



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

ผลของอุณหภูมิน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลต่อการสเปรย์และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล Effects of diesel and bio-diesel oils temperature on spray and performance of a diesel engine

เอกชัย สุธีรศักดิ์*

Ekkachai Sutheerasak*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi, Thailand, 20131.

Received May 2013

Accepted December 2013

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ เป็นการตรวจสอบการสเปรย์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์จากการอุ่นน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลที่อุณหภูมิ 60 ถึง 90 องศาเซลเซียสเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน โดยทดสอบกับชุดจำลองการฉีดเชื้อเพลิง และเครื่องยนต์ดีเซล แบบฉีดตรง สี่สูบ สี่จังหวะ ผลลัพธ์ของการสเปรย์เชื้อเพลิงพบว่า การอุ่นน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล ทำให้มุมของการสเปรย์เพิ่มขึ้น 4.7 และ 7.6 องศา ขณะที่ความดันในการฉีดเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 4.30 และ 13.90 เมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน ขณะที่ผลลัพธ์ของการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่า การอุ่นน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.20 และ 30 ขณะที่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 20.90 และ 29.90 เมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน

คำสำคัญ : การอุ่นน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล การสเปรย์ สมรรถนะของเครื่องยนต์

Abstract

Research paper is the spray and engine performance investigation from preheated diesel and biodiesel oils at fuel temperature from 60 to 90 °C by comparing with non-preheated oil. In the experiment, there are fuel injection modeling and diesel engine testing, which is direct injection, 4 stroke and 4 cylinders. Results of fuel spray show that preheated diesel oil increase 4.7 degree of spray angle and decrease 4.30 % of fuel injection pressure, as preheated bio-diesel oil increase 7.6 degree of spray angle and decrease 13.90 % of fuel injection pressure to compare with non-preheated oil. As engine performance testing results, preheated diesel oil increase 26.20% of thermal efficiency and decrease 4.30 % of *BSFC*, as preheated bio-diesel oil increase 30% of thermal efficiency and decrease 29.90 % of *BSFC* to compare with non-preheated oil.

Keywords : Preheated diesel and bio-diesel oils, Spray, Engine performance

*Corresponding author. Tel.: 0-3810-2222 Ext. 3385; fax: 0-3874-5806

Email address: ekkachai@eng.buu.ac.th

1. บทนำ

จากแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นของราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 2013 ได้มีผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของการผลิต ทำให้เกิดการสูญเสียของการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ เพื่อนำเข้าผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ส่งผลให้รัฐบาล และภาคเอกชนต้องพิจารณาหาแหล่งพลังงานใหม่ เพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมมีราคาแพง [1] ในขณะที่น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายเนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีเลขซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ดีกว่า และปริมาณของเสียที่ปล่อยออกมามีจำนวนน้อยกว่า [2]

อย่างไรก็ตาม การตอบรับการใช้น้ำมันไบโอดีเซลนั้นยังไม่ดีพอ เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมีความสลับซับซ้อน และการผลิตไบโอดีเซลต้องเลือกชนิดของพืชที่จะนำมาผลิต อีกทั้งความไม่แน่นอนของราคาวัตถุดิบ กรรมวิธีในการผลิต และคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่ผลิตเป็นไบโอดีเซล ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และองค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น [3,4] ขณะที่การตรวจสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ได้มีการกระทำมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลการตรวจสอบโดยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลสามารถลดการปล่อยปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และความหนาแน่นของปริมาณควันดำ (SM) แต่เพิ่มปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เนื่องจากช่วงเวลาของการเผาไหม้ (Combustion duration) ของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น และมีอัตราการปลดปล่อยพลังงานเพิ่มขึ้น แต่ปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณของ NO_x เพิ่มขึ้น เนื่องจากจังหวะการฉีด (Injection timing) ของน้ำมันไบโอดีเซลเร็วกว่าเพราะว่าน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความหนืดสูงกว่า น้ำมันดีเซล ทำให้ความสามารถในการอัดตัวได้ (Compressibility) ยากกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้ความดันของการฉีดเพิ่มขึ้น และจังหวะการฉีดเร็วขึ้น [5, 6]

นอกจากนี้ Canakci [7] ได้ตรวจสอบสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 4 จังหวะ แบบฉีดตรง ผลการทดสอบพบว่า การใช้น้ำมันไบ

โอดีเซล ทำให้ปริมาณของ CO, HC และ SN ลดลง ขณะที่ปริมาณของ NO_x เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.2 นอกจากนี้ยังทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (BSFC) เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.8 เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลต่ำกว่าน้ำมันดีเซล Agarwal และคณะ [8] ได้ตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดฝ้ายเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 4 จังหวะ แบบฉีดตรง ผลการทดสอบพบว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซล ทำให้ BSFC เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลมีออกซิเจน (O_2) เป็นส่วนประกอบ ทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงขึ้น และการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น และต่อมา Puhan และคณะ [9] ได้ตรวจสอบความดันของการฉีดเชื้อเพลิงสมรรถนะ และการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดฝ้ายเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 4 จังหวะ แบบฉีดตรง ผลการทดสอบพบว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซล ทำให้ความดันของการฉีดเพิ่มขึ้น และจังหวะการฉีดเร็วขึ้น เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซล มีความหนืดสูงกว่า น้ำมันดีเซล ทำให้ความสามารถในการอัดตัวได้ยากกว่า น้ำมันดีเซล ส่งผลให้ลูกสูบปั๊มเชื้อเพลิง (Plunger) อัดและดันน้ำมันเข้าไปยังท่อทางน้ำมันของหัวฉีดเร็วขึ้น และแรงดันของน้ำมันสามารถเอาชนะแรงกดของสปริงบนเข็มหัวฉีดได้เร็วขึ้น ทำให้เชื้อเพลิงออกจากรูหัวฉีดมากขึ้น และการเริ่มต้นของการฉีดน้ำมันเร็วขึ้น ขณะที่ผลการทดสอบด้านสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์พบว่า BSFC เพิ่มขึ้น และปริมาณของ CO, HC และ SN ลดลง แต่ปริมาณของ NO_x เพิ่มขึ้น

จากที่กล่าวมา การใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีผลกระทบต่อการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิง ทำให้ความดันของการฉีดเพิ่มขึ้น และจังหวะการฉีดเร็วขึ้น ทำให้สมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์มีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซล มีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล [5, 6, 9] ดังนั้น ทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความหนืดของน้ำมันที่สูงขึ้น นั่นคือ การอุ่นน้ำมันซึ่งช่วยปรับความหนืดของน้ำมันลดลง

ขณะที่ Sutherasak และคณะ [10-13] ได้ศึกษาผลกระทบจากการอุ่นน้ำมันต่อคุณลักษณะการสเปรย์ การเผาไหม้ สมรรถนะ และการปล่อยสารมลพิษของ

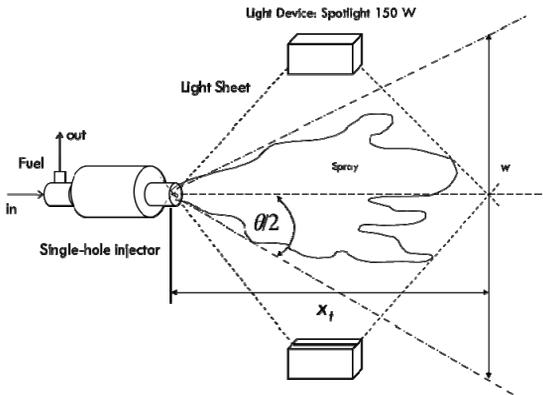
เครื่องยนต์ โดยใช้การอุ่นน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลผสม น้ำมันปาล์มร้อยละ 10 น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันไบโอดีเซล ร้อยละ 10 และน้ำมันไบโอดีเซล 100 เปอร์เซ็นต์ที่ผลิตจาก น้ำมันปาล์มดิบ โดยอุ่นน้ำมันเหล่านี้ที่อุณหภูมิ 60-90 °C และทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 4 จังหวะ แบบฉีดตรง ผลการทดสอบพบว่า การอุ่นน้ำมันดังกล่าว ทำให้ความดันของการฉีดลดลง และจังหวะการฉีดช้าลง ในขณะที่น้ำมันเหล่านี้ ถูกฉีดออกจากหัวฉีด มีการแตก เป็นฝอยละอองดีขึ้น และมุมสเปรย์เพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่ ตามมา ทำให้ความล่าช้าการจุดระเบิดลดลง ช่วง ระยะเวลาการเผาไหม้เพิ่มขึ้น อัตราการปลดปล่อย พลังงานเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น และ BSFC ลดลง เนื่องจากการสเปรย์น้ำมันดีขึ้น และการเผา ไหม้สมบูรณ์ขึ้น ขณะที่การปล่อยสารมลพิษในไอเสีย จำพวก CO, HC และ NO_x ลดลง แต่ปริมาณของ SN เพิ่มขึ้น และต่อมา Murali และคณะ [1] ได้ศึกษา สมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่อง ยนต์ดีเซล จากการอุ่นน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 55 °C และทำการทดสอบกับ เครื่องยนต์ 1 สูบ แบบฉีดตรง ผลการทดสอบพบว่า การอุ่น น้ำมันไบโอดีเซล ทำให้ BSFC ลดลง และประสิทธิภาพ ทางความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการอุ่นน้ำมัน ทำให้การฉีด และการสเปรย์เชื้อเพลิงดีขึ้น และการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ขณะที่การปล่อยสารมลพิษ CO และ NO_x ลดลง ขณะที่ Park และคณะ [14] ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ น้ำมัน ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันถั่วลิสงต่อความหนืด ของน้ำมันและคุณลักษณะการสเปรย์ โดยใช้ชุดทดลองที่ ติดตั้งกล้องถ่ายภาพความเร็วสูง และบันทึกภาพขณะที่ เชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ ในการทดสอบมีการอุ่น น้ำมันที่อุณหภูมิ 300-360 K ก่อนฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผา ไหม้ ผลการทดสอบพบว่า การอุ่นน้ำมัน ทำให้มุมของการ สเปรย์ และระยะการฉีดที่พุ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ลดลง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน ทำให้ค่าความหนืด และความหนาแน่นลดลง ส่งผลให้การแตกเป็นละอองฝอย และการระเหยกลายเป็นไอทำได้เร็วกว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ ไม่อุ่น Vojtisek-Lom และคณะ [15] ได้ตรวจสอบการอุ่น น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันเรพซีดต่อการ

เปลี่ยนแปลงของความดันของการฉีด และจังหวะการฉีด จากการใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบยูนิคอินเจกเตอร์ (Unit injector system) ที่ใช้ปั๊มหัวฉีดแบบสูบเรียง (Inline fuel injection pump) โดยอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 60-90 °C ผล การทดสอบพบว่า การอุ่นน้ำมัน ทำให้ความดันของการฉีด น้ำมันลดลง และจังหวะการฉีดน้ำมันช้าลง เนื่องจากการ อุ่นน้ำมัน ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง และการไหล ของน้ำมันภายในระบบปั๊มเชื้อเพลิงดีขึ้น แต่ความดันใน การอัดน้ำมันลดลง เนื่องจากความ สามารถในการอัดตัว ได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความดันของน้ำมันลดลง และเกิดความ ล่าช้าในการเอาชนะแรงกดของสปริงบนเข็มหัวฉีด ทำให้ เชื้อเพลิงออกจากหัวฉีดน้อยลง และจังหวะการฉีดน้ำมัน ช้าลง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านพบว่า มีงานวิจัย จำนวนไม่มากนัก ที่เน้นศึกษาถึงผลกระทบของการอุ่น น้ำมันต่อการสเปรย์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ ดังนั้น วัตถุประสงค์หลักของบทความฉบับนี้ เพื่อศึกษาการสเปรย์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลจากการอุ่นน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมันทั้งสอง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิจัย

การวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน โดย ส่วนแรก การศึกษาลักษณะการสเปรย์ของเชื้อเพลิงที่ฉีด พ่นเข้าไปในห้องเผาไหม้จำลอง เพื่อวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ของโครงสร้างของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดพ่นเข้าไปในห้องเผา ใหม้ดังแสดงในรูปที่ 1 เพื่อนำมาคำนวณหามุมของการ สเปรย์ (Spray angle, θ) โดยวิธีการคำนวณหามุมของ การสเปรย์นั้น จะใช้วิธี Similar photo system [16,17] ซึ่ง วิธีนี้ จะวิเคราะห์จากภาพเสมือนจริงของสเปรย์เชื้อเพลิงที่ ถูกฉีดพุ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้จำลอง โดยการถ่ายภาพ สเปรย์เชื้อเพลิง เนื่องจากการวัดขนาดจริงของสเปรย์ เชื้อเพลิงนั้น มีความกว้าง และความยาวของสเกลมาก ทำ ให้เป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ผล ในขณะที่การ คำนวณหามุมของการสเปรย์ จะกำหนดให้ความยาวของ สเปรย์ที่ฉีดพุ่งออกจากหัวฉีดมีระยะคงที่ เพื่อวิเคราะห์การ เปลี่ยนแปลงของมุมของการสเปรย์ที่เกิดขึ้น โดยที่มุมของ การสเปรย์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ซึ่งจะได้ว่า



รูปที่ 1 ตัวแปรต่างๆ ที่กำหนดโครงสร้างของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดพ่นเข้าไปในห้องเผาไหม้

$$\theta = 2 \tan^{-1} [w/2x_i] \tag{1}$$

โดยที่ w = ความกว้างของสเปรย์ที่ขยายออกไป (mm)

x_i = ความยาวของสเปรย์ที่ฉีดพุ่งออกจากหัวฉีด

โดยกำหนดให้เท่ากับ 50 mm และเริ่มนับจากสเปรย์ถูกฉีดพุ่งออกจากรูของหัวฉีด

ในส่วนที่สอง การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยการทดสอบกำลังงาน และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยที่ กำลังงาน (Brake power, P_b) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 ซึ่งจะได้ว่า

$$P_b = 2 \pi TN \tag{2}$$

โดยที่ T = ทอร์ก หรือแรงบิด (N)

N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

ขณะที่การคำนวณหาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Brake specific fuel consumption, $BSFC$) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3

$$BSFC = \frac{m_f}{P_b} \tag{3}$$

โดยที่ m_f = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (kg/s)

นอกจากนี้ ก่อนนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผล ได้ทำการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง โดยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำการวัดทั้งหมดจากการใช้ค่าของปริมาณที่วัดหาได้จากการทดลอง (X_i) และคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จาก

การทดลอง โดยพิจารณา Standard error ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \tag{4}$$

โดยที่ \bar{X} = ค่าเฉลี่ย

n = จำนวนครั้งที่วัดข้อมูล

$$\text{Standard error} = \frac{SD}{\sqrt{n}} \tag{5}$$

โดยที่ SD = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งหาได้จาก

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

ดังนั้น ค่าที่บันทึกของปริมาณ X นี้ คือ $\bar{X} \pm \frac{SD}{\sqrt{n}}$

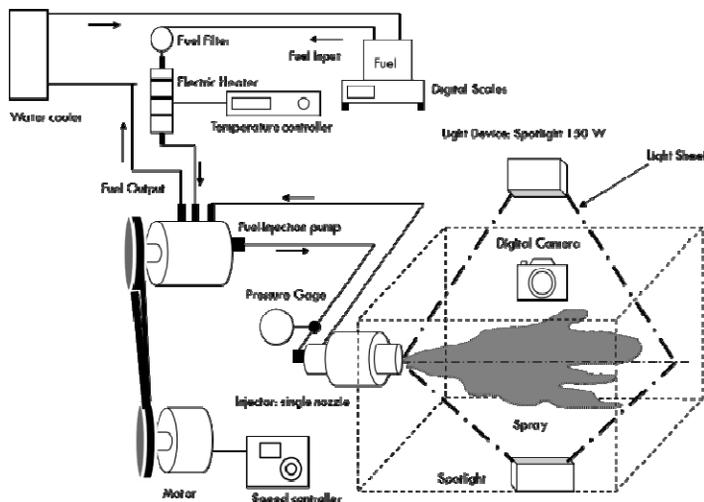
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยได้จัดทำชุดทดสอบการสเปรย์เชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงแผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบการสเปรย์เชื้อเพลิงที่สามารถปรับและควบคุมความดันของการฉีดเชื้อเพลิง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าความเร็วรอบสูงสุด 2,900 rpm ขนาด 3 H.P. ต่อกับอินเวอร์เตอร์ที่ปรับความถี่สูงสุด 50 Hz เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง ขณะที่การควบคุมอุณหภูมิของเชื้อเพลิงนั้น จะใช้อุปกรณ์อุ่นน้ำมันแบบขดลวดไฟฟ้าที่มีการติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิเชื้อเพลิง และอุ่นน้ำมันก่อนเข้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ในส่วนของชุดทดสอบระบบฉีดเชื้อเพลิงนั้น จะใช้หัวฉีดเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ϕ) 0.014 mm ต่อกับปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงแบบจ่ายของบริษัท Bosch ที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง 4 สูบ 4 จังหวะ ซึ่งมีข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1

ขณะที่การทำงานของจังหวะการฉีดได้ทำการตัดแปลงปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงให้ฉีดเชื้อเพลิงเพียง 1 สูบของการทำงานของหัวฉีดที่ใช้ในการทดสอบ และอ่านแรงดันของการฉีดน้ำมันผ่านเกจวัดความดันไฮดรอลิกส์ และฉีดเชื้อเพลิงเข้าในห้องเผาไหม้จำลอง ณ ความดันบรรยากาศ โดยบันทึกภาพการฉีดเชื้อเพลิงจากการใช้กล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลของบริษัทแคนนอน รุ่น EOS-1100D ความละเอียดของภาพ 12.2 เมกะพิกเซล และใช้เลนส์ขนาด 18-55 IS ในการปรับถ่ายภาพ ขณะที่การจัดแสงใช้หลอดไฟ

แบบสปร์ตไลน์ขนาด 150 W แบบปรับแสงได้จำนวน 2 ชุด โดยปรับมุมให้เหมาะสม และฉายแสงของหลอดไฟเข้าไปที่ห้องเผาไหม้จำลอง ซึ่งทำจากแผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 5

mm และขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ 30, 60 และ 30 cm



รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบการสเปร์ย

ตารางที่ 1 รายละเอียดของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง และ หัวฉีด

ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลทั่วไป
ปั๊มฉีดน้ำมัน	แบบจานจ่าย
หัวฉีดที่ใช้ทดสอบ	รูเดียว, $\varnothing = 0.014$ mm
ความดันของการฉีดน้ำมัน	180 bar
จังหวะการฉีด	12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

นอกจากนี้ ได้จัดทำชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดังแสดงในรูปที่ 3 โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง 4 สูบ 4 จังหวะขนาดความจุ 2500 cc ขณะที่รายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงในตารางที่ 2 ในการจัดทำชุดทดสอบได้ติดตั้งเครื่องยนต์กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหอผึ่งลม (Cooling tower) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ และไดนาโมมิเตอร์แบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มภาระงานกับเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ และใช้ชุดอ่านความเร็วรอบของเครื่องยนต์แบบดิจิตอลที่ต่อกับเลเซอร์สัดผัดกับเพลากลาง และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ อุปกรณ์วัดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ปั๊กเกอร์ขนาด 1000 ml ซึ่งติดตั้งบนเครื่องชั่งเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์

ที่มีช่วงการวัด 0.0-1200.0 g และจับเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลาแสดงความละเอียด 0.01 sec

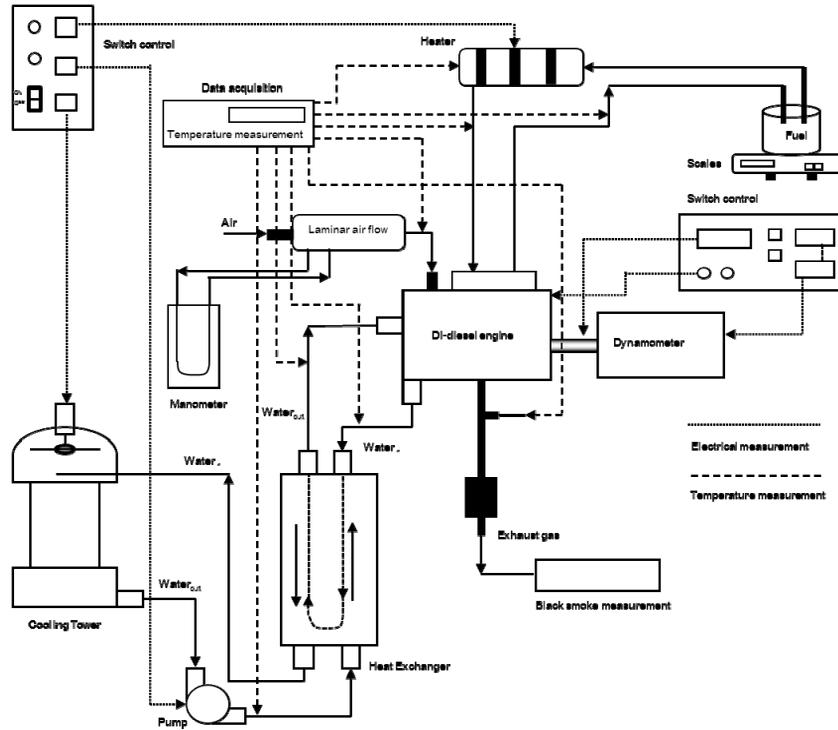
ตารางที่ 2 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

เครื่องยนต์	TOYOTA รุ่น 2L
รูปแบบห้องเผาไหม้	แบบห้องเผาไหม้โดยตรง (DI)
แบบเครื่องยนต์	4 สูบ 4 จังหวะ (เรียงแนวตั้ง)
ปริมาตรกระบอกสูบ	2499 cc
ขนาดกระบอกสูบ x ระยะชัก	93 mm x 92 mm
อัตราส่วนการอัด	18.4 : 1
แรงม้าสูงสุด	90 hp ที่ 4,200 rpm
แรงบิดสูงสุด	17.5 kg.m ที่ 2,000 rpm
จังหวะการฉีด	12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

ในขณะที่อุปกรณ์อุ่นน้ำมันใช้แบบขดลวดไฟฟ้าที่มีการติดตั้งชุดควบคุมและตัดอุณหภูมิ โดยอุ่นน้ำมันก่อนเข้าปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนอุปกรณ์วัดปริมาณอากาศใช้ Laminar flow meter ต่อกับมานอมิเตอร์แบบ U นอกจากนี้ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้วัดอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิห้องทดสอบ และ สายเทอร์โมคัปเปิล (แบบ K) ซึ่งอ่านผ่านอุปกรณ์อ่านอุณหภูมิ (Data acquisition) ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิน้ำเข้าและ

นอกจากเครื่องยนต์ คุณหมุมิอากาศภายในท่อร่วมไอดี คุณหมุมิแก๊สไอเสีย และคุณหมุมิของน้ำมันเชื้อเพลิง และสุดท้ายอุปกรณ์วัดปริมาณควันดำของเครื่องยนต์โดยใช้ Bosch Smoke Meter ช่วงการวัด 0.0-9.9 smoke number

(SN) ขณะที่เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบมีทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล (Diesel oil, D) และน้ำมันไบโอดีเซล 100 เปอร์เซนต์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ (Palm methyl ester, PME)



รูปที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

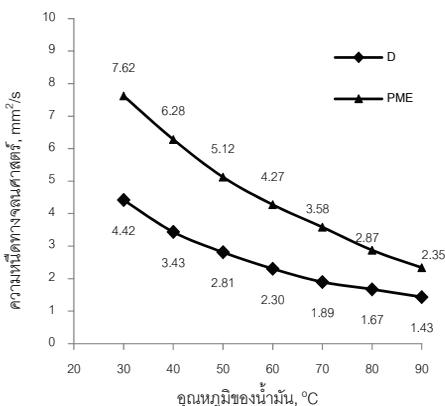
4. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยผลกระทบของคุณหมุมิน้ำมันเชื้อเพลิงต่อลักษณะการสเปรย์และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงนั้น ก่อนทำการทดสอบจริง ได้มีการตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความหนืด ค่าเลขซีเทน จุดวาบไฟ และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ที่คุณหมุมิน้ำมัน 40 °C น้ำมัน PME มีค่าความหนืดและจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมัน D ในขณะที่น้ำมัน PME มีค่าเลขซีเทน และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมัน D และต่อมา ได้ตรวจสอบคุณหมุมิของน้ำมัน PME และ D ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมัน ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่า การเพิ่มคุณหมุมิน้ำมัน PME

จากคุณหมุมิ 30 ถึง 90 °C ทำให้ค่าความหนืดลดลงจาก 7.62 mm²/s เป็น 2.35 mm²/s (ลดลงร้อยละ 17.60-69.40) และการเพิ่มคุณหมุมิน้ำมัน D จากคุณหมุมิ 30 ถึง 90 °C ทำให้ค่าความหนืดลดลงจาก 4.42 mm²/s เป็น 1.43 mm²/s (ลดลงร้อยละ 22.20-67.60)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ [10-13]

คุณสมบัติ	D	PME
ค่าความถ่วงจำเพาะ	0.83	0.88
ค่าความหนืด ณ 40 °C, mm ² /s	3.34	6.28
ค่าเลขซีเทน	58.2	47
จุดวาบไฟ, °C	69	130
ค่าความร้อน, MJ/kg	43.85	37.72



รูปที่ 4 ค่าความหนืดของน้ำมันที่อุณหภูมิต่างๆ

หลังจากนั้น ทำการศึกษาผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิ น้ำมัน PME และ D ต่อรูปร่างของการสเปรย์เชื้อเพลิง ในชุดทดสอบการสเปรย์เชื้อเพลิง โดยเริ่มต้นจากการทดสอบการอุ่นน้ำมัน D โดยการปรับความเร็วของอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ 35 Hz และกำหนดอุณหภูมิ น้ำมันเริ่มต้นที่ประมาณ 40 ± 0.5 °C และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันจาก 50 ถึง 90 ± 0.5 °C โดยใช้ปริมาณน้ำมันคงที่ 30 g เพื่อหาเวลาที่ใช้ไปโดยการจับเวลาผ่านนาฬิกาจับเวลา และต่อมาทำการบันทึกข้อมูลความดันของการฉีดเชื้อเพลิง (P_{inj}) อัตราการไหลของน้ำมัน และบันทึกภาพการฉีดเชื้อเพลิง หลังจากนั้น ทำการอุ่นน้ำมัน PME โดยใช้เงื่อนไขในการทดสอบแบบเดียวกันกับการอุ่นน้ำมัน D ขณะที่การทดสอบได้มีการบันทึกข้อมูล 5 ครั้งและนำมาเฉลี่ยเป็น 1 ครั้งของการทดสอบ โดยทำการเก็บข้อมูลซ้ำๆ กัน ในระยะเวลา 1 เดือน เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลที่ได้รับ นอกจากนี้ ได้มีการหาค่าของปริมาณที่วัดหาได้จากการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำกรวัดทั้งหมด และค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จาก Standard error โดยใช้สมการที่ (4) และ (5)

ขณะที่การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้น ได้กระทำภายหลังจากทดสอบการสเปรย์เชื้อเพลิง โดยก่อนทำการทดสอบทำการอุ่นเครื่องยนต์เป็นเวลา 15 นาที โดยไม่มีการให้ภาระงาน เพื่อให้เครื่องยนต์ มีสภาวะการทำงานคงที่ โดยสังเกตได้จากอุณหภูมิของเครื่องยนต์จะคงที่ และต่อมาทำการทดสอบตามสภาวะการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 4 โดยเริ่มต้นจากการทดสอบการอุ่น

น้ำมัน D และทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ได้แก่ ข้อมูลความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ภาระงานที่ทดสอบ อัตราการไหลของน้ำมัน และอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเข้าท่อร่วมไอดี อุณหภูมิ น้ำมันเชื้อเพลิง อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น อุณหภูมิ แก๊สไอเสีย และปริมาณควันดำ หลังจากนั้น ทำการอุ่นน้ำมัน PME โดยใช้เงื่อนไขในการทดสอบแบบเดียวกันกับการอุ่นน้ำมัน D ในการทำทดสอบได้มีการบันทึกข้อมูล 5 ครั้งและนำมาเฉลี่ยเป็น 1 ครั้งของการทดสอบ โดยทำการเก็บข้อมูลซ้ำๆ กันในระยะเวลา 1 เดือน เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลที่ได้รับ

ตารางที่ 4 สภาวะการทดสอบสมรรถนะ และการปล่อย

สารมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์

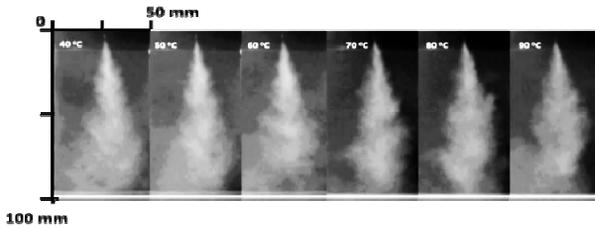
รายการ	สภาวะที่กำหนด
ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	1500-2500±20 rpm
การไหลของไฮดรอลิก	100 %
เชื้อเพลิงที่ทดสอบ	D และ PME
อุณหภูมิ น้ำมันเชื้อเพลิง	$60-90 \pm 0.5$ °C
อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น	80 ± 0.5 °C

5. ผลการวิจัยและอภิปราย

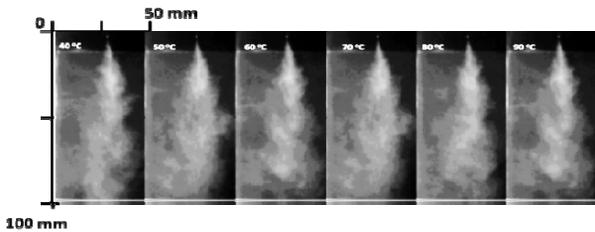
5.1 ผลการวิจัยการสเปรย์เชื้อเพลิง

ในรูปที่ 5 แสดงภาพถ่ายการสเปรย์น้ำมัน D และ PME ที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้จำลอง ณ ความดันบรรยากาศ ที่ความเร็วของอินเวอร์เตอร์ 35 Hz ความเร็วรอบของมอเตอร์ 2000±10 rpm โดยอุณหภูมิ น้ำมันเริ่มต้นที่ประมาณ 40 ± 0.5 °C และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันจาก 50 ถึง 90 ± 0.5 °C ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมัน D และ PME จาก 40 ถึง 90 °C ทำให้ไอระเหยหรือความหนาแน่นของสเปรย์เชื้อเพลิงมากขึ้น ส่งผลให้มุม θ เพิ่มขึ้น ขณะที่ตรวจสอบความยาวของการสเปรย์จากรูปที่ 5 พบว่า ความยาวของการสเปรย์สั้นลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้น ส่งผลให้ระยะ x_r ลดลง ต่อมา กระทำการตรวจสอบมุม θ จากการอุ่นน้ำมัน D และ PME โดยกำหนดให้ความยาวของสเปรย์ที่ฉีดพุ่งออกจากหัวฉีด (x_r) คงที่เท่ากับ 50 mm โดยเริ่มนับจากสเปรย์ถูกฉีดพุ่งออกจากรูของหัวฉีด เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมุม θ

ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า การอุ่นน้ำมัน D จนถึงอุณหภูมิ 90 °C ทำให้มุม θ เพิ่มขึ้น 4.7 องศา และการอุ่นน้ำมัน PME จนถึงอุณหภูมิ 90 °C ทำให้มุม θ ของน้ำมัน PME เพิ่มขึ้น 7.6 องศา เมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมันทั้งสอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Park และคณะ [14]



(ก) ภาพถ่ายการสเปรย์น้ำมัน D

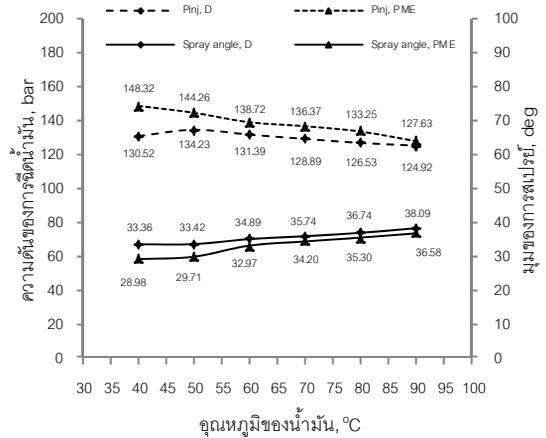


(ข) ภาพถ่ายการสเปรย์น้ำมัน PME

รูปที่ 5 การสเปรย์น้ำมัน D และ PME ที่อุณหภูมิต่างๆ

ทั้งนี้เนื่องจากการอุ่นน้ำมัน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำมันลดลง และความร้อนจากการอุ่นน้ำมันกระตุ้นการแตกตัวของน้ำมัน เมื่อน้ำมันถูกฉีดออกจากหัวฉีดปะทะกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ ทำให้การแตกเป็นละอองน้ำมันง่ายขึ้น และมีละอองน้ำมันขนาดเล็กเพิ่มขึ้น อัตราการระเหยกลายเป็นไอรวดเร็วขึ้น และความหนาแน่นของไอระเหยเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ทำให้มุม θ เพิ่มขึ้น [10-14]

ขณะที่ตรวจสอบความดันของการฉีด (P_{inj}) เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงของจังหวะการฉีด และระยะ x_f จริงที่ได้จากการทดสอบ โดยปรับความเร็วของอินเวอร์เตอร์คงที่ 35 Hz ความเร็วรอบของมอเตอร์ 2000±10 rpm และอุ่นน้ำมันจากอุณหภูมิ 40 ถึง 90±0.5 °C พบว่า การอุ่นน้ำมัน D จนถึงอุณหภูมิ 90 °C ทำให้ P_{inj} ลดลงร้อยละ 4.30 และการอุ่นน้ำมัน PME จนถึงอุณหภูมิ 90 °C ทำให้ P_{inj} ลดลงร้อยละ 13.90 เมื่อเทียบกับกรณีไม่อุ่นน้ำมันทั้งสอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Park และคณะ [14] และ Vojtišek-Lom และคณะ [15]



รูปที่ 6 ความดันของการฉีดน้ำมัน และมุมของการสเปรย์น้ำมันที่อุณหภูมิต่างๆ

ทั้งนี้เนื่องจากการอุ่นน้ำมัน ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง และการไหลของน้ำมันภายในระบบปั๊มเชื้อเพลิงดีขึ้น ส่งผลให้ลูกสูบปั๊มเชื้อเพลิงอัดและดันน้ำมันเข้าไปยังท่อทางน้ำมันของหัวฉีดได้น้อยลง เนื่องจากความสามารถในการอัดตัวได้มากขึ้น ส่งผลให้น้ำมันสามารถยุบตัวได้มากขึ้น ทำให้ความดันของการฉีดน้ำมันลดลง และมีแรงดันการเอาชนะแรงกดของสปริงบนเข็มหัวฉีดน้อยลง ส่งผลให้จังหวะการฉีดล่าช้า ขณะที่น้ำมันถูกฉีดออกจากหัวฉีดพุ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้นั้น เมื่อน้ำมันที่ถูกอุ่นมีความดันของการฉีดน้อยลง ส่งผลให้แรงพุ่งของน้ำมันที่ออกจากหัวฉีดปะทะกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ลดลงด้วย ทำให้ระยะ x_f ลดลง [9-15] ขณะที่ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองภายหลังการคำนวณจากสมการที่ (4) และ (5) พบว่ามีค่า Standard error เท่ากับ 0.28 ดังนั้น ค่าที่บันทึกของข้อมูลจริงคือ ค่าเฉลี่ย±0.28

5.2 ผลการวิจัยสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในรูปที่ 7 และ 8 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมัน D และ PME เป็นเชื้อเพลิง โดยอุณหภูมิน้ำมันเริ่มต้น 47±0.5 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิของเครื่องยนต์ที่มีการทำงานสภาวะคงที่ ภายหลังจากการอุ่นเครื่องยนต์ 15 นาที และต่อมาเริ่มอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 60 จนถึง 90±0.5 °C โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1500-2500±20 rpm ณ ตำแหน่งภาระงานสูงสุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การอุ่นน้ำมัน D และ PME ทำให้ประสิทธิภาพ

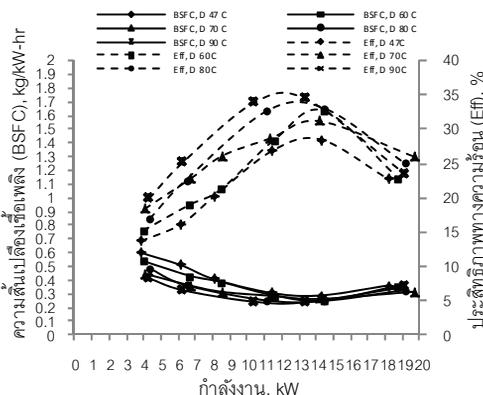
ทางความร้อน (*Eff*) เพิ่มขึ้น และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (*BSFC*) ลดลง

ขณะที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของ *Eff* และ *BSFC* ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000±20 rpm ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ให้ทอร์คหรือแรงบิดสูงสุดพบว่า การอุ่นน้ำมัน D ที่อุณหภูมิ 90 °C ทำให้ *Eff* เพิ่มขึ้นร้อยละ 26.20 และ *BSFC* ลดลงร้อยละ 20.90 เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ น้ำมัน D เริ่มต้น 47 °C ขณะที่การอุ่นน้ำมัน PME ที่อุณหภูมิ 90 °C ทำให้ *Eff* เพิ่มขึ้นร้อยละ 30 และ *BSFC* ลดลงร้อยละ 29.90 เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ น้ำมัน PME เริ่มต้น 47 °C ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Murali และคณะ [1] Rao [6] และ Suthreerasak และคณะ [10-13]

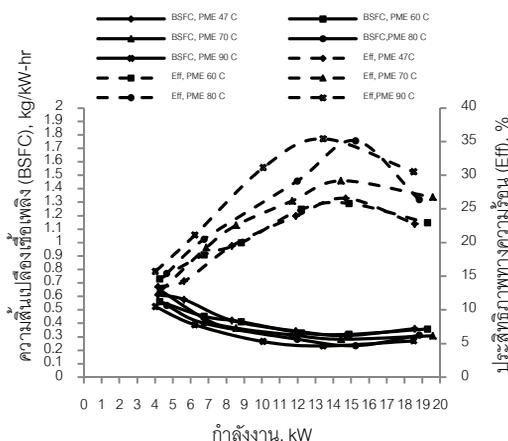
ทั้งนี้คาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากการอุ่นน้ำมัน ทำให้การสเปรย์เชื้อเพลิงดีขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ทำให้ *Eff* เพิ่มขึ้น [10-15] ขณะที่ *BSFC* ลดลง มีสาเหตุมาจากการอุ่นน้ำมัน ทำให้ลูกสูบบีบเชื้อเพลิงอัดและดันน้ำมันเข้าไปยังท่อทางน้ำมันของหัวฉีดลดลง และมีแรงดันเพื่อการเอาชนะแรงกดของสปริงบนเข็มหัวฉีดน้อยลง ส่งผลให้น้ำมันถูกฉีดออกจากหัวฉีดได้น้อยลง ทำให้อัตราการไหลของน้ำมันลดลง แต่น้ำมันทั้งสองมีพลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากการป้อนพลังงานความร้อนให้กับเชื้อเพลิงโดยการอุ่นน้ำมัน ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้รับออกมาจากกระบวนการเผาไหม้เพิ่มมากขึ้น ทำให้การปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้เพิ่มขึ้น [1,7,10-13] ดังนั้น ถ้าพิจารณาที่การให้กำลังงานที่เท่ากัน ส่งผลให้มีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่น้อยลง ทำให้ *BSFC* ลดลง และประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้น ขณะที่ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองภายหลังการคำนวณจากสมการที่ (4) และ (5) พบว่ามีค่า Standard error เท่ากับ 0.37 ดังนั้น ค่าที่บันทึกของข้อมูลจริงคือ ค่าเฉลี่ย ±0.37

ในรูปที่ 9 และ 10 แสดงผล T_{exh} และปริมาณ SN ที่ใช้สภาวะการทดสอบเกี่ยวกับการทดสอบของสมรรถนะของเครื่องยนต์ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การอุ่นน้ำมัน D และ PME ทำให้ T_{exh} และปริมาณ SN มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยที่การอุ่นน้ำมัน D ทำให้ T_{exh} ลดลง แต่ปริมาณ SN เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามการอุ่นน้ำมัน PME ทำให้ T_{exh} เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณ SN ลดลง เมื่อเปรียบเทียบ ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000±20 rpm พบว่า การอุ่นน้ำมัน D จนถึงอุณหภูมิ 90 °C ทำให้ T_{exh} ลดลง 15 °C

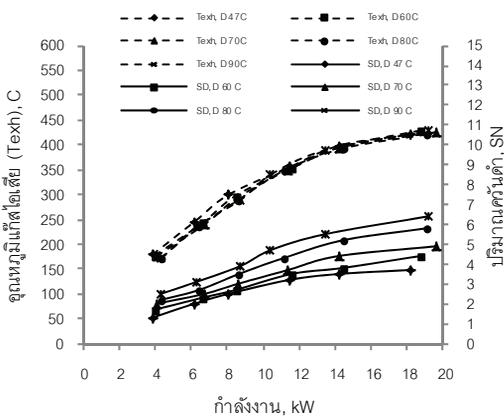
ขณะที่ปริมาณ SN เพิ่มขึ้นร้อยละ 46.9 เมื่อเทียบกับน้ำมันไม่อุ่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Murali และคณะ [1] และ Suthreerasak และคณะ [10-13] ทั้งนี้เชื่อว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มอุณหภูมิ น้ำมัน D ให้สูงขึ้น ทำให้การสเปรย์เชื้อเพลิงดีขึ้น และการจุดระเบิดเร็วขึ้น ทำให้ความล่าช้าในการจุดระเบิดลดลง แต่การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงจะมี 2 ช่วงของการเผาไหม้นั้นคือ ช่วงการเผาไหม้แบบเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Premixed Combustion, *PC*) ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงที่ไอระเหยของเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) ในอากาศ และช่วงการเผาไหม้แบบควบคุมการผสม (Mixing-Controlled Combustion, *MCC*) ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงที่มีการเผาไหม้บริเวณแกนกลาง หรือแกนของเหลวของสเปรย์



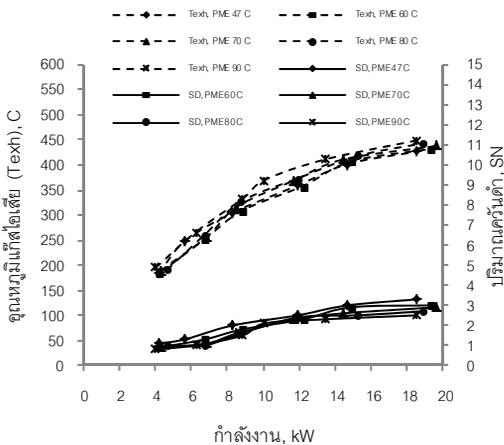
รูปที่ 7 สมรรถนะของเครื่องยนต์จากการอุ่นน้ำมัน D ที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 8 สมรรถนะของเครื่องยนต์จากการอุ่นน้ำมัน PME ที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 9 อุณหภูมิไอเสียและปริมาณควันท้าของเครื่อง ยนต์ จากการอุ่นน้ำมัน D ที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 10 อุณหภูมิไอเสียและปริมาณควันท้าของเครื่อง ยนต์ จากการอุ่นน้ำมัน PME ที่อุณหภูมิต่างๆ

ดังนั้น การอุ่นน้ำมัน D อาจจะทำให้ไอระเหยของเชื้อเพลิงจำนวนมากทำปฏิกิริยากับ O_2 ในอากาศ ส่งผลให้ช่วงเวลาของการเผาไหม้แบบ PC ลดลง เพราะมีอัตราการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้ลดลง ส่งผลให้การเผาไหม้ และการปลดปล่อยพลังงานส่วนใหญ่จึงตกมาอยู่ในช่วง MCC ขณะที่ปริมาณ O_2 ได้ถูกใช้ใน ช่วงก่อนหน้านี้ ทำให้มีปริมาณ O_2 ไม่เพียงพอต่อการเผาไหม้ ณ บริเวณแกนกลางของสเปร์ย์ ส่งผลให้มีการปลดปล่อยปริมาณของ SN เพิ่มขึ้น [7,10-15]

ในทางตรงกันข้ามการอุ่นน้ำมัน PME จนถึงอุณหภูมิ 90 °C ทำให้ T_{exh} เพิ่มขึ้น 14 °C ขณะที่ปริมาณ SN ลดลงร้อยละ 16 เมื่อเทียบกับน้ำมันไม่อุ่น ทั้งนี้เชื่อว่า

น่าจะมีสาเหตุมาจากการอุ่นน้ำมัน PME ทำให้ไอระเหยของน้ำมัน PME เพิ่มขึ้น และทำปฏิกิริยากับปริมาณ O_2 ในอากาศรวดเร็วขึ้น แต่น้ำมัน PME เป็นผลผลิตมาจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งภายในน้ำมันปาล์มมีองค์ประกอบของออกซิเจนจำนวนมาก [10-15] ส่งผลให้การทำปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยของน้ำมัน PME และปริมาณ O_2 ได้มากขึ้น ทำให้ช่วงเวลาของการเผาไหม้ และการปลดปล่อยพลังงานส่วนใหญ่ตกอยู่ในช่วง PC ทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้เพิ่มขึ้น และต่อมามีปริมาณ O_2 ที่เพียงพอต่อการเผาไหม้บริเวณแกนกลางของสเปร์ย์ ส่งผลให้การเผาไหม้ และการปลดปล่อยพลังงานในช่วง MCC ลดลง ทำให้ปริมาณ SN ลดลง [7, 10-15]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการตรวจสอบปริมาณสารมลพิษต่างๆ ได้แก่ CO, HC, CO_2 และ NO_x นอกจากนี้ ยังมีข้อผิดพลาดในด้านของความละเอียดทางด้านเทคนิคการถ่ายภาพ เนื่องจากใช้กล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลในการบันทึกภาพ ดังนั้น ทิศทางการวิจัยในอนาคตของงานวิจัยนี้ ควรจะศึกษาทางด้านความละเอียดของการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพแบบความเร็วสูง ศึกษาการอุ่นน้ำมันเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงที่มีการอัดอากาศ และใช้ระบบเชื้อเพลิงแบบ Common rail และศึกษาคุณลักษณะของการเผาไหม้และการปลดปล่อยสารมลพิษต่างๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลแบบดังกล่าว

6. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการสเปร์ย์และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงโดยการอุ่นน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลจากอุณหภูมิน้ำมันปกติจนถึงอุณหภูมิน้ำมัน 90 °C พบว่า มุมการสเปร์ย์ของน้ำมันทั้งสองเพิ่มขึ้น ระยะการสเปร์ย์สั้นลง และความดันของการฉีดเชื้อเพลิงลดลง ขณะที่ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่า ประสิทธิภาพทางความร้อนจากการอุ่นน้ำมันทั้งสองเพิ่มขึ้น และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงเมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน แต่ผลการทดสอบทางด้านอุณหภูมิแก๊สไอเสียและปริมาณควันท้าของน้ำมันทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยที่การอุ่นน้ำมันดีเซล ทำให้อุณหภูมิแก๊สไอเสียลดลง แต่ปริมาณควันท้าเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม การอุ่นน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากปาล์มดิบ ทำให้อุณหภูมิแก๊สไอเสียเพิ่มขึ้น และปริมาณควันท้าลดลงเมื่อเทียบกับการไม่อุ่นน้ำมัน ทั้งนี้คาดว่าน่าจะเกิดจากคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่

แตกต่างกัน ทำให้คุณลักษณะของการเผาไหม้และการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์มีการเปลี่ยนแปลงไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ที่ให้การสนับสนุนสำหรับการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณ คุณจักรกฤษณ์ บุญรินทร์ คุณคมสัน โต๊ะดี และคุณพิชญ์ แก้วเกิด ที่ช่วยเก็บข้อมูล และให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Murali RBV, Hanumantha Rao YV, Venkateswarlu K, Ranjith Kumar V. Performance and emissions evaluation of diesel engine with pre-heated bio diesel. *International Journal of Engineering Science Invention*. 2013; 2(6): 63-71.
- [2] Poonnakhun W, Suntivarakorn P, Theragulpisut S, Sookkumnerd C. The effect of biodiesel on diesel engine performance. *KKU Engineering Journal*. 2006; 33(3): 193-208. (In Thai).
- [3] Hossain AK, Davies PA. Plant oils as fuels for compression ignition engines: a technical review and life-cycle analysis. *Renewable Energy*. 2010; 35: 1-13.
- [4] No SY. Inedible vegetable oils and their derivatives for alternative diesel fuels in CI engines: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15: 131-49.
- [5] Ameer Basha S, Raja Gopal K, Jebaraj S. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance, *Renewable and Sustainable Energy Review*. 2009; 13: 1628-34.
- [6] Rao PV. Experimental investigations on the influence of properties of jatropha biodiesel on performance, combustion, and emission characteristics of a DI-CI engine. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2011; 51: 854-67.
- [7] Canakai M. Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel. *Bioresource Technology*. 2007; 98: 1167-75.
- [8] Agarwal D, Kumar L, Agarwal AK. Performance evaluation of a vegetable oil fuelled compression ignition engine. *Renewable Energy*. 2008; 33: 1147-56.
- [9] Puhan S, Jegan R, Balasubbramanian K, Nagarajan G. Effect of injection pressure on performance, emission and combustion characteristics of high linolenic linseed oil methyl ester in a DI diesel engine. *Renewable Energy*. 2009; 34: 1227-33.
- [10] Sutheerasak E, Sanitjai S, Chanchaona S. Analysis of preheating diesel fuel: combustion and emission characteristics, the 18th Conference of Mechanical Engineering Network; 2004 Oct 18-20; Thailand; 2004. p. 30-7. (In Thai).
- [11] Sutheerasak E, Sanitjai S, Chanchaona S. Analysis of preheating diesel/palm oil blends on combustion and emission characteristics in a diesel engine. the 19th Conference of Mechanical Engineering Network; 2005 Oct 18-20; Thailand; 2005. p. 140-7. (In Thai).
- [12] Sutheerasak E, Sanitjai S, Chanchaona S. Influence of diesel-biodiesel oil blend temperatures on combustion characteristics in an engine. the 23th Conference of Mechanical Engineering Network; 2009 Nov 4-7; Thailand; 2009. p. 123-30. (In Thai).
- [13] Sutheerasak E, Sanitjai S, Chanchaona S. Investigation on the combustion characteristics and emissions of a diesel engine using preheated biodiesel oil. *The 2nd AUN/SEED-Net Regional Workshop on New/Renewable Energy*. 2010 Jan 21-22; Thailand; 2010. p. 1-10.

- [14] Park SH, Kim HJ, Suh HK, Lee CS. Experimental and numerical analysis of spray-atomization characteristics of biodiesel fuel in various fuel and ambient temperatures conditions. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2009;30: 960-70.
- [15] Vojtišek-Lom M, Pechout M, Barbolla A. Experimental investigation of the behavior of non-esterified rapeseed oil in a diesel engine mechanical fuel injection system. *Fuel*. 2012;97: 157-65.
- [16] Sovani SD, Chou E, Sojka PE, Gore JP, Eckerle WA, Crofts JD. High pressure effervescent atomization: effect of ambient pressure on spray cone angle. *FUEL Paper*. 2001; 80: 427-35.
- [17] Lee SW, Kusaka J, Daisho Y. Spray characteristics of alternative fuels in constant volume chamber. *JSAE Review*. 2001;22:271-76.