

การปรับแต่งเครื่องยนต์ไฮดรอลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

Modification of Hydrous Ethanol Engine for Efficiency Improvement



กานต์ แว่ววิริยะ  
ณัฐพล ตั้งคพิพัฒน์  
ธัชชัย วงษ์พานิช

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

การปรับแต่งเครื่องยนต์ไฮดรอลิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

Modification of Hydrous Ethanol Engine for Efficiency Improvement



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Modification of Hydrous Ethanol Engine for Efficiency Improvement



KARN WAWWIRIYA  
NATTHAPHON TANGKHAPHIPHAT  
TATCHAI WONGPANICH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG  
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา2559  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การปรับแต่งเครื่องยนต์ไฮดรอลิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ  
Modification of Hydrous Ethanol Engine for Efficiency Improvement

ผู้จัดทำ

1. นายกานต์ แว่ววิริยะ รหัสประจำตัว 56010076
2. นายณัฐพล ตั้งคพิพัฒน์ รหัสประจำตัว 56010412
3. นายธัชชัย วงษ์พานิช รหัสประจำตัว 56010590



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การปรับแต่งเครื่องยนต์ไฮดรส์เอทานอลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

นายกานต์      แว่ววิริยะ      56010076

นายณัฐพล      ดังกพิพัฒน์      56010412

นายรัชชัย      วงษ์พานิช      56010590

ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2559

### บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการนี้เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อให้สามารถรองรับและใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงไฮดรส์เอทานอล โดยไฮดรส์เอทานอลและแอนไฮดรส์เอทานอลทั้งสองเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถใช้ทดแทนแก๊สโซฮอล และเนื่องจากไฮดรส์เอทานอลมีคุณสมบัติต่างจากแอนไฮดรส์เอทานอล แต่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าและขั้นตอนการผลิตที่ซับซ้อนน้อยกว่าแอนไฮดรส์เอทานอล จึงมีความน่าสนใจที่จะนำมาทดลองเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยวิธีการการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับการทดลองนี้จะใช้ การเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันและการเปลี่ยนองศาการจุดระเบิดของหัวเทียน การเปรียบเทียบผลการทดลองจะทำโดยการวัดแรงบิด กำลัง การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค ประสิทธิภาพเชิงพลังงาน และองศาการจุดระเบิดที่เหมาะสมที่รอบเครื่องยนต์ 3000-8000 รอบต่อนาที ซึ่งผลการทดสอบพบว่าไฮดรส์เอทานอลที่ใช้งานกับเครื่องยนต์ที่ถูกปรับแต่งให้เหมาะสมมีกำลังและแรงบิดเพิ่มขึ้น 0.75% และ 0.72% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซฮอล นอกจากนี้ไฮดรส์เอทานอลยังมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคที่ลดลง 3.61% เมื่อเทียบกับแก๊สโซฮอล

## Modification of Hydrous Ethanol Engine for Efficiency Improvement

Karn Wawwiriya 56010076

Natthaphon Tangkhaphiphat 56010412

Tatchai Wongpanich 56010590

Asst.Prof. Dr.Chinda Charoenphonphanich Advisor

Year 2559

### Abstract

This research studies about modification an engine for hydrous ethanol. Both anhydrous ethanol and hydrous ethanol are alternative fuel for SI engine. Hydrous ethanol has difference properties compared to anhydrous ethanol because hydrous ethanol contain more water. Hydrous ethanol has lower price and less complex process. In this research, the engine efficiency is improved by adjust air fuel ratio and Ignition timing. Interested results are torque, power, break specific fuel consumption, break specific power consumption, thermal efficiency and ignition timing on each engine speed from 3000 to 8000 rpm. Modified engine fueled with hydrous ethanol generate more power and torque by 0.75% and 0.72% when compare to gasohol. Break specific energy consumption is 3.61% lower when compare to gasohol.

## กิตติกรรมประกาศ

ถึงแม้ว่าปริญญาบัตรฉบับนี้จะประสบปัญหามากมายแต่ก็สำเร็จลุล่วงได้เพราะได้รับการสนับสนุนจาก อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ และ พี่น้องที่เข้ามาช่วยเหลือได้แก่ ดร.ประทาน ศรีชัย นายวิรัช วงศ์ภัทรวรกุล นายภพพล เอียวพันธ์ นายจิรเมธ บุญศักดิ์ดา นายสมบัติ มารศรี นายธัชชวิน ทองสว่างแจ้ง นายวทัญญู ไพโรจน์ นายชัยอนันต์ ทิพย์ศิริ นายอุเทน แก้ววิเชียร นายปทุมณต์ ทั่ววิริยะกุล และคนอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึง ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนทางด้านแรงงานก็ดี ด้านความรู้ก็ดี

ท้ายที่สุดนี้ต้องขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัว บุคคลที่สำคัญที่สุด ที่อยู่เคียงข้างข้าพเจ้าในทุกจังหวะของชีวิตไม่ว่าจะสำเร็จหรือล้มเหลว จะเจ็บป่วยหรือแข็งแรง และพร้อมที่จะตอบรับคำร้องขอการสนับสนุนสิ่งใดก็ตาม จนกระทั่งข้าพเจ้าได้ประสบความสำเร็จในวันนี้ ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ครับ

นายกานต์

แหว่ววิริยะ

นายณัฐพล

ตั้งคพิพัฒน์

นายธัชชัย

วงศ์พานิช

# สารบัญ

หน้า

|   |      |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....  | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                     | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | III  |
| สารบัญ.....   | IV   |
| สารบัญตาราง.....  | VII  |
| สารบัญรูป.....  | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ.....   | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....                             | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์.....                                       | 2    |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา.....                                     | 2    |
| 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....                                  | 2    |
| บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....          | 3    |
| 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                              | 3    |
| 2.2 วัฏจักรอดีตในอุดมคติ.....                               | 4    |
| 2.3 วัฏจักรอดีตในสภาวะจริง.....                             | 6    |
| 2.4 การสันดาปในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ.....        | 7    |
| 2.5 เอทานอล.....  | 10   |
| 2.6 แก๊สโซลีน.....  | 13   |
| 2.7 แก๊สโซฮอล.....  | 13   |
| 2.8 ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ.....                     | 14   |
| 2.9 ค่าความร้อน.....  | 15   |
| 2.10 อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้..... | 15   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| 2.11 กำลังเบรก.....  | 16   |
| 2.12 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก.....                                | 16   |
| 2.13 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก.....                                   | 16   |
| 2.14 ค่าประสิทธิภาพความร้อน.....   | 17   |
| 2.15 องค์การจดทะเบียน.....   | 17   |
| บทที่3 การออกแบบการทดลอง อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนการทดลอง.....       | 18   |
| 3.1 แผนผังการทดลอง.....  | 18   |
| 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้องและการเปรียบเทียบกับแก๊สโซฮอล์..... | 19   |
| 3.3 การเลือกค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน.....                             | 20   |
| 3.4 การเลือกเครื่องยนต์.....   | 20   |
| 3.5 ECM.....   | 23   |
| 3.6 ออกซิเจนเซนเซอร์.....  | 27   |
| 3.7 หัวฉีด.....  | 29   |
| 3.8 ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยง.....                                   | 29   |
| 3.9 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง.....   | 31   |
| 3.10 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี.....                                       | 33   |
| 3.11 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์.....                              | 34   |
| 3.12 ตัวตรวจจับอุณหภูมิในท่อไอดี.....                                      | 36   |
| 3.13 ไตนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ.....                                      | 37   |
| 3.14 ระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ด้วยน้ำ.....                              | 38   |
| 3.15 ระบบวัดปริมาณเชื้อเพลิง.....  | 41   |
| 3.16 ระบบจ่ายเชื้อเพลิง.....   | 42   |

## สารบัญ(ต่อ)

|   | หน้า |
|---|------|
| 3.17 ระบบถ่ายทอดกำลัง.....  | 44   |
| 3.18 ระบบบันทึกข้อมูล.....  | 46   |
| 3.19 ขั้นตอนการทดลองในภาพรวม.....   | 52   |
| 3.20 วิธีการผสมไฮดร็อกไซด์เพื่อใช้ในการทดลอง.....   | 53   |
| 3.21 ขั้นตอนการทดลองการปรับแต่งเครื่องยนต์.....   | 55   |
| <br>  |      |
| บทที่4 สรุปผลการทดลองและบทวิเคราะห์ผลการทดลอง.....  | 56   |
| 4.1 แรงบิด.....   | 56   |
| 4.2 กำลัง.....  | 57   |
| 4.3 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค.....   | 58   |
| 4.4 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค.....  | 59   |
| 4.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน.....  | 60   |
| 4.6 องศาการจุดระเบิดที่เหมาะสม.....   | 61   |
| 4.7 วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ไฮดร็อกไซด์และแอนไฮดร็อกไซด์มีสมรรถนะใกล้เคียงกับ<br>แก๊สโซลีนและมีประสิทธิภาพสูงกว่า..... | 62   |
| <br>  |      |
| บทที่5 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ ปัญหาที่พบและวิธีแก้ไข.....  | 63   |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง.....   | 63   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ.....   | 64   |
| 5.3 ปัญหาที่พบและวิธีแก้ไข.....   | 64   |
| <br>  |      |
| เอกสารอ้างอิง.....  | 65   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                     | หน้า |
|--|------|
| 3.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง..... | 19   |
| 3.2 คุณสมบัติของเครื่องยนต์.....             | 21   |
| 3.3 คุณสมบัติของตัวอ่านOxygen Sensor.....    | 28   |
| 3.4 คุณสมบัติของ Engine Dynamo Meter.....    | 37   |



# สารบัญรูป

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 1.1 ความต้องการเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ.....                   | 1    |
| 2.1 แสดงเศษส่วนมวลในการเผาไหม้เปรียบเทียบกับเมื่อค่าพลังงานความร้อนเท่ากัน.....        | 4    |
| 2.2 การทำงานของวัฏจักรออตโต.....   | 5    |
| 2.3 กราฟเปรียบเทียบความดัน-ปริมาตร ของวัฏจักรออตโตในอุดมคติ.....                       | 6    |
| 2.4 กราฟเปรียบเทียบความดัน-ปริมาตร ของวัฏจักรออตโตในสภาวะจริง.....                     | 6    |
| 2.5 กราฟความดันบนมุมเพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ.....            | 8    |
| 2.6 กราฟเปอร์เซ็นต์ของมวลที่ถูกเผาไหม้ บนเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ถูกเผาไหม้.....       | 9    |
| 2.7 กราฟความเร็วเฉลี่ยเปลวไฟบนความเข้มข้นไอดี ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ..... | 9    |
| 2.8 กราฟความเร็วเฉลี่ยเปลวไฟบนความเร็วของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ.....         | 10   |
| 2.9 ขั้นตอนการผลิตไฮดรัสเอทานอล.....   | 11   |
| 2.10 แอนไฮดรัสเอทานอลที่ใช้ในการทดลอง.....   | 12   |
| 2.11 ภาพโครงการชุมชนต้นแบบผลิตเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....                        | 12   |
| 2.12 ไฮดรัสเอทานอลที่ใช้ในการทดลอง.....  | 13   |
| 2.13 แก๊สโซฮอลใช้ในการทดลอง.....   | 14   |
| 3.1 แผนผังการทดลอง.....  | 18   |
| 3.2 เครื่องยนต์ Honda GX 120.....  | 21   |
| 3.3 เครื่องยนต์ขณะติดอยู่กับตัวรถจักรยานยนต์.....                                      | 22   |
| 3.4 เครื่องยนต์ขณะติดอยู่กับตัวรถจักรยานยนต์(2).....                                   | 22   |
| 3.5 กล่อง ECM ที่ใช้ในการทดลอง.....  | 23   |
| 3.6 Interface โปรแกรมของกล่อง ECM ที่ใช้ในการทดลอง.....                                | 24   |
| 3.7 ภาพขยายบริเวณส่วนแสดงสถานะเครื่องยนต์เพื่อใช้ควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูล.....      | 24   |

## สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 3.8 ภาพขยายบริเวณค่าของการจ่ายเชื้อเพลิงที่ตั้งไว้.....                                 | 25   |
| 3.9 ภาพขยายบริเวณค่าขององศาจุดระเบิดที่ตั้งไว้.....                                     | 26   |
| 3.10 ภาพขยายบริเวณการตาราง โดยกล่องสามารถเลือกได้ 2 ชุด.....                            | 26   |
| 3.11 ส่วนประกอบของ Oxygen Sensor.....   | 27   |
| 3.12 Oxygen Sensor พร้อมตัวอ่าน.....  | 28   |
| 3.13 หัวฉีด.....  | 29   |
| 3.14 ตัวอย่างล้อแม่เหล็กและตัวตรวจจับตำแหน่งเพลลาข้อเหวี่ยง.....                        | 30   |
| 3.15 ความต่างศักย์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำที่ตรวจจับได้.....                              | 30   |
| 3.16 แสดงการติดตั้งและรับข้อมูล ระหว่างกล่องECMกับตัวตรวจจับตำแหน่งเพลลาข้อเหวี่ยง..... | 31   |
| 3.17 แสดงความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออกกับตำแหน่งเปิด-ปิดลิ้นเร่ง.....                         | 32   |
| 3.18 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าของตำแหน่งเปิด-ปิดลิ้นเร่ง.....                                  | 32   |
| 3.19 Module Sensor ประกอบด้วย TPS, IAT และ MAP.....                                     | 33   |
| 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ทางไฟฟ้าขาออกกับความดันในท่อไอดี.....              | 34   |
| 3.21 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าของตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี.....                               | 34   |
| 3.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ทางไฟฟ้ากับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์.....          | 35   |
| 3.23 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์.....                      | 35   |
| 3.24 ตัวอย่างตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์.....                                   | 36   |
| 3.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานทางไฟฟ้ากับตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....              | 36   |
| 3.26 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....                                     | 37   |
| 3.28 Cooling Tower สำหรับหล่อเย็น Engine Dynamometer.....                               | 38   |
| 3.29 ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่แท้จริง.....  | 39   |

## สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 3.30 ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ออกแบบในขั้นแรก.....                              | 40   |
| 3.31 เสื้อสูบก่อนติดระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ.....                                 | 40   |
| 3.32 เสื้อสูบเมื่อติดระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ.....                                | 41   |
| 3.33 ภาพขณะบรรจุเชื้อเพลิง.....   | 41   |
| 3.34 ภาพขณะบรรจุเชื้อเพลิงและปั๊มเชื้อเพลิงขณะวางบนตาชั่ง.....                    | 42   |
| 3.35 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง.....  | 43   |
| 3.36 ท่อส่งเชื้อเพลิงบริเวณทางแยก.....  | 43   |
| 3.37 ภาพวาดของชิ้นส่วนระบบถ่ายทอดกำลังที่ถูกออกแบบขึ้นมาใหม่.....                 | 44   |
| 3.38 ชิ้นส่วนของระบบถ่ายทอดกำลังเดิมจากโรงงาน.....                                | 45   |
| 3.39 ภาพจริงของชิ้นส่วนของระบบถ่ายทอดกำลัง.....                                   | 45   |
| 3.40 Engine Dynamometer และ Universal Joint.....                                  | 46   |
| 3.41 Interface โดยรวมของโปรแกรม LabView.....                                      | 46   |
| 3.42 Interface ฝั่งซ้ายของโปรแกรม LabView.....                                    | 47   |
| 3.43 Interface ฝั่งขวาของโปรแกรม LabView.....                                     | 48   |
| 3.45 Interface ฝั่งขวาของโปรแกรม LabView ขยายบริเวณสถานะทดลอง.....                | 49   |
| 3.46 Interface ฝั่งขวาของโปรแกรม LabView ขยายบริเวณเชื้อเพลิงและระบบหล่อเย็น..... | 50   |
| 3.47 ไฟล์ผลการทดลองในรูปแบบ Microsoft Excel.....                                  | 51   |
| 3.48 ตัวอย่างผลการทดลอง.....  | 51   |
| 3.49 ผลการทดลองของเชื้อเพลิง E100.....  | 52   |
| 3.50 กระบอกตวงขนาดหนึ่งลิตรที่มีระดับบอกปริมาตร.....                              | 54   |
| 4.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และแรงบิด.....                    | 56   |

## สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และกำลัง.....                           | 57   |
| 4.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะเบรค.....  | 58   |
| 4.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค..... | 59   |
| 4.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และประสิทธิภาพเชิงความร้อน.....         | 60   |
| 4.6 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และองศาการจุดระเบิด.....                | 61   |



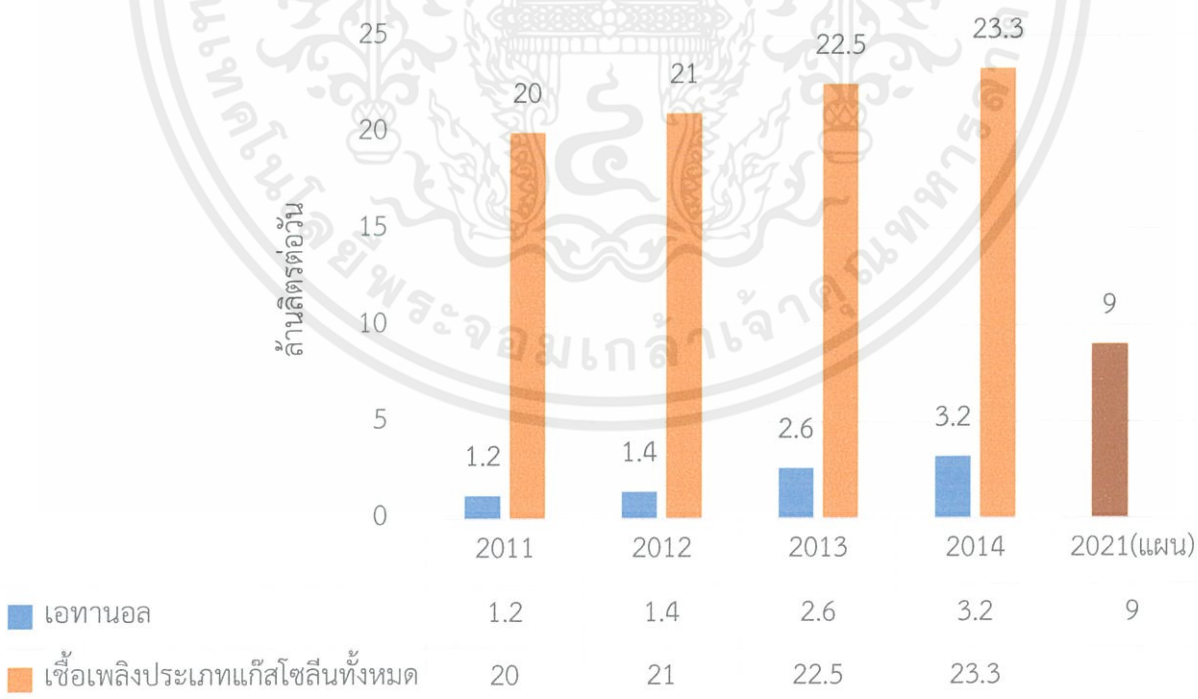
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเครื่องยนต์สันดาปภายในยังคงเป็นต้นกำลังหลักที่มีใช้อยู่ทั่วไปทั้งในด้าน การเกษตร, อุตสาหกรรม และการขนส่ง ซึ่งเป็นผลมาจากความสะดวกในการใช้งานและสำหรับระบบที่เคลื่อนย้ายได้ เครื่องยนต์สันดาปภายในจะมีข้อได้เปรียบในด้านราคา ระยะเวลาการใช้งาน และกำลังต่อน้ำหนักที่สูงกว่า ระบบไฟฟ้า แต่ทว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในจะใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ประเทศไทยสูญเสียเงินออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ปัญหาทางด้านการเมืองในกลุ่มประเทศผู้ส่งออกจะทำให้เชื้อเพลิงมีราคาผันผวนหรือทำให้การส่งเชื้อเพลิงล่าช้า

รัฐบาลของประเทศไทยพยายามควบคุมและลดปัญหาดังกล่าวโดยการสนับสนุนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก หนึ่งในเชื้อเพลิงทางเลือกที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทยในปัจจุบันนี้คือเอทานอล เอทานอล ได้ถูกผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนเพื่อขายในชื่อแก๊สโซฮอล์ โดยเอทานอลที่ผสมอยู่ในแก๊สโซฮอล์นั้น จะเป็นเอทานอลที่ผ่านกระบวนการลดการเจือปนของน้ำจนกระทั่งมีน้ำเจือปนอยู่น้อยกว่า 1% เพื่อป้องกันการแยกชั้น แต่ก็ทำให้การกลั่นเอทานอลต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อนและสิ้นเปลืองพลังงานปริมาณมหาศาล



รูปที่ 1.1 ความต้องการเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้ามไฮดรอสทานอล ซึ่งเป็นเอทานอลที่มีน้ำเจือปนอยู่มากกว่านั้นถูกผลิตได้โดยกระบวนการที่ซับซ้อนน้อยกว่าและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า อย่างไรก็ตามไฮดรอสทานอลมีคุณสมบัติต่างจากเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในปัจจุบัน ทำให้เครื่องยนต์ต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้ใช้ไฮดรอสทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในอนาคตหากไฮดรอสทานอลถูกใช้อย่างแพร่หลายประเทศจะพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลน้อยลง ยิ่งไปกว่านั้นหมู่บ้านหรืออุตสาหกรรมที่มีทรัพยากรมากพอที่จะผลิตไฮดรอสทานอลจะสามารถพึ่งพาตนเองได้มากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาและปรับแต่งเครื่องยนต์ให้สามารถใช้ไฮดรอสทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในแต่ละช่วงการทำงานของเครื่องยนต์
- 1.2.1 เปรียบเทียบสมรรถนะที่เปลี่ยนแปลงไปของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไฮดรอสทานอลเป็นเชื้อเพลิงเทียบกับการใช้แก๊สโซฮอล์และแอนไฮดรอสทานอล

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์แบบ Honda Wave 125i ที่ผ่านการคว้านฝาสูบและเปลี่ยนลูกสูบ
- 1.3.2 ไฮดรอสทานอลในอัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำ 80:20 (Eh80)
- 1.3.3 ทดลองที่ใช้ลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสุด (Wide Open Throttle)
- 1.3.4 ทดลองโดยใช้ภาระที่ทำให้รอบอยู่ในช่วง 3000-8000 รอบต่อนาที
- 1.3.5 ทดลองโดยใช้อุปกรณ์การทดลองคือ Eddy Current Engine Dynamometer

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟสี่จังหวะ
- 1.4.2 มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของ Eddy Current Engine Dynamometer
- 1.4.3 สามารถปรับแต่งเครื่องยนต์ให้ใช้งานกับไฮดรอสทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

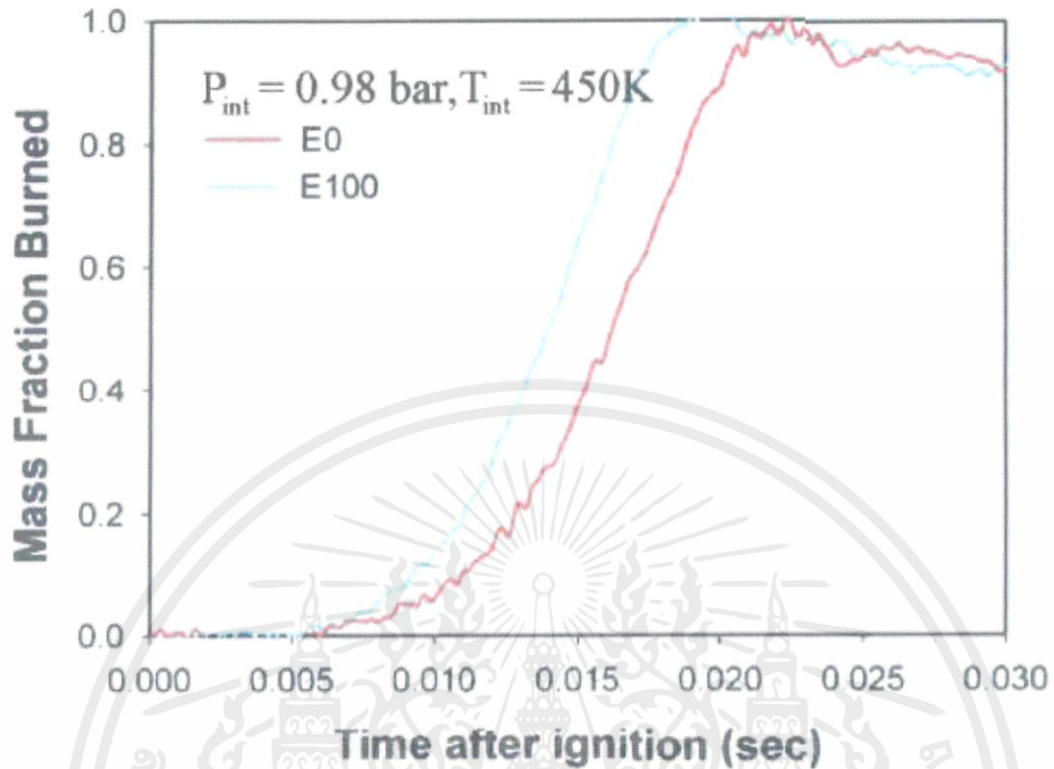
### วรรณกรรมปริทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกลั่นเอทานอลของ ณัฐกานต์ ยี่มวาริ[3] ได้ทดลองการกลั่นเอทานอลด้วยวิธีรีฟลักซ์แล้วพบว่าสามารถกลั่นเอทานอลที่มีความเข้มข้น 58 และ 85 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรได้ในการกลั่นครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ในวิทยานิพนธ์ยังมีการอ้างอิงถึงการกลั่นทางทฤษฎีที่สามารถให้เอทานอลความเข้มข้น 53 80 และ 87 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรได้ในการกลั่นครั้งที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ แต่งานวิจัยนี้ได้ระบุว่าที่ความเข้มข้นของเอทานอลสูงขึ้นการกลั่นในแต่ละครั้งจะลดปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในเอทานอลได้น้อยลงซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Thompson Diordinis[4] ที่ได้ระบุว่าที่ความเข้มข้นของเอทานอลมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พลังงานที่ต้องใช้ในการกลั่นเพื่อแยกน้ำออกจะเพิ่มขึ้นแบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ยิ่งไปกว่านั้น ผศ.ดร.จิรวรรณ เตียรธสุวรรณ[5] และคณะได้มีการสร้างเครื่องผลิตเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรสำหรับชุมชน โดยมีกำลังการผลิต 50 ลิตรต่อวัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไฮดรอสเอทานอลในเครื่องยนต์ของ Ronnachart Munsin[6] พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะลดลงเรื่อยๆเมื่อปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น และงานวิจัยนี้ได้ค้นพบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำเพิ่มขึ้นจาก 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเป็น 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ไอเสียประเภทไฮโดรคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ มีค่าเพิ่มขึ้น 80 เปอร์เซ็นต์โดยเพิ่มขึ้นจาก 6 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงเป็น 11 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากประมาณ 20 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงเป็น 30 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบฟอร์มาลดีไฮด์เพิ่มขึ้นจากบริเวณ 0.6 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้นถึง 66 เปอร์เซ็นต์ เข้าใกล้ 1 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง สุดท้ายนี้ สารประกอบอะเซตัลดีไฮด์ในไอเสียเพิ่มขึ้นจากประมาณ 1.75 เป็น 2.5 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง จากความเข้มข้นของน้ำที่เพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

จากงานวิจัยเรื่องการมองการลามของเปลวไฟและลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนผสมเอทานอลของนายประทาน ศรีชัย[7] พบว่าเอทานอลและแก๊สโซลีนจะมีค่าเศษส่วนมวลในการเผาไหม้ตั้งแต่ช่วงเวลาหลังการเผาไหม้ 0.06 วินาที แต่เริ่มมีความแตกต่างของค่าเศษส่วนในการเผาไหม้ตั้งแต่ 0.07 วินาที เอทานอลมีความชันของกราฟที่เพิ่มขึ้นมากกว่าแก๊สโซลีน แสดงว่าเมื่อปรับค่าพลังงานความร้อนให้เท่ากันนั้น ค่าเศษส่วนมวลในการเผาไหม้ของเอทานอลสามารถติดไฟได้เร็วกว่าเบนซิน



รูปที่ 2.1 แสดงเศษส่วนมวลในการเผาไหม้เปรียบเทียบเมื่อค่าพลังงานความร้อนเท่ากัน[7]

## 2.2 วัฏจักรออตโตในอุดมคติ

วัฏจักรออตโตเป็นวัฏจักรในอุดมคติที่ใช้วิเคราะห์วัฏจักรในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ซึ่งออตโตได้มาจากหนึ่งในกลุ่มผู้พัฒนาเครื่องยนต์ประเภทนี้ซึ่งถูกใช้สร้างแบบจำลองมาอย่างน้อย 140 ปีและยังคงใช้ในเครื่องยนต์ 4 จังหวะในปัจจุบัน

จังหวะดูดของวัฏจักรออตโตเริ่มต้นที่กระบอกสูบเคลื่อนที่ลงจากตำแหน่งศูนย์ตายบนลงไปสู่ศูนย์ตายล่างจากช่วง 6-5 นำอากาศเข้าไปในกระบอกสูบด้วยความดันคงที่ที่ 1 บรรยากาศ การตั้งสมมติฐานเช่นนี้เป็นการประมาณค่าที่ดีสำหรับเครื่องยนต์จริงที่ตำแหน่งวาล์วปีกผีเสื้อเปิดสุด ซึ่งในความจริงนั้นจะมีความดันลดลงเล็กน้อยจากความดันบรรยากาศเนื่องจากสูญเสียไปกับการไหลของอากาศผ่านท่อไอดี อุณหภูมิของอากาศขาเข้าระหว่างจังหวะดูดถูกเพิ่มขึ้นในขณะที่อากาศไหลผ่านวาล์วไอดีที่มีอุณหภูมิสูง อุณหภูมิอากาศที่จุด 1 โดยปกติจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศสิ่งแวดล้อมประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส

จังหวะอัดของวัฏจักรออตโตเริ่มต้นจากการที่กระบอกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่างมายังศูนย์ตายบนจากช่วง 5-2 เป็นการอัดอากาศแบบไอเซนทรอปิก จากเส้นสมมติฐานในรูปที่ 2.3 เป็นการประมาณค่าที่ดี ยกเว้นในช่วงเริ่มต้นและสุดท้ายของจังหวะอัดเพราะในเครื่องยนต์จริงนั้นในช่วงเริ่มต้นของจังหวะอัดวาล์วไอดี

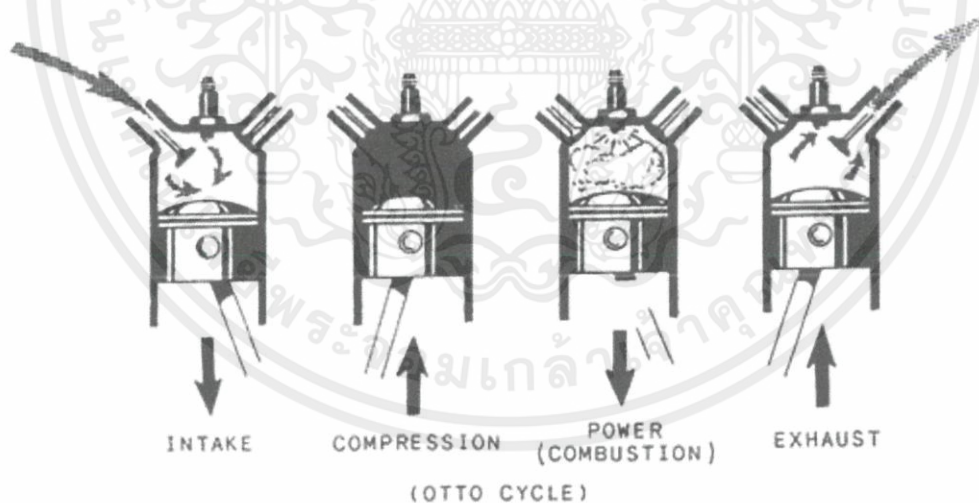
จะยังปิดไม่สนิท และในช่วงสุดท้ายมีการจุดระเบิดก่อนจุดศูนย์ตายบน ในจังหวะอัดนี้ไม่ได้เป็นเพียงการเพิ่มขึ้นของความดันแต่ยังเพิ่มอุณหภูมิเนื่องจากการเพิ่มความดันด้วย

จังหวะที่ต่อจากจังหวะอัดเป็นการอนุโลมให้เป็นกระบวนการไล่พลังงานความร้อนในสภาวะปริมาตรคงที่ แทนการสันดาปจริงภายในเครื่องยนต์ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน การสันดาปเริ่มขึ้นก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อยซึ่งทำให้อากาศในกระบอกสูบมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นโดยสูงสุดที่ตำแหน่ง 3

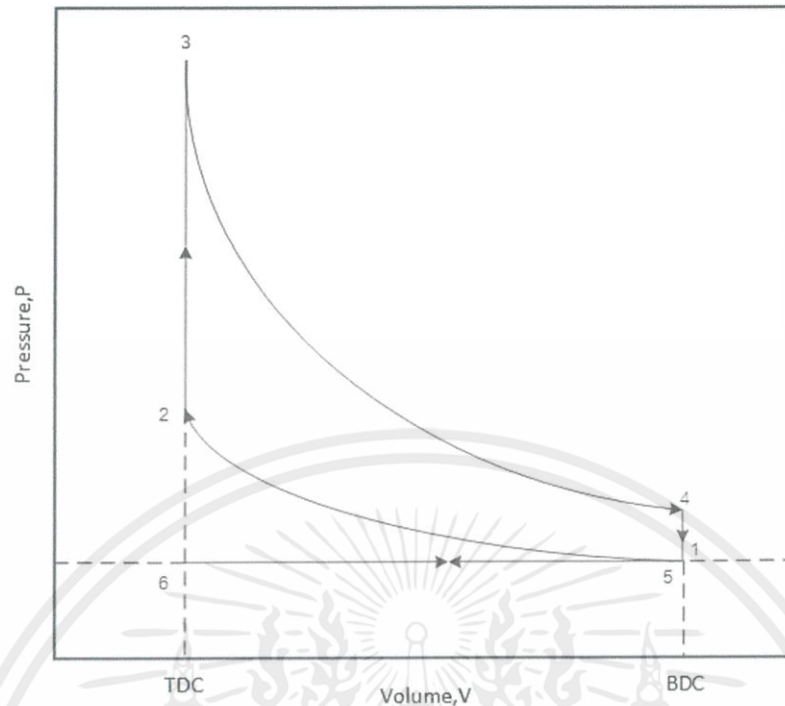
ความดันและอุณหภูมิในตำแหน่งที่ 3 กระตุ้นให้เกิดจังหวะทำงานหรืออากาศขยายตัวต่อจากการสันดาป ความดันนี้ผลักดันลูกสูบลงสู่ศูนย์ตายล่าง ช่วง 3-4 เป็นจุดกำเนิดงานและกำลังของเครื่องยนต์ ในกระบวนการนี้ถูกอนุโลมให้เป็นกระบวนการไอเซนทรอปิก

ในเครื่องยนต์จริงก่อนถึงระยะสุดท้ายของจังหวะทำงาน ลินไอเสียจะเปิดออกเพื่อระบายไอเสียออกจากกระบอกสูบ ความดันในกระบอกสูบจะลดลงเท่ากับความดันบรรยากาศภายในท่อร่วมไอเสีย เหตุผลที่ต้องเปิดลินไอเสียก่อนเพื่อไม่ให้ความดันในกระบอกสูบต้านการเคลื่อนตัวของวาล์วขึ้นของลูกสูบ เอนทาลปีจำนวนมากซึ่งออกไปพร้อมไอเสียเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ไม่ดีนักจึงใช้วัฏจักรออตโตระบบปิดซึ่งเป็นกระบวนการปริมาตรคงที่ในช่วง 4-5

จังหวะสุดท้ายของวัฏจักรออตโตคือช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างไปยังศูนย์ตายบนเพื่อคายไอเสียในช่วง 5-6 เมื่อลูกสูบเดินทางถึงศูนย์ตายบน เครื่องยนต์จะหมุนครบสองรอบพอดี และลูกสูบอยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายบนเพื่อเริ่มวัฏจักรใหม่ต่อไป

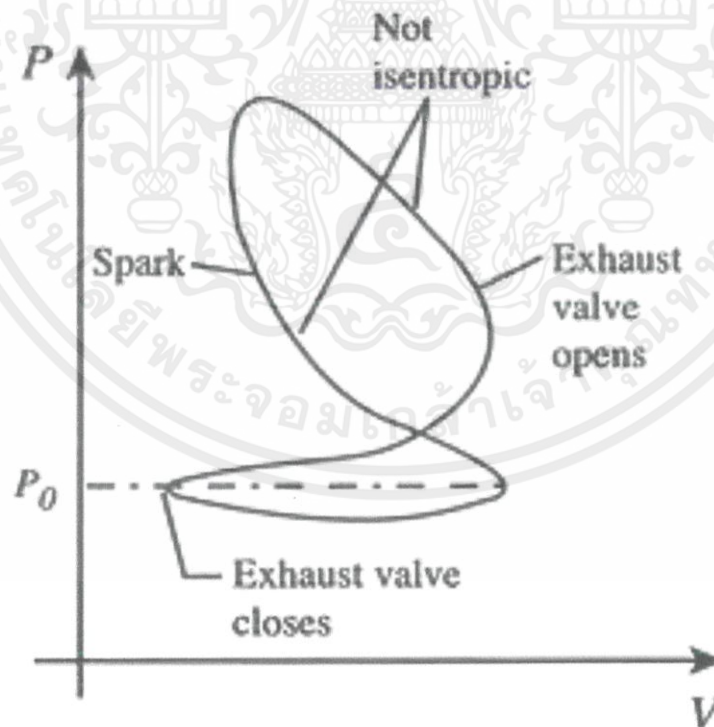


รูปที่ 2.2 การทำงานของวัฏจักรออตโต[8]



รูปที่ 2.3 กราฟเปรียบเทียบความดัน(P)-ปริมาตร(V)ของวัฏจักรออตโตในอุดมคติ[9]

### 2.3 วัฏจักรออตโตในสภาวะจริง



รูปที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบความดัน(P)-ปริมาตร(V)ของวัฏจักรออตโตในสภาวะจริง[10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวัฏจักรออตโตในสภาวะการทำงานจริง มีการสูญเสียงานเนื่องจาก

2.3.1 การทำงานไม่เป็นอะเดียบาติกเพราะมีการสูญเสียความร้อน ซึ่งการสูญเสียความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างทางความร้อน สัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนความร้อน ขนาดพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน เวลาของกระบวนการทำงาน

2.3.2 ความดันที่จะถูกเปลี่ยนเป็นงานมีค่าต่ำกว่าเนื่องจากในขณะที่ที่เปลวไฟล็กถูกสูบ ลูกสูบไม่ได้อยู่ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบน

2.3.3 การเปิดวาล์วไอเสียก่อนลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายล่าง (Blow down) เนื่องจากต้องใช้เวลากำจัดก๊าซไอเสียออกจากห้องไหม้ ก่อนเริ่มวัฏจักรใหม่

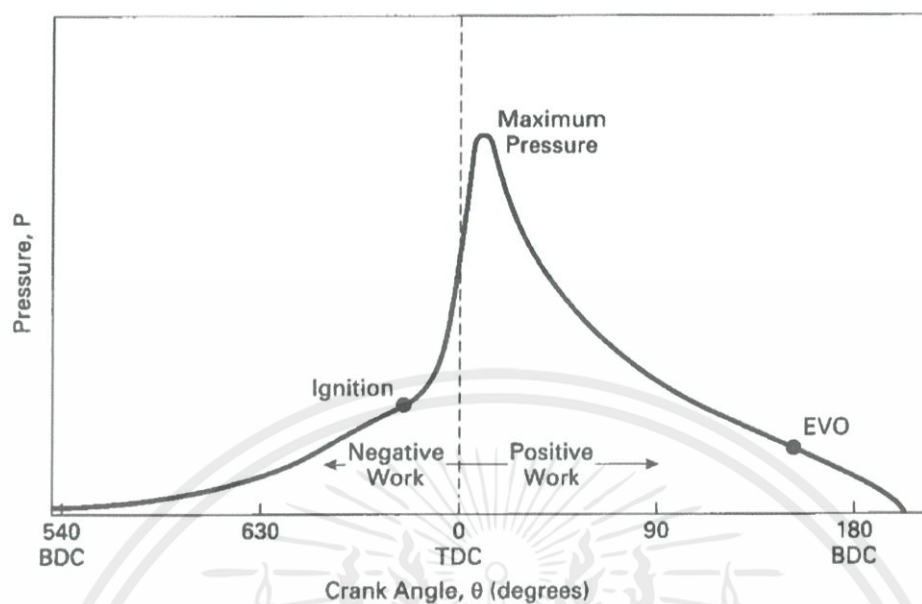
2.3.4 แรงเสียดทาน (Friction Loss) เกิดขึ้นเมื่อชิ้นเคลื่อนเครื่องยนต์มีการเคลื่อนที่

## 2.4 การสันดาปในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

เราสามารถแบ่งการสันดาปในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟอย่างคร่าวๆได้เป็นสามช่วงได้แก่

1. การลุกไหม้และการเริ่มเกิดเปลวไฟ 2. การลุกลามของเปลวไฟ และ 3. การสิ้นสุดของเปลวไฟ การลุกไหม้และการเริ่มเกิดของเปลวไฟ คือช่วงที่ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิง 5% ลุกไหม้ ช่วงนี้เป็นช่วงที่เกิดการลุกไหม้และเริ่มต้นกระบวนการสันดาป โดยมีความดันเริ่มต้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งทำให้เกิดงานเพียงเล็กน้อยหรือไม่ได้งานเลย งานทั้งหมดที่เครื่องยนต์ให้จะอยู่ในช่วงการลุกลามของเปลวไฟในกระบวนการสันดาปซึ่งก็คือมวล 90% ของอากาศและเชื้อเพลิงทั้งหมด ในช่วงนี้ความดันในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นอย่างมาก 5% สูดท้ายของมวลอากาศและเชื้อเพลิง ถูกเผาไหม้ในช่วงการสิ้นสุดของเปลวไฟ ในช่วงนี้ความดันจะลดลงและการเผาไหม้ก็จะสิ้นสุดลง

ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ การลามของเปลวไฟจะเป็นความเร็วต่ำกว่าเสียง เผาไหม้ส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงพร้อมกับคายความร้อนจำนวนหนึ่ง การไหลแบบหมุนควงและแบบม้วนตลบของก๊าซภายในกระบอกสูบ เชื้อเพลิงและองค์ประกอบที่เหมาะสมช่วยป้องกันการชิงจุดระเบิดก่อน

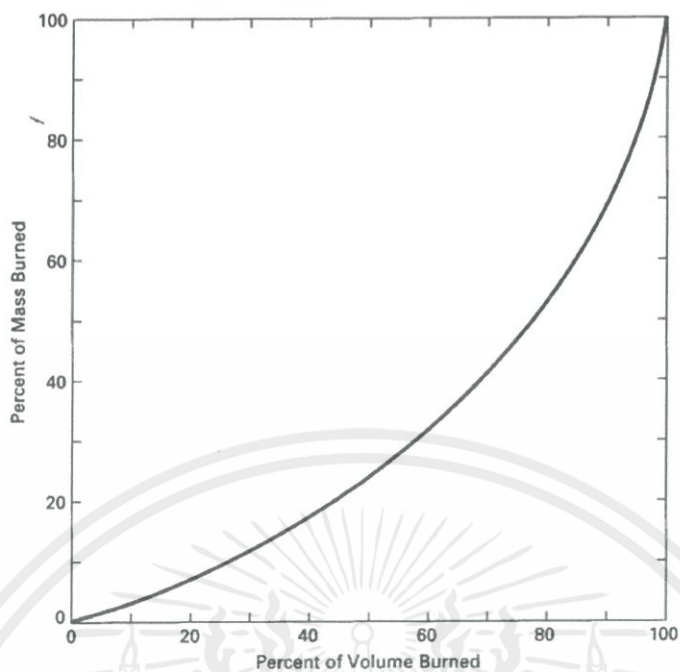


รูปที่ 2.5 กราฟความดันเปรียบเทียบกับมุมเพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ[9]

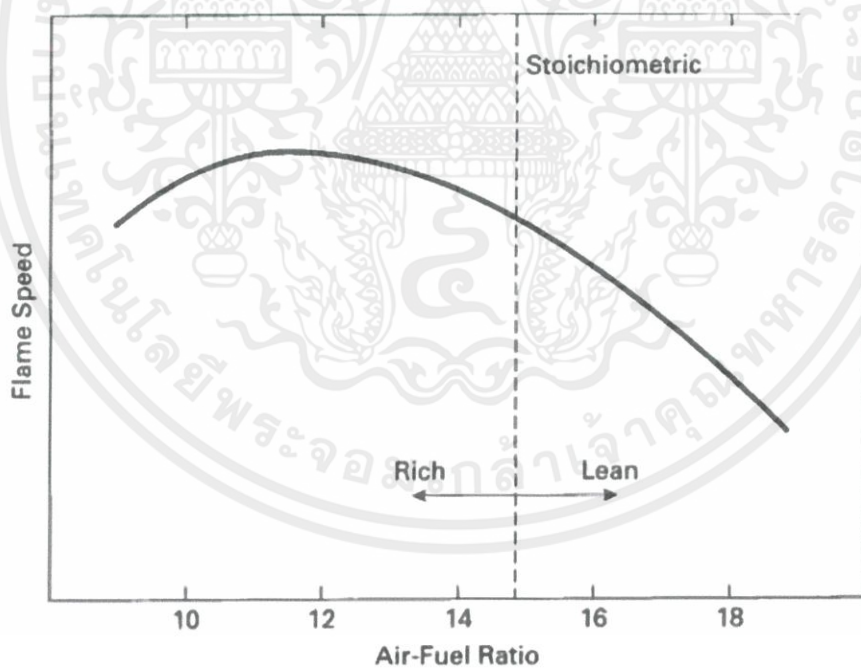
กระบวนการสันดาปหลักจะเริ่มขึ้นหลังจากมวล 5% ของอากาศและเชื้อเพลิงได้ถูกเผาไหม้ ในช่วงนี้ เพลวไฟลามอย่างรวดเร็ว การไหลอย่างปั่นป่วนทำให้ความเร็วของเปลวไฟสูงขึ้น 10 เท่าของการลามขณะไอดี อยู่กับที่ นอกจากนี้เปลวไฟที่มีการลามออกจากหัวเทียนเป็นทรงกลมในก๊าซหนึ่งก็จะเปลี่ยนรูปทรงและแผ่กระจายไปตามการไหลของก๊าซด้วย

เมื่อไอดีลุกไหม้ อุณหภูมิและความดันจะมีค่าสูงขึ้น ก๊าซที่ลุกไหม้แล้วหลังเปลวไฟจะร้อนกว่าก๊าซหน้า เปลวไฟซึ่งยังไม่ถูกเผาไหม้ และขยายตัวในห้องเผาไหม้ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.6) แสดงให้เห็นว่าเพียง 30% ของก๊าซที่ถูกเผาไหม้แล้วจะกินปริมาตรถึง 60% ของห้องเผาไหม้ นั่นหมายถึงไอดีที่ไม่ถูกเผาไหม้จะถูกอัดให้ปริมาตรลดลง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสันดาปก็ทำให้ก๊าซในห้องเผาไหม้มีความร้อนสูงขึ้นอีกด้วย เนื่องจากช่วงเวลาที่เกิดขึ้นนี้สั้นมากความร้อนส่วนใหญ่ที่ถูกถ่ายเทจึงอยู่ในรูปของรังสีความร้อน เพลวไฟที่ลามต่อในห้องเผาไหม้จึงลามไปสู่ก๊าซที่อุณหภูมิและความดันสูงทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วยเร่งความเร็วของเปลวไฟให้สูงขึ้น

นอกจากการไหลแบบปั่นป่วน แบบหมุนควง และแบบถูกรีดฟุ้งเข้าหาจุดศูนย์กลางแล้วชนิดของเชื้อเพลิงและอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง ก็มีผลต่อความเร็วของเปลวไฟด้วย อัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงจางทำให้ความเร็วของเปลวไฟต่ำ (รูปที่ 2.7) อัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงค่อนข้างเข้มทำให้ความเร็วเปลวไฟสูงสุด ความเร็วของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นก็ทำให้ความเร็วของเปลวไฟเพิ่มขึ้นด้วย เพราะการไหลปั่นป่วนของไอดีรุนแรงขึ้น (รูปที่ 2.8)

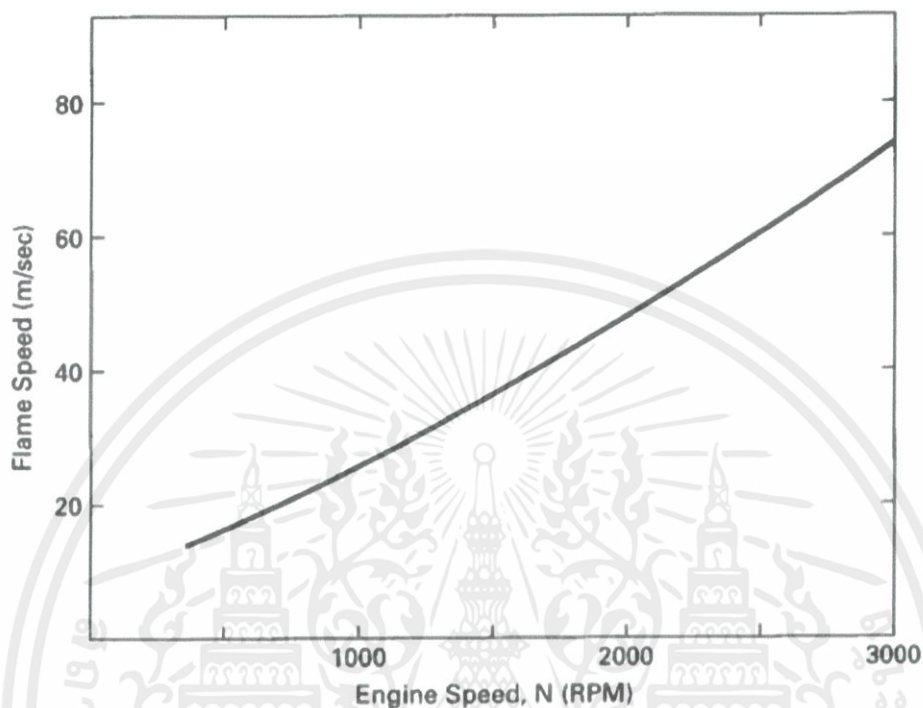


รูปที่ 2.6 กราฟเปอร์เซ็นต์ของมวลที่ถูกเผาไหม้เปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ถูกเผาไหม้[9]



รูปที่ 2.7 กราฟความเร็วเฉลี่ยเปลวไฟเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของไอดีของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ[9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

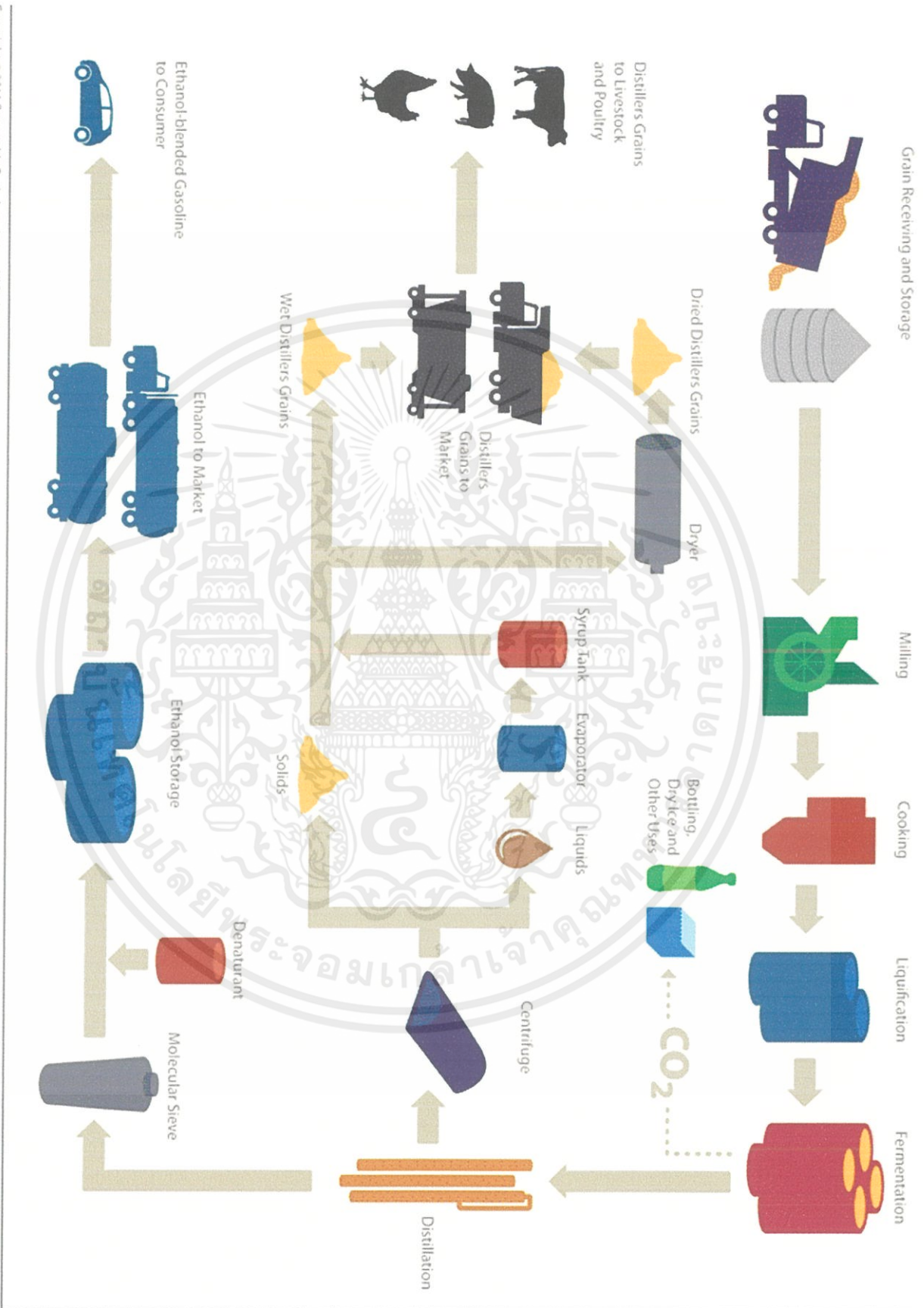


รูปที่ 2.8 กราฟความเร็วเฉลี่ยของเปลวไฟเปรียบเทียบความเร็วของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ [9]

## 2.5 เอทานอล (Ethanol)

เอทานอล คือ แอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง มีสูตรทางเคมีคือ  $C_2H_5OH$  ซึ่งเกิดจากการหมักสารอินทรีย์ เพื่อเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่เป็นน้ำตาล จากนั้นจึงเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยใช้เอนไซม์หรือกรดบางชนิดช่วยย่อย ส่วนใหญ่ผลิตจากพืช สองประเภทคือ พืชประเภทน้ำตาล เช่น อ้อย บีทรูท และพืชจำพวกแป้งเช่น มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น แบ่งเป็นสองประเภท คือ

**2.5.1 แอนไฮดรัสเอทานอล (Anhydrous Ethanol)** ซึ่งเป็นเอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่น้อยกว่าร้อยละ 5 หากมีน้ำผสมอยู่น้อยกว่า 1% จะสามารถนำไปผสมกับแก๊สโซลีนเพื่อทำให้กลายเป็นแก๊สโซลได้ มีขั้นตอนการผลิตที่ซับซ้อนและสิ้นเปลืองพลังงาน



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการผลิตเอทานอล[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



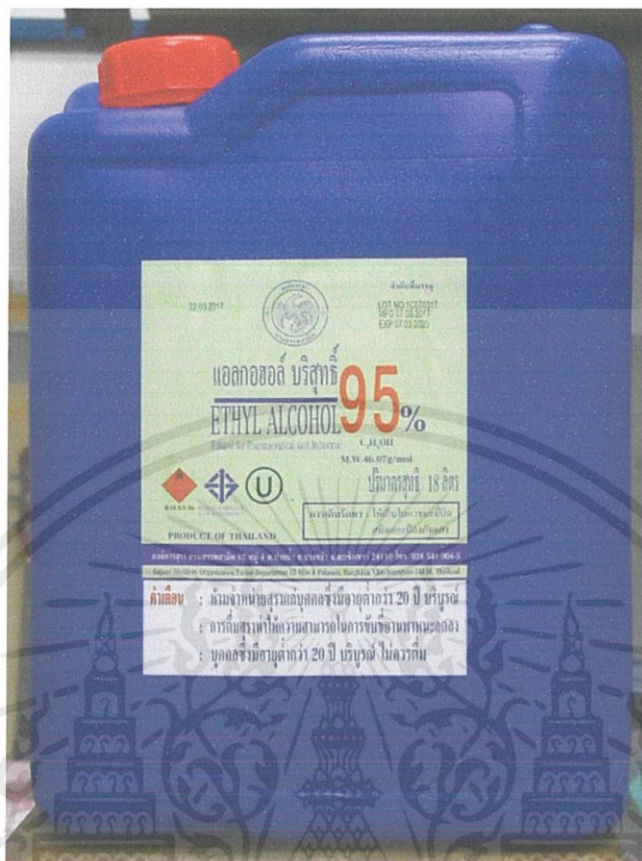
รูปที่ 2.10 แอนไฮดรัสเอทานอลที่ใช้ในการทดลอง

2.5.2 ไฮดรัสเอทานอล (Hydrous Ethanol) เป็นเอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่น้อยกว่าร้อยละ 5 สามารถผลิตได้ด้วยอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เนื่องจากตัดขั้นตอน Molecular Sieve ออก และ จำนวนครั้งในการกลั่นต่ำกว่า เช่น โครงการเครื่องต้นแบบผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลขนาดเล็กของ ผศ.ดร.อภิชาติ บุญทาวัว[11] ที่สามารถผลิตเอทานอลที่มีความเข้มข้นถึงร้อยละ 93 และ โครงการชุมชนต้นแบบผลิตเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของรศ.ดร.สร้อยดาว วินิจนันท์รัตน์[12] ที่สามารถผลิตเอทานอลที่มีความเข้มข้นถึงร้อยละ 75 ดูเพิ่มเติม 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.11 ภาพโครงการชุมชนต้นแบบผลิตเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ชุมชนบ้านวังศิลา จังหวัดนครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ไฮดร้อเอทานอลที่ใช้ในการทดลอง

## 2.6 แก๊สโซลีน (Gasoline)

แก๊สโซลีนหรือน้ำมันเบนซิน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำมันดิบไปกลั่นลำดับส่วน ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ[9]  
ดูเพิ่มเติม 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง

## 2.7 แก๊สโซฮอล (Gasohol)

แก๊สโซฮอลล์เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมแก๊สโซลีนเข้ากับเอทานอล เป็นเชื้อเพลิงหลักของเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟในปัจจุบันของประเทศไทย ในการซื้อขายมักจะถูกจำแนกด้วยสัดส่วนของเอทานอลที่ผสมโดยใช้เป็นค่า E แต่สำหรับ E10 จะถูกจำแนกด้วยค่าอีอกเทน  
ดูเพิ่มเติม 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แก๊สโซฮอล์ที่ใช้ในการทดลอง

## 2.8 ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Enthalpy of Vaporization) หรือ (Heat of Vaporization)

ปริมาณของพลังงานที่สสารดูดเข้าไปเพื่อใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นสถานะก๊าซ เป็นคุณสมบัติเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับชนิดอุณหภูมิและความดันของสสาร

หากเป็นระบบการจ่ายน้ำมันให้ผสมอากาศในท่อร่วมไอดี การที่เชื้อเพลิงมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูง จะทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้มากขึ้น

หากเป็นระบบการจ่ายน้ำมันเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง การที่เชื้อเพลิงมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูง จะสามารถนำไปใช้ในการลดความร้อนภายในห้องเผาไหม้ได้

แต่หากเชื้อเพลิงยังอยู่ในสถานะของเหลวขณะเริ่มการเผาไหม้ก็จะส่งผลให้การสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยของเชื้อเพลิงด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 ค่าความร้อน (Heating Value)

คือปริมาณความร้อนที่ออกมาต่อน้ำหนักเชื้อเพลิงโดยถือว่าน้ำที่ออกมาอยู่ในสถานะของแก๊ส ซึ่งจะแยกเป็น 2 ประเภทคือ ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value) ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่า ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value) เนื่องจาก Lower Heating Value ถือว่าน้ำที่ออกมาอยู่ในสถานะของเหลวที่จะดึงพลังงานไปน้อยกว่า Higher Heating Value ที่ถือว่าน้ำที่ออกมาอยู่ในสถานะของก๊าซ โดยเปรียบเทียบเป็นสมการได้ดังนี้

$$HHV=LHV+ \frac{n_{H_2O,out}}{n_{fuel,in}} \quad (1)$$

เมื่อพูดถึงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในเครื่องยนต์ จะนำค่าความร้อนต่ำมาใช้เนื่องจากไม่มีการกลั่นตัวของไอน้ำในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

## 2.10 อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ (Air-Fuel Ratio)

คืออัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง 1 หน่วยมวลที่ใช้ในการเผาไหม้โดย  $AF_{stoi}$  เป็นค่าอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (Stoichiometric Air-Fuel Ratio) ของซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ แต่เนื่องจากใช้เชื้อเพลิงเอทานอล ซึ่งต้องการอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่ไม่เท่ากับแก๊สโซลีน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่าอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงตามทฤษฎีของเครื่องยนต์เอทานอลขึ้น

$$AF= \dot{m}_a/\dot{m}_f \quad (2)$$

โดยที่  $\dot{m}_a$  คือ อัตราการไหลของมวลของอากาศ [kg/s]

$\dot{m}_f$  คือ อัตราการไหลของมวลของเชื้อเพลิง [kg/s]

นอกจากนี้จะมีการใช้ค่าที่เรียกว่าแลมด้า  $\lambda$  ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมันในขณะนั้นเทียบกับอัตราส่วนของอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันที่ Stoichiometric Air-Fuel Ratio

$$\lambda = \frac{AF_{actual}}{AF_{stoi}} \quad (3)$$

## 2.11 กำลังเบรก(Brake Power)

เป็นการวัดกำลังของเครื่องยนต์โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์วัดจากเพลาค้อเหวี่ยงหรือล้อศูนย์กลางของเครื่องยนต์ โดยค่าที่ได้ออกมาจะเป็นกำลังที่นำไปใช้ได้ของเครื่องยนต์ที่หักการสูญเสียพลังงานไปแล้ว

$$\dot{W}=2\pi n\tau \quad (4)$$

โดยที่  $\dot{W}$  คือ กำลังของเครื่องยนต์ [kW]

$N$  คือ รอบของเครื่องยนต์ [rpm]

$\tau$  คือ กำลังของเครื่องยนต์ [Nm]

## 2.12 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ( Brake Specific Fuel Consumption )

เป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์โดยการวัดน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปต่อพลังงานที่ผลิตออกมา มักจะใช้คำนวณกับงานจากการเบรก จึงมักจะถูกพบในชื่อ การสิ้นเปลืองจำเพาะเบรก

$$bsfc = \dot{m}_f / \dot{W} \quad (5)$$

โดยที่  $\dot{m}_f$  คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง [kg/s]

$\dot{W}$  คือ กำลังของเครื่องยนต์ [kW]

ซึ่งการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกนี้ จะไม่คำนึงถึงค่าความจุพลังงานของเชื้อเพลิง ทำให้การเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงต่างชนิดกันจะอธิบายถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ไม่เต็มที่ควร

## 2.13 การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรก ( Brake Specific Energy Consumption )

เป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์โดยการวัดพลังงานที่ใช้ไปต่อพลังงานที่ผลิตออกมา สามารถใช้อธิบายถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่มีการใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดได้ดีกว่า

$$BSEC = \frac{\dot{m}_f \eta_c (LHV)}{\dot{W}} = BSFC * (LHV) \quad (6)$$

โดย

$\dot{m}_f$  คือ อัตราการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ [kg/s]

$\dot{W}$  คือ กำลังเครื่องยนต์สุทธิ มีหน่วยเป็น [kW]

LHV คือ ค่าพลังงานความร้อนขั้นต่ำ มีหน่วยเป็น [kJ/kg]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\eta_c$  คือ ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้

## 2.14 ค่าประสิทธิภาพความร้อน (Thermal efficiency)

ค่าประสิทธิภาพความร้อนแสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในเชิงความร้อน ซึ่งก็คืออัตราส่วนของพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

$$\text{Thermal efficiency} = \eta_{\text{thermal}} = \frac{\dot{W}_{\text{eng}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{\dot{W}_{\text{eng}}}{\dot{m}_f \eta_c (\text{LHV})} \quad (7)$$

โดย

$\dot{m}_f$  คือ อัตราการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ [kg/s]

$\dot{W}_{\text{eng}}$  คือ กำลังเครื่องยนต์สุทธิ มีหน่วยเป็น [kW]

LHV คือ ค่าพลังงานความร้อนขั้นต่ำ [kJ/kg]

$\eta_c$  คือ ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้

## 2.15 องศาการจุดระเบิด (Ignition Timing)

เมื่อส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ใต้อาจไม่เป็นเปลวไฟแผ่กระจายไปทั่วห้องเผาไหม้ในทันทีทันใด แต่จะต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการแผ่กระจายเปลวไฟออกไป นั่นก็คือเกิดความล่าช้าในการจุดระเบิด (ignition delay) เปลวไฟที่แผ่ออกไปนี้ต้องใช้เวลาเดินทางก่อนที่จะกระทบกับลูกสูบซึ่งก็คือการลามของเปลวไฟ (flame propagation) เนื่องจากกำลังงานสูงสุดที่ได้จากเครื่องยนต์จะได้อันเนื่องมาจากความดันสูงสุดที่ 8-10 องศาหลังศูนย์ตายบน[13] จากเหตุผลข้างต้นจึงต้องมีการปรับองศาการจุดระเบิดเพื่อให้ได้กำลังสูงสุด

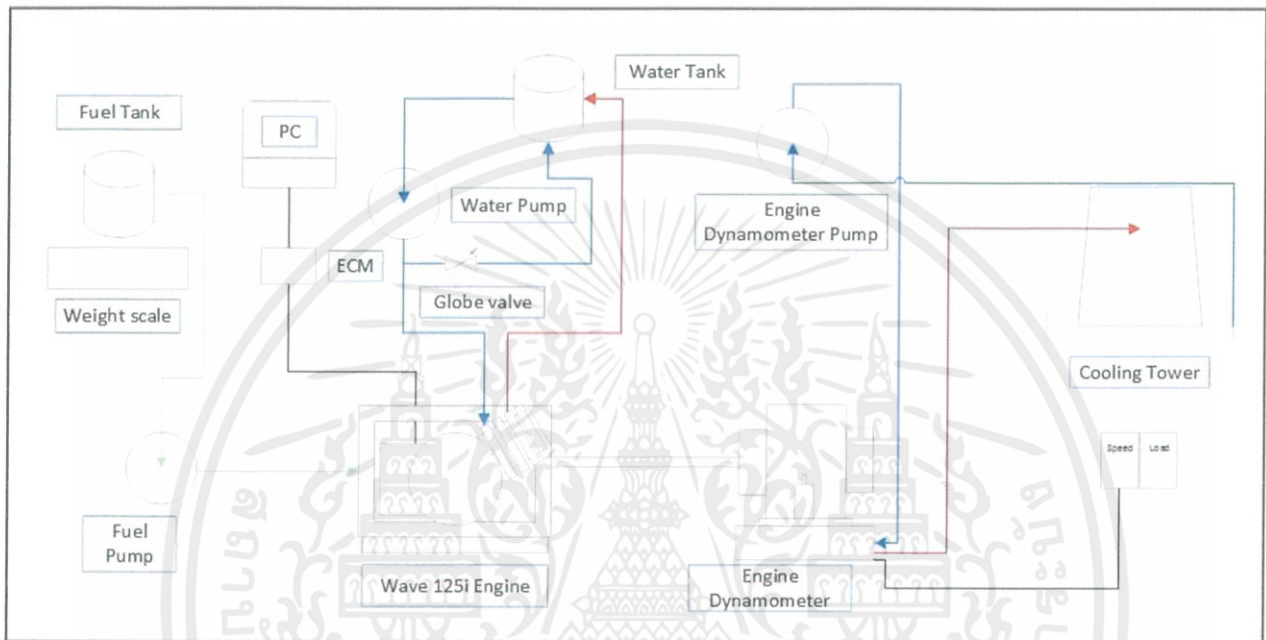
การปรับองศาการจุดระเบิดที่เคลื่อนไปจากจุดที่ให้กำลังงานสูงสุดการจุดระเบิดหัวเทียนที่องศามากขึ้น (Advance) หากเพิ่มองศาการจุดระเบิดมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดแรงดันด้านลูกสูบในขณะที่ลูกสูบกำลังเคลื่อนที่ขึ้นทำให้เกิดอาการชิงจุดระเบิดก่อนซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ การเริ่มจุดระเบิดหัวเทียนที่องศาน้อยลง (Retard) หากลดองศาจุดระเบิดลดลงจะส่งผลให้เกิดแรงดันสูงสุดเกิดที่หลังลูกสูบเคลื่อนที่ออกจากศูนย์ตายบนทำให้เสียกำลังงาน ทั้งนี้การจุดระเบิดหัวเทียนที่องศามากขึ้นหรือน้อยลงเป็นการเลื่อนตำแหน่งที่ความดันสูงสุดซึ่งทำให้กำลังงานของเครื่องยนต์ลดลง

เนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้มีความล่าช้าในการจุดระเบิดและการลามของเปลวไฟที่ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องปรับองศาการจุดระเบิดเพื่อให้ความดันสูงสุดอยู่ที่ 8-10 องศาหลังศูนย์ตายบนเพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุด

## บทที่ 3

# การออกแบบการทดลอง อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และ ขั้นตอนการทดลอง

### 3.1 แผนผังการทดลอง



รูปที่ 3.1 แผนผังการทดลอง

เส้นสีน้ำเงิน แสดงถึงน้ำขาเข้าซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า

เส้นสีแดง แสดงถึงน้ำขาออกซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า

เส้นสีดำ แสดงถึงการส่งข้อมูล

เส้นสีเขียว แสดงถึงเชื้อเพลิง

ECM จะถูกอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.5 ECM

Engine Dynamometer, Engine Dynamometer Pump, Cooling Tower จะถูกอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.13 ไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ

Water Tank, Water Pump, Globe Valve จะถูกอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.14 ระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ด้วยน้ำ

Fuel Tank และ Weight Scale จะถูกอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.15 ระบบวัดปริมาณเชื้อเพลิง

Fuel Pump จะถูกอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.16 ระบบจ่ายเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง และการเปรียบเทียบกับแก๊สโซฮอล์

|                                  | แก๊สโซฮอล์ E10 | เอทานอล E100 | Eh80          | Eh 70         |
|----------------------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| Enthalpy of vaporization (kJ/kg) | 402.3          | 873 (217%)   | 1149.8 (286%) | 1288.2 (320%) |
| Lower Heating Value (kJ/kg)      | 42295          | 26,950 (64%) | 21560 (51%)   | 18865 (45%)   |
| Density (kg/l)                   | 0.75           | 0.79         | 0.83          | 0.85          |
| Octane Number                    | 91             | 130          | <130          | <130          |
| Stoichiometric Air-Fuel Ratio    | 14.1           | 9.0          | 6.7           | 5.8           |

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้อง[14], [15]

จากตารางข้างต้นพบว่าคุณสมบัติของแอมไฮดรอลเอทานอลและไฮดรอลเอทานอลแตกต่างจากแก๊สโซฮอล์ เพราะฉะนั้นการจะนำเชื้อเพลิงเอทานอลมาใช้จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติที่แตกต่างกับแก๊สโซฮอล์ดังนี้

1. ค่าความจุพลังงาน (Energy content) จะเห็นได้ว่าความจุพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักของเชื้อเพลิงเอทานอลนั้นมีค่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ดังนั้นเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เช่นเดิมจำเป็นต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้น
2. ค่าความร้อนแฝงของการระเหย (Latent heat of vaporization) เชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ประมาณ 2 เท่า เนื่องจากค่าความร้อนแฝงที่มากกว่าของเชื้อเพลิงเอทานอลนี้ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์คือ อุณหภูมิในท่อไอดีต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลดึงความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยมากกว่า ส่งผลให้อากาศที่ดูดเข้าไปมีความหนาแน่นสูงขึ้นสามารถดึงอากาศเข้ามาได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและกำลังที่ได้สูงขึ้น
3. ค่าออกเทน (Octane) เป็นตัวที่เลขที่ใช้บอกคุณสมบัติด้านทานการจุดระเบิดด้วยตัวเอง(น็อค)ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ ซึ่งการที่เชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าออกเทนที่สูงกว่าแก๊สโซฮอล์หมายความว่าเราสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัด
4. ค่าอุณหภูมิเปลวไฟ (Adiabatic flame temperature) เนื่องจากค่าความจุพลังงาน ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าเชื้อเพลิงเอทานอลมีค่าอุณหภูมิเปลวไฟที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ทำให้การสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีและการนำความร้อนจากภายในห้องเผาไหม้ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การเลือกค่าความเข้มข้นของไฮดรอสเอทานอล

จากการศึกษาการทดลองที่เกี่ยวข้องในบท 2.1 ทั้งด้านการผลิตเอทานอลและการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮดรอสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ผู้จัดทำเลือกที่จะใช้ไฮดรอสเอทานอล Eh80 มาใช้ในการทดลอง และในการทดลองกับไฮดรอสเอทานอล Eh70 แต่เนื่องจากเหตุผลในเรื่องข้อจำกัดของอุปกรณ์คือหัวฉีดไม่สามารถจ่ายเชื้อเพลิงให้เพียงพอกับความต้องการเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น เชื้อเพลิงเอทานอลที่มีส่วนผสมของน้ำที่สูงขึ้นจะต้องการปริมาณเชื้อเพลิงในการเผาไหม้แต่ละวัฏจักรมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถทดลองโดยใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้ได้

ถึงแม้ว่าการทดลองชุดนี้จะไม่มีการเก็บค่าไอเสีย แต่การที่ไอเสียที่ลดลงในช่วงเอทานอลที่ผสมน้ำเล็กน้อยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญหลังจากความเข้มข้นน้ำที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงมีค่ามากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ไม่ใช่สิ่งที่น่าพอใจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของไอเสียดังกล่าวเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อมแม้ว่าจะมีหรือยังไม่มีกฎหมายมาเกี่ยวข้องก็ตามจึงทำให้คณะผู้จัดทำไม่ได้พิจารณาการใช้ไฮดรอสเอทานอลที่มีความเข้มข้นของเอทานอลต่ำกว่า Eh70

### 3.4 การเลือกเครื่องยนต์

เนื่องจากผู้จัดทำตั้งเป้าหมายให้การผลิตไฮดรอสเอทานอลทำเพื่อใช้งานกับเครื่องจักรการเกษตรโดยทั่วไป เครื่องยนต์ชนิดแรกที่ถูกเลือกมาทดลองจึงเป็นเครื่องยนต์เอนกประสงค์ Honda รุ่น GX 120 เนื่องจากมีเครื่องยนต์ชนิดนี้อยู่ภายใน Workshop สำหรับการศึกษาอยู่แล้ว ทำให้สามารถขอความช่วยเหลือเมื่อประสบปัญหาต่างๆ ได้ง่ายเพราะบุคคลากรภายในมีความคุ้นเคย และ หากฉุกเฉินยังสามารถนำอะไหล่ไปใช้งานได้ แต่ทว่า เครื่องยนต์ชนิดนี้ใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงและจุดระเบิดที่ปรับจูนยากและไม่แม่นยำ จึงทำให้ต้องเปลี่ยนเครื่องยนต์



รูปที่ 3.2 เครื่องยนต์ Honda GX 120

ในที่สุดเครื่องยนต์จากรถจักรยานยนต์แบบ Honda Wave 125i ก็ถูกเลือกมาทำการทดลองโดยมีเหตุผลสนับสนุนคือเป็นเครื่องยนต์ที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายและสามารถบำรุงรักษาง่าย แต่อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ดังกล่าวนี้มีสภาพไม่สมบูรณ์สำหรับการทดสอบคือ ถูกปรับแต่งจากการทดลองก่อนหน้านี้มาพอสมควร คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการซ่อมแซมเพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมการทดลอง ส่งผลทำให้ คุณลักษณะของเครื่องยนต์ต่างไปจากเดิมเช่นกัน

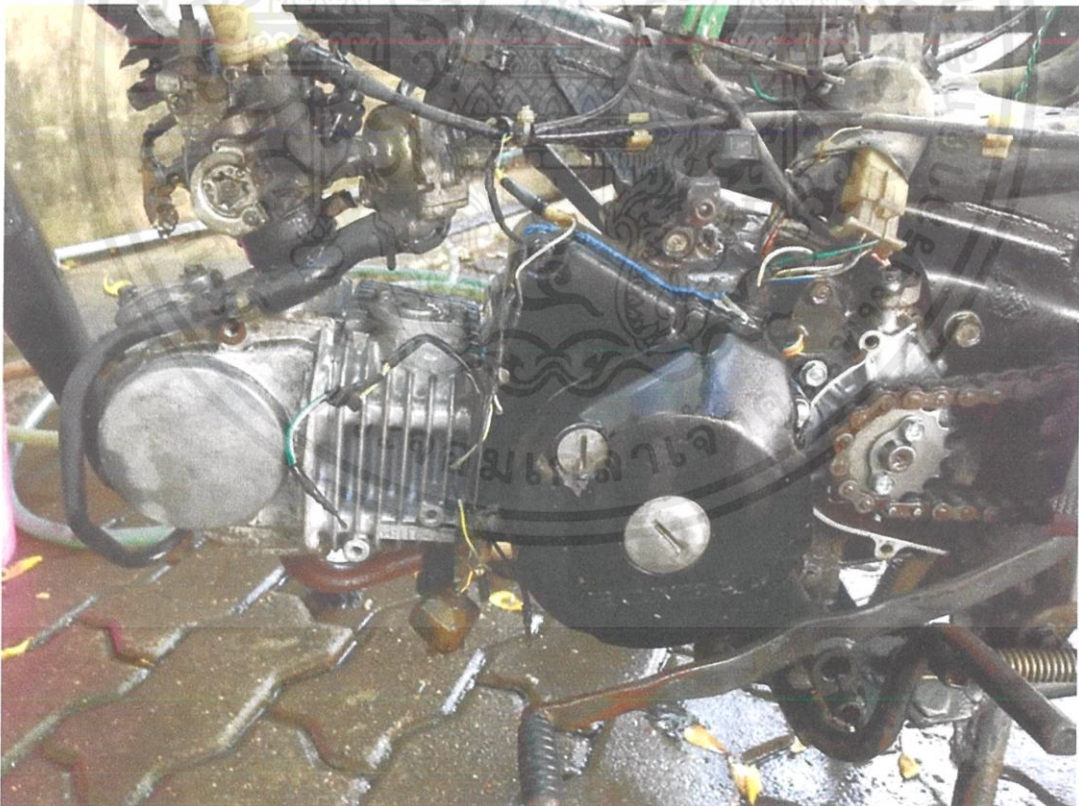
| Honda Wave125i (Modified)         | คุณสมบัติ                      | หมายเหตุ   |
|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| ประเภทของเครื่องยนต์              | 4 จังหวะ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ |  |
| ปริมาตรกระบอกสูบ                  | 129.67 cm <sup>3</sup>         | (ค่าจากการออกแบบ 124.9)                            |
| เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ x ระยะชัก | 53.4 x 57.9 mm                 | (ค่าจากการออกแบบ 52.4*57.9)                        |
| ระบบจ่ายน้ำมัน                    | PGM-FI Injector                |  |
| อัตราส่วนการอัด                   | 9.65:1                         | (ค่าจากโรงงาน 9.3:1)                               |
| อัตราทดขั้นต้น                    | 3.350                          | (ใช้งาน)   |
| อัตราทดเกียร์ 1                   | 2.5                            |  |
| อัตราทดเกียร์ 2                   | 1.5                            |  |
| อัตราทดเกียร์ 3                   | 1.15                           |  |
| อัตราทดเกียร์ 4                   | 0.923                          | (ใช้งาน)   |
| อัตราทดขั้นสุดท้าย                | 2.428                          |  |
| ระบบระบายความร้อน                 | ระบายความร้อนด้วยน้ำ           | (การออกแบบจากโรงงานใช้ระบบระบายความร้อน ด้วยอากาศ) |

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเครื่องยนต์ [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เครื่องยนต์ขณะที่ติดตั้งอยู่กับตัวรถจักรยานยนต์



รูปที่ 3.4 เครื่องยนต์ขณะที่ติดตั้งอยู่กับตัวรถจักรยานยนต์ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ECM (Electronic Control Module)

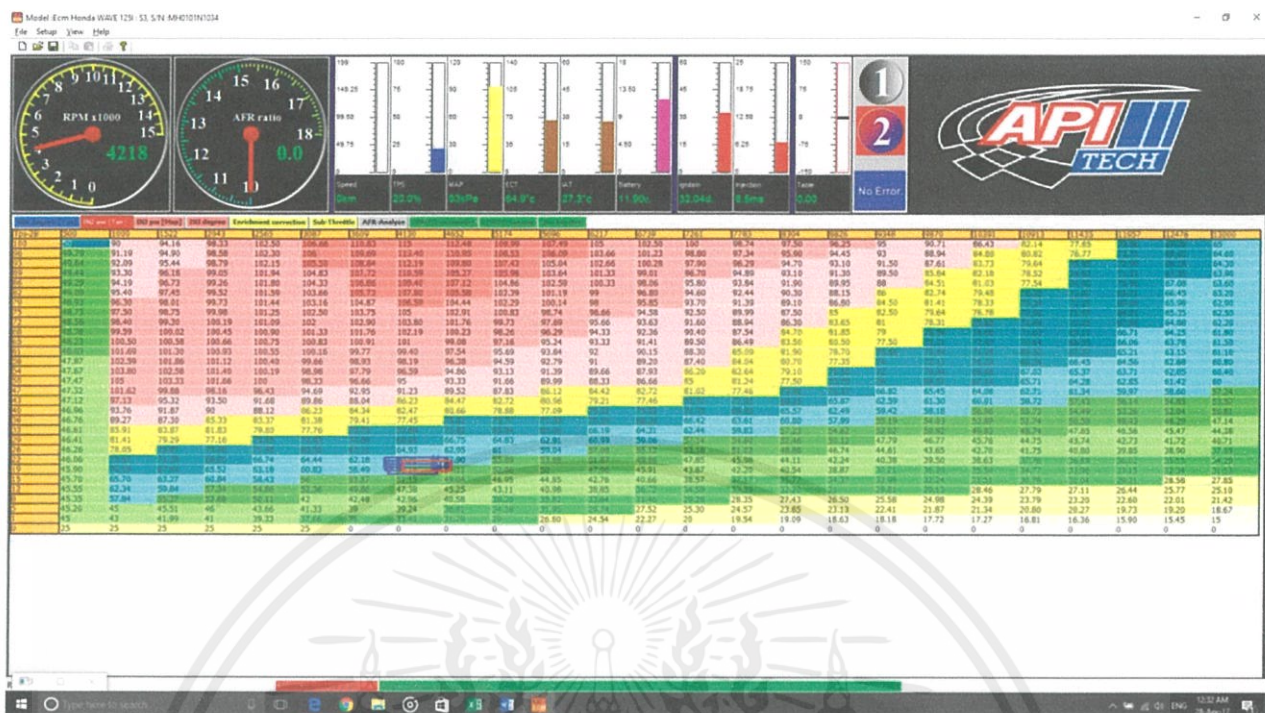
ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเครื่องยนต์มาวิเคราะห์และทำการสั่งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้

กล่อง ECM ที่ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองนี้คือ กล่อง Standalone ยี่ห้อ API Tech ที่สามารถใช้แทนกล่อง ECM เดิมจากโรงงานผู้ผลิตได้เลย ที่สามารถปรับการจ่ายเชื้อเพลิงเป็นหน่วย 1 ใน 1000 วินาที ซึ่งต่างจากกล่องฟ่วงเสริม (Piggyback) ที่หากต้องการจ่ายเชื้อเพลิงเพิ่มจะต้องจ่ายเป็น % ของกล่องเดิมทำให้มีความซับซ้อนในด้านการปรับแต่ง และคำสั่งไม่แม่นยำเท่าที่ควร นอกจากนี้ภายในโปรแกรมของ API Tech ยังสามารถแสดงค่าของตัวตรวจจับสถานะการทำงาน (Sensor) ที่ถูกติดตั้งอยู่ภายในเครื่องยนต์ และสามารถเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆขณะทำการทดลองได้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลการทดลอง

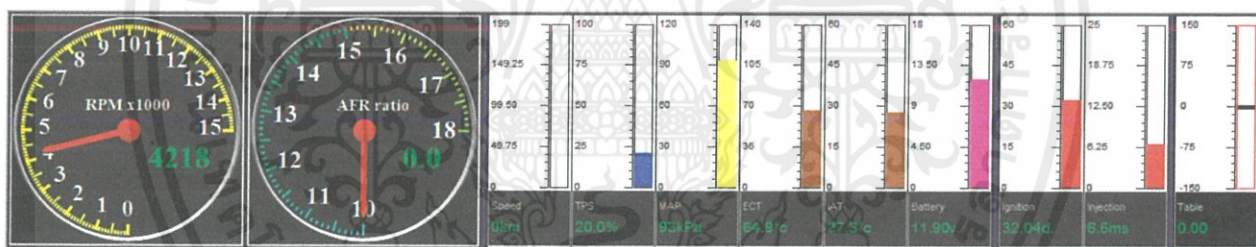


รูปที่ 3.5 กล่อง ECM ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 Interface โปรแกรมของกล่อง ECM ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.7 ภาพขยายบริเวณส่วนแสดงสถานะของเครื่องยนต์เพื่อใช้ควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูล

คำอธิบายจากซ้ายไปขวา

1. เซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ ซึ่งแสดงผลว่าวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็นรอบ/นาที
2. ออกซิเจนเซนเซอร์ ในที่นี้ไม่ได้มีการติดตั้งเข้าไปกับกล่องโดยตรงจึงไม่แสดงค่า ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.6
3. Speed วัดความเร็วของรถจักรยานยนต์ เนื่องจากไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดเข้ากับกล่องECM จอแสดงผลจึงแสดงข้อมูล เป็น 0 มีหน่วยเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง
4. TPS คือ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.9
5. MAP คือ ตัวตรวจจับความดันภายในท่อไอดี มีหน่วยเป็นปาสคาล ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ECT คือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.11

7 IAT คือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.12

8 Battery คือ ค่าความดันของแบตเตอรี่ในขณะนั้น มีหน่วยเป็นโวลต์ ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.13

9 Ignition คือ ตำแหน่งองศาการจุดระเบิดในขณะนั้น มีหน่วยเป็นองศา ก่อนจุดศูนย์ตายบน ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.14

10 Injection คือ ระยะเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงในขณะนั้น มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที ข้อมูลเพิ่มเติมอยู่ในหัวข้อ 3.15

| IGN degree [Tps] | INU pw [Tps] | INU pw [Map] | INU degree | Enrichment correction | Sub-Throttle | AFR-Analyze | (TRIF) parameter | TRIF   |        |   |
|------------------|--------------|--------------|------------|-----------------------|--------------|-------------|------------------|--------|--------|---|
| Tps-2B           | 500          | 1000         | 1522       | 2043                  | 2565         | 3087        | 3609             | 4130   | 4652   | 5 |
| 100              | 50           | 90           | 94.16      | 98.33                 | 102.50       | 106.66      | 110.83           | 115    | 112.48 | 1 |
| 96               | 49.79        | 91.19        | 94.90      | 98.58                 | 102.30       | 106         | 109.69           | 113.40 | 110.95 | 1 |
| 93               | 49.64        | 92.09        | 95.44      | 98.79                 | 102.15       | 105.50      | 108.84           | 112.19 | 109.80 | 1 |
| 89               | 49.44        | 93.30        | 96.18      | 99.05                 | 101.94       | 104.83      | 107.72           | 110.59 | 108.27 | 1 |
| 86               | 49.29        | 94.19        | 96.73      | 99.26                 | 101.80       | 104.33      | 106.86           | 109.40 | 107.12 | 1 |
| 82               | 49.09        | 95.40        | 97.45      | 99.52                 | 101.59       | 103.66      | 105.73           | 107.80 | 105.58 | 1 |
| 79               | 48.93        | 96.30        | 98.01      | 99.73                 | 101.44       | 103.16      | 104.87           | 106.59 | 104.44 | 1 |
| 75               | 48.73        | 97.50        | 98.75      | 99.98                 | 101.25       | 102.50      | 103.75           | 105    | 102.91 | 1 |
| 72               | 48.58        | 98.40        | 99.30      | 100.19                | 101.09       | 102         | 102.90           | 103.80 | 101.76 | 9 |
| 68               | 48.38        | 99.59        | 100.02     | 100.45                | 100.90       | 101.33      | 101.76           | 102.19 | 100.23 | 9 |
| 65               | 48.23        | 100.50       | 100.58     | 100.66                | 100.75       | 100.83      | 100.91           | 101    | 99.08  | 9 |
| 61               | 48.03        | 101.69       | 101.30     | 100.93                | 100.55       | 100.16      | 99.77            | 99.40  | 97.54  | 9 |
| 58               | 47.87        | 102.59       | 101.86     | 101.12                | 100.40       | 99.66       | 98.93            | 98.19  | 96.38  | 9 |
| 54               | 47.67        | 103.80       | 102.58     | 101.40                | 100.19       | 98.98       | 97.79            | 96.59  | 94.86  | 9 |
| 50               | 47.47        | 105          | 103.33     | 101.66                | 100          | 98.33       | 96.66            | 95     | 93.33  | 9 |
| 47               | 47.32        | 101.62       | 99.88      | 98.16                 | 96.43        | 94.69       | 92.95            | 91.23  | 89.52  | 8 |
| 43               | 47.12        | 97.13        | 95.32      | 93.50                 | 91.68        | 89.86       | 88.04            | 86.23  | 84.47  | 8 |
| 40               | 46.96        | 93.76        | 91.87      | 90                    | 88.12        | 86.23       | 84.34            | 82.47  | 80.66  | 7 |
| 36               | 46.76        | 89.27        | 87.30      | 85.33                 | 83.37        | 81.38       | 79.41            | 77.45  | 75.61  | 7 |
| 33               | 46.61        | 85.91        | 83.87      | 81.83                 | 79.80        | 77.76       | 75.73            | 73.89  | 71.82  | 6 |
| 29               | 46.41        | 81.41        | 79.29      | 77.16                 | 75.05        | 72.93       | 70.80            | 68.68  | 66.75  | 6 |
| 26               | 46.26        | 78.05        | 75.87      | 73.68                 | 71.48        | 69.30       | 67.11            | 64.93  | 62.95  | 6 |
| 22               | 46.06        | 73.57        | 71.29      | 69.04                 | 66.74        | 64.44       | 62.18            | 60.00  | 57.90  | 5 |
| 19               | 45.90        | 70.19        | 67.84      | 65.52                 | 63.18        | 60.83       | 58.49            | 56.31  | 54.11  | 5 |
| 15               | 45.70        | 65.70        | 63.27      | 60.84                 | 58.43        | 56          | 53.57            | 51.15  | 49.04  | 4 |
| 12               | 45.55        | 62.34        | 59.84      | 57.34                 | 54.86        | 52.36       | 49.86            | 47.38  | 45.25  | 4 |
| 8                | 45.35        | 57.84        | 55.27      | 52.68                 | 50.11        | 42          | 42.48            | 42.96  | 40.58  | 3 |
| 5                | 45.20        | 45           | 45.51      | 46                    | 43.66        | 41.33       | 39               | 39.24  | 36.81  | 3 |
| 1                | 45           | 43           | 41.99      | 41                    | 39.33        | 37.66       | 36               | 33.40  | 31.20  | 2 |
| 0                | 25           | 25           | 25         | 25                    | 25           | 25          | 0                | 0      | 0      | 0 |

รูปที่ 3.8 ภาพขยายบริเวณค่าของการจ่ายเชื้อเพลิงที่ตั้งไว้ มีหน่วยเป็น 0.1 มิลลิวินาที

โดยการจ่ายเชื้อเพลิงจะเป็นฟังก์ชันของลิ้นเร่ง(TPS/แกนตั้ง) และรอบเครื่องยนต์(แกนนอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| IGN degree [Tps] | INU pw [Tps] | INU pw [Map] | INU degree | Enrichment correction | Sub-Throttle | AFR-Analyze | [TRIM] parameter | [TRIM] h |       |       |
|------------------|--------------|--------------|------------|-----------------------|--------------|-------------|------------------|----------|-------|-------|
| Tps-1A           | 500          | 1021         | 1542       | 2063                  | 2583         | 3104        | 3625             | 4146     | 4667  | 5188  |
| 100              | 20           | 25           | 25.81      | 26.63                 | 27.45        | 28.27       | 29.09            | 29.90    | 30.72 | 31.54 |
| 96               | 19.52        | 25.20        | 26.04      | 26.88                 | 27.72        | 28.56       | 29.40            | 30.24    | 31.08 | 31.92 |
| 92               | 19.04        | 25.41        | 26.27      | 27.13                 | 27.99        | 28.86       | 29.72            | 30.58    | 31.44 | 32.31 |
| 88               | 18.56        | 25.62        | 26.50      | 27.38                 | 28.27        | 29.15       | 30.04            | 30.92    | 31.81 | 32.69 |
| 84               | 18.08        | 25.82        | 26.72      | 27.63                 | 28.54        | 29.45       | 30.36            | 31.26    | 32.17 | 33.08 |
| 80               | 17.60        | 26.03        | 26.96      | 27.89                 | 28.81        | 29.74       | 30.67            | 31.61    | 32.54 | 33.47 |
| 76               | 17.12        | 26.24        | 27.19      | 28.14                 | 29.09        | 30.04       | 30.99            | 31.95    | 32.90 | 33.85 |
| 72               | 16.64        | 26.44        | 27.41      | 28.39                 | 29.36        | 30.34       | 31.31            | 32.29    | 33.26 | 34.24 |
| 68               | 16.16        | 26.65        | 27.64      | 28.64                 | 29.64        | 30.63       | 31.63            | 32.63    | 33.63 | 34.62 |
| 64               | 15.68        | 26.86        | 27.87      | 28.89                 | 29.91        | 30.93       | 31.95            | 32.97    | 33.99 | 35.01 |
| 60               | 15.20        | 27.06        | 28.10      | 29.14                 | 30.18        | 31.23       | 32.27            | 33.31    | 34.35 | 35.40 |
| 56               | 14.72        | 27.27        | 28.33      | 29.39                 | 30.46        | 31.52       | 32.59            | 33.65    | 34.72 | 35.78 |
| 52               | 14.24        | 27.48        | 28.56      | 29.65                 | 30.73        | 31.82       | 32.91            | 33.99    | 35.08 | 36.17 |
| 48               | 13.76        | 27.68        | 28.79      | 29.90                 | 31           | 32.11       | 33.22            | 34.34    | 35.45 | 36.56 |
| 45               | 13.40        | 27.84        | 28.96      | 30.09                 | 31.21        | 32.34       | 33.47            | 34.59    | 35.72 | 36.85 |
| 42               | 13.04        | 28           | 29.14      | 30.28                 | 31.42        | 32.57       | 33.71            | 34.85    | 35.99 | 37.14 |
| 39               | 12.68        | 26.65        | 27.94      | 29.24                 | 30.53        | 31.83       | 33.13            | 34.42    | 35.72 | 37.02 |
| 36               | 12.32        | 25.30        | 26.75      | 28.20                 | 29.64        | 31.09       | 32.54            | 34       | 35.45 | 36.90 |
| 33               | 11.96        | 23.95        | 25.55      | 27.15                 | 28.75        | 30.36       | 31.96            | 33.57    | 35.17 | 36.78 |
| 30               | 11.60        | 22.60        | 24.35      | 26.11                 | 27.87        | 29.62       | 31.38            | 33.14    | 34.90 | 36.65 |
| 27               | 11.24        | 21.25        | 23.16      | 25.07                 | 26.98        | 28.89       | 30.80            | 32.71    | 34.62 | 36.53 |
| 24               | 10.88        | 19.90        | 21.98      | 24.03                 | 26.09        | 28.15       | 30.22            | 32.28    | 34.35 | 36.41 |
| 21               | 10.52        | 18.55        | 20.76      | 22.98                 | 25.20        | 27.42       | 29.64            | 31.85    | 34.07 | 36.29 |
| 18               | 10.16        | 17.20        | 19.57      | 21.94                 | 24.31        | 26.68       | 29.05            | 31.43    | 33.80 | 36.17 |
| 15               | 9.80         | 15.85        | 18.37      | 20.90                 | 23.42        | 25.95       | 28.47            | 31       | 33.52 | 36.05 |
| 12               | 9.44         | 14.50        | 17.18      | 19.86                 | 22.52        | 25.21       | 27.89            | 30.57    | 33.25 | 35.93 |
| 9                | 9.08         | 13.15        | 15.98      | 18.81                 | 21.64        | 24.47       | 27.31            | 30.14    | 32.98 | 35.81 |
| 6                | 8.72         | 11.80        | 14.78      | 17.77                 | 20.75        | 23.74       | 26.73            | 29.71    | 32.70 | 35.69 |
| 3                | 8.36         | 10.45        | 13.59      | 16.73                 | 19.86        | 23.01       | 26.15            | 29.29    | 32.43 | 35.58 |
| 0                | 20           | 20           | 20         | 20                    | 20           | 36.87       | 38.75            | 40.62    | 42.50 | 44.37 |

รูปที่ 3.9 ภาพขยายบริเวณค่าขององศาการจุดระเบิดที่ตั้งไว้ (มีหน่วยเป็นองศา ก่อนศูนย์ตายบน) โดยการจุดระเบิดจะเป็นฟังก์ชันของลิ้นเร่ง(TPS/แกนตั้ง) และรอบเครื่องยนต์(แกนนอน)



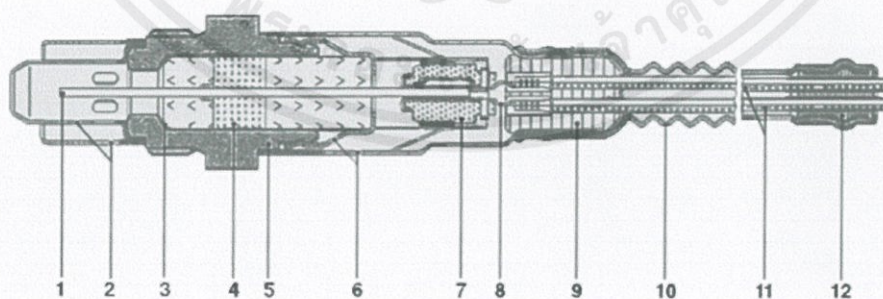
รูปที่ 3.10 ภาพขยายบริเวณการเลือกตาราง โดยกล่องจะสามารถเขียนตารางได้ 2 ชุด แล้วเลือกใช้ได้ขณะทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 ออกซิเจนเซนเซอร์ (Oxygen Sensor)

เป็นอุปกรณ์ที่จะวัดอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันในเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งในการทดลองนี้ถูกติดตั้งไว้ที่หลังวาล์วไอเสียบริเวณคอท่อไอเสีย โดยผู้ใช้งานจะสามารถตรวจสอบได้ว่าน้ำมันที่ถูกฉีดมากหรือน้อยกว่าที่ควรจะเป็นในขณะนั้น เทียบกับปริมาณอากาศต่อเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ซึ่งออกซิเจนเซนเซอร์ไม่สามารถวัดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในอากาศได้โดยตรงแต่จะวัดความแตกต่างของความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในไอเสียและในบรรยากาศ ออกซิเจนเซนเซอร์จะวัดอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันในเครื่องยนต์สันดาปภายในอัตราส่วนน้ำมันหนาหรือก็คือการที่มีปริมาณน้ำมันฉีดมากเกินไปทำให้มีความต้องการออกซิเจนมากขึ้น ความต้องการนี้ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทประจุของกาออกซิเจนผ่านชั้นของเซนเซอร์ อัตราส่วนน้ำมันบางซึ่งก็คือปริมาณเชื้อเพลิงน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้มีความออกซิเจนเกินพอดีไหลเข้าสู่ตัวตรวจจับ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าต่ำเนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนในไอเสียมากขึ้น ระบบควบคุมวงปิด (Close loop feedback-controlled) ของหัวฉีดสามารถปรับค่าการฉีดขึ้นอยู่กับข้อมูลของเซนเซอร์แทนที่จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ตารางที่คำนวณไว้ล่วงหน้า ซึ่งทำให้หัวฉีดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เทคนิคการควบคุมนี้สามารถลดจำนวนของน้ำมันที่ไม่ถูกเผาไหม้และการเกิดมลพิษจากการเผาไหม้

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. Sensor element (combination of Nernst concentration cell and oxygen-pump cell) | 7. Contact holder         |
| 2. Double protective tube   | 8. Contact clip           |
| 3. Seal ring  | 9. PTFE sleeve            |
| 4. Seal packing   | 10. PTFE shaped sleeve    |
| 5. Sensor housing   | 11. Five connecting leads |
| 6. Protective sleeve  | 12. Seal                  |



รูปที่ 3.11 ส่วนประกอบของ Oxygen Sensor[17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <i>Power</i>                     |   |
| Power requirements               | Single Channel 8-14 Volt / 2 A (max, 1 A nominal)                                   |
|                                  | Dual Channel 8-14 Volt / 4 A (max, 2 A nominal)                                     |
| <i>Serial Communication</i>      |   |
| Serial Port Speed                | 19.2 kbit/sec   |
| Packet/Logging Speed             | 81.92 msec/sample packet  |
| Sample Resolution                | 10 bits (0..5V at 0.1% resolution)  |
| <i>OBD-II (US Spec vehicles)</i> |   |
| Number of Channels               | 16 (max)  |
| Supported protocols              | ISO 157650 (CAN), J1850PWM, J1850VPW, ISO 9141, ISO 14230 (KWP2000)                 |
| <i>USB Specifications</i>        |   |
| Protocol Version                 | 2.0   |
| Supported OSs                    | Windows 2000, XP, Vista, 7, and 8   |
| <i>Temperature</i>               |   |
| Max Operating Temperature        | -20 to +80 deg Celsius  |
| <i>Recording</i>                 |   |
| Memory Card                      | SD 4GB or smaller.<br>File format : FAT or FAT16<br>(SDHC cards are not compatible) |

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของตัวอ่าน Oxygen Sensor[18]



รูปที่ 3.12 Oxygen Sensor พร้อมตัวอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 หัวฉีด (Injector)

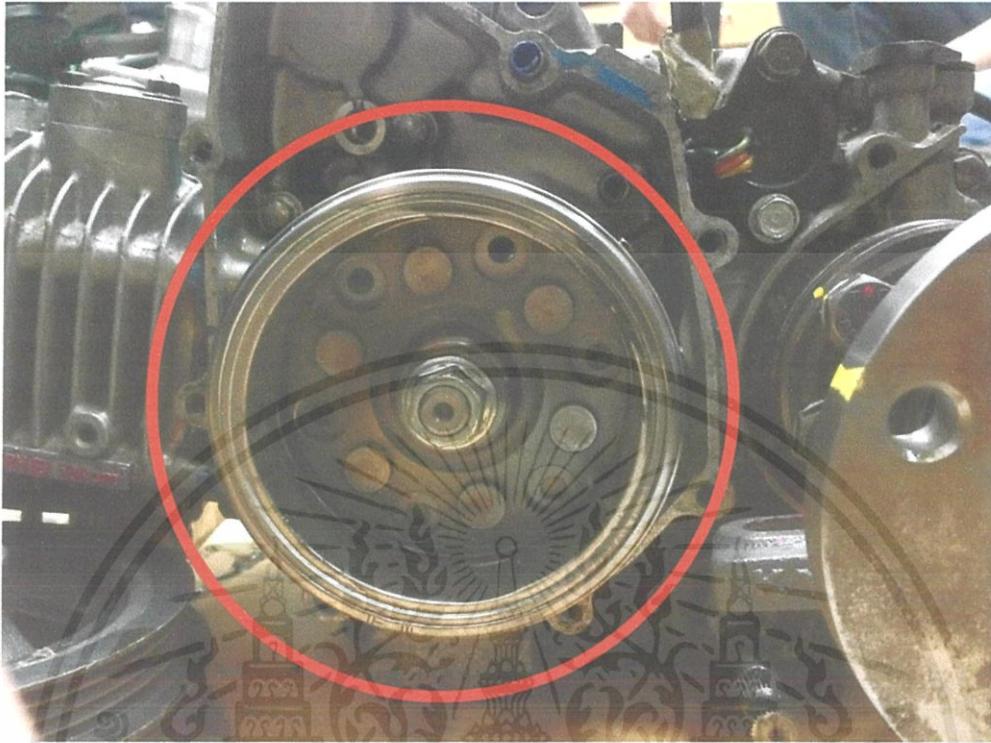
หัวฉีดเป็นอุปกรณ์จ่ายเชื้อเพลิงสมัยใหม่ที่สามารถจ่ายเชื้อเพลิงได้แม่นยำกว่าคาร์บูเรเตอร์ หัวฉีดถูกติดตั้งอยู่ในชุดเรือนลิ้นเร่งซึ่งเป็นบริเวณทางเข้าของไอติถูกควบคุมการทำงานด้วยหน่วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) โดยที่น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกทำให้แรงดันสูงขึ้นประมาณ 3 บาร์ด้วยปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อสัญญาณการฉีดจากชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ป้อนไปยังหัวฉีด น้ำมันที่มีความดันจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอติ ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าหัวฉีด



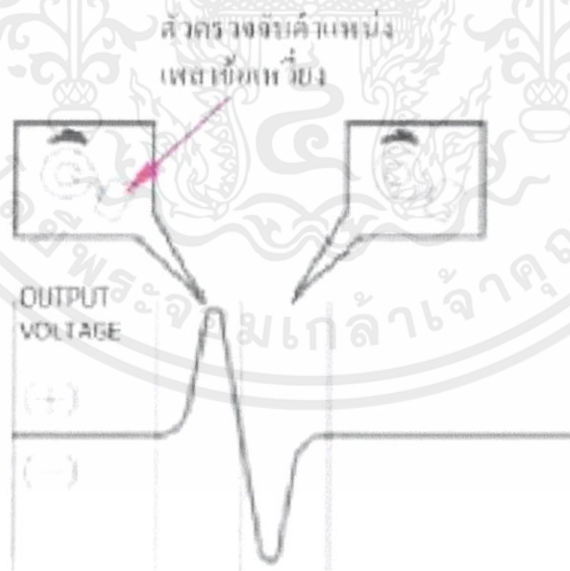
รูปที่ 3.13 หัวฉีด

### 3.8 ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยง (Crank shaft position Sensor)

ตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยงทำด้วยขดลวดพันรอบแกนและล้อแม่เหล็กที่ยึดกับเพลาค้อเหวี่ยง ใช้หลักการฮอลล์เอฟเฟคคือเมื่อล้อแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าและสร้างแรงดันไฟฟ้าตามมา (หลักการเดียวกับเจนเนอเรเตอร์ผลิตกระแสไฟฟ้า) ECM รับข้อมูลตำแหน่งและความเร็วของล้อแม่เหล็กในขณะนั้น แล้วนำข้อมูลมาคำนวณเพื่อระบุความเร็วรอบเพลาค้อเหวี่ยงและตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยงเพื่อจ่ายเชื้อเพลิงและจุดระเบิดให้ตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้ตรงตามที่ได้มีการกำหนดค่าไว้ภายในกล่อง ECM

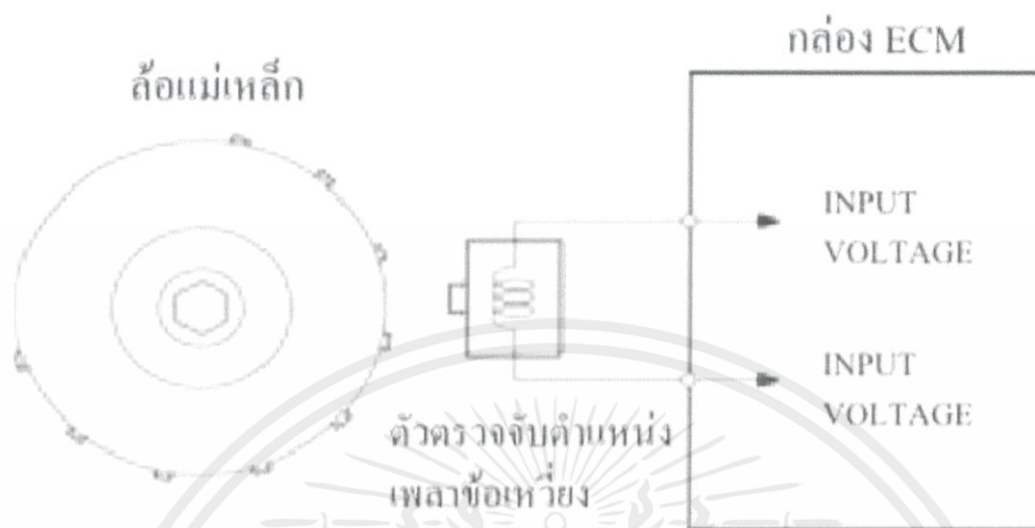


รูปที่ 3.14 ตัวอย่างล้อแม่เหล็กและตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาคือเหวี่ยง[19]



รูปที่ 3.15 ความต่างศักย์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำที่ตรวจจับได้  
มีค่าเป็นบวกเมื่อแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าหาขดลวด[19]

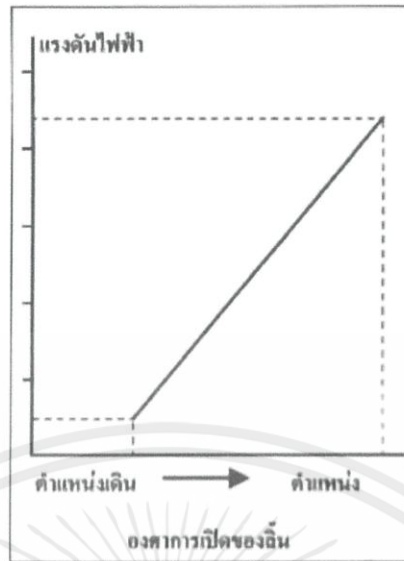
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



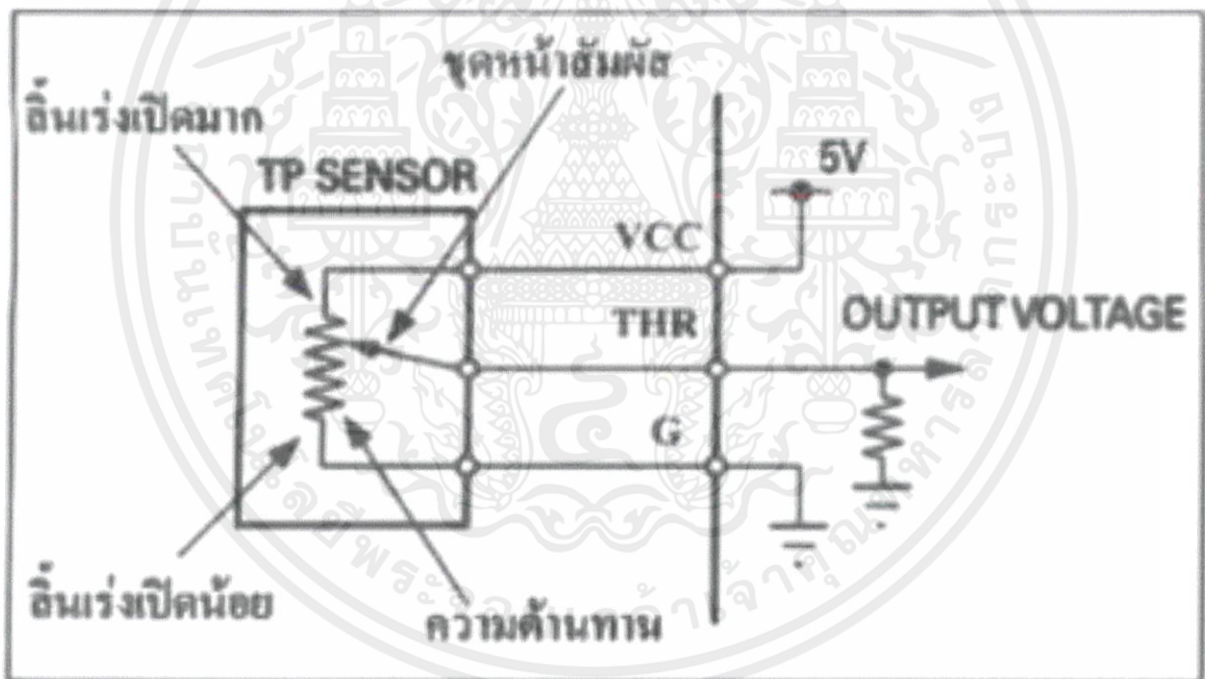
รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้งและรับข้อมูล ระหว่างกล่องECMกับตัวตรวจจับตำแหน่งเพลาช้อเหยียง[19]

### 3.9 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง Throttle Position Sensor : TPS

ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งทำหน้าที่ตรวจวัดตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง แล้วแปลงองศาการเปิดปิดนั้นเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าคือเมื่อปิดสุดความต้านทานมีค่ามากที่สุด ทำให้ความต่างศักย์ขาออกมีค่าน้อยที่สุด(0.5 V) ในทางกลับกันเมื่อเปิดลิ้นเร่งสุดความต้านทานมีค่าน้อยสุด ทำให้ความต่างศักย์ขาออกมีค่ามากที่สุด(4.47 V) โดยกล่องECMรับข้อมูลเป็นความต่างศักย์ขาออก เพื่อนำข้อมูลเปิด-ปิดตำแหน่งลิ้นเร่งเพื่อใช้คำนวณระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงและองศาจุดระเบิดตามที่ได้มีการกำหนดค่าไว้ภายในกล่อง ECM

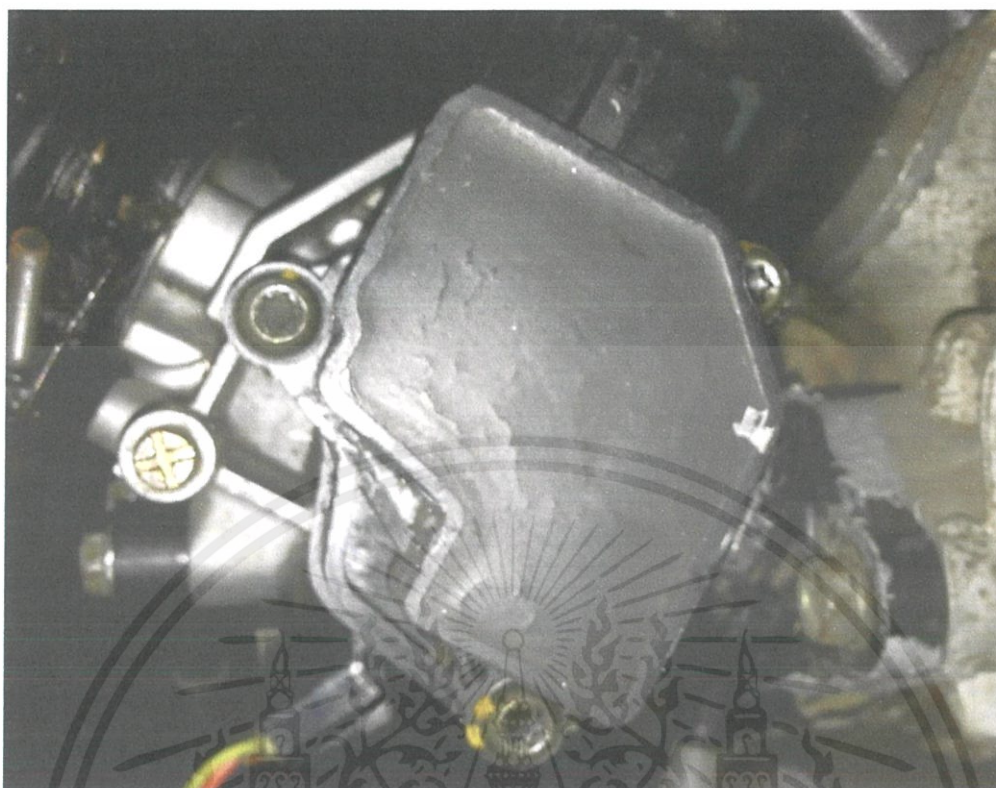


รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออกกับตำแหน่งเปิด-ปิดลิ้นเร่ง[19]



รูปที่ 3.18 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าของตำแหน่งเปิด-ปิดลิ้นเร่ง[19]

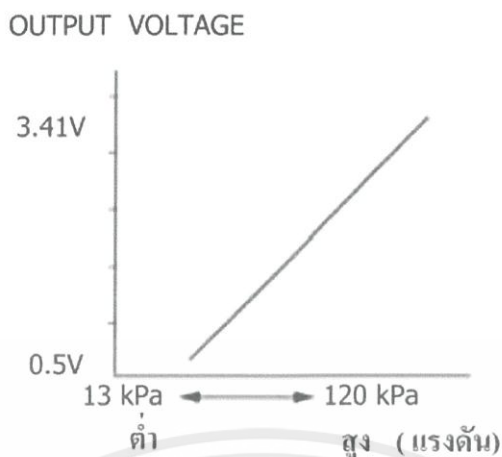
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



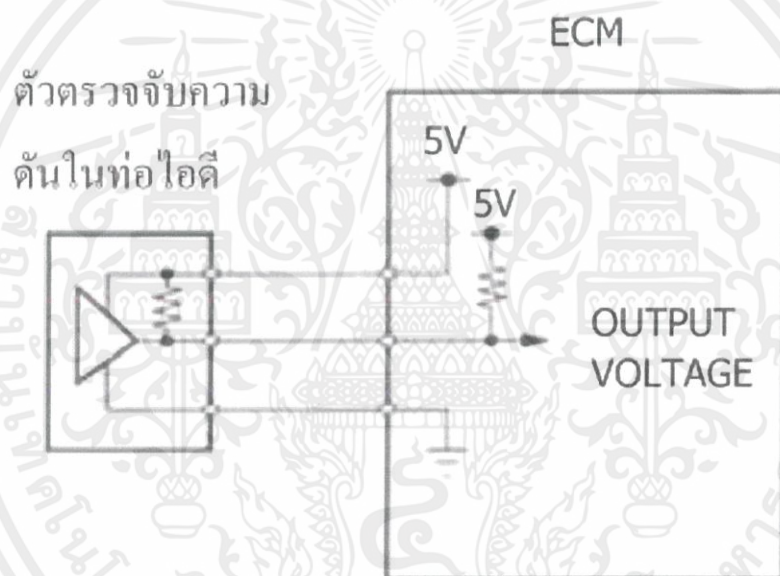
รูปที่ 3.19 Module Sensor ประกอบด้วย TPS, IAT และ MAP

### 3.10 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี ( Manifold Absolute Pressure Sensor : MAP )

เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจจับความดันของอากาศขาเข้าที่อยู่ภายในท่อไอดีโดยใช้หลักการยุบตัวมาก-น้อยของแผ่นไดอะแฟรมภายในตัวตรวจจับความดันเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้า ยกตัวอย่างคือเมื่อความดันในท่อไอดีต่ำ(แผ่นไดอะแฟรมยุบตัวน้อย),ความต้านทานจะมีค่ามาก ทำให้ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าขาออกมีค่าน้อย ในทางกลับกันเมื่อความดันในท่อไอดีสูง(แผ่นไดอะแฟรมยุบตัวมาก),ความต้านทานจะมีค่าน้อย ทำให้ความต่างศักย์ขาออกมีค่ามาก กล้อง ECM จะรับข้อมูลความต่างศักย์ขาออกเพื่อใช้คำนวณมวลอากาศที่ไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แล้วส่งคำสั่งเพื่อปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมตามอัตราส่วนอากาศ-น้ำมันพอดี



รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออกกับความดันในท่อไอดี[19]

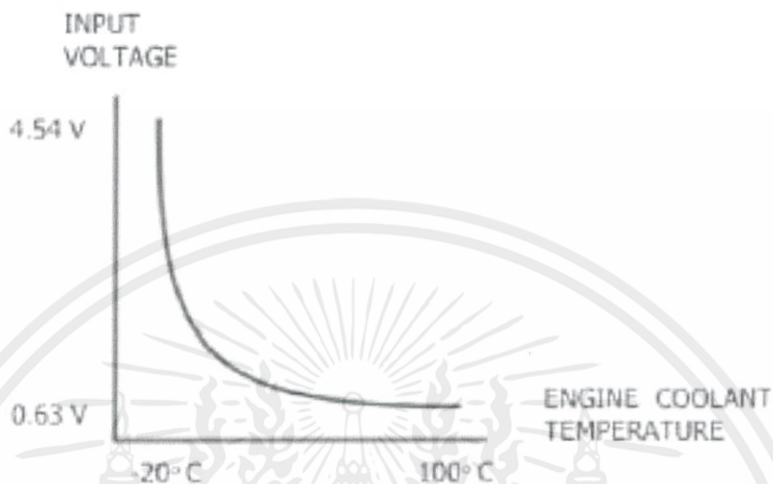


รูปที่ 3.21 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าของตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี[19]

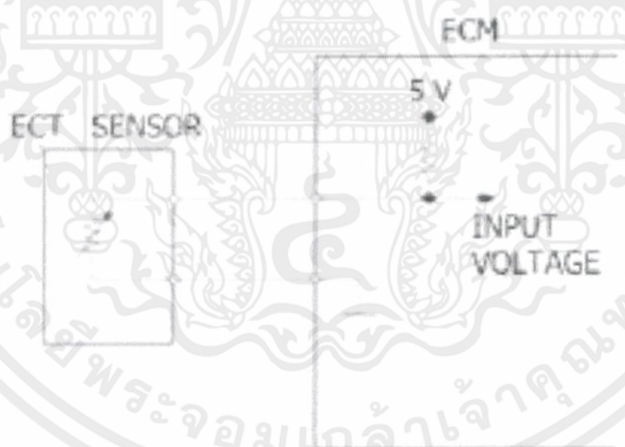
### 3.11 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์ หรือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิหม้อน้ำเครื่องยนต์ ( Engine Oil Temperature Sensor : EOT หรือ Engine Coolant Temperature Sensor (ECT) )

ตัวตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องยนต์มีหลักการทำงานคือความต้านทานทางไฟฟ้าของตัวตรวจจับมีค่าเปลี่ยนแปลงผกผันกับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์คือเมื่ออุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์สูงขึ้นความต้านทานจะมีความน้อยลง ส่งผลให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออกมีค่าสูงขึ้น ในทางตรงข้ามหากอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์ลดลงความต้านทานจะมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออกมีค่าน้อยลงกล่อง ECM รับข้อมูลความต่างศักย์ไฟฟ้าขาออกมาคำนวณอุณหภูมิของเครื่องยนต์ แล้วส่งคำสั่งปรับเพิ่ม-ลดระยะเวลาฉีดเชื้อเพลิงเพื่อให้

เครื่องยนต์มีอุณหภูมิทำงานที่เหมาะสม เช่น หากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำกว่า ECM จะส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นสำหรับการทดลองนี้ จะถูกใช้เพื่อความปลอดภัยโดยผู้ทดลองจะลดความเร็วเครื่องยนต์หากอุณหภูมิ น้ำมันเครื่องสูงเกินไป



รูปที่ 3.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ทางไฟฟ้ากับอุณหภูมิน้ำมันเครื่องยนต์[19]



รูปที่ 3.23 แผนผังวงจรทางไฟฟ้าของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง[19]

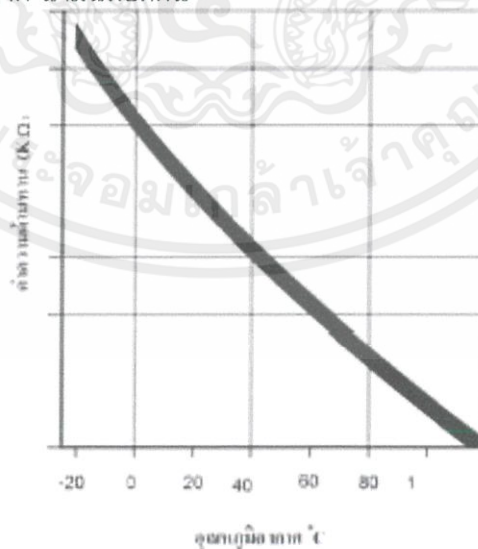
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ตัวอย่างตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง[19]

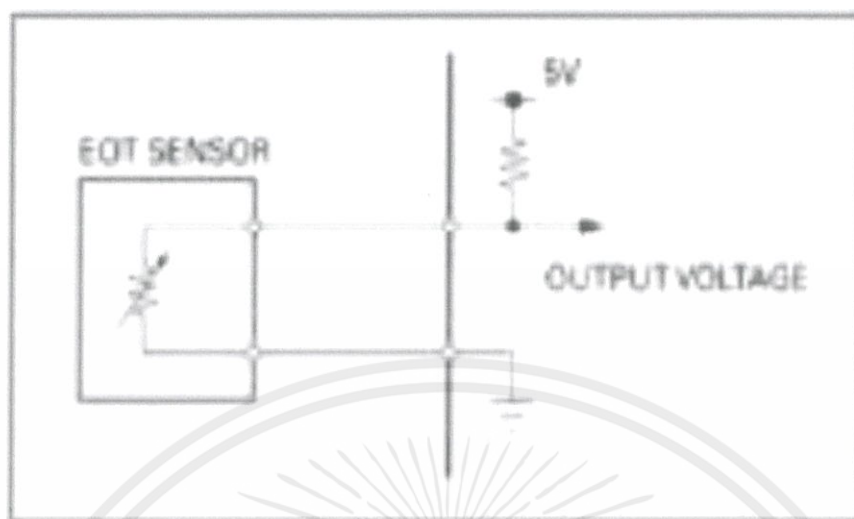
### 3.12 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี ( Intake Air Temperature Sensor : IAT )

เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจจับอุณหภูมิของอากาศทางเข้าที่อยู่ภายในท่อไอดี โดยใช้หลักการความต้านทานทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ กล้องECMจะอ่านความต่างศักย์ที่เปลี่ยนแปลงตามความต้านทานนั้นเพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ขณะนั้น แล้วจึงปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่เปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างคืออากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำกว่า ทำให้มวลของอากาศที่ปริมาตรเท่ากันมีค่าต่ำกว่า ECMจะปรับลดระยะเวลาการฉีดเชื้อเพลิงลง เพื่อให้อัตราส่วนอากาศ-น้ำมันพอดีกัน



รูปที่ 3.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานทางไฟฟ้าของตัวตรวจจับกับอุณหภูมิอากาศ[19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 แผนผังวงจรตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี[19]

### 3.13 ไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำ (Eddy current dynamometer)

ไดนาโมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ภาระและความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้หลักการสร้างโพลิต้านกับพลังงานที่เครื่องยนต์ให้ ไดนาโมมิเตอร์กระแสเหนี่ยวนำใช้พลังงานของเครื่องยนต์ที่ต้องการวัดหมุนจานกลมในสนามแม่เหล็กที่ควบคุมความเข้มได้ จานกลมที่หมุนจะเป็นตัวนำไฟฟ้าเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลวนในจานโดยไม่มีการต่อกันกับวงจรภายนอกและถูกแปลงสภาพเป็นพลังงานความร้อนในที่สุด ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องถูกระบายออกเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ โดยจะมีระบบน้ำหล่อเย็นและ Cooling Tower สำหรับทำหน้าที่นี้

| คุณสมบัติของไดนาโมมิเตอร์ |                 |
|---------------------------|-----------------|
| รุ่น                      | ED-60-LC        |
| กำลังสูงสุดที่รับได้      | 60PS @ 3000 RPM |
| แรงบิดสูงสุดที่รับได้     | 14.3 kg.m       |
| รอบเครื่องสูงสุดที่รับได้ | 9000 rpm        |

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ Engine Dynamo Meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 Cooling Tower สำหรับหล่อเย็น Engine Dynamometer

### 3.14 ระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ด้วยน้ำ

ในการทดสอบเครื่องยนต์ก่อนการทดสอบด้วยไฮดรัสเอทานอล เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องพบว่า อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้นไปสูงถึง 130 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ การวัดค่าของเสื่อสูบจากภายนอกด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ พบว่าอุณหภูมิภายนอกของเสื่อสูบมีค่าใกล้เคียงกัน ผู้จัดทำวิเคราะห์ว่าเกิดจากการที่เครื่องยนต์ถูกตั้งอยู่ภายในห้องทำให้ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศของเครื่องไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ เนื่องจากการพาความร้อนของอากาศด้วยผลต่างของอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว (Natural Convection) จะต่ำกว่าการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) [20] ผู้จัดทำจึงแก้ปัญหาขั้นต้นโดยการนำพัดลมอุตสาหกรรมมาเพื่อเพิ่มความเร็วของอากาศแต่เนื่องจาก ความเร็วลมจากพัดลมบริเวณเสื่อสูบอยู่ที่ไม่เกิน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่หาการถจักรยานยนต์ถูกนำไปใช้งานจริงจะ

สามารถมีความเร็วได้มากกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงที่การทำงานเท่ากัน ทำให้การระบายความร้อนโดยใช้พัดลมยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ผู้จัดทำจึงได้ติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพิ่มเติมโดยประกอบขึ้นจาก

3.14.1 ป้อน้ำขนาดไฟฟ้า 12 V สำหรับระบบหล่อเย็น

3.14.2 สายน้ำมัน สำหรับนำอุณหภูมิสูงที่รับความร้อนจากเครื่องยนต์

3.14.3 สายยางทั่วไป สำหรับนำน้ำเข้าเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิไม่สูง

3.14.4 ระบบวาล์ว Bypass สำหรับควบคุมอุณหภูมิของเครื่องยนต์ เนื่องจากไม่ว่าเครื่องยนต์จะร้อนมากหรือเย็นมากก็จะเป็นปัญหาต่อการทดลองทั้งสิ้น

3.14.5 ถังน้ำ 200 ลิตร สำหรับเก็บน้ำหล่อเย็น

โดยก่อนหน้านี้ ได้มีการพยายามใช้สายยางทั่วไปที่ขาออกด้วยและถังน้ำที่ใช้เป็นถังขนาดเล็ก แต่พบว่า อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปทำให้สายเกิดการบิดงอ จึงได้ออกแบบใหม่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จริงข้างต้น



รูปที่ 3.29 ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

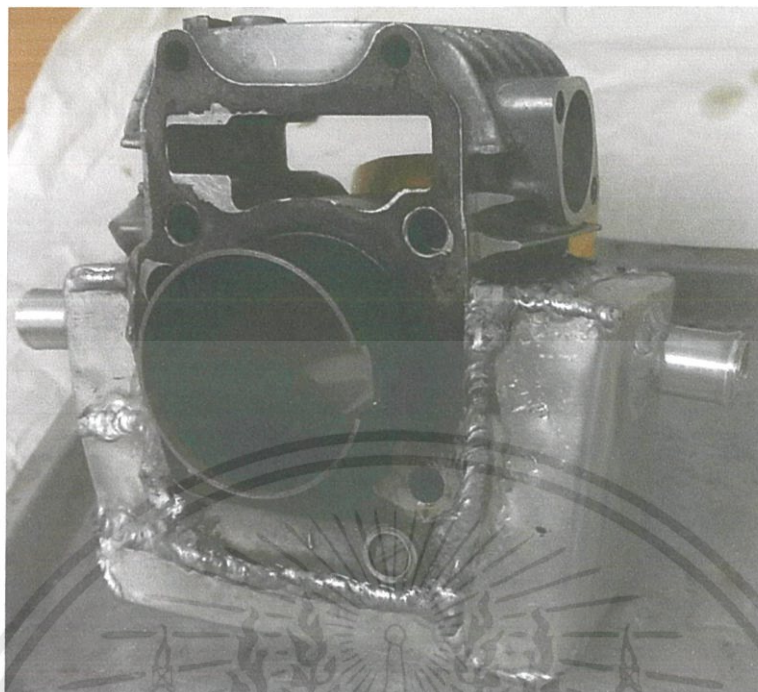


รูปที่ 3.30 ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ออกแบบในขั้นแรก



รูปที่ 3.31 เสื่อสูบก่อนติดระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ สังเกตได้ว่ามีครีบลำสำหรับระบายความร้อนด้วยอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 เสื้อสูบเมื่อติดระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ  
สังเกตได้ว่าศรีถูกปิดด้วยแผ่นอะลูมิเนียมสำหรับเป็นทางน้ำผ่าน

### 3.15 ระบบวัดปริมาณเชื้อเพลิง

อุปกรณ์วัดปริมาณเชื้อเพลิงภายในห้องทดลองประกอบด้วย

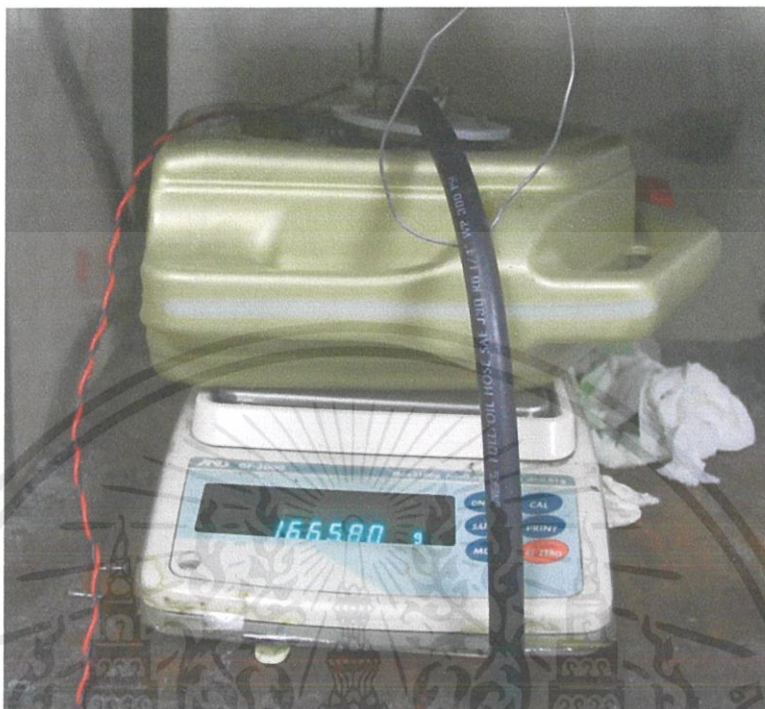
3.15.1 ภาชนะบรรจเชื้อเพลิงขนาด 4 ลิตร จำนวน 2 ถัง โดย ถังแรกจะใช้สำหรับบรรจเชื้อเพลิงประเภทเอทานอล และถังที่สองจะใช้สำหรับบรรจแก๊สโซฮอล



รูปที่ 3.33 ภาชนะบรรจเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.15.2 ตาชั่งโดย สามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 3 กิโลกรัม

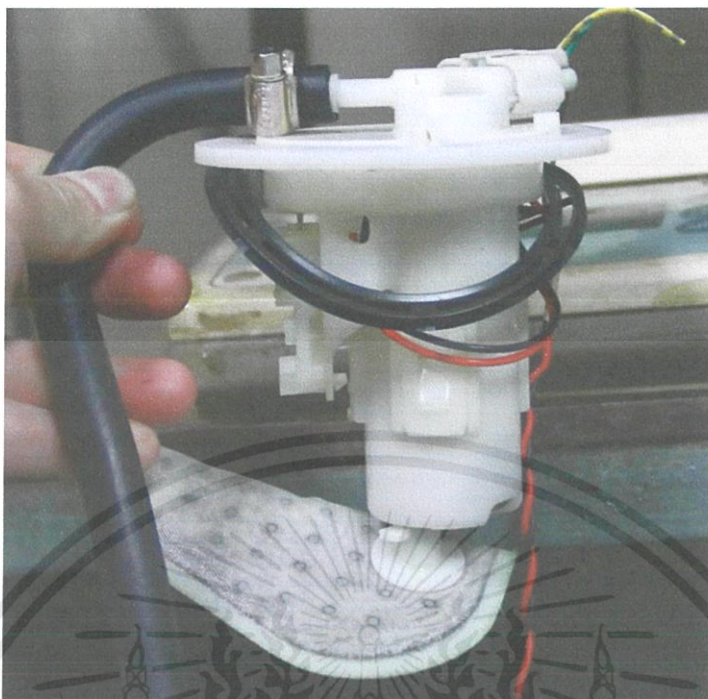


รูปที่ 3.34 ภาพขณะบรรจุเชื้อเพลิงและปั๊มเชื้อเพลิงขณะวางบนตาชั่ง

ตามปกติปั๊มเกอร์ขนาด 1 ลิตร จะตั้งอยู่บนตาชั่งแต่ในการทดลองนี้ไม่สามารถใช้ปั๊มเกอร์ได้เนื่องจากปั๊มหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองถูกออกแบบให้จมอยู่ในเชื้อเพลิงเพื่อการดูดเชื้อเพลิงและการระบายเชื้อเพลิงกลับลงถังเพื่อลดแรงดัน ทำให้ต้องออกแบบภาชนะใหม่ที่มีปริมาตรบรรจุเพราะในปั๊มเกอร์เดิมขนาดของปั๊มจะลดปริมาณใส่เชื้อเพลิงที่ใส่ได้ ทำให้ไม่เพียงพอต่อการทดสอบโดยการนำถังบรรจุน้ำมันเครื่องเจาะรูจำนวน 2 รู รูที่ 1 จะเป็นรูสำหรับใส่ปั๊ม รูที่ 2 สำหรับวัดปริมาณและเติมเชื้อเพลิง

### 3.16 ระบบจ่ายเชื้อเพลิง

ท่อส่งเชื้อเพลิงความยาว 5 เมตร ถูกใช้เพื่อส่งน้ำมันจากภาชนะที่ตั้งอยู่บนตาชั่งไปยังหัวฉีด โดยระหว่างทางจะมีทางแยกเพื่อเป็นทางออกของอากาศคั่งในสายน้ำมันและตรวจการทำงานของระบบเชื้อเพลิงว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่



รูปที่ 3.35 ปีมหัวฉีด



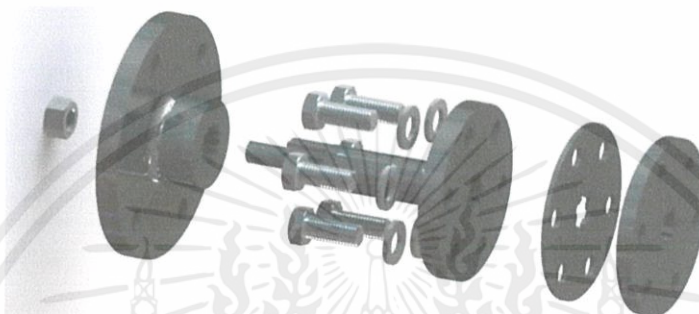
รูปที่ 3.36 ท่อส่งเชื้อเพลิงบริเวณทางแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.17 ระบบถ่ายทอดกำลัง

กำลังของเครื่องยนต์จะถูกส่งผ่านเพลลาข้อเหวี่ยง ผ่านอัตราทดชั้นแรกที่มีค่า 3.35 ตามด้วย อัตราทดเกียร์ 4 ที่มีค่า 0.923 ผ่านอุปกรณ์ส่งกำลังที่ถูกใส่แทนที่อุปกรณ์เดิมของรถจักรยานยนต์ไปสู่ Universal Joint เพื่อเข้าสู่ Engine Dynamometer

โดยบริเวณชิ้นส่วนถ่ายทอดกำลังจะมีแผ่นเหล็กปิดเพื่อความปลอดภัยหากเกิดอุบัติเหตุขึ้น

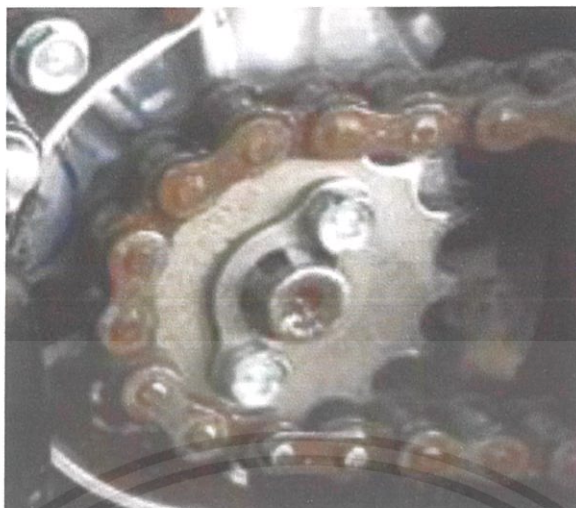


รูปที่ 3.37 ชิ้นส่วนระบบถ่ายทอดกำลังที่ถูกออกแบบขึ้นมาใหม่สำหรับแปลงติดกับ Universal Joint

ชิ้นส่วนหลักๆในระบบส่งกำลังมีดังนี้(ซ้ายไปขวา)

1. น็อตตัวเมีย (Nut) สำหรับยึดหน้าแปลน
2. หน้าแปลนทำหน้าที่ยึดชิ้นส่วนระบบถ่ายทอดกำลังใหม่เข้ากับหน้าแปลนของ Universal Joint
3. เพลลาและหน้าแปลน(ชิ้นเดียวกัน)ทำหน้าที่ยึดและถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์แทนเฟืองโซ่ในรูป 3.38
4. แผ่นเหล็กสำหรับล็อกหน้าแปลนในข้อ 3 กับ เพลลาของเครื่องยนต์ ซึ่งจะใช้แทนตัวล็อกเฟืองโซ่ในรูป 3.38
5. แผ่นเหล็กที่ถูกใช้ประกอบกับชิ้นส่วนข้อ 3 และ 4 เพื่อรับแรงบิดจากชุดเกียร์โดยตรง

โดยทางซ้ายของชุดอุปกรณ์จะเป็น Universal Joint ทางขวาจะเป็นเครื่องยนต์

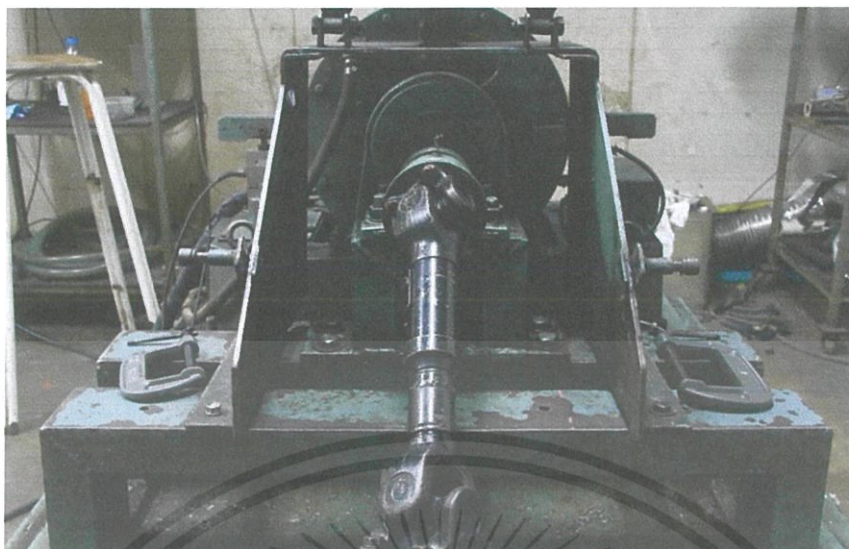


รูปที่ 3.38 ชิ้นส่วนของระบบถ่ายทอดกำลังเดิมจากโรงงาน



รูปที่ 3.39 ภาพจริงของชิ้นส่วนของระบบส่งกำลัง ที่ถูกทำขึ้นมาใหม่  
สำหรับแปลงติดกับ Universal Joint

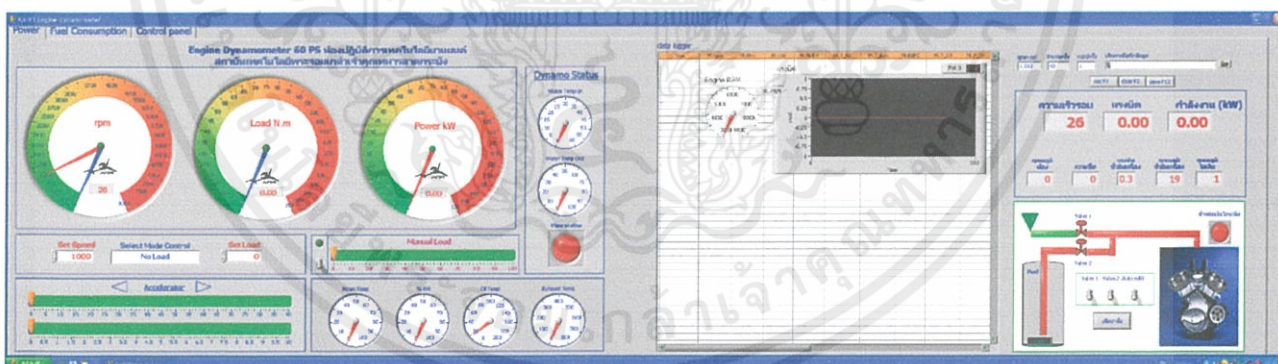
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 Engine Dynamometer และ Universal Joint

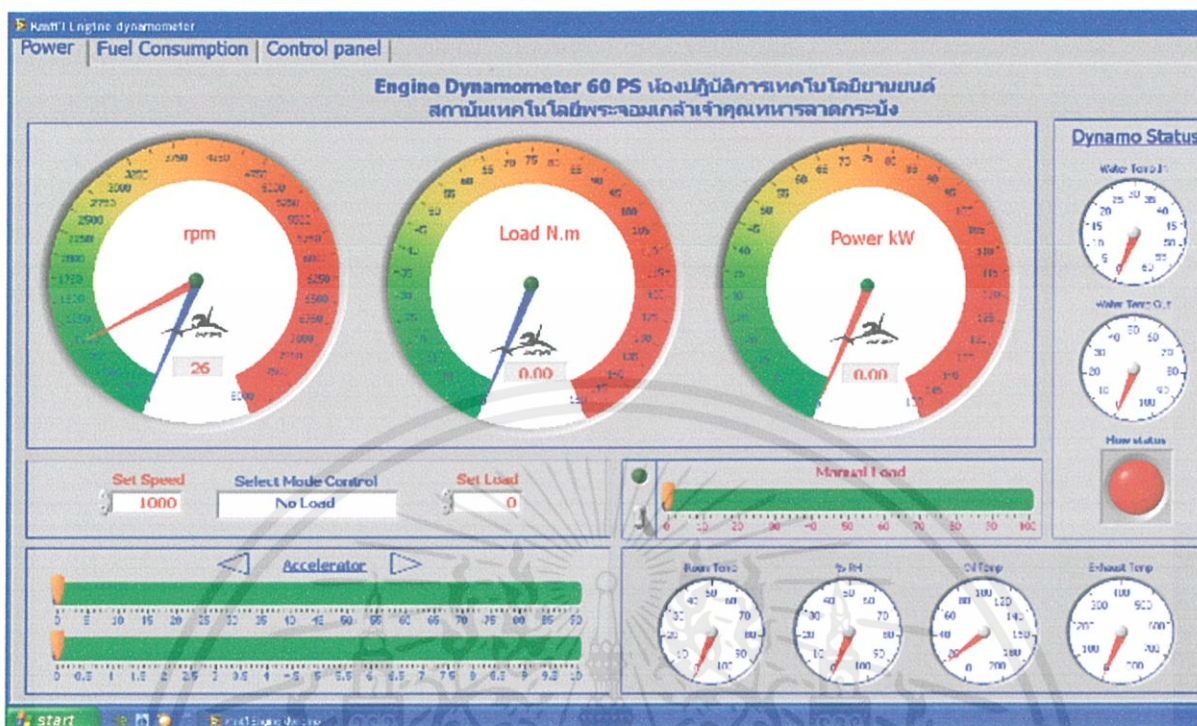
### 3.18 ระบบควบคุมและบันทึกผลจาก Engine Dynamometer

การควบคุมและบันทึกผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นที่ไดนาโมมิเตอร์นั้น ผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม LabView ที่ถูกติดตั้งไว้ในห้องทดลอง



รูปที่ 3.41 Interface โดยรวมของโปรแกรม LabView

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 Interface ฝั่งซ้ายของโปรแกรม LabView

### 3.18.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม LabView ฝั่งซ้าย ได้แก่

#### 3.18.1.1 หน้าปัดขนาดใหญ่ 3 อัน ได้แก่

##### 3.18.1.1.1 รอบการหมุนเพลลาที่อ่านได้ เป็นรอบเครื่องยนต์ที่ผ่านการทดรอบแล้ว

ในที่นี้คือ  $3.350 \times 0.924$  รอบเครื่องยนต์ ซึ่งเลข 3.350 คือ อัตราทดชั้นแรกของเครื่องยนต์ และ 0.924 คือ อัตราทดเกียร์ 4

##### 3.18.1.1.2 ค่าภาระที่เกิดขึ้นในขณะนั้น

##### 3.18.1.1.3 ค่ากำลังที่วัดได้ในขณะนั้น

#### 3.18.1.2 กล่องทางซ้าย 3 กล่อง ได้แก่

3.18.1.2.1 Set Speed สำหรับการทำงานในโหมด Constant Speed จะเป็นการจ่ายภาระโดยอัตโนมัติ ให้เพลลา มีรอบคงที่เท่ากับรอบที่ตั้งไว้ แต่ถ้าเครื่องยนต์มีกำลังที่ต่ำกว่ารอบนี้ในสภาวะไม่มีภาระ (no load) เพลลา ก็จะมีรอบที่ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้

##### 3.18.1.2.2 Select Mode Control เลือกโหมดการทำงานได้แก่

No load, Constant Speed, Constant Load

3.18.1.2.3 Set Load สำหรับการทำงานในโหมด Constant Load จะเป็นการจ่ายภาระตามที่มีการตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.18.1.3 Accelerator (ไม่ถูกใช้งานตลอดการทดลอง)

3.18.1.4 Manual Load (ไม่ถูกใช้งานตลอดการทดลอง)

3.18.1.5 หน้าปัดขนาดเล็ก 4 หน้าปัดเรียงกันตามแนวนอนด้านล่าง

3.18.1.5.1 Room Temp แสดงอุณหภูมิของห้องทดลองในขณะนั้น

3.18.1.5.2 RH แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดลองในขณะนั้น

3.18.1.5.3 Oil Temp แสดงน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ในขณะนั้น

(ไม่ถูกใช้งานตลอดการทดลอง)

3.18.1.5.4 Exhaust Temp แสดงอุณหภูมิของไอเสียในขณะนั้น

(ไม่ถูกใช้งานตลอดการทดลอง)

3.18.1.6 หน้าปัดขนาดใหญ่ 3 หน้าปัดเรียงกันตามแนวตั้งด้านขวา

3.18.1.6.1 Water Temp In แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าไดนาโมมิเตอร์

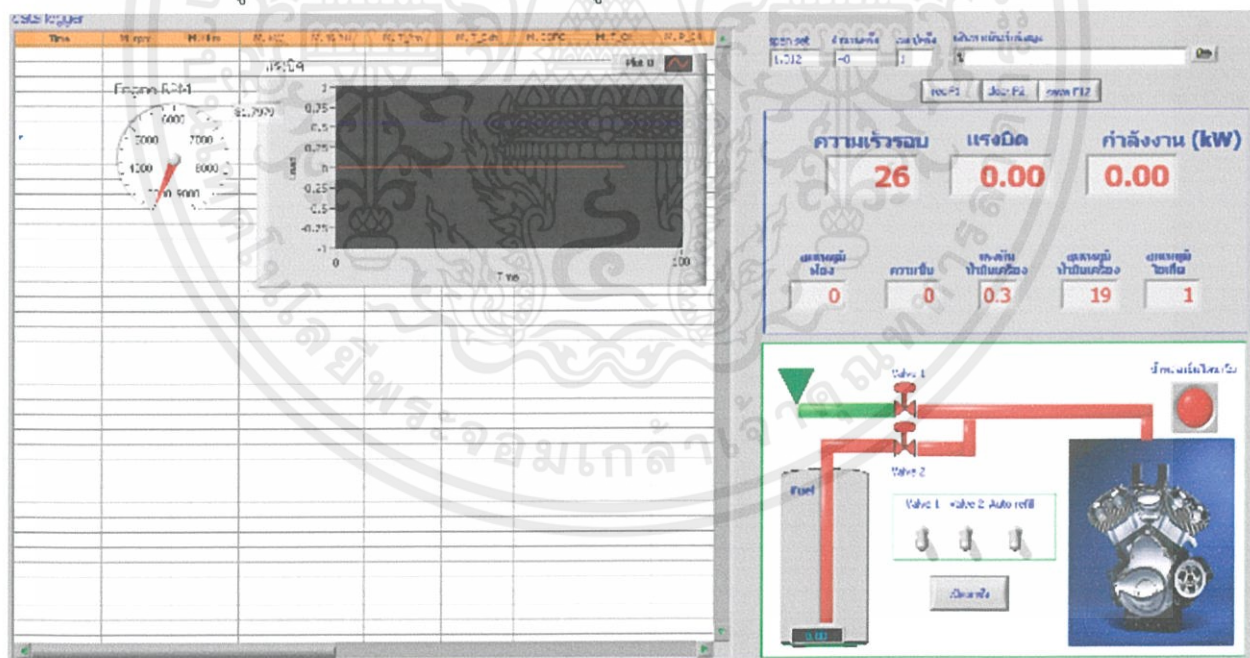
ในขณะนั้น

3.18.1.6.2 Water Temp out แสดงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออก

ไดนาโมมิเตอร์ในขณะนั้น

3.18.1.6.3 Flow Status ตรวจสอบว่ามีการไหลของน้ำหล่อเย็นหรือไม่

เป็นสีแดงหมายถึงไม่ถูกเปิดใช้งาน เป็นสีเขียวหมายถึงถูกเปิดใช้งาน



รูปที่ 3.43 Interface ผังขวาของโปรแกรม LabView

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.18.2 ส่วนประกอบของโปรแกรม LabView ฝั่งขวา ได้แก่

3.18.2.1 ตารางด้านซ้าย เป็นตารางที่จะเขียนค่าที่บันทึกได้ลงไปให้ตรวจสอบก่อนบันทึกเป็นไฟล์

3.18.2.2 หน้าปัดเข็มด้านซ้ายบน แสดงรอบของเครื่องยนต์ ที่เกิดจากการนำรอบการหมุนของเพลาคุณอัตราทดย้อนกลับ

3.18.2.3 กรอบสี่ดำ แสดงกราฟแรงบิดที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ใช้ประกอบการปรับจูน

3.18.2.4 กรอบสี่ขาว 4 กรอบด้านขวาบน ใช้บันทึกค่า โดย 3 กรอบแรกใช้กำหนดจำนวนครั้งและเวลาที่บันทึก ส่วนกรอบยาวด้านขวา

3.18.2.5 ปุ่ม 3 ตำแหน่งด้านขวาบน

3.18.2.5.1 rec F1 ใช้การเริ่มบันทึกค่า ค่าที่บันทึกจะปรากฏลงในตาราง 3.18.2.1

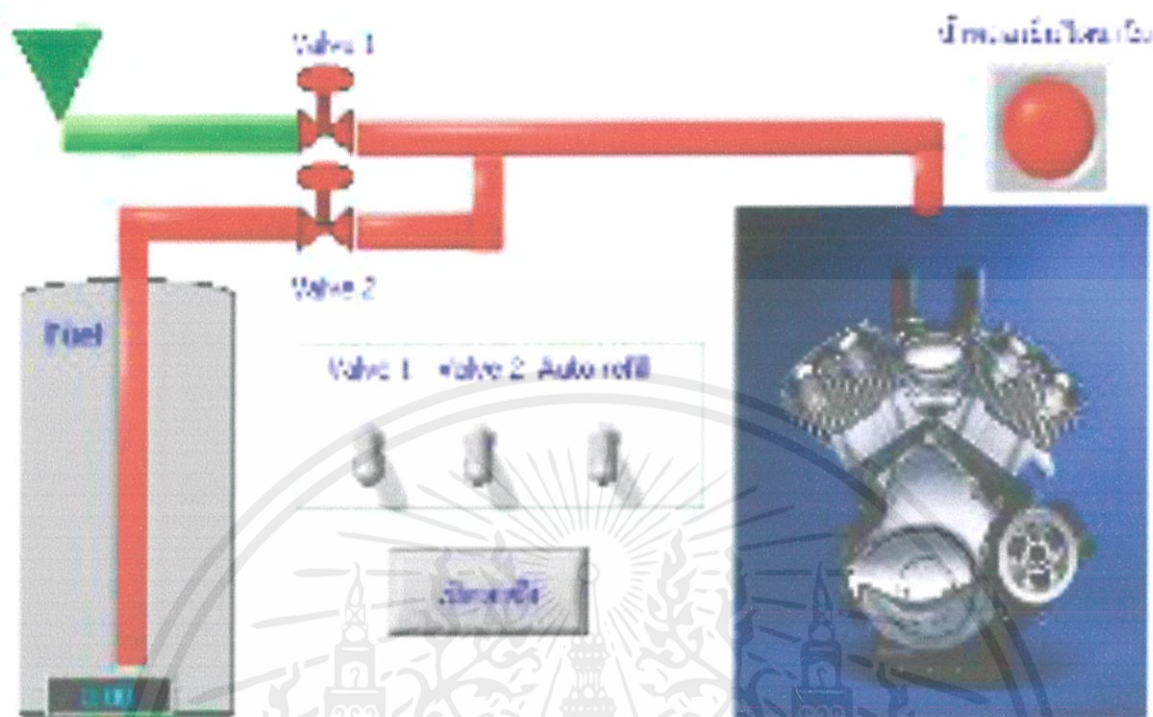
3.18.2.5.2 clear F2 ใช้ล้างค่าตารางเพื่อรอการบันทึกค่ากลุ่มถัดไป

3.18.2.5.3 save F12 ใช้บันทึกค่าในตารางเป็นไฟล์



รูปที่ 3.45 Interface ฝั่งขวาของโปรแกรม LabView ขยายบริเวณสภาวะการทดลอง

3.18.2.6 กลุ่มกรอบแสดงสภาวะการทดลอง ประกอบด้วย ความเร็วรอบ แรงบิด กำลังงาน อุณหภูมิห้อง ความชื้น แรงดันน้ำมันเครื่อง อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และ อุณหภูมิไอเสีย โดยทั้ง 3 เซ็นเซอร์หลังไม่แสดงผลเนื่องจากไม่ได้เชื่อมต่ออุปกรณ์วัดเข้ากับคอมพิวเตอร์เก็บค่า



รูปที่ 3.46 Interface ฝั่งขวาของโปรแกรม LabView ขยายบริเวณเชื้อเพลิงและระบบหล่อเย็น

### 3.18.2.7 กลุ่มกรอบแสดงสถานะเชื้อเพลิง ประกอบด้วย

- 3.18.2.7.1 แผงการไหลของเชื้อเพลิงสำหรับระบบ Auto Refill ซึ่งไม่ได้ถูกใช้งาน
- 3.18.2.7.2 สวิตช์สำหรับเปิด-ปิดระบบ Auto Refill ซึ่งไม่ได้ถูกใช้งาน
- 3.18.2.7.3 ตาขังสำหรับวัดน้ำหนักเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.18.3 การบันทึกผลการทดลอง

#### 3.18.3.1 ผลการทดลองที่บันทึกได้จะออกมาในรูปแบบของไฟล์ Microsoft Excel

|    | A       | B      | C      | D     | E      | F      | G       | H       | I        | J        | K            | L    | M     | N    | O       | P      | Q    | R |
|----|---------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|----------|----------|--------------|------|-------|------|---------|--------|------|---|
| 1  | Time    | M. rpm | M. N.m | M. kW | M. %RH | M. RmT | M. ExhT | M. BSFC | M. Oil T | M. Oil P | M. Sound rpm | N-m  | kW    | %RH  | T. Room | T. Oil | P.   |   |
| 2  | 2:14:17 | 2425   | 23.54  | 5.97  | 68.3   | 18.9   | 18.9    | 480.1   | 19.1     | 0        | 0            | 2426 | 23.39 | 5.94 | 68.5    | 18.9   | 18.6 |   |
| 3  | 2:14:16 | 2425   | 23.54  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19      | 485.5   | 19.1     | 0        | 0            | 2423 | 23.55 | 5.97 | 68.4    | 18.9   | 19.2 |   |
| 4  | 2:14:15 | 2425   | 23.54  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.2    | 483.7   | 19.1     | 0        | 0            | 2428 | 23.38 | 5.94 | 68.3    | 18.9   | 22.3 |   |
| 5  | 2:14:14 | 2425   | 23.54  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.3    | 488.8   | 19       | 0        | 0            | 2425 | 23.4  | 5.94 | 68.2    | 18.8   | 21   |   |
| 6  | 2:14:13 | 2425   | 23.55  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.4    | 484.3   | 18.9     | 0        | 0            | 2424 | 23.4  | 5.94 | 68.2    | 18.8   | 19.1 |   |
| 7  | 2:14:12 | 2425   | 23.55  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.5    | 485.2   | 18.9     | 0        | 0            | 2425 | 23.55 | 5.98 | 68.2    | 18.9   | 22.8 |   |
| 8  | 2:14:11 | 2425   | 23.55  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.6    | 480.9   | 18.8     | 0        | 0            | 2422 | 23.44 | 5.94 | 68.2    | 18.8   | 15.7 |   |
| 9  | 2:14:10 | 2425   | 23.56  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.8    | 481.6   | 18.9     | 0        | 0            | 2424 | 23.57 | 5.98 | 68.3    | 18.9   | 13.9 |   |
| 10 | 2:14:09 | 2425   | 23.56  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 20      | 481.8   | 19.1     | 0        | 0            | 2430 | 23.21 | 5.9  | 68.4    | 18.9   | 13.5 |   |
| 11 | 2:14:08 | 2425   | 23.57  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 20.1    | 486.4   | 19.2     | 0        | 0            | 2424 | 23.46 | 5.95 | 68.5    | 18.9   | 6.4  |   |
| 12 | 2:14:07 | 2425   | 23.57  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 20.1    | 481.2   | 19.7     | 0        | 0            | 2428 | 23.42 | 5.95 | 68.5    | 18.9   | 5.2  |   |
| 13 | 2:14:06 | 2425   | 23.58  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.9    | 482     | 20.2     | 0        | 0            | 2423 | 23.47 | 5.95 | 68.4    | 18.9   | 3.5  |   |
| 14 | 2:14:05 | 2425   | 23.58  | 5.99  | 68.3   | 18.9   | 19.6    | 478.6   | 20.8     | 0        | 0            | 2425 | 23.66 | 6    | 68.4    | 18.9   | 5.4  |   |
| 15 | 2:14:04 | 2425   | 23.58  | 5.98  | 68.3   | 18.9   | 19.2    | 489.8   | 21.3     | 0        | 0            | 2424 | 23.4  | 5.94 | 68.5    | 18.9   | 8.6  |   |
| 16 | 2:14:03 | 2425   | 23.58  | 5.99  | 68.3   | 18.9   | 18.9    | 487.9   | 21.8     | 0        | 0            | 2426 | 23.58 | 5.99 | 68.5    | 18.9   | 11.4 |   |
| 17 | 2:14:02 | 2425   | 23.58  | 5.99  | 68.3   | 18.9   | 18.4    | 479.5   | 22.2     | 0        | 0            | 2424 | 23.53 | 5.97 | 68.5    | 18.9   | 13.2 |   |
| 18 | 2:14:01 | 2425   | 23.59  | 5.99  | 68.3   | 18.9   | 18      | 483.7   | 22.6     | 0        | 0            | 2424 | 23.57 | 5.98 | 68.5    | 19     | 17.1 |   |
| 19 | 2:14:00 | 2425   | 23.59  | 5.99  | 68.3   | 18.9   | 18      | 490.8   | 22.9     | 0        | 0            | 2424 | 23.56 | 5.98 | 68.5    | 18.9   | 18.6 |   |
| 20 | 2:13:59 | 2425   | 23.59  | 5.99  | 68.3   | 18.9   | 17.9    | 486.1   | 23       | 0        | 0            | 2424 | 23.43 | 5.94 | 68.5    | 19     | 22.2 |   |
| 21 | 2:13:58 | 2425   | 23.6   | 5.99  | 68.2   | 18.9   | 17.9    | 481.7   | 23.1     | 0        | 0            | 2424 | 23.58 | 5.98 | 68.5    | 18.9   | 23.6 |   |
| 22 | 2:13:57 | 2425   | 23.6   | 5.99  | 68.2   | 18.9   | 18.1    | 495.3   | 23.1     | 0        | 0            | 2422 | 23.61 | 5.99 | 68.4    | 18.9   | 29   |   |
| 23 | 2:13:56 | 2426   | 23.6   | 5.99  | 68.2   | 18.9   | 18.4    | 507.2   | 22.7     | 0        | 0            | 2425 | 23.51 | 5.97 | 68.4    | 18.9   | 33.8 |   |
| 24 | 2:13:55 | 2426   | 23.6   | 5.99  | 68.2   | 18.9   | 19.1    | 492.9   | 22.1     | 0        | 0            | 2427 | 23.46 | 5.96 | 68.4    | 18.9   | 37.1 |   |

รูปที่ 3.47 ไฟล์ผลการทดลองในรูปแบบ Microsoft Excel

3.18.3.2 จากนั้นจะนำผลการทดลองครั้งนั้นที่บันทึกได้ไปคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิห้อง แรงบิดที่เครื่องยนต์ กำลัง และ BSFC

|    | C    | D     | E    | F    | G    | H    | I     | J    | K | L | M    | N     | O    | P    | Q    | R    | S | T    |
|----|------|-------|------|------|------|------|-------|------|---|---|------|-------|------|------|------|------|---|------|
| 37 | 2424 | 23.65 | 6    | 68.2 | 18.9 | 25.4 | 508.6 | 14.3 | 0 | 0 | 2427 | 23.51 | 5.97 | 68.1 | 18.9 | 8.8  | 0 | 26.1 |
| 38 | 2424 | 23.68 | 6.01 | 68.2 | 18.9 | 25.2 | 502.3 | 15.7 | 0 | 0 | 2423 | 23.64 | 6    | 68.2 | 18.9 | 9.7  | 0 | 33   |
| 39 | 2424 | 23.69 | 6.01 | 68.2 | 18.9 | 22.6 | 537.9 | 17.7 | 0 | 0 | 2424 | 23.78 | 6.03 | 68.2 | 18.9 | 13.7 | 0 | 25.8 |
| 40 | 2424 | 23.65 | 6    | 68.2 | 18.9 | 21   | 630.1 | 19.6 | 0 | 0 | 2425 | 23.64 | 6    | 68.1 | 18.9 | 18   | 0 | 22.8 |
| 41 | 2423 | 23.66 | 6    | 68.3 | 18.9 | 19.2 | 594.1 | 21.3 | 0 | 0 | 2423 | 23.66 | 6    | 68.3 | 18.9 | 21.3 | 0 | 19.2 |
| 42 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 43 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 44 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 45 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 46 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 47 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 48 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 49 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 50 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 51 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 52 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 53 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 54 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 55 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 56 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 57 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 58 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 59 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 60 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |
| 61 |      |       |      |      |      |      |       |      |   |   |      |       |      |      |      |      |   |      |

รูปที่ 3.48 ผลการทดลองในแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.18.3.3 จากนั้นผลการทดลองในแต่ละครั้งจะถูกนำไปรวมกับผลการทดลองของเชื้อเพลิงเดียวกัน

| RPM  | No. | Torque @ Engine | Mean | SD   | Power | Mean | SD   | BSFC   | Mean   | SD    | Room Tem | RH    |
|------|-----|-----------------|------|------|-------|------|------|--------|--------|-------|----------|-------|
| 3000 | 1   | 9.27            | 9.27 | 0.01 | 2.91  | 2.91 | 0.00 | 410.52 | 458.88 | 28.75 | 20.60    | 70.80 |
|      | 2   | 9.27            |      |      | 2.91  |      |      | 452.05 |        |       | 19.00    | 70.00 |
|      | 3   | 9.26            |      |      | 2.91  |      |      | 465.72 |        |       | 19.00    | 69.70 |
| 3500 | 1   | 9.33            | 9.35 | 0.02 | 3.42  | 3.42 | 0.01 | 385.45 | 430.86 | 26.24 | 21.30    | 69.40 |
|      | 2   | 9.34            |      |      | 3.42  |      |      | 429.75 |        |       | 19.00    | 70.40 |
|      | 3   | 9.37            |      |      | 3.43  |      |      | 431.97 |        |       | 18.90    | 69.70 |
| 4000 | 1   | 9.44            | 9.41 | 0.03 | 3.95  | 3.94 | 0.01 | 360.17 | 428.42 | 39.40 | 21.50    | 68.90 |
|      | 2   | 9.37            |      |      | 3.93  |      |      | 428.35 |        |       | 19.10    | 68.40 |
|      | 3   | 9.43            |      |      | 3.95  |      |      | 428.49 |        |       | 18.80    | 69.40 |
| 4500 | 1   | 9.61            | 9.60 | 0.01 | 4.52  | 4.52 | 0.01 | 372.25 | 435.80 | 36.75 | 21.00    | 69.00 |
|      | 2   | 9.59            |      |      | 4.51  |      |      | 437.86 |        |       | 19.10    | 69.50 |
|      | 3   | 9.61            |      |      | 4.53  |      |      | 433.73 |        |       | 18.80    | 71.40 |
| 5000 | 1   | 9.59            | 9.60 | 0.01 | 5.02  | 5.02 | 0.01 | 386.55 | 441.83 | 32.92 | 21.00    | 68.60 |
|      | 2   | 9.61            |      |      | 5.03  |      |      | 433.79 |        |       | 19.00    | 69.90 |
|      | 3   | 9.61            |      |      | 5.03  |      |      | 449.87 |        |       | 18.90    | 70.80 |
| 5500 | 1   | 9.55            | 9.50 | 0.06 | 5.50  | 5.47 | 0.03 | 375.02 | 444.10 | 40.24 | 20.90    | 68.10 |
|      | 2   | 9.51            |      |      | 5.46  |      |      | 438.79 |        |       | 18.90    | 69.90 |
|      | 3   | 9.44            |      |      | 5.43  |      |      | 449.42 |        |       | 18.90    | 70.30 |
| 6000 | 1   | 9.29            | 9.18 | 0.13 | 5.83  | 5.76 | 0.08 | 357.92 | 445.88 | 51.37 | 20.90    | 67.90 |
|      | 2   | 9.22            |      |      | 5.79  |      |      | 438.11 |        |       | 18.70    | 69.30 |
|      | 3   | 9.03            |      |      | 5.67  |      |      | 453.64 |        |       | 19.00    | 70.40 |
| 6500 | 1   | 8.69            | 8.84 | 0.04 | 6.04  | 6.01 | 0.03 | 378.27 | 442.19 | 37.55 | 20.40    | 67.70 |
|      | 2   | 8.80            |      |      | 5.99  |      |      | 435.23 |        |       | 18.60    | 69.20 |
|      | 3   | 8.82            |      |      | 6.00  |      |      | 449.15 |        |       | 19.10    | 69.10 |
| 7000 | 1   | 8.45            | 8.35 | 0.09 | 6.19  | 6.12 | 0.06 | 408.70 | 460.36 | 30.44 | 20.40    | 68.30 |
|      | 2   | 8.32            |      |      | 6.09  |      |      | 466.41 |        |       | 18.60    | 68.60 |
|      | 3   | 8.28            |      |      | 6.07  |      |      | 454.34 |        |       | 19.00    | 67.80 |
| 7500 | 1   | 7.69            | 7.59 | 0.11 | 6.03  | 5.96 | 0.09 | 401.47 | 478.54 | 44.51 | 20.00    | 67.80 |
|      | 2   | 7.47            |      |      | 5.86  |      |      | 477.30 |        |       | 18.60    | 68.80 |
|      | 3   | 7.61            |      |      | 5.97  |      |      | 479.76 |        |       | 18.90    | 68.30 |
| 8000 | 1   | 7.09            | 6.95 | 0.14 | 5.94  | 5.82 | 0.12 | 421.86 | 507.51 | 49.73 | 19.60    | 67.90 |
|      | 2   | 6.80            |      |      | 5.70  |      |      | 512.91 |        |       | 18.90    | 68.00 |
|      | 3   | 6.96            |      |      | 5.83  |      |      | 502.12 |        |       | 18.90    | 69.20 |

รูปที่ 3.49 ผลการทดลองของเชื้อเพลิง E100

3.18.2.4 สุดท้ายผลการทดลองแต่ละตัวแปรของแต่ละเชื้อเพลิงจะถูกนำไปรวมกับตัวแปรเดียวกันของเชื้อเพลิงต่างกันในโปรแกรม Origin ซึ่งผลลัพธ์จะออกมาเป็นกราฟในบท 4

### 3.19 ขั้นตอนการทดลองในภาพรวม

3.19.1 ปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์(E10) และ แอนไฮดริสเอทานอล(E100) ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อเก็บค่ามาตรฐานของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์(E10) เป็นตัวแทนของเชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและเชื้อเพลิงแอนไฮดริสเอทานอล(E100) เป็นตัวแทนของเชื้อเพลิงที่ถูกทดสอบในด้านเอทานอลบริสุทธิ์

3.19.2 ปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงไฮดริสเอทานอล(Eh80) ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

### 3.20 วิธีการผสมไฮดรอลีสเอทานอลเพื่อใช้ในการทดลอง

เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบคือไฮดรอลีสเอทานอลที่มีอัตราส่วนผสมของเอทานอล 80% โดยปริมาตร และน้ำ 20% โดยปริมาตร แต่วัตถุดิบที่คณะผู้จัดทำสามารถหาได้คือเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% และน้ำ ทำให้ต้องมีการผสมเชื้อเพลิงขึ้นมาเพื่อใช้ทดสอบ จากสูตรทางเคมี

$$c_1 v_1 + c_2 v_2 = c_3 v_3 \quad (\text{สมการที่ 3-1})$$

และ

$$v_3 = v_1 + v_2 \quad (\text{สมการที่ 3-2})$$

โดย

$c_1$  คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเอทานอลบริสุทธิ์ [เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร]

$c_2$  คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในน้ำ [เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร]

$c_3$  คือ ความเข้มข้นของเอทานอลในเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ [เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร]

$v_1$  คือ ปริมาตรของเอทานอลบริสุทธิ์ [ลิตร]

$v_2$  คือ ปริมาตรของน้ำ [ลิตร]

$v_3$  คือ ปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ [ลิตร]

ต้องการผสมไฮดรอลีสเอทานอลที่ประกอบด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ 80% โดยปริมาตร และน้ำ 20% โดยปริมาตร จำนวน 18 ลิตร

ข้อมูลที่ทราบเบื้องต้นคือ  $c_1 = 0.995$

$$c_2 = 0$$

$$c_3 = 0.8$$

$$\text{และ } v_3 = 18 \text{ ลิตร}$$

ใช้สองสมการเพื่อคำนวณหา  $v_1$  และ  $v_2$

แทนค่า ข้อมูลที่ทราบลงในสมการที่ 1 และ 2 จะได้

$$0.995v_1 + 0v_2 = 0.8(18) \quad (\text{สมการที่ 3-3})$$

$$v_1 + v_2 = 18 \quad (\text{สมการที่ 3-4})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 3 สามารถหาค่า

$$v_1 = \frac{0.8(18)}{0.995} = 14.472$$

จากสมการที่ 4 สามารถหาค่า

$$v_2 = 18 - 14.472 = 3.528$$

สรุปว่า ต้องใช้ ปริมาตรของเอทานอลบริสุทธิ์ 14.472 ลิตร

และ ปริมาตรของน้ำ 3.528 ลิตร

ทำการตรวจสอบโดยใช้กระบอกตวงขนาดหนึ่งลิตรที่มีระดับบอกปริมาตร (3.50) ใส่ลงในถังบรรจุภาชนะเปล่า หลังจากผสมเชื้อเพลิงเสร็จสิ้น ให้ทำการเขย่าถังบรรจุเชื้อเพลิงเพื่อให้เอทานอลและน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 3.50 กระบอกตวงขนาดหนึ่งลิตรที่มีระดับบอกปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

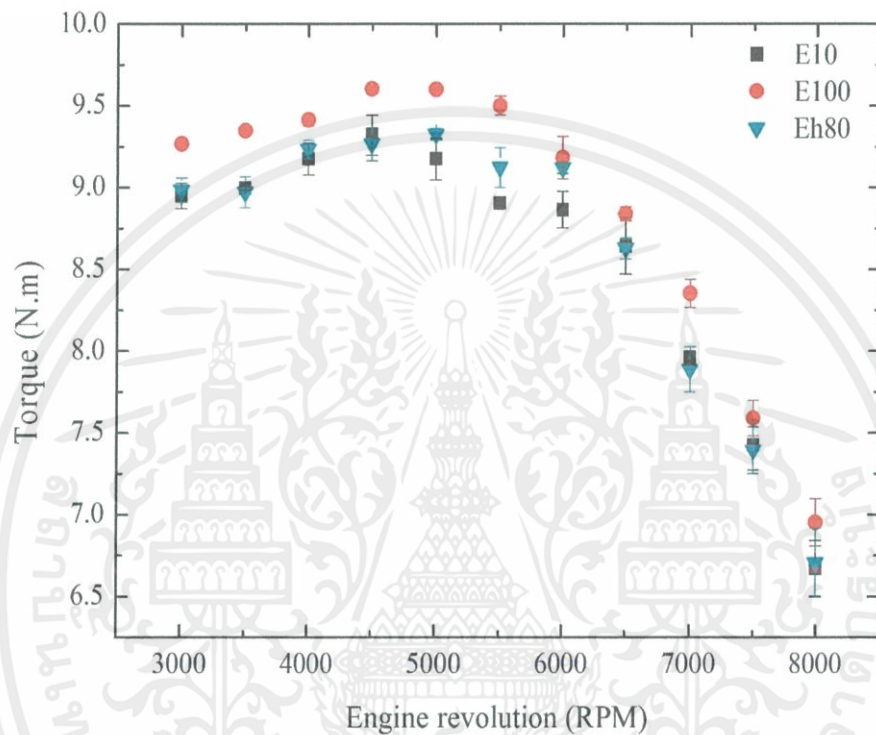
### 3.21 ขั้นตอนการทดลองการปรับแต่งเครื่องยนต์

- 3.21.1 เติมเชื้อเพลิงที่ต้องการทดสอบลงในภาชนะที่ถูกวางบนเครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3.21.2 อุ่นเครื่องที่สภาวะไม่มีภาระ (No Load)
- 3.21.3 ตั้งค่าระบบของไดนาโมมิเตอร์ที่ Constant Speed เพื่อตั้งรอบการทำงานไว้ที่ 3000 รอบ
- 3.21.4 เร่งเครื่องไปที่สภาวะล้นเร่งเปิดสุด
- 3.21.5 ปรับการระยะเวลาฉีดเชื้อเพลิงผ่านกล่อง ECM โดยการอ่านค่าอัตราส่วนอากาศ-น้ำมันเชื้อเพลิงจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ให้มีอัตราส่วนพอดี ( $\lambda=1$ )
- 3.21.6 ปรับองศาการจุดระเบิดของหัวเทียนผ่านกล่อง ECM โดยการอ่านค่าแรงบิดที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์แล้วเลือกตำแหน่งองศาการจุดระเบิดที่ให้แรงบิดสูงสุด
- 3.21.7 เก็บค่าตัวแปรผลลัพธ์โดยอ่านค่า แรงบิดและกำลัง จากคอมพิวเตอร์จากหัวข้อ 3.18 น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ลดลงโดยอ่านค่าจากเครื่องชั่งน้ำหนัก อุณหภูมิห้องทดลอง ความชื้นในห้องทดลอง รวมถึง ค่าการจ่ายเชื้อเพลิง และองศาการจุดระเบิด จากข้อ 3.21.5 และ 3.21.6
- 3.21.8 ทำการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนข้อ 4 ถึง 7 โดยเพิ่มรอบการทำงานที่ละ 500 รอบ จนกระทั่งได้ข้อมูลครบ 8000 รอบ
- 3.21.9 ทำการทดลองตามขั้นตอนข้อ 3 ถึง 8 อีกจำนวน 2 ครั้ง
- 3.21.10 หากระหว่างการทดสอบ อุณหภูมิน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้นถึง 130 จะทำให้เครื่องเดินเบา ก่อนที่จะทดลองต่อ

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและบทวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 แรงบิด (Torque)

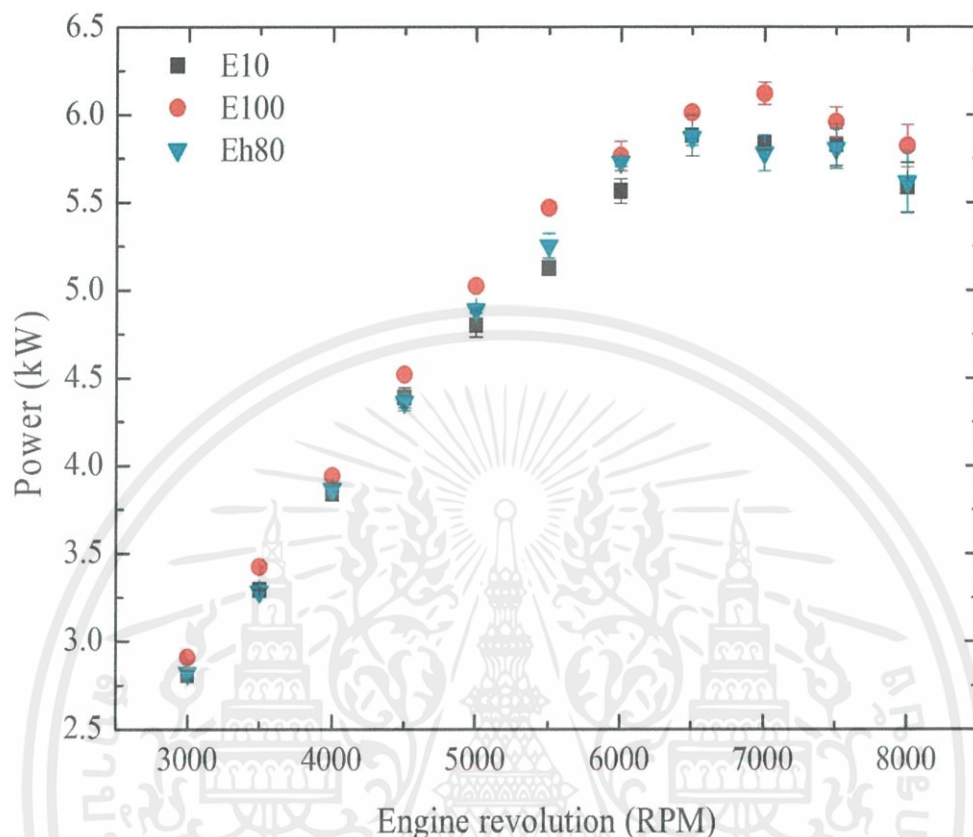


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และแรงบิดที่เกิดขึ้นของแก๊สโซลีน (E10) แอนไฮดริสเอทานอล (E100) และไฮดริสเอทานอล (Eh80)

จากการทดลองพบว่า แรงบิดของทุกเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มเดียวกัน โดยจะมีค่าสูงสุดบริเวณรอบเครื่องยนต์ที่ 4500 รอบต่อนาทีโดยแอนไฮดริสเอทานอลจะมีค่าสูงสุดในทุกรอบการทำงาน

เมื่อเทียบค่าแรงบิดที่เกิดจากการใช้ไฮดริสเอทานอลและแอนไฮดริสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในแต่ละรอบเครื่องยนต์เมื่อเทียบกับการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง พบว่า แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น 0.72% โดยเฉลี่ย และ 3.78% โดยเฉลี่ยตามลำดับ

## 4.2 กำลัง (Power)



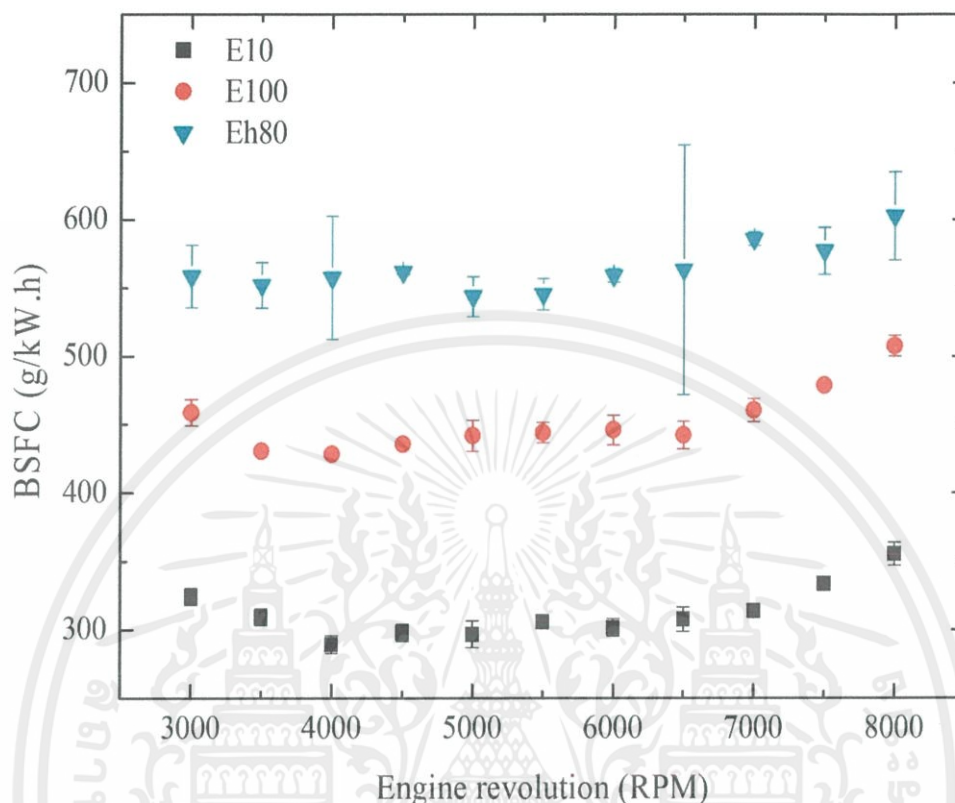
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และกำลังที่เกิดขึ้นของแก๊สโซลีน (E10) แอนไฮดริสเอทานอล (E100) และไฮดริสเอทานอล (Eh80)

จากการทดลองพบว่า กำลังของเครื่องยนต์จากแต่ละรอบของเครื่องยนต์และแต่ละเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มเดียวกันกับแรงบิด โดยจะมีค่าสูงสุดบริเวณรอบเครื่องยนต์ประมาณ 6500-7500 รอบต่อนาทีและเนื่องจากกำลังของเครื่องยนต์เป็นฟังก์ชันของแรงบิดและความเร็วรอบ ทำให้แอนไฮดริสเอทานอลมีค่ามากที่สุดและ ไฮดริสเอทานอลและแก๊สโซลีนมีค่าใกล้เคียงกันเช่นเดิม

เมื่อเทียบค่ากำลังที่เกิดจากการใช้ไฮดริสเอทานอลและแอนไฮดริสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในแต่ละรอบเครื่องยนต์เมื่อเทียบกับการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง พบว่า กำลังที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น 0.75% โดยเฉลี่ยและ 3.77% โดยเฉลี่ยตามลำดับ

การที่ กำลังเพิ่มขึ้นโดยมีค่าใกล้เคียงกับแรงบิดนั้นเป็นผลมาจากการที่ กำลังเป็นตัวแปรตาม โดยมีตัวแปรต้นเป็นแรงบิดและรอบเครื่องยนต์ (ดูเพิ่มเติม 2.11)

### 4.3 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption)

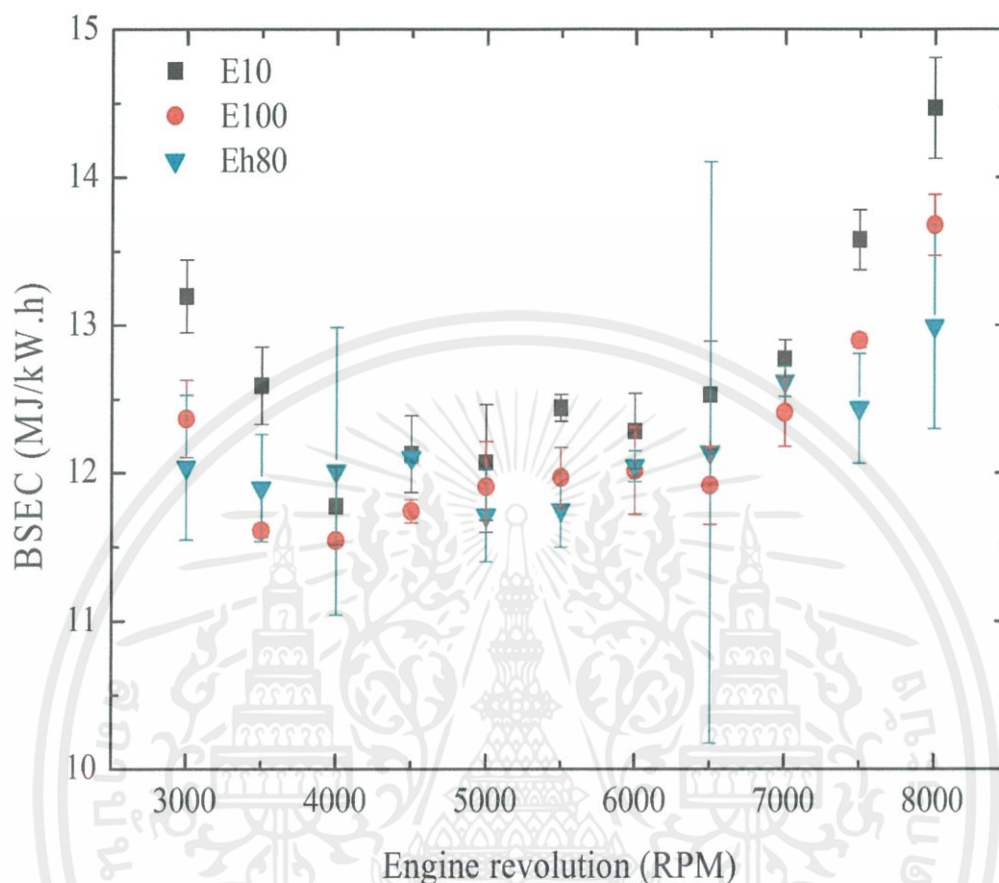


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคที่เกิดขึ้นของแก๊สโซลีน (E10) แอนไฮดรัสเอทานอล (E100) และไฮดรัสเอทานอล (Eh80)

เมื่อเทียบค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคที่เกิดจากการใช้ไฮดรัสเอทานอลและแอนไฮดรัสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในแต่ละรอบเครื่องยนต์เมื่อเทียบกับการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น 81.89% โดยเฉลี่ยและ 44.83% โดยเฉลี่ยตามลำดับ หรือก็คือต้องการเชื้อเพลิงเป็น 1.82 เท่า และ 1.45 ตามลำดับ

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้สมรรถนะที่ได้จากการใช้แอนไฮดรัสเอทานอลและไฮดรัสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะใกล้เคียงกับการใช้แก๊สโซลีน แต่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนั้นมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด และจะมีค่าเรียงจากมากไปน้อยโดยเรียงจาก ไฮดรัสเอทานอล แอนไฮดรัสเอทานอล และแก๊สโซลีนเสมอ ซึ่งสาเหตุจะถูกอธิบายในหัวข้อถัดไป

#### 4.4 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption)



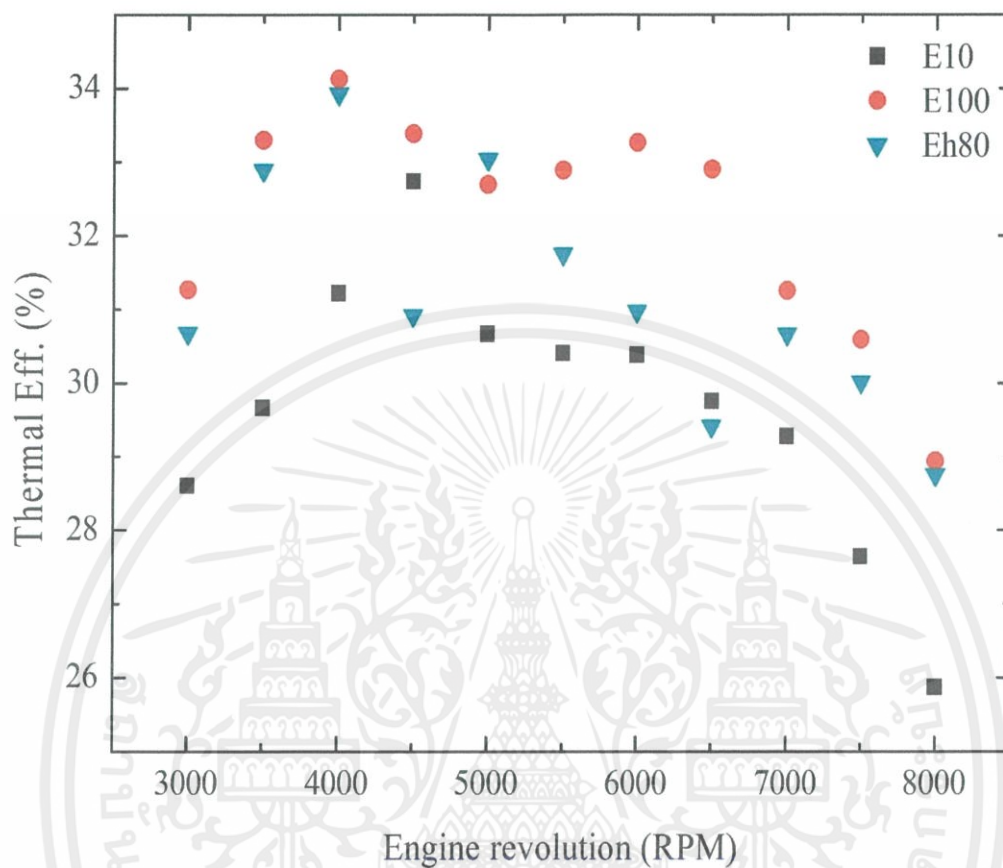
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคที่เกิดขึ้นของแก๊สโซลีน (E10) แอนไฮดริสเอทานอล (E100) และไฮดริสเอทานอล (Eh80)

เมื่อเทียบค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคที่เกิดจากการใช้ไฮดริสเอทานอลและแอนไฮดริสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในแต่ละรอบเครื่องยนต์เมื่อเทียบกับการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคที่เกิดขึ้นมีค่าลดลง 3.61% โดยเฉลี่ยและ 4.06% โดยเฉลี่ยตามลำดับ

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การที่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคของไฮดริสเอทานอลนั้นสูงเพราะเกิดจากการที่เชื้อเพลิงมีพลังงานต่ำกว่าเป็นหลัก ดังนั้น ทำให้เมื่อนำมาคำนวณเป็นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค จึงทำให้ค่าไม่ต่างกันมาก ยิ่งไปกว่านั้น ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคของไฮดริสเอทานอลมีค่าต่ำกว่าแก๊สโซลีนเสียอีก โดยจะมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนประกอบเพื่อยืนยันข้อสรุปนี้

ในหัวข้อ 5.5

#### 4.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency)

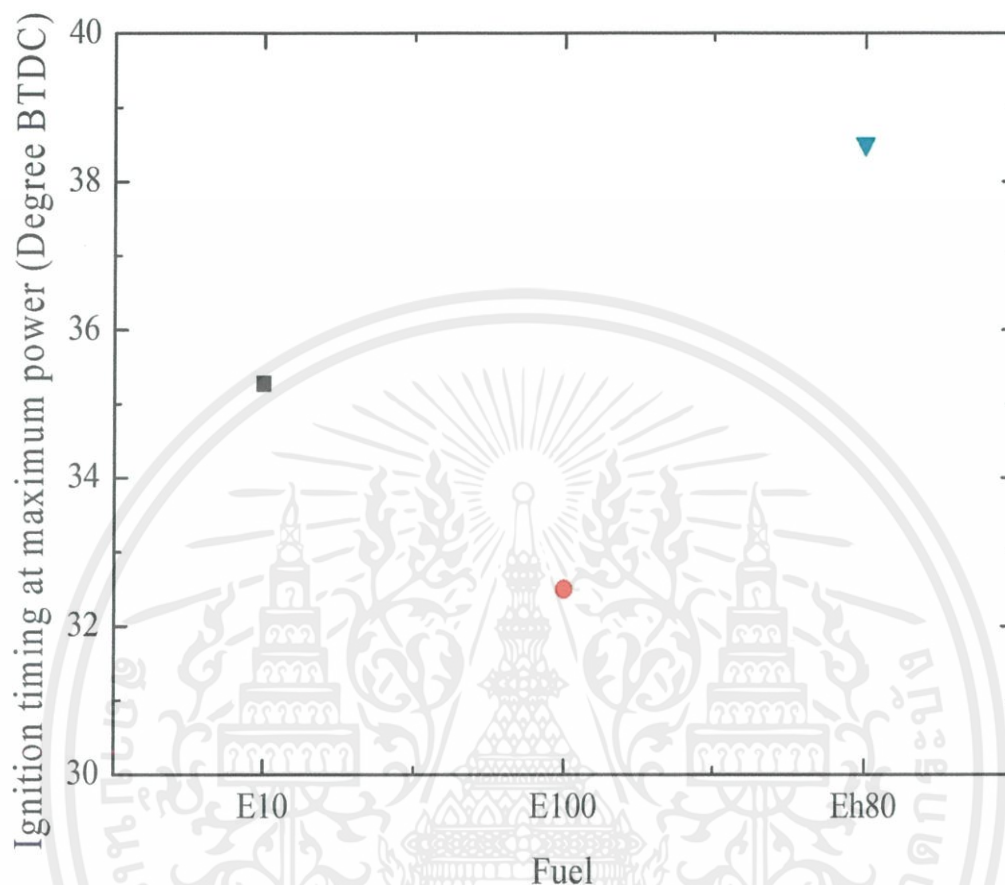


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นของแก๊สโซลีน (E10) แอนไฮดริสเอทานอล (E100) และไฮดริสเอทานอล (Eh80)

เมื่อเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดจากการใช้ไฮดริสเอทานอลและแอนไฮดริสเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในแต่ละรอบเครื่องยนต์เมื่อเทียบกับการใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น 4.18% โดยเฉลี่ยและ 4.99% โดยเฉลี่ยตามลำดับ

ซึ่งเป็นการยืนยันข้อสรุปว่า การที่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคของไฮดริสเอทานอลและแอนไฮดริสเอทานอลนั้นสูงกว่าแก๊สโซลีนเพราะมีค่าพลังงานจำเพาะต่ำกว่า

#### 4.6 องศาการจุดระเบิดที่เหมาะสม (Optimum Ignition Timing)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์องศาการจุดระเบิดที่เหมาะสมของแก๊สโซลีน (E10) แอนไฮดรัสเอทานอล (E100) และไฮดรัสเอทานอล (Eh80)

แอนไฮดรัสเอทานอลจุดระเบิดใกล้ศูนย์ตายบนที่สุด ตามมาด้วยแก๊สโซลีนและ ไฮดรัสเอทานอลตามลำดับซึ่งการที่แอนไฮดรัสเอทานอลมีช่วงเวลาล่าช้าในการจุดระเบิดต่ำกว่าและมีความเร็วของเปลวไฟสูงกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน [7] แต่การที่ไฮดรัสเอทานอลมีน้ำผสมอยู่ในเชื้อเพลิงในปริมาณสูงกว่า ทำให้การเผาไหม้ช้าลงเนื่องจากการที่น้ำไม่ทำปฏิกิริยาการเผาไหม้และดูดพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งไปใช้ในการระเหย จึงต้องการองศาการจุดระเบิดก่อนจุดศูนย์ตายบนนานกว่าถึงแม้ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีเอทานอลเป็นส่วนประกอบหลัก

#### 4.7 วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ไฮดรัสเอทานอลและแอนไฮดรัสเอทานอลมีสมรรถนะใกล้เคียงกับแก๊สโซลีนและมีประสิทธิภาพสูงกว่า

4.7.1 ถึงแม้ว่าเชื้อเพลิงประเภทเอทานอลจะมีค่าพลังงานจำเพาะต่ำกว่า แต่เอทานอลก็ต้องการออกาศน้อยกว่าในการเผาไหม้ (ดูเพิ่มเติมหัวข้อ 3.2) จึงทำให้มีการจ่ายเอทานอลในปริมาณที่มากกว่าการจ่ายแก๊สโซลีนในแต่ละวัฏจักร[9]

4.7.2 การที่เอทานอลมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงกว่าแก๊สโซลีน (ดูเพิ่มเติมหัวข้อ 3.2) ทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง นำไปสู่การที่อากาศจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น จึงมีอากาศเข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้มากกว่า ทำให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency) สูงกว่า[21] นอกจากนี้การที่แก๊สโซลีนมีค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอน้อยกว่าทำให้มีการระเหยในท่อร่วมไอดีมากกว่า นำไปสู่การแทนที่อากาศที่มากกว่าทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลงอีกด้วย[9]

4.7.3 การที่แอนไฮดรัสเอทานอลความเร็วของเปลวไฟสูงกว่า ทำให้จุดสูงสุดความดันในห้องเผาไหม้มีค่าสูงกว่า นำไปสู่การได้งานที่มากกว่า[9]

4.7.4 การที่แก๊สโซลีนมีอุณหภูมิเปลวไฟ (Adiabatic Flame Temperature) สูงทำให้สูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีมากกว่าเอทานอลที่มีอุณหภูมิเปลวไฟต่ำกว่า เนื่องจากการแผ่รังสีเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ [20]

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ ปัญหาที่พบและวิธีแก้ไข

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮดรอสทานอลเป็นเชื้อเพลิงโดยการปรับปริมาณน้ำมันที่ใช้และองศาการจุดระเบิด นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยเทียบเครื่องยนต์ขณะปรับให้ใช้กับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ พบว่า

5.1.1 การใช้เครื่องยนต์ที่มีการปรับการจ่ายเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิด เพื่อปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้ไฮดรอสทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะส่งผลให้เครื่องยนต์ ประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์เดิมขณะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลโดยสังเกตได้จากการที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ไฮดรอสทานอลสูงกว่าการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลเป็นเชื้อเพลิง 4.18% และยังมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคต่ำกว่า 3.61%

5.1.2 เครื่องยนต์ที่ปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้ไฮดรอสทานอลจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มากกว่าเครื่องยนต์เดิมขณะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลอย่างมีนัยยะสำคัญ คือ 1.82 เท่า แต่ก็ก็เป็นสาเหตุจากการที่แก๊สโซฮอลมีค่าความจุความร้อนมากกว่า 1.96 เท่า และมีส่วนต่างจากประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นในหัวข้อ 5.1.1

5.1.3 เครื่องยนต์ที่ปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้ไฮดรอสทานอลมีสมรรถนะต่างกับเครื่องยนต์เดิมขณะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลเล็กน้อยมากโดยจะมีกำลังเพิ่มขึ้น 0.75% และมีแรงบิดเพิ่มขึ้น 0.72%

5.1.4 การใช้เครื่องยนต์ที่มีการปรับการจ่ายเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิด เพื่อปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้แอนไฮดรอสทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์เดิมขณะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลโดยสังเกตได้จากการที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ไฮดรอสทานอลสูงกว่าการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลเป็นเชื้อเพลิง 4.99% และยังมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรคต่ำกว่า 4.06%

5.1.5 เครื่องยนต์ที่ปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้แอนไฮดรอสทานอลจะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มากกว่าเครื่องยนต์เดิมขณะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลอย่างมีนัยยะสำคัญ คือ 1.44 เท่า แต่ก็ก็เป็นสาเหตุจากการที่แก๊สโซฮอลมีค่าความจุความร้อนมากกว่า 1.57 เท่า และมีส่วนต่างจากประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นในหัวข้อ 5.1.4

5.1.6 เครื่องยนต์ที่ปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้แอนไฮดรอสทานอลมีสมรรถนะต่างกับเครื่องยนต์เดิมขณะใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลเล็กน้อยมากโดยจะมีกำลังเพิ่มขึ้น 3.76% และมีแรงบิดเพิ่มขึ้น 3.78%

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากต้องการประสิทธิภาพหรือสมรรถนะจากการใช้ไฮดรอลิกมากขึ้น และนำไปให้มีการดัดแปลงเครื่องยนต์เพิ่มเติม เช่น การเพิ่มอัตราส่วนการอัดเพราะเอทานอลทั้งสองชนิดมีค่าอ็อกเทนสูงกว่า หรือ การทดลองการใช้ไฮดรอลิกเอทานอลกับอุปกรณ์อัดอากาศเนื่องจากอุปกรณ์อัดอากาศจะทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูง การใช้ไฮดรอลิกเอทานอลที่สามารถลดอุณหภูมิของ อากาศจะเป็นประโยชน์ เป็นต้น

5.2.2 การทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาค่าไอเสียและไม่ได้ตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฮดรอลิกเอทานอล จึงแนะนำให้มีการศึกษาเพิ่มเติมก่อนการตัดสินใจดัดแปลงเครื่องยนต์ให้ใช้ไฮดรอลิกเอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

5.2.3 หากต้องการการทำงานเท่ากันโดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการทดลองนี้ อย่างมีนัยยะสำคัญ เครื่องยนต์ที่ออกแบบให้ใช้ไฮดรอลิกเอทานอลจะมีความต้องการเชื้อเพลิงสูง จึงต้องมี การเติมเชื้อเพลิงบ่อยขึ้นหรือการเพิ่มขนาดความจุของถังเชื้อเพลิง

5.2.4 จากข้อมูลที่พบขณะเปรียบเทียบ พบว่าแอนไฮดรอลิกเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ต้องการสมรรถนะสูง จึงเสนอให้มีการทดลองการดัดแปลงเครื่องยนต์ให้ใช้แอนไฮดรอลิกเอทานอล หรือไฮดรอลิกเอทานอลที่มีส่วนผสมของน้ำไม่เยอะมากนักเพื่อประโยชน์ในการเพิ่มสมรรถนะ

## 5.3 ปัญหาที่พบและวิธีแก้ไข

- 1 **ปัญหา** นักศึกษาไม่มีทักษะปฏิบัติงานช่างมากเพียงพอทำให้การทำงานล่าช้า เกิดการผิดพลาด และไม่สามารถทำงานบางส่วนได้  
**วิธีแก้ไขปัญหา** การแก้ปัญหาจะทำตามขั้นตอนโดยเริ่มจากการสอบถามผู้มีความรู้โดยเป็นอาจารย์ รุ่นพี่ บุคคลากรสถาบัน หรือ สมาชิกชมรมยานยนต์ หากสอบถามแล้วยังไม่สามารถแก้ปัญหาหรือทำงานให้คล่องไปได้ จึงทำการจ้างวานผู้เชี่ยวชาญ
- 2 **ปัญหา** เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์ที่เคยถูกใช้งานมาแล้ว ต้องมีการตรวจเช็คและซ่อมแซมก่อนจะสามารถนำมาใช้งานได้  
**วิธีแก้ไขปัญหา** ชิ้นส่วนที่เสียหายและแสดงอาการชัดเจนสามารถซื้อมาทดแทนได้ทันที บางชิ้นส่วนที่ไม่แสดงอาการชัดเจน จะใช้เวลานานเพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหาเพื่อแก้ไข
- 3 **ปัญหา** เครื่องยนต์ไม่ได้ถูกทดสอบในสภาพเดียวกับการใช้งานจริงทำให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้  
**วิธีแก้ไขปัญหา** ติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (ดูเพิ่มเติมหัวข้อ 3.14)

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. o. india. (2017, 4 June 2017). *The Ethanol Production Process* Available: <http://www.youngstersofindia.in/ethanol.html>
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "<แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 .pdf>," กันยายน 2558 2558.
- [3] ค. ก. โ. ญัฐกานต์ ชี้มวาริ, "การ กลั่นเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานด้วยกระบวนการรีฟ ลักซ," มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- [4] M. D. N. a. H. Z. Thompson D.M. Lazanova, "Performance and economic analysis of a direct injection spark ignition engine fueled with wet ethanol," Brunel University London, 2016.
- [5] สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ. (15 กันยายน 2559). โครงการ ชุมชนต้นแบบผลิตเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. Available: [http://www1.nrct.go.th/downloads/pc/confer/27jan53\\_5.pdf](http://www1.nrct.go.th/downloads/pc/confer/27jan53_5.pdf)
- [6] Y. L. Ronnachart Munsin, Surachai Bavornsethanan and Sumrereng Jugjai, *An Experimental Study on Aldehyde Emissions of a Hydrous Ethanol Fuelled Small SI Engine Generator Set*. King Mongkut' s University Technology Thonburi (KMUTT), 2010.
- [7] ป. ศรีชัย, "Visualization of flame propagation and combustion characteristics of ethanol blended gasoline fuels," 2552.
- [8] i. publishing. (1 มกราคม 2560). *THEORETICAL CYCLES*. Available: <http://www.tpub.com/fireman/47.htm>
- [9] W. W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, 2nd*. Pearson Education Limited, Harlow 2014.
- [10] MIT. (4 June 2017). *the internal combustion engine* Available: <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node26.html>
- [11] ค. อ. บุญทวัน. (2013, 1 สิงหาคม 2559). เครื่องต้นแบบผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลขนาดเล็ก. Available: [https://www.nstda.or.th/investorsday/2013/doc/08\\_atanol.pdf](https://www.nstda.or.th/investorsday/2013/doc/08_atanol.pdf)
- [12] ค. ป. เ. รศ.ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรรัตน์, นางเครือวัลย์ มณีวัต, "Community Model for Ethanol Production Using Solar Energy," pp. 1-20, 2552.
- [13] d. M. T. de O Carvalho L, de Azevedo Cruz Neto R, "Investigate on the fuel and engine parameter that affect the half mass fraction burned (CA50) optimum crank angle," *SAE technical paper 2012-36-0498*, 2012.
- [14] Wikipedia. (15 September 2016). *Stoichiometry*. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Stoichiometry>
- [15] M. A. B. Yunus A. Cengel, *Thermodynamics an Engineering Approach, 8th*, 2015.
- [16] บ. เ. พ. ส. จำกัด, คู่มือการซ่อม *HONDA WAVE 125i*.
- [17] BOSCH. (3 January ). *Heated wideband oxygen sensor*. Available: <https://www.boschautoparts.com/documents/101512/0/0/f078fbbf-1c7b-4d83-af73-b81804d09e4b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [18] I. MOTORSPORTS, *LM-2 digital air/fuel ratio meter user manual*.
- [19] บ. เ. พ. โ. เ. จำกัด, ทฤษฎีและหลักการจูนกล่อง *ECM STANALONE TUNER*. Bangkok.
- [20] A. J. G. Yunus A. Cengel, *Heat and Mass Transfer : Fundamentals & Application:* McGraw-Hill Education.
- [21] T. D. M. Lanzaova, M. Dalla Nora, and H. Zhao, "Performance and economic analysis of a direct injection spark ignition engine fueled with wet ethanol," *Applied Energy*, vol. 169, pp. 230-239, 2016.

