



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

ผลของน้ำมันจากขยะพลาสติกต่อสมรรถนะในเครื่องยนต์ดีเซล**Effect of Plastic-Derived Oil on the Performance of a Diesel Engine**

ชัยมงคล ทองนาค, พรรษา ลิบลับ* และ วีรชัย อาจหาญ

Chaimongkol Thongnak, Pansa Liplap* and Weerachai Arjharn

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 30000

School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,

Nakhon Ratchasima, 30000

Received: 01 พ.ย. 59

Accepted: 24 ก.พ. 60

บทคัดย่อ

น้ำมันดีเซลที่ได้จากขยะพลาสติก 100% (P100) ถูกนำมาทดสอบกับเครื่องยนต์เพื่อหาสมรรถนะ และเปรียบเทียบผลที่ได้กับน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์พบว่า เมื่อใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกจะมีค่าแรงบิดและกำลังเบรคต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ประมาณ 10% ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400 rpm แต่มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่า ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำกว่า 2.0% โดยสรุปพบว่า น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยไม่ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการเกษตรได้

คำสำคัญ: น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ เครื่องยนต์ดีเซล P100

Abstract

Plastic-derived diesel oil 100% (P100) was tested with a four-cylinder diesel engine to investigate performance. Then the results were compared with those from commercial diesel. The performance test showed that the P100 decreased torque approximately 10% compared to commercial diesel at 2,400 rpm. However, the engine consumed less fuel when tested with plastic oil, resulting in only

2.0% drop for specific fuel consumption (SFC). Overall, plastic-derived diesel oil is a potential alternative fuel for commercial diesel replacement without any required engine modification and can be used in a variety of agricultural application.

Keywords: Waste derived diesel Commercial diesel Diesel engine P100

*ติดต่อ: อีเมล: pansa@g.sut.ac.th, โทรศัพท์: 081-8303933

1. บทนำ

ขยะพลาสติกมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่นเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้น จึงสามารถนำมาแปรรูปให้กลับเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้โดยการเปลี่ยนโมเลกุลให้เล็กลงเพื่อให้กลายเป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยต้องผ่านกระบวนการที่เรียกว่ากระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็นกระบวนการแตกตัวของสารที่มีมวลโมเลกุลสูงด้วยความร้อนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยความร้อนที่ให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิปานกลางที่อุณหภูมิ 450-600°C โดยได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด จำแนกตามสถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยของเหลวที่ได้จากกระบวนการมีลักษณะคล้ายน้ำมันเตา แต่มีความใสมากกว่าและเป็นสีดำ [1] สามารถนำไปกลั่นแยกและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อให้เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวชนิดต่างๆ เช่น แก๊สโซลีน เจทออยล์ ดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันเตา เป็นต้น [2]

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำน้ำมันจากขยะพลาสติกมาทดสอบสมบัติและสมรรถนะกับเครื่องยนต์เบื้องต้น สมบัติของน้ำมันพลาสติกมีความใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล [3] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าน้ำมันที่ได้เหล่านี้จะมีศักยภาพนำมาทดแทนน้ำมันเชิงพาณิชย์ได้ แต่คุณภาพที่ได้ก็แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัย เช่น เทคโนโลยีที่ใช้ระบบการผลิต และวัตถุดิบ เป็นต้น ดังนั้นจึงมี

ความจำเป็นต้องทดสอบเฉพาะกับการใช้งานจริงกับเครื่องยนต์ เพื่อให้สามารถใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลได้อย่างสมบูรณ์

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการทดสอบน้ำมันดีเซลที่ผลิตได้จากขยะพลาสติก เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ และทำการทดสอบกับเครื่องยนต์เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมไปถึงการปลดปล่อยมลพิษ แล้วทำการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ เพื่อสร้างความมั่นใจว่าน้ำมันที่ได้จากเชื้อเพลิงขยะสามารถนำมาทดแทนได้จริง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์

2. วิธีการวิจัย

2.1 น้ำมันดีเซลจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ใช้ในการทดสอบนี้ นำมาจากโรงกลั่นน้ำมันจากขยะพลาสติกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผลิตได้มีคุณสมบัติเป็นไปตามหรือใกล้เคียงกับมาตรฐานที่ประกาศโดยกรมธุรกิจพลังงาน และจัดอยู่ในน้ำมันดีเซลประเภทรอบหมุนเร็ว ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของน้ำมันดีเซลที่กลั่นได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ประกาศโดยกรมธุรกิจพลังงาน

ลำดับ	คุณลักษณะ	น้ำมันดีเซล กลั่นได้	อัตรา สูง-ต่ำ	ค่าจากกรมธุรกิจ พลังงาน		วิธีทดสอบ
				หมุนเร็ว	หมุนช้า	
1	ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 15 °C (kg/m ³)	0.8111	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	0.81 0.87	- 0.92	ASTM D 1298
2	จำนวน ซีเทน (Cetane Number) ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	67	ไม่ต่ำกว่า ไม่ต่ำกว่า	50 50	45 45	ASTM D 613 ASTM D 976
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C (cSt)	3.103	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	1.8 4.1	- 8	ASTM D 445
3	จุดวาบไฟ (°C)	50.5	ไม่ต่ำกว่า	52	52	ASTM D 93
4	จุดขุ่น (°C)	15	ไม่ต่ำกว่า	10	16	ASTM D 97
5	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	หมายเลข 1	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	-	ASTM D 130
6	เสถียรภาพต่อการเกิดออกซิเดชั่น (g/m ³)	17.8	ไม่สูงกว่า	25	-	ASTM D 2274
7	กำมะถัน (% w/w)	0	ไม่สูงกว่า	0.005	1.5	ASTM D 2622
8	กากถ่าน (% w/w)	< 0.10	ไม่สูงกว่า	0.05	-	ASTM D 189
9	เถ้า (% w/w)	0.005	ไม่สูงกว่า	0.01	0.02	ASTM D 482
10	การกลั่น (อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดย ปริมาตรในอัตรา 90% (°C))	371.9	ไม่สูงกว่า	357	-	ASTM D 86
11	โพลีเมอร์อะโรมาติก (% w/w)	3.1	ไม่สูงกว่า	11	-	ASTM D 2425
12	น้ำ (% w/w)	0	ไม่สูงกว่า	0.05	0.3	ASTM D 2709
13	คุณสมบัติการหล่อลื่น (μm)	350	ไม่สูงกว่า	460	-	CEC F-06-96

2.2 เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 90 แรงม้า 4 สูบ 4 จังหวะ ระบบ Direct Injection ยี่ห้อ ISUZU รุ่น 4JA1 สภาพพร้อมใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นตัวแทนเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์ทดสอบจะถูกควบคุมควบคุมไปกับการควบคุมไดนาโมมิเตอร์ โดยมีข้อมูลทางเทคนิคต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

2.3 ทฤษฎีทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องยนต์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทดสอบ เพื่อทำนายการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ก่อนการนำไปใช้งานจริง การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ทำการทดสอบแรงบิดกำลังเครื่องยนต์ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลลา และอุณหภูมิไอเสีย โดยสมการคำนวณสมรรถนะ [4] มีดังนี้

2.3.1 แรงบิด (Torque)

แรงบิดบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นผลของแรงที่กระทำต่อแขนหมุนซึ่งมีความยาว โดยแรงบิด T มีหน่วยเป็น N.m แรง F มีหน่วยเป็น N และ d คือระยะจากเพลากลางถึงจุดวัดแรง ดังสมการที่ (1)

$$T = Fd \quad (1)$$

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ

พารามิเตอร์	สมบัติ
เครื่องยนต์/รุ่น	อีซูซุ/4JA1
แบบเครื่องยนต์	4 สูบ 4 จังหวะ
ขนาดกระบอกสูบ	93 mm
ระยะชัก	92 mm
ความจุกระบอกสูบ	2,499 cc
อัตราส่วนการอัด	18.4 ต่อ 1
กำลังงานสูงสุด	90 hp ที่ 4,200 rpm
แรงบิดสูงสุด	17.5 kg.m ที่ 2,000 rpm
องศาฉีดน้ำมัน	12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน
ลักษณะห้องเผาไหม้	direct injection



รูปที่ 1 ลักษณะการติดตั้งเครื่องทดสอบ

2.3.2 กำลังเครื่องยนต์ (Engine Power)

กำลังเครื่องยนต์ (P) คืออัตรางานต่อหน่วยเวลาของเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็น kW ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ N มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที ดังสมการที่ (2)

$$P = \frac{2\pi NT}{60 \times 1000} \quad (2)$$

2.3.3 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพล่า (Brake Specific Fuel Consumption)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพล่า (BSFC) เป็นค่าเปรียบเทียบหลักของเครื่องยนต์เพื่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น g/kW-hr และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น g/hr ดังสมการที่ (3)

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{P} \quad (3)$$

2.3.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Break Thermal Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่เครื่องยนต์ส่งออก มีหน่วยเป็น kW กับพลังงานที่เกิดจากการสันดาป น้ำมันเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็น kW ดังสมการที่ (4)

$$\eta_{BTH} = \frac{BP}{FP} \times 100 \quad (4)$$

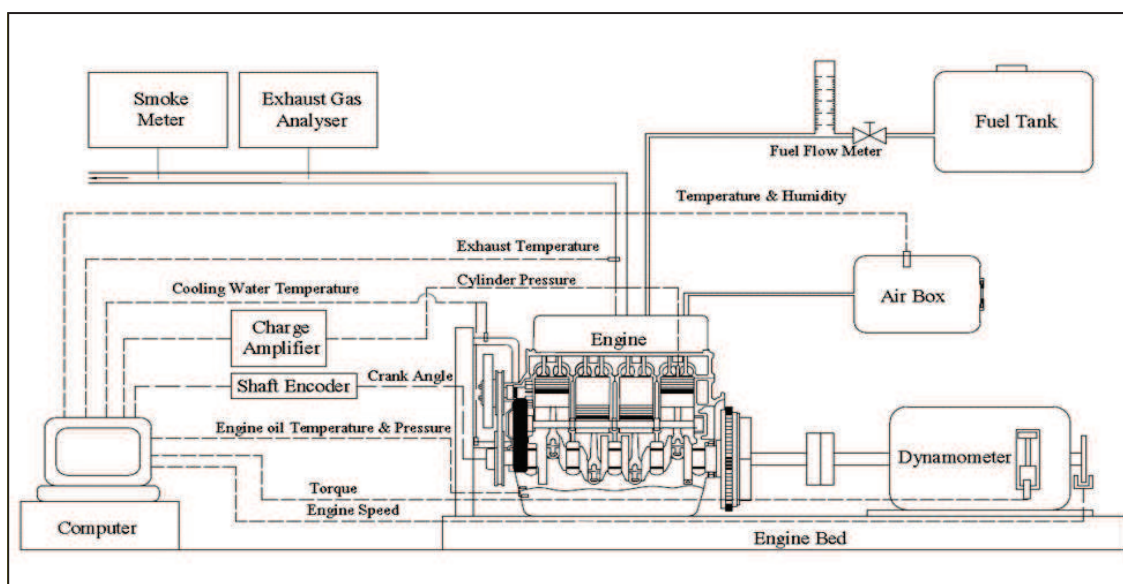
2.4 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

ชุดอุปกรณ์ทดสอบ วัดสมรรถนะและมลพิษ เครื่องยนต์ถูกติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเครื่องยนต์ทำการติดตั้งอยู่บนแท่นทดสอบซึ่งเชื่อมต่อกับไดนาโมมิเตอร์ชนิดน้ำ ยี่ห้อ CUSSONS P8601 มาเป็นตัวเบรคเครื่องยนต์ เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ได้แก่ กำลัง แรงบิด รอบ อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบต่างๆ (1,000-3,400 rpm)

การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบต่างๆ มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

3.1.1 การทดสอบค่าแรงบิดของเครื่องยนต์

เมื่อพิจารณาแรงบิดของเครื่องยนต์ พบว่า น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีแรงบิดต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 แผนภาพการจัดวางอุปกรณ์ชุดทดสอบเครื่องยนต์

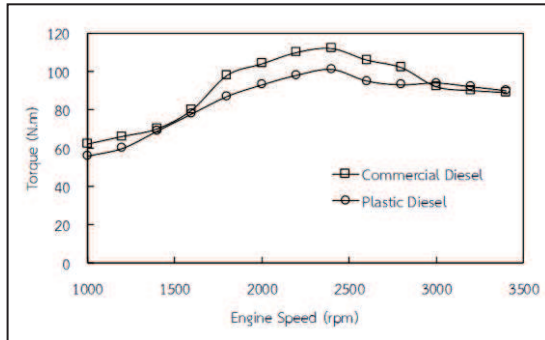
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

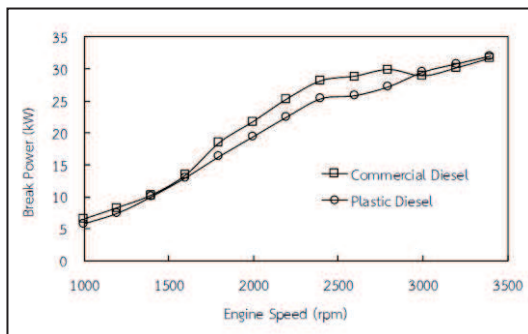
การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ISUZU 4JA1 โดยใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ (Commercial Diesel) เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก (Plastic Diesel) 100% ที่ความเร็วรอบต่างๆ พบว่า กราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแรงบิด กำลัง และอัตรา

โดยเฉพาะในช่วงความเร็วรอบ 2,000 – 2,600 rpm ซึ่งเป็นช่วงทำงานปกติของเครื่องยนต์ [5] ค่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์จะอยู่ในช่วงความเร็วรอบ 2,400 rpm โดยน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกให้ค่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ 101 N.m ในขณะที่น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ให้ค่าแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์สูงกว่าที่ 112 N.m หรือ น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีแรงบิด

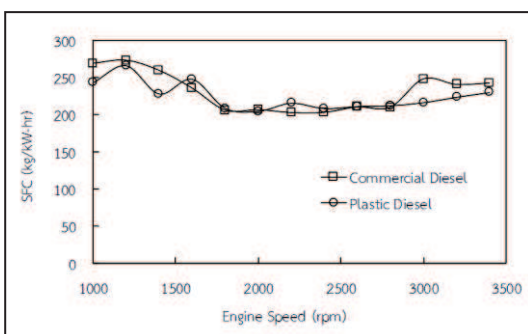
น้อยกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ประมาณ 10%
เชิงพาณิชย์และน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก



รูปที่ 3 แสดงผลของความเร็วยรอบต่อแรงบิด



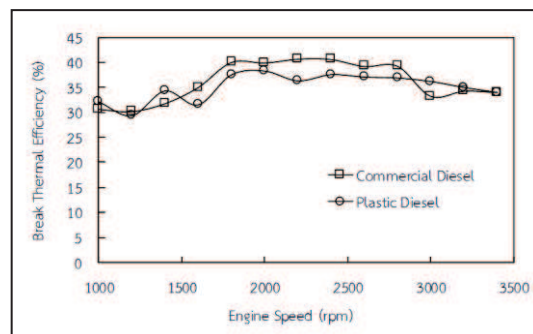
รูปที่ 4 แสดงผลของความเร็วยรอบต่อกำลังเบรค



รูปที่ 5 แสดงผลของความเร็วยรอบต่ออัตรา
การสิ้นเปลืองน้ำมันเบรค

3.1.2 การทดสอบค่ากำลังเบรคของเครื่องยนต์

ค่ากำลังเบรค (Break Power) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบและน้ำมันดีเซลทั้ง 2 ประเภทให้ผลใกล้เคียง ดังแสดงในรูปที่ 4 ในส่วนของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จะอยู่ที่ความเร็วรอบ 3,400 rpm (ความเร็วสูงสุดที่ใช้) โดยน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ให้ค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ 31.67 kW ในขณะที่น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกให้ค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ 32.03 kW อย่างไรก็ตาม ในช่วงความเร็วรอบ 1,600-2,800 rpm กำลังที่ได้จากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกจะน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ เฉลี่ย 10.3%



รูปที่ 6 แสดงผลของความเร็วยรอบต่อประสิทธิภาพ
เชิงความร้อนเบรค

3.1.3 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จำเพาะ

เครื่องยนต์เมื่อน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกให้ค่า SFC เฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 205.6 g/kWh ในขณะที่น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ให้ค่า SFC เฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 209.9 g/kWh โดยคิดค่าเฉลี่ย SFC ในช่วงที่รอบเครื่องยนต์ใช้งานจริงในช่วง 2,000- 2,600 rpm ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้เครื่องยนต์จะมีแรงบิด

และกำลังเบรกลดลงเมื่อใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก แต่เมื่อพิจารณาการสิ้นเปลืองน้ำมันแล้วพบว่า การใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกและน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์มีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 5

3.1.4 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค

เมื่อทำการหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเบรค (Break Thermal Efficiency) พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงเพียง 1.6-3.0% ที่ช่วงความเร็วรอบใช้งาน 2,000-2,600 rpm ดังแสดงในรูปที่ 6 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำมันดีเซลที่ได้จากขยะพลาสติกมีศักยภาพในการนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ได้

4. สรุป

น้ำมันดีเซลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบจากระบบแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน ถูกนำมาใช้ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล โดยการทดสอบจะแบ่งเป็นการทดสอบสมรรถนะ และการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ พบว่า การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลกับน้ำมันเชิงพาณิชย์กับน้ำมันจากขยะพลาสติก ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เล็กน้อย โดยทำให้กำลังลดลงประมาณ 10% แต่เมื่อหาอัตราการใช้สิ้นเปลืองน้ำมันเฉพาะของการใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก และน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์มีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เพียง

1.6-3.0% เท่านั้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิริรัตน์ จิตการคำ. ไพโรไลซิสยางรถยนต์หมดสภาพ กลไกการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงคุณภาพสูง (สื่อออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <http://www.vchakarn.com/include/articel.htm>
- [2] ประเสริฐ เทียนนิมิตร. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2547.
- [3] คณิต วัฒนวิเชียร และ อรวรรณ กรรณิกา. เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก: การแปรรูปและผลการใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 28, 15-17 ตุลาคม 2557, จังหวัดขอนแก่น; 2557.
- [4] ชลกาญจน์ และคณะ. การศึกษาสมรรถนะและควันท้าของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันเสมือนดีเซลจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 5, 27-29 มีนาคม 2556, จังหวัดประจวบคีรีขันธ์; 2556.

- [5] Chi-Jeng Bai, Chi-Tung Lin, Samay Prakash, Wei-Cheng Wang. Alternative Fuel Produced from Thermal Pyrolysis of Waste Tires and Its Use in a DI Diesel Engine. *Applied Thermal Engineering*. 2016; 93: 330-8.