

ลักษณะการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่าง
ในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF WASTE PLASTIC OIL UNDER DIFFERENT
AMBIENT TEMPERATURE IN CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

ลักษณะการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่าง
ในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF WASTE PLASTIC OIL UNDER DIFFERENT
AMBIENT TEMPERATURE IN CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF WASTE PLASTIC OIL UNDER DIFFERENT
AMBIENT TEMPERATURE IN CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER



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 INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2561

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ลักษณะการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างใน
ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF WASTE PLASTIC OIL UNDER DIFFERENT AMBIENT
TEMPERATURE IN CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER

ผู้จัดทำ

1. นายก้องเกียรติ รัฐสมบุญ รหัสประจำตัว 58010058
2. นายชัยอนันต์ ทิพย์ศิริ รหัสประจำตัว 58010277
3. นายจิตรวรรณ ทองสว่างแจ่ม รหัสประจำตัว 58010590



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

นายก้องเกียรติ รัฐสมบุรณ์	58010058
นายชัยนันต์ ทิพย์ศิริ	58010277
นายอิศวรรณ์ ทองสว่างแจ้ง	58010590
ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาด้านขยะ จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษพบว่าในหลุมฝังกลบขยะปริมาณร้อยละ 30 เป็นขยะพลาสติกซึ่งย่อยสลายได้ยากไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ แต่ขยะพลาสติกนี้สามารถแปรรูปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกจึงเป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจ เพราะสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและคุณลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกที่สภาวะอุณหภูมิการเผาไหม้ที่แตกต่างโดยใช้ห้องเผาไหม้จำลองปริมาตรคงที่ (Constant Volume Combustion Chamber, CVCC) ควบคุมให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้อยู่ที่ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับ การฉีดเชื้อเพลิงจะใช้ความดัน 4 MPa โดยใช้หัวฉีดดีเซลแบบรางร่วมความดันสูงแบบรูปเดียว การทดสอบสมรรถนะในเครื่องยนต์ดีเซลได้ผลการทดลองดังนี้ เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกให้กำลังที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 1.73% ถึง 6.30% แต่เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 3.30% ถึง 6.24% และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 0.05% ถึง 0.96% สำหรับคุณลักษณะการเผาไหม้นั้นเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีอัตราการปลดปล่อยความร้อนสูงสุดน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 22.33% ถึง 44.98% และค่าความล่าช้าในการจุดระเบิดน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 2.63% ถึง 23.42% และมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้น เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีระยะเวลาการเผาไหม้มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 3.07% ถึง 4.12% และปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 3.42% ถึง 13.06% และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้สูงขึ้น จากภาพถ่ายการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกแสดงการระเหยและเริ่มจุดระเบิดที่เร็วกว่าเชื้อเพลิงดีเซลที่ทุกค่าอุณหภูมิ ซึ่งผลการทดลองสามารถนำไปปรับใช้ในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการฉีดสำหรับเชื้อเพลิงรูปแบบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก ตลอดจนการปรับปรุงประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMBUSTION CHARACTERISTICS OF WASTE PLASTIC OIL UNDER DIFFERENT AMBIENT TEMPERATURES IN CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER

KONGKIAT RATTASOMBOON	58010058
CHAIANAN THIPSIRI	58010277
THISAWAT THONGSAWANGJAENG	58010590
Asst.Prof.Dr. Chinda Charoenphonphanich	Advisor
Year 2018	

ABSTRACT

Thailand is facing waste problem according to Thailand Pollution control department 30% of wastes in landfill is plastic this waste plastics are unable to decompose in natural way but can be transformed to fuel using pyrolysis process. Waste plastic oil is interesting because it can be used in diesel engine. This paper investigates engine performance using waste plastic oil and the combustion characteristics of waste plastic oil under different ambient temperatures by constant volume combustion chamber (CVCC). The ambient temperatures were 700K 900K and 1100K. CVCC experiment was conducted using the single-hole injector with common rail system with 4 MPa injection pressure. The results from engine performance test showed that waste plastic oil gave less power output than diesel from 1.73% to 6.30% but waste plastic oil showed less Brake specific fuel consumption than diesel from 3.30% to 6.24%. Waste plastic oil also showed higher thermal efficiency than diesel from 0.05% to 0.96%. From CVCC test the results showed that waste plastic oil has lower peak heat release rate than diesel from 22.33% to 44.98% and showed shorter ignition delay than diesel from 2.63% to 23.42% furthermore this characteristics trend to decrease as temperature increase. The results also showed that waste plastic oil has longer combustion duration than diesel from 3.07% to 4.12% and higher cumulative heat release than diesel from 3.42% to 13.06% furthermore this characteristics trend to increase as temperature increase. The results can be used to optimize injection timing and to modified engine operating condition throughout improvement of engine performance by using waste plastic oil.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมาจาก ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ขอขอบคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยาเขตสระบุรี ที่เอื้อเฟื้อน้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบ

ขอขอบคุณ รุ่นพี่โปรเจกต์ สมบัติ มารศรี ที่สละเวลาช่วยเหลือ ให้คำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ รุ่นพี่โปรเจกต์ ประทาน ศรีชัย ที่ดูแล ให้คำแนะนำ และสละเวลาช่วยเหลือ

ขอขอบคุณ รุ่นพี่โปรเจกต์ ภพพล เอียวพันธ์ ที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณ Focuslab ที่เอื้อเฟื้อการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง

ขอขอบคุณ ชมรมยานยนต์ ที่สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัย

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายก้องเกียรติ รัฐสมบูรณ์

58010058

นายชัยอนันต์ ทิพย์ศิริ

58010277

นายธิศวรรธน ทองสว่างแจ้

58010590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ดีเซล.....	6
2.1.1 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล.....	6
2.1.2 ขั้นตอนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล.....	7
2.3 การจำลองการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล.....	8
2.4 น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก.....	10
2.4.1 กระบวนการไพโรไลซิส.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2	ขั้นตอนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก.....	11
2.5	การฉีดเชื้อเพลิงแบบรวม.....	12
2.6	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง.....	13
2.6.1	ความดันระหว่างการเผาไหม้.....	13
2.6.2	อุณหภูมิระหว่างการเผาไหม้.....	13
2.6.3	อัตราการปล่อยความร้อน.....	13
2.6.4	ความล่าช้าในการจุดระเบิด.....	15
2.7	ทฤษฎีการถ่ายภาพแบบชาโดว์กราฟ.....	15
บทที่ 3	อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง.....	15
3.1	อุปกรณ์การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมัน.....	16
3.1.1	เครื่องยนต์ KUBOTA RT140 DI plus ES.....	16
3.1.2	Eddy current Dynamometer.....	17
3.1.3	เครื่องวัดควันท่อ.....	17
3.2	อุปกรณ์การทดสอบลักษณะการเผาไหม้.....	18
3.2.1	แผนผังอุปกรณ์การทดลอง.....	18
3.2.2	ระบบจ่ายแก๊ส.....	19
3.2.3	ระบบควบคุมและการวัด.....	20
3.2.4	ระบบป้อนจ่ายเชื้อเพลิง.....	22
3.2.5	ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่.....	22
3.2.6	อุปกรณ์บันทึกภาพ.....	23
3.3	น้ำมันที่ใช้ทดสอบ.....	24
3.4	ขั้นตอนการทดลองศึกษาลักษณะการเผาไหม้.....	25
3.4.1	รูปแบบของการศึกษา.....	25
3.4.2	วิธีการกำหนดค่าในการทดลอง.....	26

3.4.3	ขั้นตอนการทดลอง.....	27
บทที่ 4	สรุปและอภิปรายผลการทดลอง.....	28
4.1	คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	28
4.2	สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทดสอบ.....	30
4.3	คุณลักษณะการเผาไหม้.....	35
4.3.1	อัตราการปลดปล่อยความร้อน.....	35
4.3.2	ความล่าช้าในการจุดระเบิดและระยะเวลาการเผาไหม้.....	38
4.3.3	ปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสม.....	41
4.4	การวิเคราะห์การเผาไหม้ด้วยภาพ.....	44
4.4.1	การพัฒนาของสเปรย์เชื้อเพลิง.....	44
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	45
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	46
5.1.1	สมรรถนะเครื่องยนต์.....	46
5.1.2	ลักษณะการเผาไหม้.....	46
5.1.2	การวิเคราะห์การเผาไหม้ด้วยภาพ.....	47
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	51

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบกันของชุดทดลอง	9
3.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ	16
3.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก	24
3.3 เงื่อนไขในการศึกษาการเผาไหม้	26
3.4 ปริมาณออกซิเจนในช่วงก่อนจุดระเบิดด้วยหัวเทียน และก่อนฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	27
4.1 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก.....	28
4.2 เปรียบเทียบความล่าช้าของการจุดระเบิด	39
4.3 เปรียบเทียบช่วงเวลาของการจุดระเบิด.....	40
4.4 การพัฒนาของสเปิร์ยของน้ำมันดีเซล และน้ำมันจากขยะพลาสติก ที่ อุณหภูมิ 700 900 และ 1100 เคลวิน ออกซิเจน 21% ความดันหัวฉีด 1000 บาร์	45

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงผลของความเร็รรอบต่อแรงบิด..... 4
2.2	แสดงผลของความเร็รรอบต่อการสิ้นเปลืองน้ำมัน 5
2.3	แสดงผลของความเร็รรอบต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน 5
2.4	การเปรียบเทียบความดันในห้องเผาไหม้กับบ่งคาเพลลาข้อเหวี่ยงจำนวน 120 วัฏจักร ที่ความเร็รรอบ 2100 รอบ/นาที 6
2.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V) ของวัฏจักรดีเซล 6
2.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V) ของวัฏจักรดีเซล 7
2.7	เงื่อนไขการเผาไหม้ในแต่ละอุปกรณ์การทดลอง..... 9
2.8	แสดงผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกและยางรถเก่า 10
2.9	แผนผังแสดงอุปกรณ์การผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติก 11
2.10	แสดงการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ 12
2.11	หลักการถ่ายภาพแบบซาโดว์กราฟ (shadowgraph technique) 15
3.1	เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ 16
3.2	Black smoke Meter: Filter Type 17
3.3	แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดลอง 18
3.4	แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดลอง 19
3.5	ไดอะแกรมวัดความดันในการเผาไหม้..... 20
3.6	โปรแกรม Labview ควบคุมความดัน 20
3.7	แสดงออสซิลโลสโคป 21
3.8	แสดงเซนเซอร์วัดความดัน 21
3.9	แสดงภาพของห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ 22
3.10	เปรียบเทียบอุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก. 24
3.11	ความดันในการเผาไหม้เทียบกับเวลา 25

4.1	อุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก	29
4.2	Power output ของเครื่องยนต์ที่ภาระสูงสุด.....	30
4.3	แรงบิดของเครื่องยนต์ที่ภาระสูงสุด	30
4.4	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 40%	31
4.5	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 60%	32
4.6	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 80%	32
4.7	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ที่ 40%Load	33
4.8	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ที่ 60%Load	33
4.9	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ที่ 80%Load	34
4.10	อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 700K	35
4.11	อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 900K	36
4.12	อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 1100K	36
4.13	อัตราการปลดปล่อยความร้อน	37
4.14	ความล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและดีเซล	38
4.15	ช่วงเวลาการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและดีเซล.....	40
4.16	แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่ 700K	41
4.17	แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่ 900K	42
4.18	แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่ 1100K	42
4.19	แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสม	43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พลาสติกเป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ปัญหาที่ตามมาจากการใช้งานพลาสติกนั้นคือการจัดการกับขยะพลาสติก วิธีที่ได้รับความนิยมคือการฝังกลบ เผาทำลาย และการนำกลับมาใช้ใหม่ ปัจจุบันนี้ทางประเทศไทยได้ประสบปัญหาขยะมูลฝอยเนื่องจากการขยายตัวของชุมชนและเศรษฐกิจรวมถึงการเปลี่ยนแปลงการบริโภคของประชาชน ในขณะที่การจัดการขยะแบบครบวงจรนั้นและถูกสุขลักษณะในประเทศไทยยังมีน้อยไม่เพียงพอต่อปริมาณขยะมูลฝอยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี 2554 ขยะมูลฝอยจากชุมชนทั้งประเทศมีปริมาณ 15.98 ล้านตัน แต่มีการนำกลับมาใช้ใหม่เพียง 4.10 ล้านตัน หรือร้อยละ 26 ขยะมูลฝอยที่เหลือประมาณ 11.88 ล้านตัน จะถูกกำจัดโดยวิธีการฝังกลบเพื่อให้จุลินทรีย์เป็นตัวย่อยสลาย กรมควบคุมมลพิษพบว่าในหลุมฝังกลบขยะปริมาณร้อยละ 30 เป็นขยะพลาสติกซึ่งย่อยสลายได้ยากไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ เช่น ฉลากพลาสติก ถุงพลาสติก และถุงขนม เป็นต้น ปริมาณขยะพลาสติกสามารถประมาณการได้ว่ามีปริมาณราว 3.56 ล้านตันต่อปี [1] เนื่องจากขยะพลาสติกประกอบไปด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ทาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสระบุรีจึงได้นำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยการแปรรูปให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส น้ำมันที่ได้จากกระบวนการนี้นั้นมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ [2] จึงเป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ทางการเกษตร

ไพโรไลซิสเป็นกระบวนการแยกตัวของสารที่มีมวลโมเลกุลสูงด้วยความร้อนในสภาวะไร้ออกซิเจน อุณหภูมิในเตาเฉลี่ยจะอยู่ที่ 400-600 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายน้ำมันเตา สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ ข้อดีที่เด่นชัดของการนำกระบวนการไพโรไลซิสมาใช้คือสามารถปริมาณขยะพลาสติกที่มีมากในปัจจุบันได้ นอกจากนี้การผลิตเชื้อเพลิงด้วยวิธีการไพโรไลซิสนั้นมีการปล่อยมลพิษที่ต่ำเนื่องจากไม่ได้เกิดการเผาพลาสติก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกที่มีผลต่อลักษณะการเผาไหม้ ในห้องเผาไหม้จำลองปริมาตรคงที่ภายใต้อุณหภูมิการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน

1.2.3 ศึกษาอุณหภูมิการเผาไหม้ที่แตกต่างกันที่มีผลต่ออัตราการปล่อยพลังงาน (Heat Release Rate), ความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition Delay), ระยะเวลาการเผาไหม้ (Combustion duration) และปริมาณการปล่อยความร้อนสุทธิ (Integral heat release)

1.2.4 วิเคราะห์ภาพถ่ายกระบวนการระเหยและกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกต่อลักษณะการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ ภายใต้การจำลองการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบหัวฉีดตรง

1.3.2 การศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก และเชื้อเพลิงดีเซลโดยใช้ค่าอุณหภูมิห้องเผาไหม้ 1100 K, 900 K และ 700 K และค่าปริมาณออกซิเจน 21%

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกภายในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ ภายใต้การจำลองเงื่อนไขที่แตกต่างกันของเครื่องยนต์ดีเซล โดยการทำงานแบ่งออกเป็นดังนี้

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

1.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล

1.4.3 วิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่ผ่านมา

1.4.4 จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองสำหรับการทดลองในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.5 วิเคราะห์และประเมินผลการวิจัย จากนั้นทำการเขียนและนำเสนอผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่สาธารณชนต่อไป

1.5 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1.5.1 พฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะ, ประสิทธิภาพ, และมลพิษจากเครื่องยนต์ ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบหัวฉีดตรงอย่างมาก รวมถึงยังส่งผลต่อ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และการสึกหรอของเครื่องยนต์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาตัวแปรดังกล่าวของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่จะนำเชื้อเพลิงชนิดนี้ไปใช้ หรือนำไปวิจัยในขั้นต่อไป

1.5.2 นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการศึกษาและเพิ่มการใช้งานเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก ที่เป็นพลังงานที่ได้จากการนำขยะพลาสติกที่มีมากและมีปัญหาในการจัดการในปัจจุบันกลับมาใช้ใหม่ สามารถลดปริมาณขยะพลาสติกที่มีอยู่ในประเทศและลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้เช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

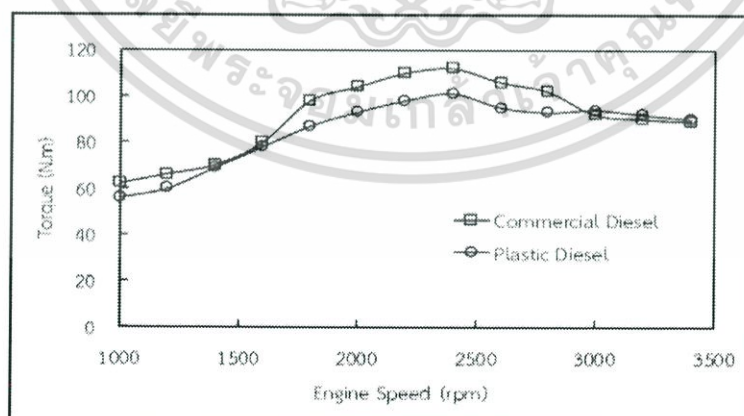
บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

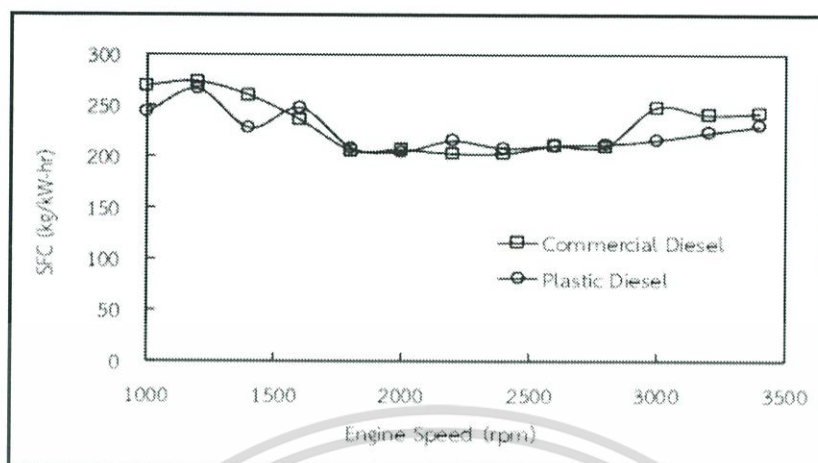
จากงานวิจัยของ ธวัชชัย และคณะ. [2] ได้ทำการศึกษาผลของน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกเมื่อใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดขนาดเล็ก คือเครื่องยนต์ 1 สูบขนาด 411 ซี.ซี. ยี่ห้อ Mitsubishi D-800 โดยทำการทดลองดังนี้ ใช้น้ำมันดีเซล 100%, และน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกสัดส่วน 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 ทดสอบกับเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที ที่ภาระโหลดต่ำ ปลา นกลาง และสูงตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า น้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และปริมาณสารมลพิษในไอเสียใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

งานวิจัยต่อไป ชัยมงคล และคณะ. [3] ได้ทำการศึกษาผลของน้ำมันจากขยะพลาสติกต่อสมรรถนะ และการปล่อยมลพิษในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบฉีดตรง (Direct injection) โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบคือ ISUZU รุ่น 4JA1 ขนาด 90 แรงม้า 4 สูบที่ความเร็วรอบ 1000-3400 RPM ผลที่ได้จากการทดลอง คือ น้ำมันจากขยะพลาสติกให้กำลังที่น้อยกว่าน้ำมันดีเซลเฉลี่ยประมาณ 10% และค่าสิ้นเปลืองน้ำเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันจากขยะพลาสติกมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย และประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซล คือ 1.6-3.0% ในช่วงรอบการใช้งาน (2000-2600 rpm) จึงสรุปต่อว่าน้ำมันจากขยะพลาสติกมีศักยภาพในการนำมาใช้งานทดแทนน้ำมันดีเซลได้

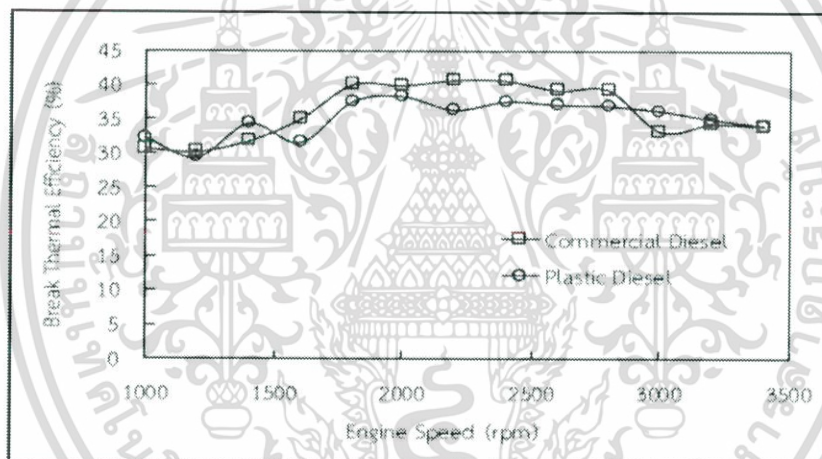


รูปที่ 2.1 แสดงผลของความเร็วยรอบต่อแรงบิด [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



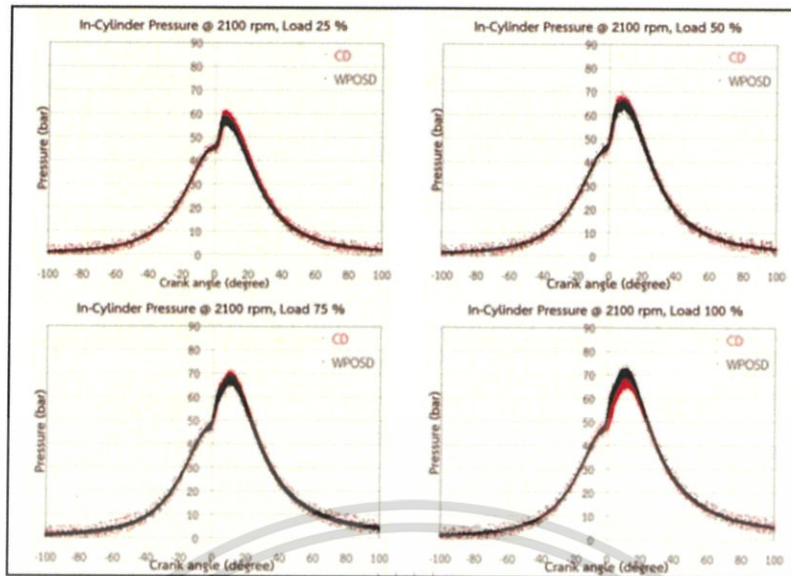
รูปที่ 2.2 แสดงผลของความเร็วยกต่อการสิ้นเปลืองน้ำมัน [3]



รูปที่ 2.3 แสดงผลของความเร็วยกต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน [3]

งานวิจัยของ คณิต และคณะ. [4] ได้ทำการศึกษาความแปรปรวนของการเผาไหม้ของน้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ใช้การวิเคราะห์วัฏจักรความดันในห้องเผาไหม้ 120 วัฏจักรพบว่าเมื่อใช้น้ำมันสังเคราะห์จากขยะพลาสติกค่าความแปรปรวนและความดันยังผลเฉลี่ย (imep) ในกระบอกสูบมีค่าไม่ต่างจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



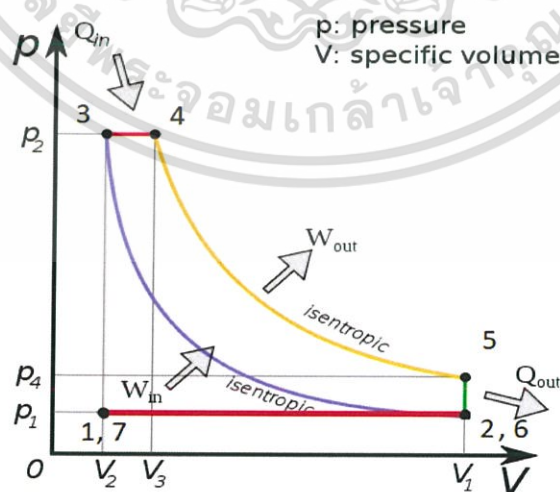
รูปที่ 2.4 การเปรียบเทียบความดันในห้องเผาไหม้กับองค์ประกอบของเพลาลูกเบี้ยวจำนวน 120 วัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2100 รอบ/นาที [4]

งานวิจัยนี้ได้สรุปว่าสามารถนำความรู้ไปกำหนดแนวทางในการพัฒนาขยายการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต [4]

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ดีเซล

2.2.1 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะนั้นในการทำงานครบรอบ 1 วัฏจักรจะมีการทำงานด้วยกันสี่จังหวะ (Stroke) คือ จังหวะสูบ (Intake stroke), จังหวะอัด (Compression stroke), จังหวะกำลัง (Power stroke), และจังหวะคาย (Exhaust stroke) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และปริมาตร (V) ของวัฏจักรดีเซล

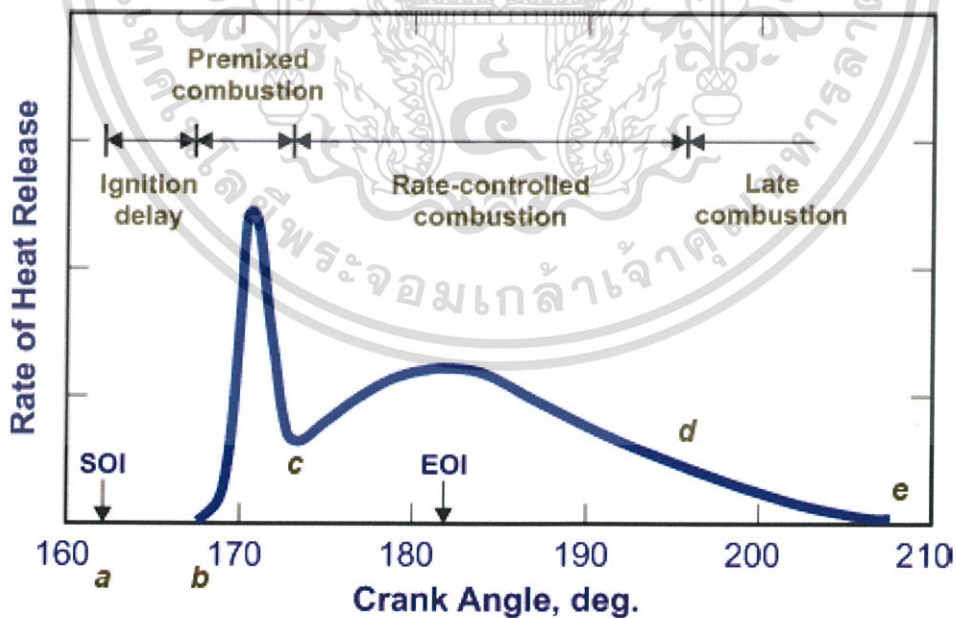
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กระบวนการจาก 1 ไป 2 เป็นการสูบอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ความดันคงที่
2. กระบวนการจาก 2 ไป 3 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบอะเดียบาติก (Adiabatic compression process)
3. กระบวนการจาก 3 ไป 4 เป็นการขยายตัวภายใต้ความดันคงที่และปริมาตรของอากาศขยายตัวเป็นไปตามอัตราส่วน Cut-off Ratio (หาชื่อภาษาไทย)
4. กระบวนการจาก 4 ไป 5 เป็นการขยายตัวภายใต้แบบอะเดียบาติก (Adiabatic expansion process)
5. กระบวนการจาก 5 ไป 6 เป็นการปล่อยความร้อนที่ปริมาตรคงที่
6. กระบวนการจาก 6 ไป 7 เป็นการคายอากาศที่ยังเหลือออกจากห้องเผาไหม้ที่ความดันคงที่

2.2.2 ขั้นตอนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล

ในเครื่องยนต์ดีเซล เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้โดยตรงก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึง TDC จากนั้นเชื้อเพลิงจะผสมเข้ากับอากาศก่อนเกิดการจุดระเบิดและเกิดการปลดปล่อยความร้อนตามที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงอัตรากันปลดปล่อยความร้อนเทียบกับมุมข้อเหวี่ยง [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากรูปที่ 2.6 สามารถแบ่งเป็นช่วงได้ดังนี้

จาก a ไป b เป็นขั้นตอนที่เกิดการล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition delay) คือช่วงเวลาระหว่างการเริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจนถึงเริ่มเกิดการเผาไหม้

จาก b ไป c เป็นขั้นตอนที่เกิดการเผาไหม้สารผสม (Premixed combustion) คือช่วงเวลาที่เกิดการปล่อยความร้อนอย่างรวดเร็วจากเชื้อเพลิงที่ได้ทำการผสมกับอากาศระหว่างเกิดการล่าช้าของการจุดระเบิดถูกเผาไหม้จนหมด

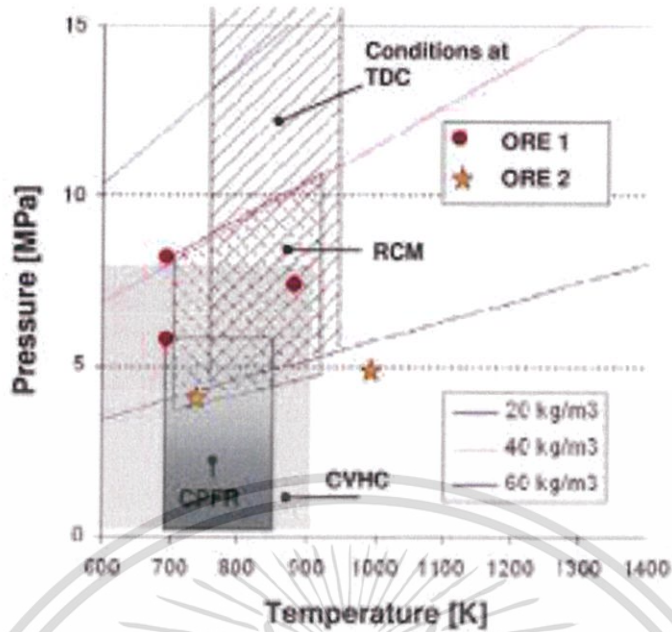
จาก c ไป d เป็นขั้นตอนการเผาไหม้โดยที่ถูควบคุมจุด (Rate controlled combustion) โดยหลังจากที่เชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศระหว่างช่วงการล่าช้าของการจุดระเบิดเกิดการเผาไหม้จนหมดแล้วนั้น เชื้อเพลิงก็ยังถูกฉีดเข้ามาอย่างต่อเนื่อง โดยการระเหยของเชื้อเพลิงนั้นทำให้อัตราการปล่อยความร้อนในห้องเผาไหม้ลดลง และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้นอีกครั้งจนเมื่อหยุดฉีดเชื้อเพลิงอัตราการปลดปล่อยความร้อนก็จะค่อยๆ ลดลง

จาก d ไป e เป็นช่วงการเผาไหม้ล่าช้า (Late Combustion) การปลดปล่อยความร้อนดำเนินต่อไปด้วยอัตราที่น้อย สาเหตุเกิดได้จากหลายปัจจัยคือ เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงบางส่วนยังไม่ถูกเผาไหม้จนหมด, เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อยู่ในเขม่าและการเผาไหม้ผลิตภัณฑ์จากสารผสมหนา

2.3 การจำลองการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล

ในการศึกษาพฤติกรรมของการเผาไหม้รวมไปถึงการสังเกตเปลวไฟในการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ดีเซล นั้นเป็นเรื่องที่ทำได้ยากในเครื่องยนต์ทั่วไปเนื่องจากมีลักษณะที่ทึบแสง อย่างไรก็ตามในทางการวิจัยนั้นมีหลายวิธีการรวมถึงอุปกรณ์ในการทดลองศึกษาพฤติกรรมเหล่านี้ ยกตัวอย่างเช่น เครื่องยนต์โปร่งใส (ORE), เครื่องยนต์แบบอัดเร็ว (RCM), ห้องเผาไหม้แบบมีปริมาตรคงที่มีการไหล (CPFR), ห้องเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่แบบใช้ความร้อน (CVHC), ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่แบบใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้ล่วงหน้า (CVPC) และห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ (CVCC) โดย CVCC นั้นมีช่วงการทำงานที่ครอบคลุมทุกช่วงของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้น CVCC จึงถูกใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาเปลวเพลิงการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล [6] โดย CVCC นั้นสามารถจำลองความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ก่อนที่จะฉีดเชื้อเพลิงได้ในช่วงกว้าง ทั้งความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของงานวิจัยนั้นเป็นการจำลองความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลในช่วงสิ้นสุดของจังหวะการอัด การทำงานของอุปกรณ์การทดลองได้สรุปไว้โดย Beart และคณะ [7] ดังที่แสดงในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เงื่อนไขการเผาไหม้ในแต่ละอุปกรณ์การทดลอง [7]

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบกันของชุดทดลอง

Type of optical test rig	ORE	RCM	RCYM	CPFR	CVHC	CVPC
Optical accessibility	0	0	++	++	-	+
Similarity to the real engine situation	0	-	--	--	--	--
Free spray penetration distance	0	+	+	+++	++	++
Control on trapped gas p/T	0	+	0	++	++	++
Control on trapped gas composition (ie. EGR)	0	-	0	+	++	+++
Flow field impact combustion	--	--	-	0	-	-
Test facility volume	0	+	0	0	++	++
Time to switch between operating conditions (ie.T)	0	0	0	0	--	++
Time between tests [s] ()	1	120-600	1	1.3	60	600

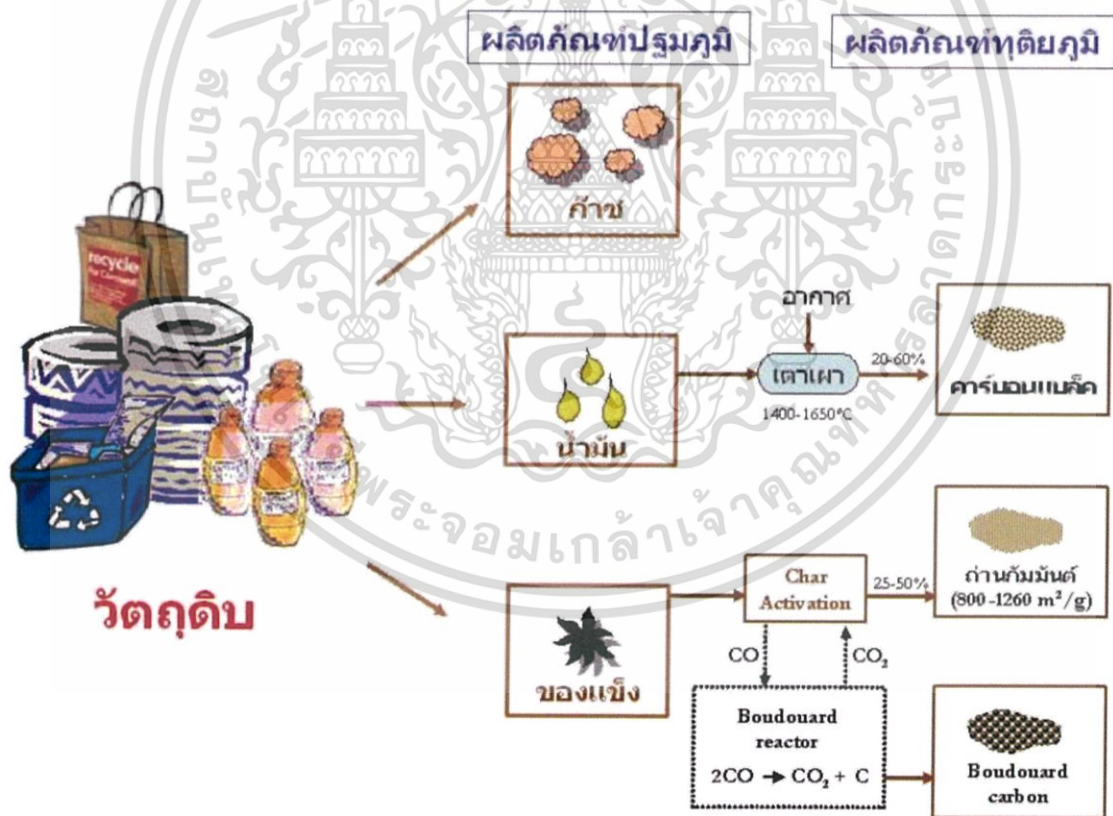
ตารางที่ 2.1 สามารถสรุปได้ว่า ถึงแม้OREจะมีความเหมือนกับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่า แต่CVCCนั้นเหมาะสมที่จะใช้ศึกษาเปลวเพลิงของการเผาไหม้มากกว่าเพราะให้ช่วงการทำงานที่กว้างกว่าและให้ปริมาตรของละอองเชื้อเพลิงที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 น้ำมันจากขยะพลาสติก (WPO)

2.4.1 กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis process)

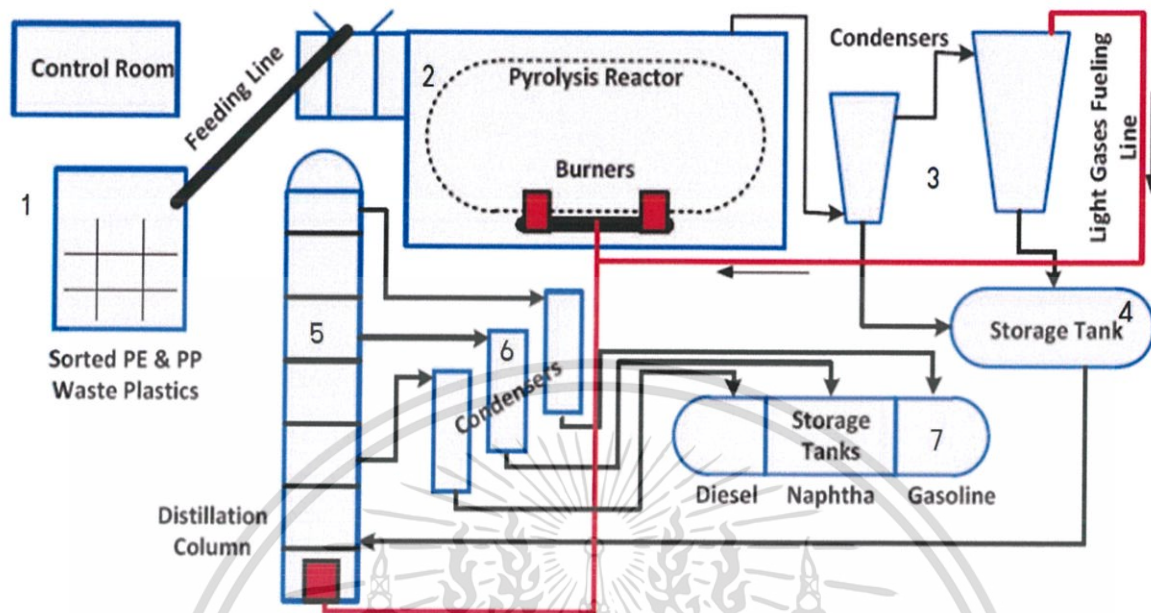
กระบวนการไพโรไลซิส คือ กระบวนการแตกตัวหรือสลายตัวของสารประกอบหรือวัสดุต่างๆ ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 400-800 °C ในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนในปริมาณน้อยมาก โดยทั่วไปผลผลิตที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามสภาวะคือผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ของเหลว และของแข็ง (Char) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิ (Primary Products) [11] อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้เช่น อุณหภูมิ อัตราเร็วในการให้ความร้อน เป็นต้น การไพโรไลซิสพลาสติกนั้น ผลผลิตที่ได้จะขึ้นอยู่กับว่าใช้พลาสติกประเภทใด หากพลาสติกพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกจะได้น้ำมันกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนัก น้ำมันที่ได้ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันหมัก ผสมรวมกันอยู่ ส่วนก๊าซที่ได้มีองค์ประกอบคล้ายก๊าซธรรมชาติแต่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.8 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกและยางรถเก่า[11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติก



รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงอุปกรณ์การผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติก

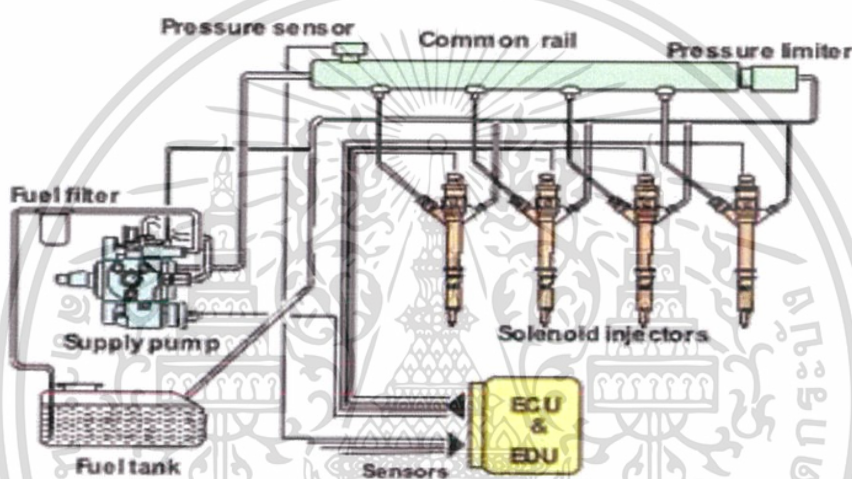
จากรูปที่ 9 อุปกรณ์ในการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกมีดังนี้

- 1) แหล่งจัดเก็บขยะพลาสติกก่อนจะส่งเข้าสู่กระบวนการผลิต
- 2) เตาไพโรไลซิส เป็นที่เกิดกระบวนการสลายพันธะเคมีของขยะพลาสติก โดยขยะพลาสติกจะถูกเปลี่ยนเป็นของเหลวและระเหยเป็นไอออกไปทางท่อที่อยู่ส่วนบนของเตาก่อนเข้าสู่คอนเดนเซอร์ต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งจะถูกส่งออกนอกเตา ในบริเวณล่างของเตา
- 3) คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ควบแน่นไอที่ออกมาจากเตาไพโรไลซิสโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือน้ำมันจากขยะพลาสติก
- 4) ถังเก็บน้ำมันจากขยะพลาสติก ทำหน้าที่บรรจุน้ำมันจากขยะพลาสติกก่อนจะส่งไปกลั่นลำดับส่วนหรือนำไปใช้งานต่อไป
- 5) เตากลั่นลำดับส่วน ทำหน้าที่แยกส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันจากขยะพลาสติก ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก เนฟทาจากขยะพลาสติก และแก๊สโซลีนจากขยะพลาสติก
- 6) ชุดคอนเดนเซอร์ของเตากลั่นลำดับส่วน แบ่งตามชนิดและอุณหภูมิของแต่ละผลิตภัณฑ์
- 7) ถังเก็บเก็บผลิตภัณฑ์จากเตากลั่นลำดับส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม

ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบรางร่วมหรือคอมมอนเรล เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้แรงดันน้ำมันเข้าสู่รางร่วม (Common Rail) เพื่อรอจังหวะฉีดน้ำมันที่เหมาะสมจากการประมวลผลของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) สั่งการให้โซลินอยด์ยกหัวฉีดให้สามารถฉีดหลายครั้งได้ โดยในระบบคอมมอนเรลสามารถควบคุมการฉีดให้ยืดหยุ่นตามสภาวะที่เหมาะสมได้ โดย ECU สามารถรู้จังหวะฉีดได้จากเซ็นเซอร์ เช่น ตำแหน่งของเพลาลูกเบี้ยว คัมแรงจากเท้า แรงดันน้ำมันในราง อุณหภูมิและออกซิเจนในไอเสีย จึงทำให้สามารถฉีดเชื้อเพลิงได้หลายครั้งในการจุดระเบิดเพียงครั้งเดียว (Multiple Injection) สามารถปริมาณมลพิษในตริกออกไซด์และช่วยลดการน็อกของเครื่องยนต์ได้



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของระบบคอมมอนเรล [8]

ระบบคอมมอนเรลประกอบด้วย

- 1) ปั๊มแรงดันสูง โดยสามารถปั๊มเชื้อเพลิงให้มีความดันสูงถึง 1,800 บาร์หรือ 180 MPa ขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์แต่ละรุ่น โดยแรงดันที่สูงนี้ทำให้เชื้อเพลิงแตกตัวเป็นละอองได้ดีกว่าการใช้หัวฉีดแบบเก่ามากหรือที่เรียกว่า Fuel Atomization
- 2) รางร่วมมีลักษณะเป็นท่อเล็กและยาวที่มีความหนามากเพื่อทนต่อแรงดันที่สูง รางร่วมนี้จะรักษาความดันให้คงที่และช่วยให้ละอองเชื้อเพลิงที่จ่ายไปยังห้องเผาไหม้ทุกห้องมีลักษณะเหมือนกัน
- 3) เซนเซอร์วัดความดัน ใช้เพื่อควบคุมความดันภายในรางร่วมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หน่วยควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ใช้เพื่อควบคุมการทำงานของระบบรางร่วมโดยใช้พื้นฐานจากข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ภายในระบบเช่น ตัวจำกัดความดัน (Pressure Limiter), เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของข้อเหวี่ยง, เซนเซอร์ตำแหน่งของวาล์วปีกผีเสื้อ, อุณหภูมิไอดี

5) ตัวจำกัดความดัน

6) อิเล็กทรอนิกส์ไดรฟ์เวอร์ยูนิต (Electronic Driver Unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก ECU เพื่อนำไปใช้ควบคุม หัวฉีดให้เหมาะสมกับภาระและความเร็วของเครื่องยนต์

7) หัวฉีดทำหน้าที่ฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้

8) ตัวกรองเชื้อเพลิง

9) ถังน้ำมัน

2.6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้แก่ ความดันระหว่างการเผาไหม้ อุณหภูมิในการเผาไหม้ ความล่าช้าในการจุดระเบิด อัตราการปล่อยน้ำร้อน

2.6.1 ความดันระหว่างการเผาไหม้

ความดันระหว่างการเผาไหม้ เป็นตัวแปรตามซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต้น ความเข้มข้นของออกซิเจน เพิ่มความดันสามารถนำไปพิจารณาอุณหภูมิระหว่างการเผาไหม้ ความล่าช้าในการจุดระเบิด อัตราการปลดปล่อยความร้อน ปริมาณการปล่อยความร้อนสะสม และปริมาณการปล่อยความร้อน

2.6.2 อุณหภูมิในการเผาไหม้

อุณหภูมิในการเผาไหม้ (Bulk Gas Temperature) ซึ่งคำนวณได้จากความดันในการเผาไหม้ดังสมการ

$$T_{bulk} = T_{int} \frac{P_{bulk}}{P_{int}} M \quad (2.1)$$

T_{bulk} แทนอุณหภูมิของแก๊สหลังจากจุดระเบิด

T_{int} แทนอุณหภูมิของแก๊สที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P_{bulk} แทนความดันของแก๊สหลังจากจุดระเบิด

P_{int} แทนความดันของแก๊สก่อนการจุดระเบิด

M แทนอัตราส่วนน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง ผลิตภัณฑ์และสารตั้งต้น

2.6.3 อัตราการปล่อยความร้อน

อัตราการปล่อยความร้อน (Heat Release Rate) คืออัตราการปล่อยความร้อนที่เชื้อเพลิงปล่อยออก ระหว่างการเผาไหม้สามารถคำนวณได้ ดังสมการ

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} P \frac{dv}{dt} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{dt} \quad (2.2)$$

ซึ่งในการทดลองนี้ ปริมาตรห้องเผาไหม้มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราการปล่อยความร้อนสามารถลดรูปได้ เนื่องจากการใช้ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่โดยที่ปริมาตรไม่มีการเปลี่ยนแปลง สามารถลดรูปได้ดังสมการ

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{dt} \quad (2.3)$$

γ แทนอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ

V แทนปริมาตรของห้องเผาไหม้

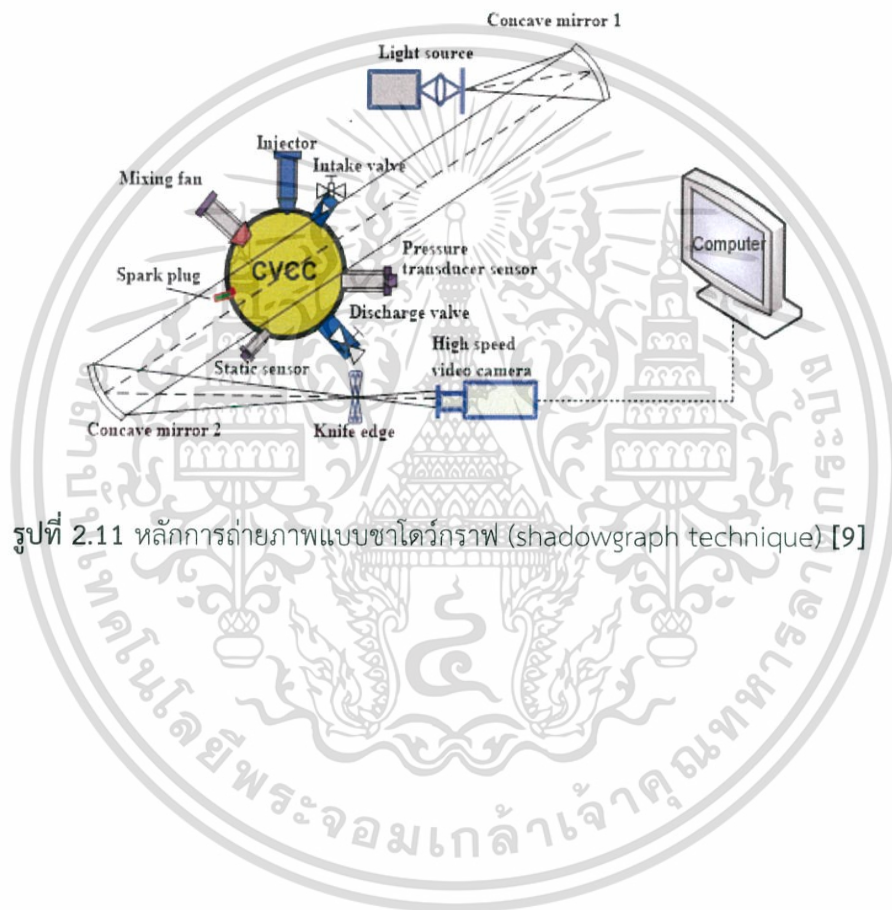
$\frac{dp}{dt}$ แทนอัตราการเปลี่ยนแปลงความดันเทียบกับเวลา

2.6.4 ความล่าช้าในการจุดระเบิด

ความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition Delay) คือระยะเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นฉีดเชื้อเพลิง (SOI) จนถึงจุดเริ่มต้นการระเบิด (SOC) ซึ่งการจุดระเบิดของดีเซลแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition Delay) การเผาไหม้สารผสม (Premixed Combustion) การเผาไหม้ช้า (Late-Control Combustion)

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายภาพแบบซาโดว์กราฟ

การมองเห็นลักษณะสเปร์ย์ของเชื้อเพลิงนั้นยากที่จะมองได้ด้วยตาเปล่า เพราะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้น การศึกษาลักษณะสเปร์ย์ในงานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้กล้องความเร็วสูงจับภาพสเปร์ย์เชื้อเพลิง โดยใช้หลักการถ่ายภาพแบบซูร์เรนด์รูปที่ 4 ที่จะอาศัยลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ฉายลำแสงไปที่กระจกโค้ง (Concave Mirror) จากนั้นลำแสงจากกระจกจะสะท้อนผ่านสเปร์ย์เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ (CVCC) ไปตกกระทบกับกระจกโค้งอีกตัวหนึ่งที่จะทำหน้าที่รวมแสงที่เกิดจากการหักเหจากค่าความแตกต่างของแอมพลิจูดระหว่างความหนาแน่นของสเปร์ย์เชื้อเพลิงและลำของเชื้อเพลิงที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดภาพขึ้น แล้วบันทึกภาพด้วยกล้องบันทึกภาพความเร็วสูง



รูปที่ 2.11 หลักการถ่ายภาพแบบซาโดว์กราฟ (shadowgraph technique) [9]

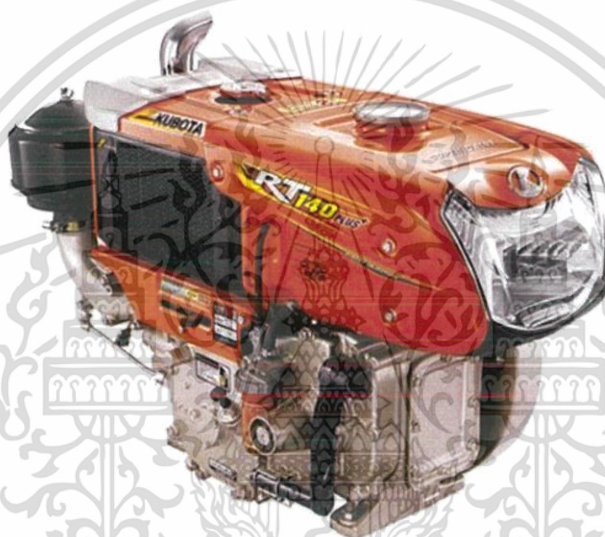
บทที่ 3

อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมัน

3.1.1 เครื่องยนต์ KUBOTA RT140 DI plus ES

เครื่องนี้ใช้สำหรับการทดลองการเผาไหม้เครื่องยนต์ทำงานและวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน



รูปที่ 3.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ [11]

ตารางที่ 3.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

Model	KUBOTA RT140 DI plus ES
Type	Diesel, 4 stroke, 1 cylinder, water cooled
Injection type	Direct injection
Bore x stroke	97x96
Displacement	709cc
Maximum power	14hp/2400rpm
Maximum torque	5kg-m/1600rpm
Continuous power	12.5hp/2400rpm
Compression ratio	18:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Eddy current Dynamometer

เครื่อง Dynamometer รุ่น ED-60-LC เป็นประเภท Eddy current ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ถูกนำมาใช้ในการทดสอบการหาแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ที่สามารถผลิตได้ เครื่อง Dynamometer แบบ Eddy current สามารถวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Load ได้อย่างรวดเร็วโดยควบคุมภาระ (Load) โดยการเปลี่ยนแปลงแรงเบรกที่โรเตอร์ โดยแรงเบรกที่กล่าวถึงนี้เป็นแรงเบรกที่เกิดจากอำนาจแม่เหล็กที่มีผลมาจากแม่เหล็กไฟฟ้า และแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำบนโรเตอร์ และควบคุมการทำงานผ่านคอมพิวเตอร์

3.1.3 เครื่องวัดควันดำ



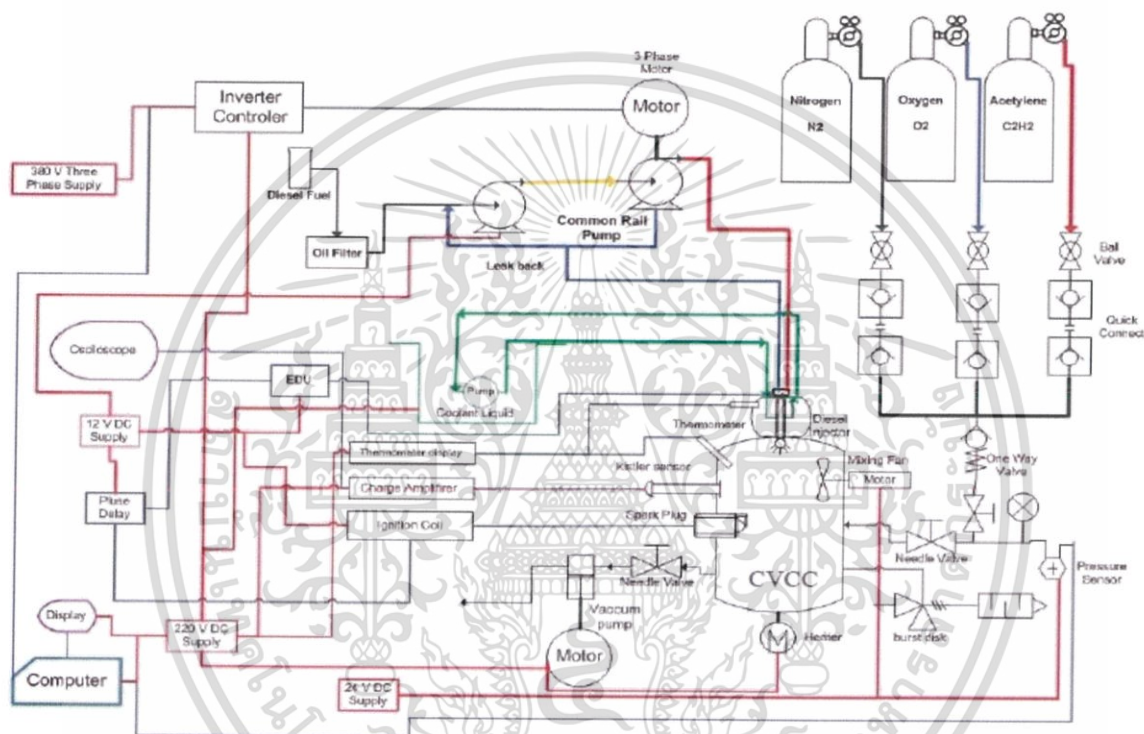
รูปที่ 3.2 Black smoke Meter: Filter Type [11]

เครื่องวัดควันดำ (Black smoke meter) ยี่ห้อ Okuda รุ่น DSM 240 ใช้เพื่อวัดปริมาณควันดำที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เครื่องวัดควันดำจะถูกนำมาใช้วัดความเข้มข้นระหว่างอนุภาคในก๊าซไอเสียก่อนที่จะกรองและเหลืออยู่หลังจากดักจับอนุภาคกรองด้วยกระดาษกรอง ควันดำ 0 เปอร์เซ็นต์หมายความว่าไม่มีฝุ่นละอองบนตัวกรอง แต่ถ้าเป็น 100 เปอร์เซ็นต์หมายความว่ากระดาษกรองจะถูกปกคลุมด้วยอนุภาคควันดำในทุกพื้นที่ เปอร์เซ็นต์ของ smoke meter ที่แสดงนี้สามารถสรุปได้ว่ากระดาษกรองอนุภาคสามารถกรองได้ปริมาณเท่าไร

3.2 อุปกรณ์การทดสอบลักษณะการเผาไหม้

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่เป็นห้องเผาไหม้ที่สามารถสังเกตการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ซึ่งทั้งสองด้านของห้องเผาไหม้ถูกติดด้วยกระจกควอตซ์เพื่อไว้สังเกตการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่มีอุปกรณ์ที่สำคัญที่ติดตั้งเพื่อจำลองเงื่อนไขการทดลองให้เหมือนกับเครื่องยนต์ที่มีการจุดระเบิดแบบอัด ร่วมกับการใช้เทคนิคถ่ายภาพแบบซูริเรนและบันทึกภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

3.2.1 แผนผังอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 3.3 แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดลอง [9]

อุปกรณ์การทดลองแบ่งออกได้ 4 ส่วนคือ

1. ระบบจ่ายแก๊ส
2. ระบบควบคุมและการวัด
3. ระบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง
4. ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

ส่วนที่ 1 ระบบจ่ายและระบายแก๊สมีแก๊สที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทั้งหมด 3 ชนิดคือ อะเซทิลีน ออกซิเจน และไนโตรเจนโดยมีปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) เพื่อดูดอากาศในห้องเผาไหม้ทั้งก่อนและหลังการทดลองออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

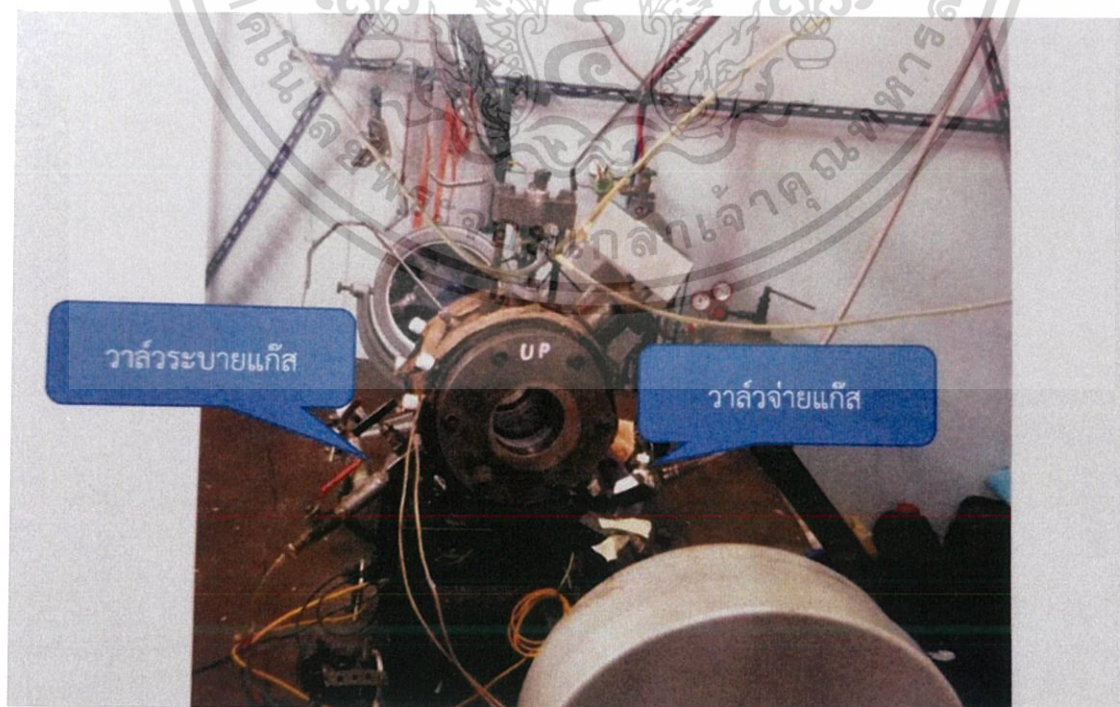
ส่วนที่ 2 ระบบควบคุมและการวัดจะใช้ตัว Controller ในการสั่งการเป็นสัญญาณปิดและเปิดตามเวลาที่เรากำหนดไว้โดยกล่องควบคุมจะออกคำสั่งให้กล่องเริ่มถ่ายภาพขณะจุดระเบิดและอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟฟ้า Electronic Drive Unit (EDU) หัวฉีดให้มีแรงยก เมื่อทำการเผาไหม้แล้วจะใช้สัญญาณจากเซนเซอร์วัดความดันซึ่งผ่านตัวแปลงกระแสไฟฟ้า (Charge Amplifier) แล้วส่งต่อมาที่ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เพื่อทำการวัดและเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปและนำมาคำนวณหาความดันเผาไหม้ความดันที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เพื่อใช้ในการหาค่าการปล่อยความร้อนและความล่าช้าในการจุดระเบิด

ส่วนที่ 3 ระบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงในระบบนี้เพิ่มแรงดัน ในระบบให้คงที่ที่ความดัน 1000 บาร์ โดยมี Inverter Unit ที่คอยควบคุมความเร็วมอเตอร์และส่งต่อไปยังหัวฉีดเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้

ส่วนที่ 4 ห้องเผาไหม้จำลองจะมีเซนเซอร์วัดความดันที่เปลี่ยนไปตามเวลา (Dynamic Pressure Sensor), เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermo Couple) ,พัดลมกวนอากาศ (Mixing Fan), หัวเทียน(Spark Plug) และหัวฉีดดีเซล(Diesel Injector)

3.2.2 ระบบจ่ายแก๊ส

ระบบจ่ายและระบายแก๊สสามารถจำแนกแก๊สที่เกี่ยวข้องกับการทดลองออกเป็น 3 ชนิด คือ ออกซิเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและอากาศ โดยจะมีวาล์ว (Valve) จ่ายและระบายแก๊สในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ทั้งก่อนและหลังการทดลองเพื่อให้อากาศเสียไหลออกจากห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่และจ่ายแก๊สใหม่เข้าไปแทนที่



รูปที่ 3.4 แสดงระบบจ่ายและระบายแก๊ส [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

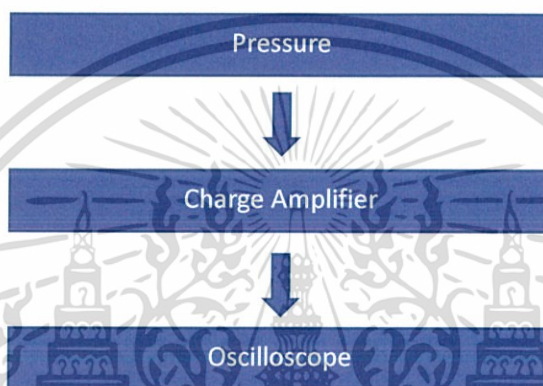
3.2.3 ระบบควบคุมและการวัด

ระบบควบคุมและการวัดมีอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการควบคุมและการวัดได้แก่

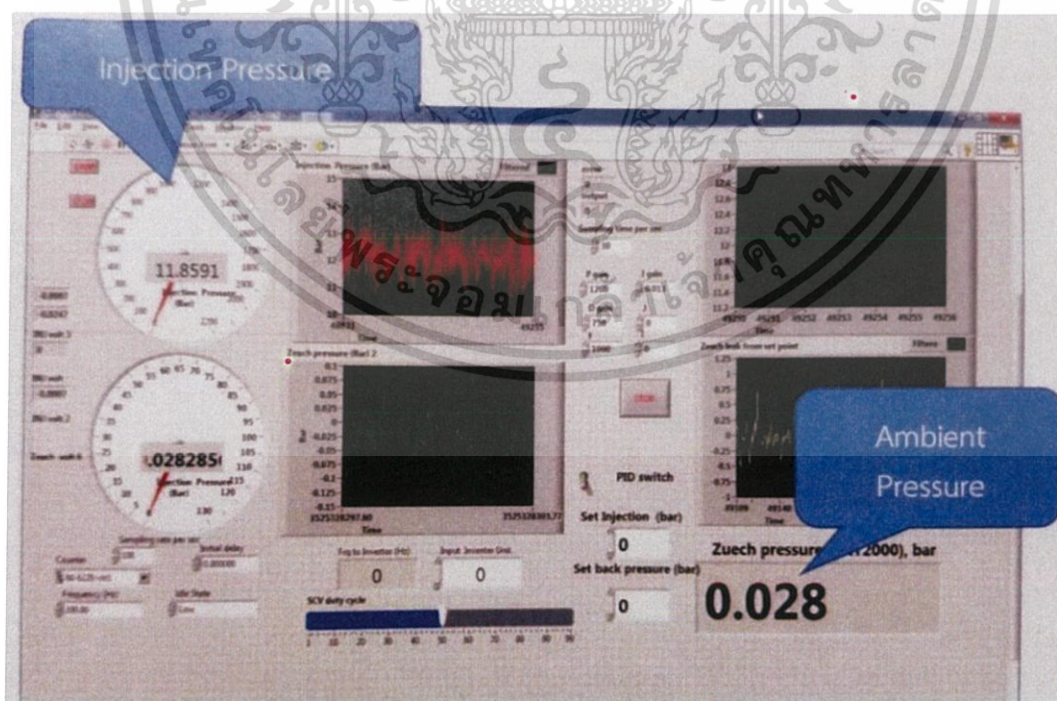
1. อุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟฟ้าสั่งเปิดและปิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเวลาที่เรากำหนดลงในชุดควบคุม ละส่งสัญญาณไฟฟ้าไปที่ชุดขับหัวฉีดทำการยกเข็มหัวฉีดพร้อมสั่งให้กล่องทำการบันทึกภาพขณะฉีดเชื้อเพลิงให้ถูกช่วงเวลาเพื่อลดการบันทึกของข้อมูลในส่วนที่ไม่จำเป็น

2. เซนเซอร์วัดความดันจะทำการส่งสัญญาณความดันที่วัดได้เข้ามาที่ออสซิลโลสโคป ออสซิลโลสโคป จะทำการวัดและเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป

3. เทอร์โมคัปเปอรวัดอุณหภูมิของน้ำเลี้ยงและน้ำมันก่อนไหลเข้าปั๊มคอมมอนเรลแล้วส่งค่าที่วัดได้ไปที่จอแสดงผล

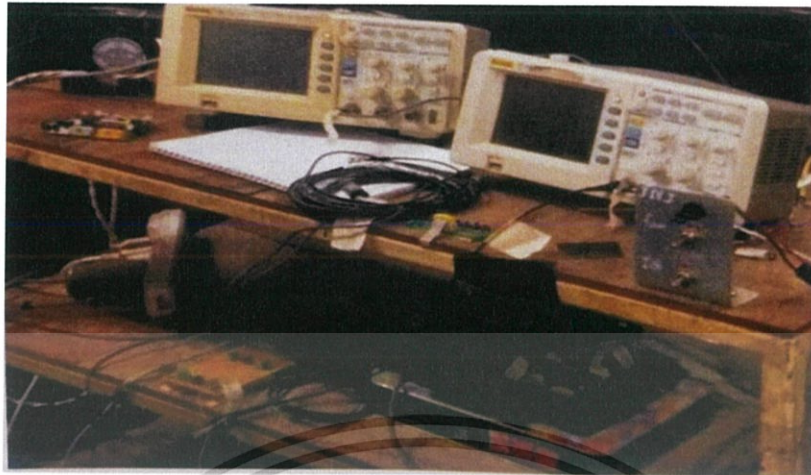


รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมวัดความดันในการเผาไหม้ [9]

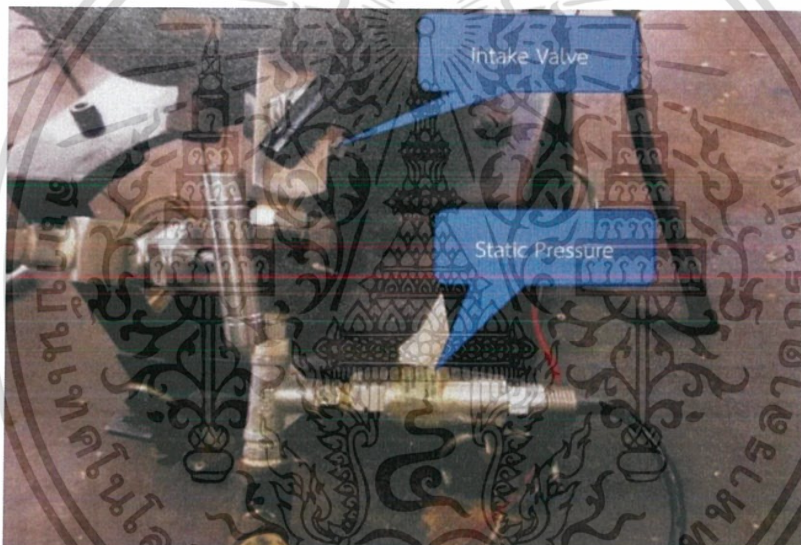


รูปที่ 3.6 โปรแกรม LabVIEW ควบคุมความดัน [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงออสซิลโลสโคป [9]



รูปที่ 3.8 แสดงเซนเซอร์วัดความดัน [9]

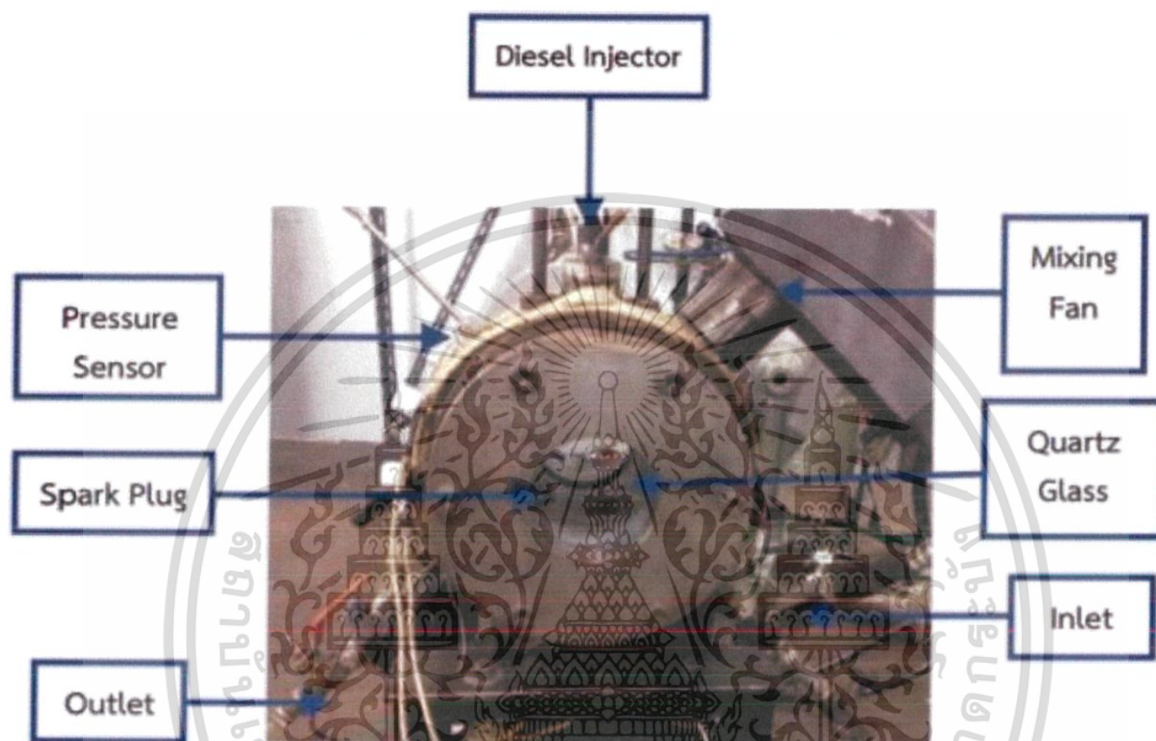
3.2.4 ระบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง

ระบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ใช้แรงดันเชื้อเพลิงที่ 100 MPa โดยที่มีมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้าเป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อใช้สร้างแรงดัน โดยแรงดันที่ได้นั้นจะแปรผันตามความเร็วรอบของมอเตอร์ และมอเตอร์จะมีหน่วยควบคุมอินเวอร์เตอร์คอนโทรล (Inverter Control Unit) ที่คอยควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์โดยจะปรับความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าให้มอเตอร์หมุน แล้วส่งต่อไปยังรางร่วม (Common Rail) และหัวฉีดเชื้อเพลิงที่อยู่ในห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ตามลำดับ การฉีดเชื้อเพลิงและการถ่ายภาพถูกควบคุมให้สอดคล้องกันด้วยโปรแกรมควบคุมที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่งสัญญาณ สามารถควบคุมหัวฉีด เวลาในการฉีดเชื้อเพลิง และควบคุมการทำงานของกล่องวิตโอความเร็วสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่

ห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ เป็นห้องเผาไหม้ที่สามารถสังเกตลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ โดยมีกระจกควอตซ์ที่ด้านข้างทั้งสองด้าน ภายในจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความดันที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา พัดลมกวนอากาศ หัวเทียน และหัวฉีดเชื้อเพลิง ดังรูป



รูปที่ 3.9 แสดงภาพของห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่และอุปกรณ์ต่างๆ [9]

จากรูปที่ อุปกรณ์ของห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่มีดังนี้

- 1) วาล์วไอดี (Intake Valve) เพื่อใช้ควบคุมการผสมของแก๊สในห้องเผาไหม้
- 2) วาล์วไอเสีย (Exhaust Valve) มีหน้าที่ระบายไอเสียหลังจากการเผาไหม้ซึ่งจะถูกต่อกับปั๊มสุญญากาศ
- 3) หัวเทียน (Spark Plug) เพื่อใช้ในการจุดระเบิดแก๊สที่ผสมเข้าไปก่อนในห้องเผาไหม้
- 4) พัดลมหมุนเวียน (Mixing Fan) มีหน้าที่กระจายอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ก่อนจะมีการฉีดเชื้อเพลิง
- 5) เซ็นเซอร์วัดความดัน (Pressure Transducer) ทำหน้าที่เก็บค่าความดันที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง
- 6) หัวฉีดดีเซลขนาดรูเดียว (Single Hole Injector) เพื่อฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

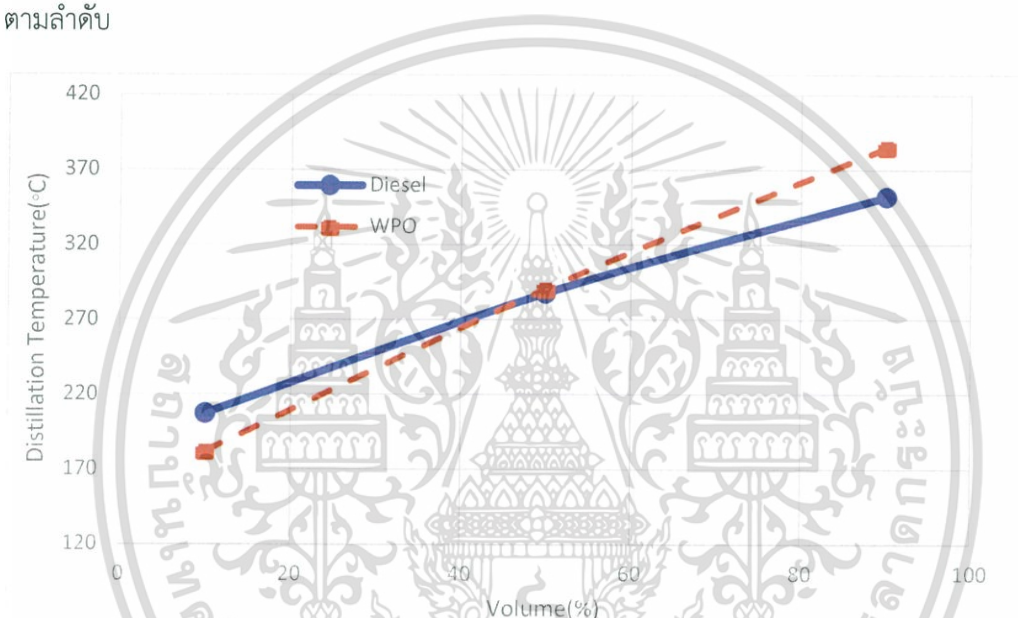
3.2.6 อุปกรณ์บันทึกภาพ

งานวิจัยนี้ทำการบันทึกภาพโดยวิธีชาโดว์กราฟ (Shadowgraph) ร่วมกันกับกล้องถ่ายภาพวิดีโอความเร็วสูง High Speed Camera ที่จะอาศัยลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ฉายลำแสงไปยังกระจกโค้ง (Conclave Mirror) จากนั้นลำแสงจากกระจกจะสะท้อนผ่านห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ (CVCC) ไปตกกระทบกับกระจกโค้งอีกอันหนึ่งที่ทำหน้าที่รวบรวมแสงที่เกิดจากการหักเหจากค่าความแตกต่างของแอมพลิจูดระหว่างความหนาแน่นของสเปร์รี่เชื้อเพลิงและลำแสงของเชื้อเพลิงที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดภาพขึ้น แล้วบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอความเร็วสูงยี่ห้อ Photron รุ่น FASTCAM-Mini-UX100 ที่ความเร็ว 10000 รูปต่อวินาที ที่สั่งการด้วยสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์



3.3 น้ำมันที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ 2 ชนิดคือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก (WPO) จากตารางนี้ความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 11.07 โดยมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 2.33 แต่มีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันดีเซล 0.93 นอกจากนี้คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งคืออุณหภูมิการกลั่นที่อธิบายลักษณะการระเหยของน้ำมัน โดยที่อุณหภูมิการกลั่นที่ร้อยละ 10 โดยปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 12.97 และที่อุณหภูมิการกลั่นที่ร้อยละ 50 และร้อยละ 90 มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 0.97 และร้อยละ 8.97 ตามลำดับ



รูปที่ 3.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก

ตารางที่ 3.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก

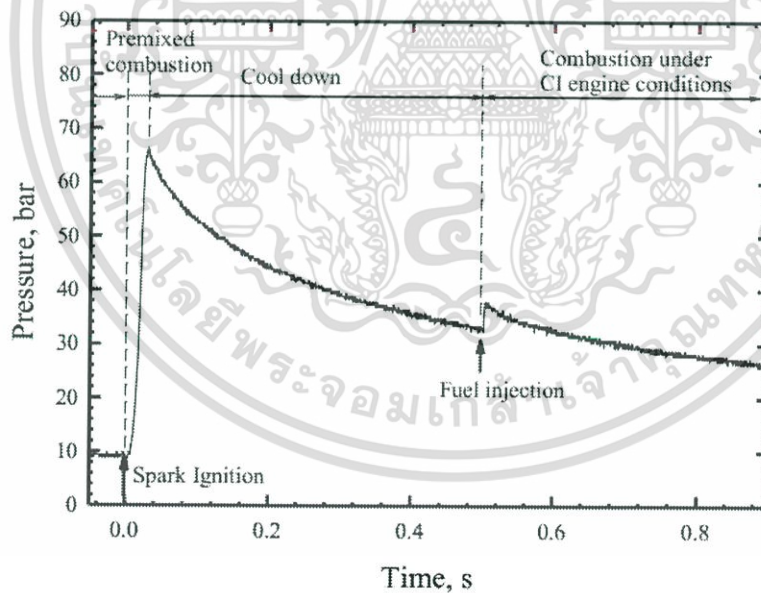
Properties	Standard	Conventional Diesel (B7)	WPO	Comparison
Density @30 °c g/cm ₃	ASTM D4052	0.824	0.805	-2.31%
Viscosity @40 °c mm ² /s	ASTM D445	3.24	2.90	-10.49%
Heating value (MJ/kg)	ASTM D240	45.86	46.29	+0.94%
Distillation T10(°c)	ASTM D86-11b	207.7	182.4	-
Distillation T50(°c)	ASTM D86-11b	287.9	290.7	-
Distillation T90(°c)	ASTM D86-11b	352.3	385.4	+9.40%
Cetane index	ASTM D976	60.43	67.93	+12.41%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลองศึกษาลักษณะการเผาไหม้

3.4.1 รูปแบบของการศึกษา

การศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น ทำการศึกษาภายใน CVCC ที่ทำการจำลองการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบรูเดียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตรประกอบเข้ากับท่อน้ำมันแรงดันสูง โดยติดตั้งสายน้ำมันเพื่อเป็นทางออกของน้ำมันที่บริเวณหัวฉีดในกรณีเกิดความดันภายในหัวฉีดมากเกินไป กำหนดแรงดันที่ใช้ในการทดลองคือ 100 MPa ใช้เวลาในการฉีด 2.5 มิลลิวินาที และฉีดเชื้อเพลิงขณะห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิ 1100 K, 900 K และ 700 K ความเข้มข้นของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้คือ 21% การเผาไหม้ด้วยเชื้อเพลิงแก๊สตั้งรูปที่ 21 และผสมเชื้อเพลิงแบบความดันน้อยตามตาราง 3.2 จากนั้นทำการจุดประกายไฟด้วยหัวเทียนให้ให้เกิดการเผาไหม้แก๊สที่ผสมเข้าไปก่อนคือ อะเซทิลีน, ออกซิเจน และไนโตรเจน แบบ เรียกว่าช่วง Premix Burning ให้ความดันและในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นสูงไม่เกิน 9.9 MPa และจากนั้นจะเกิดช่วง Cool down จากการถ่ายเทความร้อนจนความดันลดลงจนมีสถานะเดียวกับห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลคือ 4 MPa ในขั้นตอนต่อไปจึงทำการฉีดเชื้อเพลิงดีเซลเข้าไปเผาไหม้



รูปที่ 3.11 ความดันในการเผาไหม้เทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขในการศึกษาการเผาไหม้

Parameters	Conditions
Test fuels	Diesel. Waste plastic oil
Nozzle orifice diameter	Single hole 0.2 mm
Energizing time	2.5 ms
Injection pressure	100 MPa
Ambient gas temperature	1100 K, 900 K, 700 K
Oxygen concentration	21%
Ambient pressure	4.0 MPa
Repeat	3 Times / Condition

3.4.2 วิธีการกำหนดค่าในการทดลอง

ในการจำลองห้องเผาไหม้ปริมาตรคงที่ให้มีปริมาณออกซิเจน 21% โดยมีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ 1100K, 900K และ 700K นั้นจำเป็นต้องควบคุมปริมาณแก๊สที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ ดังนั้นจึงมีการตรวจสอบส่วนประกอบของแก๊สในห้องเผาไหม้ในช่วงก่อนการจุดระเบิดด้วยหัวเทียน และช่วงเริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้ส่วนประกอบแก๊สเหมือนกับห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล ปริมาณออกซิเจนแสดงในตารางที่ 3.2 นอกจากนี้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ในที่เหมาะแก่การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลา cool down หลังจากการจุดระเบิดด้วยหัวเทียน โดยอุณหภูมิกายในห้องเผาไหม้ในการทดลองนี้เชื่อมโยงกับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลขณะลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุดของจังหวะอัด

สมการปฏิกิริยาก่อนการจุดระเบิดด้วยหัวเทียนและหลังการจุดระเบิดด้วยหัวเทียนมีดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.4 ปริมาณออกซิเจนในช่วงก่อนจุดระเบิดด้วยหัวเทียน และก่อนฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

Percentage of oxygen concentration	Gas composition [mol%] (Composition before spark ignition)			Gas composition [mol%] (Composition at start of injection)			
	(a) C ₂ H ₂	(b) O ₂	(c) N ₂	(d) O ₂	(c) N ₂	(a) H ₂ O	(e) CO ₂
21%	3.5	29.3	67.2	21.0	67.2	3.5	7.1

3.4.3 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนในการใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมจำลองเงื่อนไขของเครื่องยนต์ดีเซลขั้นตอนตามรูปที่ 2 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอนดังนี้

- 1) เปิดฮีตเตอร์ให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ให้อุณหภูมิเริ่มต้นในการเผาไหม้ที่ 80 องศาเซลเซียส
- 2) จ่ายแก๊สไนโตรเจนเข้าไปในห้องเผาไหม้เพื่อเช็การรั่ว
- 3) เปิดวาล์วทางออกและอัดอากาศเข้าไปเพื่อให้แก๊สไนโตรเจนออกจากห้องเผาไหม้
- 4) ทำการจ่ายแก๊สอะเซทิลีนเข้าสู่ห้องเผาไหม้และปล่อยให้แก๊สเข้าสู่สมดุลตามความดันที่กำหนดไว้ จากนั้นจ่ายแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจนตามลำดับแล้วปิดวาล์วจ่ายแก๊ส
- 5) เปิดพัดลมเพื่อให้แก๊ส ผสมจากขั้นตอนที่ 4.2.4 เกิดจากการผสมคบลกเคล้ากันมากขึ้น
- 6) ทำการจุดประกายไฟที่หัวเทียนเพื่อให้แก๊สผสมเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส
- 7) ฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง เข้าห้องเผาไหม้เพื่อทำปฏิกิริยากับไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ในขั้นตอนที่ 6
- 8) บันทึกค่าต่าง ๆ ที่ต้องการโดยค่าที่บันทึกนั้นได้แก่ความดันระหว่างการเผาไหม้และวิถีไอในการเผาไหม้
- 9) ปล่อยให้ไอเสียออกทางวาล์วไอเสียจากนั้นจึงอัดอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

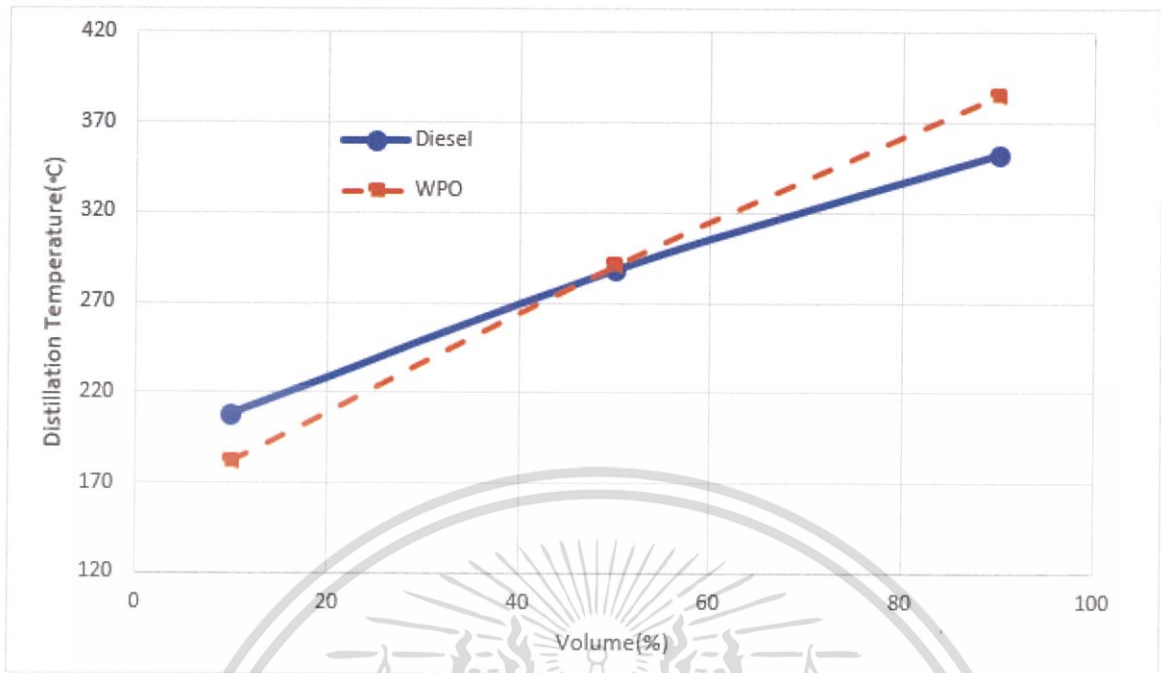
4.1 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงระหว่างดีเซลกับน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีพารามิเตอร์หลายตัวที่มีผลกระทบกับการเผาไหม้ แต่สำหรับคุณสมบัติที่แตกต่างกันหลักจะแสดงใน ตาราง 4-1 แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความหนาแน่นที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 2.31% ทำให้ที่สภาวะหัวฉีดเดียวกันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความหนืดที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 10.49% จึงสามารถกลายเป็นละอองและระเหยเป็นไอได้ดีกว่าเชื้อเพลิง นอกจากนี้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกยังมีค่าความร้อน (Heating value) ที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลประมาณ 0.94% ดังนั้นในสภาวะการะเดียวกันดีเซลจะต้องฉีดเพิ่มจำนวนมากต่อรอบเพื่อชดเชยความร้อนที่ลดลงซึ่งการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงควรจะแย่ง

ตารางที่ 4.1 ตารางคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก

Properties	Standard	Conventional Diesel (B7)	WPO
Density @30 °c g/cm ₃	ASTM D4052	0.824	0.805
Viscosity @40 °c mm ² /s	ASTM D445	3.24	2.90
Heating value (MJ/kg)	ASTM D240	45.86	46.29
Distillation T10(°c)	ASTM D86-11b	207.7	182.4
Distillation T50(°c)	ASTM D86-11b	287.9	290.7
Distillation T90(°c)	ASTM D86-11b	352.3	385.4
Cetane index	ASTM D976	60.43	67.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

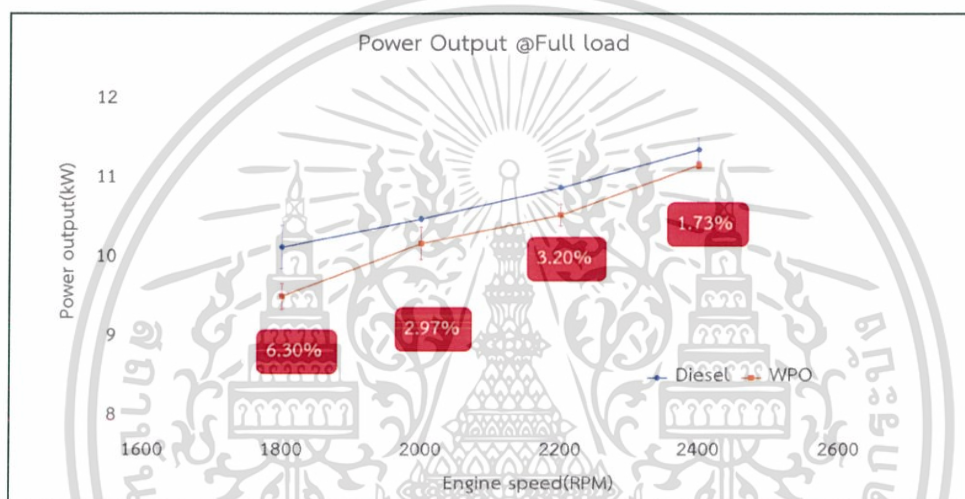


รูปที่ 4.1 อุณหภูมิการกลั่นของน้ำมันดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก

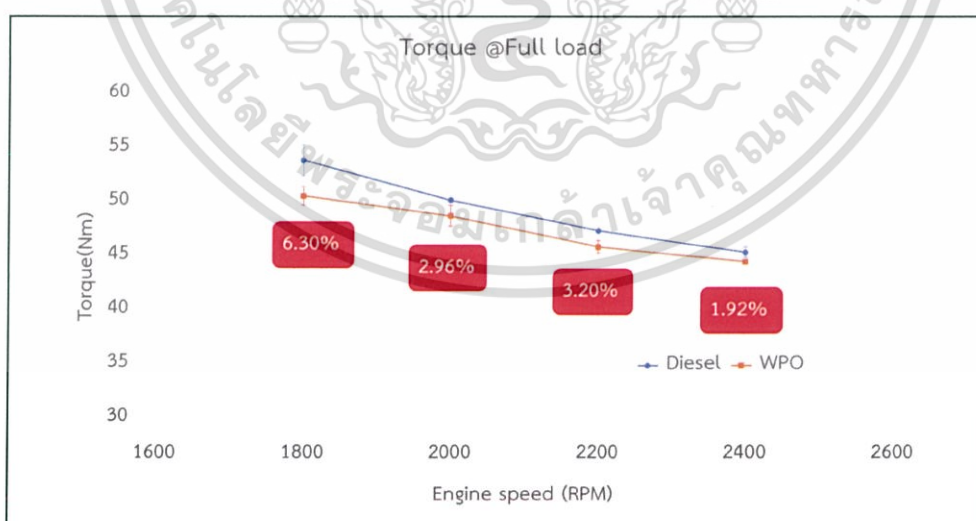
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ทดสอบ

รูปที่ 4.2 และ 4.3 แสดงกำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก และเชื้อเพลิงดีเซล แม้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความร้อนที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.94% และผสมกับอากาศได้ดีกว่าแต่เนื่องจากมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 2.31% ทำให้ที่สถานะของหัวฉีดเดียวกัน (Full load) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ได้น้อยกว่าและเนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความล่าช้าในการจุดระเบิดที่ไม่เท่ากับเชื้อเพลิงดีเซล ทำให้กำลังของเครื่องยนต์น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล 6.30%, 2.97%, 3.20% และ 1.73% ที่ ความเร็วรอบ 1800 RPM, 2000 RPM, 2200 RPM และ 2400 RPM ตามลำดับ



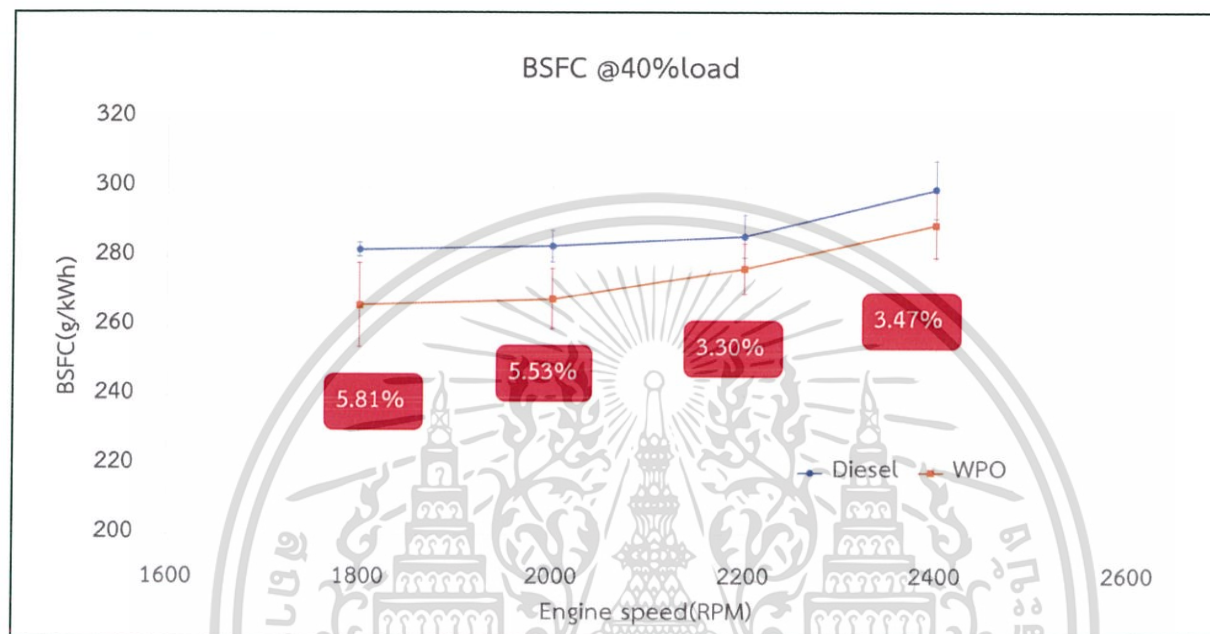
รูปที่ 4.2 Power output ของเครื่องยนต์ที่ภาวะสูงสุด



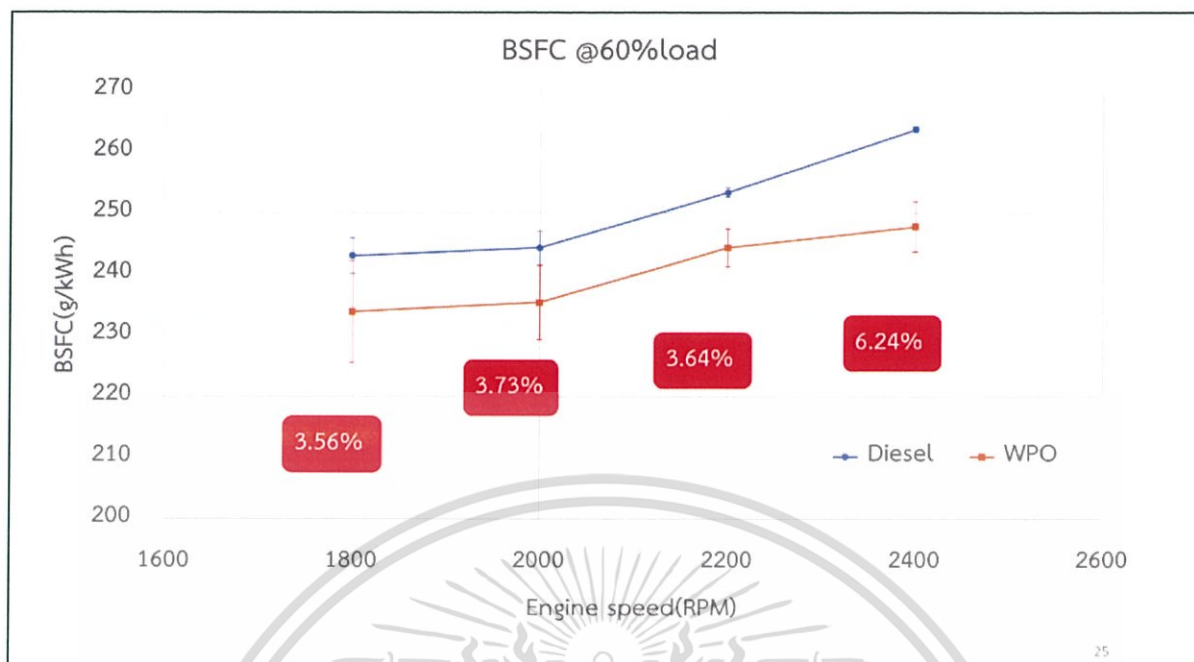
รูปที่ 4.3 แรงบิดของเครื่องยนต์ที่ภาวะสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

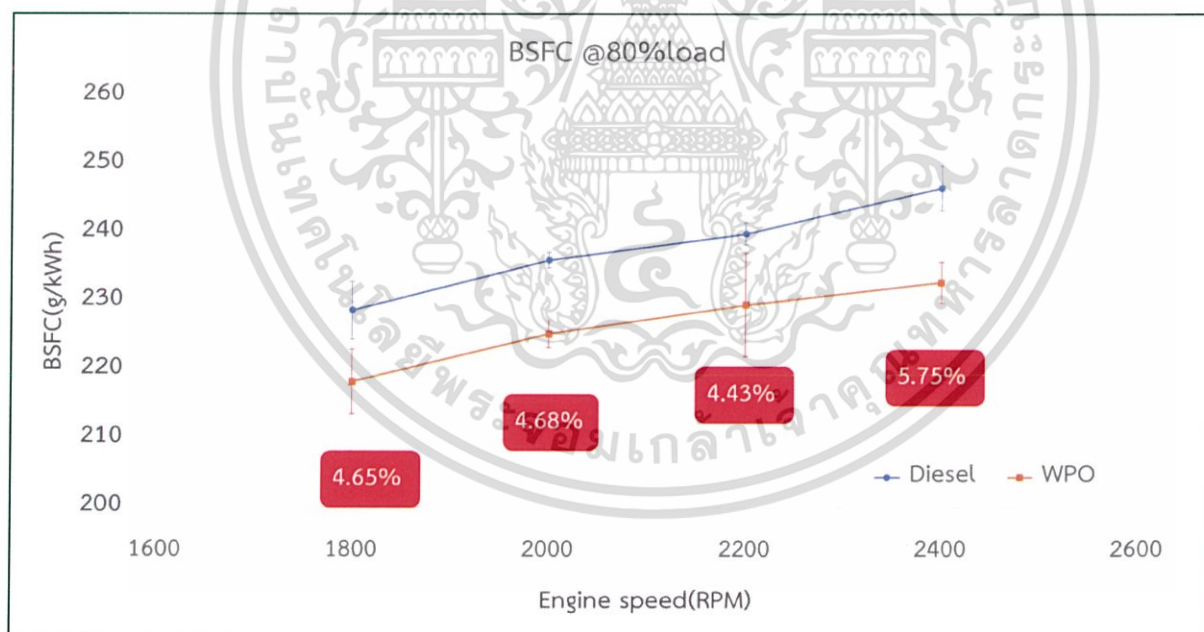
รูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 แสดงให้เห็นว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 3.30% ถึง 6.24% ในทุกภาระและรอบการใช้งาน โดยที่สภาวะกำลังของเครื่องยนต์ที่คงที่น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้น้อยกว่าเนื่องจากมีค่าความร้อนที่มากกว่า



รูปที่ 4.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 40%



รูปที่ 4.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 60%

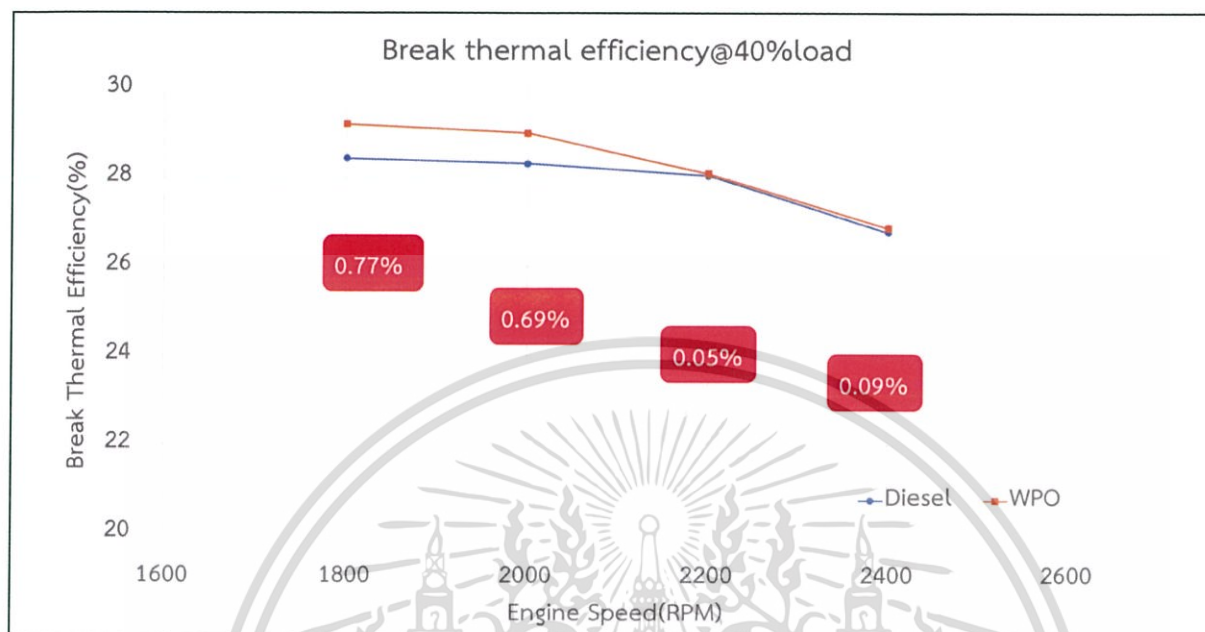


รูปที่ 4.6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 80%

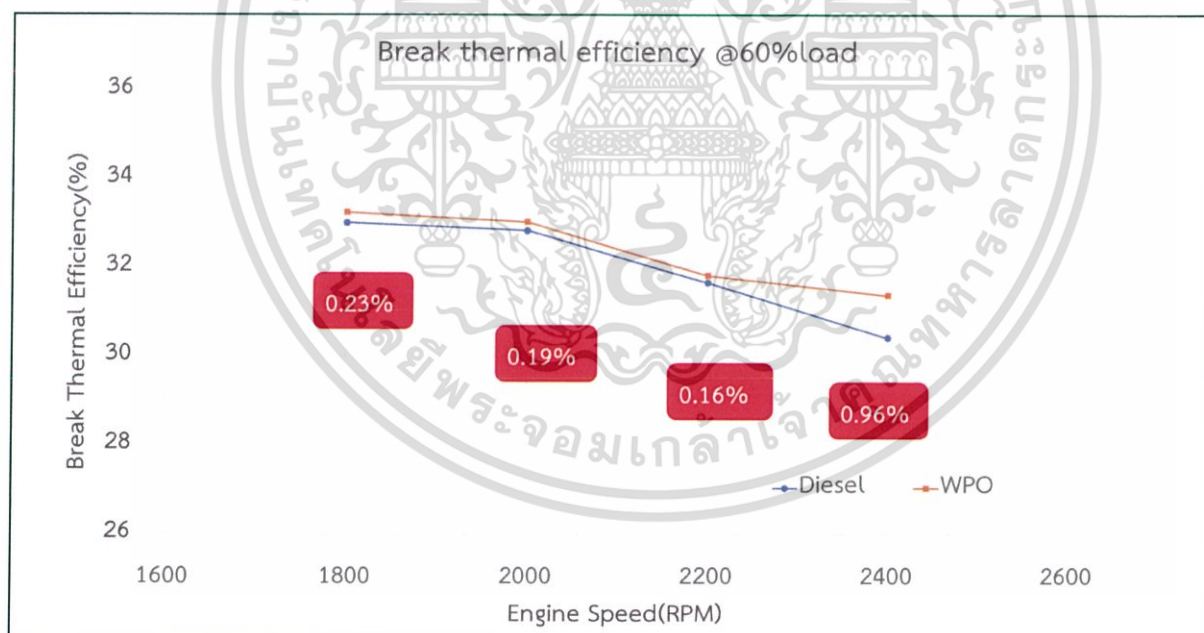
รูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 0.05% ถึง 0.96% จากการพิจารณาในรอบและภาระการใช้งาน เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความหนืดที่น้อยกว่าทำให้กลายเป็นละอองและผสมกับอากาศได้ดีกว่า ทำให้การเผาไหม้เป็นไปได้ดีกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

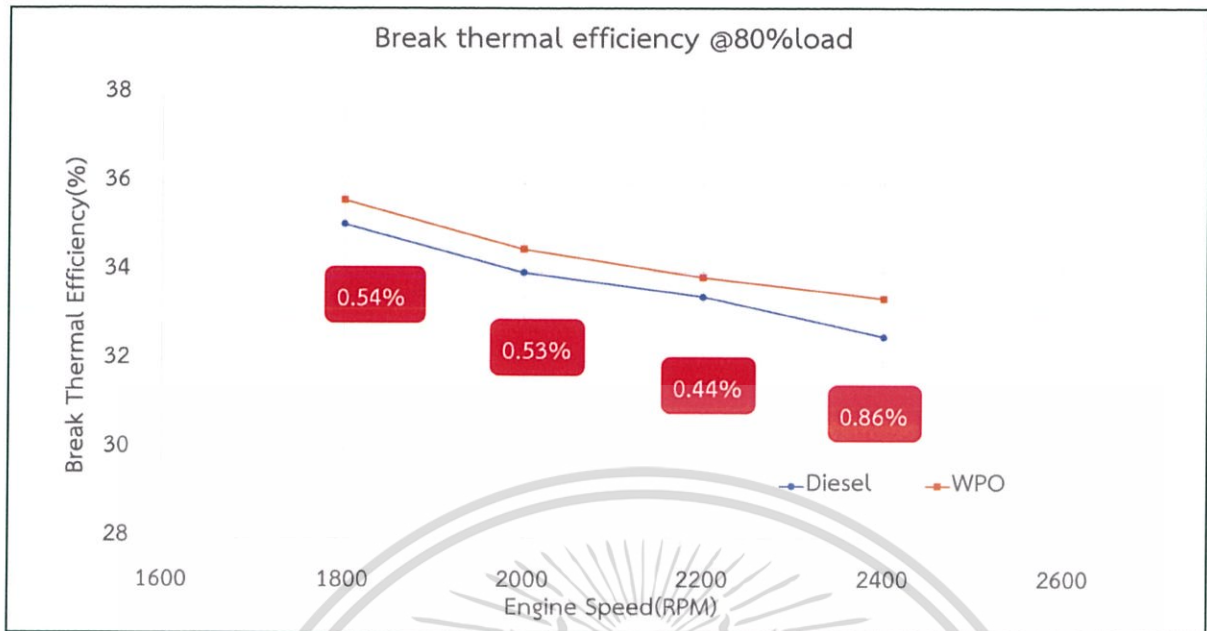


รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ที่ 40%Load



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ที่ 60%Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ 80%Load

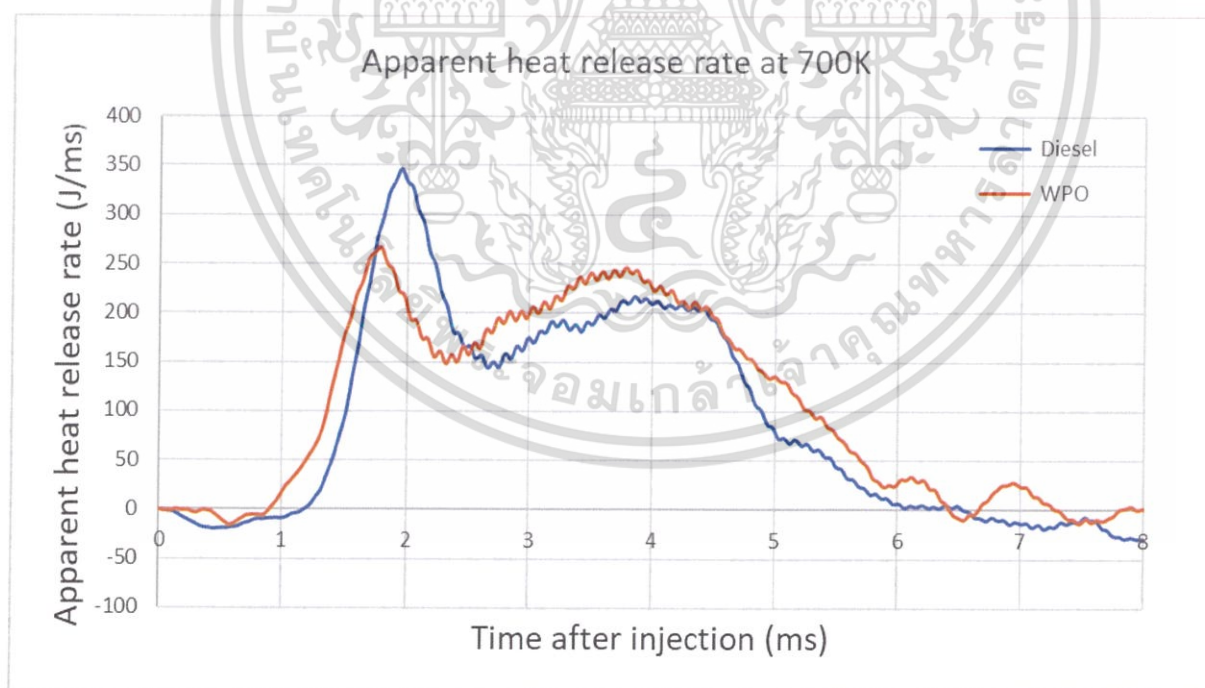
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คุณลักษณะการเผาไหม้

การศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการศึกษาคือ อัตราการปลดปล่อยความร้อน, ความล่าช้าในการจุดระเบิด, ระยะเวลาในการจุดระเบิด และปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสม ในส่วนที่สองของการศึกษาคือ การวิเคราะห์ภาพพาโดว์กราฟ เพื่อใช้ในการอธิบายผลกระทบของคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อการพัฒนาของเปลวเพลิง

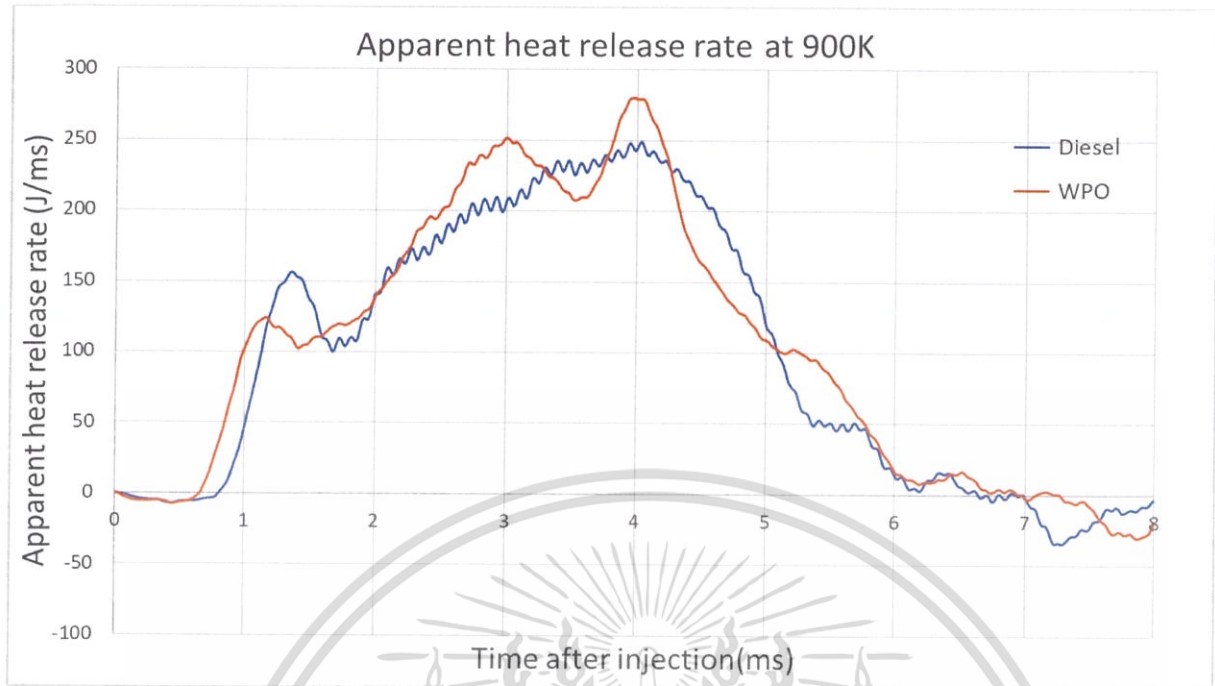
4.3.1 อัตราการปลดปล่อยความร้อน

รูปที่ 4.10, 4.11, 4.12 แสดงอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับ เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีช่วงการล่าช้าของการจุดระเบิดน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเนื่องจากมีค่าซีเทนที่สูงกว่า ทำให้เชื้อเพลิงจากสามารถจุดระเบิดได้เร็วกว่า และเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าจุดสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 22.94%, 22.33% และ 44.98% ที่อุณหภูมิ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับ ในช่วงการเผาไหม้สารผสม (Premixed combustion) เนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีเวลาในการระเหยและผสมกันกับอากาศที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

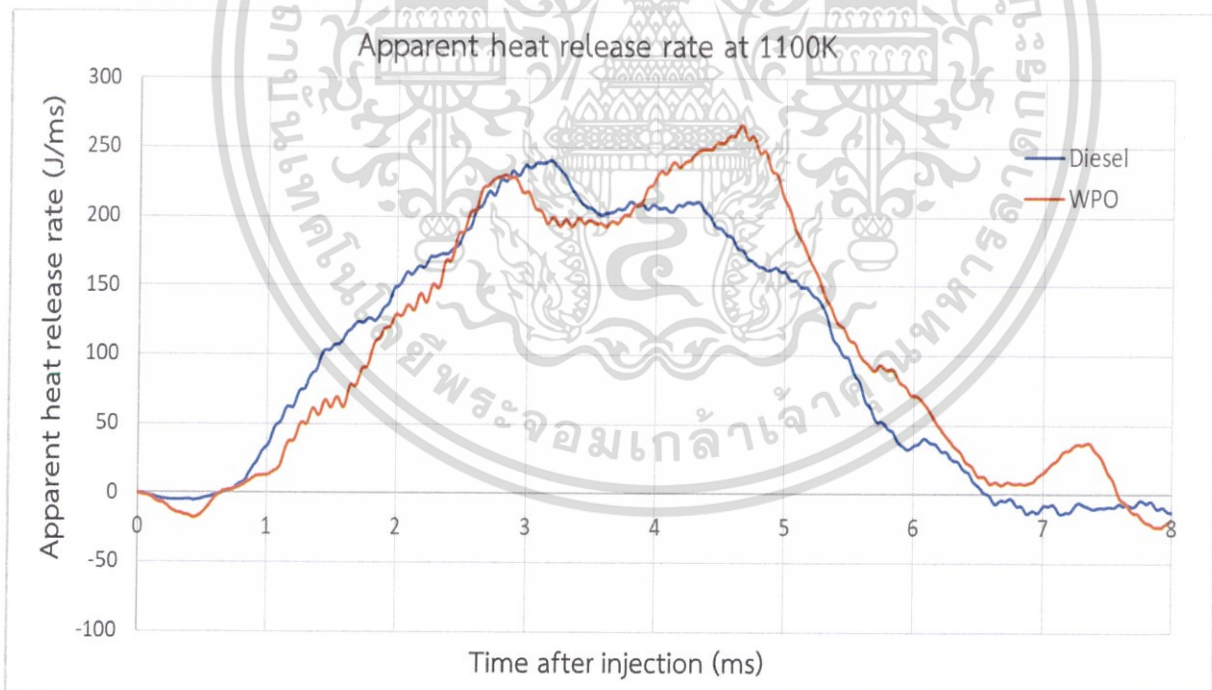


รูปที่ 4.10 แสดงอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 700K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



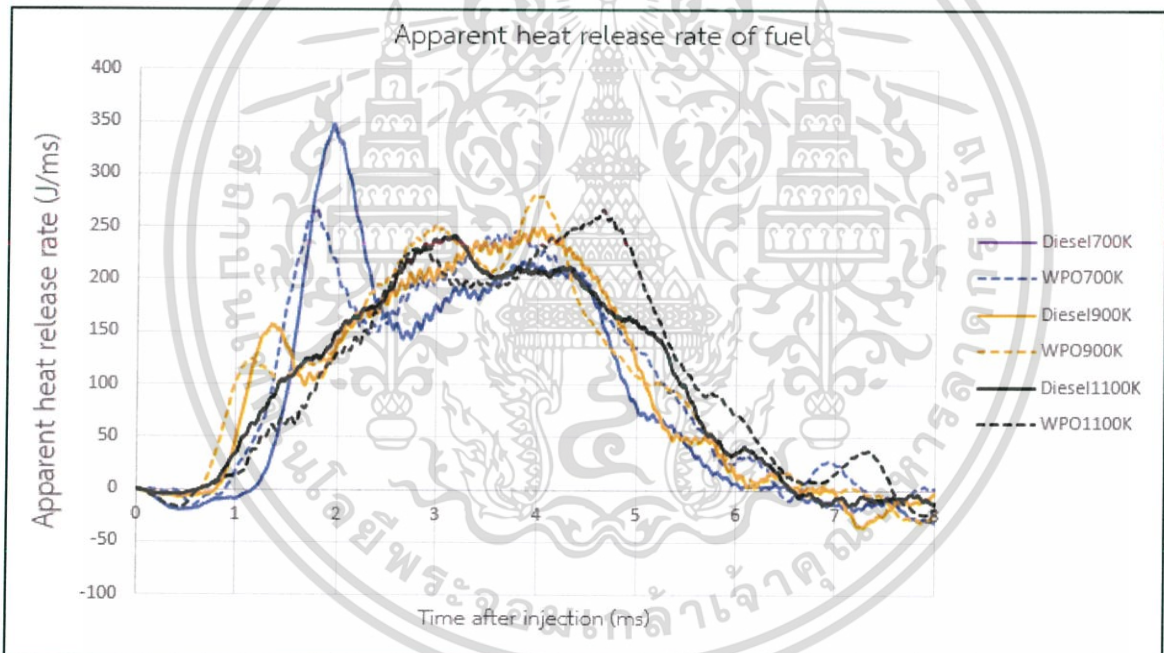
รูปที่ 4.11 แสดงอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 900K



รูปที่ 4.12 แสดงอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 1100K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

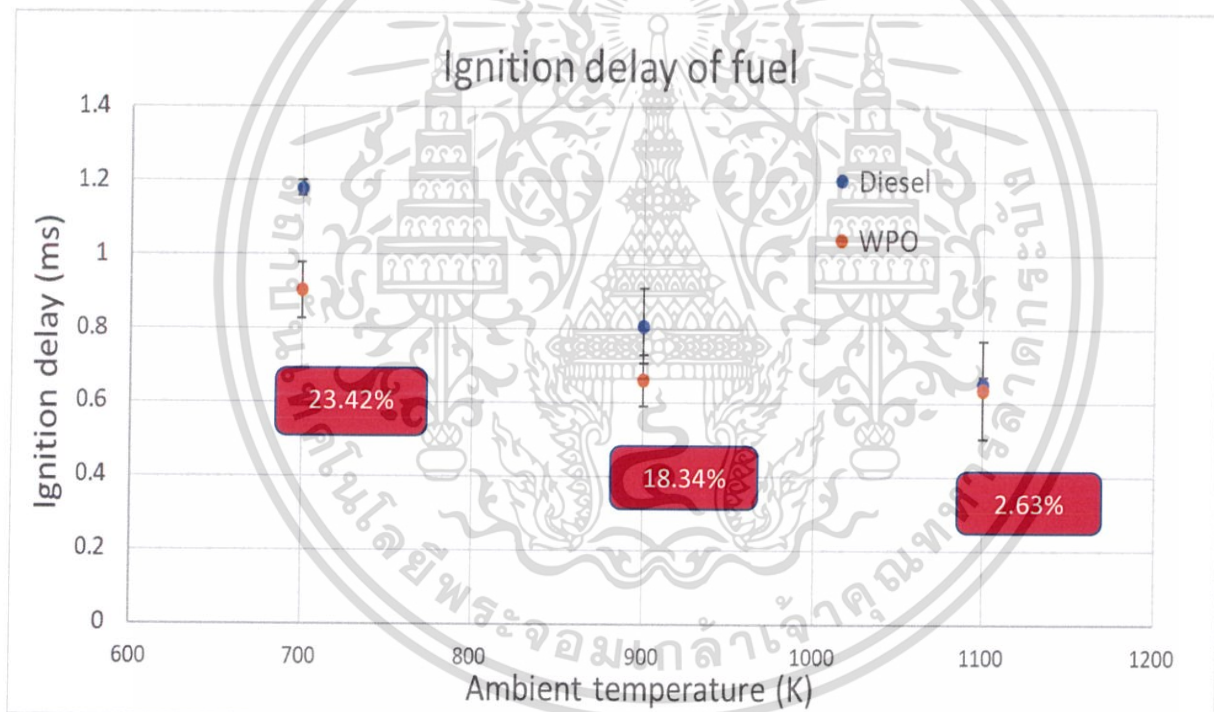
รูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ต่ออัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงดีเซลและน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก ภายใต้ความดันของหัวฉีดและปริมาณออกซิเจนที่คงที่จากผลการทดลองเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าจุดสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 22.94%, 22.33% และ 44.98% ที่อุณหภูมิ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับ และอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 1100K มีค่าน้อยที่สุดเนื่องจากเชื้อเพลิงระเหยและผสมกับอากาศอย่างรวดเร็วในช่วงความล่าช้าของการจุดระเบิด จุดสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนลดลงเมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทำให้เชื้อเพลิงและอากาศมีเวลาในการผสมกันน้อยลง ที่อุณหภูมิ 700K อัตราการปลดปล่อยความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเผาไหม้สารผสมเนื่องจากเชื้อเพลิงและอากาศ ผสมและกระจายตัวได้ดีในช่วงการล่าช้าของการจุดระเบิด จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีช่วงการล่าช้าของการจุดระเบิดที่สั้นกว่าในทุกช่วงอุณหภูมิห้องเผาไหม้ ทำให้มีค่าสูงสุดของการเผาไหม้น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล



รูปที่ 4.13 อัตราการปลดปล่อยความร้อน

4.3.2 ความล่าช้าในการจุดระเบิดและระยะเวลาการเผาไหม้

รูปที่ 4.14 และตารางที่ 4.2 แสดงถึงความล่าช้าในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล จากภาพจะเห็นว่าเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความล่าช้าในการจุดระเบิดที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลที่ 23.42%, 18.34% และ 2.3% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับ เนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าซีเทนที่สูงกว่า และความล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงเชื้อเพลิงสามารถระเหยและผสมกับอากาศได้ดีกว่าอุณหภูมิต่ำ จากผลความล่าช้าของการจุดระเบิดจึงสรุปได้ว่าหากต้องการนำเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกไปใช้ในเครื่องยนต์อย่างมีประสิทธิภาพควรปรับให้หัวฉีดมีการฉีดเชื้อเพลิงที่ช้าลงเมื่อเทียบกับการฉีดของเชื้อเพลิงดีเซลเนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความล่าช้าของการจุดระเบิดที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในทุกช่วงอุณหภูมิ



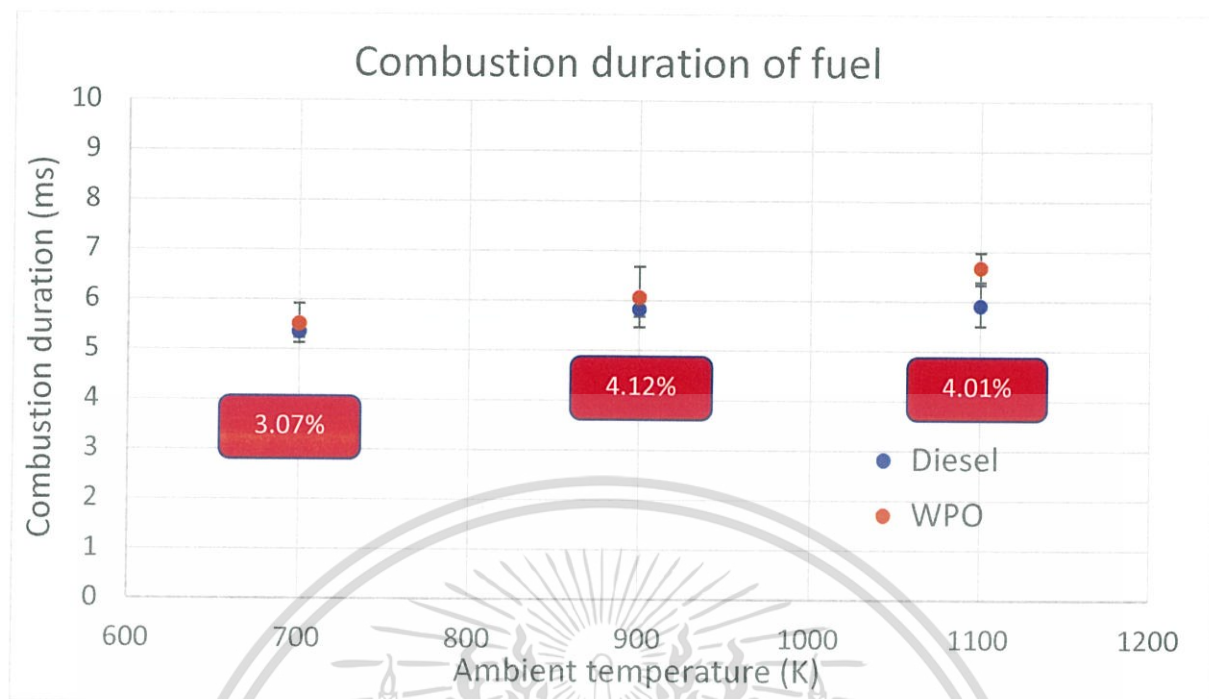
รูปที่ 4.14 แสดงค่าความล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบความล่าช้าของการจุดระเบิด

Fuel	Ignition delay of Diesel (ms)	Ignition delay of WPO (ms)
Temperature		
700K	1.178	0.902
900K	0.807	0.659
1100K	0.651	0.634

รูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลโดยเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 3.07%, 4.12% และ 4.01% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับ และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากความล่าช้าในการจุดระเบิดที่สั้นลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดการลดลงของช่วงเผาไหม้สารผสม (Premix combustion) และขยายช่วงการเผาไหม้แบบแพร่กระจาย (diffusive combustion) จึงทำให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 4.15 แสดงค่าช่วงเวลาการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและดีเซล

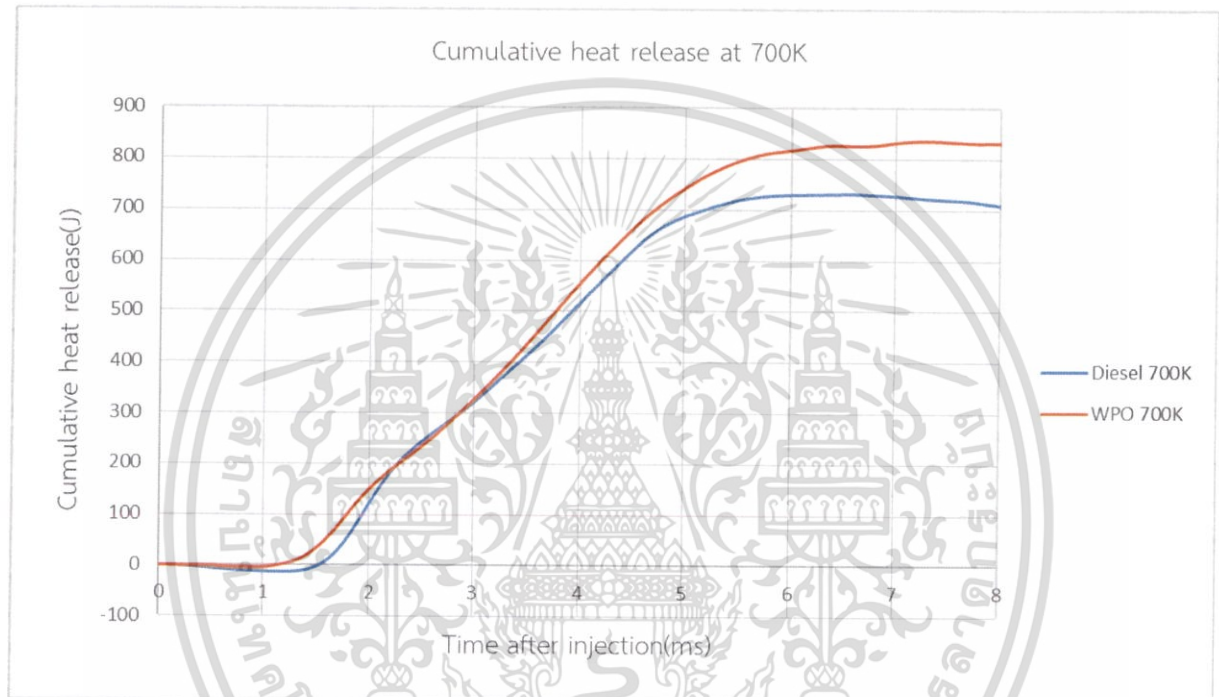
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาของการจุดระเบิด

Temperature	Fuel	Diesel (ms)	WPO (ms)
	700K		5.358
900K		5.832	6.073
1100K		5.919	6.156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

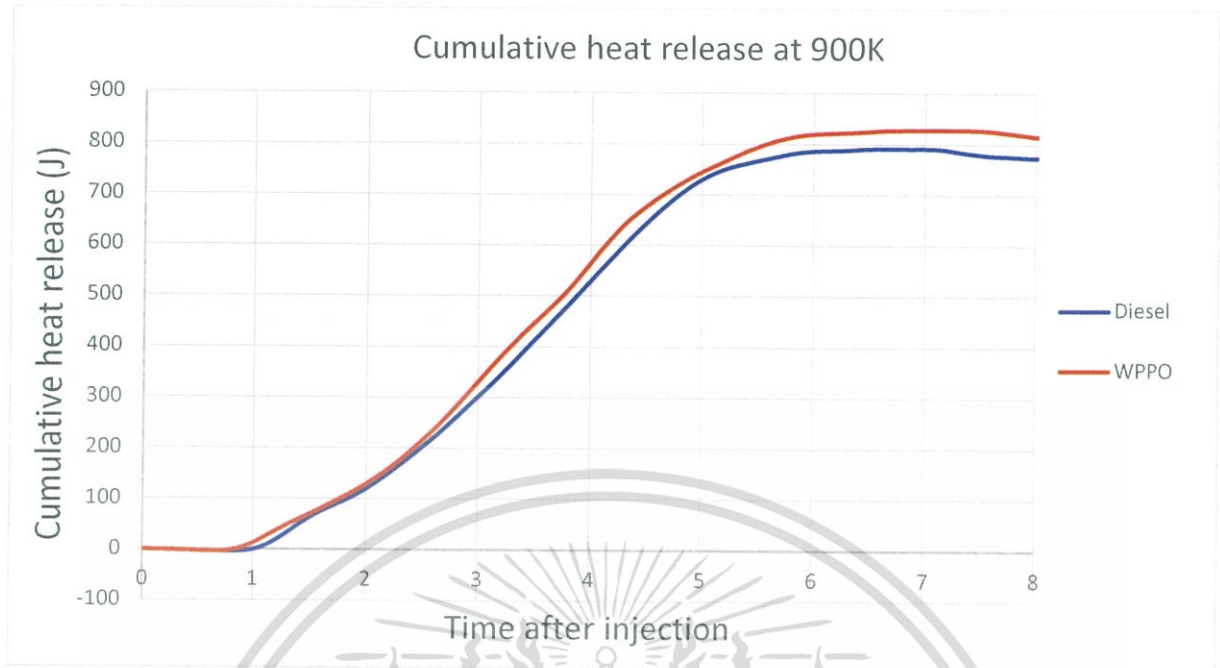
4.3.3 ปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสม

รูปที่ 4.16, 4.17 และ 4.18 แสดงการปลดปล่อยความร้อนสะสมของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและเชื้อเพลิงดีเซลที่อุณหภูมิ 700K, 900K และ 1100K เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกแสดงการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 13.06%, 4.64% และ 3.42% ตามลำดับ เนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความร้อน (Heating value) ที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลและเนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความหนืดที่น้อยกว่าทำให้สามารถเป็นละออง และเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

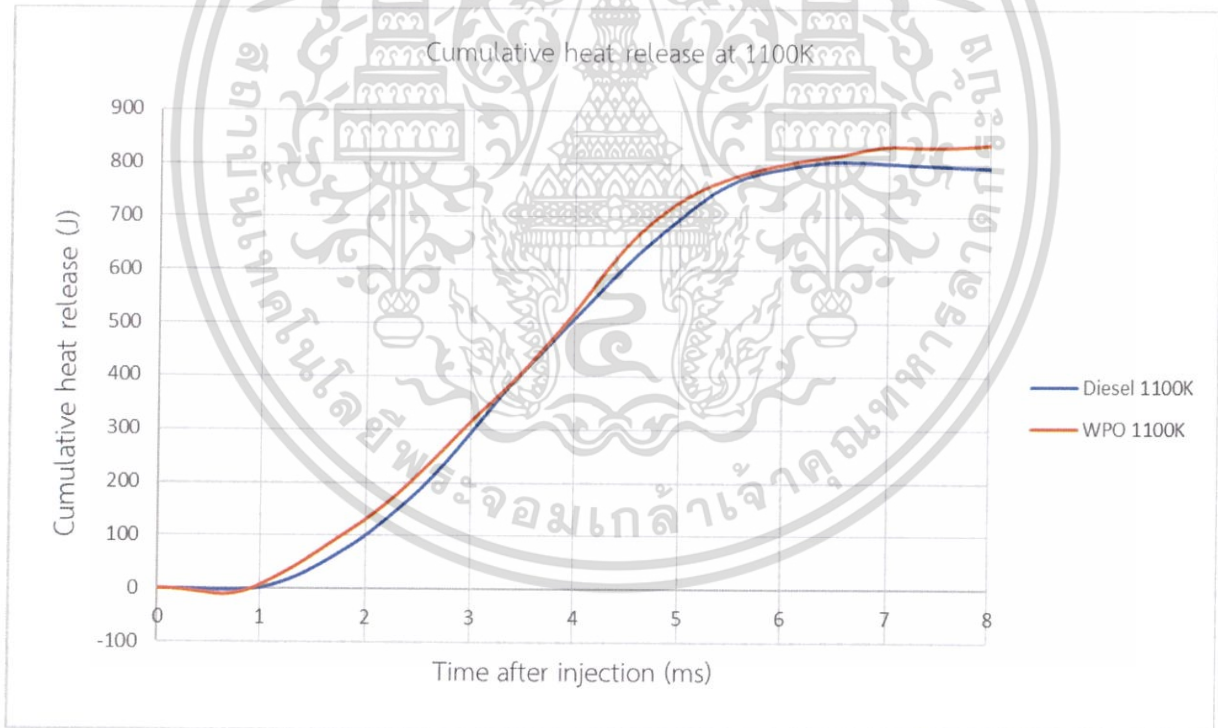


รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่ 700K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



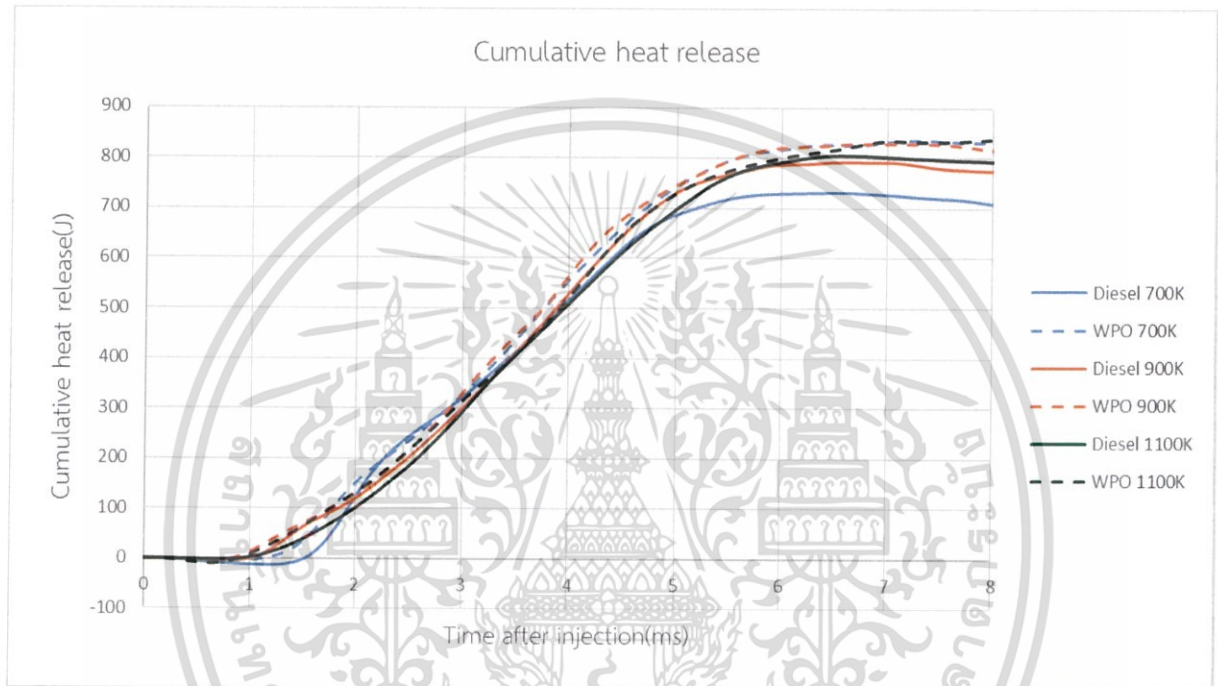
รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่ 900K



รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่ 1100K

รูปที่ 4.19 แสดงผลของอุณหภูมิห้องเผาไหม้ต่อการปลดปล่อยความร้อนสะสมของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกและเชื้อเพลิงดีเซลภายใต้ปริมาณออกซิเจนและความดันหัวฉีดที่คงที่จากภาพจะเห็นว่าเชื้อเพลิงจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะพลาสติกให้ค่าปริมาณการปลดปล่อยความร้อนมากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 13.06%, 4.64% และ 3.42% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เชื้อเพลิงสามารถผสมกับอากาศและเผาไหม้ได้ดีขึ้น ที่อุณหภูมิ 1100K สังเกตเห็นว่ามี การเพิ่มขึ้นของปริมาณการปลดปล่อยความร้อนสะสมที่เร็วเนื่องจากช่วงการล่าช้าของการจุดระเบิดที่สั้น ที่ 1100K และ 900K แสดงอัตราการเผาไหม้ในทิศทางเดียวกัน แต่ที่ 700K แสดงอัตราการเผาไหม้(ความชันของกราฟที่สูงกว่าเนื่องจากมีช่วงเวลาในการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศยาวที่สุด



รูปที่ 4.19 อัตราการปลดปล่อยความร้อนสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์การเผาไหม้ด้วยภาพ

ผลของการถ่ายภาพการเผาไหม้จะถูกวิเคราะห์ในหัวข้อการพัฒนาของเปลวเพลิง เพื่ออธิบายผลของสภาพแวดล้อมในห้องเผาไหม้ และ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศ รวมถึงการล่าช้าของการจุดระเบิด โดยภาพขาวดำกราฟโดยกล้องวิดีโอความเร็วสูงและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Photron Fastcam Viewer (PFV)

4.4.1 การพัฒนาของสเปรย์เชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.2 แสดงภาพขาวดำกราฟของการพัฒนาสเปรย์ของเชื้อเพลิงดีเซล และ น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก จากภาพผลของอนุกรมในห้องเผาไหม้ส่งผลต่อการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง ที่อุณหภูมิ 1100K แสดงให้เห็นถึงการจุดระเบิดที่ 0.4 ms หลังจากการฉีดเชื้อเพลิงเนื่องจากเชื้อเพลิงมีการระเหยอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้มีค่าต่ำสเปรย์จะมีเวลาในการผสมกับอากาศ อากาศสามารถผ่านเข้าไปยังสเปรย์ได้มากขึ้นทำให้เกิดการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศที่ดีกว่าอนุกรมสูง จากการเปรียบเทียบกันของการพัฒนาสเปรย์สามารถอธิบายได้ว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกสามารถระเหยและเริ่มจุดระเบิดได้เร็วกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในทุกค่าของอนุกรมของห้องเผาไหม้สังเกตได้จากบริเวณขอบของสเปรย์ที่มีการระเหยและเผาไหม้ก่อนเชื้อเพลิงดีเซล

Time after injection (ms)	700K		900K		1100K	
	Diesel	WPO	Diesel	WPO	Diesel	WPO
0.1						
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						

ตารางที่ 4.4 แสดงการพัฒนาของสเปรย์ของน้ำมันดีเซล และน้ำมันจากขยะพลาสติก ที่ อุณหภูมิ 700 900 และ 1100 เคลวิน ออกซิเจน 21% ความดันหัวฉีด 1000 บาร์

บทที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกที่มีผลต่อคุณลักษณะของการเผาไหม้ภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่าง การสรุปผลจะแบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกคือ สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล ส่วนที่สองคือ อัตราการปล่อยความร้อนที่ปรากฏ, อัตราการปลดปล่อยความร้อนสะสม, ความล่าช้าในการจุดระเบิด และส่วนที่สามให้ความสนใจไปที่ ภาพพาโรว์กราฟของการเคลื่อนที่ของสเปรย์ และการพัฒนาของเปลวไฟ

5.1.1 สมรรถนะเครื่องยนต์

1. เนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 2.31% ทำให้ที่สถานะหัวฉีดเดียวกัน น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกจะถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล และเนื่องจากค่าความล่าช้าในการจุดระเบิดที่แตกต่างจากเชื้อเพลิงดีเซล ทำให้ได้กำลังที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 6.30%, 2.97% 3.20% และ 1.73% ที่ความเร็วรอบ 1800RPM, 2000RPM 2200RPM และ 2400RPM ตามลำดับของสถานะเดินเครื่องเต็มกำลัง

2. ที่ภาระของเครื่องยนต์เดียวกันเนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าความร้อนที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.94% ทำให้สามารถฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้น้อยกว่าโดยยังได้กำลังส่งออกที่เท่ากัน ส่งผลให้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 3.30% ถึง 6.24% และเนื่องจากค่าความหนืดของเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 10.49% ทำให้สามารถเป็นละอองได้ดีและผสมกับอากาศได้ดีกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ส่งผลให้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตั้งแต่ 0.05% ถึง 0.96%

5.1.2 ลักษณะการเผาไหม้

1. เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนในช่วงเผาไหม้สารผสมที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 22.94%, 22.33% และ 44.98% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับเนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีระยะเวลาผสมกับอากาศในช่วงการล่าช้าในการจุดระเบิดน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

2. เนื่องจากเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าซีเทนมากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 12.41% ทำให้มีช่วงความล่าช้าของการจุดระเบิดที่สั้นกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 23.42%, 18.34% และ 2.63% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K,

900K และ 1100K ตามลำดับโดยความล่าช้าในการจุดระเบิดมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้สูงขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิงสามารถระเหยและผสมที่อุณหภูมิสูงได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ

3.เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีช่วงเวลาในการเผาไหม้อย่างยาวกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 3.07%, 4.12% และ 4.01% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับเนื่องจากความล่าช้าในการจุดระเบิดที่สั้นลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดการลดลงของช่วงเผาไหม้สารผสม (Premix combustion) และขยายช่วงการเผาไหม้แบบแพร่กระจาย (diffusive combustion) จึงทำให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นเช่นกัน

4.เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมีค่าการปลดปล่อยความร้อนรวมที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 13.06%, 4.64% และ 3.42% ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 700K, 900K และ 1100K ตามลำดับเนื่องจากมีค่าความร้อนที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.94% และมีค่าความหนืดที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 10.49% ทำให้สามารถระเหยเป็นไอและเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงดีเซล โดยค่าการปลดปล่อยความร้อนรวมมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงสามารถระเหยและเผาไหม้ในช่วงอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าอุณหภูมิต่ำ

5.1.3 การวิเคราะห์การเผาไหม้ด้วยภาพ

1. น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกสามารถระเหยและผสมกับอากาศได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงดีเซล เนื่องจากมีค่าความหนืดที่น้อยกว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกสามารถระเหยและเริ่มจุดระเบิดได้เร็วกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในทุกค่าของอุณหภูมิของห้องเผาไหม้สังเกตได้จากบริเวณขอบของสเปรย์ที่มีการระเหยและเผาไหม้ก่อนเชื้อเพลิงดีเซล

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ใช้หัวฉีดแบบเข็มยก ทำให้สามารถกำหนดช่วงเวลาในการเปิดและปิดหัวฉีดได้ เพื่อกำจัดช่วงการล่าช้าในการฉีดเชื้อเพลิง
2. ในการทดลองและผลการทดลองนี้ ควรเพิ่มการทดสอบแบบฉีดเชื้อเพลิงหลายครั้ง (Multi pulse) เพื่อให้สอดคล้องกับเครื่องยนต์จริง
3. ควรศึกษาลักษณะการเผาไหม้ที่ส่งผลกระทบต่อไอเสียในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ, กันยายน 2554
- [2] ธวัชชัย ททรายขาว, ทรงศักดิ์ สุวรรณศรี และ รัชพล สันติวารากร (2558) การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันจากขยะพลาสติก และผลกระทบ เมื่อใช้กับเครื่องยนต์ CI ขนาดเล็ก , การประชุมวิชาการวิศวกรรมและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ระดับชาติครั้งที่ 2 11-12 กันยายน 2558
- [3] ชัยมงคล ทองนาค, พรรษา ลิบลับ, วีรชัย อางหาญ (2559) ผลของน้ำมันจากขยะพลาสติกต่อสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซล การประชุมวิชาการวิศวกรรมและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ระดับชาติครั้งที่ 3 25-26 พฤศจิกายน 2559
- [4] คณิต วัฒนวิเชียร, ยุทธนา ชาญณรงค์ชัย (2559) ความแปรปรวนของการเผาไหม้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์จุดระเบิด ด้วยการอัด Cycle-by-Cycle Variations of Waste Plastic Synthetic Diesel in CI Engine
- [5] อัตราการปลดปล่อยความร้อนเทียบกับมุมข้อเหวี่ยง, แหล่งที่มา https://www.dieselnet.com/tech/diesel_combustion.php#heat
- [6] D. N. Ngunyen, H. Ishida, and M. Shioji, 'Ignition and Combustion Characteristics of Gas-To-Liquid Fuels for Different Ambient Pressures', Energy Fuels, vol. 24 no. 1, pp. 365-374, Jan.2010.
- [7] R. S. Baert, P. J. Frijters, B. Somers, C. C. Luijten, and W. de Boer, 'Design and operation of a high pressure, high temperature cell for HD diesel spray diagnostics: guidelines and result', SAE Technical Paper, 2009.
- [8] ระบบคอมมอนเรล, แหล่งที่มา <https://www.afiaustralia.com.au/diesel-injection>
- [9] M. SOMBAT, 'COMBUSTION CHARACTERISTICS OF HYDROTREATED VEGETABLE OIL (HVO)-DIESEL BLENDED UNDERLOW AMBIENT OXYGEN CONCENTRATION AND DIFFERENT AMBIENT TEMPERATURE', A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN AUTOMOTIVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENGINEERING (INTERNATIONAL PROGRAM) INTERNATIONAL COLLEGE, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG, 2017

- [10] B. JIRAMED, 'EFFECT OF PALM METHYL ESTER BLENDING ON COMBUTION AND PARTICULATE MATTER CHARACTERISTICS IN SMALL CI ENGINE, A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN AUTOMOTIVE ENGINEERING (INTERNATIONAL PROGRAM) INTERNATIONAL COLLEGE, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG, 2016.

- [11] รศ.ดร. ศิริรัตน์ จิตการคำ (2553). เศรษฐกิจพอเพียง, กรุงเทพฯ: คณะปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

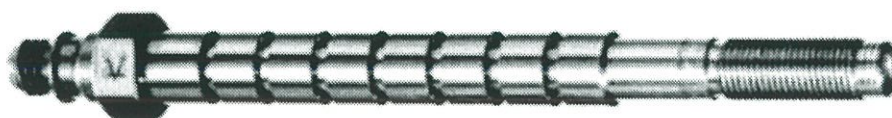


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเซ็นเซอร์วัดความดัน ยี่ห้อ Kistler type 6053CC60



Type 6053CC...U20 (other specification as for Type 6053CC...)

Measuring range	bar	0 ... 300
Calibrated partial ranges	bar	0 ... 100, 0 ... 200, 0 ... 300
Overload	bar	350
Acceleration sensitivity		
axial	bar/g	<0,0005
radial	bar/g	<0,0005
Thermal shock error		
(at 1 500 1/min, $p_{mi} = 9$ bar)		
Δp (short time drift)	bar	$\leq \pm 0,7$
Δp_{mi}	%	$\leq \pm 3$
Δp_{max}	%	$\leq \pm 1,5$

Type 6053CC...U40 (other specification as for Type 6053C...)

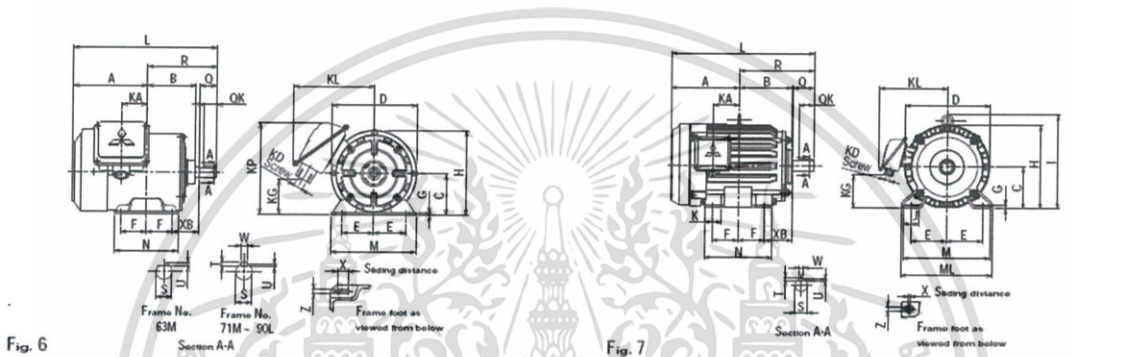
Calibrated partial ranges	bar	0 ... 100, 0 ... 200, 0 ... 250
Operating temperature range	°C	-20 ... 200
Temperature min./max.		-50 ... 200
Sensitivity shift		
23 ... 200 °C	%	$\leq \pm 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลมอเตอร์ 3 เฟส ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น super line induction motor 5hp



SF-JR 3HP 4P 100L



Model	Frame No.	Output HP (kW)			Motor																	Terminal Box					
		2-Pole	4-Pole	6-Pole	A	B	C*	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	ML	N	X	XB	Z	KA	KG	KD	KL	KP**
SF-JR	63M	1/4(0.2)	1/4(0.2)	-	121.4	73.6	63	130	50	40	2.3	126.3	-	-	-	224.4	135	-	100	12	40	7	38.4	75	PF1/2	130	162
	71M	1/2(0.4)	1/2(0.4)	1/4(0.2)	128.5	83	71	147.6	56	45	3.2	144.8	-	-	-	248.5	148	-	110	18	45	7	44.5	67	PF1/2	140	161
	80M	1(0.75)	1(0.75)	1/2(0.4)	122	98	80	161.6	62.5	50	3.2	165.4	-	-	-	262	160	-	125	15	50	9	39.5	38	PF3/4	145	-
	90L	2(1.5), 3(2.2)	2(1.5)	1(0.75)	143	117	90	183.6	70	62.5	4	186.3	-	-	-	311.5	175	-	150	15	56	9	53	59	PF3/4	158	-
	100L	-	3(2.2)	2(1.5)	173	131	100	207	80	70	6.5	203.5	230	40	45	366	200	212	180	4	63	12	65	64	PF3/4	170	-
	112M	5(3.7)	5(3.7)	3(2.2)	181	138	112	228	95	70	6.5	226	253	40	45	381	230	242	180	4	70	12	69	87	PF3/4	182	-
	132S	7.5(5.5), 10(7.5)	7.5(5.5)	5(3.7)	211.5	155	132	266	108	70	6.5	265	288	40	45	450.5	256	268	180	4	89	12	75	96	PF1	210	-
	132M	-	10(7.5)	7.5(5.5)	230.5	174	132	266	108	89	6.5	265	288	40	45	488.5	256	268	218	4	89	12	94	96	PF1	210	-

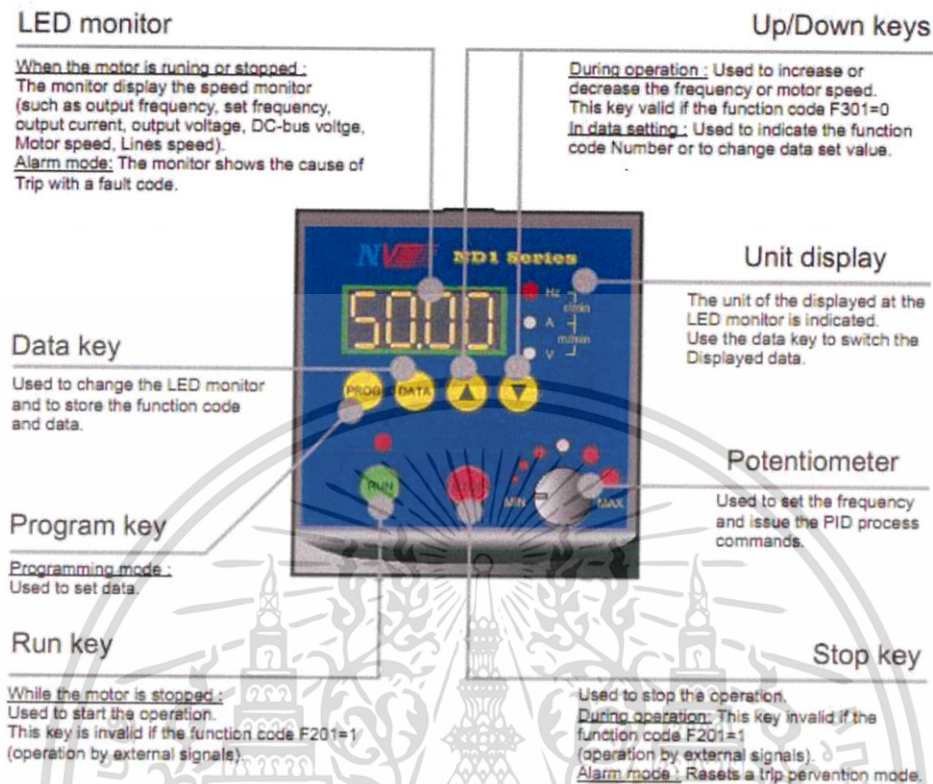
* The perpendicular variation of tolerance for the shaft center is -0.5
 ** This dimension is for model which KP > H only.

Model	Frame No.	Shaft End							Bearing No.		Approximate Weight (kg)			Approximate Packing Dimensions (LxWxH)	Packing Weight (kg)		
		Q	OK	R	S	T	U	W	Drive End	Opposite	2-Pole	4-Pole	6-Pole		2-Pole	4-Pole	6-Pole
SF-JR	63M	23	-	103	11 r6	-	1	-	6201ZZ	6201ZZ	6.5	6.6	-	245 x 221 x 193	5.7	6	-
	71M	30	25	120	14 r6	5	3	5	6202ZZ	6201ZZ	8.0	9.2	9.0	275 x 256 x 180	7.2	8	8
	80M	40	32	140	19 r6	6	3.5	6	6204ZZ	6203ZZ	10.5	11	11	315 x 270 x 206	10.7	11.7	11.5
	90L	50	40	168.5	24 r6	7	4	8	6205ZZ	6204ZZ	17, 20.5	20	21.5	368 x 280 x 226	17.2, 21	20	19.5
	100L	60	45	193	28 r6	7	4	8	6206ZZ	6205ZZ	-	24	25	430 x 355 x 300	-	28	27
	112M	60	45	200	28 r6	7	4	8	6207ZZ	6206ZZ	33	36	37	477 x 399 x 315	40	42	44
	132S	80	63	239	38 r6	8	5	10	6308ZZ	6207ZZ	47, 55	48	50	579 x 435 x 347	55, 63	56	58
	132M	80	63	258	38 r6	8	5	10	6308ZZ	6207ZZ	-	58	61	579 x 435 x 347	-	66	69

MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION (THAILAND) CO., LTD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล Inverter three-phase 380 VAC model ND1-4-5A5

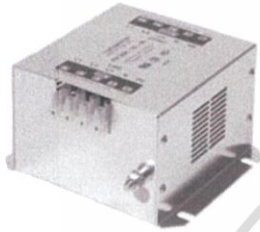


Power supply voltage	Model	HP	OUTPUT (A)	W x H x D (mm.)	Braking Unit	Cooling Method	Fig.
Single-phase 220VAC	ND1-2-0A5	0.5	3.3	125 x 147 x 145	Not include	Self-cooling	1
	ND1-2-001	1	5.3				
	ND1-2-002	2	8.0				
Three-phase 380VAC	ND1-4-001	1	3.5	128 x 147 x 155	Built-in	Forced air-cooled	2
	ND1-4-002	2	4.8				
	ND1-4-003	3	6.2				
	ND1-4-5A5	5.5	11				
Three-Phase 220VAC	ND1-2-003	3	11	131 x 225 x 175			
	ND1-2-5A5	5.5	17.5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล Compact general purpose three-phase and neutral line EMC filter

Compact general purpose 3-phase + neutral EMC filter



- Three-phase + neutral line filter for general purpose four-wire filtering
- Compact space-saving design
- Choice of connection style
- Low operating leakage current

Approvals



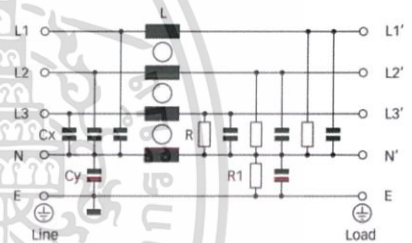
RoHS
2002/95/EC

By December 2005

Technical specifications

Maximum continuous operating voltage:	3x 480VAC (FN 256) 3x 520VAC (FN 256 -H)
Operating frequency:	dc to 60Hz
Rated currents:	8 to 160A @ 50°C
High potential test voltage:	P -> E 2650VDC for 2 sec (FN 256) P -> P 2100VDC for 2 sec (FN 256) P -> E 3000VDC for 2 sec (FN 256 -H) P -> P 2250VDC for 2 sec (FN 256 -H)
Protection category:	IP20
Overload capability:	IP00 (filters with connectors -28) 4x rated current at switch on, 1.5x rated current for 1 minute, once per hour
Temperature range (operation and storage):	-25°C to +100°C (25/100/21)
Flammability corresponding to:	UL94V-2 or better
Design corresponding to:	UL1283, CSA22.2 No. 8-1986, EN133*200
MTBF @ 50°C/400V (Mil-HB-217F):	600,000 hours

Typical electrical schematic

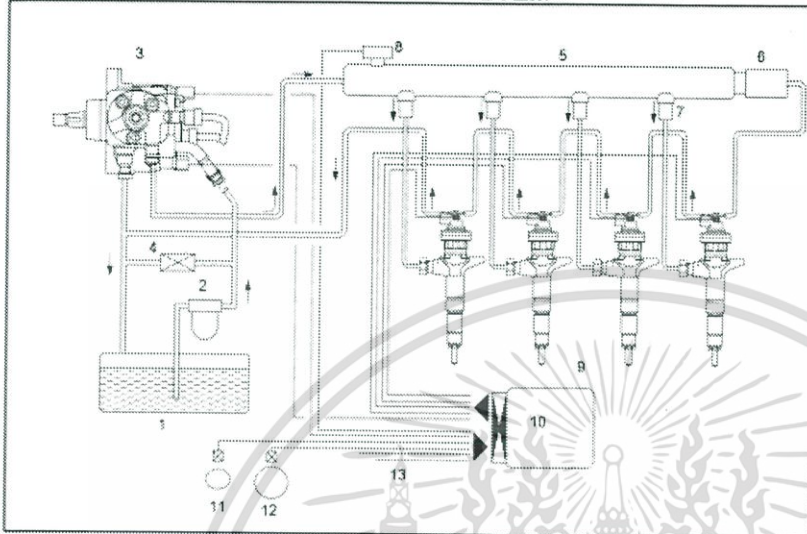


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลระบบหัวฉีดแบบรางร่วม

FUEL SYSTEM

FEATURE OF THE COMMON RAIL SYSTEM



1. Fuel Tank
2. Fuel Filter
3. Fuel Supply Pump
4. One-way Valve
5. Fuel Rail
6. Pressure Limiter Valve
7. Flow Damper
8. Fuel Rail Pressure Sensor
9. Injector
10. Engine Control Module (ECM)
11. Camshaft Position (CKP) Sensor
12. Crankshaft Position (CKP) Sensor
13. Various Sensor Inputs

The common rail system uses a type of accumulator chamber called the fuel rail to store pressurized fuel, and injectors that contain electronically controlled solenoid valves to spray the pressurized fuel in the combustion chambers. The injection system (injection pressure, injection rate, and injection timing) is controlled by the engine control module (ECM), and therefore the common rail system can be controlled independently, free from the influence of engine speed and load. This ensures a stable injection pressure at all time, particularly in the low engine speed range, so that black smoke specific to diesel engines generated during vehicle starting or acceleration can be reduced dramatically. As a result, exhaust gas emissions are clear and reduced, and higher output is achieved.

1. High Pressure Control
 - Enables high pressure injection from low engine speed range.
 - Optimizes control to minimize particulate matter and NOx emissions.
2. Injection Timing Control
 - Enables finely tuned optimized control in accordance with running conditions.
3. Injection Rate Control
 - Pilot injection control that performs a small amount of injection before main injection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลตัวแปลงกระแสไฟฟ้า

Measure & Analyze – MCA

KISTLER

P. 1..3

Ladungsverstärker mit Digital-einstellung Amplificateur de charge à réglage digital Charge Amplifier with digital adjustment

Type

5041E...

Beschreibung

Ladungsverstärker zum Umwandeln elektrischer Ladung in Spannung. Auf Digitalschalter aufgebaut. Bereich ab 100 pC über 3 Dekaden einstellbar.

Frequenzbereich = 0 (quasistatische Messung) bis 50 kHz. Durch JFET Eingangstransistoren gegen Überlastung geschützt. Speisung mit ±15 V oder 24 V.

- Schraubklemmen BNC-Eingang
Bornes à visées d'entrée BNC
Screw terminals, BNC input
- Einfache Montage durch Einstecken
Montage très simple par encliquage
Extremely simple plug-in assembly
- Digitale Bereichseinstellung
Réglage numérique de la plage
Digital range setting
- LED für Operate and Overload
LED de fonctionnement et de surcharge
LED for Operate and Overload
- CE-konform
Conforme au CE
Conforming to CE

Description

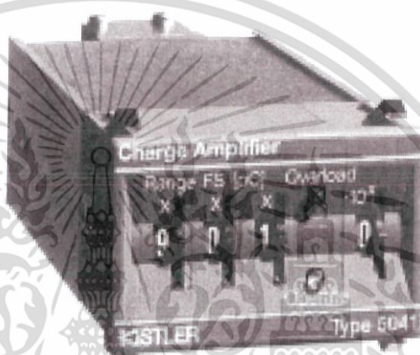
Amplificateur de charge pour la conversion d'une charge électrique en une tension. Réglable par roue à cadenas. Plage ajustable par pas de 100 pC sur trois décades.

Domaine de fréquence = 0 (mesure quasi statique) jusqu'à 50 kHz. Protégé contre les surcharges par des transistors d'entrée JFET. Alimentation en ±15 V ou 24 V.

Description

Charge amplifier for converting an electrical charge into voltage. Based on digital switches. Range from 100 pC adjustable through 3 decades.

Frequency range = 0 (quasistatic measurements) to 50 kHz. Protected against overload by JFET input transistors. Supply ±15 V or 24 V.



Technische Daten

Données techniques

Technical Data *

Meßbereich für ±10 V Ausgangsspannung	Gamme de mesure pour une tension de sortie de ±10 V	Range for ±10 V output voltage	pC	+100 ... 487200
Ausgangstrom	Tension de sortie	Output voltage	V	±10
Ausgangsimpedanz	Current de sortie	Output current	mA	±5
Isolationswiderstand am Eingang	Impédance de sortie	Output impedance	Ω	±10
Frequenzbereich (-3 dB)	Résistance d'isolement à l'entrée	Insulation resistance at input	TΩ	±10
Zeitkonstante	Gamme de fréquence (-3 dB)	Frequency range (-3 dB)	kHz	0 ... 50
Linearität	Constante de temps	Time constant	s	10 ... 100 000
Fehler	Linéarité	Linearity	%	±0,1
Ausgangstörsignal (0,1 Hz ... 10 MHz)	Erreur	Error	%	±2
Zusätzliches Störsignal durch Kabelkapazitäten am Eingang	Signal parasite de la sortie (0,1 Hz ... 10 MHz)	Output interference signal (0,1 Hz ... 10 MHz)	nW _{pp} mV _{rms}	<20 <5
Drift (durch Leckstrom) bei 50 °C	Signal parasite supplémentaire par capacité de câble sur l'entrée	Additional interference signal due to cable capacitances at the input	µC _{in} /f	±4 * 10 ⁻³
Anschlüsse Eingang Ausgang und Speisung Schraubklemme	Dérive (par courant de fuite) à 50 °C	Drift (from leakage current) at 50 °C	µC/h µC/s	±0,2 ±1
Speisungsspannung 5041E0	Raccourcements d'entrée Série d'alimentation Bornes à visées	Input connections Output and supply Screw terminal	Type	BNC neg
5041E1	Tension d'alimentation 5041E0	Supply voltage 5041E0	V DC mA	±15 (±5 %) 50
5041E1	5041E1	5041E1	V DC mA	24 (±10 %) 50
Betriebstemperaturbereich	Gamme de température d'utilisation	Operating temperature range	°C	0 ... 50

* In all Kistler documents, the decimal sign is a comma on the line (ISO 31-0 1992)

Funktionsprinzip

Die von einem piezoelektrischen Sensor abgegebene elektrische Ladung wird in eine proportionale Spannung umgewandelt.

Principe de fonctionnement

La charge électrique engendrée par un capteur piézoélectrique est convertie en une tension proportionnelle.

Functional principle

The charge yielded by a piezoelectric sensor is converted to a proportional voltage.

Kistler Instruments AG Wirsbuh, CH-8406 Wirsbuh, Switzerland, Tel. (052) 204 11 11 Kistler Instrument Corp., Amherst, NY 14206-2171, USA, Phone (716) 691-5100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้