

ความแปรปรวนของการเผาไหม้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์จุดระเบิด ด้วยการอัด

Cycle-by-Cycle Variations of Waste Plastic Synthetic Diesel in CI Engine

คณิต วัฒนวิเชียร* และ ยุทธนา ชาญณรงค์ชัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330
ติดต่อ: E-mail: *wkanit@chula.ac.th, โทรศัพท์ 0-2218-6610, โทรสาร 0-2252-2889

บทคัดย่อ

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะพลาสติกซึ่งย่อยสลายได้ยาก จึงได้มีการศึกษาแนวทางการนำขยะพลาสติกมาแปรรูปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล โดยการนำขยะพลาสติกมาเปลี่ยนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิสชนิดใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและกระบวนการกลั่นลำดับส่วน เพื่อให้ได้เป็นน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีค่าจุดวาบไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลซึ่งส่งผลต่อความแปรปรวนของการเผาไหม้ อันอาจส่งผลต่อกำลังและมลพิษ โดยบทความนี้จะรายงานผลการทดสอบเพื่อศึกษาความแปรปรวนของการเผาไหม้จากการใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่สภาวะคงที่ โดยใช้การวิเคราะห์วัฏจักรความดันในห้องเผาไหม้จำนวน 120 วัฏจักร เพื่อศึกษาความแปรปรวนของความดันที่ความเร็รรอบและภาระต่างๆ พบว่า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกค่าความแปรปรวนของความดันยังผลเฉลี่ย (IMEP) ในกระบอกสูบมีค่าไม่แตกต่างจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล เราจึงสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้กำหนดแนวทางในการพัฒนาขยายการใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกในดียิ่งขึ้นในอนาคต

คำหลัก: น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก, เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด, ความดันยังผลเฉลี่ย

Abstract

There is the environmental problems caused by plastic waste decompose. For this research study will focus on properties and combustion phenomena of waste plastic synthetic diesel to replace diesel fuel. By means of the process of catalytic pyrolysis and refining, respectively. The obtained waste plastic synthetic diesel has properties similar to diesel fuel. However, this waste plastic synthetic diesel has higher flash point than diesel. It may cause differences in cycle by cycle variation that leads to a reduction in engine output and higher emissions. This paper will report the test results of engine cyclic variability when fuelled with waste plastic synthetic diesel in compression ignition engines. The analysis of combustion cycle-by-cycle variations is based on in-cylinder-pressures of 120 cycles. It was found that when using waste plastic synthetic diesel variations of indicated mean effective pressure (IMEP) in cylinders are very small. The knowledge of cycle-by-cycle of waste plastic synthetic diesel obtained in this research can be used to develop a high stability engine in a near future.

Keywords: Waste plastic synthetic diesel, Compression ignition engine, Indicated mean effective pressure

1. บทนำ

เนื่องจากปริมาณขยะพลาสติกที่มีอยู่เป็นปริมาณมาก จึงมีแนวความคิดที่จะนำขยะพลาสติกเหล่านี้มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด โดยศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเทคนิคการแปรรูปขยะพลาสติกให้เป็นเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและกระบวนการกลั่น ทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก สามารถนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซลได้โดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ [1,6,10] จึงเป็นอีกเชื้อเพลิงทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงานเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลสำหรับภาคเกษตรกรรมของประเทศไทย อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกลงได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำมันดีเซลสังเคราะห์ที่ได้นี้มีค่าจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้การเผาไหม้มีความแปรปรวนสูงอันจะทำให้กำลังลดลงและเกิดมลพิษสูง ดังนั้นการศึกษานี้จึงจัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดกับความแปรปรวนของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดนี้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

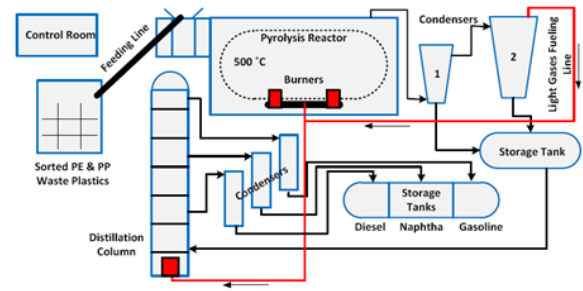
2. น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก

2.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก (WPOSD) คือ ขยะพลาสติกที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ขยะถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกโดยเมื่อถูกความร้อนจะสามารถหลอมเหลวได้

2.2 กระบวนการผลิต

เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาและเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันจึงเลือกใช้กระบวนการไพโรไลซิสแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง 350-500 องศาเซลเซียส โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบไปด้วยก๊าซ น้ำมันเชื้อเพลิงและกากของแข็ง [2] แต่เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จะมีองค์ประกอบของเชื้อเพลิงที่ระเหยง่ายและยากปะปนอยู่จึงนำมาผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อให้เชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล [3-5] ดังมีแผนภูมิการผลิตแสดงไว้ในรูปที่ 1



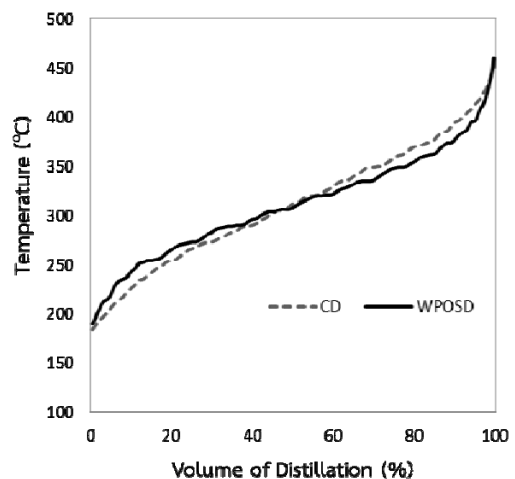
รูปที่ 1 แผนภูมิการผลิตน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก [6]

2.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก (WPOSD) ที่ได้จะมีคุณสมบัติหลายประการที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล (CD) อาทิ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความร้อน ค่าความหนืด และจุดวาบไฟ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีคุณสมบัติการระเหยแสดงเปรียบเทียบไว้ด้วยเส้นโค้งการกลั่นแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกกับน้ำมันดีเซล [7]

Properties	Method	WPOSD	CD
API gravity at 15 °C (kg/m ³)	ASTM D1298	810.89	827.46
Viscosity (mm ² /s)	ASTM D445	2.38	3.74
Heating value (MJ/kg)	ASTM 5865-04	45.89	44.86
Flash Point (°C)	ASTM D92	96.0	81.5



รูปที่ 2 แสดงโค้งการกลั่นของน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล [7]

3. อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

3.1 อุปกรณ์การทดสอบ

เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดขนาดเล็กแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่ใช้ในการเกษตร ขนาด 14 แรงม้า (10.3 กิโลวัตต์) ที่ความเร็ว 2400 รอบต่อนาที องค์กรวิจัยน้ำมันเชื้อเพลิง 20 องค์กรศูนย์ตายบน ดังแสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ข้อมูลโดยทั่วไปของเครื่องยนต์ [8]

Engine	: Kubota RT140 DI
Type	: Water cooled, 4 stroke
Combustion	: Direct Injection (DI)
Governor type	: Mechanical
Number of Cylinder	: 1
Bore diameter	: 97 mm
Stroke	: 96 mm
Displacement	: 709 cc
Compression Ratio	: 18 :1
Nominal Rated Power	: 9.2 kW/ 2400 RPM
Maximum Power	: 10.3 kW/ 2400 RPM

ไดนาโมมิเตอร์แบบ DC ของ BOALEECO ขนาด 40 kW ทำหน้าที่ด้านการหมุน หรือเป็นภาระทางกลให้กับเครื่องยนต์ที่จะนำมาทดสอบแสดงข้อมูลดังตารางที่ 2 โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมของ BOALEECO รุ่น FC2000 มีระบบการวัดและควบคุมการทำงานต่างๆ เช่น ควบคุมความเร็วรอบและแรงบิดของเครื่องยนต์ให้คงที่ เป็นต้น โดยการทดสอบนี้จะใช้ระบบควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้คงที่ รวมถึงระบบบันทึกและเก็บข้อมูลภาระ ความเร็วรอบ และมีการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น ไอดี ไอเสียแต่ละจุดผ่านเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K (Chromel-Alumel, CA) การวัดค่าอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทำการวัดโดยใช้ Mass Fuel Gauge ซึ่งอ้างอิงอัตราการไหลของเชื้อเพลิงจากการประเมินอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ลดลงเทียบกับเวลา

วัดความดันในห้องเผาไหม้โดยใช้ Pressure Transducer ยี่ห้อ AVL รุ่น GU12P และใช้ Amplifier รุ่น DAQP-CHARGE-A เพื่อแปลงสัญญาณที่ออกมาจาก Piezoelectric Pressure Transducer ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ Main Chamber Charge ให้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า

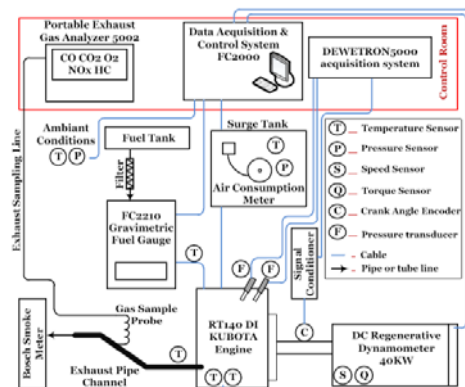
เพื่อนำไปแสดงผลหรือประมวลผลให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ และใช้ Crank Angle Encoder ยี่ห้อ Kistler รุ่น 2613B สำหรับวัดมุมข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปเก็บไว้ในเครื่อง DEWE-Book ทำให้ทราบถึงความดันที่มุมข้อเหวี่ยงต่างๆ และความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลไดนาโมมิเตอร์

ประเภทของไดนาโมมิเตอร์	: DC Regenerative Dynamometer
ผู้ผลิต	: BOALEECO
รุ่น	: CDC
ความแม่นยำในการวัดความเร็วรอบ	: ±1 rpm ±1 word
ความแม่นยำในการวัดแรงบิด	: ±1%FS
ความแม่นยำในการควบคุมความเร็วรอบ	: 5 rpm (constant speed mode)
ความแม่นยำในการควบคุมแรงบิด	: ±0.2%FS
ฉนวนมอเตอร์	: Class F

3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบเครื่องยนต์กระทำที่สภาวะคงตัวตามข้อแนะนำในมาตรฐานการทดสอบสมรรถนะของ European Stationary Cycle (ESC Test Cycle) [9] ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ที่ 1400, 1700 และ 2100 รอบ/นาที ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกและน้ำมันดีเซล โดยทดสอบที่ห้องศากการฉีดเชื้อเพลิงตามมาตรฐานของผู้ผลิต ทำการวัดและบันทึกข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ จำนวน 120 วัฏจักรในแต่ละจุดทดสอบ



รูปที่ 3 แผนภูมิการจัดวางอุปกรณ์การทดสอบ [10]

4. สมการ

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความดันยังผลเฉลี่ย (COV_{imep}) ของทั้ง 120 วัฏจักร สามารถหาได้จาก สัดส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความดันยังผลเฉลี่ยกับความดันยังผลเฉลี่ย ซึ่งโดยปกติแสดงในรูปของ อัตราส่วนร้อยละ ดังสมการที่ 1 - 4 [11]

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

งานบ่งชี้ต่อวัฏจักรการทำงาน

$$W_{c,i} = \oint p dV \quad (2)$$

ค่าความดันยังผลเฉลี่ย

$$IMEP = \frac{W_{c,i}}{V_d} \quad (3)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความดันยังผลเฉลี่ย

$$COV_{imep} = \frac{\sigma_{imep}}{imep_{avg}} \times 100 \quad (4)$$

โดย

S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือ ค่าของข้อมูลที่ 1, 2, 3, ...

\bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n คือ จำนวนข้อมูล

$W_{c,i}$ คือ งานบ่งชี้ต่อวัฏจักรการทำงาน

IMEP คือ ค่าความดันยังผลเฉลี่ย

V_d คือ ปริมาตรช่วงชัก

COV_{imep} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของ

ความดันยังผลเฉลี่ย

σ_{imep} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความดันยังผลเฉลี่ย

$imep_{avg}$ คือ ความดันยังผลเฉลี่ย

5. ผลการทดสอบ

จากการทดสอบวัดความดันในห้องเผาไหม้ของ เครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากขยะ พลาสติกเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล จำนวน 120 วัฏจักร ที่สภาวะคงตัวความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ พบว่า ค่าความดันสูงสุดและค่าความดันยังผลเฉลี่ยสูงสุดที่แต่ละจุด ทดสอบของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3 นั้นมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าแปรผันตามภาระการทดสอบ โดยค่าความดันสูงสุด (P_{max}) ที่ความเร็วรอบ 1400, 1700 และ 2100 รอบ/นาที ของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีค่า 82.33, 83.88

และ 73.88 bar ส่วนเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลมีค่า 83.07, 81.92 และ 70.56 bar ตามลำดับ ส่วนค่าความดันยังผลเฉลี่ยสูงสุด ($IMEP_{max}$) ที่ความเร็วรอบ 1400, 1700 และ 2100 รอบ/นาที ของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีค่า 981.61, 983.64 และ 893.63 kPa ส่วนเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลมีค่า 984.76, 992.69 และ 868.16 ตามลำดับ ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าความดันและค่าความดันยังผลเฉลี่ยสูงสุด

Speed RPM	Load %	P_{max} (bar)		$IMEP_{max}$ (kPa)	
		WPOSD	CD	WPOSD	CD
1400	25	70.91	66.83	456.71	351.17
	50	72.89	72.31	555.08	585.54
	75	81.22	78.85	750.91	753.98
	100	82.33	83.07	981.61	984.76
1700	25	69.43	69.55	330.66	335.37
	50	75.23	74.68	550.07	556.42
	75	77.33	77.92	791.56	811.99
	100	83.88	81.92	983.64	992.69
2100	25	59.92	61.27	354.10	395.77
	50	66.91	69.98	580.32	596.53
	75	70.93	70.85	803.28	812.64
	100	73.88	70.56	893.63	868.16

จากตารางที่ 4 ค่าความดันยังผลเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่าความดันยังผลเฉลี่ยของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าความดันยังผลเฉลี่ยเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกและน้ำมันดีเซลจะมีค่าความดันยังผลเฉลี่ยแปรผันตามภาระที่ทดสอบ

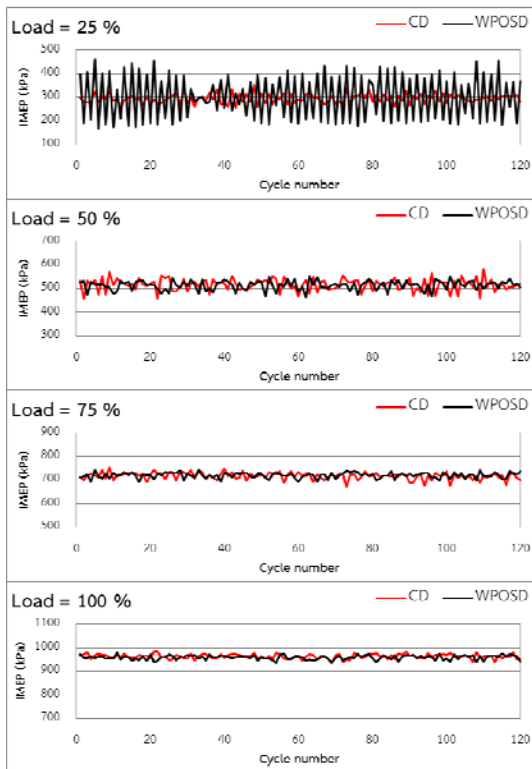
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่าความดันยังผลเฉลี่ยของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีค่าประมาณ 0.09-0.36 % ที่ทุกจุดทดสอบ ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1400 รอบ/นาที ภาระ 25 % ซึ่งมีค่า 2.93 % ส่วนของเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลมีค่าประมาณ 0.10 - 0.62 % โดยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่าความดันยังผลเฉลี่ยจะใช้ในการประเมินค่าความแปรปรวนของการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในควรจะมีค่าไม่เกินร้อยละ 10 [12]

จากรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันยังผลเฉลี่ยของทั้ง 120 วัฏจักร พบว่า ที่ทุกจุด

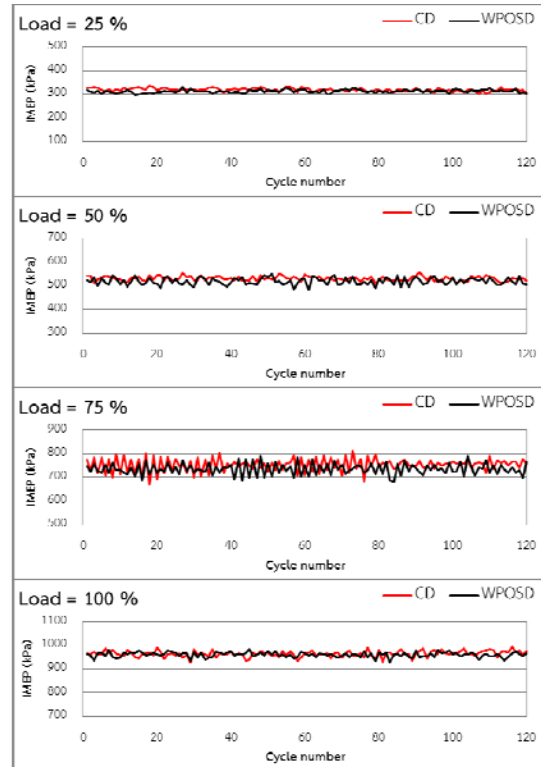
ทดสอบค่าความดันยังผลเฉลี่ยของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน ยกเว้นจุดทดสอบที่ภาระและความเร็วรอบต่ำของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีค่าความแปรปรวนสูงกว่าที่จุดทดสอบอื่น

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าความดันยังผลเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่าความดันยังผลเฉลี่ย

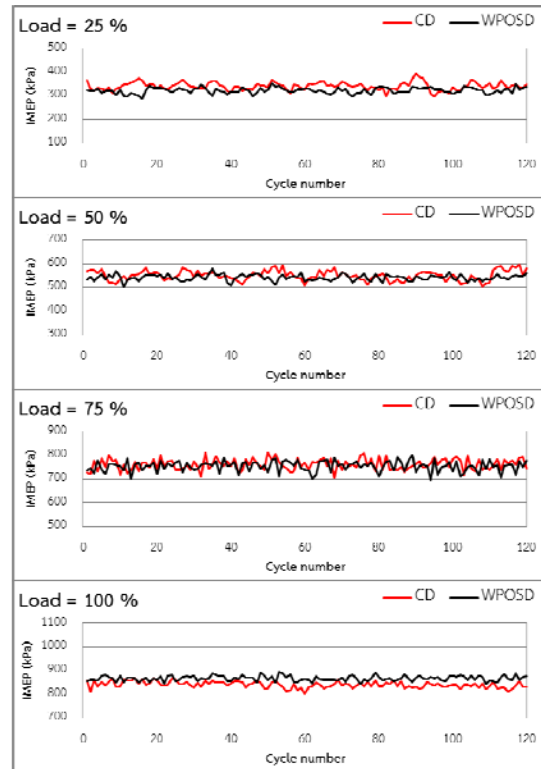
Speed RPM	Load %	IMEP _{avg} (kPa)		COV _{imep} (%)	
		WPOSD	CD	WPOSD	CD
1400	25	300.36	295.29	2.98	0.62
	50	514.86	517.47	0.36	0.47
	75	720.14	717.68	0.15	0.20
	100	959.15	964.00	0.09	0.10
1700	25	313.34	319.47	0.19	0.19
	50	519.56	531.16	0.27	0.17
	75	735.55	753.81	0.31	0.40
	100	960.66	964.81	0.10	0.13
2100	25	322.68	341.53	0.35	0.45
	50	542.13	551.06	0.21	0.35
	75	754.23	762.17	0.27	0.29
	100	867.44	840.78	0.12	0.14



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความดันยังผลเฉลี่ยจำนวน 120 วิวัจกร ที่ความเร็วรอบ 1400 รอบ/นาที

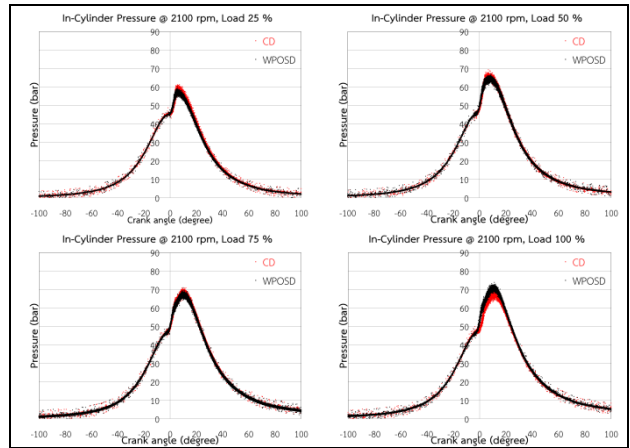


รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความดันยังผลเฉลี่ยแต่จำนวน 120 วิวัจกร ที่ความเร็วรอบ 1700 รอบ/นาที

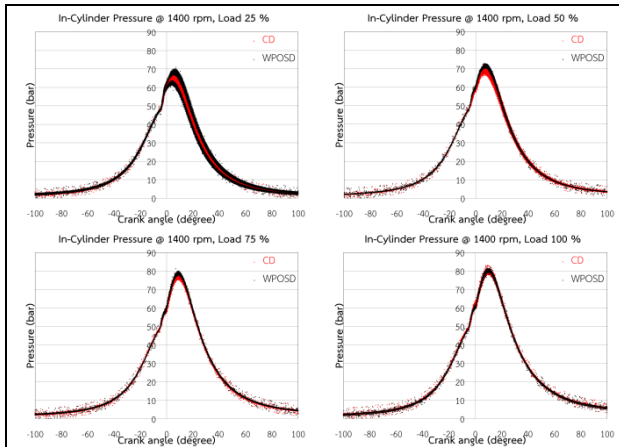


รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความดันยังผลเฉลี่ยจำนวน 120 วิวัจกร ที่ความเร็วรอบ 2100 รอบ/นาที

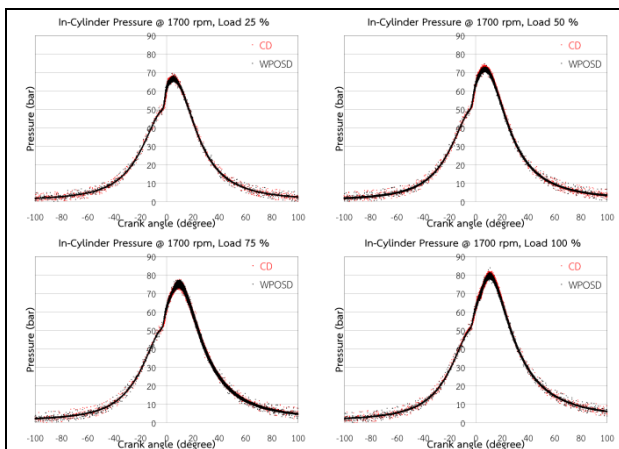
จากรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 9 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความดันในห้องเผาไหม้ จำนวน 120 วัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 1400 1700 และ 2100 รอบ/นาที ของน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกและของน้ำมันดีเซลพบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความดันในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์รวมถึงลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกกับน้ำมันดีเซลมีลักษณะใกล้เคียงตลอดช่วงการทดสอบทั้งช่วงสภาวะภาระต่ำไปจนถึงสภาวะภาระสูงสุดซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีลักษณะการเผาไหม้เช่นเดียวกับการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความดันในห้องเผาไหม้กับของสภาพลาข้อเหวี่ยง จำนวน 120 วัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 2100 รอบ/นาที



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบความดันในห้องเผาไหม้กับของสภาพลาข้อเหวี่ยง จำนวน 120 วัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 1400 รอบ/นาที



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความดันในห้องเผาไหม้กับของสภาพลาข้อเหวี่ยง จำนวน 120 วัฏจักร ที่ความเร็วรอบ 1700 รอบ/นาที

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบหาความแปรปรวนของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด มีค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้แปรผันตามภาระการทดสอบเพิ่มขึ้นที่ทุกความเร็ว เช่นเดียวกับค่าความดันยังผลเฉลี่ยสูงสุด
2. ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของค่าความดันยังผลเฉลี่ย (COV_{imep}) ที่แต่ละจุดทดสอบของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยมากที่ทุกจุดทดสอบ
3. ลักษณะความดันในห้องเผาไหม้ที่เกิดขึ้นทั้ง 120 วัฏจักร ของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ผลจากการทดสอบนี้ทำให้ทราบและยืนยันได้ว่าน้ำมันดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติกมีความเสถียรเมื่อนำมาใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดพบว่าการแปรปรวนของกระบวนการเผาไหม้มีค่าไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซลอย่างมีนัยสำคัญ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัทสยามคูโบต้าอุตสาหกรรม จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออะไหล่สำหรับเครื่องยนต์ รวมถึงศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่เอื้อเฟื้อเชื้อเพลิงสำหรับใช้ทดสอบ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Mani, C. Subash and G. Nagarajan. (2009). Performance, emission and combustion characteristics of a DI diesel engine using waste plastic oil, *Applied Thermal Engineering*, vol. 29(13), September 2009, pp. 2738–2744.
- [2] Bidhya Kunwar, et al. (2016). Plastic to fuel: a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, February 2016, pp. 421-428.
- [3] Mohammad Nahid Siddiqui and Halim Hamid Redhwi. (2009). Catalytic coprocessing of waste plastics and petroleum residue into liquid fuel oil, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 86(1), September 2009, pp. 141–147.
- [4] Achyut K. Panda, R.K. Singh and D.K. Mishra. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products–A world prospective, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14(1), January 2010, pp. 233-248.
- [5] Pawar Harshal R. and Lawankar Shailendra M. (2013). Waste plastic Pyrolysis oil Alternative Fuel for CI Engine – A Review, *Research Journal of Engineering Sciences*, Vol. 2(2), February 2013, pp. 26-30
- [6] K.Wattanavichien, et al. (2013). Effects of synthetic diesel fuels on performance and emission of a single cylinder DI diesel engine. Proceeding of 6th Regional Conference on Energy Engineering, Bandung, Indonesia, 2013.
- [7] ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2556). *แบบรายงานผลการวิเคราะห์และทดสอบ*, วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ.2556, หน้า 1
- [8] บริษัท สยามคูโบต้าอุตสาหกรรม จำกัด (2548), *คู่มือช่างเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า รุ่น RT*, หน่วยงานอบรมเทคนิค, ส่วนบริการเทคนิค.
- [9] DieselNet, Emission Test Cycles, European Stationary Cycle (ESC), Copyright © 1997 – 2016, URL:<https://www.dieselnet.com/standards/cycle/s/esc.php>, access on 12/02/2016
- [10] K.Wattanavichien, et al. (2013). Effects of Synthetic Diesel Fuels on Performance and Emission of a Single Cylinder DI Diesel Engine. Paper presented in *the 3rd International Conference on Sustainable Energy (3rdICSE) 2013*, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- [11] Heywood, J. B., (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, Singapore.
- [12] Wang, Q., et al., Study on cyclic variability of dual fuel combustion in a methanol fumigated diesel engine. *Fuel*, 2016. 164: p. 99-109.