

สมรรถนะของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอ็น-บูทานอล
Automotive performance using diesel-anhydrous ethanol-n-butanol blends

สุรเชษฐ์ ทองสมบัติ¹, เอกชัย สุธีรศักดิ์^{1*}, ธีระพนธ์ สนิทยานนท์¹, วิสุทธิ์ บำรุงศิลป์¹, อุทิศย์ วิริยะประกอบ¹
และเจริญ ชินวานิชย์เจริญ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

*ติดต่อ: ekkachai@eng.buu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 038 102222 ต่อ 3385

บทคัดย่อ

เอ็น-บูทานอล เป็นสารอีมัลซิไฟเออร์ที่ดีที่สุดสำหรับการรักษาเสถียรภาพของการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอลที่อุณหภูมิต่ำ และช่วยเพิ่มเลขซีเทน ดังนั้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิง สมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 5 ถึง 25 และเอ็น-บูทานอลที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิงเผยให้เห็นว่า ค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำและเอ็น-บูทานอลลดลงร้อยละ 4.39 และ 6.93 ขณะที่ผลการตรวจสอบสมรรถนะของรถยนต์แสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำร้อยละ 5 ถึง 10 ให้สมรรถนะของรถยนต์ดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำร้อยละ 10 ถึง 25 ซึ่งทำให้อัตราเร็วของรถยนต์ลดลงร้อยละ 0.71 ถึง 12.52 และกำลังขับเคลื่อนลดลงร้อยละ 8.21 ถึง 14.09 ส่วนผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นพบว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำร้อยละ 10 ถึง 25 ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 0.30 ถึง 14.37 และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.45 ถึง 25.71 ส่วนอุณหภูมิของแก๊สไอเสียลดลงร้อยละ 2.14 ถึง 4.87 และมีการปล่อยปริมาณควันดำจากเครื่องยนต์ลดลงร้อยละ 10.02 ถึง 14.86 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

คำหลัก: น้ำมันดีเซล เอทานอลที่ปราศจากน้ำ เอ็น-บูทานอล คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง สมรรถนะของรถยนต์และเครื่องยนต์

Abstract

N-Butanol is the best emulsifier for stabilizing the diesel-ethanol oil blends at low temperature and increases cetane number. Hence, the main objective of this study is to investigate the fuel property and the automobile and engine performance by using diesel fuel mixed with anhydrous ethanol oil from 5 to 25% and n-butanol 5% compared with diesel fuel. The results of fuel property testing reveal that the density and heating value of diesel- n-butanol-anhydrous ethanol oil blends decrease 4.39 % and 6.93%. The vehicle performance results show that the using of diesel fuel mixed with anhydrous ethanol oil from 5 to 10% is better than diesel fuel mixed with anhydrous ethanol oil from 10 to 25%. The vehicle speed decreases from 0.71 to 12.52% and the rear wheel drive power decreases from 8.21 to 14.09%, In case of automotive performance analysis results presents that the diesel fuel mixed with anhydrous ethanol oil from 10 to 25% decreases thermal efficiency from 0.30 to 14.37% and fuel consumption increases from 9.45 to 25.71% to compare with diesel fuel. Finally, the exhaust gas temperature decreases from 2.14 to 4.87% and the smoke density decreases from 10.02 to 14.86% compared with diesel fuel.

Keywords: Diesel fuel, Anhydrous ethanol, N-Butanol, Fuel property, Automobile and engine performance.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน เครื่องยนต์ดีเซล ถูกใช้เป็นจักรกลต้นกำลังขับเคลื่อนยานยนต์ต่างๆ ได้แก่ รถยนต์ และเรือเพื่อการเกษตรกรรม และการคมนาคมขนส่ง เนื่องจากมีกำลังงานสูง ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าบำรุงรักษาต่ำ อย่างไรก็ตาม ความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เพิ่มขึ้น ประกอบกับปัญหาของราคาปิโตรเลียมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในตลาดทั่วโลก เป็นแรงผลักดันให้มีการศึกษาและประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล [1]

เอทานอล เป็นเชื้อเพลิงทดแทนประเภทหนึ่ง ผลิตจากพืชเกษตรกรรมภายในประเทศ มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสามารถลดการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียได้ แต่เอทานอลยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง เช่น ค่าความหนืด ค่าความร้อน และเลขซีเทน เป็นอุปสรรคสำคัญที่จะนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล [2] นอกจากนี้ การผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอล มีความยากลำบากและคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงลดลง แต่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ โดยใช้กระบวนการวิธีอิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งเป็นกระบวนการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอลโดยใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ในกรณีผสม

ขณะที่เอทานอล เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่รักษาเสถียรภาพของการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอลที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณน้ำปนอยู่น้อยกว่า มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงสูง และเลขซีเทนสูงกว่าเอทานอล นอกจากนี้ สามารถละลายหัวของน้ำมันได้ [1] โดยงานวิจัยของ Huang และคณะ [2] ได้ตรวจสอบเสถียรภาพของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลซึ่งใช้เอทานอล เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์พบว่า เมื่อใช้เอทานอล เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้เวลาในการผสมกันระหว่างน้ำมันดีเซลกับเอทานอลนานขึ้น และไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำมันผสม นอกจากนี้ ได้ตรวจสอบสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลหนึ่งสูบสี่จังหวะ พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทานอล ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น และมีการปล่อยปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และปริมาณควันดำจากแก๊สไอเสียลดลง Durga Prasad และคณะ [3] ตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง (ได้แก่ ค่าความหนาแน่น

ค่าความหนืด และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง) และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสองสูบสี่จังหวะโดยทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 1,500 rpm เปลี่ยนแปลงภาระงาน และใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 ถึง 25 และเอทานอล-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เป็นเชื้อเพลิง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพทางความร้อนของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 และเอทานอล-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าน้ำมันดีเซล และอุณหภูมิของแก๊สไอเสียลดลง

นอกจากนี้ งานวิจัยของ Siwale และคณะ [4] และ Hansen และคณะ [5] ได้สรุปว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทานอล-บูทานอล ทำให้เลขซีเทนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีขึ้น และมีการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง สมรรถนะของรถยนต์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 5 ถึง 25 และเอทานอล-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซล

2. วิธีการวิจัย

2.1 น้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำในอัตราส่วนต่างๆ และเอทานอล-บูทานอลในอัตราส่วนคงที่ร้อยละ 5 และใช้วิธีการผสมแบบกระบวนการอิมัลชัน (Emulsion) โดยน้ำมันดีเซล (D) เอทานอล (E) และเอทานอล-บูทานอล (B) ที่นำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผสมนั้น มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1 และเอทานอลที่ใช้เป็นเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 99.9 และเอทานอล-บูทานอลร้อยละ 99.5 (สารอิมัลซิไฟเออร์) และใช้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรแมคเนติก (Electromagnetic machine) ในกระบวนการผสม

ส่วนการผสมน้ำมันดีเซล:เอทานอล:เอทานอลนั้น ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 และเอทานอล-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 โดยกำหนดรหัสคือ DE5B5, DE10B5, DE15B5, DE20B5 และ DE25B5 ในขณะที่การผสมจะศึกษาและประยุกต์จากเฟสไดอะแกรมของงานวิจัย Huang และคณะ [2] และงานวิจัย Hansen และคณะ [5] หลังจากนั้น ทำการทดสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมัน ได้แก่

เสถียรภาพของน้ำมัน ค่าความร้อน และความหนาแน่นของเชื้อเพลิงโดยเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

รายละเอียด	D	E	B
สูตรทางเคมี	C ₁₂ H ₂₃	C ₂ H ₅ OH	C ₄ H ₁₀ O
น้ำหนักโมเลกุล, kg/kmol	167.32	46.07	74.12
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 20 °C, kg/m ³	0.840	0.789	0.810
ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 20 °C, mm ² /s	3.35	1.2	3.0
ปริมาณของออกซิเจน, wt%	-	34.6	21.58
เลขซีเทน	50	9	17
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV), MJ/kg	42.5	29.7	33.075

ส่วนเสถียรภาพของน้ำมัน จะตรวจสอบจากระยะเวลาในการผสมเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำมัน โดยการบรรจุน้ำมันในกระบอกแก้วที่มีการปิดฝาอย่างสนิท และวางไว้ภายในห้องทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า น้ำมัน DE5B5 และ DE10B5 มีเวลาในการละลายเป็นเนื้อเดียวกันยาวนานกว่าน้ำมัน DE15B5, DE20B5 และ DE25B5 โดยระยะเวลาในการผสมเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำมันใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Huang และคณะ [2] และสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ได้ เนื่องจากความเสถียรภาพของน้ำมันของทั้งสองดีกว่า น้ำมันชนิดต่างๆ ที่ได้ทดสอบมา หลังจากนั้น นำน้ำมันเหล่านี้ ไปตรวจสอบค่าความร้อน และค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5-25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 ให้ค่าความหนาแน่นลดลงร้อยละ 2.44 ถึง 4.39 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ส่วนการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงนั้น อ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM D240 โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบเป็นค่าความร้อนต่ำ (Lower heating value, LHV) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5-25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 ให้ค่า LHV ลดลงร้อยละ 3.22 ถึง 6.93 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ขณะที่น้ำมัน DE5B5 และ DE10B5 ให้ค่าความหนาแน่นและความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด

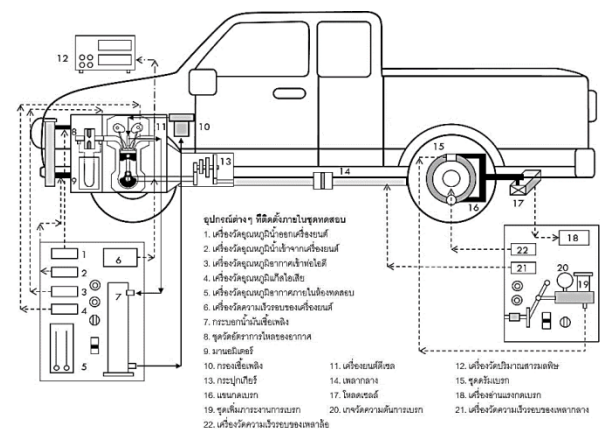
ตารางที่ 2 การตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดสอบ	ระยะเวลาในการแยกชั้น	ค่าความหนาแน่น ณ 32 °C, kg/m ³	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, MJ/kg
Diesel	-	0.82	44.462
DE5B5	ไม่แยกชั้น	0.8	43.03
DE10B5	23(days)	0.792	42.882
DE15B5	11(days)	0.789	42.358
DE20B5	10(days)	0.786	42.142
DE25B5	8(days)	0.784	41.38

2.2 การทดสอบสมรรถนะของรถยนต์

2.2.1 อุปกรณ์การทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ มีการจัดทำชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อจัดทำเป็นชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์ โดยรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นรถยนต์แบบกระบะของบริษัทฟอร์ด รุ่น Ranger ภายในรถยนต์คันนี้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 2,500 cc ต่อกับกระปุกเกียร์แบบอัตโนมัติ และส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังชุดขับเคลื่อนล้อหลัง โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 ขณะที่การจำลองการเพิ่มภาระงานให้กับรถยนต์นั้น ได้จัดทำชุดคดเบรกล้อหลังของรถยนต์ใหม่ โดยใช้แม่ปั้มเบรกต่อเข้ากับชุดดรัมเบรกล้อหลังของรถยนต์ดังกล่าว เพื่อทำเป็นไดนาโมมิเตอร์แบบความเสียดทาน โดยการทดสอบจะเพิ่มภาระงานจากการกำหนดความดันน้ำมันเบรกไม่เกิน 30 kgf/cm² ซึ่งอ่านจากเกจวัดความดันเบรก



รูปที่ 1 ชุดทดสอบสมรรถนะของรถยนต์

ตารางที่ 3 ข้อมูลของรถยนต์และสภาวะการทดสอบ

ข้อมูลของรถยนต์	
รุ่น	Ford Ranger 2002 cab
ระบบฉีดเชื้อเพลิง	Direct injection
จำนวนกระบอกสูบ, Cyl	4
กระบอกสูบ x ช่วงชัก, mm	93.0 X 92.0
ปริมาตรกระบอกสูบ, cc	2,497 cc
อัตราส่วนอัด	18:1
กำลังงานสูงสุด, hp / ความเร็วรอบ, rpm	90 / 4,100
แรงบิดสูงสุด, N-m / ความเร็วรอบ, rpm	170 / 2,500
ระบบส่งกำลัง	ระบบขับเคลื่อนล้อหลัง
ระบบเกียร์	เกียร์อัตโนมัติแบบ 4 ความเร็ว
อัตราทดเฟืองท้าย/รูปแบบ	4.4 : 1 / Open diff case
ระบบเบรก	ดิสก์เบรก (หน้า) ดรัมเบรก (หลัง)
สภาวะการทดสอบ	
ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm	1,500 - 3,000±50
เชื้อเพลิงที่ทดสอบ	D100/ DE5B5/ DE10B5/ DE15B5/ DE20B5/ DE25B5
ภาระงาน ปริมาณเชื้อเพลิง, ml	แรงดันเบรกสูงสุด 20

2.2.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์

การทดสอบสมรรถนะของรถยนต์นั้น เริ่มต้นจากการอุ่นเครื่องยนต์เป็นเวลา 15 นาที โดยไม่มีการเข้าเกียร์ ต่อมาทำการทดสอบตามสภาวะการทดสอบที่ได้แสดงในตารางที่ 3 โดยเริ่มต้นจากการทดสอบการใช้น้ำมันดีเซล (D100) เป็นเชื้อเพลิง หลังจากนั้น เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นน้ำมัน DE5B5, DE10B5, DE15B5, DE20B5 และ DE25B5 และทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพลากลาง และเพลาท้าย ทอร์คที่ล้อของรถยนต์ อัตราการไหลของน้ำมัน และอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเข้าท่อร่วมไอดี อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิแก๊สไอเสีย และนำไปคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สมรรถนะของรถยนต์ [6, 7] นั้นจะพิจารณาจากกำลังงานขับเคลื่อนที่ล้อของรถยนต์ (Wheel drive power, P_w) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1) และอัตราเร็วของรถยนต์ (Vehicle Speed, v) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$P_w = 2\pi\tau_w N_w \quad (1)$$

$$v = \frac{2\pi N_e}{i_g i_f} \quad (2)$$

โดยที่

P_w คือ กำลังงานขับเคลื่อนที่ล้อของรถยนต์ (kW)

τ_w คือ แรงบิดเคลื่อนที่ล้อของรถยนต์ (N.m)

N_w คือ ความเร็วรอบของล้อรถยนต์ (rpm)

N_e คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

v คือ อัตราเร็วของรถยนต์ (km/hr)

r คือ รัศมีของล้อรถยนต์ (m)

i_g คือ อัตราทดของกระปุกเกียร์

i_f คือ อัตราทดของเฟืองท้าย

ส่วนสมรรถนะของเครื่องยนต์ [6, 7] นั้นจะพิจารณาจากกำลังงานของเครื่องยนต์ (Engine power, P_e) ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption, $BSFC$) และประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal efficiency, BTE) โดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$\tau_w = \frac{\eta_t i_g i_f \tau_e}{100} \quad (3)$$

$$P_e = 2\pi\tau_e N_e \quad (4)$$

$$BSFC = \frac{m_f}{P_e} \quad (5)$$

$$BTE = \frac{P_e}{m_f LHV} \quad (6)$$

เมื่อ

τ_e คือ ทอร์คของเครื่องยนต์ (N.m)

η_t คือ ประสิทธิภาพการส่งกำลัง (%)

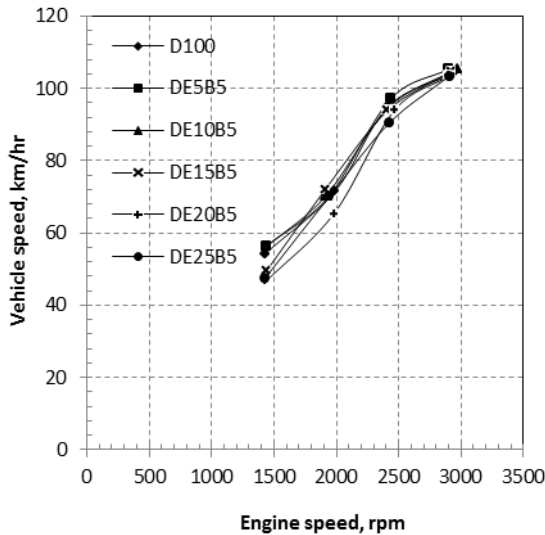
m_f คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (kg/sec)

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (MJ/kg)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในรูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของรถยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ขณะที่รับภาระงานสูงสุด ณ ตำแหน่งเกียร์สูงสุดของเกียร์อัตโนมัติบนแท่นทดสอบ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 ถึง 25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมัน

ดีเซล โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์
1,500-3,000±50 rpm ณ ภาระงานคงที่

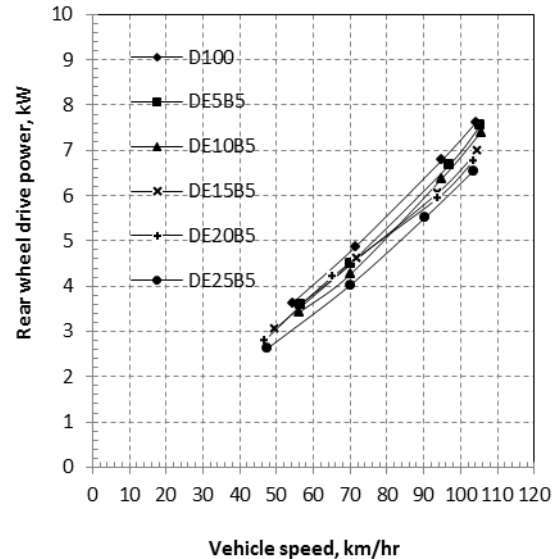


รูปที่ 2 อัตราเร็วของรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซล

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า อัตราเร็วของรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 ถึง 25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 นั้น มีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ขณะที่การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 (น้ำมัน DE5B5) นั้น ให้อัตราเร็วของรถยนต์สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร้อยละ 1.10 ถึง 3.91 ใดๆก็ตาม การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลมากกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 นั้น ให้อัตราเร็วต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของรถยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลมากกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซลพบว่า อัตราเร็วลดลงร้อยละ 0.71 ถึง 12.52 เนื่องจากการสูญเสียแรงขับเคลื่อนเพื่อเอาชนะความเสียดทานต่างๆ ได้แก่ ความเสียดทานภายในระบบเกียร์ และชุดขับเคลื่อนล้อหลังภายในรถยนต์เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราเร็วของรถยนต์ลดลง

ในรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขับเคลื่อนที่ล้อและอัตราเร็วของรถยนต์ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 ถึง 25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบที่

ความเร็วรอบ 1,500-3,000±50 rpm ณ ภาระงานสูงสุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมัน DE5B5 ให้กำลังขับเคลื่อนที่ล้อและอัตราเร็วของรถยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

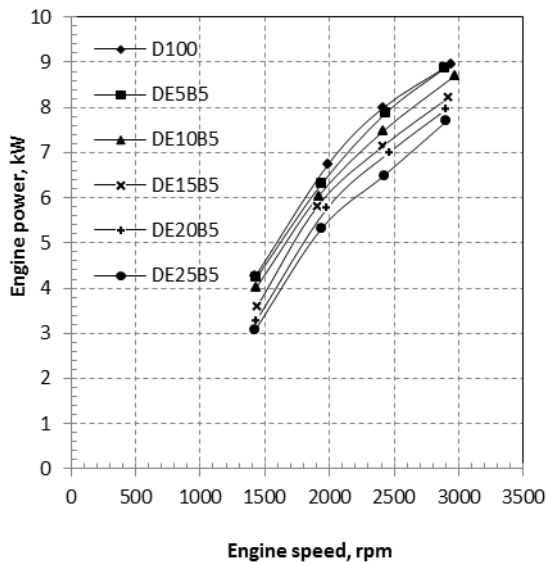


รูปที่ 3 สมรรถนะของรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซล

นอกจากนี้ พิจารณาที่อัตราเร็วสูงสุดพบว่า การใช้น้ำมัน DE5B5 ให้กำลังขับเคลื่อนที่ล้อลดลงเพียงร้อยละ 0.88 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล เพราะน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอล มีเลขซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์มากขึ้น [2] แต่ค่าความร้อนของน้ำมัน DE5B5 ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อยดังแสดงในตารางที่ 2 ทำให้กำลังงานที่ให้ออกมาจากเครื่องยนต์ลดลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ได้ค้นพบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลมากกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 (น้ำมัน DE15B5, DE20B5 และ DE25B5) นั้น ให้กำลังขับเคลื่อนที่ล้อและอัตราเร็วของรถยนต์ต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยที่ กำลังขับเคลื่อนลดลงร้อยละ 8.21 ถึง 14.09 เมื่อพิจารณาที่อัตราเร็วสูงสุด

ในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานของเครื่องยนต์ (P_e) และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (N_e) ที่มาจากการการตรวจสอบสมรรถนะของรถยนต์โดยการนำผลการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์มาวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลน้อยกว่าร้อยละ

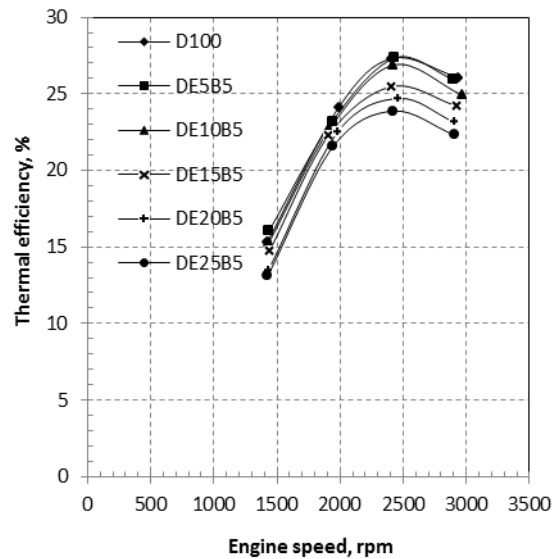
10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เป็นเชื้อเพลิงนั้น ให้ค่า P_e ลดลงเพียงเล็กน้อย ขณะที่ใช้น้ำมัน DE5B5 และ DE10B5 ให้ค่า P_e ลดลงเพียงร้อยละ 0.88 ถึง 2.90 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล เมื่อทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 3,000 rpm อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำมัน DE15B5, DE20B5 และ DE25B5 นั้น ให้กำลังงานของเครื่องยนต์ลดลงอย่างมาก โดยลดจ้อยละ 8.21 ถึง 14.09 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลมากกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 นั้น ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 4 กำลังงานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซล

ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อน (BTH) และความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 ถึง 25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500-3,000±50 rpm ณ ภาระงานสูงสุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมัน DE5B5 ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ [2] ถึง [4] เนื่องจากเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อผสมกับน้ำมันดีเซล ทำให้อะตอมของออกซิเจนจับกับองค์ประกอบของน้ำมันดีเซล และปรับปรุงเลขซีเทนและปฏิกิริยาการเผาไหม้ ทำให้การเผา

ไหม้สมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีขึ้น [8] อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำมัน DE15B5, DE20B5 และ DE25B5 นั้น ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดจ้อยละ 0.30 ถึง 14.37 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลมากกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

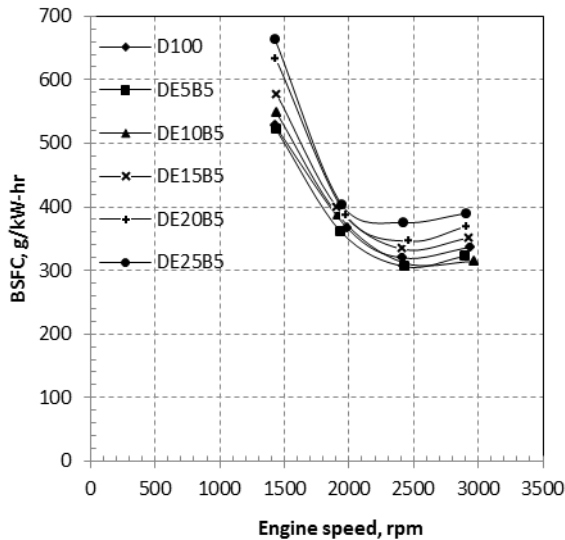


รูปที่ 5 ประสิทธิภาพทางความร้อนเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซล

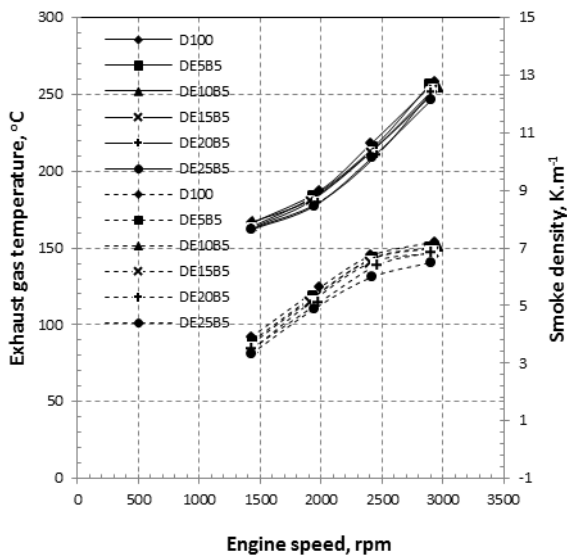
ในรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ($BSFC$) และความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 ถึง 25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซล ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมัน DE5B5 มีค่า $BSFC$ ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ [2] ถึง [4] เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมัน DE5B5 ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำมัน DE15B5, DE20B5 และ DE25B5 เป็นเชื้อเพลิงพบว่า ค่า $BSFC$ เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.45 ถึง 25.71 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล เนื่องจากกำลังงานที่ให้ออกมาจากเครื่องยนต์ และค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลมากกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และมีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

ในรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแก๊สไอเสียและปริมาณควันดำที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 ถึง

25 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500-3,000±50 rpm ณ ภาระงานสูงสุด



รูปที่ 6 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซล



รูปที่ 7 อุณหภูมิของแก๊สไอเสียและปริมาณควันดำเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซล

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอล ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอเสียต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 2.14 ถึง 4.87 เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้การปลดปล่อยพลังงานความร้อนลดลง และอุณหภูมิในการเผาไหม้ลดลง ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ออกมาในจังหวะคายของวัฏจักรเครื่องยนต์อัตราเปิดลดลง [1, 9] ส่วนการปล่อยปริมาณควันดำจากการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลนั้นพบว่า เมื่อผสมเอทานอลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและใช้เอ็น-บูทานอลเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้การปล่อยปริมาณควันดำจากเครื่องยนต์ลดลงร้อยละ 10.02 ถึง 14.86 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลและเอ็น-บูทานอล มีส่วนประกอบของออกซิเจนภายในโครงสร้างของเชื้อเพลิงเมื่อนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลและทำปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น และลดการปล่อยควันดำจากเครื่องยนต์ [1, 2]

4. สรุป

จากผลการทดสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง และสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอ็น-บูทานอลเทียบกับน้ำมันดีเซลสามารถสรุปได้ดังนี้

- 4.1 น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำน้อยกว่าร้อยละ 10 และเอ็น-บูทานอลคงที่ร้อยละ 5 จะคงสภาพนานที่สุดโดยไม่มีการแยกชั้นของน้ำมัน และมีคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล
- 4.2 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำมากกว่าร้อยละ 10 ทำให้ค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนของน้ำมันลดลงร้อยละ 4.39 และ 6.93
- 4.3 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำร้อยละ 5 ถึง 10 ให้สมรรถนะของรถยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและดีกว่าน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำมากกว่าร้อยละ 10 ซึ่งทำให้อัตราเร็วของรถยนต์ลดลงร้อยละ 12.52 และกำลังขับเคลื่อนลดลงร้อยละ 14.09
- 4.4 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำมากกว่าร้อยละ 10 ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 14.37 และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.71 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล
- 4.5 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลปราศจากน้ำมากกว่าร้อยละ 10 ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอเสียลดลง

ร้อยละ 2.14 ถึง 4.87 และมีการปล่อยปริมาณควันดำจากเครื่องยนต์ลดลงร้อยละ 10.02 ถึง 14.86 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทุนสนับสนุนโครงการงานวิจัยสำหรับ นิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนและคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนทุนนำเสนองานทางวิชาการสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kumar, S., Cho, J.H., Park, J. and Moon, I. (2013). Advances in diesel-alcohol blends and their effects on the performance and emissions of diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 22, January 2013, pp: 46-72.
- [2] Huang, J., Wang, Y., Li, S., Roskilly, A.P., Yu, H. and Li, H. (2009). Experimental investigation on the performance and emissions of a diesel engine fuelled with ethanol-diesel blends. *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, December 2008, pp. 2484-2490.
- [3] Durga Prasad, S., Venkateswara Rao, G. and Sri Rama Murthy, K. (2013). Effect of diesel-ethanol blends on performance of a diesel engine at different injection pressures. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. vol, 4(6), June 2013, pp. 1223-1231.
- [4] Siwale, L., Kristóf, L., Adam, T., Bereczky, A., Penninger, A., Mbarawa, M. and Andrei, K. (2013). Performance characteristics of n-butanol-diesel fuel blend fired in a turbo-charged compression ignition engine. *Journal of Power and Energy Engineering*, vol. 1, October 2013, pp. 77-83.
- [5] Hansen, A.C., Zhang, Q. and Lyne, P.W.L. (2005). Ethanol-diesel fuel blends-a review. *Bioresource Technology*, vol, 96, June 2004, pp. 277-285.
- [6] Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill, New York.
- [7] Stone, R. and Ball, J.K. (2004). *Automotive Engineering Fundamentals*. SAE International.
- [8] Al-Hassan, M., Mujafet, H. and Al-Shannag, M. (2012). An experimental study on the solubility of a diesel-ethanol blend and on the performance of a diesel engine fueled with diesel-biodiesel-ethanol blends. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6(2): 147-153.
- [9] Rakopoulos, D.C., Rakopoulos, C.D., Giakoumis, E.G., Dimaratos, A.M. and Kyritsis, D.C. (2010). Effects of butanol-diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, vol. 51, March 2010, pp. 1989-1997.