



การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 และบี20 โดยการประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

A Comparison of Output Torque in a Diesel Engine Fuelled with Biodiesel B5 and B20 by Applying Linear Regression Equations

สุพิชชา ชีวพฤกษ์¹ ฐิติมา ชวงชัย² และเชษฐวุฒิ ภูมิพัฒน์พงศ์³

Supitcha Cheevapruk¹ Thitima Chuangchai² and Chedthawut Poompipatpong³

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-mail: supitcha.c@cit.kmutnb.ac.th

Asst.Prof. Department of Information and Production Management. College of Industrial Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-mail: thitima.c@cit.kmutnb.ac.th

Asst.Prof. Department of Information and Production Management. College of Industrial Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

³ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-mail: chedthawut.p@cit.kmutnb.ac.th

Assoc.Prof. Department of Information and Production Management. College of Industrial Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Received: 10 ก.ค. 63 Revised: 9 ส.ค. 63 Accepted: 30 ต.ค. 63

DOI: 10.14416/j.ted.2022.08.013

บทคัดย่อ

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกที่น่าสนใจและได้รับการสนับสนุนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย เนื่องจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม น้ำมันไบโอดีเซล บี20 จึงถูกทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล บี5 โดยใช้เครื่องยนต์เรือประมงขนาด 10,450 cc เป็นเครื่องยนต์ทดสอบและมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการเปรียบเทียบแรงบิดเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งสองชนิดด้วยวิธีดั้งเดิมคือ วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และนำเสนอวิธีการเปรียบเทียบแบบใหม่คือ วิธีการเปรียบเทียบโดยประยุกต์ใช้การถดถอยเชิงเส้น ผลการวิเคราะห์พบว่าวิธีการเปรียบเทียบทั้งสองรายงานความแตกต่างเท่ากับ -7.54% และ -7.22% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลดังกล่าวพบว่าวิธีการทั้งสองมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ผลการวิจัยเพิ่มเติม แต่การเปรียบเทียบด้วยวิธีแบบใหม่มีความยืดหยุ่นและน่าจะมีผลถูกต้องมากกว่าซึ่งส่งผลให้จำนวนการทดสอบของงานวิจัยในอนาคตลดลงได้ รายละเอียดการคำนวณของวิธีต่าง ๆ ได้นำเสนอไว้อยู่ภายในบทความ

คำสำคัญ: แรงบิด น้ำมันไบโอดีเซล การเปรียบเทียบ การถดถอยเชิงเส้น

Abstract

Biodiesel is an interesting alternative fuel which is supported in accordance with Thailand alternative energy plan because it positively affects the environment and economic system. Biodiesel B20 is operated in a 10,450-cc fishery engine in this research. The result is compared to that of biodiesel B5. The main objective of this research is to compare the output torques from both fuels by using the conventional technique (the comparison of the average values) and presents a new comparison technique by applying linear regression equations. Both techniques report the differences of -7.54% and -7.22%, respectively. The analysis can be concluded that both techniques are possible for further analysis. However, the new approach is more flexible and accurate, which leads to the reduction of experimentation in future research. The details of the calculation are also presented in the paper.

Keywords: Torque, Biodiesel, Comparison, Linear Regression

1. บทนำ

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานเชื้อเพลิงทางเลือกที่ได้รับการสนับสนุนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) การใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ไม่เพียงแต่เป็นการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศแล้วยังมีส่วนทำให้เศรษฐกิจภายในประเทศหมุนเวียนในทุกระดับ ตั้งแต่เกษตรกรจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยได้ยืนยันถึงผลดีของการใช้น้ำมันไบโอดีเซลถึงปริมาณมลพิษไอเสียหลายชนิดที่ลดลงชัดเจน [1-4]

การใช้น้ำมันไบโอดีเซลในประเทศไทยได้ถูกผลักดันอย่างครบวงจรตั้งแต่การเริ่มวิจัยพัฒนาวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การเพิ่มปริมาณวัตถุดิบ การเพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกพืชพลังงาน การส่งเสริมการผลิต จนกระทั่งการส่งเสริมการตลาด [5] ภาครัฐยังคงให้ความสำคัญกับการวิจัยเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับหลากหลายกลุ่มผู้บริโภค เช่น โครงการวิจัยและทดสอบการใช้ไบโอดีเซลตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไปกับเรือประมง ในปี พ.ศ. 2551 โครงการสร้างความเข้าใจการกำหนดคุณภาพน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี5 ในปี พ.ศ. 2553 โครงการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบต่อการใช้ บี20 แทนน้ำมันม่วงในเรือประมง ในปี พ.ศ. 2554 โครงการนำร่องการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ในเรือประมงพื้นบ้านและเรือประมงขนาดเล็กในพื้นที่ชายฝั่ง ในปี พ.ศ. 2555-2556 และโครงการนำร่องการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ในรถยนต์บรรทุก ในปี พ.ศ. 2557 [6]

งานวิจัยในอดีตรายงานผลกระทบของการใช้น้ำมันไบโอดีเซลต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ที่แตกต่างกันหลายมุมมอง งานวิจัยจำนวนหนึ่ง [1,3,7,8] พบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจะลดลงเนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างต่ำ แต่งานวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งกลับพบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ค่อนข้างเท่าเทียมกันหรืออาจสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล งานวิจัยกลุ่มนี้ให้คำอธิบายว่าไบโอดีเซลมีส่วนประกอบและโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างจากดีเซล มีค่าซีเทนที่สูงจึงมีแนวโน้มการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่า อีกทั้งยังมีคุณสมบัติการหล่อลื่นที่ดีกว่า [9,10]

การสรุปผลภาพรวมความแตกต่างของแรงบิดระหว่างการใช้น้ำมันชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยในอดีตคือ วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบสามารถทำได้โดยวิธีการอื่น ๆ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอขั้นตอนและผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์เรือ (Marine Engine) ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ด้วยวิธีแบบดั้งเดิม คือ วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และนำเสนอวิธีแบบใหม่ คือ วิธีเปรียบเทียบโดยการประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อนำเสนอขั้นตอนและผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์เรือ (Marine Engine) ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ด้วยวิธีแบบดั้งเดิม คือ วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และนำเสนอวิธีแบบใหม่ คือ วิธีเปรียบเทียบโดยการประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น



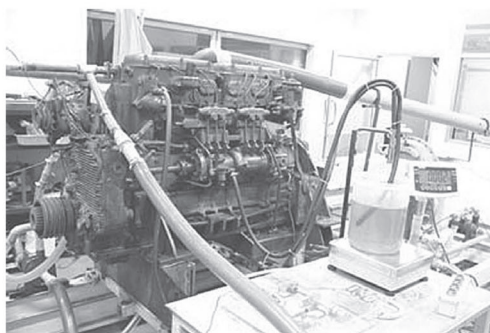
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การทดสอบเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ GARDNER ขนาด 6 สูบ 4 จังหวะ 10,450 cc ได้ถูกติดตั้งบนเครื่องทดสอบขนาด 300 แรงม้า Clayton water brake dynamometer ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไว้ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ท่อไอดี ท่อไอเสีย อ่างน้ำมันหล่อลื่น และทางเข้า-ออกของน้ำหล่อเย็น เครื่องยนต์ถูกตรวจสอบสภาพโดยรวมทั้งหมด รวมถึงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นกรองน้ำมันหล่อลื่นและกรองเชื้อเพลิง ระบบควบคุมได้ทำการควบคุมอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ไว้ที่ $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ตลอดการทดสอบ การเก็บข้อมูลเริ่มต้นจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ที่สภาวะภาระเต็ม (full-load) ระหว่างช่วงความเร็วรอบ 1,000-1,400 rpm

ข้อมูลดิบจำนวน 30 ค่าถูกบันทึกในทุกสภาวะการทดสอบ และคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยจากนั้น น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ได้ถูกถ่ายออกจากระบบเชื้อเพลิงทั้งหมดและเดินเครื่องยนต์อีกระยะหนึ่งด้วยน้ำมันไบโอดีเซล บี20 เพื่อให้ผู้วิจัยมั่นใจได้ว่าน้ำมันที่อยู่ในระบบทั้งหมดเป็นน้ำมันไบโอดีเซล บี20 น้ำมันหล่อลื่นกรองน้ำมันหล่อลื่นและกรองเชื้อเพลิงได้ถูกเปลี่ยนใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการทดสอบน้ำมันไบโอดีเซล บี20 นั้นเป็นเช่นเดียวกับการทดสอบน้ำมันไบโอดีเซล บี5 ทุกประการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยเป็นน้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน ปี 2555 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลในงานวิจัย

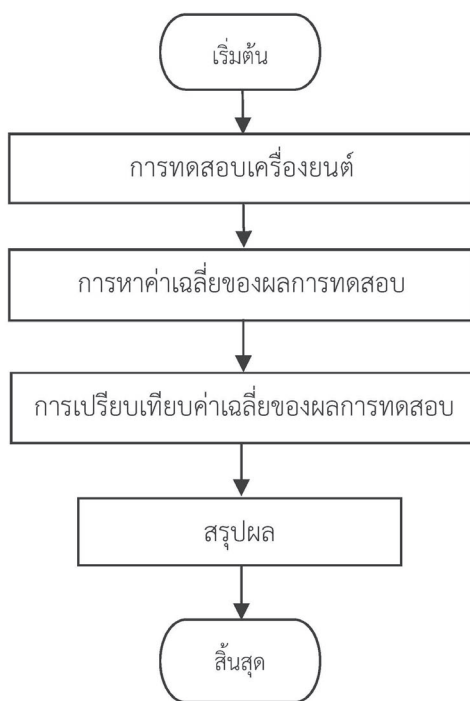
สมบัติ	เกณฑ์	น้ำมันไบโอดีเซล บี20 จาก ปตท.
	น้ำมันไบโอดีเซล บี5	
Cetane Number	ไม่ต่ำกว่า 50	57.34
Specific Gravity at 15.6/15.6 .C	ไม่ต่ำกว่า 0.81	
ไม่สูงกว่า 0.87	0.8408	
Viscosity at 40°C	ระหว่าง 1.8 – 4.1	3.774
Flash Point (°C)	ไม่ต่ำกว่า 52	79.0
Pour Point (°C)	ไม่สูงกว่า 10	9
Water and Sediment		
(% Vol.)	ไม่สูงกว่า 0.05	<0.005



ภาพที่ 1 เครื่องยนต์ GARDNER บนเครื่องทดสอบ

3.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการรายงานผล
เปรียบเทียบความแตกต่างในงานวิจัยโดยทั่วไปมักรายงาน
ความแตกต่างในหน่วยร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งสื่อสาร
ได้ง่ายและชัดเจน อย่างไรก็ตาม การคำนวณเปรียบเทียบ
ในหน่วยร้อยละสามารถทำได้หลายวิธีและให้ผลลัพธ์ที่
แตกต่างกันออกไป ซึ่งงานวิจัยมักไม่แสดงรายละเอียดใน
ขั้นตอนดังกล่าวจึงทำให้ผู้นำผลการวิจัยไปศึกษาต่อยอด
เกิดข้อสงสัยอยู่บ่อยครั้ง งานวิจัยนี้จึงนำเสนอรายละเอียดการ
เปรียบเทียบผลการทดสอบจำนวน 2 วิธี คือ (1) วิธีเปรียบเทียบ
ค่าเฉลี่ย และ (2) วิธีเปรียบเทียบโดยประยุกต์ใช้การ
ถดถอยเชิงเส้นดังนี้

1) การเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธีเปรียบเทียบ
ค่าเฉลี่ย การเปรียบเทียบโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน
จึงเป็นวิธีที่งานวิจัยจำนวนมากนิยมใช้ [11-14] หลังจาก
ที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการทดสอบ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาหา
ค่าเฉลี่ย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ข้อมูลของสมรรถนะเครื่องยนต์
ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 จะถูกหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าอ้างอิง ข้อมูล
สมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ก็จะถูกเฉลี่ย
และนำมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง วิธีการเปรียบเทียบแบบนี้
สรุปได้ว่าเป็นการหาค่าเฉลี่ยก่อนแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบ
(averaging before comparing) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนของวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

2) การเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยประยุกต์
ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นวิธีการเปรียบเทียบแบบดั้งเดิม
เป็นวิธีที่ตรงไปตรงมา เพราะได้ใช้ข้อมูลตามจุดหรือตำแหน่ง
ที่ได้ทำการทดลองเท่านั้น การสรุปผลในสถานะอื่น ๆ นอกเหนือ
จากที่ได้ทำการทดสอบจริงอาจไม่ชัดเจนหรือต้องอยู่บน
สมมติฐานบางประการซึ่งผู้วิจัยต้องให้ความระมัดระวัง
มากพอสมควรข้อจำกัดของการเปรียบเทียบด้วยวิธีแบบ

ดั้งเดิมประการหนึ่งได้เกิดขึ้นหากผู้วิจัยไม่สามารถควบคุม
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ให้มีสภาวะ
การทดสอบเหมือนกันทุกประการได้ เช่น ผู้วิจัยมีเป้าหมาย
ควบคุมรอบที่ 1,200 rpm ซึ่งขณะทดสอบน้ำมันไบโอดี
เซล บี5 ความเร็วรอบสามารถควบคุมไว้ที่ 1,205 rpm แต่
ขณะทดสอบน้ำมันไบโอดีเซล บี20 ความเร็วรอบสามารถ
ควบคุมไว้ที่ 1,195 rpm เมื่อเกิดกรณีเช่นนี้ขึ้น ผู้วิจัยก็จะไม่



บทควาณวิจัย

การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล ปี5 และปี 20 โดยการประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

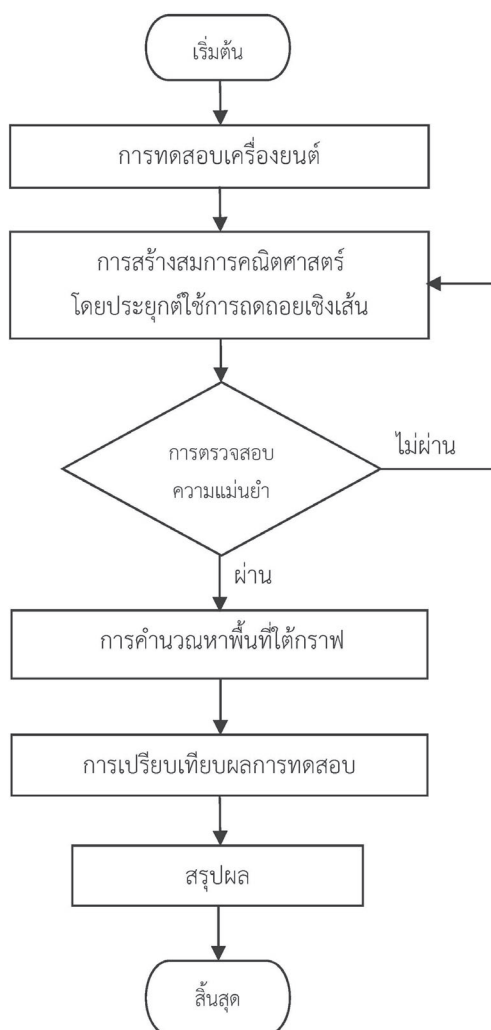
สามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบกันได้ หรือหากจะนำมาเปรียบเทียบกัน ก็ย่อมทำให้มีความผิดพลาด (error) เกิดขึ้นในระดับหนึ่ง

การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนข้อมูลสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ได้จากการทดสอบซึ่งมีลักษณะเป็นตำแหน่ง ๆ ให้กลายเป็นข้อมูลที่เป็นเส้นกราฟต่อเนื่องกัน การวิเคราะห์การถดถอยจะให้สมการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถจำลองเส้นกราฟได้อย่างแม่นยำ [15-17] แนะนำให้ใช้สมการกำลังสอง (quadratic equation) ดังแสดงในสมการที่ (1) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้เป็นอย่างดี หากใช้สมการที่มีกำลังมากกว่านี้ (higher order

equation) สมการจะสอดคล้องกับข้อมูลดีขึ้นแต่อาจเกิดเหตุการณ์ที่สมการสอดคล้องกับข้อมูลมากเกินไป (overfitting) และไม่สะท้อนความสัมพันธ์ที่แท้จริง [18]

$$Y = \beta_1 X^2 + \beta_2 X + \beta_3 \quad (1)$$

สมการที่สร้างขึ้นจะทำหน้าที่เป็นตัวแทนของจำนวนตำแหน่งที่นับไม่ถ้วน การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซล ปี5 และปี20 จึงสามารถทำได้โดยนำพื้นที่ที่ถูกครอบคลุมด้วยเส้นกราฟทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ขั้นตอนของวิธีการเปรียบเทียบโดยประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นได้แสดงอยู่ในภาพที่ 3

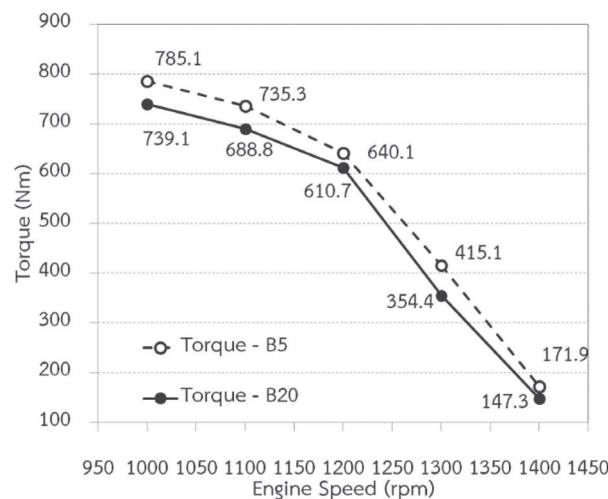


ภาพที่ 3 ขั้นตอนของวิธีประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

4. ผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยในเครื่องยนต์ดีเซล แรงบิดเป็นพารามิเตอร์ที่ได้มาจากการวัดของเครื่องทดสอบโดยตรง และมีความสำคัญมาก [19] ดังนั้นการนำเสนอผลการเปรียบเทียบด้วยแนวคิดทั้ง 2 แบบ จึงนำค่าแรงบิดมาเป็นพารามิเตอร์ตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบโดยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ภาพที่ 4 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบแรงบิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ซึ่งพบว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี20 สามารถสร้างแรงบิดได้น้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี5 ทั้งนี้ น่าจะมาจากค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซล บี20 ที่ต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี5 อยู่ประมาณ 8.83% [1]



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบ

ความแตกต่างของแรงบิดที่คำนวณโดยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2 แรงบิดเฉลี่ยของการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 มีค่าเท่ากับ 549.50 Nm และ 508.06 Nm ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณด้วยวิธีความ

แตกต่างร้อยละ (percentage deviation; PD) และสรุปได้ว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ต่ำกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ประมาณ 7.54%

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบโดยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

Speed (rpm)	Output Torque (Nm)	
	Biodiesel B5	Biodiesel B20
1000	785.10	739.11
1100	735.28	688.80
1200	640.12	610.73
1300	415.10	354.38
1400	171.89	147.30
Average	549.50	508.06
$PD = \frac{(508.06 - 549.50)}{549.50} \times 100\% = -7.54\%$		



บทความวิจัย

การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 และบี 20 โดยการประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

4.2 ผลการเปรียบเทียบโดยประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบ เมื่อเครื่องยนต์ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ได้ถูกสร้าง

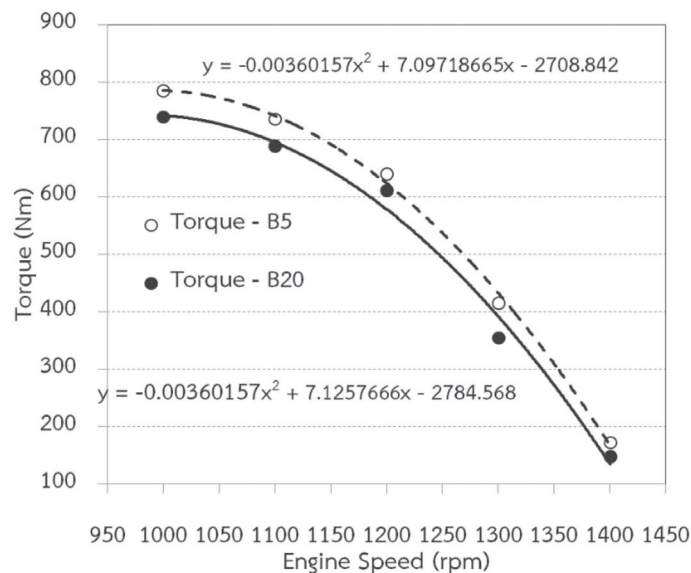
เป็นความสัมพันธ์โดยสมการถดถอยเชิงเส้นดังแสดงในสมการ ที่ (2) และ (3) ตามลำดับ ทั้งนี้ สมการทั้งสองได้ถูกแสดงเป็น กราฟความสัมพันธ์ในภาพที่ 5

$$Torque_{B5} = -0.00360157X^2 + 7.09718665X + 2,708.842 \quad (2)$$

$$Torque_{B20} = -0.00360157X^2 + 7.1267666X + 2,784.568 \quad (3)$$

ขั้นตอนที่สำคัญก่อนจะนำสมการทั้งสองไปใช้งานคือ การตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของการคาดคะเน ดังนั้น ความเร็วรอบ 1000, 1100, 1200, 1300 และ 1400 rpm จึงถูกแทนค่าลงสมการที่ (2) และ (3) เพื่อคำนวณค่าพยากรณ์

หรือคาดคะเน (predicted values) ค่าดังกล่าวจะถูกนำมา เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากการทดสอบจริง (measured values)



ภาพที่ 5 เส้นความสัมพันธ์ที่สร้างจากสมการคณิตศาสตร์

การเปรียบเทียบโดยค่าความผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (mean absolute percentage error; MAPE) เป็นการเปรียบเทียบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจาก เป็นการเปรียบเทียบที่ปราศจากหน่วยจึงสามารถเข้าใจ

ได้ง่ายและมีเกณฑ์ที่ชัดเจน [20] งานวิจัย [21-22] ได้ระบุว่า ค่า MAPE ที่น้อยกว่า 10% สามารถพิจารณาได้ว่าสมการ สามารถคาดคะเนผลได้อย่างดีเยี่ยม (excellent) ทั้งนี้ ค่า MAPE สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|predict - measure|}{measure} \times 100\% \quad (4)$$

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าจากการทดสอบจริงและค่าที่ ได้จากการคำนวณด้วยสมการที่ (2) ซึ่งเป็นข้อมูลการทดสอบ

น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ส่วนตารางที่ 4 เกิดจากการทดสอบน้ำมัน ไบโอดีเซล บี20 และการคำนวณด้วยสมการที่ (3)

ตารางที่ 3 การทดสอบความถูกต้องของสมการพยากรณ์ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5

Speed (rpm)	Torque - B5 (Nm)		Error		
	Measured Value	Predicted Value	(Nm)	Percentage	Absolute Percentage
1000	785.10	786.77	1.67	0.21%	0.21%
1100	735.28	740.16	4.88	0.66%	0.66%
1200	640.12	621.52	-18.60	-2.91%	2.91%
1300	415.10	430.85	15.75	3.79%	3.79%
1400	171.89	168.14	-3.75	-2.18%	2.18%
Average or Mean			0.008	-0.083%	1.95%

ตารางที่ 4 การทดสอบความถูกต้องของสมการพยากรณ์ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20

Speed (rpm)	Torque - B20 (Nm)		Error		
	Measured Value	Predicted Value	(Nm)	Percentage	Absolute Percentage
1000	739.11	739.63	0.52	0.07%	0.07%
1100	688.80	695.88	7.08	1.03%	1.03%
1200	610.73	580.09	-30.64	-5.02%	5.02%
1300	354.38	392.28	37.90	10.69%	10.69%
1400	147.30	132.43	-14.87	-10.10%	10.10%
Average or Mean			0.004	-0.066%	5.38%

ผลการคำนวณพบว่าสมการที่(2)และ(3)สามารถคาดคะเนแรงบิดของน้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 โดยมี MAPE เพียง 1.95% และ 5.38% ตามลำดับ ค่า MAPE ดังกล่าวแสดงอย่างชัดเจนว่าสมการคณิตศาสตร์ทั้งสองสามารถจำลองความสัมพันธ์ของแรงบิดและความเร็วรอบได้อย่างถูกต้องดีเยี่ยม (excellent accuracy) ยิ่งไปกว่านั้น หากวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดร้อยละเฉลี่ย (mean percentage error; MPE) เพิ่มเติมจะอธิบายได้ว่า โดยเฉลี่ยแล้วค่าที่เกิดจาก

การใช้สมการที่ (2) และ (3) คาดคะเนนั้น จะน้อยกว่าค่าที่ทดสอบจริงอยู่เพียง 0.083% และ 0.066% ตามลำดับ จึงเป็นการยืนยันได้อีกครั้งถึงความถูกต้องของสมการทั้งสอง เนื่องจากสมการทั้งสองมีความน่าเชื่อถือต่อการนำไปใช้งาน สมการทั้งสองจึงถูกอินทิเกรตตลอดช่วงความเร็วรอบระหว่าง 1,000 rpm ถึง 1,400 rpm เพื่อหาพื้นที่ใต้กราฟดังแสดงในสมการที่ (6) และ (8)



บทควาณวิจัย

การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 และบี 20 โดยการประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

$$Area_{B5} = \int_{1000}^{1400} -0.00360157X^2 + 7.09718665X + 2,708.842dX \quad (5)$$

$$Area_{B5} = 229,399.86 \quad (6)$$

$$Area_{B5} = \int_{1000}^{1400} -0.00360157X^2 + 7.126766X + 2,784.568dX \quad (7)$$

$$Area_{B5} = 212,827.83 \quad (8)$$

ความแตกต่างระหว่างแรงบิดจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 สามารถคำนวณเป็นร้อยละได้ดังแสดงในสมการที่ (9) และ (10) ผลการเปรียบเทียบด้วยวิธีประยุกต์ใช้การ ถดถอยเชิงเส้นอธิบายว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ต่ำกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ประมาณ 7.22%

$$PD = \frac{(212,827.83 - 229,399.86)}{229,399.86} \times 100\% \quad (9)$$

$$PD = -7.22\% \quad (10)$$

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 มีแรงบิดต่ำกว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ประมาณ 7.22% ถึง 7.54% ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5 อย่างไรก็ตาม น้ำมันไบโอดีเซล บี20 มีค่าความร้อน

ต่ำกว่าไบโอดีเซล บี5 อยู่ประมาณ 8.83% แต่มีค่าซีเทนที่สูงกว่า มีความสามารถในการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า อีกทั้งยังมีสมบัติการหล่อลื่นที่ดีกว่า สมบัติต่าง ๆ เหล่านี้สามารถช่วยชดเชยข้อด้อยของค่าความร้อนที่ต่ำได้และทำให้ความแตกต่างของแรงบิดย่อมต้องน้อยกว่า 8.83% อย่างแน่นอน

ตารางที่ 5 สรุปผลการเปรียบเทียบแรงบิด

วิธี	ผลการเปรียบเทียบ
1. วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย	-7.54%
2. วิธีประยุกต์ใช้สมการถดถอย	-7.22%

ผลการเปรียบเทียบพบว่า การเปรียบเทียบทั้งสองวิธี รายงานผลที่ใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ในช่วงที่ถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยของวิธีทั้งสองจะพบว่า วิธีประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นมีขั้นตอนที่ซับซ้อนกว่าวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่อยู่บนกระบวนการที่ละเอียดและน่าจะทำให้ผลการคำนวณใกล้เคียงความจริงมากที่สุด หากผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบความแตกต่าง ณ จุดใด ๆ นอกเหนือจากสถานะที่ทำการทดสอบ วิธีการแบบดั้งเดิมไม่

สามารถตอบสนองความต้องการได้ แต่วิธีการใหม่นี้สามารถพยากรณ์ค่าได้อย่างแม่นยำและนำไปสู่การวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ ยิ่งไปกว่านั้น ข้อได้เปรียบที่ชัดเจนที่สุดของวิธีประยุกต์ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นต่อวิธีการแบบดั้งเดิมคือ ถ้าผู้วิจัยต้องการข้อมูลการทดสอบที่ละเอียดมากขึ้น ผู้วิจัยต้องเพิ่มสถานะการทดสอบจำนวนมากสำหรับการเปรียบเทียบด้วยวิธีการดั้งเดิม แต่ถ้านักวิจัยใช้วิธีการใหม่ นักวิจัยสามารถเพิ่มสถานะการทดสอบในเฉพาะบางช่วงที่เห็นว่าสมการไม่

สามารถพยากรณ์ได้ดีเท่าที่ควร และใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อสร้างสมการใหม่ที่มีความแม่นยำมากกว่าเดิมมาเปรียบเทียบอีกครั้งหนึ่ง กระบวนการนี้จึงมีประโยชน์ต่อการออกแบบการทดสอบที่ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Poompipatpong, N. Krasaelom, P. Triwong, W. Puttavitee and P. Wongtharua. (2014). "An Experimental Study of Performances and Emissions in a Small Fishery Boat's Engines Fuelled with Biodiesel B5 and B20", The Journal of Industrial Technology. 10(2014).
- [2] Md.N.Nabi,Md.M.Rahman and Md.S.Akhter.(2009). "Biodiesel from Cotton Seed Oil and Its Effect on Engine Performance and Exhaust Emissions", Applied Thermal Engineering. 29(2009). 2265-2270.
- [3] E. Buyukkaya, (2010). "Effects of Biodiesel on a DI Diesel Engine Performance, Emission and Combustion Characteristics", Fuel. 89(2010), 3099-3105.
- [4] A. Abu-Jrai, J. A. Yamin, A. H. Al-Muhtaseb, M. A. Hararah, "Combustion Characteristics and Engine Emissions of a Diesel Engine Fueled with Diesel and Treated Waste Cooking Oil Blends", Chemical Engineering Journal. 172(2011), 129-136.
- [5] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, "Biodiesel Development Plan", [Available 5 March 2014]. From: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/Biodiesel/REDP_Biodiesel_15_Years.pdf,
- [6] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2014). [online]. "Biodiesel Project", [Available 5 March 2014]. From: <http://www.dede.go.th/dede>.
- [7] G. Dwivedi, S. Jain, M. P. Sharma. (2011). "Impact Analysis of Biodiesel on Engine Performance-A Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(2011), 4633-4641.
- [8] S. Murillo, J. L. Miguez, J. Porteiro, E. Granada and J. C. Moran. (2007). "Performance and exhaust Emissions in the Use of Biodiesel in Outboard Diesel Engines", Fuel. 86(2007), 1765-1771.
- [9] D. Altiparmak, A. Deskin, A. Koca and M. Guru, (2009). "Alternative Fuel Properties of Tall oil Fatty Acid Methyl Ester-Diesel Fuel Blends" Bioresource Technol. 98(2007), 241-246.
- [10] M. Lapuerta, J. M. Herreros, L. L. Lyons, R. C. Contreras and Y. Brice. (2008). "Effect of the Alcohol Type Used in the Production of Waste Cooking Oil Biodiesel on Diesel Performance and Emissions", Fuel. 87(2008), 3161-3169.
- [11] C. Hawham and C. Poompipatpong. (2010). "Effects of Injection Timings in an MPI Natural Gas Engine", The Journal of Industrial Technology. 6(2010), 10-17.
- [12] C. Poompipatpong and G. H. Choi, (2013). "An Experimental Study of Performances in a Large Diesel Engine Fuelled with Diesel and LNG", The Journal of Diesel Industrial Technology 9(2013), 94-104.
- [13] C. Poompipatpong and K. Cheenkachorn. (2011). "A Modified Diesel Engine for Natural Gas Operation: Performance and Emission Tests", Energy. 36(2011), 6862-6866.
- [14] K. Cheenkachorn, C. Poompipatpong and G. H. Choi. (2013). "Performance and Emissions of a Heavy-Duty Diesel Engine Fuelled with Diesel and LNG (Liquid Natural Gas)", Energy. 53(2013), 52-57.



บทกวีฉบับวิจัย

การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล บี5 และบี 20 โดยการประยุกต์ใช้ผลการถดถอยเชิงเส้น

- [15] G. F. Silva, F. L. Camargo and A. L. O. Ferreira. (2011). "Application of Response Surface Methodology or Optimization of Biodiesel Production by Transesterification of Oil with Ethanol," Fuel Processing Technology. 92(2011), 407-413.
- [16] W. N. N. W. Omar and N. A. S. Amin. (2011). "Optimization of Heterogeneous Biodiesel Production from Waste Cooking Palm Oil via Response Surface Methodology," Biomass and Bioenergy. 35(2011), 1329-1338.
- [17] C. Poompipatpong, A. Kengpol and T. Uthistham. (2014). "The Effects of Diesel-Waste Plastic Oil Blends on Engine Performance Characteristics", KMUTNB; International Journal of Applied Science and Technology.
- [18] I. Pardoe. (2006). "Applied Regression Modeling; A Business Approach", John Wiley&Sons,
- [19] C. Poompipatpong and A. Kengpol. (2013). "A Group Decision Support Methodology to Weight Diesel Engine's Operating Parameters by Using Analytical Hierarchy Process and Delphi", International Journal of Industrial Engineering and Technology. 5(2013), 47-61.
- [20] P. Goodwin and R. Lawton. (1999). "On the Asymmetry of the Symmetric MAPE," International Journal of Forecasting. 15(1999), 405-408.
- [21] N. Udomsri, A. Kengpol, K. Ishii and Y. Shimada, "The Design of a Forecasting Support Models on Demand of Durian for Export Markets by Time Series and ANNs", Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing Engineering. 4(2011), 49-65.
- [22] Y. F. Chang, C. J. Lin, J. M. Chyan, I. M. Chen and J.E. Chang. (2007). "Multiple Regression Models for the Lower Heating Value of Municipal Solid Waste in Taiwan", Journal of Environmental Management. 85(2007), 891-899.