



การตรวจสอบความเสียดทานในปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมที่ใช้ไบโอดีเซล

Friction Investigation in Common Rail Fuel Injection Pump Running on Biodiesel

วิรัตน์ สิทธิรัตน์, สถาพร เชื้อเพ็ง* และ สืบสกุล คุรุรัตน์

กลุ่มวิจัยเทคโนโลยียานยนต์และพลังงานทางเลือก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา 199 หมู่ 6 ตำบลทุ่งสุขลา อำเภศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

*ติดต่อ: schuepeng@eng.src.ku.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 038354580, เบอร์โทรสาร 038354849

บทคัดย่อ

เชื้อเพลิงผสมไบโอดีเซลได้ถูกนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมมากขึ้น การเพิ่มสัดส่วนของไบโอดีเซลในเชื้อเพลิงผสมอาจส่งผลกระทบต่อปั๊มแรงดันสูงอันเนื่องมาจากสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ สมบัติทางกายภาพบางอย่างยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อตรวจสอบลักษณะของความเสียดทานที่เกิดภายในปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมที่ใช้ไบโอดีเซล มีการหาค่าความเสียดทานบนแท่นทดสอบปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ ความเสียดทานในปั๊มแบบรางร่วมหาได้จากการบริโภคกำลังด้วยมอเตอร์ที่เป็นตัวขับหักลบออกไปด้วยการสูญเสียในมอเตอร์ ปั๊มทำงานในสภาวะคงตัวที่ 1,450 รอบต่อนาที ในขณะที่เชื้อเพลิงไบโอดีเซลได้ถูกทดสอบที่อุณหภูมิการฉีดในช่วง 35 ถึง 70 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล ความดันเชื้อเพลิงในรางร่วมได้ถูกกำหนดให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 200 บาร์ ผลจากการทดลองเปิดเผยให้เห็นถึงการที่เชื้อเพลิงไบโอดีเซลทำให้เกิดกำลังความเสียดทานที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงความดันฉีดเชื้อเพลิงที่น้อยกว่า 60 บาร์ ในขณะที่อุณหภูมิการฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นช่วยลดกำลังความเสียดทาน นอกจากนี้ การเพิ่มความดันฉีดเชื้อเพลิงทำให้กำลังความเสียดทานในปั๊มเพิ่มมากขึ้น

คำหลัก: ความเสียดทาน; ดีเซล; ไบโอดีเซล; ปั๊ม; รางร่วม

Abstract

Biodiesel blended fuel has been increasingly used in diesel engines with common rail fuel injection system. Increasing biodiesel proportion in the blended fuels may affect to the high pressure pump as the different physical properties of the fuels have been altered. In addition, some physical properties are also dependent on temperature. The objective of this research work is to investigate the friction characteristics of diesel common rail fuel injection pump running on biodiesel. The friction power has been determined on a common rail injection pump – motor test rig. The power consumption by the motor driver suppressed by loss in the motor is considered as a friction in the common rail pump. The pump runs in steady-state condition at 1,450 rpm while biodiesel was tested at injection temperatures ranging from 35 to 70°C in comparison with diesel fuel. The fuel pressure was set in the rail in between 0 and 200 bars. The experimental results have been revealed that the

use of biodiesel fuel generates greater friction power in the injection pressure range of less than 60 bars while the elevated injection temperatures lower the friction power. In addition, the more the injection pressure, the more the friction power generated in the fuel injection pump.

Keywords: friction; diesel; biodiesel; pump; common rail

1. บทนำ

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในภาคการขนส่งและเริ่มมีจำนวนการใช้งานเพิ่มมากขึ้นสำหรับตลาดรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เทคโนโลยีสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซลมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ หนึ่งในระบบการทำงานที่สำคัญของเครื่องยนต์ดีเซลคือระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ได้มีการปรับปรุงความดันในการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อแก้ไขปัญหาด้านมลพิษและปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ [1]

ระบบฉีดเชื้อเพลิงดีเซลแบบรางร่วม (Common Rail Diesel Fuel Injection System) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถทำงานที่ความดันสูงได้ (ในปัจจุบันประมาณ 2,000 bar หรือสูงกว่า [2]) โดยเป็นอิสระจากจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง (Injection Timing) ที่ถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) ระบบฉีดเชื้อเพลิงดีเซลแบบรางร่วมประกอบด้วย ปั๊มแรงดันสูง เพื่อใช้ในการอัดน้ำมันเข้าสู่รางร่วม และรอจังหวะการฉีดที่เหมาะสมที่ประมวลได้จากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องยนต์ดีเซลในปัจจุบันได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถใช้งานได้กับเชื้อเพลิงทดแทน เช่น ไบโอดีเซล [3] เพื่อลดมลพิษทางอากาศซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์และเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม [4] เชื้อเพลิงไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิด [5] Guan et al. (2014) [6] ศึกษาเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่ได้จากถั่วเหลืองด้วยอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงดีเซล-ไบโอดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ

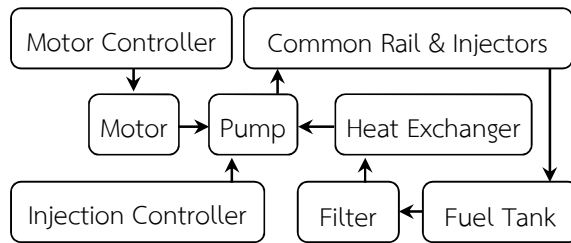
ด้วยส่วนประกอบของไบโอดีเซลเป็นเอสเทอร์ที่มีสมบัติเป็นตัวทำละลาย จึงมีผลต่อซีลยางบางชนิดและท่อยาง อาจทำให้ยางหรือพลาสติกเสียหายได้ [7] นอกจากนี้ปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงจะได้รับผลกระทบและเกิดความผิดปกติ ส่งผลให้ข้อบกพร่องของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์และการเกิดก๊าซมลพิษ [8] Holmberg et al. (2014) [9] ศึกษาแรงเสียดทานในเครื่องยนต์ของรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ เนื่องจากแรงเสียดทานจะส่งผลกระทบต่อให้กับเครื่องยนต์และส่วนต่างๆของรถยนต์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษากำลังความเสียดทานภายในปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลพร้อมกับเปรียบเทียบกำลังความเสียดทานของปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้การควบคุมอุณหภูมิเชื้อเพลิงและความดันในการฉีดเชื้อเพลิง ในกรณีนี้ ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมได้ถูกทดสอบหาค่ากำลังความเสียดทานโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ ปั๊มทำงานในสภาวะคงตัวที่ 1,450 rpm ในขณะที่เชื้อเพลิงไบโอดีเซลได้ถูกทดสอบที่อุณหภูมิการฉีดในช่วง 35 ถึง 70 °C ความดันเชื้อเพลิงในรางร่วมได้ถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 200 bar นัยสำคัญของข้อมูลความเสียดทานที่เกิดขึ้นในปั๊มฉีดเชื้อเพลิงจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบการฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเพื่อลดความสูญเสียในเครื่องยนต์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ชุดอุปกรณ์การทดสอบปั๊มฉีดเชื้อเพลิงดีเซล

ในงานวิจัยนี้ ป้อนฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมได้ถูกติดตั้งบนแท่นทดสอบความเสียดทานโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน รูปที่ 1 เป็นแผนผังอุปกรณ์ของชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์ของชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม

ผู้ผลิต	Denso
ชนิด	Diesel Injector Pump
หมายเลขโมเดล	SM294000-090
เครื่องยนต์	Toyota 2KD
น้ำหนัก	6 kg

ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม รางร่วม และหัวฉีดยี่ห้อ Denso เป็นของเครื่องยนต์ดีเซลโตโยต้า รุ่น 2KD ข้อมูลจำเพาะของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมแสดงได้ดังตารางที่ 1

เครื่องควบคุมการฉีดเป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator) จาก Motorscan Model 2500 ใช้สร้างสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมให้แก่วาล์วควบคุมการดูด (Suction Control Valve) ของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม โดยควบคุมแรงดันไฟกระแสตรง 12 V มีคาบและ duty cycle เป็น 20 ms และ 12 ms ตามลำดับ ค่าทั้งสองดังกล่าวเป็นค่าที่ถูกเลือกขึ้นมาเพื่อให้สามารถสร้างความดันฉีดเชื้อเพลิงได้สูงถึง 200 bar

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 2 H.P. ความเร็วรอบ 1,450 rpm ถูกใช้เป็นตัวขับเคลื่อนปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม ทั้งนี้ กำลังขับของมอเตอร์ไฟฟ้าที่เลือกใช้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่จะต้องมีย่านค่ามากกว่ากำลังความเสียดทานของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม โดยรอบการทำงานของมอเตอร์นั้นมีค่าเท่ากับรอบการหมุนของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมที่หมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ซึ่งเป็นค่าตัวแทนสำหรับการทดลองนี้ ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์แสดงในตารางที่ 2 ในกรณีนี้ ตัวส่งผ่านกระแสไฟฟ้าและวัดกำลังงานที่ส่งให้มอเตอร์เป็นของ Primus รุ่น KM-03 โดยมีความถูกต้องอยู่ในช่วง ± 1 % ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ถูกวัดโดยใช้ Proximity Sensor จาก Aeco รุ่น SI18-CE8 NPN NO กับตัวตรวจจับความเร็วจาก Primus รุ่น CM-001-L 220 VAC

ตารางที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์

ผู้ผลิต	Mitsuromar
รุ่น	YCL 100L-4
ชนิด	Single Phase Motor
กำลัง	1.5 kW (2 H.P.)
ความเร็วรอบ	1,450 rpm
ความถี่	50 Hz
ความต่างศักย์	230 V
กระแสไฟฟ้า	9.3 A

เชื้อเพลิงที่ถูกดูดมาจากถังเชื้อเพลิงผ่านไส้กรองไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ liquid-to-liquid ที่จุ่มอยู่ในอ่างน้ำของ Lauda Model Ecoline 011 โดยมีตัวควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามอุณหภูมิเชื้อเพลิงภายในตัวปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง ± 0.1 °C ของอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เชื้อเพลิงที่ถูกควบคุมอุณหภูมิได้ถูกดูดเข้าปั๊มและฉีดสู่สภาวะบรรยากาศแล้วไหลกลับสู่ถังเชื้อเพลิง

2.2 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบมี 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงไบโอดีเซล เชื้อเพลิงดีเซลที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดในประเทศไทยปัจจุบันมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลไม่เกิน 5% โดยปริมาตร หรือที่นิยมเรียกกันว่า B5 ส่วนเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่ใช้ไม่มีจำหน่ายปลีกในสถานีบริการเชื้อเพลิงทั่วไป เป็นแบบบริสุทธิ์ 100% หรือที่นิยมเรียกกันว่า B100 คุณสมบัติโดยหลักของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและไบโอดีเซลถูกแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

คุณสมบัติ	ดีเซล	ไบโอดีเซล
ความหนืดจลน์ที่ 40°C	2.9 cSt	4.51 cSt
ความหนาแน่นที่ 15°C	0.8255 kg/l	0.8752 kg/l
น้ำและตะกอน	<0.005 %vol.	0.03 %wt
กำมะถัน	0.0037 %wt	0.0002 %wt
จุดวาบไฟ	60 °C	131 °C
กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์	4.7 %vol.	
เอสเทอร์		98.08 %wt

2.3 วิธีการทดสอบสมรรถนะปั๊มฉีดเชื้อเพลิง

การทดสอบสมรรถนะของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม เริ่มจากการตั้งค่าเครื่องควบคุมการฉีด โดยกำหนดคาบคงที่ไว้ที่ 20 ms และ duty cycle เป็น 12 ms จะทำหน้าที่ป้อนสัญญาณให้กับวาล์วควบคุมการดูดของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วม กำหนดอุณหภูมิเชื้อเพลิงไว้ที่ 35, 40, 50, 60 และ 70 °C แล้วเปิดเครื่องทดสอบโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ หลังจากที่มีมอเตอร์เริ่มทำงานปั๊มแรงดันสูงจะเริ่มดูดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ามาในปั๊ม

โดยน้ำมันเชื้อเพลิงจะไหลผ่านกรองน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าสู่ปั๊มและรางร่วม โดยที่ทางออกของรางร่วมติดตั้งตัวจำกัดความดันและมาตรวัดความดันโดยตั้งความดันไว้ที่ 0-200 bar ทำการทดลองในสภาวะคงตัว โดยรอเมื่อเครื่องทดสอบเดินเครื่องให้ได้ อุณหภูมิเชื้อเพลิงภายในปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมมีค่าคงที่ตามที่กำหนดไว้จึงทำการเก็บข้อมูลกำลังความเสียดทาน

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

กำลังที่วัดได้จากการป้อนให้กับมอเตอร์ถูกหักลบออกไปด้วยกำลังที่มอเตอร์ต้องใช้ ซึ่งได้จากการสอบเทียบมอเตอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ทำให้สามารถหาค่ากำลังความเสียดทาน (Friction Power) ในปั๊มหัวฉีดได้ ยกตัวอย่างเช่น วัดกำลังที่ป้อนให้มอเตอร์ได้ 0.41 kW แต่มอเตอร์ต้องใช้กำลัง 0.05 kW ดังนั้น ปั๊มหัวฉีดมีกำลังเสียดทานเป็น 0.36 kW

การวิเคราะห์ข้อมูลกำลังความเสียดทานในปั๊มจะแปรตาม (ก) ชนิดของเชื้อเพลิง (ข) ความดันในการฉีด และ (ค) อุณหภูมิ

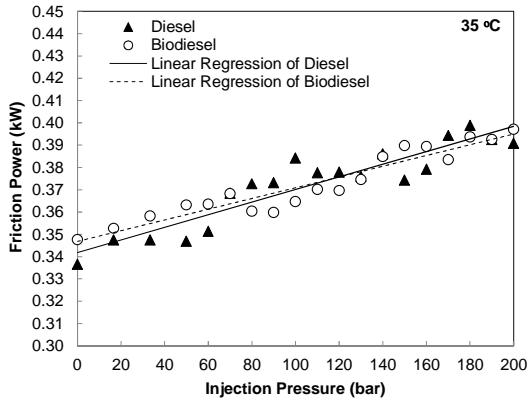
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของความดันฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อกำลังความเสียดทานในปั๊ม

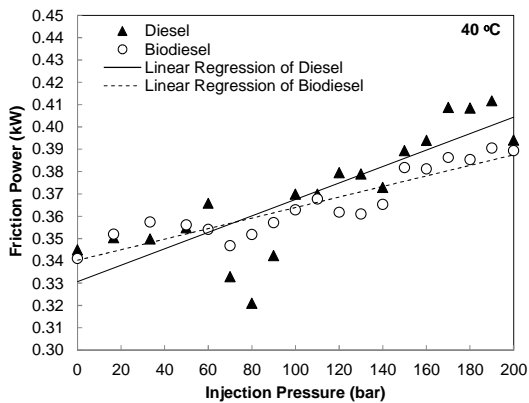
รูปที่ 2 ถึง 6 แสดงผลกระทบจากความดันฉีดเชื้อเพลิงที่มีต่อกำลังความเสียดทานของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลและดีเซลที่อุณหภูมิ 35, 40, 50, 60 และ 70 °C ตามลำดับ ในช่วงความดันฉีดเชื้อเพลิง 0-200 bar

โดยทั่วไป หากไม่คำนึงถึงชนิดของเชื้อเพลิงแล้ว เมื่อเพิ่มความดันในการฉีดเชื้อเพลิง กำลังความเสียดทานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีดเชื้อเพลิงและกำลังความเสียดทานสามารถแทนได้ด้วยสมการเชิงเส้นตรงสำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ค่า

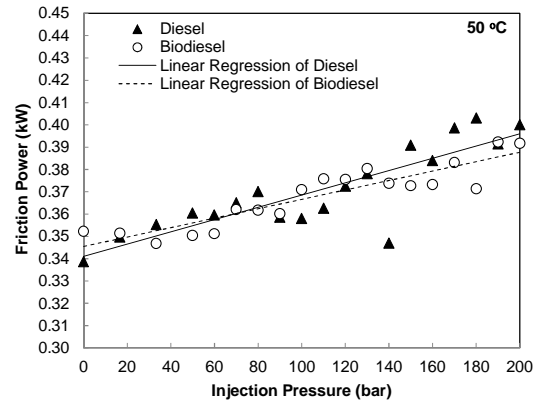
กำลังความเสียดทานของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมนี้มี
ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดเป็น 0.318 และ 0.412 kW
ตามลำดับ



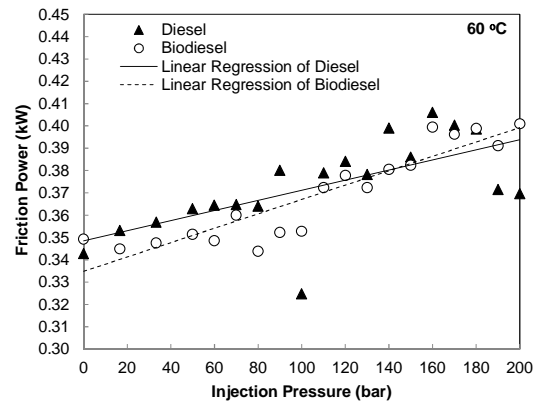
รูปที่ 2 กำลังความเสียดทานของปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิง
ไบโอดีเซลและดีเซลที่อุณหภูมิ 35 °C



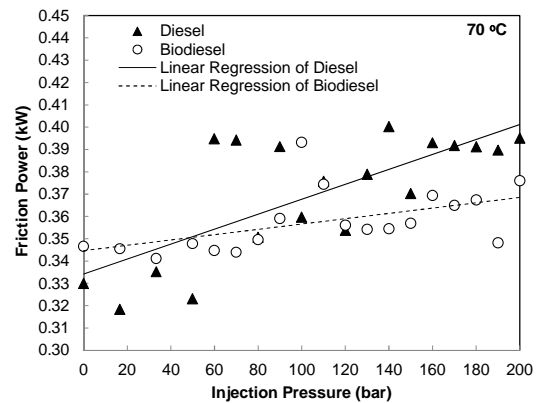
รูปที่ 3 กำลังความเสียดทานของปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิง
ไบโอดีเซลและดีเซลที่อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4 กำลังความเสียดทานของปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิง
ไบโอดีเซลและดีเซลที่อุณหภูมิ 50 °C



รูปที่ 5 กำลังความเสียดทานของปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิง
ไบโอดีเซลและดีเซลที่อุณหภูมิ 60 °C



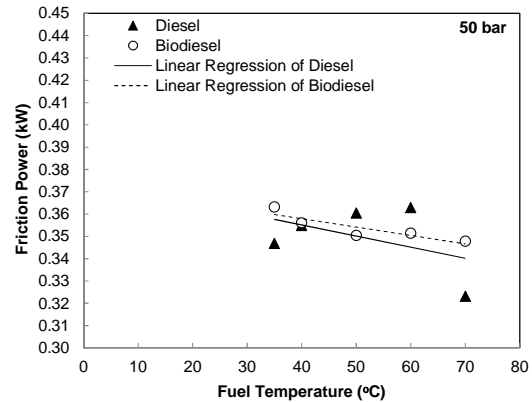
รูปที่ 6 กำลังความเสียดทานของปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิง
ไบโอดีเซลและดีเซลที่อุณหภูมิ 70 °C

จากแนวโน้มของกำลังความเสียดทานที่แสดงในรูปที่ 2 ถึง 6 การใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลในช่วงอุณหภูมิ 35 ถึง 70 °C กับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรวมนี้ก่อให้เกิดกำลังความเสียดทานที่มากกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลที่ความดันในการฉีดต่ำในช่วง 0-60 bar สำหรับช่วงความดัน 60-140 bar เป็นช่วงเปลี่ยนแปลง และเมื่อความดันในการฉีดเพิ่มขึ้นเกินกว่า 140 bar จนกระทั่งถึง 200 bar กำลังความเสียดทานในปั๊มเมื่อใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจะมีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล นอกจากนี้ ข้อมูลกำลังความเสียดทานที่แสดงในรูปที่ 2 ถึง 6 ยังแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่เก็บได้จากการทดลองมีการแปรผันเมื่ออุณหภูมิเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น

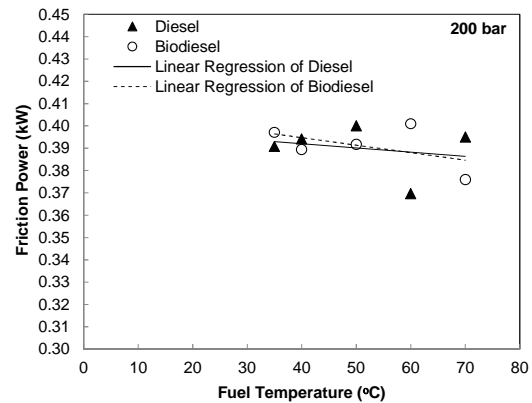
เมื่อทำการวิเคราะห์จากเส้นแนวโน้มของกำลังความเสียดทานที่แปรผันตามความดันในการฉีดเชื้อเพลิงแล้วพบว่า ณ ความดันฉีดเชื้อเพลิงสูงสุด 200 bar ที่ใช้ในการทดลองนี้ (รูปที่ 6) การใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลกับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรวมนี้ก่อให้เกิดกำลังความเสียดทานน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.03 kW คิดเป็น 8.1 %

3.2 ผลของอุณหภูมิเชื้อเพลิงที่มีต่อกำลังความเสียดทานในปั๊ม

รูปที่ 7 และ 8 แสดงถึงอิทธิพลของอุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการฉีดที่มีต่อกำลังความเสียดทานของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลที่ความดัน 50 และ 200 bar ตามลำดับ ตลอดช่วงอุณหภูมิของเชื้อเพลิง 35, 40, 50, 60 และ 70 °C



รูปที่ 7 ผลของอุณหภูมิเชื้อเพลิงที่มีต่อกำลังความเสียดทานในปั๊มที่ความดันฉีด 50 bar



รูปที่ 8 ผลของอุณหภูมิเชื้อเพลิงที่มีต่อกำลังความเสียดทานในปั๊มที่ความดันฉีด 200 bar

โดยทั่วไป หากไม่คำนึงถึงชนิดของเชื้อเพลิงแล้ว เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเชื้อเพลิง กำลังความเสียดทานมีแนวโน้มลดลง โดยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเชื้อเพลิงและกำลังความเสียดทานสามารถแทนได้ด้วยสมการเชิงเส้นตรงสำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด โดยที่ กำลังความเสียดทานเมื่อใช้ความดันในการฉีดเชื้อเพลิงค่าอื่นมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน (ไม่ได้แสดงผล)

เมื่อเปรียบเทียบผลในรูปที่ 7 และ 8 โดยไม่คำนึงถึงชนิดของเชื้อเพลิง เมื่อใช้ความดันในการฉีดเชื้อเพลิงที่มากกว่า (200 bar) ทำให้เกิดกำลังความเสียดทานในปั๊ม

ฉีดเชื้อเพลิงมากกว่า เมื่อเทียบกับที่ความดันในการฉีดที่ต่ำกว่า (50 bar)

เมื่อพิจารณาถึงชนิดของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงไบโอดีเซลก่อให้เกิดกำลังความเสียหายที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตลอดช่วงอุณหภูมิ 35 ถึง 70 °C เมื่อทำการวิเคราะห์จากเส้นแนวโน้มของกำลังความเสียหายที่แปรผันตามอุณหภูมิเชื้อเพลิงแล้ว พบว่า ณ ความดันฉีดเชื้อเพลิง 50 bar และ 200 bar (รูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ) การใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลกับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมนี้ก่อให้เกิดกำลังความเสียหายมากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลโดยเฉลี่ยตลอดช่วงอุณหภูมิที่ทดสอบ 0.003 kW (0.90 %) และ 0.003 kW (0.84 %) ตามลำดับ

โดยทั่วไป การเปลี่ยนอุณหภูมิเชื้อเพลิงส่งผลโดยตรงกับความหนืดและความหนาแน่น ดังนั้น อาจต้องมีการตรวจสอบค่าความหนืดและความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเชื้อเพลิง ตลอดจนดัชนีความหนืด (Viscosity Index) ของเชื้อเพลิง ทั้งนี้เนื่องจากรูปที่ 7 และ 8 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความชันของกำลังเสียหาย ซึ่งโดยหลักแล้วมีการเปลี่ยนแปลงตามความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบความเสียหายในปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนในช่วงอุณหภูมิ 35 ถึง 70 °C ความดันช่วง 0 ถึง 200 bar พบว่า ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้กับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมส่งผลต่อค่ากำลังความเสียหายที่เกิดขึ้นในปั๊ม

เมื่อเพิ่มความดันในการฉีดเชื้อเพลิง กำลังความเสียหายมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นตรง ค่ากำลังความเสียหายของปั๊มน้อยที่สุดและมากที่สุดเป็น 0.318 และ 0.412 kW ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์จากเส้นแนวโน้ม พบว่า ณ ความดันฉีดเชื้อเพลิงสูงสุด 200 bar การใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลกับปั๊มฉีด

เชื้อเพลิงแบบรางร่วมนี้ก่อให้เกิดกำลังความเสียหายน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 8.1 %

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเชื้อเพลิง กำลังความเสียหายมีแนวโน้มลดลงเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นตรง เชื้อเพลิงไบโอดีเซลก่อให้เกิดกำลังความเสียหายที่มากกว่าเชื้อเพลิงดีเซลตลอดช่วงอุณหภูมิ 35 ถึง 70 °C

อย่างไรก็ตาม ควรมีการตรวจสอบดัชนีความหนืดซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกำลังเสียหายเมื่ออุณหภูมิเชื้อเพลิงเปลี่ยนไป และหากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบรางร่วมทำงานที่ความดันฉีดเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น พฤติกรรมการฉีดเชื้อเพลิงอาจเปลี่ยนไป ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วน of ผลกระทบที่อาจเกิดจากอุณหภูมิเชื้อเพลิงเมื่อปั๊มฉีดเชื้อเพลิงทำงานที่แรงดันสูงกว่าที่ใช้ในงานนี้

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา (สัญญาเลขที่ 4/2557) ขอขอบคุณบริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) และ บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนนำเสนองานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Han, D., Li, K., Duan, Y., Lin, H. and Huang, Z. (2017) Numerical study on fuel physical effects on the split injection processes on a common rail injection system, *Energy Conversion and Management*, vol. 134, pp. 47 – 58.
- [2] Jia, T., Yu, Y. and Li, G. (2017) Experimental investigation of effects of super high injection pressure on diesel spray and induced shock



waves characteristics, *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 85, pp. 399 – 408.

[3] Armas, O., Martínez-Martínez, S. and Mata, C. (2011) Effect of an ethanol – biodiesel – diesel blend on a common rail injection system, *Fuel Processing Technology*, vol. 92, pp. 2145 – 2153.

[4] Geng, P., Cao, E., Tan, Q. and Wei, L. (2017) Effects of alternative fuels on the combustion characteristics and emission products from diesel engines: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 71, pp. 523 – 534.

[5] Mangus, M., Kiani, F., Mattson, J., Tabakh, D., Petka, J., Depcik, C., Peltier, E. and Stagg-Williams, S. (2015) Investigating the compression ignition combustion of multiple biodiesel/ULSD (ultra – low sulfur diesel) blends via common – rail injection, *Energy*, vol. 89, pp. 932 – 945.

[6] Guan, L., Tang, C., Yang, K., Mo, J. and Huang, Z. (2014) Effect of di-n-butyl ether blending with soybean – biodiesel on spray and atomization characteristics in a common rail fuel injection system, *Fuel*, vol. 140, pp. 116 – 125.

[7] Saltas, E., Bouilly, J., Geivanidis, S., Samaras, Z., Mohammadi, A. and Iida, Y. (2017) Investigation of the effects of biodiesel aging on the degradation of common rail fuel injection systems, *Fuel*, vol. 200, pp. 357 – 370.

[8] Xu-Guang, T., Hai-Lang, S., Tao, Q., Zhi-Qiang, F. and Wen-Hui, Y. (2012) The impact of common rail system’s control parameters on the performance of high – power diesel, *Energy Procedia*, vol. 16, pp. 2067 – 2072.

[9] Holmberg, K., Andersson, P., Nylund, N., Makela, K. and Erdemir, A. (2014) Global energy consumption due to friction in trucks and buses, *Tribology International*, vol. 78, pp. 94 – 114.