

สมรรถนะของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตท Automotive performance using diesel-anhydrous ethanol-ethyl acetate blends

คณิศร เรืองเดช¹, เอกชัย สุธีรศักดิ์^{1*}, บุญชู มุ่งกลาง¹, สิทธิพงษ์ คำชูสิน¹, อุทิศ พันวัน¹ 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

ความเสถียรของการผสมน้ำมันดีเซล เอทานอล และเอทิลอะซิเตทเป็นสิ่งที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม ยังคงมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนการผสมสูง ดังนั้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง สมรรถนะของรถยนต์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงสี่สูบและสี่จังหวะที่ต่อกับกระปุกเกียร์กลไกแบบห้าเกียร์ภายในรถยนต์แบบกระบะ และใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500 ถึง 3,000 รอบต่อนาที ณ ภาระงานสูงสุด พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนผสมของเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตท ทำให้ความหนาแน่นและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 2.93 และ 9.25 ขณะที่น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 2 ถึง 5 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 5 มีเสถียรภาพดีที่สุด ส่งผลให้อัตราเร็ว กำลังขับเคลื่อนของรถยนต์ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลและเอทิลอะซิเตทร้อยละ 10 ถึง 25 ส่งผลให้กำลังขับเคลื่อนลดลงร้อยละ 3.22 ถึง 8.21 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.00 ถึง 24.87 ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 0.87 ถึง 11.75 และมีการปล่อยปริมาณควันดำลดลงร้อยละ 8.98 ถึง 25.25 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

คำหลัก: เอทานอลที่ปราศจากน้ำ น้ำมันดีเซล คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง สมรรถนะของรถยนต์และเครื่องยนต์

Abstract

The stability of the diesel-ethanol-ethyl acetate blends is important. However, at high mixing ratio still has problems related to the properties of the fuel. Hence, the main objective of this study is to investigate the fuel property and the automobile and engine performance. Diesel engine is direct-injection diesel engine, 4 cylinders and 4 strokes which is connected with the manual gear box, 5 gears, into a pick-up automobile by using diesel-anhydrous ethanol-ethyl acetate blends, compared with diesel fuel. The engine testing is under the condition of different engine speed from 1,500 to 3,000 rpm at full load. The results reveal that increasing ratio of anhydrous ethanol and ethyl acetate effects on the density and heating valve which they are decreased 2.93% and 9.25% compare with diesel fuel. The mixture of anhydrous ethanol form 2 to 5% and ethyl acetate form 3 to 5% is the best homogeneous blend and improve the automotive speed, rear drive power of automobile and the engine performance. However, adding ratio of anhydrous ethanol and ethyl acetate from 10 to 25% show that driven power decreases from 3.22 to 8.21%, fuel consumption increases from 1.00 to 24.87%, thermal efficiency decreases from 0.87 to 11.75% and smoke density decreases from 8.98 to 25.25% to compare with diesel fuel.

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

1. บทนำ

ในปัจจุบัน เครื่องยนต์ดีเซล ถูกใช้เป็นจักรกลต้นกำลังขับเคลื่อนยานยนต์ต่างๆ ได้แก่ รถยนต์ และเรือเพื่อการเกษตรกรรม และการคมนาคมขนส่ง เนื่องจากมีกำลังงานสูง ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าบำรุงรักษาต่ำ อย่างไรก็ตาม จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตน้ำมันที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการและระดับราคาน้ำมันไม่แน่นอน อีกทั้ง เครื่องยนต์ประเภทนี้ มีการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และควันดำ ทำให้เกิดฝนกรด หมอกปนควัน และกลิ่นเหม็นต่างๆ จึงมีความจำเป็นจะต้องค้นหาแหล่งเชื้อเพลิงทดแทน [1-3]

เอทานอล เป็นเชื้อเพลิงทดแทนประเภทหนึ่ง ผลิตจากพืชเกษตรกรรมภายในประเทศ มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสามารถลดการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสีย [3-4] ส่วนการใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น มีการศึกษาและวิจัยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 (ค.ศ. 1970) จนถึงปัจจุบัน โดย Kumar และคณะ [2] และ Hansen และคณะ [5] ได้สรุปว่า การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์และไม่มีผลข้างเคียงคือการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Emulsion) ซึ่งเป็นกระบวนการผสมน้ำมันที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ในการผสม และวิธีการนี้ สามารถยืดเวลาในการผสมของน้ำมันดีเซลกับเอทานอล เพิ่มเลขซีเทน ลดการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสีย และไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์

อัญญธร อิศราชีวะ [6] ศึกษาเสถียรภาพของน้ำมันจากการผสมน้ำมันดีเซล เอทิลอะซิเตท และเอทานอลที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95.0 ถึง 99.9 ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้แอนไฮดริสเอทานอลหรือเอทานอลที่ปราศจากน้ำที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 99.5 เหมาะสมในการผสมกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด และไม่ก่อให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันระหว่างการผสม Gnanamoorthi และ Devaradjane [7] ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง หนึ่งสูบ และสี่จังหวะที่ใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 ถึง 50 และเอทิลอะซิเตทที่ร้อยละ 3 พบว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 ถึง 30 ให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเบรก (BTE) เพิ่มขึ้นร้อยละ 8 และค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (BSFC) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ขณะที่

การปล่อยปริมาณสารมลพิษ NO_x และควันดำลดลงแต่การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำมากกว่าร้อยละ 30 ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์แย่งลงและมีการปล่อยสารมลพิษเพิ่มขึ้น Kumar และคณะ [2] ตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ และภาระงานสูงสุด เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วน 80:13:7 Gomasta และMahla [3] ตรวจสอบสมรรถนะและการปล่อยสารมลพิษของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 20 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 7 พบว่า มีค่า BTE ลดลงร้อยละ 6 และค่า BSFC เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล การปล่อยปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ลดลงร้อยละ 35 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลงร้อยละ 41 และปริมาณควันดำลดลง แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพิ่มขึ้นร้อยละ 66

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอล และใช้เอทิลอะซิเตทเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในหลากหลายอัตราส่วน ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ตรวจสอบผลของการเพิ่มอัตราส่วนผสมของเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตทต่อคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง และศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับน้ำมันดีเซล

2. วิธีการวิจัย

2.1 น้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ และใช้วิธีการผสมแบบกระบวนการอิมัลชัน (Emulsion) โดยน้ำมันดีเซล (D) เอทานอล (E) และเอทิลอะซิเตท (EA) ที่นำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผสมนั้น มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1 และเอทานอลที่ใช้เป็นเอทานอลที่ปราศจากน้ำซึ่งมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 และเอทิลอะซิเตทที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.6 (สารอิมัลซิไฟเออร์) และใช้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรแมคเนติก (Electromagnetic machine) ส่วนการผสมน้ำมันดีเซล:เอทานอล:เอทิลอะซิเตทนั้น ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 (DE2E3, DE5E5, DE8E7, DE11E9 และ DE14E11) โดยศึกษาและ

ประยุกต์จากเฟสไดอะแกรมของงานวิจัย Hansen และคณะ [5] หลังจากนั้น ทำการทดสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมัน ได้แก่ เสถียรภาพของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอล ค่าความร้อน และค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

รายละเอียด	D	E	EA
สูตรทางเคมี	C ₁₂ H ₂₃	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ COOC ₂ H ₅
น้ำหนักโมเลกุล, kg/kmol	167.32	46.07	88.11
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 20 °C, kg/m ³	0.840	0.789	0.901
ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 20 °C, mm ² /s	3.35	1.2	0.412
ปริมาณของออกซิเจน, wt%	-	34.6	11.2
เลขซีเทน	50	9	12
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV), MJ/kg	42.5	29.7	23.5

ส่วนเสถียรภาพของน้ำมันนั้น จะตรวจสอบจากระยะเวลาในการผสานเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำมัน โดยการบรรจุน้ำมันในกระบอกแก้วที่มีการปิดฝาอย่างสนิทและวางไว้ภายในห้องทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า น้ำมัน DE2E3 และ DE5E5 มีเวลาในการละลายเป็นเนื้อเดียวกันยาวนานกว่าน้ำมัน DE8E7, DE11E9 และ DE14E11 และสามารถนำมาใช้กับรถยนต์ได้ เนื่องจากความเสถียรภาพของน้ำมันของทั้งสองดีกว่าน้ำมันชนิดต่างๆ ที่ได้ทดสอบมา หลังจากนั้น นำน้ำมันเหล่านี้ ไปตรวจสอบค่าความร้อน และค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 ให้ค่าความหนาแน่นลดลงร้อยละ 0.48 ถึง 2.93 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ส่วนการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงนั้น อ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM D240 โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบเป็นค่าความร้อนต่ำ (Lower heating value, LHV) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 ให้ค่า LHV ลดลงร้อยละ 0.13 ถึง 9.25 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ขณะที่น้ำมัน

DE2E3 และ DE5E5 ให้ค่าความหนาแน่นและความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด

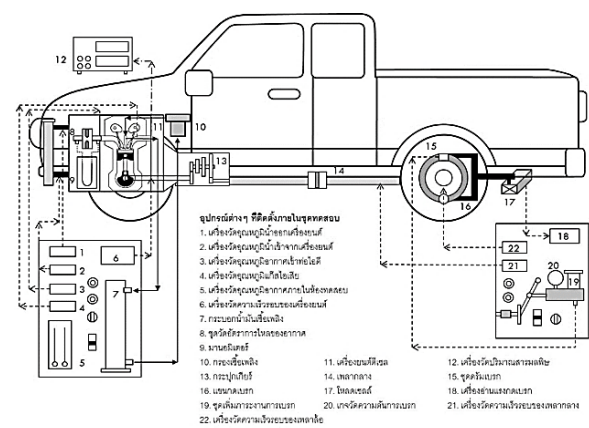
ตารางที่ 2 การตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดสอบ	ระยะเวลาในการแยกชั้น	ค่าความหนาแน่น ณ 32 °C, kg/m ³	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, MJ/kg
Diesel	-	0.820	44.028
DE2E3	ไม่แยกชั้น	0.816	43.972
DE5E5	24 (days)	0.814	42.139
DE8E7	16 (days)	0.809	42.144
DE11E9	9 (days)	0.800	41.585
DE14E11	7 (days)	0.796	39.955

2.2 การทดสอบสมรรถนะของรถยนต์

2.2.1 อุปกรณ์การทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ มีการจัดทำชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อจัดทำเป็นชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์ โดยรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นรถยนต์แบบกระบะของบริษัทฟอร์ด รุ่น Ranger ภายในรถยนต์คันนี้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรง 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาดความจุ 2,500 cc ต่อกับกระปุกเกียร์แบบกลไก และส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังชุดขับเคลื่อนล้อหลัง โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 1 ชุดทดสอบสมรรถนะของรถยนต์

2.2.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์นั้น เริ่มต้นจากการอุ่นเครื่องยนต์เป็นเวลา 15 นาที โดยไม่มี

การเข้าเกียร์ ต่อมาทำการทดสอบตามสภาวะการทดสอบที่ได้แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงตารางข้อมูลของรถยนต์และสภาวะในการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์ โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,500-3,000 rpm โดยใช้ภาระงานสูงสุดจากแรงดันเบรกสูงสุดและปริมาณเชื้อเพลิง 20 ml ในแต่ละเชื้อเพลิง

ตารางที่ 3 ข้อมูลของรถยนต์และสภาวะการทดสอบ

ข้อมูลของรถยนต์	
รุ่น	FORD Ranger 2009
ระบบฉีดเชื้อเพลิง	Direct injection
จำนวนกระบอกสูบ (Cyl)	4
กระบอกสูบ x ช่วงชัก (mm)	96 x 102
ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	2,497 cc
อัตราส่วนอัด	18:1
กำลังงานสูงสุด (hp) / ความเร็วรอบ (rpm)	115 / 3,200
แรงบิดสูงสุด (N-m) / ความเร็ว รอบ (rpm)	380 / 1,800
ระบบส่งกำลัง	ระบบขับเคลื่อนล้อหลัง
ระบบเกียร์	กระปุกเกียร์แบบกลไก 5 เกียร์
อัตราทดเกียร์	เกียร์ 1 : 3.72:1 เกียร์ 2 : 2.20:1 เกียร์ 3 : 1.50:1 เกียร์ 4 : 1.00:1 เกียร์ 5 : 0.79:1
อัตราทดเฟืองท้าย/รูปแบบ	4.56 : 1 / Open diff case
สภาวะการทดสอบ	
ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)	1,500 - 3,000±50
เชื้อเพลิงที่ทดสอบ	D100/ DE2E3/ DE5E5/ DE8E7/ DE11E9/ DE14E11
เกียร์	1-5
ภาระงาน	แรงดันเบรกสูงสุด
ปริมาณเชื้อเพลิง (ml)	20

โดยเริ่มต้นจากการใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐาน (D100) เป็นเชื้อเพลิง หลังจากนั้น เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นน้ำมัน DE2E3, DE5E5, DE8E7, DE11E9 และ DE14E11 และทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพลากลาง และเพลาท้าย ทอร์กที่ล้อของรถยนต์ อัตราการไหลของน้ำมัน และอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเข้าท่อร่วมไอดี อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และอุณหภูมิแก๊สไอเสีย และนำไปคำนวณสมรรถนะของเครื่องยนต์

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สมรรถนะของรถยนต์ [8, 9] 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 แรงบิดขับเคลื่อนที่ล้อของรถยนต์ (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 [8, 9] 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 ทอร์กของเครื่องยนต์ยนต์ (N.m)

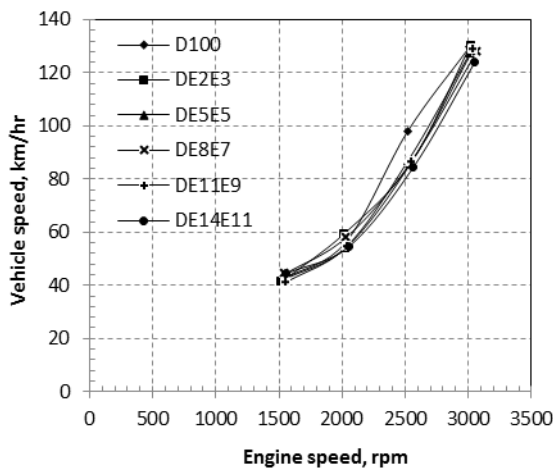
η_t คือ ประสิทธิภาพการส่งกำลัง (%)

m_f คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (kg/sec)

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (MJ/kg)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์ เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของรถยนต์กับความเร็รรอบของเครื่องยนต์ขณะที่รับภาระงานสูงสุด ณ ตำแหน่งเกียร์สูงสุดของเกียร์แบบกลไกบนแท่นทดสอบ และใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบที่ความเร็รรอบของเครื่องยนต์ $1,500-3,000 \pm 50$ rpm

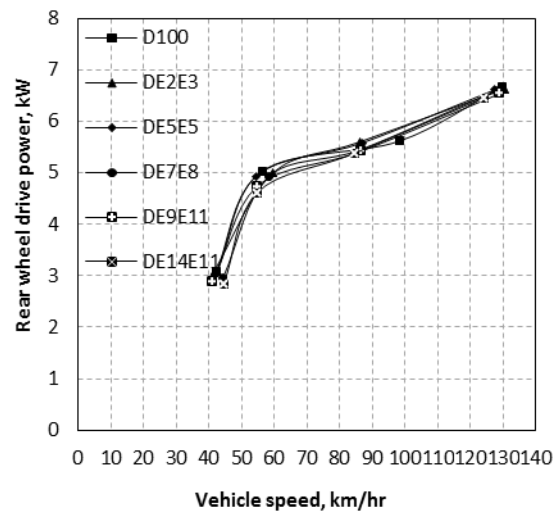


รูปที่ 2 อัตราเร็วของรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทเทียบกับน้ำมันดีเซล

ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 นั้น มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ขณะที่การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 (น้ำมัน DE2E3) นั้นให้อัตราเร็วของรถยนต์สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร้อยละ 0.54 ถึง 5.88

ในรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานขับเคลื่อนที่ล้อและอัตราเร็วของรถยนต์ที่มาจาก การตรวจสอบสมรรถนะของรถยนต์ขณะขับเคลื่อนเกียร์สูงสุดบนแท่นทดสอบ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 เทียบกับน้ำมันดีเซล โดยทดสอบที่ความเร็รรอบ $1,500$ ถึง $3,000 \pm 50$ rpm ณ ภาระงานสูงสุดจากแรงกดของชุดดรัมเบรกที่อ่านผ่านโหลดเซลล์ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้น้ำมัน DE2E3 และ DE5E5 ให้กำลังงานขับเคลื่อนที่ล้อ

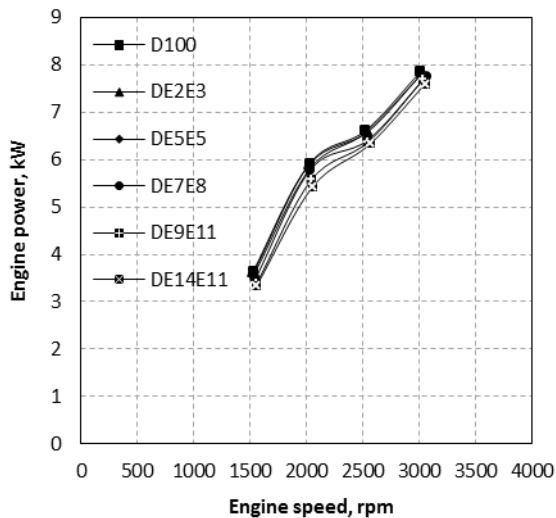
และอัตราเร็วของรถยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลโดยลดลงเพียงร้อยละ 0.63 ถึง 1.95 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ส่วนการใช้น้ำมัน DE14E11 เป็นเชื้อเพลิงนั้น กำลังงานขับเคลื่อนที่ล้อและอัตราเร็วของรถยนต์ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล โดยกำลังงานขับเคลื่อนที่ล้อ เมื่อใช้น้ำมัน DE14E11 ลดลงร้อยละ 3.22-8.21 ขณะที่อัตราเร็วของรถยนต์ลดลงร้อยละ 2.69-13.95 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล



รูปที่ 3 สมรรถนะของรถยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ

ในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงาน (P_e) และความเร็รรอบของเครื่องยนต์ที่มาจาก การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการนำผลการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์มาวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 ให้ค่า P_e ลดลงเล็กน้อยเนื่องจากค่าความร้อนเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อน (BTH) และความเร็รรอบของเครื่องยนต์พบว่า การใช้น้ำมัน DE2E3 และ DE5E5 ให้ค่า BTE ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gnanamoorthi และ Devaradjane [7] เนื่องจากเอทานอลและเอทิลอะซิเตทเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเมื่อผสมกับน้ำมันดีเซล ทำให้อะตอมของออกซิเจนจับกับองค์ประกอบของน้ำมันดีเซล และปรับปรุงเลขซีเทนและปฏิกิริยาการเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

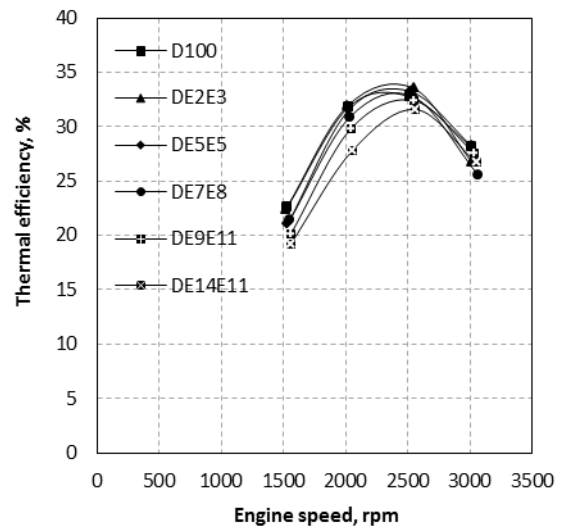
โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงการเผาไหม้แบบควบคุมการผสม (Mixing-Controlled) ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีขึ้น [10] ในทางตรงกันข้าม การใช้น้ำมัน DE8E7 ถึง DE14E11 ให้ค่า *BTE* ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ [8] และ [9] เนื่องจากมีการเพิ่มผลรวมของเอทานอลและเอทิลอะซิเตตมากกว่าร้อยละ 10 ทำให้ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงขึ้น นำไปสู่การสูญเสียความร้อนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เลขซีเทนลดลง และนำไปความล่าช้าของการจุดระเบิดยาวขึ้น และต่อมาเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นในจังหวะการขยายตัว นอกจากนี้ การลดลงของค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนเชื้อเพลิง (ดังแสดงในตารางที่ 2) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง เพื่อให้กำลังงานของเครื่องยนต์ออกมาใกล้เคียงกัน จากผลกระทบโดยรวมของปัจจัยเหล่านี้จึงนำไปสู่การลดลงของ *BTE* [3, 8, 10]



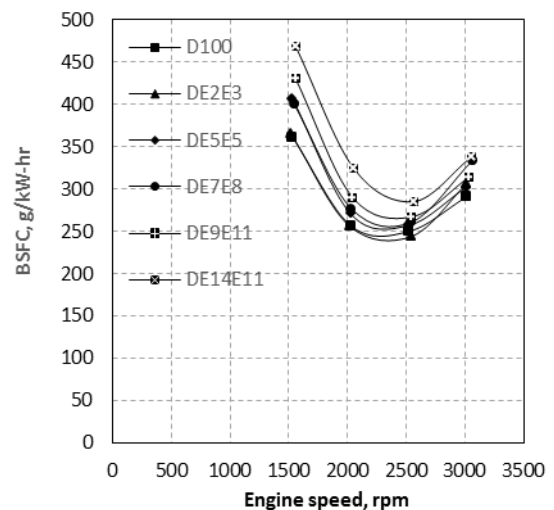
รูปที่ 4 กำลังงานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างๆ

ในรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (*BSFC*) และความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า การใช้น้ำมัน DE2E3 และ DE5E5 มีค่า *BSFC* เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเทียบกับน้ำมันดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gnanamoorthi และ Devaradjane [7] แต่การใช้ น้ำมัน DE8E7 ถึง DE14E11 ให้ค่า *BSFC* เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยที่ [3] และ [11] เพราะเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตตมีค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตตในอัตราส่วนที่เพิ่มสูงขึ้น จะต้องใช้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล เพื่อให้กำลังงานของเครื่องยนต์ออกมาใกล้เคียงกัน ทำให้มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล [8-11]



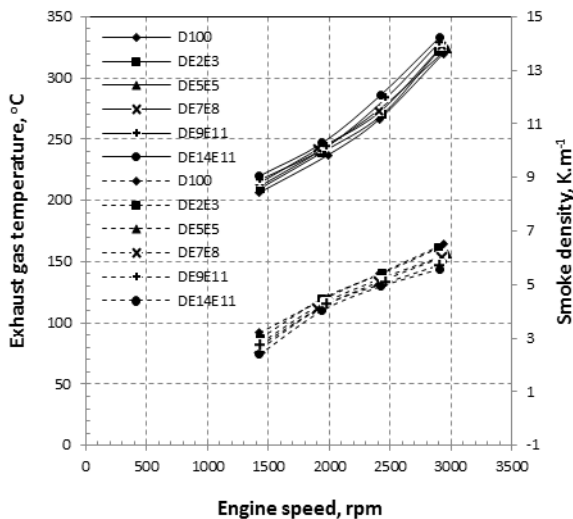
รูปที่ 5 ประสิทธิภาพทางความร้อนเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 6 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตตในอัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 5 และ 6 เมื่อตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 2,500±50 rpm ซึ่งเป็นช่วงสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีที่สุด เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับน้ำมันดีเซลพบว่า ค่า *BTH* ลดลงร้อยละ 0.87 ถึง 11.75 และค่า *BSFC* เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.00 ถึง 24.87 ขณะที่การใช้ น้ำมัน DE2E3 และ DE5E5 ให้ค่า *BTH* ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ค่า *BSFC* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ในรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแก๊สไอเสียและปริมาณควันดำที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอเสียสูงกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 4.06 ถึง 7.32 เนื่องจากการเพิ่มเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในน้ำมันดีเซล ทำให้เลขซีเทนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้เกิดรวดเร็วขึ้น และการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ออกมาในจังหวะคายของวัฏจักรเครื่องยนต์อัตราเร็วเพิ่มขึ้น [1, 9]



รูปที่ 7 อุณหภูมิของแก๊สไอเสียและปริมาณควันดำเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทเทียบกับน้ำมันดีเซล

ส่วนการปล่อยปริมาณควันดำจากการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทนั้นพบว่า เมื่อผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในน้ำมันดีเซลตามสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้การปล่อยควันดำจากแก๊สไอเสียของ

เครื่องยนต์ลดลงร้อยละ 8.98 ถึง 25.25 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลและเอทิลอะซิเตทมีส่วนประกอบของออกซิเจนภายในโครงสร้างของเชื้อเพลิงเมื่อนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่เหมาะสม และทำปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้มีออกซิเจนเพียงพอต่อการเผาไหม้ และทำให้มีการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้การปลดปล่อยควันดำจากเครื่องยนต์ลดลง [2]

4. สรุป

จากผลการทดสอบการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับน้ำมันดีเซลสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ไม่มีการแยกชั้นของน้ำมันภายหลังระยะเวลา 1 เดือน ส่วนน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 5 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 5 นั้น มีการแยกชั้นหลังจาก 24 วัน และคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันทั้งสองนี้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

4.2 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 5 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 5 ให้กำลังงานขับเคลื่อนและอัตราเร็วของรถยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลโดยลดลงเพียงร้อยละ 0.63 ถึง 1.95 ขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตทร้อยละ 10 ส่งผลให้กำลังขับเคลื่อนลดลงร้อยละ 3.22

4.3 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นและการเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลและเอทิลอะซิเตทร้อยละ 10 ส่งผลให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.87 และประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 11.75 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

4.4 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอเสียสูงกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 4.06 ถึง 7.32 และมีการปล่อยปริมาณควันดำจากเครื่องยนต์ลดลงร้อยละ 8.98 ถึง 25.25

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทุนสนับสนุนโครงการงานวิจัยสำหรับนิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุน

และคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนทุนนำเสนอผลงานทางวิชาการสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Labeckas, G., Slavinskas, S., Lus, T., Klyus, O. and Mažeika, M. (2013). Combustion and performance parameters of a diesel engine operating on ethanol-diesel fuel blends. *Scientific Journals, Maritime University of Szczecin*, vol. 36(108), pp. 102-109.
- [2] 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, pp. 46-72.
- [3] Gomasta, S. and Mahla, S.K. (2012). An experimental investigation of ethanol blended diesel fuel on engine performance and emission of a diesel engine. *International Journal on Emerging Technologies*, vol.3(1), pp. 74-79.
- [4] Corkwell, K.C., Jackson, M.M. and Daly, D.T. (2003). Review of exhaust emissions of compression ignition engines operating on E-diesel fuel blends. *SAE technical*, series no. 2003-01-3283.
- [5] Hansen, A.C., Zhang, Q. and Lyne, P.W.L. (2005). Ethanol-diesel fuel blends-a review. *Bioresource Technology*, vol. 96, pp. 277-285.
- [6] ฉัญญธร อิสราชีวะ. (2548). ผลกระทบของสาร Oxygenated Additive ในลักษณะทางอิมัลชันของการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเคมี วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] Gnanamoorthi, V. and Devaradjane, G. (2013). Effect of diesel-ethanol blends on performance, combustion and exhaust emission of a diesel engine. *Internal Journal of Current Engineering and Technology*, vol. 3(1), pp. 36-42.
- [8] Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamental*. McGraw -Hill, New York.
- [9] Stone, R. and Ball, J.K. (2004). *Automotive Engineering Fundamentals*. SAE International.
- [8] Gnanamoorthi, V. and Devaradjane, G. (2013). Effect of diesel-ethanol blends on performance, combustion and exhaust emission of a diesel engine. *Internal Journal of Current Engineering and Technology*, 3(1): 36-42.
- [10] 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.
- [11] Kumar, C., Athawe, M., Aghav, Y.V., Babu, M.K.G. and Das, L.M. (2007). Effects of ethanol addition on performance, emission and combustion of DI diesel engine running at different injection pressures. *SAE Technical Paper*, 1: 626-638.