhaust silencer (normal or special).

#### LIST B - Essential independent auxiliaries (see 6.3 and 6.4)

- 1) Separately driven lubricating oil pressure pump.
- 2) Separately driven lubricating oil scavenge pump for dry-sump engines.
- 3) Separately driven engine cooling water pump.
- 4) Separately driven raw water pump.
- 5) Separately driven radiator cooling fan
- 6) Separately driven engine cooling fan for air-cooled engines.
- 7) Separately driven gaseous fuel compressor.
- 8) Separately driven fuel feed pump.
- 9) Separately driven scavenge air blower and/or charge air blower.
- 10) Separately driven scavenge air blower and or charge air blower.

- 11) Separately driven crankcase extractor fan.
- 12) Separately driven cylinder lubricating pump.
- 13) Governing or control system using power from fan an external source.

**LIST C - Non-essential dependent auxiliaries (see 6.2 and 6.5)**

- 1) engine-driven starting air compressor.
- 2) Engine-driven generator, air compressor or hydraulic pump when supplying power to items not in list B.
- 3) Engine-driven bilge pump.
- 4) Engine-driven fire pump.
- 5) Engine-driven ventilation fan.
- 6) Engine-driven fuel transfer pump.
- 7) Engine-driven thrust bearing.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Annex B

Determination of the power adjustment factor ( $\alpha$ )

The table below gives values of the power adjustment factor ( $\alpha$ ) for known values of the ratio of indicated power (k) and mechanical efficiency ( $\eta_m$ ).

The value of k can be determined from annex D.

The value of  $\eta_m$  is stated by the manufacturer (see clause 10, note 4).

| k    | $\alpha$ |       |       |       |       |       |
|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | $\eta_m$ |       |       |       |       |       |
|      | 0.70     | 0.75  | 0.8   | 0.85  | 0.9   | 0.95  |
| 0.50 | 0.350    | 0.383 | 0.413 | 0.438 | 0.461 | 0.482 |
| 0.52 | 0.376    | 0.408 | 0.436 | 0.461 | 0.483 | 0.502 |
| 0.54 | 0.402    | 0.433 | 0.460 | 0.483 | 0.504 | 0.523 |
| 0.56 | 0.428    | 0.457 | 0.483 | 0.506 | 0.526 | 0.544 |
| 0.58 | 0.454    | 0.482 | 0.507 | 0.528 | 0.547 | 0.565 |
| 0.60 | 0.480    | 0.507 | 0.530 | 0.551 | 0.569 | 0.585 |
| 0.62 | 0.506    | 0.531 | 0.554 | 0.573 | 0.590 | 0.606 |
| 0.64 | 0.532    | 0.556 | 0.577 | 0.596 | 0.612 | 0.627 |
| 0.66 | 0.558    | 0.581 | 0.601 | 0.618 | 0.634 | 0.647 |
| 0.68 | 0.584    | 0.605 | 0.624 | 0.641 | 0.655 | 0.668 |
| 0.70 | 0.610    | 0.630 | 0.648 | 0.663 | 0.677 | 0.689 |
| 0.72 | 0.636    | 0.655 | 0.671 | 0.686 | 0.698 | 0.709 |
| 0.74 | 0.662    | 0.679 | 0.695 | 0.708 | 0.720 | 0.730 |
| 0.76 | 0.688    | 0.704 | 0.718 | 0.730 | 0.741 | 0.751 |
| 0.78 | 0.714    | 0.729 | 0.742 | 0.753 | 0.763 | 0.772 |
| 0.80 | 0.740    | 0.753 | 0.765 | 0.775 | 0.784 | 0.793 |
| 0.82 | 0.766    | 0.778 | 0.789 | 0.798 | 0.806 | 0.813 |
| 0.84 | 0.792    | 0.803 | 0.812 | 0.820 | 0.827 | 0.834 |
| 0.86 | 0.818    | 0.827 | 0.836 | 0.843 | 0.849 | 0.855 |
| 0.88 | 0.844    | 0.852 | 0.859 | 0.865 | 0.870 | 0.876 |
| 0.90 | 0.870    | 0.877 | 0.883 | 0.888 | 0.892 | 0.896 |
| 0.92 | 0.896    | 0.901 | 0.906 | 0.910 | 0.913 | 0.917 |
| 0.94 | 0.922    | 0.926 | 0.930 | 0.933 | 0.935 | 0.938 |
| 0.96 | 0.948    | 0.951 | 0.955 | 0.955 | 0.957 | 0.959 |
| 0.98 | 0.974    | 0.975 | 0.978 | 0.978 | 0.978 | 0.979 |
| 1.00 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 1.02 | 1.026    | 1.025 | 1.024 | 1.023 | 1.023 | 1.021 |
| 1.04 | 1.052    | 1.049 | 1.047 | 1.045 | 1.045 | 1.042 |
| 1.06 | 1.078    | 1.074 | 1.071 | 1.067 | 1.067 | 1.062 |
| 1.08 | 1.104    | 1.099 | 1.094 | 1.090 | 1.090 | 1.083 |
| 1.10 | 1.130    | 1.123 | 1.118 | 1.112 | 1.112 | 1.104 |
| 1.12 | 1.156    | 1.148 | 1.141 | 1.135 | 1.135 | 1.124 |
| 1.14 | 1.182    | 1.173 | 1.165 | 1.157 | 1.157 | 1.145 |
| 1.16 | 1.208    | 1.197 | 1.188 | 1.180 | 1.180 | 1.166 |
| 1.18 | 1.234    | 1.222 | 1.212 | 1.202 | 1.202 | 1.187 |
| 1.20 | 1.260    | 1.247 | 1.235 | 1.225 | 1.225 | 1.207 |

## Annex C

Determination the fuel consumption adjustment factor ( $\beta$ )

The table below gives values of the fuel consumption adjustment factor ( $f_3$ ) for known values of the ratio of indicated power ( $k$ ) and mechanical efficiency ( $\eta_m$ )

The value of  $k$  can be determined from annex D.

The value of  $\eta_m$  is stated by the manufacturer (see clause 10, note 4).

| k    | $\beta$  |       |       |       |       |       |
|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | $\eta_m$ |       |       |       |       |       |
|      | 0.70     | 0.75  | 0.8   | 0.85  | 0.9   | 0.95  |
| 0.50 | 1.429    | 1.304 | 1.212 | 1.141 | 1.084 | 1.038 |
| 0.52 | 1.383    | 1.275 | 1.193 | 1.129 | 1.077 | 1.035 |
| 0.54 | 1.343    | 1.248 | 1.175 | 1.118 | 1.071 | 1.032 |
| 0.56 | 1.308    | 1.225 | 1.159 | 1.108 | 1.065 | 1.030 |
| 0.58 | 1.278    | 1.203 | 1.145 | 1.098 | 1.060 | 1.027 |
| 0.60 | 1.250    | 1.184 | 1.132 | 1.090 | 1.055 | 1.025 |
| 0.62 | 1.225    | 1.167 | 1.120 | 1.082 | 1.050 | 1.023 |
| 0.64 | 1.203    | 1.151 | 1.109 | 1.075 | 1.046 | 1.021 |
| 0.66 | 1.184    | 1.137 | 1.099 | 1.068 | 1.042 | 1.019 |
| 0.68 | 1.164    | 1.123 | 1.090 | 1.062 | 1.038 | 1.018 |
| 0.70 | 1.148    | 1.111 | 1.081 | 1.056 | 1.035 | 1.016 |
| 0.72 | 1.132    | 1.100 | 1.073 | 1.051 | 1.031 | 1.015 |
| 0.74 | 1.118    | 1.089 | 1.066 | 1.045 | 1.028 | 1.013 |
| 0.76 | 1.105    | 1.080 | 1.059 | 1.041 | 1.025 | 1.012 |
| 0.78 | 1.092    | 1.070 | 1.052 | 1.035 | 1.022 | 1.011 |
| 0.80 | 1.081    | 1.062 | 1.046 | 1.032 | 1.020 | 1.009 |
| 0.82 | 1.071    | 1.054 | 1.040 | 1.028 | 1.017 | 1.008 |
| 0.84 | 1.061    | 1.047 | 1.035 | 1.024 | 1.015 | 1.007 |
| 0.86 | 1.051    | 1.040 | 1.029 | 1.021 | 1.013 | 1.006 |
| 0.88 | 1.043    | 1.033 | 1.024 | 1.017 | 1.011 | 1.005 |
| 0.90 | 1.035    | 1.027 | 1.020 | 1.014 | 1.009 | 1.004 |
| 0.92 | 1.027    | 1.021 | 1.016 | 1.011 | 1.007 | 1.003 |
| 0.94 | 1.020    | 1.015 | 1.011 | 1.008 | 1.005 | 1.002 |
| 0.96 | 1.013    | 1.010 | 1.007 | 1.005 | 1.003 | 1.002 |
| 0.98 | 1.006    | 1.005 | 1.004 | 1.003 | 1.002 | 1.001 |
| 1.00 | 1.000    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 1.02 | 0.994    | 0.995 | 0.997 | 0.998 | 0.999 | 0.999 |
| 1.04 | 0.989    | 0.991 | 0.993 | 0.995 | 0.997 | 0.999 |
| 1.06 | 0.983    | 0.987 | 0.990 | 0.993 | 0.996 | 0.998 |
| 1.08 | 0.978    | 0.983 | 0.987 | 0.991 | 0.996 | 0.997 |
| 1.10 | 0.974    | 0.979 | 0.984 | 0.989 | 0.993 | 0.997 |
| 1.12 | 0.969    | 0.976 | 0.982 | 0.987 | 0.992 | 0.996 |
| 1.14 | 0.965    | 0.972 | 0.979 | 0.985 | 0.991 | 0.996 |
| 1.16 | 0.960    | 0.969 | 0.976 | 0.983 | 0.989 | 0.995 |
| 1.18 | 0.956    | 0.966 | 0.974 | 0.982 | 0.988 | 0.994 |
| 1.20 | 0.952    | 0.963 | 0.972 | 0.980 | 0.987 | 0.994 |



## Annex D

## Determination of the ratio of indicated power (k)

Formula (3) or (4) can be written as :  $k = (R_1)^{y_1}(R_2)^{y_2}(R_3)^{y_3}$  (3)

Where  $R_1 = \left( \frac{p_x - a\phi_x p_{sx}}{p_r - a\phi_r p_{sr}} \right)$  or  $\left( \frac{p_x}{p_r} \right)$

$$R_2 = \frac{T_r}{T_x} \text{ or } \frac{T_{ra}}{T_x}$$

$$R_3 = \frac{T_{cr}}{T_{cx}}$$

and  $y_1 = m$        $y_2 = n$        $y_3 = q$

The value of  $R_1 = \left( \frac{p_x - a\phi_x p_{sx}}{p_r - a\phi_r p_{sr}} \right)$  can be obtained from annex E and other values of R can be calculated.

The value of m, n, q are obtained from table 1.

The table below then gives values of  $R^y$  for known ratios R and known factors y.

The value of k is then obtained by multiplying together the appropriate values of  $R^y$ .

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| R    | R <sup>y</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | y              |       |       |       |       |       |       |       |       |
|      | 0.50           | 0.55  | 0.57  | 0.70  | 0.75  | 0.86  | 1.20  | 1.75  | 2.00  |
| 0.60 | 0.775          | 0.755 | 0.747 | 0.699 | 0.682 | 0.645 | 0.542 | 0.409 | 0.360 |
| 0.62 | 0.787          | 0.769 | 0.762 | 0.716 | 0.699 | 0.663 | 0.564 | 0.433 | 0.384 |
| 0.64 | 0.800          | 0.782 | 0.775 | 0.732 | 0.716 | 0.681 | 0.585 | 0.458 | 0.410 |
| 0.66 | 0.812          | 0.796 | 0.789 | 0.748 | 0.732 | 0.700 | 0.607 | 0.483 | 0.436 |
| 0.68 | 0.825          | 0.809 | 0.803 | 0.763 | 0.749 | 0.718 | 0.630 | 0.509 | 0.462 |
| 0.70 | 0.837          | 0.822 | 0.816 | 0.779 | 0.765 | 0.736 | 0.652 | 0.536 | 0.490 |
| 0.72 | 0.849          | 0.835 | 0.829 | 0.795 | 0.782 | 0.754 | 0.674 | 0.593 | 0.518 |
| 0.74 | 0.860          | 0.847 | 0.842 | 0.810 | 0.798 | 0.772 | 0.697 | 0.590 | 0.548 |
| 0.76 | 0.872          | 0.860 | 0.855 | 0.825 | 0.814 | 0.790 | 0.719 | 0.619 | 0.578 |
| 0.78 | 0.883          | 0.872 | 0.868 | 0.840 | 0.830 | 0.808 | 0.742 | 0.647 | 0.608 |
| 0.80 | 0.894          | 0.885 | 0.881 | 0.855 | 0.846 | 0.825 | 0.765 | 0.677 | 0.640 |
| 0.82 | 0.906          | 0.897 | 0.893 | 0.870 | 0.862 | 0.843 | 0.788 | 0.707 | 0.672 |
| 0.84 | 0.917          | 0.909 | 0.905 | 0.885 | 0.877 | 0.861 | 0.811 | 0.737 | 0.706 |
| 0.86 | 0.927          | 0.920 | 0.918 | 0.900 | 0.893 | 0.878 | 0.834 | 0.768 | 0.740 |
| 0.88 | 0.938          | 0.932 | 0.930 | 0.914 | 0.909 | 0.896 | 0.858 | 0.800 | 0.774 |
| 0.90 | 0.949          | 0.944 | 0.942 | 0.929 | 0.924 | 0.913 | 0.881 | 0.832 | 0.810 |
| 0.92 | 0.959          | 0.955 | 0.954 | 0.943 | 0.939 | 0.931 | 0.905 | 0.864 | 0.846 |
| 0.94 | 0.970          | 0.967 | 0.965 | 0.958 | 0.955 | 0.948 | 0.928 | 0.897 | 0.884 |
| 0.96 | 0.980          | 0.978 | 0.977 | 0.972 | 0.970 | 0.966 | 0.952 | 0.931 | 0.922 |
| 0.98 | 0.990          | 0.989 | 0.989 | 0.986 | 0.985 | 0.983 | 0.976 | 0.965 | 0.960 |
| 1.00 | 1.000          | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 1.02 | 1.010          | 1.011 | 1.011 | 1.014 | 1.015 | 1.017 | 1.024 | 1.035 | 1.040 |
| 1.04 | 1.020          | 1.022 | 1.023 | 1.028 | 1.030 | 1.034 | 1.048 | 1.071 | 1.082 |
| 1.06 | 1.030          | 1.033 | 1.034 | 1.042 | 1.045 | 1.051 | 1.072 | 1.107 | 1.124 |
| 1.08 | 1.038          | 1.043 | 1.045 | 1.055 | 1.059 | 1.068 | 1.097 | 1.144 | 1.166 |
| 1.10 | 1.049          | 1.054 | 1.056 | 1.069 | 1.074 | 1.085 | 1.121 | 1.182 | 1.210 |
| 1.12 | 1.058          | 1.064 | 1.067 | 1.083 | 1.089 | 1.102 | 1.146 | 1.219 | 1.254 |
| 1.14 | 1.068          | 1.075 | 1.078 | 1.096 | 1.103 | 1.119 | 1.170 | 1.258 | 1.300 |
| 1.16 | 1.077          | 1.085 | 1.068 | 1.110 | 1.118 | 1.136 | 1.195 | 1.297 | 1.346 |
| 1.18 | 1.086          | 1.095 | 1.099 | 1.123 | 1.132 | 1.153 | 1.220 | 1.336 | 1.392 |
| 1.20 | 1.095          | 1.106 | 1.110 | 1.135 | 1.147 | 1.170 | 1.245 | 1.376 | 1.440 |

## Annex E

## Determination dry air pressure ratio

The dry air pressure ratio  $\left( \frac{p_x - \alpha \phi_x p_{sx}}{p_r - \alpha \phi_r p_{sr}} \right)$  used in formula (3) given in the table below for the value of  $\alpha = 1$  of formula references A, E and G and for different values of total barometric pressure ( $\phi_x$ ) and water vapor pressure ( $\phi_x p_{sx}$ ).

If the water vapour pressure is not known it can be obtained from the air temperature and relative humidity by the use of annex F.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

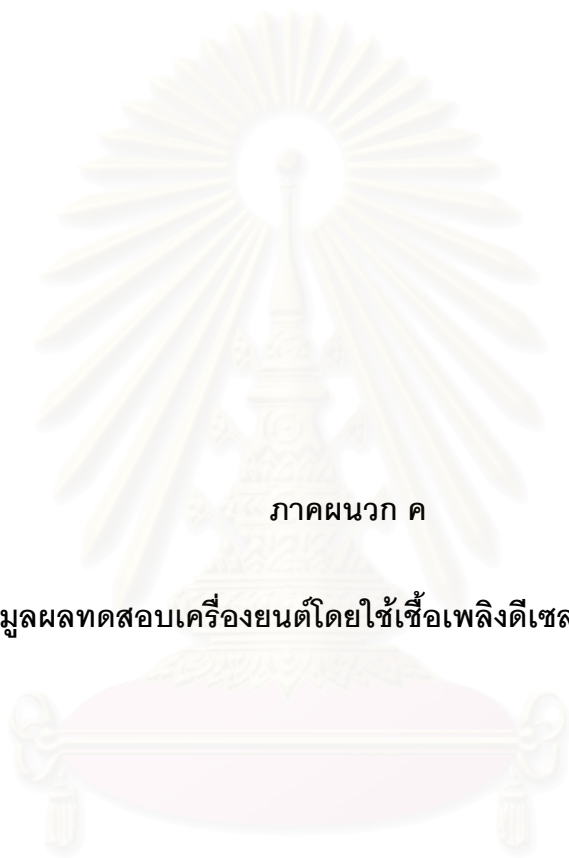
| Altitude<br>(m) | Total<br>barometric<br>pressure<br>Pa (kPa) | $p_x - a\phi_x p_{sx}$<br>$p_r - a\phi_r p_{sr}$<br>$\phi_x p_{sx}$ (kPa) |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 |   | 0   | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   |
|                 |   | 0   | 101.3 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 |
| 100             | 100.0                                       | 1.02  | 1.01  | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 |
| 200             | 98.9  | 1.01  | 1.00  | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.88 |
| 400             | 96.7  | 0.99  | 0.98  | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | 0.86 |
| 600             | 94.4  | 0.96  | 0.95  | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.84 | 0.83 |
| 800             | 92.1  | 0.94  | 0.93  | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.84 | 0.83 | 0.82 | 0.81 |
| 1000            | 89.9  | 0.92  | 0.91  | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.84 | 0.83 | 0.82 | 0.81 | 0.80 | 0.79 |
| 1200            | 87.7  | 0.90  | 0.89  | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.84 | 0.82 | 0.81 | 0.80 | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.76 |
| 1400            | 85.6  | 0.87  | 0.86  | 0.85 | 0.84 | 0.83 | 0.82 | 0.81 | 0.80 | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.74 |
| 1600            | 83.5  | 0.85  | 0.84  | 0.83 | 0.82 | 0.81 | 0.80 | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 |
| 1800            | 81.5  | 0.83  | 0.82  | 0.81 | 0.80 | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.70 |
| 2000            | 79.5  | 0.81  | 0.80  | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 |
| 2200            | 77.6  | 0.79  | 0.78  | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.66 |
| 2400            | 75.6  | 0.77  | 0.76  | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.65 | 0.64 |
| 2600            | 73.7  | 0.75  | 0.74  | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.63 | 0.62 |
| 2800            | 71.9  | 0.73  | 0.72  | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.60 |
| 3000            | 70.1  | 0.72  | 0.71  | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.58 |
| 3200            | 68.4  | 0.70  | 0.69  | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 |
| 3400            | 66.7  | 0.68  | 0.67  | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.55 |
| 3600            | 64.9  | 0.66  | 0.65  | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.53 |
| 3800            | 63.2  | 0.65  | 0.64  | 0.63 | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 |
| 4000            | 61.5  | 0.63  | 0.62  | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 |
| 4200            | 60.1  | 0.61  | 0.60  | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.48 |
| 4400            | 58.5  | 0.60  | 0.59  | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.47 |
| 4600            | 56.9  | 0.58  | 0.57  | 0.56 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.45 |
| 4800            | 55.3  | 0.57  | 0.55  | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.43 |
| 5000            | 54.1  | 0.55  | 0.54  | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.49 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.42 |

## Annex F

## Determination of water vapour pressure

The water vapour pressure ( $\phi_x p_{sx}$ ) is given in the table below in units of kPa for different values of the air temperature in degrees Celsius and relative humidity  $\phi_x$ .

| $T_x$<br>(°C) | $\phi_x p_{sx}$ (kPa) |     |     |     |     |
|---------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
|               | $\phi_x$              |     |     |     |     |
|               | 1                     | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 |
| -10           | 0.3                   | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| -5            | 0.4                   | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| 0             | 0.6                   | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
| 5             | 0.9                   | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.2 |
| 10            | 1.2                   | 1   | 0.7 | 0.5 | 0.2 |
| 15            | 1.7                   | 1.4 | 1   | 0.7 | 0.5 |
| 20            | 2.3                   | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 0.5 |
| 25            | 3.2                   | 2.5 | 1.9 | 1.3 | 0.6 |
| 27            | 3.6                   | 2.9 | 2.1 | 1.4 | 0.7 |
| 30            | 4.2                   | 3.4 | 2.5 | 1.7 | 0.9 |
| 32            | 4.8                   | 3.8 | 2.9 | 1.9 | 1   |
| 34            | 5.3                   | 4.3 | 3.2 | 2.1 | 1.1 |
| 36            | 6                     | 4.8 | 3.6 | 2.6 | 1.2 |
| 38            | 6.6                   | 5.3 | 4   | 2.7 | 1.3 |
| 40            | 7.4                   | 5.9 | 4.4 | 3   | 1.5 |
| 42            | 8.2                   | 6.6 | 4.9 | 3.3 | 1.6 |
| 44            | 9.1                   | 7.3 | 5.5 | 3.6 | 1.8 |
| 46            | 10.1                  | 8.1 | 6.1 | 4   | 2   |
| 48            | 11.2                  | 8.9 | 6.7 | 4.5 | 2.2 |
| 50            | 12.3                  | 9.9 | 7.4 | 4.9 | 2.5 |



ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 10 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.99                | 1.05          | 32.47                   | 32.49 | 32.6  | 32.520           | 0.000270                  | 929.31          | 9.11            | 15.0                                    | 0.0218          | 0.012 | 0.180  |
| 20        | 19.98               | 2.09          | 27.17                   | 27.14 | 27.15 | 27.153           | 0.000319                  | 548.94          | 15.43           | 14.9                                    | 0.0217          | 0.015 | 0.213  |
| 30        | 29.98               | 3.14          | 23.47                   | 23.42 | 23.43 | 23.440           | 0.000366                  | 419.85          | 20.18           | 14.9                                    | 0.0217          | 0.017 | 0.245  |
| 40        | 39.96               | 4.18          | 20.53                   | 20.58 | 20.55 | 20.553           | 0.000414                  | 356.44          | 23.76           | 14.9                                    | 0.0217          | 0.019 | 0.277  |
| 50        | 49.97               | 5.23          | 18.13                   | 18.1  | 18.07 | 18.100           | 0.000468                  | 321.70          | 26.33           | 14.8                                    | 0.0216          | 0.022 | 0.313  |
| 60        | 59.97               | 6.28          | 16.22                   | 16.18 | 16.16 | 16.187           | 0.000520                  | 298.25          | 28.40           | 14.8                                    | 0.0216          | 0.024 | 0.349  |
| 70        | 69.96               | 7.33          | 14.55                   | 14.58 | 14.56 | 14.563           | 0.000576                  | 282.92          | 29.94           | 14.7                                    | 0.0216          | 0.027 | 0.387  |
| 80        | 79.96               | 8.37          | 13.16                   | 13.19 | 13.18 | 13.177           | 0.000634                  | 272.60          | 31.07           | 14.7                                    | 0.0216          | 0.029 | 0.426  |
| 90        | 89.98               | 9.42          | 12.07                   | 12.08 | 12.08 | 12.077           | 0.000690                  | 263.58          | 32.14           | 14.6                                    | 0.0215          | 0.032 | 0.465  |
| 100       | 100.02              | 10.47         | 11.01                   | 11.01 | 11    | 11.007           | 0.000755                  | 259.52          | 32.64           | 14.5                                    | 0.0214          | 0.035 | 0.511  |
| 110       | 110.07              | 11.53         | 10.14                   | 10.15 | 10.14 | 10.143           | 0.000818                  | 255.40          | 33.17           | 14.5                                    | 0.0214          | 0.038 | 0.553  |
| 120       | 120.12              | 12.58         | 9.27                    | 9.26  | 9.28  | 9.270            | 0.000893                  | 255.55          | 33.15           | 14.4                                    | 0.0213          | 0.042 | 0.606  |
| 130       | 130.18              | 13.63         | 8.59                    | 8.57  | 8.56  | 8.573            | 0.000964                  | 254.57          | 33.27           | 14.3                                    | 0.0213          | 0.045 | 0.657  |
| 140       | 140.25              | 14.69         | 7.85                    | 7.58  | 7.84  | 7.757            | 0.001063                  | 260.68          | 32.49           | 14.1                                    | 0.0211          | 0.050 | 0.730  |
| 144       | 144.25              | 15.11         | 7.62                    | 7.62  | 7.61  | 7.617            | 0.001083                  | 258.00          | 32.83           | 14.4                                    | 0.0213          | 0.051 | 0.735  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 192             | 91          | 89            | 88           | 31.0       | 27.4       | 104             | 1.1                                  | 8              | 35              | 56                          | 52           | 21.1                                 | 760.8                |
| 20        | 191             | 92          | 88            | 87           | 30.9       | 27.7       | 119             | 1.1                                  | 8              | 37              | 59                          | 54           | 21.1                                 | 760.8                |
| 30        | 191             | 92          | 88            | 86           | 31.0       | 27.6       | 134             | 1.1                                  | 9              | 37              | 60                          | 55           | 21.1                                 | 760.8                |
| 40        | 189             | 93          | 88            | 86           | 30.9       | 27.8       | 156             | 1.2                                  | 9              | 36              | 57                          | 54           | 21.1                                 | 760.8                |
| 50        | 189             | 93          | 88            | 86           | 31.0       | 27.7       | 176             | 1.3                                  | 9              | 37              | 60                          | 55           | 21.1                                 | 760.8                |
| 60        | 189             | 93          | 88            | 85           | 31.0       | 27.8       | 192             | 1.3                                  | 10             | 37              | 59                          | 55           | 21.1                                 | 760.8                |
| 70        | 189             | 93          | 88            | 85           | 31.0       | 27.8       | 212             | 1.4                                  | 10             | 37              | 59                          | 54           | 21.1                                 | 760.8                |
| 80        | 189             | 94          | 88            | 85           | 31.0       | 27.8       | 233             | 1.9                                  | 11             | 37              | 59                          | 54           | 21.1                                 | 760.8                |
| 90        | 189             | 95          | 88            | 84           | 31.1       | 27.8       | 255             | 2.3                                  | 11             | 37              | 60                          | 54           | 20.9                                 | 760.8                |
| 100       | 191             | 94          | 88            | 84           | 31.2       | 27.8       | 280             | 2.1                                  | 11             | 37              | 60                          | 54           | 20.9                                 | 760.8                |
| 110       | 190             | 95          | 88            | 83           | 31.3       | 27.9       | 307             | 1.6                                  | 12             | 38              | 61                          | 55           | 20.9                                 | 760.8                |
| 120       | 190             | 95          | 88            | 83           | 31.4       | 28.0       | 332             | 1.2                                  | 13             | 38              | 61                          | 54           | 20.7                                 | 760.8                |
| 130       | 190             | 97          | 88            | 83           | 31.5       | 28.0       | 366             | 1.2                                  | 14             | 38              | 62                          | 54           | 20.5                                 | 760.8                |
| 140       | 189             | 97          | 88            | 82           | 31.6       | 28.2       | 402             | 2.1                                  | 32             | 38              | 61                          | 54           | 20.3                                 | 760.8                |
| 144       | 189             | 97          | 88            | 82           | 31.6       | 28.3       | 421             | 4.0                                  | 50             | 37              | 61                          | 54           | 20.3                                 | 760.8                |

ตารางที่ ค-2 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1250 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.83                | 1.29          | 67.44                   | 67.55 | 68.03 | 67.673           | 0.000316                  | 883.72          | 9.59            | 21.0                                    | 0.0258          | 0.012 | 0.178  |
| 20        | 19.70               | 2.58          | 56.69                   | 56.72 | 56.61 | 56.673           | 0.000373                  | 521.40          | 16.25           | 20.8                                    | 0.0256          | 0.015 | 0.211  |
| 30        | 29.57               | 3.87          | 48.54                   | 48.63 | 48.64 | 48.603           | 0.000432                  | 401.81          | 21.08           | 20.6                                    | 0.0255          | 0.017 | 0.245  |
| 40        | 39.47               | 5.17          | 42.14                   | 42.22 | 42.19 | 42.183           | 0.000495                  | 344.78          | 24.57           | 20.7                                    | 0.0256          | 0.019 | 0.280  |
| 50        | 49.38               | 6.46          | 37.44                   | 37.42 | 37.35 | 37.403           | 0.000556                  | 309.44          | 27.37           | 20.7                                    | 0.0256          | 0.022 | 0.315  |
| 60        | 59.26               | 7.76          | 33.55                   | 33.62 | 33.61 | 33.593           | 0.000616                  | 285.94          | 29.62           | 20.7                                    | 0.0256          | 0.024 | 0.349  |
| 70        | 69.17               | 9.05          | 30.14                   | 30.2  | 30.24 | 30.193           | 0.000683                  | 271.66          | 31.18           | 20.5                                    | 0.0255          | 0.027 | 0.389  |
| 80        | 79.10               | 10.35         | 27.48                   | 27.46 | 27.47 | 27.470           | 0.000749                  | 260.47          | 32.52           | 20.5                                    | 0.0255          | 0.029 | 0.426  |
| 90        | 89.41               | 11.70         | 25.01                   | 25    | 25.02 | 25.010           | 0.000824                  | 253.42          | 33.43           | 20.5                                    | 0.0255          | 0.032 | 0.469  |
| 100       | 99.04               | 12.96         | 22.91                   | 23.04 | 22.98 | 22.977           | 0.000893                  | 247.84          | 34.18           | 20.3                                    | 0.0253          | 0.035 | 0.511  |
| 110       | 109.08              | 14.28         | 21.03                   | 20.98 | 21.02 | 21.010           | 0.000975                  | 245.82          | 34.46           | 20.3                                    | 0.0253          | 0.038 | 0.558  |
| 120       | 119.16              | 15.60         | 19.33                   | 19.3  | 19.31 | 19.313           | 0.001060                  | 244.62          | 34.63           | 19.8                                    | 0.0250          | 0.042 | 0.614  |
| 130       | 129.24              | 16.92         | 17.88                   | 17.88 | 17.81 | 17.857           | 0.001146                  | 243.79          | 34.75           | 19.8                                    | 0.0250          | 0.046 | 0.664  |
| 140       | 139.36              | 18.24         | 16.46                   | 16.43 | 16.43 | 16.440           | 0.001244                  | 245.45          | 34.51           | 19.7                                    | 0.0250          | 0.050 | 0.722  |
| 145       | 144.26              | 18.88         | 15.75                   | 15.74 | 15.74 | 15.743           | 0.001297                  | 247.31          | 34.25           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.053 | 0.761  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 228             | 88          | 87            | 86           | 28.0       | 25.4       | 117             | 1.7                                  | 10             | 30              | 49                          | 46           | 31.7                                 | 763.7                |
| 20        | 218             | 92          | 88            | 86           | 28.4       | 25.4       | 130             | 1.7                                  | 11             | 32              | 56                          | 51           | 31.7                                 | 763.7                |
| 30        | 219             | 92          | 88            | 86           | 28.6       | 25.6       | 147             | 1.8                                  | 11             | 33              | 56                          | 52           | 31.7                                 | 763.7                |
| 40        | 219             | 92          | 89            | 86           | 28.8       | 25.6       | 166             | 1.8                                  | 12             | 33              | 56                          | 53           | 31.7                                 | 763.5                |
| 50        | 218             | 92          | 89            | 85           | 29.0       | 25.8       | 185             | 1.8                                  | 12             | 34              | 56                          | 54           | 31.7                                 | 763.5                |
| 60        | 218             | 92          | 89            | 86           | 29.0       | 25.9       | 208             | 1.79.0                               | 12             | 34              | 57                          | 54           | 31.7                                 | 763.5                |
| 70        | 217             | 93          | 89            | 85           | 29.1       | 25.9       | 229             | 2.0                                  | 13             | 34              | 57                          | 54           | 31.5                                 | 763.4                |
| 80        | 217             | 93          | 89            | 85           | 29.2       | 26.1       | 250             | 2.0                                  | 13             | 35              | 57                          | 54           | 31.3                                 | 763.3                |
| 90        | 216             | 94          | 89            | 85           | 30.4       | 26.0       | 275             | 2.1                                  | 14             | 35              | 58                          | 54           | 31.3                                 | 763.2                |
| 100       | 215             | 94          | 89            | 84           | 29.6       | 26.3       | 301             | 2.1                                  | 14             | 35              | 58                          | 54           | 31.0                                 | 763.2                |
| 110       | 214             | 94          | 88            | 83           | 29.9       | 26.3       | 324             | 2.2                                  | 15             | 36              | 58                          | 54           | 30.8                                 | 763.1                |
| 120       | 213             | 95          | 88            | 84           | 30.2       | 26.6       | 357             | 2.1                                  | 15             | 36              | 59                          | 54           | 30.5                                 | 763.0                |
| 130       | 212             | 95          | 88            | 83           | 30.5       | 26.7       | 386             | 2.1                                  | 15             | 36              | 59                          | 53           | 30.5                                 | 763.0                |
| 140       | 212             | 96          | 88            | 82           | 30.8       | 27.0       | 423             | 2.3                                  | 22             | 37              | 60                          | 53           | 30.3                                 | 762.9                |
| 145       | 211             | 97          | 88            | 81           | 30.7       | 27.0       | 445             | 2.5                                  | 50             | 37              | 60                          | 53           | 29.8                                 | 763.0                |



ตารางที่ ค-3 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.91                | 1.56          | 56.26                   | 56.29 | 56.31 | 56.287           | 0.000378                  | 873.60          | 9.70            | 27.1                                    | 0.0293          | 0.013 | 0.187  |
| 20        | 19.85               | 3.12          | 47.49                   | 47.5  | 47.53 | 47.507           | 0.000444                  | 512.57          | 16.53           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.015 | 0.220  |
| 30        | 29.78               | 4.68          | 40.71                   | 40.69 | 40.75 | 40.717           | 0.000514                  | 395.85          | 21.40           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.018 | 0.255  |
| 40        | 39.74               | 6.24          | 35.53                   | 35.54 | 35.61 | 35.560           | 0.000586                  | 338.01          | 25.06           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.020 | 0.290  |
| 50        | 49.67               | 7.80          | 31.47                   | 31.5  | 31.47 | 31.480           | 0.000659                  | 304.12          | 27.85           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.023 | 0.326  |
| 60        | 59.65               | 9.37          | 28                      | 27.99 | 27.95 | 27.980           | 0.000739                  | 284.02          | 29.82           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.025 | 0.366  |
| 70        | 69.62               | 10.94         | 25.06                   | 25.09 | 25.16 | 25.103           | 0.000822                  | 270.49          | 31.32           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.028 | 0.407  |
| 80        | 79.65               | 12.51         | 22.76                   | 22.8  | 22.81 | 22.790           | 0.000904                  | 260.00          | 32.58           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.031 | 0.447  |
| 90        | 89.69               | 14.09         | 20.87                   | 20.84 | 20.82 | 20.843           | 0.000987                  | 252.12          | 33.60           | 27.1                                    | 0.0293          | 0.034 | 0.488  |
| 105       | 104.30              | 16.38         | 18.05                   | 18.06 | 18.08 | 18.063           | 0.001132                  | 248.74          | 34.05           | 28.5                                    | 0.0300          | 0.038 | 0.547  |
| 110       | 109.60              | 17.22         | 17.51                   | 17.5  | 17.51 | 17.507           | 0.001170                  | 244.72          | 34.61           | 28.4                                    | 0.0300          | 0.039 | 0.566  |
| 115       | 114.79              | 18.03         | 16.98                   | 16.96 | 16.98 | 16.973           | 0.001208                  | 241.22          | 35.12           | 28.4                                    | 0.0300          | 0.040 | 0.584  |
| 120       | 119.90              | 18.83         | 16.38                   | 16.36 | 16.36 | 16.367           | 0.001253                  | 239.54          | 35.36           | 28.4                                    | 0.0300          | 0.042 | 0.606  |
| 130       | 130.21              | 20.45         | 5.97                    | 5.97  | 5.98  | 5.973            | 0.001374                  | 241.86          | 35.02           | 28.3                                    | 0.0299          | 0.046 | 0.666  |
| 140       | 140.12              | 22.01         | 5.52                    | 5.54  | 5.52  | 5.527            | 0.001482                  | 242.47          | 34.93           | 28.3                                    | 0.0299          | 0.050 | 0.718  |
| 150       | 150.30              | 23.61         | 5.08                    | 5.08  | 5.07  | 5.077            | 0.001613                  | 246.02          | 34.43           | 28.3                                    | 0.0299          | 0.054 | 0.782  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 277             | 93          | 88            | 87           | 29.2       | 26.6       | 122             | 2.7                                  | 11             | 33              | 53                          | 52           | 45.3                                 | 761.9                |
| 20        | 275             | 93          | 88            | 87           | 29.7       | 26.4       | 137             | 2.8                                  | 12             | 34              | 54                          | 54           | 45.5                                 | 761.9                |
| 30        | 275             | 93          | 88            | 87           | 29.6       | 26.4       | 154             | 2.8                                  | 12             | 34              | 54                          | 55           | 45.5                                 | 761.8                |
| 40        | 274             | 93          | 89            | 86           | 29.8       | 26.5       | 173             | 2.9                                  | 13             | 35              | 55                          | 55           | 45.5                                 | 761.7                |
| 50        | 274             | 94          | 88            | 86           | 29.8       | 26.6       | 194             | 3.0                                  | 13             | 35              | 55                          | 55           | 45.5                                 | 761.7                |
| 60        | 273             | 95          | 88            | 85           | 30.0       | 26.8       | 218             | 3.3                                  | 14             | 35              | 55                          | 55           | 45.5                                 | 761.7                |
| 70        | 272             | 95          | 88            | 85           | 30.0       | 26.9       | 244             | 3.5                                  | 14             | 36              | 56                          | 55           | 45.3                                 | 761.5                |
| 80        | 271             | 95          | 89            | 85           | 30.2       | 26.8       | 268             | 3.8                                  | 14             | 36              | 56                          | 55           | 45.3                                 | 761.3                |
| 90        | 270             | 96          | 89            | 85           | 30.4       | 27.0       | 289             | 3.9                                  | 15             | 36              | 56                          | 55           | 45.3                                 | 761.2                |
| 105       | 265             | 98          | 88            | 84           | 29.9       | 26.5       | 336             | 5.0                                  | 16             | 32              | 52                          | 51           | 44.5                                 | 762.0                |
| 110       | 263             | 99          | 89            | 83           | 30.6       | 27.4       | 347             | 4.8                                  | 16             | 35              | 56                          | 55           | 44.3                                 | 761.8                |
| 115       | 262             | 99          | 89            | 84           | 31.0       | 27.3       | 359             | 4.5                                  | 16             | 36              | 57                          | 56           | 44.1                                 | 761.6                |
| 120       | 261             | 99          | 88            | 83           | 31.2       | 27.5       | 372             | 4.5                                  | 16             | 37              | 57                          | 56           | 44.1                                 | 761.5                |
| 130       | 259             | 100         | 88            | 83           | 31.8       | 28.2       | 411             | 4.6                                  | 17             | 39              | 59                          | 56           | 43.7                                 | 761.4                |
| 140       | 259             | 100         | 88            | 83           | 31.6       | 28.0       | 443             | 4.7                                  | 17             | 37              | 57                          | 55           | 43.7                                 | 761.4                |
| 150       | 257             | 101         | 88            | 82           | 31.9       | 28.2       | 490             | 4.8                                  | 44             | 37              | 57                          | 55           | 43.5                                 | 761.4                |

ตารางที่ ค-4 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1750 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.90                | 1.81          | 47.21                   | 47.29 | 47.25 | 47.250           | 0.000445                  | 883.63          | 9.59            | 42.5                                    | 0.0367          | 0.012 | 0.176  |
| 20        | 19.82               | 3.63          | 39.17                   | 39.19 | 39.3  | 39.220           | 0.000532                  | 527.65          | 16.05           | 42.5                                    | 0.0367          | 0.015 | 0.211  |
| 30        | 29.75               | 5.45          | 33.85                   | 33.94 | 33.97 | 33.920           | 0.000612                  | 404.39          | 20.95           | 42.4                                    | 0.0366          | 0.017 | 0.242  |
| 40        | 39.69               | 7.27          | 29.68                   | 29.79 | 29.84 | 29.770           | 0.000695                  | 343.99          | 24.62           | 42.3                                    | 0.0366          | 0.019 | 0.275  |
| 50        | 49.58               | 9.09          | 26.51                   | 26.55 | 26.57 | 26.543           | 0.000776                  | 307.61          | 27.54           | 42.1                                    | 0.0365          | 0.021 | 0.308  |
| 60        | 59.68               | 10.94         | 23.84                   | 23.93 | 23.88 | 23.883           | 0.000863                  | 283.92          | 29.83           | 41.8                                    | 0.0364          | 0.024 | 0.344  |
| 70        | 69.48               | 12.73         | 21.36                   | 21.36 | 21.34 | 21.353           | 0.000960                  | 271.54          | 31.19           | 41.8                                    | 0.0364          | 0.026 | 0.383  |
| 80        | 79.41               | 14.55         | 19.4                    | 19.42 | 19.37 | 19.397           | 0.001055                  | 261.01          | 32.45           | 41.9                                    | 0.0364          | 0.029 | 0.420  |
| 90        | 89.59               | 16.42         | 17.81                   | 17.82 | 17.84 | 17.823           | 0.001149                  | 251.94          | 33.62           | 41.8                                    | 0.0364          | 0.032 | 0.458  |
| 100       | 99.64               | 18.26         | 16.29                   | 16.31 | 16.33 | 16.310           | 0.001255                  | 247.34          | 34.25           | 41.7                                    | 0.0363          | 0.035 | 0.501  |
| 110       | 109.64              | 20.09         | 15.02                   | 15    | 15.02 | 15.013           | 0.001361                  | 243.91          | 34.73           | 41.5                                    | 0.0362          | 0.038 | 0.545  |
| 120       | 119.56              | 21.91         | 13.86                   | 13.87 | 13.89 | 13.873           | 0.001471                  | 241.67          | 35.05           | 41.3                                    | 0.0361          | 0.041 | 0.590  |
| 130       | 129.65              | 23.76         | 12.86                   | 12.85 | 12.84 | 12.850           | 0.001588                  | 240.54          | 35.21           | 40.9                                    | 0.0360          | 0.044 | 0.640  |
| 140       | 139.78              | 25.62         | 11.83                   | 11.83 | 11.81 | 11.823           | 0.001725                  | 242.44          | 34.94           | 40.9                                    | 0.0360          | 0.048 | 0.695  |
| 150       | 149.73              | 27.44         | 10.91                   | 10.89 | 10.89 | 10.897           | 0.001870                  | 245.28          | 34.53           | 40.7                                    | 0.0359          | 0.052 | 0.755  |
| 153       | 152.93              | 28.03         | 10.69                   | 10.69 | 10.68 | 10.687           | 0.001908                  | 245.09          | 34.56           | 40.5                                    | 0.0358          | 0.053 | 0.773  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 338             | 93          | 90            | 89           | 29.5       | 26.4       | 129             | 3.3                                  | 13             | 32              | 49                          | 50           | 67.3                                 | 763.0                |
| 20        | 331             | 95          | 88            | 86           | 29.7       | 26.8       | 147             | 3.4                                  | 13             | 33              | 52                          | 53           | 67.3                                 | 762.9                |
| 30        | 330             | 96          | 88            | 87           | 29.8       | 26.6       | 171             | 3.7                                  | 14             | 33              | 51                          | 55           | 66.9                                 | 762.8                |
| 40        | 329             | 96          | 89            | 86           | 29.9       | 26.8       | 188             | 3.9                                  | 14             | 34              | 53                          | 56           | 66.9                                 | 762.7                |
| 50        | 327             | 97          | 89            | 85           | 29.7       | 26.8       | 209             | 4.4                                  | 15             | 35              | 54                          | 56           | 66.7                                 | 762.7                |
| 60        | 325             | 98          | 88            | 84           | 30.5       | 27.0       | 232             | 5.9                                  | 15             | 35              | 54                          | 56           | 66.1                                 | 762.6                |
| 70        | 324             | 98          | 88            | 85           | 29.9       | 27.1       | 255             | 6.3                                  | 16             | 34              | 53                          | 55           | 66.1                                 | 762.5                |
| 80        | 324             | 98          | 88            | 84           | 29.9       | 26.9       | 276             | 6.5                                  | 16             | 34              | 52                          | 55           | 66.1                                 | 762.5                |
| 90        | 323             | 99          | 89            | 85           | 30.6       | 27.0       | 298             | 6.3                                  | 16             | 36              | 55                          | 56           | 66.1                                 | 762.4                |
| 100       | 321             | 99          | 88            | 84           | 30.8       | 27.1       | 331             | 6.1                                  | 17             | 36              | 55                          | 56           | 65.7                                 | 762.3                |
| 110       | 319             | 100         | 88            | 84           | 30.9       | 27.1       | 404             | 6.1                                  | 17             | 36              | 56                          | 56           | 65.0                                 | 762.3                |
| 120       | 318             | 101         | 89            | 84           | 30.8       | 27.4       | 423             | 6.8                                  | 18             | 35              | 54                          | 56           | 65.5                                 | 762.3                |
| 130       | 317             | 101         | 88            | 83           | 31.0       | 27.3       | 441             | 7.7                                  | 18             | 36              | 55                          | 55           | 64.9                                 | 762.2                |
| 140       | 315             | 102         | 88            | 83           | 31.3       | 27.5       | 478             | 8.3                                  | 19             | 37              | 56                          | 55           | 64.5                                 | 762.2                |
| 150       | 313             | 103         | 88            | 82           | 31.2       | 27.6       | 521             | 8.4                                  | 43             | 38              | 57                          | 55           | 64.3                                 | 762.1                |
| 153       | 312             | 103         | 88            | 82           | 31.5       | 27.8       | 536             | 8.5                                  | 50             | 38              | 58                          | 55           | 64.3                                 | 762.0                |

ตารางที่ ค-5 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.84                | 2.06          | 38.81                   | 38.98 | 39.08 | 38.957           | 0.000533                  | 930.68          | 9.10            | 55.0                                    | 0.0417          | 0.013 | 0.185  |
| 20        | 19.71               | 4.13          | 33.05                   | 33.07 | 33.02 | 33.047           | 0.000625                  | 544.90          | 15.55           | 54.5                                    | 0.0415          | 0.015 | 0.218  |
| 30        | 29.56               | 6.19          | 28.31                   | 28.41 | 28.36 | 28.360           | 0.000724                  | 421.15          | 20.11           | 54.5                                    | 0.0415          | 0.017 | 0.253  |
| 40        | 39.44               | 8.26          | 24.96                   | 24.97 | 25.04 | 24.990           | 0.000819                  | 357.10          | 23.72           | 54.6                                    | 0.0416          | 0.020 | 0.286  |
| 50        | 49.30               | 10.32         | 22.2                    | 22.19 | 22.16 | 22.183           | 0.000920                  | 320.85          | 26.40           | 54.5                                    | 0.0415          | 0.022 | 0.321  |
| 60        | 59.11               | 12.38         | 19.98                   | 19.97 | 19.96 | 19.970           | 0.001019                  | 296.32          | 28.59           | 54.4                                    | 0.0415          | 0.025 | 0.356  |
| 70        | 69.03               | 14.46         | 18.03                   | 18.06 | 18.11 | 18.067           | 0.001125                  | 280.12          | 30.24           | 54.4                                    | 0.0415          | 0.027 | 0.393  |
| 80        | 79.01               | 16.55         | 16.45                   | 16.41 | 16.43 | 16.430           | 0.001236                  | 268.97          | 31.49           | 54.2                                    | 0.0414          | 0.030 | 0.433  |
| 90        | 88.97               | 18.63         | 15.17                   | 15.17 | 15.13 | 15.157           | 0.001339                  | 258.77          | 32.73           | 53.8                                    | 0.0412          | 0.032 | 0.471  |
| 100       | 98.91               | 20.72         | 14.04                   | 14.06 | 14    | 14.033           | 0.001445                  | 251.20          | 33.72           | 53.8                                    | 0.0412          | 0.035 | 0.508  |
| 110       | 108.80              | 22.79         | 12.89                   | 12.89 | 12.84 | 12.873           | 0.001574                  | 248.63          | 34.07           | 53.6                                    | 0.0412          | 0.038 | 0.554  |
| 120       | 118.60              | 24.84         | 11.94                   | 11.97 | 11.94 | 11.950           | 0.001693                  | 245.30          | 34.53           | 53.4                                    | 0.0411          | 0.041 | 0.597  |
| 130       | 128.63              | 26.94         | 11.02                   | 11.04 | 11.02 | 11.027           | 0.001834                  | 245.09          | 34.56           | 53.2                                    | 0.0410          | 0.045 | 0.648  |
| 140       | 138.92              | 29.10         | 10.29                   | 10.26 | 10.24 | 10.263           | 0.001974                  | 244.20          | 34.69           | 52.6                                    | 0.0408          | 0.048 | 0.701  |
| 150       | 149.10              | 31.23         | 9.44                    | 9.46  | 9.46  | 9.453            | 0.002144                  | 247.16          | 34.27           | 52.2                                    | 0.0406          | 0.053 | 0.765  |
| 160       | 159.37              | 33.38         | 8.69                    | 8.68  | 8.67  | 8.680            | 0.002337                  | 252.06          | 33.61           | 51.8                                    | 0.0405          | 0.058 | 0.837  |
| 161       | 160.61              | 33.64         | 8.61                    | 8.63  | 8.62  | 8.620            | 0.002356                  | 252.16          | 33.59           | 51.8                                    | 0.0405          | 0.058 | 0.844  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 397             | 96          | 88            | 86           | 28.5       | 26.3       | 140             | 4.2                                  | 15             | 31              | 49                          | 52           | 93.7                                 | 764.9                |
| 20        | 394             | 97          | 89            | 86           | 29.0       | 26.6       | 152             | 4.3                                  | 15             | 33              | 52                          | 57           | 92.7                                 | 765.0                |
| 30        | 390             | 97          | 89            | 86           | 29.0       | 26.5       | 185             | 4.6                                  | 16             | 34              | 53                          | 58           | 92.3                                 | 765.0                |
| 40        | 389             | 98          | 89            | 86           | 29.2       | 26.4       | 209             | 5.0                                  | 16             | 35              | 53                          | 58           | 92.1                                 | 765.0                |
| 50        | 388             | 98          | 89            | 85           | 29.2       | 26.8       | 232             | 5.5                                  | 16             | 35              | 53                          | 58           | 92.1                                 | 765.1                |
| 60        | 385             | 99          | 88            | 84           | 29.0       | 26.6       | 256             | 6.4                                  | 17             | 35              | 54                          | 58           | 92.1                                 | 765.1                |
| 70        | 383             | 99          | 88            | 84           | 29.2       | 26.6       | 280             | 7.2                                  | 17             | 35              | 54                          | 58           | 93.9                                 | 765.0                |
| 80        | 382             | 100         | 88            | 84           | 29.6       | 26.6       | 304             | 7.9                                  | 17             | 35              | 54                          | 58           | 91.5                                 | 765.0                |
| 90        | 380             | 100         | 89            | 85           | 29.8       | 26.9       | 323             | 7.9                                  | 18             | 35              | 54                          | 58           | 91.1                                 | 764.9                |
| 100       | 378             | 101         | 88            | 84           | 29.9       | 26.9       | 347             | 7.7                                  | 18             | 36              | 55                          | 58           | 90.9                                 | 764.8                |
| 110       | 376             | 102         | 89            | 85           | 29.9       | 27.0       | 378             | 7.6                                  | 19             | 36              | 55                          | 58           | 90.5                                 | 764.8                |
| 120       | 375             | 102         | 89            | 84           | 29.7       | 26.9       | 405             | 7.7                                  | 19             | 36              | 55                          | 58           | 90.1                                 | 764.8                |
| 130       | 372             | 103         | 88            | 83           | 30.0       | 27.0       | 442             | 7.9                                  | 20             | 36              | 55                          | 58           | 89.9                                 | 764.8                |
| 140       | 369             | 104         | 89            | 82           | 30.7       | 27.2       | 486             | 8.1                                  | 20             | 35              | 54                          | 57           | 89.3                                 | 764.7                |
| 150       | 367             | 105         | 89            | 82           | 31.1       | 27.5       | 534             | 8.4                                  | 21             | 35              | 54                          | 57           | 88.9                                 | 764.6                |
| 160       | 364             | 105         | 89            | 81           | 31.6       | 27.8       | 594             | 9.7                                  | 44             | 36              | 55                          | 57           | 88.3                                 | 764.5                |
| 161       | 363             | 106         | 89            | 82           | 32.0       | 28.2       | 605             | 9.9                                  | 50             | 37              | 55                          | 56           | 88.1                                 | 764.5                |

ตารางที่ ค-6 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2250 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 10.06               | 2.37          | 33.13                   | 33.21 | 33.19 | 33.177           | 0.000633                  | 961.43          | 8.81            | 73.3                                    | 0.0481          | 0.013 | 0.191  |
| 20        | 19.84               | 4.67          | 28.13                   | 28.26 | 28.27 | 28.220           | 0.000732                  | 563.59          | 15.03           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.015 | 0.220  |
| 30        | 29.76               | 7.01          | 24.6                    | 24.63 | 24.7  | 24.643           | 0.000835                  | 428.59          | 19.76           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.017 | 0.251  |
| 40        | 39.71               | 9.36          | 21.61                   | 21.61 | 21.67 | 21.630           | 0.000949                  | 364.97          | 23.21           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.020 | 0.286  |
| 50        | 49.64               | 11.70         | 19.25                   | 19.26 | 19.3  | 19.270           | 0.001062                  | 326.89          | 25.91           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.022 | 0.320  |
| 60        | 59.59               | 14.04         | 17.4                    | 17.31 | 17.37 | 17.360           | 0.001177                  | 301.73          | 28.07           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.024 | 0.354  |
| 70        | 69.59               | 16.40         | 15.74                   | 15.71 | 15.71 | 15.720           | 0.001298                  | 285.05          | 29.72           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.027 | 0.391  |
| 80        | 79.62               | 18.76         | 14.32                   | 14.31 | 14.41 | 14.347           | 0.001422                  | 272.84          | 31.05           | 73.3                                    | 0.0481          | 0.030 | 0.428  |
| 90        | 89.59               | 21.11         | 13.06                   | 13.06 | 13.06 | 13.060           | 0.001560                  | 266.03          | 31.84           | 73.1                                    | 0.0481          | 0.032 | 0.470  |
| 100       | 99.62               | 23.47         | 12.02                   | 12.02 | 12    | 12.013           | 0.001695                  | 259.96          | 32.58           | 73.0                                    | 0.0480          | 0.035 | 0.511  |
| 110       | 109.60              | 25.82         | 11.17                   | 11.19 | 11.2  | 11.187           | 0.001819                  | 253.55          | 33.41           | 72.5                                    | 0.0479          | 0.038 | 0.551  |
| 120       | 119.77              | 28.22         | 10.45                   | 10.47 | 10.47 | 10.463           | 0.001946                  | 248.23          | 34.12           | 72.1                                    | 0.0477          | 0.041 | 0.591  |
| 130       | 129.93              | 30.61         | 9.7                     | 9.72  | 9.71  | 9.710            | 0.002097                  | 246.65          | 34.34           | 71.7                                    | 0.0476          | 0.044 | 0.638  |
| 140       | 139.53              | 32.88         | 9.08                    | 9.05  | 9.06  | 9.063            | 0.002240                  | 245.31          | 34.53           | 71.3                                    | 0.0475          | 0.047 | 0.684  |
| 150       | 150.59              | 35.48         | 8.35                    | 8.34  | 8.38  | 8.357            | 0.002443                  | 247.84          | 34.18           | 70.6                                    | 0.0472          | 0.052 | 0.749  |
| 160       | 160.84              | 37.90         | 7.74                    | 7.75  | 7.74  | 7.743            | 0.002637                  | 250.54          | 33.81           | 70.0                                    | 0.0470          | 0.056 | 0.812  |
| 168       | 168.71              | 39.75         | 7.13                    | 7.16  | 7.16  | 7.150            | 0.002852                  | 258.28          | 32.80           | 69.7                                    | 0.0469          | 0.061 | 0.880  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 450             | 97          | 89            | 86           | 29.8       | 26.5       | 149             | 5.5                                  | 17             | 33              | 52                          | 57           | 117.9                                | 753.4                |
| 20        | 448             | 98          | 88            | 87           | 30.0       | 26.6       | 170             | 5.7                                  | 17             | 33              | 50                          | 59           | 117.9                                | 763.2                |
| 30        | 446             | 98          | 89            | 86           | 30.0       | 26.7       | 192             | 6.0                                  | 18             | 33              | 51                          | 60           | 117.7                                | 763.2                |
| 40        | 446             | 99          | 89            | 85           | 30.2       | 26.7       | 216             | 6.2                                  | 18             | 35              | 53                          | 61           | 117.7                                | 763.1                |
| 50        | 443             | 99          | 89            | 85           | 30.2       | 26.7       | 240             | 6.8                                  | 19             | 35              | 53                          | 62           | 117.7                                | 763.1                |
| 60        | 442             | 100         | 89            | 85           | 30.3       | 26.7       | 268             | 7.3                                  | 19             | 35              | 53                          | 61           | 117.7                                | 763.1                |
| 70        | 440             | 100         | 89            | 85           | 30.5       | 26.8       | 295             | 7.7                                  | 19             | 34              | 52                          | 61           | 117.7                                | 763.0                |
| 80        | 436             | 101         | 89            | 85           | 30.8       | 27.0       | 326             | 8.1                                  | 20             | 35              | 53                          | 61           | 117.7                                | 763.0                |
| 90        | 435             | 101         | 88            | 84           | 30.8       | 27.0       | 356             | 8.3                                  | 20             | 35              | 54                          | 61           | 117.3                                | 762.9                |
| 100       | 433             | 102         | 89            | 85           | 31.0       | 27.2       | 385             | 8.7                                  | 21             | 36              | 54                          | 61           | 117.1                                | 762.9                |
| 110       | 430             | 103         | 89            | 84           | 31.0       | 27.2       | 409             | 8.9                                  | 21             | 36              | 55                          | 61           | 116.7                                | 762.8                |
| 120       | 428             | 103         | 88            | 84           | 31.4       | 27.3       | 432             | 9.2                                  | 21             | 36              | 54                          | 60           | 116.1                                | 762.7                |
| 130       | 425             | 104         | 88            | 83           | 31.8       | 27.4       | 471             | 9.6                                  | 22             | 37              | 55                          | 59           | 116.0                                | 762.8                |
| 140       | 423             | 105         | 89            | 82           | 31.0       | 27.6       | 510             | 10.9                                 | 22             | 36              | 54                          | 59           | 114.9                                | 762.6                |
| 150       | 419             | 106         | 88            | 83           | 32.8       | 28.2       | 562             | 12.5                                 | 23             | 38              | 57                          | 59           | 114.1                                | 762.4                |
| 160       | 418             | 106         | 89            | 81           | 33.1       | 28.2       | 615             | 14.2                                 | 23             | 39              | 58                          | 58           | 113.5                                | 762.3                |
| 168       | 415             | 107         | 88            | 81           | 32.8       | 28.2       | 674             | 15.8                                 | 50             | 38              | 57                          | 58           | 112.9                                | 762.2                |

ตารางที่ ค-7 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.84                | 2.58          | 29.51                   | 29.52 | 29.56 | 29.530           | 0.000696                  | 972.22          | 8.71            | 86.8                                    | 0.0524          | 0.013 | 0.192  |
| 20        | 19.73               | 5.17          | 25.05                   | 24.99 | 25.04 | 25.027           | 0.000819                  | 570.49          | 14.85           | 87.4                                    | 0.0526          | 0.016 | 0.226  |
| 30        | 29.65               | 7.76          | 21.95                   | 21.98 | 22    | 21.977           | 0.000931                  | 431.55          | 19.63           | 88.0                                    | 0.0527          | 0.018 | 0.256  |
| 40        | 39.57               | 10.36         | 19.45                   | 19.44 | 19.45 | 19.447           | 0.001049                  | 364.70          | 23.23           | 88.6                                    | 0.0529          | 0.020 | 0.287  |
| 50        | 49.52               | 12.96         | 17.38                   | 17.34 | 17.37 | 17.363           | 0.001174                  | 325.96          | 25.99           | 88.3                                    | 0.0528          | 0.022 | 0.322  |
| 60        | 59.53               | 15.58         | 15.81                   | 15.78 | 15.77 | 15.787           | 0.001291                  | 298.16          | 28.41           | 87.8                                    | 0.0527          | 0.024 | 0.355  |
| 70        | 69.42               | 18.17         | 14.29                   | 14.29 | 14.29 | 14.290           | 0.001423                  | 281.89          | 30.05           | 88.5                                    | 0.0529          | 0.027 | 0.390  |
| 80        | 79.33               | 20.77         | 12.96                   | 12.95 | 12.97 | 12.960           | 0.001567                  | 271.58          | 31.19           | 88.7                                    | 0.0530          | 0.030 | 0.429  |
| 90        | 89.24               | 23.36         | 11.87                   | 11.87 | 11.88 | 11.873           | 0.001708                  | 263.18          | 32.19           | 87.5                                    | 0.0526          | 0.032 | 0.471  |
| 100       | 99.54               | 26.06         | 10.85                   | 10.94 | 10.95 | 10.913           | 0.001862                  | 257.27          | 32.93           | 88.3                                    | 0.0528          | 0.035 | 0.511  |
| 110       | 109.52              | 28.67         | 10.22                   | 10.21 | 10.22 | 10.217           | 0.001988                  | 249.63          | 33.93           | 87.1                                    | 0.0525          | 0.038 | 0.549  |
| 120       | 119.39              | 31.26         | 9.48                    | 9.48  | 9.49  | 9.483            | 0.002139                  | 246.35          | 34.38           | 87.2                                    | 0.0525          | 0.041 | 0.590  |
| 130       | 129.71              | 33.96         | 8.81                    | 8.82  | 8.83  | 8.820            | 0.002304                  | 244.21          | 34.69           | 86.8                                    | 0.0524          | 0.044 | 0.637  |
| 140       | 139.79              | 36.60         | 8.17                    | 8.17  | 8.17  | 8.170            | 0.002487                  | 244.61          | 34.63           | 86.6                                    | 0.0523          | 0.048 | 0.689  |
| 150       | 149.78              | 39.21         | 7.59                    | 7.58  | 7.58  | 7.583            | 0.002677                  | 245.80          | 34.46           | 86.0                                    | 0.0521          | 0.051 | 0.744  |
| 160       | 159.76              | 41.83         | 6.94                    | 6.94  | 6.94  | 6.940            | 0.002923                  | 251.62          | 33.66           | 85.5                                    | 0.0520          | 0.056 | 0.815  |
| 163       | 162.97              | 42.67         | 6.71                    | 6.71  | 6.71  | 6.710            | 0.003026                  | 255.34          | 33.17           | 84.4                                    | 0.0517          | 0.059 | 0.849  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 478             | 99          | 89            | 85           | 27.6       | 26.2       | 168             | 7.0                                  | 20             | 32              | 50                          | 60           | 126.5                                | 762.5                |
| 20        | 477             | 99          | 88            | 86           | 28.2       | 26.2       | 190             | 7.3                                  | 20             | 33              | 51                          | 60           | 126.6                                | 762.1                |
| 30        | 476             | 100         | 88            | 86           | 28.6       | 26.2       | 212             | 7.6                                  | 20             | 32              | 48                          | 60           | 126.0                                | 762.0                |
| 40        | 476             | 100         | 88            | 86           | 28.8       | 26.5       | 235             | 8.0                                  | 21             | 34              | 51                          | 61           | 127.0                                | 761.9                |
| 50        | 474             | 100         | 89            | 85           | 29.1       | 26.3       | 262             | 8.5                                  | 21             | 33              | 50                          | 60           | 127.0                                | 761.9                |
| 60        | 473             | 101         | 88            | 86           | 29.5       | 26.6       | 289             | 9.1                                  | 22             | 35              | 52                          | 60           | 127.0                                | 761.8                |
| 70        | 472             | 101         | 89            | 85           | 29.4       | 26.6       | 317             | 9.7                                  | 22             | 35              | 53                          | 60           | 127.0                                | 761.8                |
| 80        | 471             | 102         | 88            | 84           | 29.4       | 26.8       | 347             | 10.4                                 | 22             | 35              | 53                          | 60           | 127.4                                | 761.9                |
| 90        | 470             | 102         | 88            | 84           | 29.4       | 26.7       | 378             | 11.0                                 | 23             | 36              | 53                          | 59           | 127.4                                | 761.9                |
| 100       | 469             | 103         | 88            | 84           | 30.4       | 26.8       | 414             | 11.8                                 | 23             | 35              | 52                          | 59           | 127.4                                | 761.9                |
| 110       | 467             | 104         | 88            | 83           | 30.5       | 27.1       | 437             | 12.2                                 | 23             | 37              | 54                          | 60           | 126.8                                | 762.0                |
| 120       | 467             | 105         | 88            | 84           | 30.3       | 27.0       | 463             | 12.6                                 | 24             | 37              | 55                          | 60           | 126.2                                | 762.0                |
| 130       | 466             | 106         | 88            | 83           | 31.0       | 27.5       | 499             | 13.1                                 | 24             | 36              | 53                          | 59           | 126.3                                | 761.9                |
| 140       | 464             | 106         | 88            | 82           | 31.2       | 27.6       | 541             | 13.8                                 | 25             | 37              | 55                          | 59           | 125.9                                | 761.9                |
| 150       | 463             | 107         | 88            | 82           | 31.2       | 27.4       | 589             | 14.6                                 | 25             | 38              | 56                          | 59           | 124.0                                | 761.9                |
| 160       | 462             | 107         | 88            | 82           | 31.2       | 27.5       | 651             | 15.6                                 | 28             | 38              | 57                          | 58           | 124.2                                | 761.9                |
| 163       | 461             | 108         | 88            | 81           | 31.5       | 27.6       | 677             | 15.9                                 | 49             | 39              | 57                          | 58           | 123.8                                | 761.8                |

ตารางที่ ค-8 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 2750 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.87                | 2.84          | 25.45                   | 25.47 | 25.46 | 25.460           | 0.000806                  | 1019.98         | 8.30            | 97.1                                    | 0.0554          | 0.015 | 0.211  |
| 20        | 19.77               | 5.69          | 22.03                   | 21.95 | 21.82 | 21.933           | 0.000932                  | 589.61          | 14.37           | 97.5                                    | 0.0555          | 0.017 | 0.243  |
| 30        | 29.68               | 8.55          | 19.26                   | 19.29 | 19.27 | 19.273           | 0.001059                  | 445.95          | 18.99           | 98.1                                    | 0.0557          | 0.019 | 0.275  |
| 40        | 39.59               | 11.40         | 17.05                   | 17.1  | 17.13 | 17.093           | 0.001191                  | 376.19          | 22.52           | 98.5                                    | 0.0558          | 0.021 | 0.309  |
| 50        | 49.51               | 14.26         | 15.39                   | 15.34 | 15.39 | 15.373           | 0.001323                  | 333.97          | 25.36           | 98.8                                    | 0.0559          | 0.024 | 0.343  |
| 60        | 59.48               | 17.13         | 13.84                   | 13.78 | 13.82 | 13.813           | 0.001471                  | 309.15          | 27.40           | 99.1                                    | 0.0560          | 0.026 | 0.381  |
| 70        | 69.45               | 20.00         | 12.59                   | 12.6  | 12.54 | 12.577           | 0.001614                  | 290.61          | 29.15           | 99.3                                    | 0.0560          | 0.029 | 0.418  |
| 80        | 79.80               | 22.98         | 11.56                   | 11.56 | 11.54 | 11.553           | 0.001763                  | 276.26          | 30.66           | 99.5                                    | 0.0561          | 0.031 | 0.456  |
| 90        | 89.49               | 25.77         | 10.45                   | 10.5  | 10.48 | 10.477           | 0.001937                  | 270.61          | 31.30           | 99.5                                    | 0.0561          | 0.035 | 0.501  |
| 100       | 99.51               | 28.66         | 9.67                    | 9.67  | 9.64  | 9.660            | 0.002101                  | 263.87          | 32.10           | 99.5                                    | 0.0561          | 0.037 | 0.543  |
| 110       | 109.72              | 31.60         | 8.96                    | 8.98  | 8.98  | 8.973            | 0.002264                  | 257.95          | 32.84           | 99.1                                    | 0.0560          | 0.040 | 0.586  |
| 120       | 119.80              | 34.50         | 8.35                    | 8.33  | 8.34  | 8.340            | 0.002436                  | 254.20          | 33.32           | 98.8                                    | 0.0559          | 0.044 | 0.632  |
| 130       | 129.84              | 37.39         | 7.75                    | 7.77  | 7.74  | 7.753            | 0.002620                  | 252.22          | 33.58           | 98.5                                    | 0.0558          | 0.047 | 0.680  |
| 140       | 139.77              | 40.25         | 7.13                    | 7.13  | 7.12  | 7.127            | 0.002847                  | 254.64          | 33.27           | 98.3                                    | 0.0558          | 0.051 | 0.740  |
| 150       | 149.32              | 43.00         | 6.55                    | 6.55  | 6.55  | 6.550            | 0.003088                  | 258.54          | 32.76           | 98.0                                    | 0.0557          | 0.055 | 0.804  |
| 156       | 156.25              | 45.00         | 6.19                    | 6.19  | 6.19  | 6.190            | 0.003283                  | 262.70          | 32.24           | 97.6                                    | 0.0556          | 0.059 | 0.857  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 489             | 100         | 88            | 87           | 29.3       | 26.2       | 179             | 8.2                                  | 22             | 31              | 46                          | 58           | 136.0                                | 764.5                |
| 20        | 488             | 101         | 88            | 86           | 29.5       | 26.4       | 206             | 8.6                                  | 23             | 34              | 49                          | 63           | 136.5                                | 764.3                |
| 30        | 488             | 101         | 89            | 85           | 29.7       | 26.4       | 229             | 9.0                                  | 23             | 34              | 50                          | 63           | 137.1                                | 764.2                |
| 40        | 488             | 102         | 88            | 86           | 29.8       | 26.4       | 254             | 9.4                                  | 24             | 34              | 51                          | 63           | 137.7                                | 764.1                |
| 50        | 487             | 102         | 88            | 86           | 29.9       | 26.5       | 280             | 10.1                                 | 24             | 35              | 52                          | 64           | 137.7                                | 764.1                |
| 60        | 486             | 103         | 89            | 85           | 30.2       | 26.6       | 310             | 10.8                                 | 24             | 36              | 52                          | 63           | 138.1                                | 764.1                |
| 70        | 485             | 103         | 89            | 85           | 30.4       | 26.8       | 340             | 11.4                                 | 25             | 36              | 53                          | 64           | 138.5                                | 764.1                |
| 80        | 484             | 104         | 88            | 84           | 31.8       | 27.0       | 371             | 12.1                                 | 25             | 36              | 53                          | 63           | 138.5                                | 764.1                |
| 90        | 483             | 104         | 88            | 83           | 31.0       | 27.4       | 403             | 13.0                                 | 25             | 37              | 54                          | 63           | 138.5                                | 764.1                |
| 100       | 483             | 105         | 88            | 84           | 31.2       | 27.3       | 433             | 13.7                                 | 26             | 38              | 54                          | 63           | 138.5                                | 764.1                |
| 110       | 481             | 106         | 88            | 83           | 31.8       | 27.7       | 464             | 14.5                                 | 26             | 38              | 55                          | 63           | 136.7                                | 764.1                |
| 120       | 480             | 106         | 89            | 82           | 32.0       | 27.8       | 493             | 15.1                                 | 26             | 38              | 55                          | 63           | 136.9                                | 764.0                |
| 130       | 479             | 107         | 88            | 83           | 32.1       | 27.9       | 532             | 15.9                                 | 27             | 39              | 56                          | 62           | 136.9                                | 764.0                |
| 140       | 479             | 108         | 89            | 82           | 32.0       | 27.8       | 582             | 16.8                                 | 28             | 39              | 56                          | 62           | 136.5                                | 764.0                |
| 150       | 478             | 109         | 89            | 82           | 31.2       | 28.0       | 648             | 18.0                                 | 29             | 39              | 56                          | 61           | 136.1                                | 763.9                |
| 156       | 477             | 109         | 89            | 81           | 32.8       | 28.1       | 687             | 18.6                                 | 50             | 39              | 56                          | 61           | 135.5                                | 763.9                |

ตารางที่ ค-9 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3030 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.91                | 3.15          | 22.23                   | 22.06 | 22.22 | 22.170           | 0.000925                  | 1058.53         | 8.00            | 112.9                                   | 0.0597          | 0.015 | 0.224  |
| 20        | 19.84               | 6.30          | 19.23                   | 19.25 | 19.21 | 19.230           | 0.001063                  | 608.18          | 13.93           | 113.5                                   | 0.0599          | 0.018 | 0.257  |
| 30        | 29.78               | 9.45          | 16.87                   | 16.87 | 16.88 | 16.873           | 0.001210                  | 460.83          | 18.38           | 113.9                                   | 0.0600          | 0.020 | 0.292  |
| 40        | 39.75               | 12.61         | 15.04                   | 15.01 | 15.04 | 15.030           | 0.001356                  | 387.17          | 21.88           | 114.4                                   | 0.0601          | 0.023 | 0.327  |
| 50        | 49.70               | 15.77         | 13.42                   | 13.44 | 13.45 | 13.437           | 0.001515                  | 345.84          | 24.49           | 114.8                                   | 0.0602          | 0.025 | 0.364  |
| 60        | 59.66               | 18.93         | 12.19                   | 12.17 | 12.19 | 12.183           | 0.001669                  | 317.39          | 26.69           | 115.0                                   | 0.0603          | 0.028 | 0.401  |
| 70        | 69.67               | 22.11         | 10.97                   | 10.96 | 10.97 | 10.967           | 0.001853                  | 301.79          | 28.07           | 115.2                                   | 0.0604          | 0.031 | 0.445  |
| 80        | 79.68               | 25.28         | 10.02                   | 10    | 10.03 | 10.017           | 0.002028                  | 288.77          | 29.33           | 115.6                                   | 0.0605          | 0.034 | 0.486  |
| 90        | 89.87               | 28.51         | 9.2                     | 9.24  | 9.2   | 9.213            | 0.002208                  | 278.71          | 30.39           | 115.6                                   | 0.0605          | 0.037 | 0.529  |
| 100       | 99.70               | 31.63         | 8.47                    | 8.52  | 8.47  | 8.487            | 0.002392                  | 272.17          | 31.12           | 115.6                                   | 0.0605          | 0.040 | 0.573  |
| 110       | 110.28              | 34.99         | 7.97                    | 7.93  | 7.92  | 7.940            | 0.002567                  | 264.07          | 32.08           | 115.4                                   | 0.0604          | 0.042 | 0.616  |
| 120       | 120.40              | 38.20         | 7.4                     | 7.36  | 7.37  | 7.377            | 0.002763                  | 260.36          | 32.53           | 115.3                                   | 0.0604          | 0.046 | 0.663  |
| 130       | 130.60              | 41.44         | 6.85                    | 6.85  | 6.82  | 6.840            | 0.002981                  | 258.98          | 32.71           | 115.0                                   | 0.0603          | 0.049 | 0.716  |
| 140       | 140.75              | 44.66         | 6.24                    | 6.23  | 6.23  | 6.233            | 0.003271                  | 263.68          | 32.12           | 114.8                                   | 0.0602          | 0.054 | 0.787  |
| 150       | 151.10              | 47.94         | 5.64                    | 5.63  | 5.63  | 5.633            | 0.003623                  | 272.06          | 31.14           | 114.2                                   | 0.0601          | 0.060 | 0.874  |
| 151       | 152.22              | 48.30         | 5.61                    | 5.59  | 5.59  | 5.597            | 0.003649                  | 271.98          | 31.14           | 114.0                                   | 0.0600          | 0.061 | 0.881  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 500             | 102         | 88            | 86           | 30.2       | 27.3       | 194             | 11.0                                 | 26             | 36              | 52                          | 67           | 158.8                                | 764.0                |
| 20        | 500             | 103         | 89            | 85           | 30.3       | 27.0       | 220             | 11.1                                 | 26             | 37              | 53                          | 69           | 161.4                                | 763.9                |
| 30        | 499             | 103         | 88            | 84           | 30.5       | 27.0       | 244             | 11.1                                 | 26             | 36              | 52                          | 69           | 162.0                                | 763.9                |
| 40        | 498             | 104         | 88            | 86           | 30.7       | 27.2       | 272             | 11.6                                 | 27             | 35              | 50                          | 68           | 162.6                                | 763.8                |
| 50        | 498             | 104         | 88            | 86           | 30.8       | 27.2       | 298             | 12.3                                 | 27             | 35              | 50                          | 68           | 163.6                                | 763.8                |
| 60        | 497             | 105         | 89            | 85           | 30.8       | 27.2       | 328             | 13.8                                 | 27             | 35              | 50                          | 67           | 163.8                                | 763.6                |
| 70        | 497             | 105         | 89            | 85           | 31.0       | 27.3       | 361             | 14.5                                 | 28             | 36              | 51                          | 67           | 164.0                                | 763.5                |
| 80        | 496             | 106         | 88            | 85           | 31.2       | 27.6       | 396             | 15.2                                 | 28             | 37              | 53                          | 66           | 164.2                                | 763.5                |
| 90        | 495             | 106         | 89            | 85           | 31.8       | 28.0       | 433             | 16.0                                 | 28             | 38              | 54                          | 65           | 164.0                                | 763.4                |
| 100       | 494             | 107         | 89            | 84           | 31.4       | 28.2       | 467             | 17.1                                 | 29             | 37              | 52                          | 65           | 163.8                                | 763.4                |
| 110       | 493             | 108         | 89            | 84           | 32.8       | 28.5       | 490             | 17.5                                 | 29             | 38              | 54                          | 65           | 163.0                                | 763.3                |
| 120       | 492             | 109         | 89            | 84           | 33.0       | 28.5       | 526             | 18.2                                 | 30             | 39              | 54                          | 65           | 162.8                                | 763.3                |
| 130       | 491             | 109         | 88            | 83           | 33.3       | 28.7       | 571             | 19.3                                 | 30             | 39              | 55                          | 64           | 162.4                                | 763.2                |
| 140       | 490             | 110         | 89            | 82           | 33.5       | 28.8       | 633             | 20.6                                 | 30             | 40              | 56                          | 64           | 162.2                                | 763.2                |
| 150       | 489             | 111         | 88            | 82           | 34.0       | 29.2       | 721             | 22.6                                 | 44             | 40              | 55                          | 63           | 161.6                                | 763.2                |
| 151       | 489             | 111         | 88            | 82           | 34.2       | 29.2       | 727             | 22.7                                 | 50             | 40              | 55                          | 63           | 161.0                                | 763.2                |

ตารางที่ ค-10 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3250 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.94                | 3.38          | 19.85                   | 19.87 | 19.86 | 19.860           | 0.001033                  | 1098.34         | 7.71            | 131.9                                   | 0.0646          | 0.016 | 0.232  |
| 20        | 19.87               | 6.76          | 17.17                   | 17.17 | 17.17 | 17.170           | 0.001190                  | 633.45          | 13.37           | 132.7                                   | 0.0648          | 0.018 | 0.266  |
| 30        | 29.81               | 10.15         | 15.3                    | 15.35 | 15.35 | 15.333           | 0.001330                  | 471.91          | 17.95           | 133.1                                   | 0.0649          | 0.021 | 0.297  |
| 40        | 39.79               | 13.54         | 13.72                   | 13.74 | 13.74 | 13.733           | 0.001484                  | 394.41          | 21.48           | 133.6                                   | 0.0650          | 0.023 | 0.331  |
| 50        | 49.78               | 16.94         | 12.29                   | 12.31 | 12.32 | 12.307           | 0.001654                  | 351.52          | 24.10           | 133.8                                   | 0.0650          | 0.025 | 0.369  |
| 60        | 59.74               | 20.33         | 11.08                   | 11.1  | 11.09 | 11.090           | 0.001833                  | 324.62          | 26.09           | 134.3                                   | 0.0652          | 0.028 | 0.408  |
| 70        | 69.72               | 23.73         | 10.08                   | 10.1  | 10.08 | 10.087           | 0.002014                  | 305.57          | 27.72           | 134.7                                   | 0.0653          | 0.031 | 0.447  |
| 80        | 79.68               | 27.12         | 9.1                     | 9.14  | 9.13  | 9.123            | 0.002225                  | 295.29          | 28.69           | 135.1                                   | 0.0654          | 0.034 | 0.493  |
| 90        | 89.66               | 30.51         | 8.47                    | 8.49  | 8.45  | 8.470            | 0.002395                  | 282.52          | 29.98           | 135.5                                   | 0.0655          | 0.037 | 0.530  |
| 100       | 99.75               | 33.95         | 7.8                     | 7.79  | 7.81  | 7.800            | 0.002601                  | 275.85          | 30.71           | 135.5                                   | 0.0655          | 0.040 | 0.576  |
| 110       | 110.00              | 37.44         | 7.32                    | 7.32  | 7.31  | 7.317            | 0.002778                  | 267.09          | 31.71           | 135.3                                   | 0.0654          | 0.042 | 0.615  |
| 120       | 119.97              | 40.83         | 6.76                    | 6.78  | 6.75  | 6.763            | 0.003002                  | 264.72          | 32.00           | 135.1                                   | 0.0654          | 0.046 | 0.666  |
| 130       | 130.09              | 44.27         | 6.32                    | 6.32  | 6.3   | 6.313            | 0.003217                  | 261.60          | 32.38           | 134.9                                   | 0.0653          | 0.049 | 0.714  |
| 140       | 140.04              | 47.66         | 5.77                    | 5.76  | 5.77  | 5.767            | 0.003519                  | 265.80          | 31.87           | 134.5                                   | 0.0652          | 0.054 | 0.782  |
| 150       | 150.22              | 51.12         | 5.26                    | 5.25  | 5.24  | 5.250            | 0.003867                  | 272.29          | 31.11           | 134.0                                   | 0.0651          | 0.059 | 0.861  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 510             | 103         | 89            | 85           | 30.7       | 27.0       | 203             | 11.9                                 | 28             | 35              | 50                          | 69           | 195.0                                | 763.3                |
| 20        | 509             | 104         | 89            | 85           | 30.4       | 26.9       | 228             | 12.7                                 | 28             | 35              | 51                          | 71           | 195.8                                | 763.2                |
| 30        | 509             | 104         | 88            | 86           | 30.5       | 26.7       | 250             | 14.0                                 | 29             | 35              | 51                          | 71           | 196.0                                | 763.2                |
| 40        | 508             | 104         | 89            | 85           | 30.7       | 26.8       | 277             | 15.1                                 | 29             | 35              | 51                          | 71           | 196.0                                | 763.1                |
| 50        | 508             | 105         | 89            | 85           | 30.9       | 26.9       | 305             | 16.2                                 | 29             | 36              | 51                          | 70           | 196.0                                | 763.1                |
| 60        | 507             | 105         | 89            | 85           | 30.9       | 26.9       | 342             | 17.0                                 | 30             | 36              | 52                          | 70           | 196.6                                | 763.0                |
| 70        | 507             | 106         | 89            | 84           | 31.0       | 27.0       | 372             | 17.5                                 | 30             | 36              | 51                          | 69           | 197.0                                | 763.0                |
| 80        | 506             | 106         | 89            | 84           | 31.0       | 27.0       | 407             | 18.5                                 | 30             | 36              | 52                          | 68           | 197.0                                | 763.0                |
| 90        | 505             | 107         | 89            | 84           | 31.0       | 27.2       | 447             | 18.9                                 | 31             | 37              | 52                          | 67           | 197.0                                | 762.9                |
| 100       | 503             | 108         | 89            | 84           | 31.3       | 27.3       | 483             | 19.9                                 | 31             | 37              | 53                          | 66           | 196.6                                | 762.8                |
| 110       | 503             | 108         | 89            | 84           | 31.9       | 27.3       | 506             | 20.6                                 | 31             | 38              | 53                          | 66           | 196.0                                | 762.7                |
| 120       | 501             | 109         | 89            | 82           | 31.8       | 27.6       | 537             | 21.3                                 | 32             | 38              | 53                          | 66           | 195.2                                | 762.6                |
| 130       | 500             | 110         | 89            | 83           | 32.0       | 27.6       | 588             | 22.8                                 | 32             | 38              | 53                          | 65           | 194.6                                | 762.5                |
| 140       | 499             | 110         | 89            | 82           | 31.9       | 27.6       | 648             | 23.7                                 | 32             | 38              | 54                          | 65           | 194.0                                | 762.5                |
| 150       | 498             | 111         | 89            | 82           | 32.2       | 27.7       | 729             | 25.8                                 | 49             | 38              | 54                          | 64           | 193.0                                | 762.5                |



ตารางที่ ค-11 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.97                | 3.66          | 17.53                   | 17.58 | 17.57 | 17.560           | 0.001168                  | 1150.02         | 7.37            | 154.0                                   | 0.0698          | 0.017 | 0.243  |
| 20        | 19.98               | 7.32          | 15.34                   | 15.3  | 15.36 | 15.333           | 0.001336                  | 656.73          | 12.90           | 154.8                                   | 0.0700          | 0.019 | 0.277  |
| 30        | 29.97               | 10.99         | 13.62                   | 13.59 | 13.61 | 13.607           | 0.001503                  | 492.45          | 17.20           | 155.8                                   | 0.0702          | 0.021 | 0.310  |
| 40        | 40.00               | 14.66         | 12.21                   | 12.18 | 12.14 | 12.177           | 0.001678                  | 412.02          | 20.56           | 156.5                                   | 0.0703          | 0.024 | 0.346  |
| 50        | 50.00               | 18.32         | 10.97                   | 10.94 | 10.95 | 10.953           | 0.001863                  | 365.94          | 23.15           | 157.1                                   | 0.0705          | 0.026 | 0.383  |
| 60        | 60.04               | 22.01         | 9.97                    | 9.97  | 9.92  | 9.953            | 0.002049                  | 335.18          | 25.27           | 157.8                                   | 0.0706          | 0.029 | 0.420  |
| 70        | 70.06               | 25.68         | 9.08                    | 9.06  | 9.05  | 9.063            | 0.002248                  | 315.19          | 26.87           | 158.2                                   | 0.0707          | 0.032 | 0.461  |
| 80        | 80.07               | 29.35         | 8.35                    | 8.3   | 8.37  | 8.340            | 0.002441                  | 299.47          | 28.28           | 158.5                                   | 0.0708          | 0.034 | 0.500  |
| 90        | 90.21               | 33.07         | 7.59                    | 7.58  | 7.58  | 7.583            | 0.002686                  | 292.45          | 28.96           | 158.6                                   | 0.0708          | 0.038 | 0.550  |
| 100       | 100.31              | 36.77         | 6.99                    | 6.98  | 6.95  | 6.973            | 0.002921                  | 286.00          | 29.62           | 158.7                                   | 0.0708          | 0.041 | 0.598  |
| 110       | 110.43              | 40.48         | 6.42                    | 6.4   | 6.43  | 6.417            | 0.003174                  | 282.35          | 30.00           | 158.7                                   | 0.0708          | 0.045 | 0.649  |
| 120       | 120.47              | 44.15         | 6.05                    | 6.04  | 6.04  | 6.043            | 0.003369                  | 274.70          | 30.84           | 158.5                                   | 0.0708          | 0.048 | 0.690  |
| 130       | 130.73              | 47.92         | 5.67                    | 5.65  | 5.67  | 5.663            | 0.003599                  | 270.40          | 31.33           | 158.3                                   | 0.0707          | 0.051 | 0.737  |
| 140       | 140.89              | 51.64         | 5.2                     | 5.2   | 5.21  | 5.203            | 0.003918                  | 273.11          | 31.02           | 158.2                                   | 0.0707          | 0.055 | 0.803  |
| 147       | 148.17              | 54.31         | 4.86                    | 4.86  | 4.87  | 4.863            | 0.004195                  | 278.12          | 30.46           | 157.9                                   | 0.0707          | 0.059 | 0.861  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 517             | 105         | 88            | 85           | 31.0       | 27.4       | 216             | 13.8                                 | 31             | 154             | 52                          | 68           | 37.0                                 | 762.1                |
| 20        | 517             | 105         | 89            | 85           | 31.4       | 27.4       | 242             | 14.6                                 | 31             | 155             | 53                          | 72           | 37.0                                 | 762.0                |
| 30        | 516             | 105         | 88            | 84           | 31.4       | 27.4       | 269             | 15.9                                 | 31             | 156             | 53                          | 73           | 37.0                                 | 762.0                |
| 40        | 515             | 106         | 89            | 85           | 31.6       | 27.3       | 297             | 17.2                                 | 32             | 157             | 53                          | 73           | 38.0                                 | 762.0                |
| 50        | 514             | 106         | 89            | 84           | 31.6       | 27.4       | 325             | 18.7                                 | 32             | 157             | 53                          | 72           | 38.0                                 | 762.0                |
| 60        | 514             | 107         | 88            | 84           | 31.8       | 27.4       | 357             | 20.1                                 | 33             | 158             | 53                          | 72           | 38.0                                 | 762.0                |
| 70        | 513             | 108         | 88            | 83           | 31.8       | 27.4       | 395             | 21.1                                 | 33             | 158             | 53                          | 71           | 38.0                                 | 761.9                |
| 80        | 512             | 108         | 88            | 84           | 31.8       | 27.4       | 436             | 22.8                                 | 33             | 159             | 53                          | 71           | 38.0                                 | 761.9                |
| 90        | 511             | 109         | 89            | 84           | 32.2       | 27.8       | 469             | 24.7                                 | 33             | 159             | 53                          | 70           | 38.0                                 | 761.9                |
| 100       | 511             | 109         | 88            | 83           | 32.4       | 28.0       | 514             | 25.6                                 | 34             | 159             | 54                          | 69           | 38.0                                 | 761.9                |
| 110       | 510             | 110         | 88            | 82           | 32.6       | 28.4       | 561             | 26.5                                 | 34             | 159             | 54                          | 68           | 39.0                                 | 761.9                |
| 120       | 508             | 111         | 88            | 83           | 32.6       | 28.4       | 587             | 26.8                                 | 34             | 159             | 54                          | 68           | 39.0                                 | 761.9                |
| 130       | 508             | 112         | 89            | 82           | 33.0       | 28.2       | 623             | 27.5                                 | 35             | 158             | 55                          | 68           | 39.0                                 | 761.8                |
| 140       | 507             | 113         | 89            | 81           | 33.2       | 28.8       | 688             | 29.5                                 | 35             | 158             | 56                          | 67           | 40.0                                 | 761.8                |
| 147       | 506             | 113         | 89            | 81           | 33.6       | 28.8       | 741             | 30.7                                 | 50             | 158             | 56                          | 66           | 40.0                                 | 761.8                |

ตารางที่ ค-12 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 3750 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.91                | 3.89          | 16.08                   | 15.94 | 16.01 | 16.010           | 0.001272                  | 1176.58         | 7.20            | 156.6                                   | 0.0704          | 0.018 | 0.262  |
| 20        | 19.83               | 7.79          | 14.12                   | 14.09 | 14.14 | 14.117           | 0.001440                  | 665.72          | 12.72           | 158.2                                   | 0.0707          | 0.020 | 0.295  |
| 30        | 29.74               | 11.68         | 12.48                   | 15.53 | 12.51 | 13.507           | 0.001504                  | 463.55          | 18.27           | 158.9                                   | 0.0709          | 0.021 | 0.308  |
| 40        | 39.70               | 15.59         | 11.2                    | 11.21 | 11.19 | 11.200           | 0.001811                  | 418.14          | 20.26           | 160.9                                   | 0.0713          | 0.025 | 0.368  |
| 50        | 49.66               | 19.50         | 10.03                   | 10.05 | 10.04 | 10.040           | 0.002018                  | 372.64          | 22.73           | 162.0                                   | 0.0716          | 0.028 | 0.409  |
| 60        | 59.68               | 23.44         | 9.18                    | 9.15  | 9.18  | 9.170            | 0.002211                  | 339.58          | 24.94           | 162.8                                   | 0.0717          | 0.031 | 0.447  |
| 70        | 69.63               | 27.34         | 8.3                     | 8.34  | 8.32  | 8.320            | 0.002434                  | 320.51          | 26.43           | 163.5                                   | 0.0719          | 0.034 | 0.491  |
| 80        | 79.64               | 31.27         | 7.66                    | 7.65  | 7.64  | 7.650            | 0.002647                  | 304.75          | 27.80           | 164.5                                   | 0.0721          | 0.037 | 0.532  |
| 90        | 89.66               | 35.21         | 6.96                    | 6.96  | 6.96  | 6.960            | 0.002909                  | 297.48          | 28.47           | 164.8                                   | 0.0722          | 0.040 | 0.584  |
| 100       | 99.54               | 39.09         | 6.37                    | 6.38  | 6.34  | 6.363            | 0.003178                  | 292.68          | 28.94           | 164.8                                   | 0.0722          | 0.044 | 0.638  |
| 110       | 109.90              | 43.16         | 5.84                    | 5.82  | 5.82  | 5.827            | 0.003479                  | 290.24          | 29.18           | 164.8                                   | 0.0722          | 0.048 | 0.699  |
| 120       | 119.84              | 47.06         | 5.44                    | 5.47  | 5.47  | 5.460            | 0.003710                  | 283.82          | 29.84           | 164.8                                   | 0.0722          | 0.051 | 0.745  |
| 130       | 129.83              | 50.98         | 5.15                    | 5.13  | 5.14  | 5.140            | 0.003940                  | 278.20          | 30.45           | 164.4                                   | 0.0721          | 0.055 | 0.792  |
| 140       | 140.25              | 55.07         | 4.63                    | 4.63  | 4.63  | 4.630            | 0.004383                  | 286.49          | 29.57           | 164.3                                   | 0.0721          | 0.061 | 0.881  |
| 142       | 142.52              | 55.97         | 4.5                     | 4.5   | 4.5   | 4.500            | 0.004516                  | 290.49          | 29.16           | 164.2                                   | 0.0721          | 0.063 | 0.908  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 534             | 109         | 89            | 86           | 30.0       | 26.7       | 239             | 13.4                                 | 34             | 33              | 47                          | 69           | 244.5                                | 764.0                |
| 20        | 533             | 109         | 89            | 85           | 30.2       | 26.9       | 263             | 15.4                                 | 34             | 33              | 49                          | 71           | 246.7                                | 764.0                |
| 30        | 533             | 110         | 89            | 85           | 30.2       | 26.9       | 291             | 16.5                                 | 35             | 34              | 50                          | 72           | 248.3                                | 764.0                |
| 40        | 532             | 110         | 88            | 84           | 30.4       | 27.0       | 322             | 17.9                                 | 35             | 35              | 50                          | 73           | 249.7                                | 763.9                |
| 50        | 531             | 111         | 89            | 85           | 30.6       | 27.1       | 358             | 19.8                                 | 35             | 36              | 52                          | 72           | 250.9                                | 763.9                |
| 60        | 530             | 111         | 89            | 84           | 31.0       | 27.5       | 389             | 21.4                                 | 36             | 36              | 52                          | 72           | 252.1                                | 763.9                |
| 70        | 530             | 112         | 89            | 84           | 31.0       | 27.5       | 426             | 23.6                                 | 36             | 36              | 52                          | 72           | 253.1                                | 763.9                |
| 80        | 529             | 112         | 89            | 84           | 31.2       | 27.6       | 462             | 25.5                                 | 36             | 37              | 52                          | 71           | 253.5                                | 763.9                |
| 90        | 528             | 113         | 89            | 83           | 31.4       | 27.6       | 504             | 27.5                                 | 37             | 37              | 53                          | 70           | 253.7                                | 763.9                |
| 100       | 527             | 114         | 89            | 83           | 31.2       | 27.8       | 559             | 29.0                                 | 37             | 37              | 53                          | 70           | 253.7                                | 763.9                |
| 110       | 526             | 115         | 89            | 83           | 32.1       | 27.8       | 615             | 30.1                                 | 37             | 37              | 52                          | 69           | 253.7                                | 763.8                |
| 120       | 525             | 116         | 88            | 83           | 32.0       | 28.0       | 654             | -                                    | 37             | 37              | 53                          | 68           | 253.1                                | 763.8                |
| 130       | 524             | 117         | 89            | 82           | 32.0       | 28.1       | 685             | -                                    | 38             | 38              | 52                          | 67           | 252.5                                | 763.8                |
| 140       | 523             | 118         | 89            | 82           | 32.8       | 28.4       | 765             | -                                    | 40             | 38              | 52                          | 67           | 251.7                                | 763.8                |
| 142       | 522             | 118         | 89            | 82           | 33.3       | 28.6       | 789             | -                                    | 49             | 38              | 53                          | 66           | 251.9                                | 763.8                |

ตารางที่ ค-13 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 25 ml. |       |       | avg. time<br>(s) | corrected $m_f$<br>(kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A   | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ |                  |                           |                 |                 |   |                 |       |        |
| 10        | 9.97                | 4.18          | 14.49                   | 14.51 | 14.52 | 14.507           | 0.001409                  | 1214.01         | 6.98            | 165.6                                   | 0.0724          | 0.019 | 0.282  |
| 20        | 19.97               | 8.36          | 12.76                   | 12.75 | 12.7  | 12.737           | 0.001603                  | 689.92          | 12.28           | 167.7                                   | 0.0728          | 0.022 | 0.319  |
| 30        | 30.02               | 12.57         | 11.28                   | 11.32 | 11.34 | 11.313           | 0.001805                  | 516.82          | 16.39           | 169.5                                   | 0.0732          | 0.025 | 0.357  |
| 40        | 40.08               | 16.79         | 10.07                   | 10.09 | 10.11 | 10.090           | 0.002024                  | 433.93          | 19.52           | 171.0                                   | 0.0735          | 0.028 | 0.399  |
| 50        | 50.08               | 20.98         | 9.15                    | 9.13  | 9.15  | 9.143            | 0.002230                  | 382.72          | 22.13           | 172.4                                   | 0.0738          | 0.030 | 0.438  |
| 60        | 60.10               | 25.18         | 8.28                    | 8.28  | 8.29  | 8.283            | 0.002460                  | 351.71          | 24.08           | 173.2                                   | 0.0740          | 0.033 | 0.482  |
| 70        | 70.18               | 29.40         | 7.55                    | 7.56  | 7.58  | 7.563            | 0.002694                  | 329.85          | 25.68           | 174.4                                   | 0.0743          | 0.036 | 0.526  |
| 80        | 80.33               | 33.65         | 6.93                    | 6.92  | 6.96  | 6.937            | 0.002939                  | 314.40          | 26.94           | 175.4                                   | 0.0745          | 0.039 | 0.572  |
| 90        | 90.46               | 37.89         | 6.33                    | 6.34  | 6.35  | 6.340            | 0.003216                  | 305.53          | 27.72           | 175.8                                   | 0.0746          | 0.043 | 0.625  |
| 100       | 100.60              | 42.14         | 5.79                    | 5.8   | 5.8   | 5.797            | 0.003518                  | 300.53          | 28.19           | 176.0                                   | 0.0746          | 0.047 | 0.683  |
| 110       | 111.09              | 46.53         | 5.36                    | 5.36  | 5.36  | 5.360            | 0.003815                  | 295.15          | 28.70           | 176.0                                   | 0.0746          | 0.051 | 0.741  |
| 120       | 121.10              | 50.73         | 5.04                    | 5.04  | 5.04  | 5.040            | 0.004053                  | 287.66          | 29.45           | 175.6                                   | 0.0745          | 0.054 | 0.788  |
| 130       | 131.33              | 55.01         | 4.64                    | 4.66  | 4.57  | 4.623            | 0.004421                  | 289.28          | 29.28           | 174.9                                   | 0.0744          | 0.059 | 0.862  |
| 136       | 137.71              | 57.68         | 4.38                    | 4.38  | 4.39  | 4.383            | 0.004671                  | 291.48          | 29.06           | 174.8                                   | 0.0743          | 0.063 | 0.910  |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คันเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 537             | 110         | 89            | 85           | 31.0       | 27.0       | 253             | 15.4                                 | 37             | 34              | 47                          | 66           | 249.1                                | 762.1                |
| 20        | 537             | 111         | 89            | 84           | 31.2       | 27.2       | 280             | 16.6                                 | 37             | 35              | 51                          | 74           | 251.5                                | 762.0                |
| 30        | 536             | 112         | 89            | 84           | 31.7       | 27.5       | 315             | 18.0                                 | 38             | 35              | 49                          | 77           | 253.3                                | 761.8                |
| 40        | 536             | 112         | 89            | 84           | 32.0       | 27.6       | 347             | 19.5                                 | 38             | 36              | 51                          | 78           | 254.9                                | 761.6                |
| 50        | 535             | 113         | 89            | 84           | 31.9       | 27.7       | 381             | 21.2                                 | 37             | 36              | 50                          | 78           | 256.5                                | 761.7                |
| 60        | 534             | 114         | 89            | 84           | 31.9       | 27.8       | 417             | 22.8                                 | 39             | 36              | 50                          | 76           | 257.5                                | 761.6                |
| 70        | 533             | 114         | 89            | 84           | 32.1       | 27.9       | 458             | 25.2                                 | 39             | 37              | 52                          | 76           | 258.7                                | 761.5                |
| 80        | 532             | 115         | 88            | 83           | 32.5       | 28.0       | 505             | 27.5                                 | 39             | 37              | 51                          | 75           | 259.7                                | 761.5                |
| 90        | 531             | 116         | 89            | 83           | 32.7       | 28.4       | 543             | 30.0                                 | 40             | 38              | 53                          | 73           | 260.1                                | 761.4                |
| 100       | 531             | 116         | 88            | 83           | 32.9       | 28.5       | 604             | -                                    | 40             | 39              | 54                          | 73           | 260.3                                | 761.3                |
| 110       | 529             | 117         | 89            | 82           | 33.9       | 28.6       | 650             | -                                    | 40             | 40              | 55                          | 72           | 259.9                                | 761.3                |
| 120       | 529             | 118         | 89            | 82           | 33.8       | 28.9       | 685             | -                                    | 41             | 40              | 55                          | 71           | 259.1                                | 761.5                |
| 130       | 529             | 120         | 88            | 81           | 34.0       | 29.2       | 737             | -                                    | 41             | 41              | 56                          | 71           | 258.5                                | 761.3                |
| 136       | 528             | 120         | 89            | 81           | 34.6       | 29.1       | 789             | -                                    | 50             | 41              | 56                          | 71           | 258.3                                | 761.3                |

ตารางที่ ค-14 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 1000 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |       |       |       | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.87                | 1.03          | 73.18                   | 73.26 | 73.37 | 73.27 | 73.270           | 0.000225               | 783.41          | 10.81           | 12.6                                    | 0.0200          | 0.0113 | 0.1617 |
| 20        | 19.79               | 2.07          | 60.26                   | 60.23 | 60.27 | 60.26 | 60.255           | 0.000274               | 476.16          | 17.79           | 12.6                                    | 0.0200          | 0.0137 | 0.1969 |
| 30        | 29.72               | 3.11          | 56.63                   | 56.75 | 56.8  | 56.6  | 56.695           | 0.000292               | 337.33          | 25.11           | 12.5                                    | 0.0199          | 0.0147 | 0.2103 |
| 40        | 39.62               | 4.15          | 49.31                   | 49.55 | 49.58 | 49.38 | 49.455           | 0.000334               | 290.04          | 29.20           | 13.3                                    | 0.0205          | 0.0163 | 0.2337 |
| 50        | 49.56               | 5.19          | 43.93                   | 43.89 | 43.79 | 44.07 | 43.920           | 0.000377               | 261.24          | 32.42           | 13.2                                    | 0.0204          | 0.0184 | 0.2643 |
| 60        | 59.46               | 6.23          | 37.88                   | 37.84 | 37.97 | 38.12 | 37.953           | 0.000436               | 251.94          | 33.62           | 13.2                                    | 0.0204          | 0.0213 | 0.3059 |
| 70        | 69.42               | 7.27          | 33.66                   | 33.93 | 33.8  | 33.83 | 33.805           | 0.000490               | 242.41          | 34.94           | 13.2                                    | 0.0204          | 0.0240 | 0.3436 |
| 80        | 79.35               | 8.31          | 30.91                   | 31.09 | 30.98 | 30.92 | 30.975           | 0.000534               | 231.49          | 36.59           | 13.1                                    | 0.0204          | 0.0263 | 0.3765 |
| 90        | 89.29               | 9.35          | 28.47                   | 28.39 | 28.5  | 28.3  | 28.415           | 0.000583               | 224.30          | 37.76           | 13.0                                    | 0.0203          | 0.0287 | 0.4120 |
| 100       | 99.28               | 10.40         | 25.34                   | 25.43 | 25.44 | 25.56 | 25.443           | 0.000651               | 225.43          | 37.58           | 12.9                                    | 0.0202          | 0.0322 | 0.4622 |
| 110       | 109.27              | 11.44         | 23.22                   | 23.14 | 23.19 | 23.21 | 23.190           | 0.000715               | 224.82          | 37.68           | 12.8                                    | 0.0201          | 0.0355 | 0.5093 |
| 120       | 119.67              | 12.53         | 21.08                   | 21.08 | 21.12 | 21.13 | 21.103           | 0.000788               | 226.34          | 37.42           | 12.7                                    | 0.0200          | 0.0393 | 0.5638 |
| 130       | 129.19              | 13.53         | 19.7                    | 19.62 | 19.65 | 19.6  | 19.643           | 0.000844               | 224.58          | 37.72           | 12.7                                    | 0.0200          | 0.0421 | 0.6039 |
| 135       | 134.14              | 14.05         | 18.93                   | 18.8  | 18.76 | 18.7  | 18.798           | 0.000882               | 225.99          | 37.48           | 12.6                                    | 0.0200          | 0.0442 | 0.6335 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คันเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 196             | 85          | 87            | 86           | 30         | 27         | 105             | 1                                    | 8              | 33              | 55                          | 50           | 18.8                                 | 765.6                |
| 20        | 194             | 87          | 88            | 86           | 30         | 27         | 124             | 1                                    | 8              | 36              | 60                          | 53           | 18.2                                 | 765.2                |
| 30        | 193             | 88          | 88            | 86           | 30         | 27         | 141             | 1                                    | 9              | 37              | 61                          | 53           | 18.6                                 | 765.1                |
| 40        | 192             | 88          | 88            | 84           | 30         | 27         | 160             | 1                                    | 9              | 37              | 61                          | 54           | 18.6                                 | 764.7                |
| 50        | 192             | 88          | 88            | 84           | 30         | 27         | 182             | 1                                    | 10             | 37              | 62                          | 54           | 18.6                                 | 764.7                |
| 60        | 191             | 88          | 88            | 84           | 30         | 27         | 201             | 1                                    | 10             | 38              | 62                          | 53           | 18.4                                 | 764.5                |
| 70        | 191             | 89          | 88            | 85           | 30         | 27         | 223             | 1                                    | 11             | 38              | 62                          | 53           | 18.3                                 | 764.3                |
| 80        | 191             | 89          | 88            | 84           | 30         | 27         | 243             | 2                                    | 11             | 38              | 62                          | 53           | 18.2                                 | 764.2                |
| 90        | 191             | 89          | 88            | 83           | 30         | 27         | 265             | 2                                    | 12             | 38              | 62                          | 53           | 18.4                                 | 764.1                |
| 100       | 190             | 89          | 88            | 83           | 31         | 27         | 285             | 1                                    | 12             | 36              | 59                          | 52           | 18.2                                 | 764.1                |
| 110       | 190             | 90          | 88            | 82           | 31         | 27         | 315             | 1                                    | 13             | 36              | 58                          | 52           | 18.2                                 | 764.0                |
| 120       | 190             | 90          | 88            | 83           | 32         | 27         | 348             | 0                                    | 14             | 36              | 58                          | 52           | 18.1                                 | 764.0                |
| 130       | 190             | 90          | 88            | 82           | 31         | 27         | 376             | 1                                    | 33             | 36              | 59                          | 52           | 18.1                                 | 764.0                |
| 135       | 190             | 91          | 88            | 82           | 31         | 28         | 395             | 2                                    | 50             | 39              | 63                          | 52           | 18.0                                 | 764.1                |

ตารางที่ ค-15 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 1250 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |       |       |       | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.79                | 1.28          | 56.89                   | 56.92 | 56.97 | 57.07 | 56.963           | 0.000287               | 807.15          | 10.49           | 20.1                                    | 0.0252          | 0.0114 | 0.1635 |
| 20        | 19.59               | 2.56          | 47.42                   | 47.46 | 47.42 | 47.39 | 47.423           | 0.000345               | 484.75          | 17.47           | 20.0                                    | 0.0251          | 0.0137 | 0.1969 |
| 30        | 29.39               | 3.85          | 41.77                   | 41.78 | 41.7  | 41.64 | 41.723           | 0.000393               | 367.29          | 23.06           | 20.0                                    | 0.0251          | 0.0156 | 0.2238 |
| 40        | 39.22               | 5.13          | 37.47                   | 37.52 | 37.58 | 37.55 | 37.530           | 0.000437               | 306.21          | 27.66           | 20.0                                    | 0.0251          | 0.0174 | 0.2490 |
| 50        | 49.05               | 6.42          | 33.02                   | 33.09 | 33.1  | 32.94 | 33.038           | 0.000496               | 278.26          | 30.44           | 19.8                                    | 0.0250          | 0.0198 | 0.2844 |
| 60        | 58.86               | 7.70          | 29.88                   | 29.8  | 29.84 | 29.87 | 29.848           | 0.000549               | 256.67          | 33.00           | 19.6                                    | 0.0249          | 0.0221 | 0.3164 |
| 70        | 68.72               | 8.99          | 26.76                   | 26.87 | 26.91 | 26.75 | 26.823           | 0.000612               | 244.79          | 34.60           | 19.5                                    | 0.0248          | 0.0246 | 0.3532 |
| 80        | 78.57               | 10.28         | 24.79                   | 24.79 | 24.72 | 24.68 | 24.745           | 0.000663               | 232.15          | 36.49           | 19.5                                    | 0.0248          | 0.0267 | 0.3830 |
| 90        | 88.51               | 11.59         | 22.51                   | 22.58 | 22.46 | 22.56 | 22.528           | 0.000729               | 226.63          | 37.38           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.0295 | 0.4233 |
| 100       | 98.43               | 12.88         | 20.53                   | 20.5  | 20.49 | 20.52 | 20.510           | 0.000802               | 224.00          | 37.82           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.0325 | 0.4653 |
| 110       | 108.37              | 14.19         | 18.95                   | 18.91 | 18.91 | 18.94 | 18.928           | 0.000869               | 220.63          | 38.39           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.0352 | 0.5047 |
| 120       | 118.25              | 15.48         | 17.18                   | 17.18 | 17.17 | 17.24 | 17.193           | 0.000957               | 222.65          | 38.04           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.0388 | 0.5557 |
| 130       | 128.20              | 16.78         | 15.81                   | 15.79 | 15.85 | 15.87 | 15.830           | 0.001040               | 223.19          | 37.95           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.0421 | 0.6039 |
| 140       | 138.19              | 18.09         | 14.99                   | 15.07 | 15.09 | 15.04 | 15.048           | 0.001095               | 217.99          | 38.86           | 19.3                                    | 0.0247          | 0.0443 | 0.6358 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 224             | 89          | 88            | 86           | 29         | 26         | 113             | 2                                    | 11             | 35              | 58                          | 53           | 30.2                                 | 768.1                |
| 20        | 223             | 89          | 88            | 86           | 29         | 26         | 132             | 2                                    | 12             | 35              | 57                          | 53           | 30.0                                 | 768.0                |
| 30        | 222             | 89          | 88            | 86           | 29         | 26         | 147             | 2                                    | 12             | 34              | 55                          | 53           | 30.0                                 | 767.7                |
| 40        | 221             | 90          | 88            | 86           | 29         | 26         | 168             | 2                                    | 13             | 35              | 57                          | 53           | 30.0                                 | 767.4                |
| 50        | 220             | 90          | 88            | 85           | 29         | 27         | 187             | 2                                    | 13             | 34              | 55                          | 52           | 30.0                                 | 767.4                |
| 60        | 220             | 90          | 88            | 85           | 29         | 27         | 211             | 2                                    | 13             | 35              | 56                          | 53           | 29.8                                 | 767.4                |
| 70        | 219             | 91          | 88            | 85           | 29         | 26         | 234             | 2                                    | 14             | 34              | 55                          | 52           | 29.6                                 | 767.2                |
| 80        | 218             | 91          | 88            | 84           | 29         | 26         | 255             | 2                                    | 14             | 34              | 55                          | 52           | 29.6                                 | 766.9                |
| 90        | 218             | 91          | 88            | 84           | 29         | 26         | 281             | 2                                    | 15             | 37              | 59                          | 53           | 29.2                                 | 766.8                |
| 100       | 217             | 92          | 88            | 84           | 29         | 26         | 302             | 2                                    | 15             | 35              | 56                          | 52           | 29.2                                 | 766.7                |
| 110       | 215             | 92          | 88            | 83           | 30         | 26         | 332             | 2                                    | 16             | 37              | 59                          | 52           | 29.2                                 | 766.6                |
| 120       | 215             | 92          | 88            | 82           | 30         | 26         | 360             | 2                                    | 16             | 37              | 59                          | 52           | 29.2                                 | 766.5                |
| 130       | 213             | 93          | 88            | 83           | 30         | 27         | 395             | 2                                    | 21             | 35              | 57                          | 51           | 29.2                                 | 766.5                |
| 140       | 213             | 93          | 88            | 83           | 30         | 27         | 416             | 2                                    | 50             | 37              | 59                          | 51           | 29.2                                 | 766.4                |

ตารางที่ ค-16 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 1500 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |       |       |       | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.82                | 1.54          | 48.87                   | 48.79 | 48.79 | 48.7  | 48.788           | 0.000336               | 785.04          | 10.79           | 29.3                                    | 0.0304          | 0.0110 | 0.1584 |
| 20        | 19.67               | 3.09          | 41.36                   | 41.38 | 41.27 | 41.32 | 41.333           | 0.000398               | 463.18          | 18.29           | 29.3                                    | 0.0304          | 0.0131 | 0.1873 |
| 30        | 29.53               | 4.64          | 36.47                   | 36.49 | 36.44 | 36.38 | 36.445           | 0.000451               | 350.16          | 24.19           | 29.2                                    | 0.0304          | 0.0149 | 0.2129 |
| 40        | 39.42               | 6.19          | 31.66                   | 31.64 | 31.7  | 31.65 | 31.663           | 0.000520               | 302.24          | 28.03           | 29.2                                    | 0.0304          | 0.0171 | 0.2453 |
| 50        | 49.31               | 7.75          | 28.62                   | 28.57 | 28.58 | 28.77 | 28.635           | 0.000575               | 267.33          | 31.69           | 29.1                                    | 0.0303          | 0.0190 | 0.2719 |
| 60        | 59.26               | 9.31          | 26.21                   | 26.26 | 26.1  | 26.1  | 26.168           | 0.000630               | 243.72          | 34.76           | 29.1                                    | 0.0303          | 0.0208 | 0.2979 |
| 70        | 69.23               | 10.88         | 22.48                   | 22.48 | 22.42 | 22.44 | 22.455           | 0.000735               | 243.40          | 34.80           | 29.1                                    | 0.0303          | 0.0242 | 0.3476 |
| 80        | 79.17               | 12.44         | 20.21                   | 20.25 | 20.23 | 20.3  | 20.248           | 0.000816               | 236.17          | 35.87           | 29.0                                    | 0.0303          | 0.0269 | 0.3863 |
| 90        | 89.19               | 14.01         | 18.58                   | 18.6  | 18.62 | 18.54 | 18.585           | 0.000890               | 228.66          | 37.04           | 29.0                                    | 0.0303          | 0.0294 | 0.4214 |
| 100       | 99.10               | 15.57         | 16.96                   | 16.97 | 16.95 | 17.02 | 16.975           | 0.000974               | 225.31          | 37.59           | 28.7                                    | 0.0301          | 0.0323 | 0.4638 |
| 110       | 109.01              | 17.12         | 15.49                   | 15.5  | 15.44 | 15.47 | 15.475           | 0.001069               | 224.68          | 37.70           | 28.7                                    | 0.0301          | 0.0355 | 0.5087 |
| 120       | 119.12              | 18.71         | 14.33                   | 14.3  | 14.3  | 14.33 | 14.315           | 0.001157               | 222.59          | 38.05           | 28.4                                    | 0.0300          | 0.0386 | 0.5536 |
| 130       | 128.79              | 20.23         | 13.25                   | 13.25 | 13.28 | 13.32 | 13.275           | 0.001246               | 221.63          | 38.22           | 28.2                                    | 0.0299          | 0.0417 | 0.5981 |
| 136       | 135.38              | 21.27         | 12.7                    | 12.72 | 12.68 | 12.62 | 12.680           | 0.001309               | 221.64          | 38.22           | 28.1                                    | 0.0298          | 0.0439 | 0.6298 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คันเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 277             | 91          | 89            | 86           | 29         | 26         | 125             | 2                                    | 11             | 33              | 54                          | 54           | 44.7                                 | 766.7                |
| 20        | 276             | 91          | 88            | 87           | 29         | 27         | 141             | 3                                    | 12             | 34              | 55                          | 55           | 44.7                                 | 766.6                |
| 30        | 275             | 91          | 88            | 87           | 29         | 27         | 158             | 3                                    | 12             | 33              | 52                          | 55           | 44.7                                 | 766.6                |
| 40        | 274             | 92          | 89            | 86           | 30         | 27         | 179             | 3                                    | 13             | 35              | 56                          | 57           | 44.7                                 | 766.5                |
| 50        | 273             | 92          | 89            | 85           | 30         | 27         | 200             | 3                                    | 14             | 34              | 53                          | 56           | 44.5                                 | 766.5                |
| 60        | 272             | 93          | 88            | 85           | 30         | 27         | 223             | 3                                    | 14             | 34              | 53                          | 56           | 44.5                                 | 766.2                |
| 70        | 271             | 93          | 88            | 84           | 30         | 27         | 252             | 4                                    | 14             | 37              | 57                          | 56           | 44.3                                 | 766.1                |
| 80        | 270             | 94          | 88            | 85           | 31         | 28         | 277             | 4                                    | 15             | 35              | 54                          | 55           | 43.0                                 | 766.0                |
| 90        | 269             | 94          | 88            | 85           | 31         | 28         | 302             | 4                                    | 15             | 35              | 55                          | 55           | 44.1                                 | 765.8                |
| 100       | 268             | 94          | 88            | 85           | 31         | 28         | 328             | 4                                    | 16             | 36              | 55                          | 55           | 43.7                                 | 765.8                |
| 110       | 267             | 95          | 88            | 84           | 31         | 28         | 359             | 4                                    | 16             | 38              | 58                          | 54           | 43.5                                 | 765.8                |
| 120       | 266             | 95          | 88            | 83           | 31         | 28         | 392             | 5                                    | 17             | 39              | 60                          | 56           | 43.3                                 | 765.7                |
| 130       | 264             | 96          | 88            | 83           | 31         | 28         | 427             | 5                                    | 33             | 39              | 60                          | 55           | 43.1                                 | 765.5                |
| 136       | 264             | 96          | 88            | 82           | 32         | 28         | 447             | 5                                    | 50             | 38              | 58                          | 55           | 42.7                                 | 765.4                |

ตารางที่ ค-17 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 1750 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.76                | 1.79          | 41.66                   | 41.71          | 41.54          | 41.69          | 41.650           | 0.000392               | 788.83          | 10.74           | 40.5                                    | 0.0358          | 0.0110 | 0.1571 |
| 20        | 19.53               | 3.58          | 35.43                   | 35.48          | 35.49          | 35.53          | 35.483           | 0.000460               | 462.97          | 18.30           | 40.5                                    | 0.0358          | 0.0129 | 0.1844 |
| 30        | 29.35               | 5.38          | 31.02                   | 31.02          | 31.06          | 31.1           | 31.050           | 0.000527               | 352.60          | 24.02           | 40.0                                    | 0.0356          | 0.0148 | 0.2124 |
| 40        | 39.21               | 7.19          | 27.6                    | 27.59          | 27.6           | 27.72          | 27.628           | 0.000593               | 297.13          | 28.51           | 40.0                                    | 0.0356          | 0.0167 | 0.2391 |
| 50        | 49.04               | 8.99          | 24.29                   | 24.26          | 24.25          | 24.26          | 24.265           | 0.000676               | 270.62          | 31.30           | 40.3                                    | 0.0357          | 0.0189 | 0.2714 |
| 60        | 59.03               | 10.82         | 21.96                   | 21.87          | 21.85          | 21.71          | 21.848           | 0.000752               | 250.36          | 33.83           | 41.1                                    | 0.0360          | 0.0209 | 0.2992 |
| 70        | 68.87               | 12.62         | 19.57                   | 19.64          | 19.56          | 19.64          | 19.603           | 0.000838               | 239.17          | 35.42           | 40.2                                    | 0.0357          | 0.0235 | 0.3372 |
| 80        | 78.90               | 14.46         | 17.83                   | 17.7           | 17.77          | 17.77          | 17.768           | 0.000927               | 230.80          | 36.70           | 40.1                                    | 0.0356          | 0.0260 | 0.3733 |
| 90        | 88.87               | 16.29         | 16.08                   | 16.18          | 16.13          | 16.14          | 16.133           | 0.001022               | 225.91          | 37.50           | 39.9                                    | 0.0355          | 0.0288 | 0.4126 |
| 100       | 98.68               | 18.08         | 14.72                   | 14.73          | 14.76          | 14.82          | 14.758           | 0.001117               | 222.28          | 38.11           | 39.7                                    | 0.0354          | 0.0315 | 0.4519 |
| 110       | 108.48              | 19.88         | 13.58                   | 13.53          | 13.51          | 13.52          | 13.535           | 0.001217               | 220.35          | 38.44           | 39.5                                    | 0.0353          | 0.0344 | 0.4937 |
| 120       | 118.30              | 21.68         | 12.48                   | 12.52          | 12.58          | 12.45          | 12.508           | 0.001316               | 218.59          | 38.75           | 39.3                                    | 0.0353          | 0.0373 | 0.5355 |
| 130       | 128.28              | 23.51         | 11.42                   | 11.48          | 11.48          | 11.54          | 11.480           | 0.001435               | 219.81          | 38.54           | 39.3                                    | 0.0353          | 0.0407 | 0.5838 |
| 138       | 136.24              | 24.97         | 10.67                   | 10.68          | 10.65          | 10.69          | 10.673           | 0.001545               | 222.71          | 38.03           | 39.1                                    | 0.0352          | 0.0439 | 0.6299 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คันเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 339             | 91          | 89            | 86           | 27         | 25         | 138             | 3                                    | 13             | 31              | 52                          | 52           | 66.5                                 | 766.9                |
| 20        | 337             | 92          | 88            | 86           | 27         | 26         | 159             | 3                                    | 13             | 30              | 49                          | 54           | 66.5                                 | 766.9                |
| 30        | 335             | 92          | 89            | 86           | 28         | 26         | 181             | 4                                    | 14             | 32              | 51                          | 54           | 65.1                                 | 766.8                |
| 40        | 334             | 93          | 88            | 86           | 28         | 26         | 198             | 4                                    | 14             | 34              | 54                          | 56           | 64.9                                 | 766.6                |
| 50        | 332             | 93          | 89            | 85           | 28         | 26         | 215             | 4                                    | 15             | 33              | 51                          | 55           | 64.9                                 | 766.5                |
| 60        | 331             | 93          | 88            | 86           | 29         | 26         | 238             | 4                                    | 15             | 35              | 55                          | 57           | 64.5                                 | 766.5                |
| 70        | 329             | 94          | 89            | 85           | 29         | 27         | 262             | 5                                    | 16             | 36              | 55                          | 57           | 64.5                                 | 766.5                |
| 80        | 328             | 94          | 89            | 85           | 30         | 27         | 288             | 5                                    | 16             | 35              | 53                          | 56           | 64.5                                 | 766.4                |
| 90        | 327             | 94          | 88            | 85           | 30         | 27         | 313             | 6                                    | 17             | 35              | 55                          | 56           | 63.9                                 | 766.4                |
| 100       | 325             | 95          | 88            | 84           | 30         | 27         | 344             | 6                                    | 17             | 35              | 53                          | 55           | 64.1                                 | 766.3                |
| 110       | 323             | 95          | 89            | 85           | 30         | 27         | 373             | 6                                    | 17             | 35              | 53                          | 54           | 64.1                                 | 766.2                |
| 120       | 322             | 96          | 88            | 84           | 30         | 27         | 401             | 6                                    | 18             | 35              | 53                          | 54           | 63.3                                 | 766.2                |
| 130       | 320             | 96          | 88            | 83           | 30         | 27         | 440             | 8                                    | 19             | 35              | 54                          | 54           | 62.9                                 | 766.1                |
| 138       | 317             | 97          | 88            | 83           | 30         | 27         | 473             | 8                                    | 50             | 35              | 53                          | 53           | 62.5                                 | 766.0                |

ตารางที่ ค-18 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 2000 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |       |       |       | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.87                | 2.07          | 32.39                   | 32.42 | 32.28 | 32.36 | 32.363           | 0.000509               | 886.84          | 9.55            | 54.5                                    | 0.0415          | 0.0123 | 0.1760 |
| 20        | 19.73               | 4.13          | 27.99                   | 27.91 | 27.82 | 27.86 | 27.895           | 0.000591               | 514.49          | 16.46           | 54.5                                    | 0.0415          | 0.0142 | 0.2040 |
| 30        | 29.64               | 6.21          | 23.89                   | 23.72 | 23.59 | 23.91 | 23.778           | 0.000694               | 402.31          | 21.05           | 54.6                                    | 0.0416          | 0.0167 | 0.2394 |
| 40        | 39.56               | 8.28          | 21.6                    | 21.62 | 21.6  | 21.55 | 21.593           | 0.000765               | 332.22          | 25.50           | 54.6                                    | 0.0416          | 0.0184 | 0.2639 |
| 50        | 49.47               | 10.36         | 18.99                   | 19.03 | 19.06 | 19.12 | 19.050           | 0.000867               | 301.23          | 28.12           | 54.6                                    | 0.0416          | 0.0209 | 0.2992 |
| 60        | 59.37               | 12.43         | 17.13                   | 17.13 | 17.15 | 17.12 | 17.133           | 0.000964               | 279.12          | 30.35           | 54.6                                    | 0.0416          | 0.0232 | 0.3327 |
| 70        | 69.27               | 14.51         | 15.67                   | 15.59 | 15.62 | 15.64 | 15.630           | 0.001057               | 262.23          | 32.30           | 54.3                                    | 0.0414          | 0.0255 | 0.3657 |
| 80        | 79.23               | 16.59         | 14.17                   | 14.24 | 14.2  | 14.16 | 14.193           | 0.001165               | 252.67          | 33.52           | 54.1                                    | 0.0414          | 0.0282 | 0.4038 |
| 90        | 89.45               | 18.73         | 13.05                   | 13.04 | 13.02 | 12.91 | 13.005           | 0.001275               | 244.97          | 34.58           | 53.9                                    | 0.0413          | 0.0309 | 0.4428 |
| 100       | 99.36               | 20.81         | 11.8                    | 11.78 | 11.8  | 11.84 | 11.805           | 0.001404               | 242.90          | 34.87           | 53.8                                    | 0.0412          | 0.0340 | 0.4881 |
| 110       | 109.34              | 22.90         | 10.76                   | 10.78 | 10.82 | 10.77 | 10.783           | 0.001538               | 241.74          | 35.04           | 53.6                                    | 0.0412          | 0.0374 | 0.5356 |
| 120       | 119.42              | 25.01         | 10.05                   | 10.02 | 10.04 | 10.07 | 10.045           | 0.001652               | 237.83          | 35.62           | 53.4                                    | 0.0411          | 0.0402 | 0.5766 |
| 130       | 129.37              | 27.09         | 9.41                    | 9.37  | 9.44  | 9.42  | 9.410            | 0.001764               | 234.35          | 36.15           | 53.1                                    | 0.0410          | 0.0430 | 0.6172 |
| 140       | 139.32              | 29.18         | 8.6                     | 8.6   | 8.6   | 8.65  | 8.613            | 0.001927               | 237.76          | 35.63           | 52.8                                    | 0.0409          | 0.0472 | 0.6763 |
| 148       | 147.39              | 30.87         | 7.97                    | 7.97  | 7.97  | 7.99  | 7.975            | 0.002083               | 242.86          | 34.88           | 52.3                                    | 0.0407          | 0.0512 | 0.7343 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 401             | 93          | 88            | 87           | 30         | 27         | 152             | 4                                    | 15             | 36              | 54                          | 60           | 91.3                                 | 765.1                |
| 20        | 400             | 94          | 88            | 86           | 29         | 27         | 173             | 5                                    | 15             | 35              | 54                          | 59           | 91.3                                 | 765.1                |
| 30        | 398             | 94          | 89            | 85           | 30         | 27         | 201             | 5                                    | 16             | 35              | 54                          | 59           | 91.5                                 | 765.0                |
| 40        | 397             | 94          | 88            | 84           | 30         | 27         | 223             | 5                                    | 16             | 36              | 55                          | 59           | 91.5                                 | 764.9                |
| 50        | 395             | 95          | 88            | 86           | 30         | 27         | 243             | 6                                    | 17             | 36              | 55                          | 59           | 91.3                                 | 764.8                |
| 60        | 393             | 95          | 88            | 85           | 30         | 27         | 269             | 7                                    | 17             | 36              | 55                          | 59           | 91.3                                 | 764.8                |
| 70        | 392             | 95          | 88            | 85           | 30         | 27         | 287             | 7                                    | 17             | 36              | 55                          | 59           | 90.9                                 | 764.7                |
| 80        | 390             | 96          | 88            | 85           | 30         | 27         | 307             | 8                                    | 18             | 34              | 52                          | 58           | 90.7                                 | 764.5                |
| 90        | 388             | 96          | 88            | 84           | 31         | 27         | 334             | 8                                    | 18             | 36              | 55                          | 58           | 90.5                                 | 764.2                |
| 100       | 387             | 97          | 89            | 85           | 31         | 28         | 363             | 8                                    | 19             | 35              | 52                          | 57           | 90.1                                 | 764.1                |
| 110       | 384             | 97          | 89            | 85           | 31         | 28         | 399             | 8                                    | 19             | 35              | 53                          | 57           | 89.7                                 | 764.1                |
| 120       | 382             | 98          | 88            | 83           | 31         | 28         | 430             | 8                                    | 19             | 36              | 55                          | 57           | 89.5                                 | 764.1                |
| 130       | 380             | 98          | 88            | 83           | 31         | 28         | 467             | 8                                    | 20             | 37              | 57                          | 57           | 88.9                                 | 764.1                |
| 140       | 378             | 99          | 88            | 83           | 31         | 28         | 511             | 9                                    | 21             | 38              | 57                          | 57           | 88.5                                 | 764.1                |
| 148       | 375             | 99          | 88            | 83           | 31         | 28         | 552             | 10                                   | 50             | 37              | 55                          | 56           | 87.9                                 | 764.1                |



ตารางที่ ค-19 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 2250 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.76                | 2.30          | 31.73                   | 31.84          | 31.85          | 31.57          | 31.748           | 0.000514               | 804.99          | 10.52           | 71.8                                    | 0.0476          | 0.0108 | 0.1547 |
| 20        | 19.64               | 4.63          | 29.63                   | 29.57          | 29.69          | 29.77          | 29.665           | 0.000553               | 430.35          | 19.68           | 71.8                                    | 0.0476          | 0.0116 | 0.1665 |
| 30        | 29.53               | 6.96          | 25.47                   | 25.7           | 25.77          | 25.36          | 25.575           | 0.000643               | 332.66          | 25.46           | 71.8                                    | 0.0476          | 0.0135 | 0.1935 |
| 40        | 39.45               | 9.29          | 21.41                   | 21.31          | 21.34          | 21.51          | 21.393           | 0.000770               | 298.19          | 28.41           | 71.7                                    | 0.0476          | 0.0162 | 0.2319 |
| 50        | 49.41               | 11.64         | 19.02                   | 19.02          | 18.94          | 18.98          | 18.990           | 0.000869               | 268.65          | 31.53           | 71.7                                    | 0.0476          | 0.0182 | 0.2617 |
| 60        | 59.35               | 13.98         | 16.86                   | 16.67          | 16.73          | 16.51          | 16.693           | 0.000989               | 254.65          | 33.26           | 71.6                                    | 0.0476          | 0.0208 | 0.2981 |
| 70        | 69.31               | 16.33         | 15.38                   | 15.54          | 15.42          | 15.31          | 15.413           | 0.001072               | 236.37          | 35.84           | 71.7                                    | 0.0476          | 0.0225 | 0.3229 |
| 80        | 79.25               | 18.67         | 13.71                   | 13.83          | 13.8           | 13.76          | 13.775           | 0.001200               | 231.39          | 36.61           | 71.7                                    | 0.0476          | 0.0252 | 0.3614 |
| 90        | 89.30               | 21.04         | 12.44                   | 12.41          | 12.59          | 12.61          | 12.513           | 0.001323               | 226.38          | 37.42           | 71.6                                    | 0.0476          | 0.0278 | 0.3987 |
| 100       | 99.35               | 23.41         | 11.89                   | 11.77          | 11.72          | 11.89          | 11.818           | 0.001403               | 215.68          | 39.27           | 71.0                                    | 0.0474          | 0.0296 | 0.4244 |
| 110       | 109.45              | 25.79         | 10.79                   | 10.75          | 10.7           | 10.65          | 10.723           | 0.001548               | 216.05          | 39.21           | 70.6                                    | 0.0472          | 0.0328 | 0.4697 |
| 120       | 119.31              | 28.11         | 9.82                    | 9.81           | 9.87           | 9.71           | 9.803            | 0.001692               | 216.66          | 39.10           | 70.4                                    | 0.0472          | 0.0359 | 0.5142 |
| 130       | 129.25              | 30.45         | 9.16                    | 9.17           | 9.1            | 9.16           | 9.148            | 0.001813               | 214.31          | 39.52           | 70.0                                    | 0.0470          | 0.0385 | 0.5526 |
| 140       | 139.14              | 32.78         | 8.41                    | 8.45           | 8.36           | 8.3            | 8.380            | 0.001978               | 217.24          | 38.99           | 69.5                                    | 0.0469          | 0.0422 | 0.6051 |
| 150       | 149.27              | 35.17         | 7.86                    | 7.78           | 7.81           | 7.74           | 7.798            | 0.002129               | 217.87          | 38.88           | 68.8                                    | 0.0466          | 0.0456 | 0.6544 |
| 155       | 154.75              | 36.46         | 7.17                    | 7.17           | 7.23           | 7.23           | 7.200            | 0.002312               | 228.23          | 37.12           | 68.6                                    | 0.0466          | 0.0496 | 0.7117 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 458             | 95          | 89            | 87           | 27         | 25         | 167             | 6                                    | 17             | 33              | 52                          | 60           | 117.3                                | 766.9                |
| 20        | 458             | 95          | 88            | 87           | 29         | 26         | 194             | 6                                    | 17             | 32              | 49                          | 60           | 117.3                                | 766.8                |
| 30        | 455             | 96          | 89            | 85           | 29         | 27         | 212             | 6                                    | 18             | 33              | 51                          | 60           | 117.1                                | 766.5                |
| 40        | 454             | 96          | 88            | 86           | 30         | 28         | 246             | 7                                    | 18             | 36              | 54                          | 61           | 116.5                                | 766.2                |
| 50        | 452             | 97          | 88            | 86           | 30         | 27         | 272             | 8                                    | 19             | 37              | 55                          | 61           | 117.0                                | 766.1                |
| 60        | 449             | 97          | 88            | 84           | 30         | 27         | 301             | 8                                    | 19             | 37              | 55                          | 61           | 116.5                                | 766.0                |
| 70        | 447             | 97          | 88            | 84           | 31         | 29         | 334             | 9                                    | 20             | 37              | 56                          | 61           | 116.8                                | 765.9                |
| 80        | 445             | 98          | 88            | 84           | 31         | 28         | 370             | 9                                    | 20             | 36              | 52                          | 60           | 116.6                                | 765.8                |
| 90        | 444             | 98          | 88            | 84           | 31         | 29         | 391             | 9                                    | 20             | 36              | 53                          | 59           | 116.2                                | 765.5                |
| 100       | 440             | 99          | 88            | 83           | 31         | 29         | 410             | 10                                   | 21             | 38              | 56                          | 59           | 115.6                                | 765.4                |
| 110       | 438             | 99          | 88            | 83           | 32         | 29         | 437             | 10                                   | 21             | 39              | 57                          | 59           | 115.0                                | 765.2                |
| 120       | 436             | 100         | 88            | 83           | 31         | 28         | 468             | 11                                   | 22             | 38              | 55                          | 58           | 114.6                                | 765.2                |
| 130       | 434             | 100         | 88            | 82           | 31         | 28         | 507             | 12                                   | 22             | 38              | 56                          | 58           | 114.2                                | 765.2                |
| 140       | 432             | 101         | 88            | 82           | 31         | 29         | 552             | 13                                   | 23             | 38              | 56                          | 58           | 113.6                                | 765.2                |
| 150       | 428             | 101         | 88            | 82           | 32         | 29         | 604             | 14                                   | 25             | 38              | 55                          | 57           | 112.8                                | 765.1                |
| 155       | 427             | 102         | 88            | 82           | 32         | 29         | 647             | 16                                   | 50             | 40              | 58                          | 57           | 112.2                                | 765.0                |

ตารางที่ ค-20 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 2500 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.92                | 2.60          | 27.77                   | 27.63          | 27.86          | 27.98          | 27.810           | 0.000595               | 825.07          | 10.27           | 84.2                                    | 0.0516          | 0.0115 | 0.1654 |
| 20        | 19.87               | 5.20          | 24.11                   | 24.06          | 23.9           | 23.94          | 24.003           | 0.000690               | 477.87          | 17.73           | 84.2                                    | 0.0516          | 0.0134 | 0.1919 |
| 30        | 29.79               | 7.80          | 20.44                   | 20.47          | 20.47          | 20.57          | 20.488           | 0.000809               | 373.25          | 22.69           | 84.3                                    | 0.0516          | 0.0157 | 0.2246 |
| 40        | 39.75               | 10.41         | 17.86                   | 17.89          | 17.82          | 17.94          | 17.878           | 0.000927               | 320.78          | 26.41           | 84.3                                    | 0.0516          | 0.0180 | 0.2575 |
| 50        | 49.71               | 13.01         | 16.09                   | 16.24          | 16.23          | 16.11          | 16.168           | 0.001026               | 283.74          | 29.85           | 84.3                                    | 0.0516          | 0.0199 | 0.2849 |
| 60        | 59.64               | 15.61         | 14.53                   | 14.52          | 14.58          | 14.61          | 14.560           | 0.001139               | 262.56          | 32.26           | 84.3                                    | 0.0516          | 0.0221 | 0.3163 |
| 70        | 69.64               | 18.23         | 12.94                   | 12.96          | 12.96          | 12.84          | 12.925           | 0.001284               | 253.50          | 33.42           | 84.3                                    | 0.0516          | 0.0249 | 0.3565 |
| 80        | 79.67               | 20.86         | 11.72                   | 11.68          | 11.7           | 11.66          | 11.690           | 0.001421               | 245.21          | 34.54           | 84.4                                    | 0.0517          | 0.0275 | 0.3943 |
| 90        | 89.73               | 23.49         | 10.74                   | 10.74          | 10.87          | 10.89          | 10.810           | 0.001538               | 235.66          | 35.94           | 84.4                                    | 0.0517          | 0.0298 | 0.4268 |
| 100       | 99.71               | 26.11         | 9.95                    | 10.03          | 10.08          | 10.04          | 10.025           | 0.001658               | 228.70          | 37.04           | 84.3                                    | 0.0516          | 0.0321 | 0.4606 |
| 110       | 109.81              | 28.75         | 9.54                    | 9.52           | 9.39           | 9.37           | 9.455            | 0.001760               | 220.41          | 38.43           | 84.2                                    | 0.0516          | 0.0341 | 0.4891 |
| 120       | 119.82              | 31.37         | 8.58                    | 8.63           | 8.64           | 8.6            | 8.613            | 0.001933               | 221.79          | 38.19           | 84.2                                    | 0.0516          | 0.0375 | 0.5371 |
| 130       | 129.73              | 33.96         | 7.8                     | 7.81           | 7.76           | 7.82           | 7.798            | 0.002134               | 226.15          | 37.46           | 84.1                                    | 0.0516          | 0.0414 | 0.5933 |
| 140       | 139.79              | 36.60         | 7.16                    | 7.16           | 7.15           | 7.19           | 7.165            | 0.002323               | 228.52          | 37.07           | 84.1                                    | 0.0516          | 0.0451 | 0.6460 |
| 147       | 146.76              | 38.42         | 6.76                    | 6.84           | 6.79           | 6.8            | 6.798            | 0.002448               | 229.41          | 36.92           | 83.2                                    | 0.0513          | 0.0477 | 0.6845 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 480             | 96          | 87            | 86           | 30         | 29         | 173             | 7                                    | 20             | 37              | 54                          | 58           | 124.8                                | 764.0                |
| 20        | 478             | 96          | 88            | 86           | 31         | 27         | 218             | 7                                    | 20             | 36              | 53                          | 63           | 125.1                                | 764.0                |
| 30        | 477             | 97          | 88            | 86           | 31         | 27         | 245             | 8                                    | 21             | 38              | 55                          | 63           | 125.0                                | 763.9                |
| 40        | 477             | 97          | 88            | 86           | 31         | 29         | 273             | 9                                    | 21             | 36              | 52                          | 62           | 125.4                                | 763.8                |
| 50        | 476             | 97          | 88            | 85           | 31         | 28         | 298             | 9                                    | 22             | 37              | 55                          | 62           | 125.4                                | 763.7                |
| 60        | 475             | 98          | 88            | 85           | 31         | 28         | 333             | 10                                   | 22             | 38              | 55                          | 62           | 125.4                                | 763.8                |
| 70        | 475             | 98          | 88            | 84           | 31         | 28         | 361             | 10                                   | 22             | 38              | 56                          | 62           | 125.4                                | 763.8                |
| 80        | 473             | 98          | 88            | 83           | 31         | 28         | 394             | 11                                   | 23             | 37              | 53                          | 60           | 125.4                                | 763.9                |
| 90        | 472             | 99          | 88            | 84           | 32         | 28         | 428             | 12                                   | 23             | 38              | 55                          | 60           | 125.4                                | 763.9                |
| 100       | 472             | 99          | 88            | 84           | 32         | 28         | 443             | 12                                   | 23             | 38              | 54                          | 60           | 125.2                                | 763.8                |
| 110       | 471             | 100         | 88            | 84           | 32         | 28         | 467             | 12                                   | 24             | 39              | 56                          | 60           | 125.0                                | 763.8                |
| 120       | 469             | 100         | 88            | 83           | 32         | 29         | 503             | 13                                   | 24             | 38              | 54                          | 59           | 124.6                                | 763.9                |
| 130       | 468             | 101         | 88            | 83           | 32         | 29         | 552             | 13                                   | 25             | 40              | 57                          | 59           | 124.4                                | 763.8                |
| 140       | 468             | 102         | 88            | 83           | 32         | 28         | 601             | 14                                   | 26             | 40              | 57                          | 59           | 124.6                                | 763.9                |
| 147       | 467             | 102         | 88            | 82           | 32         | 29         | 647             | 14                                   | 50             | 39              | 55                          | 58           | 123.0                                | 764.0                |

ตารางที่ ค-21 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 2750 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.86                | 2.84          | 20.93                   | 20.9           | 21             | 21.04          | 20.968           | 0.000785               | 995.74          | 8.51            | 96.8                                    | 0.0553          | 0.0142 | 0.2035 |
| 20        | 19.72               | 5.68          | 17.92                   | 17.94          | 18.07          | 17.95          | 17.970           | 0.000917               | 580.88          | 14.58           | 97.2                                    | 0.0554          | 0.0165 | 0.2371 |
| 30        | 29.62               | 8.53          | 15.79                   | 15.78          | 15.82          | 15.89          | 15.820           | 0.001042               | 439.81          | 19.26           | 97.2                                    | 0.0554          | 0.0188 | 0.2695 |
| 40        | 39.53               | 11.38         | 13.94                   | 14.04          | 14.03          | 14.04          | 14.013           | 0.001177               | 372.36          | 22.75           | 97.2                                    | 0.0554          | 0.0212 | 0.3045 |
| 50        | 49.45               | 14.24         | 12.93                   | 12.94          | 12.94          | 13.01          | 12.955           | 0.001274               | 322.16          | 26.29           | 97.3                                    | 0.0555          | 0.0230 | 0.3295 |
| 60        | 59.53               | 17.14         | 11.53                   | 11.54          | 11.59          | 11.64          | 11.575           | 0.001430               | 300.33          | 28.20           | 97.4                                    | 0.0555          | 0.0258 | 0.3696 |
| 70        | 69.54               | 20.03         | 10.34                   | 10.34          | 10.39          | 10.38          | 10.363           | 0.001599               | 287.50          | 29.46           | 97.4                                    | 0.0555          | 0.0288 | 0.4132 |
| 80        | 79.41               | 22.87         | 9.49                    | 9.55           | 9.52           | 9.57           | 9.533            | 0.001737               | 273.50          | 30.97           | 97.4                                    | 0.0555          | 0.0313 | 0.4489 |
| 90        | 89.37               | 25.74         | 8.97                    | 8.94           | 8.93           | 8.93           | 8.943            | 0.001853               | 259.13          | 32.69           | 97.4                                    | 0.0555          | 0.0334 | 0.4787 |
| 100       | 99.47               | 28.64         | 8.47                    | 8.46           | 8.43           | 8.48           | 8.460            | 0.001961               | 246.46          | 34.37           | 97.8                                    | 0.0556          | 0.0353 | 0.5057 |
| 110       | 109.50              | 31.53         | 7.92                    | 7.99           | 7.97           | 7.91           | 7.948            | 0.002089               | 238.48          | 35.52           | 97.4                                    | 0.0555          | 0.0376 | 0.5397 |
| 120       | 119.41              | 34.39         | 7.27                    | 7.21           | 7.25           | 7.3            | 7.258            | 0.002287               | 239.40          | 35.38           | 97.2                                    | 0.0554          | 0.0412 | 0.5915 |
| 130       | 129.41              | 37.27         | 6.68                    | 6.63           | 6.64           | 6.61           | 6.640            | 0.002500               | 241.52          | 35.07           | 97.0                                    | 0.0554          | 0.0451 | 0.6473 |
| 140       | 139.47              | 40.16         | 6.2                     | 6.14           | 6.18           | 6.15           | 6.168            | 0.002694               | 241.42          | 35.09           | 96.8                                    | 0.0553          | 0.0487 | 0.6981 |
| 143       | 142.54              | 41.05         | 6.02                    | 6.05           | 6.02           | 6.05           | 6.035            | 0.002754               | 241.53          | 35.07           | 96.6                                    | 0.0553          | 0.0498 | 0.7145 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 490             | 98          | 88            | 86           | 29         | 27         | 216             | 9                                    | 25             | 34              | 49                          | 62           | 136.6                                | 765.2                |
| 20        | 490             | 98          | 88            | 86           | 29         | 27         | 246             | 9                                    | 25             | 36              | 53                          | 64           | 137.4                                | 765.2                |
| 30        | 489             | 99          | 88            | 86           | 30         | 27         | 271             | 10                                   | 25             | 35              | 51                          | 64           | 137.4                                | 765.2                |
| 40        | 489             | 99          | 89            | 85           | 30         | 27         | 301             | 10                                   | 26             | 37              | 54                          | 65           | 137.4                                | 765.1                |
| 50        | 488             | 100         | 88            | 84           | 30         | 27         | 330             | 11                                   | 26             | 35              | 52                          | 63           | 137.6                                | 765.1                |
| 60        | 487             | 100         | 88            | 84           | 31         | 27         | 365             | 12                                   | 27             | 36              | 52                          | 63           | 137.8                                | 765.0                |
| 70        | 486             | 100         | 88            | 84           | 31         | 28         | 396             | 13                                   | 27             | 36              | 52                          | 63           | 137.8                                | 765.0                |
| 80        | 486             | 101         | 88            | 84           | 31         | 28         | 424             | 14                                   | 27             | 36              | 52                          | 61           | 138.0                                | 765.0                |
| 90        | 485             | 102         | 88            | 84           | 31         | 28         | 453             | 14                                   | 28             | 37              | 52                          | 61           | 138.0                                | 765.0                |
| 100       | 483             | 102         | 88            | 84           | 31         | 28         | 471             | 15                                   | 28             | 37              | 52                          | 60           | 137.8                                | 764.9                |
| 110       | 482             | 103         | 88            | 84           | 32         | 28         | 496             | 15                                   | 28             | 39              | 55                          | 61           | 137.4                                | 764.9                |
| 120       | 482             | 103         | 88            | 83           | 32         | 28         | 540             | 16                                   | 29             | 38              | 54                          | 61           | 137.0                                | 764.9                |
| 130       | 481             | 104         | 88            | 83           | 32         | 28         | 586             | 17                                   | 29             | 37              | 53                          | 59           | 136.6                                | 764.9                |
| 140       | 480             | 104         | 88            | 82           | 32         | 28         | 652             | 18                                   | 33             | 38              | 53                          | 59           | 136.2                                | 764.9                |
| 143       | 480             | 104         | 88            | 82           | 32         | 29         | 667             | 18                                   | 50             | 39              | 56                          | 59           | 136.0                                | 764.8                |

ตารางที่ ค-22 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 3030 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.93                | 3.15          | 16.71                   | 16.74          | 16.68          | 16.86          | 16.748           | 0.000954               | 1090.45         | 7.77            | 115.0                                   | 0.0603          | 0.0158 | 0.2269 |
| 20        | 19.88               | 6.31          | 15.52                   | 15.49          | 15.44          | 15.47          | 15.480           | 0.001071               | 611.29          | 13.86           | 115.5                                   | 0.0604          | 0.0177 | 0.2542 |
| 30        | 29.75               | 9.44          | 13.83                   | 13.71          | 13.84          | 13.76          | 13.785           | 0.001200               | 457.81          | 18.50           | 116.9                                   | 0.0608          | 0.0197 | 0.2831 |
| 40        | 39.75               | 12.61         | 12.3                    | 12.34          | 12.32          | 12.24          | 12.300           | 0.001348               | 384.68          | 22.02           | 117.1                                   | 0.0608          | 0.0222 | 0.3176 |
| 50        | 49.74               | 15.78         | 11.74                   | 11.75          | 11.77          | 11.72          | 11.745           | 0.001413               | 322.24          | 26.29           | 117.2                                   | 0.0609          | 0.0232 | 0.3327 |
| 60        | 59.86               | 18.99         | 10.52                   | 10.48          | 10.54          | 10.53          | 10.518           | 0.001581               | 299.75          | 28.26           | 117.5                                   | 0.0610          | 0.0259 | 0.3720 |
| 70        | 69.54               | 22.06         | 9.57                    | 9.58           | 9.64           | 9.62           | 9.603            | 0.001726               | 281.58          | 30.08           | 117.5                                   | 0.0610          | 0.0283 | 0.4060 |
| 80        | 79.93               | 25.36         | 8.8                     | 8.8            | 8.75           | 8.76           | 8.778            | 0.001897               | 269.31          | 31.45           | 117.5                                   | 0.0610          | 0.0311 | 0.4463 |
| 90        | 89.96               | 28.54         | 8.36                    | 8.3            | 8.28           | 8.33           | 8.318            | 0.002003               | 252.61          | 33.53           | 117.3                                   | 0.0609          | 0.0329 | 0.4716 |
| 100       | 99.91               | 31.70         | 7.37                    | 7.41           | 7.49           | 7.42           | 7.423            | 0.002244               | 254.78          | 33.25           | 117.0                                   | 0.0608          | 0.0369 | 0.5289 |
| 110       | 109.99              | 34.90         | 7.1                     | 7.16           | 7.09           | 7.13           | 7.120            | 0.002341               | 241.43          | 35.08           | 116.9                                   | 0.0608          | 0.0385 | 0.5520 |
| 120       | 120.04              | 38.09         | 6.32                    | 6.32           | 6.27           | 6.36           | 6.318            | 0.002639               | 249.41          | 33.96           | 116.6                                   | 0.0607          | 0.0435 | 0.6231 |
| 130       | 130.21              | 41.32         | 5.97                    | 5.98           | 5.97           | 5.97           | 5.973            | 0.002794               | 243.48          | 34.79           | 116.6                                   | 0.0607          | 0.0460 | 0.6599 |
| 137       | 137.32              | 43.57         | 5.48                    | 5.54           | 5.56           | 5.53           | 5.528            | 0.003021               | 249.61          | 33.94           | 116.3                                   | 0.0606          | 0.0498 | 0.7144 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 503             | 100         | 88            | 86           | 31         | 28         | 246             | 12                                   | 26             | 37              | 52                          | 65           | 161.8                                | 764.5                |
| 20        | 502             | 100         | 88            | 86           | 31         | 28         | 280             | 12                                   | 26             | 38              | 53                          | 65           | 162.4                                | 764.3                |
| 30        | 501             | 100         | 88            | 85           | 30         | 28         | 315             | 13                                   | 27             | 39              | 54                          | 65           | 163.4                                | 764.2                |
| 40        | 500             | 100         | 88            | 85           | 31         | 28         | 342             | 14                                   | 27             | 39              | 55                          | 65           | 163.6                                | 764.2                |
| 50        | 500             | 101         | 88            | 84           | 31         | 28         | 367             | 15                                   | 27             | 39              | 55                          | 65           | 163.6                                | 764.1                |
| 60        | 499             | 101         | 88            | 83           | 32         | 28         | 410             | 16                                   | 28             | 39              | 55                          | 64           | 164.1                                | 764.0                |
| 70        | 498             | 102         | 88            | 84           | 31         | 28         | 440             | 16                                   | 28             | 39              | 52                          | 63           | 164.2                                | 764.0                |
| 80        | 497             | 103         | 88            | 84           | 32         | 29         | 472             | 17                                   | 28             | 42              | 56                          | 63           | 163.8                                | 764.0                |
| 90        | 496             | 103         | 88            | 83           | 32         | 29         | 498             | 18                                   | 29             | 42              | 57                          | 64           | 163.4                                | 764.0                |
| 100       | 496             | 103         | 88            | 83           | 32         | 29         | 530             | 18                                   | 29             | 41              | 55                          | 63           | 163.2                                | 764.0                |
| 110       | 494             | 104         | 88            | 82           | 32         | 29         | 548             | 19                                   | 29             | 42              | 57                          | 63           | 163.0                                | 764.0                |
| 120       | 494             | 105         | 88            | 82           | 33         | 29         | 595             | 20                                   | 30             | 43              | 58                          | 63           | 162.6                                | 764.0                |
| 130       | 493             | 106         | 88            | 82           | 33         | 29         | 653             | 21                                   | 30             | 43              | 58                          | 62           | 162.4                                | 763.9                |
| 137       | 491             | 106         | 88            | 82           | 33         | 29         | 703             | 22                                   | 50             | 44              | 59                          | 62           | 161.2                                | 763.9                |

ตารางที่ ค-23 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 3250 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.82                | 3.34          | 17.71                   | 17.75          | 17.92          | 17.97          | 17.838           | 0.000920               | 990.90          | 8.55            | 131.3                                   | 0.0644          | 0.0143 | 0.2048 |
| 20        | 19.67               | 6.69          | 15.21                   | 15.11          | 15.18          | 15.19          | 15.173           | 0.001083               | 582.38          | 14.54           | 133.1                                   | 0.0649          | 0.0167 | 0.2394 |
| 30        | 29.52               | 10.05         | 13.12                   | 13.16          | 13.13          | 13.21          | 13.155           | 0.001249               | 447.77          | 18.92           | 133.1                                   | 0.0649          | 0.0193 | 0.2762 |
| 40        | 39.41               | 13.41         | 11.47                   | 11.43          | 11.53          | 11.49          | 11.480           | 0.001433               | 384.75          | 22.02           | 133.3                                   | 0.0649          | 0.0221 | 0.3166 |
| 50        | 49.30               | 16.78         | 10.4                    | 10.43          | 10.41          | 10.4           | 10.410           | 0.001582               | 339.39          | 24.96           | 133.5                                   | 0.0650          | 0.0243 | 0.3491 |
| 60        | 59.19               | 20.14         | 9.43                    | 9.43           | 9.48           | 9.54           | 9.470            | 0.001740               | 310.88          | 27.25           | 134.3                                   | 0.0652          | 0.0267 | 0.3828 |
| 70        | 69.13               | 23.53         | 8.68                    | 8.64           | 8.68           | 8.71           | 8.678            | 0.001900               | 290.76          | 29.13           | 134.3                                   | 0.0652          | 0.0292 | 0.4181 |
| 80        | 79.01               | 26.89         | 8.16                    | 8.19           | 8.19           | 8.19           | 8.183            | 0.002015               | 269.80          | 31.40           | 134.3                                   | 0.0652          | 0.0309 | 0.4434 |
| 90        | 88.95               | 30.27         | 7.69                    | 7.63           | 7.63           | 7.6            | 7.638            | 0.002160               | 256.91          | 32.97           | 134.0                                   | 0.0651          | 0.0332 | 0.4759 |
| 100       | 98.91               | 33.66         | 7.3                     | 7.25           | 7.29           | 7.31           | 7.288            | 0.002266               | 242.30          | 34.96           | 134.0                                   | 0.0651          | 0.0348 | 0.4991 |
| 110       | 108.86              | 37.05         | 6.72                    | 6.7            | 6.72           | 6.74           | 6.720            | 0.002458               | 238.85          | 35.46           | 133.7                                   | 0.0650          | 0.0378 | 0.5421 |
| 120       | 118.96              | 40.49         | 6.22                    | 6.18           | 6.22           | 6.21           | 6.208            | 0.002665               | 236.97          | 35.75           | 133.6                                   | 0.0650          | 0.0410 | 0.5879 |
| 130       | 128.97              | 43.89         | 5.7                     | 5.75           | 5.73           | 5.71           | 5.723            | 0.002893               | 237.25          | 35.70           | 133.3                                   | 0.0649          | 0.0446 | 0.6389 |
| 136       | 135.03              | 45.96         | 5.31                    | 5.26           | 5.31           | 5.27           | 5.288            | 0.003133               | 245.41          | 34.52           | 132.5                                   | 0.0647          | 0.0484 | 0.6940 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 511             | 101         | 89            | 86           | 29         | 26         | 242             | 12                                   | 29              | 33              | 47                          | 62           | 190.3                                | 767.0                |
| 20        | 510             | 102         | 88            | 86           | 29         | 26         | 286             | 16                                   | 30              | 36              | 52                          | 65           | 191.5                                | 767.0                |
| 30        | 509             | 102         | 88            | 85           | 29         | 26         | 327             | 17                                   | 30              | 35              | 50                          | 64           | 191.1                                | 767.0                |
| 40        | 509             | 102         | 88            | 83           | 30         | 27         | 373             | 17                                   | 30              | 37              | 52                          | 65           | 191.5                                | 766.9                |
| 50        | 508             | 103         | 88            | 84           | 30         | 27         | 408             | 18                                   | 31              | 36              | 51                          | 64           | 191.7                                | 766.8                |
| 60        | 507             | 103         | 88            | 83           | 30         | 27         | 441             | 19                                   | 31              | 37              | 52                          | 64           | 192.1                                | 766.8                |
| 70        | 506             | 104         | 88            | 83           | 30         | 27         | 493             | 20                                   | 31              | 36              | 51                          | 63           | 191.9                                | 766.8                |
| 80        | 505             | 104         | 88            | 84           | 30         | 27         | 515             | 21                                   | 32              | 37              | 52                          | 63           | 191.9                                | 766.8                |
| 90        | 504             | 105         | 88            | 84           | 31         | 27         | 530             | 21                                   | 32              | 36              | 52                          | 62           | 191.7                                | 766.8                |
| 100       | 503             | 105         | 88            | 83           | 31         | 27         | 548             | 22                                   | 32              | 38              | 53                          | 62           | 191.5                                | 766.8                |
| 110       | 503             | 106         | 88            | 82           | 31         | 27         | 595             | 23                                   | 33              | 37              | 52                          | 62           | 191.1                                | 766.7                |
| 120       | 502             | 106         | 88            | 83           | 31         | 27         | 641             | 24                                   | 33              | 38              | 53                          | 61           | 190.5                                | 766.6                |
| 130       | 501             | 107         | 88            | 83           | 31         | 27         | 682             | 25                                   | 34              | 39              | 55                          | 62           | 189.5                                | 766.6                |
| 136       | 499             | 107         | 88            | 82           | 32         | 28         | 735             | 26                                   | 50              | 41              | 56                          | 62           | 188.5                                | 766.6                |

ตารางที่ ค-24 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 3500 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |       |       |       | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.76                | 3.58          | 13.1                    | 13.17 | 13.08 | 13.2  | 13.138           | 0.001242               | 1250.54         | 6.77            | 155.3                                   | 0.0701          | 0.0177 | 0.2542 |
| 20        | 19.56               | 7.17          | 11.72                   | 11.74 | 11.78 | 11.79 | 11.758           | 0.001391               | 698.42          | 12.13           | 158.7                                   | 0.0708          | 0.0196 | 0.2815 |
| 30        | 29.34               | 10.75         | 10.58                   | 10.6  | 10.59 | 10.55 | 10.580           | 0.001546               | 517.44          | 16.37           | 159.6                                   | 0.0710          | 0.0218 | 0.3120 |
| 40        | 39.15               | 14.35         | 9.99                    | 9.92  | 9.99  | 10    | 9.975            | 0.001640               | 411.57          | 20.58           | 159.2                                   | 0.0709          | 0.0231 | 0.3315 |
| 50        | 49.02               | 17.97         | 9.17                    | 9.28  | 9.24  | 9.33  | 9.255            | 0.001771               | 354.78          | 23.88           | 159.6                                   | 0.0710          | 0.0249 | 0.3574 |
| 60        | 58.96               | 21.61         | 8.32                    | 8.35  | 8.39  | 8.35  | 8.353            | 0.001966               | 327.48          | 25.87           | 160.1                                   | 0.0711          | 0.0276 | 0.3962 |
| 70        | 68.87               | 25.24         | 7.64                    | 7.63  | 7.66  | 7.7   | 7.658            | 0.002146               | 306.13          | 27.67           | 160.5                                   | 0.0712          | 0.0301 | 0.4320 |
| 80        | 78.85               | 28.90         | 6.97                    | 6.9   | 6.89  | 6.91  | 6.918            | 0.002380               | 296.44          | 28.57           | 160.3                                   | 0.0712          | 0.0334 | 0.4793 |
| 90        | 88.78               | 32.54         | 6.66                    | 6.65  | 6.61  | 6.63  | 6.638            | 0.002482               | 274.58          | 30.85           | 160.5                                   | 0.0712          | 0.0348 | 0.4996 |
| 100       | 98.69               | 36.17         | 6.27                    | 6.25  | 6.29  | 6.32  | 6.283            | 0.002623               | 261.07          | 32.45           | 160.3                                   | 0.0712          | 0.0368 | 0.5283 |
| 110       | 108.78              | 39.87         | 6.02                    | 6.05  | 6.09  | 6.09  | 6.063            | 0.002723               | 245.87          | 34.45           | 160.1                                   | 0.0711          | 0.0383 | 0.5488 |
| 120       | 118.85              | 43.56         | 5.65                    | 5.69  | 5.67  | 5.6   | 5.653            | 0.002924               | 241.68          | 35.05           | 159.7                                   | 0.0711          | 0.0412 | 0.5901 |
| 130       | 128.78              | 47.20         | 5.24                    | 5.22  | 5.25  | 5.18  | 5.223            | 0.003166               | 241.45          | 35.08           | 159.3                                   | 0.0710          | 0.0446 | 0.6396 |
| 132       | 130.86              | 47.96         | 5.13                    | 5.11  | 5.08  | 5.11  | 5.108            | 0.003239               | 243.12          | 34.84           | 159.0                                   | 0.0709          | 0.0457 | 0.6550 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คันเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 527             | 104         | 89            | 85           | 28         | 25         | 325             | 16                                   | 33             | 32              | 47                          | 66           | 251.6                                | 768.9                |
| 20        | 525             | 105         | 88            | 84           | 29         | 26         | 362             | 19                                   | 33             | 33              | 49                          | 66           | 253.2                                | 768.9                |
| 30        | 524             | 106         | 88            | 84           | 29         | 26         | 371             | 20                                   | 33             | 33              | 47                          | 66           | 253.2                                | 768.9                |
| 40        | 524             | 106         | 89            | 85           | 29         | 26         | 401             | 22                                   | 33             | 34              | 50                          | 65           | 253.8                                | 768.9                |
| 50        | 523             | 106         | 89            | 85           | 29         | 26         | 436             | 24                                   | 34             | 36              | 52                          | 65           | 253.6                                | 768.8                |
| 60        | 522             | 107         | 89            | 84           | 30         | 27         | 490             | 26                                   | 34             | 35              | 49                          | 63           | 253.0                                | 768.8                |
| 70        | 521             | 108         | 88            | 84           | 30         | 27         | 511             | 26                                   | 34             | 37              | 52                          | 64           | 253.0                                | 768.8                |
| 80        | 520             | 108         | 89            | 83           | 31         | 27         | 570             | 27                                   | 35             | 37              | 53                          | 64           | 252.0                                | 768.9                |
| 90        | 519             | 109         | 88            | 84           | 31         | 27         | 613             | 28                                   | 35             | 36              | 51                          | 63           | 252.2                                | 768.8                |
| 100       | 518             | 109         | 89            | 82           | 31         | 28         | 625             | 28                                   | 35             | 39              | 54                          | 63           | 251.6                                | 768.8                |
| 110       | 518             | 110         | 89            | 82           | 31         | 28         | 633             | 28                                   | 35             | 39              | 55                          | 64           | 250.8                                | 768.7                |
| 120       | 517             | 110         | 88            | 82           | 32         | 28         | 688             | 29                                   | 36             | 39              | 53                          | 63           | 250.0                                | 768.7                |
| 130       | 516             | 111         | 88            | 82           | 32         | 28         | 706             | 30                                   | 40             | 38              | 53                          | 61           | 248.4                                | 768.6                |
| 132       | 515             | 112         | 88            | 82           | 32         | 28         | 730             | 31                                   | 50             | 39              | 53                          | 62           | 248.2                                | 768.6                |

ตารางที่ ค-25 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 3750 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |       |       |       | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | $t_1$                   | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.98                | 3.92          | 12.91                   | 12.91 | 12.87 | 12.88 | 12.893           | 0.001290               | 1185.47         | 7.15            | 166.0                                   | 0.0724          | 0.0178 | 0.2553 |
| 20        | 19.98               | 7.85          | 11.34                   | 11.37 | 11.33 | 11.37 | 11.353           | 0.001467               | 672.99          | 12.59           | 168.5                                   | 0.0730          | 0.0201 | 0.2882 |
| 30        | 29.99               | 11.78         | 10.37                   | 10.31 | 10.35 | 10.36 | 10.348           | 0.001610               | 492.19          | 17.21           | 169.0                                   | 0.0731          | 0.0220 | 0.3159 |
| 40        | 39.99               | 15.70         | 9.33                    | 9.34  | 9.33  | 9.38  | 9.345            | 0.001783               | 408.74          | 20.72           | 169.5                                   | 0.0732          | 0.0244 | 0.3492 |
| 50        | 49.94               | 19.61         | 8.51                    | 8.5   | 8.5   | 8.48  | 8.498            | 0.001959               | 359.66          | 23.55           | 170.0                                   | 0.0733          | 0.0267 | 0.3832 |
| 60        | 59.83               | 23.49         | 7.86                    | 7.84  | 7.85  | 7.83  | 7.845            | 0.002119               | 324.72          | 26.09           | 170.2                                   | 0.0734          | 0.0289 | 0.4142 |
| 70        | 69.57               | 27.32         | 7.57                    | 7.54  | 7.53  | 7.51  | 7.538            | 0.002199               | 289.83          | 29.23           | 168.8                                   | 0.0731          | 0.0301 | 0.4317 |
| 80        | 79.39               | 31.18         | 6.42                    | 6.43  | 6.46  | 6.43  | 6.435            | 0.002573               | 297.12          | 28.51           | 170.0                                   | 0.0733          | 0.0351 | 0.5032 |
| 90        | 89.40               | 35.11         | 5.93                    | 5.95  | 5.91  | 5.9   | 5.923            | 0.002798               | 286.92          | 29.52           | 169.7                                   | 0.0733          | 0.0382 | 0.5477 |
| 100       | 99.11               | 38.92         | 5.59                    | 5.51  | 5.57  | 5.51  | 5.545            | 0.002983               | 275.90          | 30.70           | 169.3                                   | 0.0732          | 0.0408 | 0.5845 |
| 110       | 108.76              | 42.71         | 5.36                    | 5.31  | 5.4   | 5.36  | 5.358            | 0.003081               | 259.68          | 32.62           | 168.8                                   | 0.0731          | 0.0422 | 0.6047 |
| 120       | 118.12              | 46.39         | 5.05                    | 5.08  | 5.09  | 5.03  | 5.063            | 0.003248               | 252.08          | 33.60           | 168.5                                   | 0.0730          | 0.0445 | 0.6381 |
| 130       | 130.01              | 51.05         | 4.37                    | 4.37  | 4.36  | 4.36  | 4.365            | 0.003818               | 269.24          | 31.46           | 170.0                                   | 0.0733          | 0.0521 | 0.7468 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 536             | 106         | 88            | 84           | 33         | 28         | -               | 18                                   | 36             | 40              | 53                          | 61           | 264.1                                | 768.0                |
| 20        | 535             | 107         | 88            | 84           | 34         | 29         | -               | 20                                   | 37             | 40              | 53                          | 62           | 266.5                                | 768.0                |
| 30        | 534             | 107         | 88            | 84           | 34         | 29         | -               | 21                                   | 37             | 40              | 53                          | 61           | 267.3                                | 768.1                |
| 40        | 533             | 108         | 88            | 84           | 34         | 29         | -               | 23                                   | 37             | 39              | 52                          | 60           | 268.1                                | 768.1                |
| 50        | 533             | 108         | 88            | 84           | 34         | 29         | -               | 25                                   | 38             | 38              | 50                          | 59           | 268.3                                | 768.2                |
| 60        | 533             | 108         | 88            | 84           | 33         | 28         | -               | 27                                   | 38             | 38              | 50                          | 58           | 267.5                                | 768.3                |
| 70        | 533             | 108         | 89            | 84           | 33         | 28         | -               | 29                                   | 38             | 39              | 52                          | 56           | 265.5                                | 768.5                |
| 80        | 531             | 110         | 88            | 83           | 32         | 28         | 586             | 30                                   | 37             | 39              | 52                          | 57           | 264.7                                | 768.7                |
| 90        | 530             | 111         | 88            | 83           | 33         | 28         | 616             | 30                                   | 38             | 38              | 52                          | 56           | 264.9                                | 768.8                |
| 100       | 530             | 111         | 89            | 83           | 32         | 27         | 642             | -                                    | 38             | 37              | 51                          | 55           | 264.1                                | 768.8                |
| 110       | 529             | 111         | 88            | 82           | 31         | 26         | 667             | -                                    | 38             | 36              | 50                          | 54           | 263.3                                | 768.8                |
| 120       | 530             | 109         | 88            | 82           | 30         | 26         | 672             | -                                    | 38             | 34              | 48                          | 53           | 262.5                                | 768.7                |
| 130       | 526             | 111         | 88            | 81           | 34         | 29         | -               | -                                    | 51             | 41              | 54                          | 58           | 266.5                                | 767.9                |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-26 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงดีเซลที่ความเร็วรอบ 4000 rpm

| T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 20 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ |
|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|
|           |                     |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                 |                 |   |                 |        |        |
| 10        | 9.96                | 4.17          | 7.26                    | 7.21           | 7.15           | 0              | 7.207            | 0.002305               | 1988.59         | 4.26            | 176.2                                   | 0.0746          | 0.0309 | 0.4429 |
| 20        | 19.89               | 8.33          | 7.17                    | 7.2            | 7.22           | 0              | 7.197            | 0.002305               | 995.92          | 8.51            | 181.0                                   | 0.0757          | 0.0305 | 0.4370 |
| 30        | 29.81               | 12.49         | 7.49                    | 7.52           | 7.51           | 0              | 7.507            | 0.002208               | 636.62          | 13.31           | 181.8                                   | 0.0758          | 0.0291 | 0.4177 |
| 40        | 39.83               | 16.68         | 7.94                    | 7.92           | 7.9            | 7.95           | 7.928            | 0.002094               | 451.99          | 18.74           | 181.6                                   | 0.0758          | 0.0276 | 0.3963 |
| 50        | 50.06               | 20.97         | 7.19                    | 7.2            | 7.22           | 7.23           | 7.210            | 0.002314               | 397.24          | 21.32           | 182.8                                   | 0.0760          | 0.0304 | 0.4364 |
| 60        | 60.52               | 25.35         | 6.71                    | 6.76           | 6.76           | 6.79           | 6.755            | 0.002485               | 352.95          | 24.00           | 182.7                                   | 0.0760          | 0.0327 | 0.4689 |
| 70        | 70.20               | 29.41         | 6.03                    | 6.04           | 6.03           | 6.07           | 6.043            | 0.002765               | 338.49          | 25.02           | 182.4                                   | 0.0759          | 0.0364 | 0.5221 |
| 80        | 80.22               | 33.60         | 5.56                    | 5.53           | 5.53           | 5.57           | 5.548            | 0.003011               | 322.61          | 26.26           | 182.0                                   | 0.0759          | 0.0397 | 0.5692 |
| 90        | 90.21               | 37.79         | 5.14                    | 5.14           | 5.14           | 5.13           | 5.138            | 0.003250               | 309.67          | 27.35           | 181.8                                   | 0.0758          | 0.0429 | 0.6147 |
| 100       | 99.70               | 41.76         | 5                       | 5              | 4.98           | 4.97           | 4.988            | 0.003333               | 287.31          | 29.48           | 181.4                                   | 0.0757          | 0.0440 | 0.6311 |
| 110       | 109.53              | 45.88         | 4.78                    | 4.81           | 4.79           | 4.78           | 4.790            | 0.003467               | 272.02          | 31.14           | 180.6                                   | 0.0756          | 0.0459 | 0.6578 |
| 120       | 119.27              | 49.96         | 4.43                    | 4.43           | 4.43           | 4.43           | 4.430            | 0.003742               | 269.68          | 31.41           | 180.4                                   | 0.0755          | 0.0496 | 0.7105 |
| 123       | 122.01              | 51.11         | 4.37                    | 4.35           | 4.32           | 4.33           | 4.343            | 0.003812               | 268.48          | 31.55           | 179.6                                   | 0.0754          | 0.0506 | 0.7253 |

| T<br>(Nm) | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) | Exhaust<br>(°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นแรง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel<br>(°C) | In. Mani P.<br>(mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro<br>(mm Hg) |
|-----------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| 10        | 539             | 108         | 88            | 83           | 33         | 29         | -               | -                                    | 44             | 41              | 55                          | 65           | 266.5                                | 767.8                |
| 20        | 538             | 109         | 88            | 83           | 33         | 28         | -               | -                                    | 44             | 40              | 54                          | 65           | 270.1                                | 767.9                |
| 30        | 539             | 108         | 88            | 84           | 32         | 29         | -               | -                                    | 44             | 40              | 54                          | 63           | 271.5                                | 768.0                |
| 40        | 540             | 109         | 90            | 83           | 33         | 29         | -               | 28                                   | 44             | 41              | 61                          | 62           | 272.3                                | 768.3                |
| 50        | 538             | 111         | 88            | 83           | 35         | 30         | 571             | -                                    | 41             | 43              | 55                          | 63           | 272.7                                | 768.6                |
| 60        | 537             | 111         | 88            | 82           | 37         | 31         | 604             | -                                    | 41             | 43              | 55                          | 61           | 272.5                                | 768.8                |
| 70        | 536             | 112         | 88            | 82           | 35         | 30         | 628             | -                                    | 41             | 43              | 55                          | 61           | 271.7                                | 768.8                |
| 80        | 536             | 112         | 88            | 82           | 35         | 30         | 671             | -                                    | 41             | 42              | 53                          | 60           | 270.9                                | 768.9                |
| 90        | 536             | 113         | 88            | 82           | 35         | 30         | 707             | -                                    | 42             | 43              | 54                          | 59           | 270.5                                | 768.9                |
| 100       | 535             | 113         | 88            | 82           | 34         | 29         | 707             | -                                    | 42             | 42              | 54                          | 59           | 269.3                                | 768.9                |
| 110       | 535             | 113         | 88            | 81           | 33         | 29         | 729             | -                                    | 42             | 42              | 53                          | 58           | 267.9                                | 769.0                |
| 120       | 534             | 114         | 88            | 82           | 33         | 29         | 778             | -                                    | 42             | 41              | 53                          | 57           | 267.5                                | 769.2                |
| 123       | 534             | 115         | 88            | 81           | 32         | 29         | 785             | -                                    | 50             | 40              | 52                          | 55           | 266.1                                | 769.2                |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ค-27 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล

| Speed<br>(rev/min) | T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | bmep<br>(kPa) | corrected<br>bmep (kPa) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 10 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | Fuel Injection<br>per cycle (mg) |
|--------------------|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|----------------------------------|
|                    |           |                     |               |                         |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                                  |
| 761                | 0         | 0.00                | 0.00          | 0.00                    | 0.00          | 52.66                   | 52.60          | 52.79          | 52.81          | 52.715           | 0.000158               | 6.27                             |
| 1000               | 20        | 19.76               | 100.52        | 99.34                   | 2.07          | 30.23                   | 30.18          | 30.25          | 30.27          | 30.233           | 0.000274               | 8.31                             |
| 1000               | 30        | 29.60               | 150.78        | 148.77                  | 3.10          | 25.80                   | 25.81          | 25.80          | 25.81          | 25.805           | 0.000321               | 9.74                             |
| 1000               | 147       | 145.75              | 738.82        | 732.53                  | 15.26         | 8.27                    | 8.28           | 8.27           | 8.27           | 8.273            | 0.001005               | 30.38                            |
| 1500               | 157       | 155.06              | 789.08        | 779.32                  | 24.36         | 5.40                    | 5.42           | 5.43           | 5.40           | 5.413            | 0.001532               | 30.96                            |
| 2000               | 30        | 29.46               | 150.78        | 148.07                  | 6.17          | 12.38                   | 12.39          | 12.37          | 12.41          | 12.388           | 0.000666               | 10.14                            |
| 2000               | 50        | 48.87               | 251.30        | 245.61                  | 10.23         | 9.75                    | 9.74           | 9.75           | 9.75           | 9.748            | 0.000843               | 12.89                            |
| 2000               | 159       | 157.76              | 799.14        | 792.89                  | 33.04         | 3.84                    | 3.84           | 3.83           | 3.83           | 3.835            | 0.002170               | 32.77                            |
| 2250               | 10        | 9.93                | 50.26         | 49.89                   | 2.34          | 14.33                   | 14.33          | 14.34          | 14.36          | 14.340           | 0.000581               | 7.79                             |
| 2250               | 20        | 19.83               | 100.52        | 99.68                   | 4.67          | 12.75                   | 12.69          | 12.72          | 12.70          | 12.715           | 0.000654               | 8.79                             |
| 2250               | 40        | 39.71               | 201.04        | 199.60                  | 9.36          | 9.58                    | 9.58           | 9.58           | 9.58           | 9.580            | 0.000869               | 11.66                            |
| 2250               | 61        | 60.55               | 306.59        | 304.34                  | 14.27         | 7.65                    | 7.66           | 7.65           | 7.65           | 7.653            | 0.001088               | 14.60                            |
| 2250               | 80        | 79.10               | 402.08        | 397.54                  | 18.64         | 6.33                    | 6.34           | 6.33           | 6.43           | 6.358            | 0.001305               | 17.57                            |
| 2250               | 130       | 128.56              | 653.38        | 646.15                  | 30.29         | 4.31                    | 4.30           | 4.30           | 4.30           | 4.303            | 0.001929               | 25.96                            |
| 2250               | 168       | 166.56              | 844.37        | 837.12                  | 39.24         | 3.19                    | 3.19           | 3.19           | 3.19           | 3.190            | 0.002607               | 35.02                            |
| 2500               | 40        | 39.60               | 201.04        | 199.03                  | 10.37         | 8.31                    | 8.32           | 8.33           | 8.34           | 8.325            | 0.000998               | 12.08                            |
| 2500               | 90        | 88.95               | 452.34        | 447.09                  | 23.29         | 5.10                    | 5.10           | 5.11           | 5.12           | 5.108            | 0.001624               | 19.68                            |
| 2500               | 163       | 161.91              | 819.24        | 813.74                  | 42.39         | 2.93                    | 2.93           | 2.93           | 2.93           | 2.930            | 0.002843               | 34.31                            |
| 2750               | 20        | 19.87               | 100.52        | 99.86                   | 5.72          | 9.51                    | 9.50           | 9.51           | 9.51           | 9.508            | 0.000876               | 9.61                             |
| 2750               | 40        | 39.91               | 201.04        | 200.59                  | 11.49         | 7.41                    | 7.42           | 7.43           | 7.44           | 7.425            | 0.001126               | 12.31                            |
| 2750               | 70        | 69.95               | 351.82        | 351.57                  | 20.14         | 5.45                    | 5.47           | 5.47           | 5.46           | 5.463            | 0.001533               | 16.73                            |
| 2750               | 111       | 111.20              | 557.89        | 558.91                  | 32.02         | 3.93                    | 3.93           | 3.93           | 3.93           | 3.930            | 0.002135               | 23.26                            |
| 3000               | 82        | 82.35               | 412.13        | 413.88                  | 25.87         | 4.58                    | 4.58           | 4.58           | 4.58           | 4.580            | 0.001836               | 18.29                            |
| 3000               | 120       | 120.13              | 603.12        | 603.76                  | 37.74         | 3.42                    | 3.42           | 3.41           | 3.42           | 3.418            | 0.002454               | 24.51                            |
| 3005               | 154       | 152.82              | 774.01        | 768.09                  | 48.09         | 2.54                    | 2.54           | 2.54           | 2.54           | 2.540            | 0.003277               | 32.93                            |
| 3500               | 90        | 88.97               | 452.34        | 447.16                  | 32.61         | 3.46                    | 3.46           | 3.45           | 3.45           | 3.455            | 0.002401               | 20.78                            |
| 3500               | 147       | 145.80              | 738.82        | 732.78                  | 53.44         | 2.16                    | 2.16           | 2.16           | 2.16           | 2.160            | 0.003852               | 33.25                            |
| 3750               | 100       | 98.20               | 502.60        | 493.57                  | 38.56         | 2.89                    | 2.89           | 2.90           | 2.90           | 2.895            | 0.002850               | 23.15                            |
| 3750               | 140       | 139.24              | 703.64        | 699.83                  | 54.68         | 2.01                    | 2.01           | 2.01           | 2.01           | 2.010            | 0.004149               | 33.35                            |
| 4000               | 134       | 132.77              | 673.49        | 667.29                  | 55.61         | 1.94                    | 1.94           | 1.94           | 1.94           | 1.940            | 0.004285               | 32.39                            |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-27 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล(ต่อ)

| Speed<br>(rev/min) | T<br>(Nm) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) |
|--------------------|-----------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|
| 761                | 0         | -               | -               | 10.1                                    | 0.0179          | 0.0088 | 0.1266 | 170             | 81          | 86            | 86           | 30         | 27         |
| 1000               | 20        | 477.17          | 16.43           | 10.7                                    | 0.0184          | 0.0149 | 0.2139 | 197             | 85          | 87            | 87           | 29         | 26         |
| 1000               | 30        | 372.78          | 21.03           | 13.2                                    | 0.0204          | 0.0157 | 0.2253 | 196             | 85          | 87            | 86           | 28         | 26         |
| 1000               | 147       | 237.14          | 33.06           | 12.4                                    | 0.0198          | 0.0508 | 0.7281 | 195             | 88          | 92            | 88           | 29         | 26         |
| 1500               | 157       | 226.37          | 34.63           | 27.6                                    | 0.0295          | 0.0518 | 0.7434 | 276             | 95          | 89            | 80           | 27         | 26         |
| 2000               | 30        | 388.55          | 20.18           | 53.0                                    | 0.0409          | 0.0163 | 0.2333 | 426             | 89          | 85            | 84           | 27         | 25         |
| 2000               | 50        | 296.47          | 26.44           | 52.1                                    | 0.0406          | 0.0208 | 0.2978 | 450             | 91          | 87            | 86           | 26         | 25         |
| 2000               | 159       | 236.44          | 33.16           | 48.8                                    | 0.0393          | 0.0552 | 0.7921 | 395             | 96          | 89            | 80           | 29         | 26         |
| 2250               | 10        | 893.63          | 8.77            | 68.8                                    | 0.0466          | 0.0124 | 0.1785 | 478             | 93          | 84            | 83           | 30         | 27         |
| 2250               | 20        | 504.00          | 15.56           | 68.7                                    | 0.0466          | 0.0140 | 0.2013 | 464             | 96          | 92            | 89           | 30         | 27         |
| 2250               | 40        | 334.40          | 23.44           | 71.2                                    | 0.0474          | 0.0183 | 0.2627 | 471             | 93          | 88            | 86           | 30         | 27         |
| 2250               | 61        | 274.52          | 28.56           | 71.5                                    | 0.0475          | 0.0229 | 0.3281 | 468             | 95          | 90            | 89           | 30         | 27         |
| 2250               | 80        | 252.11          | 31.10           | 71.1                                    | 0.0474          | 0.0275 | 0.3947 | 472             | 93          | 86            | 84           | 29         | 28         |
| 2250               | 130       | 229.24          | 34.20           | 70.1                                    | 0.0471          | 0.0410 | 0.5875 | 465             | 98          | 91            | 88           | 30         | 27         |
| 2250               | 168       | 239.16          | 32.78           | 68.6                                    | 0.0466          | 0.0560 | 0.8027 | 468             | 95          | 90            | 86           | 29         | 27         |
| 2500               | 40        | 346.48          | 22.63           | 84.0                                    | 0.0515          | 0.0194 | 0.2776 | 491             | 95          | 91            | 89           | 30         | 27         |
| 2500               | 90        | 251.06          | 31.23           | 84.2                                    | 0.0516          | 0.0315 | 0.4513 | 480             | 97          | 92            | 90           | 29         | 27         |
| 2500               | 163       | 241.46          | 32.47           | 82.5                                    | 0.0511          | 0.0557 | 0.7982 | 486             | 97          | 91            | 87           | 30         | 28         |
| 2750               | 20        | 551.33          | 14.22           | 93.4                                    | 0.0543          | 0.0161 | 0.2312 | 502             | 92          | 85            | 83           | 30         | 28         |
| 2750               | 40        | 352.75          | 22.22           | 95.4                                    | 0.0549          | 0.0205 | 0.2940 | 495             | 95          | 89            | 87           | 30         | 28         |
| 2750               | 70        | 273.93          | 28.62           | 94.2                                    | 0.0546          | 0.0281 | 0.4027 | 495             | 93          | 88            | 86           | 31         | 28         |
| 2750               | 111       | 240.02          | 32.66           | 95.6                                    | 0.0550          | 0.0388 | 0.5569 | 488             | 99          | 87            | 83           | 31         | 29         |
| 3000               | 82        | 255.47          | 30.69           | 108.4                                   | 0.0585          | 0.0314 | 0.4496 | 501             | 102         | 88            | 84           | 32         | 29         |
| 3000               | 120       | 234.06          | 33.49           | 109.0                                   | 0.0587          | 0.0418 | 0.5993 | 494             | 103         | 88            | 82           | 32         | 29         |
| 3005               | 154       | 245.31          | 31.96           | 109.8                                   | 0.0589          | 0.0556 | 0.7975 | 501             | 101         | 93            | 85           | 30         | 28         |
| 3500               | 90        | 265.09          | 29.57           | 147.2                                   | 0.0682          | 0.0352 | 0.5047 | 530             | 102         | 93            | 87           | 29         | 27         |
| 3500               | 147       | 259.48          | 30.21           | 147.6                                   | 0.0683          | 0.0564 | 0.8084 | 524             | 100         | 96            | 86           | 30         | 27         |
| 3750               | 100       | 266.01          | 29.47           | 157.4                                   | 0.0705          | 0.0404 | 0.5792 | 558             | 95          | 82            | 79           | 28         | 26         |
| 3750               | 140       | 273.16          | 28.70           | 154.2                                   | 0.0698          | 0.0594 | 0.8520 | 540             | 105         | 92            | 85           | 30         | 28         |
| 4000               | 134       | 277.36          | 28.27           | 164.2                                   | 0.0721          | 0.0595 | 0.8527 | 546             | 112         | 88            | 80           | 29         | 27         |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-27 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล(ต่อ)

| Speed<br>(rev/min) | T<br>(Nm) | Exhaust<br>Temp. (°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel Supply<br>Temp. (°C) | Fuel Return<br>Temp. (°C) | Intake Duct<br>P. (mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro P.<br>(mm Hg) |
|--------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---|-------------------------|
| 761                | 0         | 95                    | 4                                    | 0               | 35              | 55                          | 36                        | 41                        | 12.4                                    | 763.0                   |
| 1000               | 20        | 128                   | 1                                    | 8               | 33              | 54                          | 36                        | 41                        | 18.6                                    | 762.1                   |
| 1000               | 30        | 142                   | 1                                    | 8               | 32              | 53                          | 36                        | 41                        | 19.4                                    | 762.1                   |
| 1000               | 147       | 452                   | 2                                    | 51              | 33              | 55                          | 35                        | 41                        | 18.2                                    | 759.7                   |
| 1500               | 157       | 535                   | 5                                    | 53              | 31              | 50                          | 32                        | 38                        | 42.8                                    | 759.2                   |
| 2000               | 30        | 188                   | 5                                    | 15              | 32              | 47                          | 35                        | 42                        | 92.0                                    | 762.4                   |
| 2000               | 50        | 233                   | 5                                    | 16              | 31              | 47                          | 33                        | 40                        | 92.7                                    | 763.7                   |
| 2000               | 159       | 622                   | 10                                   | 51              | 33              | 52                          | 35                        | 44                        | 87.2                                    | 760.0                   |
| 2250               | 10        | 156                   | 6                                    | 16              | 35              | 51                          | 37                        | 47                        | 120.4                                   | 762.2                   |
| 2250               | 20        | 176                   | 6                                    | 17              | 35              | 51                          | 38                        | 46                        | 120.7                                   | 762.9                   |
| 2250               | 40        | 220                   | 6                                    | 18              | 35              | 51                          | 37                        | 47                        | 121.1                                   | 763.1                   |
| 2250               | 61        | 275                   | 7                                    | 18              | 35              | 52                          | 38                        | 47                        | 120.7                                   | 763.2                   |
| 2250               | 80        | 329                   | 8                                    | 19              | 35              | 52                          | 36                        | 47                        | 119.8                                   | 763.8                   |
| 2250               | 130       | 469                   | 9                                    | 21              | 35              | 52                          | 36                        | 47                        | 117.6                                   | 763.9                   |
| 2250               | 168       | 660                   | 15                                   | 51              | 34              | 52                          | 36                        | 45                        | 116.6                                   | 760.5                   |
| 2500               | 40        | 238                   | 8                                    | 20              | 35              | 51                          | 36                        | 46                        | 128.1                                   | 763.2                   |
| 2500               | 90        | 377                   | 11                                   | 22              | 35              | 51                          | 37                        | 45                        | 128.5                                   | 763.5                   |
| 2500               | 163       | 661                   | 14                                   | 50              | 36              | 51                          | 37                        | 47                        | 125.0                                   | 762.8                   |
| 2750               | 20        | 206                   | 9                                    | 22              | 35              | 50                          | 37                        | 48                        | 135.9                                   | 762.7                   |
| 2750               | 40        | 260                   | 10                                   | 23              | 36              | 50                          | 38                        | 48                        | 136.2                                   | 759.9                   |
| 2750               | 70        | 343                   | 11                                   | 24              | 36              | 53                          | 39                        | 55                        | 135.9                                   | 759.9                   |
| 2750               | 111       | 471                   | 14                                   | 25              | 37              | 53                          | 39                        | 49                        | 135.9                                   | 760.0                   |
| 3000               | 82        | 398                   | 15                                   | 27              | 38              | 54                          | 41                        | 55                        | 155.0                                   | 760.2                   |
| 3000               | 120       | 523                   | 18                                   | 28              | 38              | 53                          | 40                        | 56                        | 155.0                                   | 761.0                   |
| 3005               | 154       | 709                   | 22                                   | 51              | 36              | 52                          | 37                        | 49                        | 155.0                                   | 762.4                   |
| 3500               | 90        | 461                   | 25                                   | 32              | 34              | 49                          | 35                        | 49                        | 235.3                                   | 763.9                   |
| 3500               | 147       | 756                   | 31                                   | 50              | 35              | 51                          | 37                        | 50                        | 231.2                                   | 762.0                   |
| 3750               | 100       | 537                   | 30                                   | 36              | 31              | 42                          | 32                        | 45                        | 248.5                                   | 763.9                   |
| 3750               | 140       | 784                   | -                                    | 52              | 35              | 50                          | 37                        | 53                        | 243.4                                   | 761.2                   |
| 4000               | 134       | 803                   | -                                    | 50              | 34              | 51                          | 36                        | 54                        | 244.2                                   | 760.9                   |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-28 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล

| Speed<br>(rev/min) | T<br>(Nm) | Corrected<br>T (Nm) | bmep<br>(kPa) | corrected<br>bmep (kPa) | Power<br>(kW) | Fuel consumption 10 ml. |                |                |                | avg. time<br>(s) | corrected<br>mf (kg/s) | Fuel Injection<br>per cycle (mg) |
|--------------------|-----------|---------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|----------------------------------|
|                    |           |                     |               |                         |               | t <sub>1</sub>          | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> |                  |                        |                                  |
| 750                | 0         | 0.00                | 0.00          | 0.00                    | 0.00          | 50.75                   | 50.88          | 50.79          | 50.65          | 50.768           | 0.000164               | 6.57                             |
| 1000               | 20        | 19.95               | 100.52        | 100.28                  | 2.09          | 28.29                   | 28.29          | 28.34          | 28.34          | 28.315           | 0.000294               | 8.83                             |
| 1000               | 30        | 29.90               | 150.78        | 150.30                  | 3.13          | 23.42                   | 23.41          | 23.42          | 23.42          | 23.418           | 0.000355               | 10.68                            |
| 1000               | 135       | 133.87              | 678.51        | 672.84                  | 14.02         | 8.51                    | 8.51           | 8.51           | 8.53           | 8.515            | 0.000972               | 29.36                            |
| 1500               | 138       | 137.08              | 693.59        | 688.97                  | 21.53         | 5.64                    | 5.64           | 5.64           | 5.65           | 5.643            | 0.001468               | 29.54                            |
| 2000               | 30        | 29.93               | 150.78        | 150.43                  | 6.27          | 11.94                   | 11.99          | 12.01          | 11.96          | 11.975           | 0.000694               | 10.44                            |
| 2000               | 50        | 49.84               | 251.30        | 250.50                  | 10.44         | 9.18                    | 9.18           | 9.17           | 9.18           | 9.178            | 0.000906               | 13.62                            |
| 2000               | 145       | 144.65              | 728.77        | 727.01                  | 30.30         | 4.08                    | 4.09           | 4.08           | 4.09           | 4.085            | 0.002036               | 30.60                            |
| 2250               | 10        | 9.90                | 50.26         | 49.74                   | 2.33          | 13.24                   | 13.15          | 13.26          | 13.20          | 13.213           | 0.000625               | 8.41                             |
| 2250               | 20        | 19.80               | 100.52        | 99.54                   | 4.67          | 11.29                   | 11.31          | 11.33          | 11.34          | 11.318           | 0.000730               | 9.82                             |
| 2250               | 40        | 39.60               | 201.04        | 199.01                  | 9.33          | 8.63                    | 8.62           | 8.63           | 8.63           | 8.628            | 0.000958               | 12.88                            |
| 2250               | 61        | 60.34               | 306.59        | 303.28                  | 14.22         | 6.78                    | 6.77           | 6.77           | 6.77           | 6.773            | 0.001219               | 16.41                            |
| 2250               | 80        | 78.85               | 402.08        | 396.30                  | 18.58         | 5.65                    | 5.65           | 5.65           | 5.65           | 5.650            | 0.001457               | 19.66                            |
| 2250               | 130       | 128.35              | 653.38        | 645.09                  | 30.24         | 3.81                    | 3.80           | 3.80           | 3.80           | 3.803            | 0.002168               | 29.22                            |
| 2250               | 156       | 155.12              | 784.06        | 779.63                  | 36.55         | 3.06                    | 3.06           | 3.06           | 3.06           | 3.060            | 0.002710               | 36.31                            |
| 2500               | 40        | 39.88               | 201.04        | 200.43                  | 10.44         | 8.00                    | 7.98           | 8.01           | 7.98           | 7.993            | 0.001040               | 12.51                            |
| 2500               | 90        | 90.44               | 452.34        | 454.54                  | 23.68         | 4.66                    | 4.67           | 4.68           | 4.69           | 4.675            | 0.001790               | 21.39                            |
| 2500               | 149       | 148.24              | 748.88        | 745.05                  | 38.81         | 2.98                    | 2.98           | 2.98           | 2.97           | 2.978            | 0.002786               | 33.58                            |
| 2750               | 20        | 19.92               | 100.52        | 100.12                  | 5.74          | 9.03                    | 9.04           | 9.03           | 9.04           | 9.035            | 0.000919               | 10.06                            |
| 2750               | 40        | 39.85               | 201.04        | 200.28                  | 11.48         | 6.99                    | 6.99           | 6.98           | 7.01           | 6.993            | 0.001188               | 13.00                            |
| 2750               | 70        | 67.03               | 351.82        | 336.90                  | 19.30         | 5.11                    | 5.10           | 5.10           | 5.10           | 5.103            | 0.001574               | 17.82                            |
| 2750               | 111       | 110.78              | 557.89        | 556.76                  | 31.90         | 3.61                    | 3.62           | 3.61           | 3.61           | 3.613            | 0.002303               | 25.16                            |
| 3000               | 82        | 82.03               | 412.13        | 412.29                  | 25.77         | 3.83                    | 3.83           | 3.85           | 3.85           | 3.840            | 0.002171               | 21.70                            |
| 3000               | 120       | 119.11              | 603.12        | 598.65                  | 37.42         | 2.91                    | 2.92           | 2.92           | 2.92           | 2.918            | 0.002838               | 28.56                            |
| 3000               | 148       | 147.59              | 743.85        | 741.77                  | 46.37         | 2.36                    | 2.37           | 2.37           | 2.37           | 2.368            | 0.003511               | 35.20                            |
| 3500               | 92        | 91.88               | 462.39        | 461.78                  | 33.68         | 2.94                    | 2.94           | 2.94           | 2.94           | 2.940            | 0.002831               | 24.29                            |
| 3500               | 138       | 137.43              | 693.59        | 690.74                  | 50.37         | 2.02                    | 2.02           | 2.02           | 2.02           | 2.020            | 0.004111               | 35.36                            |
| 3750               | 100       | 99.94               | 502.60        | 502.32                  | 39.25         | 2.55                    | 2.56           | 2.56           | 2.57           | 2.560            | 0.003254               | 26.04                            |
| 3750               | 133       | 132.08              | 668.46        | 663.86                  | 51.87         | 1.90                    | 1.90           | 1.91           | 1.89           | 1.900            | 0.004360               | 35.09                            |
| 4000               | 127       | 126.22              | 638.30        | 634.40                  | 52.87         | 1.84                    | 1.84           | 1.84           | 1.83           | 1.838            | 0.004511               | 34.01                            |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-28 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล (ต่อ)

| Speed<br>(rev/min) | T<br>(Nm) | sfc<br>(g/kW.h) | $\eta_f$<br>(%) | air $\Delta p$<br>(mm H <sub>2</sub> O) | $m_a$<br>(kg/s) | F/A    | $\phi$ | Oil P.<br>(kPa) | Oil<br>(°C) | W.Out<br>(°C) | W.In<br>(°C) | DB<br>(°C) | WB<br>(°C) |
|--------------------|-----------|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|--------|-----------------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|
| 750                | 0         | -               | -               | 10.0                                    | 0.0178          | 0.0092 | 0.1320 | 170             | 80          | 86            | 85           | 31         | 28         |
| 1000               | 20        | 506.04          | 16.09           | 11.7                                    | 0.0192          | 0.0153 | 0.2189 | 192             | 85          | 85            | 84           | 31         | 28         |
| 1000               | 30        | 407.96          | 19.96           | 13.1                                    | 0.0204          | 0.0174 | 0.2500 | 206             | 80          | 80            | 78           | 30         | 28         |
| 1000               | 135       | 249.52          | 32.64           | 9.6                                     | 0.0174          | 0.0558 | 0.7997 | 197             | 89          | 90            | 87           | 29         | 27         |
| 1500               | 138       | 245.51          | 33.17           | 24.4                                    | 0.0278          | 0.0529 | 0.7581 | 274             | 94          | 93            | 89           | 29         | 26         |
| 2000               | 30        | 398.84          | 20.42           | 53.0                                    | 0.0409          | 0.0170 | 0.2433 | 409             | 92          | 88            | 87           | 30         | 28         |
| 2000               | 50        | 312.29          | 26.08           | 52.8                                    | 0.0409          | 0.0222 | 0.3178 | 430             | 89          | 84            | 83           | 30         | 28         |
| 2000               | 145       | 241.90          | 33.67           | 48.2                                    | 0.0390          | 0.0521 | 0.7477 | 388             | 100         | 89            | 82           | 30         | 27         |
| 2250               | 10        | 965.11          | 8.44            | 72.0                                    | 0.0477          | 0.0131 | 0.1879 | 475             | 91          | 85            | 84           | 29         | 27         |
| 2250               | 20        | 563.31          | 14.46           | 71.3                                    | 0.0475          | 0.0154 | 0.2205 | 478             | 91          | 86            | 85           | 29         | 27         |
| 2250               | 40        | 369.49          | 22.04           | 71.6                                    | 0.0476          | 0.0201 | 0.2886 | 477             | 92          | 87            | 86           | 29         | 27         |
| 2250               | 61        | 308.68          | 26.38           | 71.0                                    | 0.0474          | 0.0257 | 0.3689 | 479             | 91          | 86            | 85           | 29         | 27         |
| 2250               | 80        | 282.28          | 28.85           | 71.7                                    | 0.0476          | 0.0306 | 0.4387 | 475             | 91          | 87            | 85           | 28         | 27         |
| 2250               | 130       | 258.05          | 31.56           | 72.9                                    | 0.0480          | 0.0452 | 0.6474 | 482             | 92          | 85            | 82           | 29         | 27         |
| 2250               | 156       | 266.94          | 30.51           | 70.1                                    | 0.0471          | 0.0576 | 0.8254 | 464             | 100         | 93            | 86           | 30         | 27         |
| 2500               | 40        | 358.58          | 22.71           | 81.6                                    | 0.0508          | 0.0205 | 0.2936 | 486             | 96          | 92            | 89           | 30         | 28         |
| 2500               | 90        | 272.14          | 29.93           | 83.4                                    | 0.0514          | 0.0349 | 0.4998 | 487             | 96          | 92            | 89           | 32         | 28         |
| 2500               | 149       | 258.48          | 31.51           | 85.8                                    | 0.0521          | 0.0535 | 0.7671 | 488             | 97          | 90            | 86           | 30         | 27         |
| 2750               | 20        | 576.82          | 14.12           | 93.2                                    | 0.0543          | 0.0169 | 0.2428 | 504             | 93          | 89            | 87           | 30         | 27         |
| 2750               | 40        | 372.65          | 21.86           | 93.8                                    | 0.0545          | 0.0218 | 0.3128 | 502             | 95          | 90            | 89           | 30         | 28         |
| 2750               | 70        | 293.50          | 27.75           | 95.0                                    | 0.0548          | 0.0287 | 0.4117 | 499             | 96          | 93            | 91           | 20         | 27         |
| 2750               | 111       | 259.86          | 31.34           | 95.9                                    | 0.0551          | 0.0418 | 0.5996 | 495             | 98          | 91            | 85           | 30         | 28         |
| 3000               | 82        | 303.24          | 26.86           | 110.3                                   | 0.0591          | 0.0368 | 0.5271 | 504             | 100         | 88            | 86           | 31         | 28         |
| 3000               | 120       | 273.05          | 29.83           | 108.4                                   | 0.0585          | 0.0485 | 0.6951 | 501             | 103         | 89            | 84           | 30         | 27         |
| 3000               | 148       | 272.64          | 29.87           | 117.1                                   | 0.0608          | 0.0577 | 0.8274 | 520             | 97          | 93            | 86           | 30         | 28         |
| 3500               | 92        | 302.66          | 26.91           | 152.0                                   | 0.0693          | 0.0408 | 0.5856 | 543             | 96          | 88            | 85           | 31         | 28         |
| 3500               | 138       | 293.79          | 27.72           | 150.2                                   | 0.0689          | 0.0597 | 0.8553 | 532             | 102         | 94            | 89           | 30         | 26         |
| 3750               | 100       | 298.43          | 27.29           | 156.2                                   | 0.0703          | 0.0463 | 0.6638 | 541             | 106         | 88            | 82           | 31         | 28         |
| 3750               | 133       | 302.61          | 26.91           | 156.2                                   | 0.0703          | 0.0620 | 0.8896 | 540             | 104         | 94            | 87           | 29         | 27         |
| 4000               | 127       | 307.17          | 26.51           | 165.0                                   | 0.0722          | 0.0625 | 0.8956 | 551             | 107         | 92            | 84           | 30         | 27         |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-28 ผลทดสอบเครื่องยนต์ขณะทำการวัดความดันในห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงดีเซล (ต่อ)

| Speed<br>(rev/min) | T<br>(Nm) | Exhaust<br>Temp. (°C) | Exhaust P.<br>(in. H <sub>2</sub> O) | คั้นเร่ง<br>(%) | Air Box<br>(°C) | In. Mani fold<br>Temp. (°C) | Fuel Supply<br>Temp. (°C) | Fuel Return<br>Temp. (°C) | Intake Duct<br>P. (mm H <sub>2</sub> O) | atm. Baro P.<br>(mm Hg) |
|--------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---|-------------------------|
| 750                | 0         | 95                    | 5                                    | 0               | 36              | 56                          | 39                        | 44                        | 12.0                                    | 761.5                   |
| 1000               | 20        | 129                   | 1                                    | 8               | 35              | 55                          | 39                        | 44                        | 17.4                                    | 761.0                   |
| 1000               | 30        | 142                   | 1                                    | 8               | 35              | 53                          | 39                        | 44                        | 18.6                                    | 760.5                   |
| 1000               | 135       | 399                   | 3                                    | 50              | 32              | 54                          | 33                        | 39                        | 16.8                                    | 760.1                   |
| 1500               | 138       | 465                   | 5                                    | 50              | 34              | 55                          | 38                        | 46                        | 42.4                                    | 760.0                   |
| 2000               | 30        | 193                   | 5                                    | 15              | 35              | 52                          | 40                        | 47                        | 92.2                                    | 760.2                   |
| 2000               | 50        | 239                   | 5                                    | 16              | 35              | 51                          | 40                        | 46                        | 92.0                                    | 760.0                   |
| 2000               | 145       | 561                   | 8                                    | 50              | 36              | 55                          | 37                        | 50                        | 88.2                                    | 760.0                   |
| 2250               | 10        | 158                   | 6                                    | 17              | 35              | 49                          | 39                        | 46                        | 121.4                                   | 762.4                   |
| 2250               | 20        | 177                   | 6                                    | 17              | 35              | 50                          | 39                        | 46                        | 121.2                                   | 762.8                   |
| 2250               | 40        | 226                   | 6                                    | 18              | 34              | 50                          | 38                        | 45                        | 121.4                                   | 763.0                   |
| 2250               | 61        | 274                   | 7                                    | 19              | 34              | 48                          | 36                        | 44                        | 121.0                                   | 763.2                   |
| 2250               | 80        | 333                   | 8                                    | 19              | 33              | 50                          | 36                        | 45                        | 120.5                                   | 763.3                   |
| 2250               | 130       | 471                   | 8                                    | 21              | 32              | 44                          | 33                        | 39                        | 120.9                                   | 763.2                   |
| 2250               | 156       | 614                   | 13                                   | 50              | 35              | 52                          | 38                        | 46                        | 119.7                                   | 761.1                   |
| 2500               | 40        | 248                   | 8                                    | 20              | 35              | 52                          | 39                        | 48                        | 127.8                                   | 759.9                   |
| 2500               | 90        | 398                   | 11                                   | 22              | 36              | 53                          | 42                        | 49                        | 128.2                                   | 759.8                   |
| 2500               | 149       | 627                   | 13                                   | 50              | 35              | 49                          | 38                        | 48                        | 128.7                                   | 760.0                   |
| 2750               | 20        | 216                   | 9                                    | 22              | 35              | 50                          | 40                        | 49                        | 137.4                                   | 760.0                   |
| 2750               | 40        | 267                   | 10                                   | 23              | 35              | 50                          | 40                        | 49                        | 137.8                                   | 760.9                   |
| 2750               | 70        | 356                   | 12                                   | 24              | 35              | 51                          | 38                        | 48                        | 137.8                                   | 760.3                   |
| 2750               | 111       | 478                   | 14                                   | 26              | 35              | 50                          | 38                        | 46                        | 139.4                                   | 760.0                   |
| 3000               | 82        | 425                   | 16                                   | 27              | 35              | 47                          | 36                        | 48                        | 156.6                                   | 761.2                   |
| 3000               | 120       | 566                   | 19                                   | 29              | 35              | 52                          | 39                        | 49                        | 155.8                                   | 762.0                   |
| 3000               | 148       | 677                   | 19                                   | 50              | 35              | 47                          | 36                        | 46                        | 158.6                                   | 760.0                   |
| 3500               | 92        | 490                   | 25                                   | 33              | 36              | 50                          | 39                        | 52                        | 237.7                                   | 761.8                   |
| 3500               | 138       | 696                   | 29                                   | 50              | 35              | 50                          | 38                        | 50                        | 238.1                                   | 760.1                   |
| 3750               | 100       | 574                   | -                                    | 36              | 36              | 47                          | 37                        | 49                        | 249.7                                   | 761.3                   |
| 3750               | 133       | 753                   | -                                    | 50              | 35              | 51                          | 38                        | 50                        | 247.3                                   | 760.4                   |
| 4000               | 127       | 757                   | -                                    | 45              | 35              | 48                          | 40                        | 52                        | 248.5                                   | 760.9                   |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-29 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล

| Speed<br>(rpm) | Torque<br>(Nm) | bmep<br>(kPa) | P max<br>(bar) | SOI<br>(°CA) | SOC<br>(°CA) | Ignition Delay<br>(ms) | Ignition Delay<br>(°CA) | 10% Xb |                           |
|----------------|----------------|---------------|----------------|--------------|--------------|------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|
|                |                |               |                |              |              |                        |                         | (°CA)  | duration from SOC<br>(ms) |
| 761            | idle           |               | 53.26          | -4           | 5.5          | 2.08                   | 9.5                     | 8      | 0.55                      |
| 1000           | 20             | 100.52        | 58.59          | -11.5        | 8            | 3.25                   | 19.5                    | 9      | 0.17                      |
| 1000           | 30             | 150.78        | 58.45          | -10.5        | 5            | 2.58                   | 15.5                    | 8      | 0.50                      |
| 1000           | 147            | 738.82        | 59.29          | -9.5         | 3.5          | 2.17                   | 13                      | 10.5   | 1.17                      |
| 1500           | 157            | 789.08        | 61.83          | -14          | 4.5          | 2.06                   | 18.5                    | 9      | 0.50                      |
| 2000           | 30             | 150.78        | 61.48          | -11          | 7            | 1.50                   | 18                      | 9      | 0.17                      |
| 2000           | 50             | 251.30        | 61.72          | -10          | -5.5         | 0.38                   | 4.5                     | 5      | 0.88                      |
| 2000           | 159            | 799.14        | 63.33          | -12.5        | -7           | 0.46                   | 5.5                     | 7      | 1.17                      |
| 2250           | 10             | 50.26         | 64.40          | -9           | -6           | 0.22                   | 3                       | 2      | 0.59                      |
| 2250           | 20             | 100.52        | 64.98          | -9.5         | -5.5         | 0.30                   | 4                       | 4      | 0.70                      |
| 2250           | 40             | 201.04        | 65.81          | -11.5        | -8           | 0.26                   | 3.5                     | 0.5    | 0.63                      |
| 2250           | 61             | 306.59        | 65.84          | -11          | -6.5         | 0.33                   | 4.5                     | 4.5    | 0.81                      |
| 2250           | 80             | 402.08        | 66.30          | -11.5        | -6.5         | 0.37                   | 5                       | 7      | 1.00                      |
| 2250           | 130            | 653.38        | 67.57          | -11.5        | -7           | 0.33                   | 4.5                     | 7      | 1.04                      |
| 2250           | 168            | 844.37        | 67.30          | -12          | -7           | 0.37                   | 5                       | 7.5    | 1.07                      |
| 2500           | 40             | 201.04        | 65.61          | -11          | -8           | 0.20                   | 3                       | 0      | 0.53                      |
| 2500           | 90             | 452.34        | 66.36          | -11          | -7           | 0.27                   | 4                       | 4      | 0.73                      |
| 2500           | 163            | 819.24        | 67.63          | -11          | -6.5         | 0.30                   | 4.5                     | 7      | 0.90                      |
| 2750           | 20             | 100.52        | 63.90          | -9           | -6.5         | 0.15                   | 2.5                     | 0      | 0.39                      |
| 2750           | 40             | 201.04        | 64.64          | -10.5        | -8           | 0.15                   | 2.5                     | 0      | 0.48                      |
| 2750           | 70             | 351.82        | 64.73          | -10          | -7.5         | 0.15                   | 2.5                     | 2      | 0.58                      |
| 2750           | 111            | 557.89        | 66.20          | -11          | -8           | 0.18                   | 3                       | 2.5    | 0.64                      |
| 3000           | 82             | 412.13        | 65.34          | -8.5         | -6.5         | 0.11                   | 2                       | 1.5    | 0.44                      |
| 3000           | 120            | 603.12        | 67.42          | -11.5        | -8.5         | 0.17                   | 3                       | 1.5    | 0.56                      |
| 3005           | 154            | 774.01        | 69.14          | -12.5        | -9           | 0.19                   | 3.5                     | 2      | 0.61                      |
| 3500           | 90             | 452.34        | 70.33          | -10          | -7.5         | 0.12                   | 2.5                     | 2      | 0.45                      |
| 3500           | 147            | 738.82        | 74.27          | -14.5        | -9           | 0.26                   | 5.5                     | 5.5    | 0.69                      |
| 3750           | 100            | 502.60        | 69.98          | -11.5        | -9           | 0.11                   | 2.5                     | 0.5    | 0.42                      |
| 3750           | 140            | 703.64        | 72.02          | -13.5        | -9.5         | 0.18                   | 4                       | 3      | 0.56                      |
| 4000           | 134            | 673.49        | 71.76          | -14          | -10          | 0.17                   | 4                       | 0.5    | 0.44                      |

ตารางที่ ค-29 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล(ต่อ)

| Speed<br>(rpm) | Torque<br>(Nm) | 90% Xb |                           | Duration<br>10-90% Xb<br>(ms) | EOC<br>(°CA) | Burn<br>Duration<br>(ms) | Burn<br>Duration<br>(°CA) | dQ max (kJ/deg) |       | time to<br>peak<br>dQ |
|----------------|----------------|--------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-------|-----------------------|
|                |                | (°CA)  | Duration from<br>SOC (ms) |                               |              |                          |                           | ค่า             | (°CA) |                       |
| 761            | idle           | 20     | 3.18                      | 2.63                          | 27           | 4.71                     | 21.5                      | 0.0160          | 11    | 3.29                  |
| 1000           | 20             | 19.5   | 1.92                      | 1.75                          | 27.5         | 3.25                     | 19.5                      | 0.0169          | 10    | 3.58                  |
| 1000           | 30             | 22     | 2.83                      | 2.33                          | 29.5         | 4.08                     | 24.5                      | 0.0219          | 11    | 3.58                  |
| 1000           | 147            | 34.5   | 5.17                      | 4.00                          | 51           | 7.92                     | 47.5                      | 0.0458          | 17.5  | 4.50                  |
| 1500           | 157            | 37.5   | 3.67                      | 3.17                          | 60.5         | 6.22                     | 56                        | 0.0436          | 16    | 3.33                  |
| 2000           | 30             | 21     | 1.17                      | 1.00                          | 27           | 1.67                     | 20                        | 0.0285          | 14.5  | 2.13                  |
| 2000           | 50             | 24.5   | 2.50                      | 1.63                          | 32.5         | 3.17                     | 38                        | 0.0340          | 17    | 2.25                  |
| 2000           | 159            | 35.5   | 3.54                      | 2.38                          | 53           | 5.00                     | 60                        | 0.0559          | 15    | 2.29                  |
| 2250           | 10             | 22.5   | 2.11                      | 1.52                          | 30           | 2.67                     | 36                        | 0.0270          | 17    | 1.93                  |
| 2250           | 20             | 23     | 2.11                      | 1.41                          | 31           | 2.70                     | 36.5                      | 0.0299          | 16    | 1.89                  |
| 2250           | 40             | 25.5   | 2.48                      | 1.85                          | 35           | 3.19                     | 43                        | 0.0368          | 17    | 2.11                  |
| 2250           | 61             | 28     | 2.56                      | 1.74                          | 36           | 3.15                     | 42.5                      | 0.0373          | 17    | 2.07                  |
| 2250           | 80             | 30     | 2.70                      | 1.70                          | 39.5         | 3.41                     | 46                        | 0.0392          | 16    | 2.04                  |
| 2250           | 130            | 34     | 3.04                      | 2.00                          | 53.5         | 4.48                     | 60.5                      | 0.0468          | 14    | 1.89                  |
| 2250           | 168            | 37.5   | 3.30                      | 2.22                          | 56.5         | 4.70                     | 63.5                      | 0.0533          | 15.5  | 2.04                  |
| 2500           | 40             | 24.5   | 2.17                      | 1.63                          | 33           | 2.73                     | 41                        | 0.0342          | 13    | 1.60                  |
| 2500           | 90             | 32     | 2.60                      | 1.87                          | 42           | 3.27                     | 49                        | 0.0406          | 17.5  | 1.90                  |
| 2500           | 163            | 38     | 2.97                      | 2.07                          | 58.5         | 4.33                     | 65                        | 0.0571          | 15    | 1.73                  |
| 2750           | 20             | 24     | 1.85                      | 1.45                          | 30.5         | 2.24                     | 37                        | 0.0282          | 14    | 1.39                  |
| 2750           | 40             | 27.5   | 2.15                      | 1.67                          | 37.5         | 2.76                     | 45.5                      | 0.0319          | 14    | 1.48                  |
| 2750           | 70             | 32     | 2.39                      | 1.82                          | 41.5         | 2.97                     | 49                        | 0.0320          | 17    | 1.64                  |
| 2750           | 111            | 33.5   | 2.52                      | 1.88                          | 46           | 3.27                     | 54                        | 0.0466          | 17.5  | 1.73                  |
| 3000           | 82             | 33.5   | 2.22                      | 1.78                          | 43.5         | 2.78                     | 50                        | 0.0362          | 18.5  | 1.50                  |
| 3000           | 120            | 33     | 2.31                      | 1.75                          | 43.5         | 2.89                     | 52                        | 0.0500          | 17    | 1.58                  |
| 3005           | 154            | 39     | 2.66                      | 2.05                          | 60           | 3.83                     | 69                        | 0.0542          | 17    | 1.64                  |
| 3500           | 90             | 35     | 2.02                      | 1.57                          | 46           | 2.55                     | 53.5                      | 0.0357          | 19.5  | 1.40                  |
| 3500           | 147            | 41     | 2.38                      | 1.69                          | 64           | 3.48                     | 73                        | 0.0451          | 14    | 1.36                  |
| 3750           | 100            | 34     | 1.91                      | 1.49                          | 46           | 2.44                     | 55                        | 0.0452          | 19    | 1.36                  |
| 3750           | 140            | 38.5   | 2.13                      | 1.58                          | 60           | 3.09                     | 69.5                      | 0.0443          | 15.5  | 1.29                  |
| 4000           | 134            | 37     | 1.96                      | 1.52                          | 53           | 2.63                     | 63                        | 0.0530          | 16    | 1.25                  |



ตารางที่ ค-29 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล(ต่อ)

| Speed<br>(rpm) | Torque<br>(Nm) | Q max<br>(kJ) | Xb max | $m_f$<br>(mg/cycle) | T exh<br>°CA | $\eta_f$<br>(%) | m air<br>(mg/cycle) | V <sub>SOI</sub><br>(l) | P <sub>SOI</sub><br>(bar) | T <sub>SOI</sub><br>(K) |
|----------------|----------------|---------------|--------|---------------------|--------------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 761            | idle           | 0.1656        | 0.5757 | 6.22                | 95           |                 | 0.000704            | 0.0313                  | 51.51                     | 797.39                  |
| 1000           | 20             | 0.1506        | 0.3944 | 8.23                | 128          | 16.43           | 0.000552            | 0.0385                  | 45.75                     | 1112.15                 |
| 1000           | 30             | 0.2571        | 0.5747 | 9.63                | 142          | 21.03           | 0.000613            | 0.0371                  | 45.78                     | 965.53                  |
| 1000           | 147            | 0.9730        | 0.6974 | 30.16               | 452          | 33.06           | 0.000594            | 0.0359                  | 47.46                     | 999.41                  |
| 1500           | 157            | 0.9667        | 0.6801 | 30.63               | 535          | 34.63           | 0.000591            | 0.0424                  | 40.02                     | 1000.70                 |
| 2000           | 30             | 0.2861        | 0.6141 | 9.99                | 188          | 20.18           | 0.000614            | 0.0378                  | 46.67                     | 1001.09                 |
| 2000           | 50             | 0.4755        | 0.8032 | 12.64               | 233          | 26.44           | 0.000609            | 0.0365                  | 45.71                     | 954.90                  |
| 2000           | 159            | 1.1943        | 0.7937 | 32.55               | 622          | 33.16           | 0.000589            | 0.04                    | 39.17                     | 926.55                  |
| 2250           | 10             | 0.3249        | 0.9082 | 7.74                | 156          | 8.77            | 0.000622            | 0.0353                  | 49.95                     | 987.82                  |
| 2250           | 20             | 0.3451        | 0.8555 | 8.72                | 176          | 15.56           | 0.000621            | 0.0359                  | 49.65                     | 999.48                  |
| 2250           | 40             | 0.4854        | 0.9066 | 11.59               | 220          | 23.44           | 0.000633            | 0.0385                  | 43.88                     | 930.41                  |
| 2250           | 61             | 0.5724        | 0.8539 | 14.51               | 275          | 28.56           | 0.000634            | 0.0378                  | 45.58                     | 946.93                  |
| 2250           | 80             | 0.6442        | 0.7985 | 17.40               | 329          | 31.10           | 0.000632            | 0.0385                  | 45.04                     | 955.80                  |
| 2250           | 130            | 0.9176        | 0.7697 | 25.72               | 469          | 34.20           | 0.000628            | 0.0385                  | 44.92                     | 960.01                  |
| 2250           | 168            | 1.2516        | 0.7784 | 34.76               | 660          | 32.78           | 0.000621            | 0.0392                  | 43.46                     | 955.82                  |
| 2500           | 40             | 0.5168        | 0.9319 | 11.97               | 238          | 22.63           | 0.000618            | 0.0378                  | 44.03                     | 937.78                  |
| 2500           | 90             | 0.7671        | 0.8487 | 19.49               | 377          | 31.23           | 0.000619            | 0.0378                  | 44.66                     | 950.07                  |
| 2500           | 163            | 1.2239        | 0.7768 | 34.12               | 661          | 32.47           | 0.000613            | 0.0378                  | 45.27                     | 972.90                  |
| 2750           | 20             | 0.4208        | 0.9533 | 9.56                | 206          | 14.22           | 0.000593            | 0.0353                  | 47.64                     | 988.41                  |
| 2750           | 40             | 0.5407        | 0.9565 | 12.29               | 260          | 22.22           | 0.000599            | 0.0371                  | 43.88                     | 946.65                  |
| 2750           | 70             | 0.7043        | 0.9168 | 16.72               | 343          | 28.62           | 0.000595            | 0.0365                  | 44.88                     | 958.64                  |
| 2750           | 111            | 0.9552        | 0.8944 | 23.29               | 471          | 32.66           | 0.000600            | 0.0378                  | 42.26                     | 927.93                  |
| 3000           | 82             | 0.7910        | 0.9416 | 18.36               | 398          | 30.69           | 0.000585            | 0.0348                  | 47.24                     | 978.42                  |
| 3000           | 120            | 1.0514        | 0.9341 | 24.54               | 523          | 33.49           | 0.000587            | 0.0385                  | 41.18                     | 940.88                  |
| 3005           | 154            | 1.3106        | 0.8667 | 32.72               | 709          | 31.96           | 0.000588            | 0.04                    | 38.78                     | 918.87                  |
| 3500           | 90             | 0.8127        | 0.8515 | 20.58               | 461          | 29.57           | 0.000585            | 0.0365                  | 48.50                     | 1054.85                 |
| 3500           | 147            | 1.1203        | 0.7338 | 33.01               | 756          | 30.21           | 0.000586            | 0.0433                  | 41.46                     | 1068.25                 |
| 3750           | 100            | 0.9454        | 0.8893 | 22.80               | 537          | 29.47           | 0.000564            | 0.0385                  | 42.84                     | 1018.15                 |
| 3750           | 140            | 1.1757        | 0.7679 | 33.19               | 784          | 28.70           | 0.000559            | 0.0416                  | 39.89                     | 1034.94                 |
| 4000           | 134            | 1.1978        | 0.8053 | 32.14               | 803          | 28.27           | 0.000540            | 0.0424                  | 37.05                     | 1012.89                 |

ตารางที่ ค-30 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล

| Speed<br>(rpm) | Torque<br>(Nm) | bmep<br>(kPa) | P max<br>(bar) | SOI<br>(°CA) | SOC<br>(°CA) | Ignition Delay<br>(ms) | Ignition Delay<br>(°CA) | 10% Xb |                           |
|----------------|----------------|---------------|----------------|--------------|--------------|------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|
|                |                |               |                |              |              |                        |                         | (°CA)  | duration from SOC<br>(ms) |
| 750            | idle           |               | 54.05          | -4           | 4            | 1.78                   | 8                       | 7.5    | 0.78                      |
| 1000           | 20             | 100.52        | 57.98          | -11          | 9            | 3.33                   | 20                      | 10     | 0.17                      |
| 1000           | 30             | 150.78        | 58.08          | -10.5        | 3            | 2.25                   | 13.5                    | 5.5    | 0.42                      |
| 1000           | 135            | 678.51        | 59.51          | -10.5        | 5.5          | 2.67                   | 16                      | 10.5   | 0.83                      |
| 1500           | 138            | 693.59        | 60.35          | -12          | 3.5          | 1.72                   | 15.5                    | 10.5   | 0.78                      |
| 2000           | 30             | 150.78        | 61.12          | -9.5         | 5.5          | 1.25                   | 15                      | 10.5   | 0.42                      |
| 2000           | 50             | 251.30        | 61.07          | -8.5         | -5           | 0.29                   | 3.5                     | 3.5    | 0.71                      |
| 2000           | 145            | 728.77        | 62.63          | -9           | -5           | 0.33                   | 4                       | 8.5    | 1.13                      |
| 2250           | 10             | 50.26         | 64.23          | -8           | -4.5         | 0.26                   | 3.5                     | 3.5    | 0.59                      |
| 2250           | 20             | 100.52        | 64.98          | -8.5         | -5.5         | 0.22                   | 3                       | 4.5    | 0.74                      |
| 2250           | 40             | 201.04        | 65.20          | -11          | -4.5         | 0.48                   | 6.5                     | 6.5    | 0.81                      |
| 2250           | 61             | 306.59        | 65.28          | -10.5        | -5           | 0.41                   | 5.5                     | 6.5    | 0.85                      |
| 2250           | 80             | 402.08        | 65.67          | -10          | -5           | 0.37                   | 5                       | 7.5    | 0.93                      |
| 2250           | 130            | 653.38        | 67.80          | -11.5        | -6.5         | 0.37                   | 5                       | 7      | 1.00                      |
| 2250           | 156            | 784.06        | 67.12          | -10.5        | -4           | 0.48                   | 6.5                     | 9.5    | 1.00                      |
| 2500           | 40             | 201.04        | 64.51          | -10          | -6           | 0.27                   | 4                       | 3      | 0.60                      |
| 2500           | 90             | 452.34        | 65.19          | -9.5         | -6           | 0.23                   | 3.5                     | 5      | 0.73                      |
| 2500           | 149            | 748.88        | 66.98          | -9.5         | -4.5         | 0.33                   | 5                       | 9.5    | 0.93                      |
| 2750           | 20             | 100.52        | 63.02          | -8.5         | -6           | 0.15                   | 2.5                     | 1      | 0.42                      |
| 2750           | 40             | 201.04        | 63.89          | -9           | -6.5         | 0.15                   | 2.5                     | 1.5    | 0.48                      |
| 2750           | 70             | 351.82        | 64.19          | -8.5         | -6           | 0.15                   | 2.5                     | 2.5    | 0.52                      |
| 2750           | 111            | 557.89        | 66.50          | -11.5        | -8           | 0.21                   | 3.5                     | 3      | 0.67                      |
| 3000           | 82             | 412.13        | 64.93          | -7.5         | -5.5         | 0.11                   | 2                       | 2.5    | 0.44                      |
| 3000           | 120            | 603.12        | 68.01          | -11          | -8           | 0.17                   | 3                       | 3      | 0.61                      |
| 3000           | 148            | 743.85        | 68.72          | -11          | -8           | 0.17                   | 3                       | 1.5    | 0.53                      |
| 3500           | 92             | 462.39        | 69.10          | -7           | -5           | 0.10                   | 2                       | 4      | 0.43                      |
| 3500           | 138            | 693.59        | 73.03          | -14.5        | -10          | 0.21                   | 4.5                     | 1      | 0.52                      |
| 3750           | 100            | 502.60        | 67.96          | -9           | -6.5         | 0.11                   | 2.5                     | 4.5    | 0.49                      |
| 3750           | 133            | 668.46        | 70.78          | -11          | -8           | 0.13                   | 3                       | 3      | 0.49                      |
| 4000           | 127            | 638.30        | 70.61          | -11          | -8           | 0.13                   | 3                       | 1      | 0.38                      |

ตารางที่ ค-30 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล (ต่อ)

| Speed<br>(rpm) | Torque<br>(Nm) | 90% Xb |                           | Duration<br>10-90% Xb<br>(ms) | EOC<br>(°CA) | Burn<br>Duration<br>(ms) | Burn<br>Duration<br>(°CA) | dQ max (kJ/deg) |       | time to<br>peak<br>dQ |
|----------------|----------------|--------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-------|-----------------------|
|                |                | (°CA)  | Duration from<br>SOC (ms) |                               |              |                          |                           | ค่า             | (°CA) |                       |
| 750            | idle           | 20     | 3.56                      | 2.78                          | 26.5         | 5.00                     | 22.5                      | 0.0131          | 12.5  | 3.67                  |
| 1000           | 20             | 20.5   | 1.92                      | 1.75                          | 26.5         | 2.92                     | 17.5                      | 0.0180          | 11.5  | 3.75                  |
| 1000           | 30             | 23     | 3.33                      | 2.92                          | 29.5         | 4.42                     | 26.5                      | 0.0239          | 13.5  | 4.00                  |
| 1000           | 135            | 34     | 4.75                      | 3.92                          | 47           | 6.92                     | 41.5                      | 0.0419          | 18.5  | 4.83                  |
| 1500           | 138            | 35     | 3.50                      | 2.72                          | 50.5         | 5.22                     | 47                        | 0.0407          | 16    | 3.11                  |
| 2000           | 30             | 23.5   | 1.50                      | 1.08                          | 31.5         | 2.17                     | 26                        | 0.0299          | 16    | 2.13                  |
| 2000           | 50             | 28.5   | 2.79                      | 2.08                          | 36.5         | 3.46                     | 41.5                      | 0.0322          | 18    | 2.21                  |
| 2000           | 145            | 35     | 3.33                      | 2.21                          | 49           | 4.50                     | 54                        | 0.0501          | 21.5  | 2.54                  |
| 2250           | 10             | 22     | 1.96                      | 1.37                          | 30           | 2.56                     | 34.5                      | 0.0283          | 17.5  | 1.89                  |
| 2250           | 20             | 23.5   | 2.15                      | 1.41                          | 32           | 2.78                     | 37.5                      | 0.0305          | 17    | 1.89                  |
| 2250           | 40             | 25.5   | 2.22                      | 1.41                          | 34.5         | 2.89                     | 39                        | 0.0314          | 17.5  | 2.11                  |
| 2250           | 61             | 30     | 2.59                      | 1.74                          | 40           | 3.33                     | 45                        | 0.0344          | 17.5  | 2.07                  |
| 2250           | 80             | 32     | 2.74                      | 1.81                          | 42           | 3.48                     | 47                        | 0.0407          | 18    | 2.07                  |
| 2250           | 130            | 34     | 3.00                      | 2.00                          | 51.5         | 4.30                     | 58                        | 0.0503          | 14    | 1.89                  |
| 2250           | 156            | 37     | 3.04                      | 2.04                          | 55.5         | 4.41                     | 59.5                      | 0.0560          | 16    | 1.96                  |
| 2500           | 40             | 28     | 2.27                      | 1.67                          | 37           | 2.87                     | 43                        | 0.0312          | 19.5  | 1.97                  |
| 2500           | 90             | 34.5   | 2.70                      | 1.97                          | 44.5         | 3.37                     | 50.5                      | 0.0430          | 19.5  | 1.93                  |
| 2500           | 149            | 37     | 2.77                      | 1.83                          | 53           | 3.83                     | 57.5                      | 0.0580          | 18    | 1.83                  |
| 2750           | 20             | 26.5   | 1.97                      | 1.55                          | 34           | 2.42                     | 40                        | 0.0270          | 15.5  | 1.45                  |
| 2750           | 40             | 29.5   | 2.18                      | 1.70                          | 41.5         | 2.91                     | 48                        | 0.0285          | 21    | 1.82                  |
| 2750           | 70             | 33.5   | 2.39                      | 1.88                          | 44.5         | 3.06                     | 50.5                      | 0.0344          | 23.5  | 1.94                  |
| 2750           | 111            | 35     | 2.61                      | 1.94                          | 50.5         | 3.55                     | 58.5                      | 0.0409          | 17    | 1.73                  |
| 3000           | 82             | 34.5   | 2.22                      | 1.78                          | 45           | 2.81                     | 50.5                      | 0.0366          | 22    | 1.64                  |
| 3000           | 120            | 34.5   | 2.36                      | 1.75                          | 46.5         | 3.03                     | 54.5                      | 0.0537          | 18    | 1.61                  |
| 3000           | 148            | 37     | 2.50                      | 1.97                          | 53           | 3.39                     | 61                        | 0.0532          | 18.5  | 1.64                  |
| 3500           | 92             | 36.5   | 1.98                      | 1.55                          | 49           | 2.57                     | 54                        | 0.0411          | 21.5  | 1.36                  |
| 3500           | 138            | 36.5   | 2.21                      | 1.69                          | 53           | 3.00                     | 63                        | 0.0540          | 19    | 1.60                  |
| 3750           | 100            | 37     | 1.93                      | 1.44                          | 50.5         | 2.53                     | 57                        | 0.0447          | 21.5  | 1.36                  |
| 3750           | 133            | 37     | 2.00                      | 1.51                          | 58           | 2.93                     | 66                        | 0.0496          | 18    | 1.29                  |
| 4000           | 127            | 37     | 1.88                      | 1.50                          | 49.5         | 2.40                     | 57.5                      | 0.0480          | 19    | 1.25                  |

ตารางที่ ค-30 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเผาไหม้ ของดีเซล (ต่อ)

| Speed<br>(rpm) | Torque<br>(Nm) | Q max<br>(kJ) | Xb max | $m_f$<br>(mg/cycle) | T exh<br>°CA | $\eta_f$<br>(%) | m air<br>(mg/cycle) | $V_{SOI}$<br>(l) | $P_{SOI}$<br>(bar) | $T_{SOI}$<br>(K) |
|----------------|----------------|---------------|--------|---------------------|--------------|-----------------|---------------------|------------------|--------------------|------------------|
| 750            | idle           | 0.1544        | 0.5321 | 6.55                | 95           |                 | 0.000711            | 0.0313           | 52.058             | 798.21           |
| 1000           | 20             | 0.1610        | 0.4125 | 8.81                | 129          | 16.09           | 0.000577            | 0.0378           | 46.818             | 1068.65          |
| 1000           | 30             | 0.3253        | 0.6893 | 10.65               | 142          | 19.96           | 0.000611            | 0.0371           | 43.616             | 923.43           |
| 1000           | 135            | 0.8763        | 0.6753 | 29.15               | 399          | 32.64           | 0.000523            | 0.0371           | 46.76              | 1156.47          |
| 1500           | 138            | 0.8937        | 0.6846 | 29.37               | 465          | 33.17           | 0.000556            | 0.0392           | 42.676             | 1049.27          |
| 2000           | 30             | 0.2953        | 0.6400 | 10.42               | 193          | 20.42           | 0.000614            | 0.0359           | 48.839             | 994.89           |
| 2000           | 50             | 0.5007        | 0.8318 | 13.58               | 239          | 26.08           | 0.000613            | 0.0348           | 47.548             | 940.69           |
| 2000           | 145            | 1.1498        | 0.8501 | 30.54               | 561          | 33.67           | 0.000586            | 0.04             | 39.1214            | 931.11           |
| 2250           | 10             | 0.3150        | 0.8474 | 8.34                | 158          | 8.44            | 0.000636            | 0.0343           | 52.325             | 982.97           |
| 2250           | 20             | 0.3467        | 0.7990 | 9.74                | 177          | 14.46           | 0.000633            | 0.0348           | 51.941             | 994.83           |
| 2250           | 40             | 0.4424        | 0.7772 | 12.77               | 226          | 22.04           | 0.000634            | 0.0378           | 46.396             | 963.21           |
| 2250           | 61             | 0.5739        | 0.7915 | 16.25               | 274          | 26.38           | 0.000632            | 0.0371           | 47                 | 961.72           |
| 2250           | 80             | 0.6850        | 0.7881 | 19.42               | 333          | 28.85           | 0.000635            | 0.0365           | 48.077             | 963.11           |
| 2250           | 130            | 0.9298        | 0.7200 | 28.90               | 471          | 31.56           | 0.000640            | 0.0385           | 45.425             | 951.91           |
| 2250           | 156            | 1.1742        | 0.7316 | 36.13               | 614          | 30.51           | 0.000628            | 0.0371           | 47.601             | 980.25           |
| 2500           | 40             | 0.4745        | 0.8581 | 12.48               | 248          | 22.71           | 0.000610            | 0.0365           | 46.941             | 979.40           |
| 2500           | 90             | 0.7988        | 0.8449 | 21.48               | 398          | 29.93           | 0.000616            | 0.0359           | 47.342             | 960.99           |
| 2500           | 149            | 1.1714        | 0.7892 | 33.44               | 627          | 31.51           | 0.000625            | 0.0359           | 49.35              | 987.64           |
| 2750           | 20             | 0.4201        | 0.9447 | 10.03               | 216          | 14.12           | 0.000592            | 0.0348           | 48.404             | 991.08           |
| 2750           | 40             | 0.5240        | 0.9119 | 12.96               | 267          | 21.86           | 0.000594            | 0.0353           | 47.597             | 985.39           |
| 2750           | 70             | 0.7178        | 0.9116 | 17.17               | 356          | 27.75           | 0.000598            | 0.0348           | 47.367             | 960.61           |
| 2750           | 111            | 0.9440        | 0.8488 | 25.12               | 478          | 31.34           | 0.000601            | 0.0385           | 41.894             | 935.53           |
| 3000           | 82             | 0.8238        | 0.8588 | 21.71               | 425          | 26.86           | 0.000591            | 0.0338           | 49.291             | 982.97           |
| 3000           | 120            | 1.1007        | 0.8720 | 28.38               | 566          | 29.83           | 0.000585            | 0.0378           | 43.077             | 969.09           |
| 3000           | 148            | 1.2751        | 0.8198 | 35.11               | 677          | 29.87           | 0.000608            | 0.0378           | 41.583             | 900.06           |
| 3500           | 92             | 0.9030        | 0.8408 | 24.27               | 490          | 26.91           | 0.000594            | 0.0334           | 54.043             | 1058.41          |
| 3500           | 138            | 1.3074        | 0.8365 | 35.24               | 696          | 27.72           | 0.000591            | 0.0433           | 37.031             | 945.82           |
| 3750           | 100            | 0.9612        | 0.8350 | 26.03               | 574          | 27.29           | 0.000562            | 0.0353           | 48.823             | 1068.10          |
| 3750           | 133            | 1.2062        | 0.7778 | 34.88               | 753          | 26.91           | 0.000562            | 0.0378           | 44.027             | 1031.39          |
| 4000           | 127            | 1.2447        | 0.8282 | 33.84               | 757          | 26.51           | 0.000542            | 0.0378           | 42.262             | 1027.50          |

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิสุทธิ ธนบดีภัทร์ เกิดเมื่อวันที่ 30 เดือน มีนาคม พุทธศักราช 2521 ที่ เขตบางรัก  
จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชา  
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2543 เข้า  
ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2543



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย