

สมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10

Performance and wearing of a small engine using diesel mixed ethanol oil 10%

ฐิติกร ฐานวุฒิเมษิต¹, เอกชัย สุธีรศักดิ์^{1*}, เอกพันธ์ อินทร์ปิ่น¹, กฤษฎา ศรีบุตตะ¹ และวิฑูรย์ ยะพะเยาว์¹¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

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

บทคัดย่อ

เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากผลิตจากพืชเกษตรกรรมภายในประเทศ มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และลดการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ ดังนั้น งานวิจัยนี้ นำเสนอผลการตรวจสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กแบบฉีดตรง 1 สูบ 4 จังหวะ ขนาด 5.5 แรงม้า ซึ่งต่อกับเจนเนอเรเตอร์ 2.5 กิโลวัตต์ โดยใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 เทียบกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และทำการทดสอบระยะเวลา 500 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตั้งแต่ 2,000 ถึง 3,200 รอบต่อนาที ขณะที่การทดสอบการสึกหรอจะใช้ภาระงานคงที่ในการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า กำลังไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 ลดลงร้อยละ 8.43 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.25 และประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 18.50 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ขณะที่ผลการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 พบว่า มีคราบเขม่าเกาะอยู่บริเวณหัวฉีด ฝาสูบ และหัวลูกสูบของเครื่องยนต์ปริมาณมาก ส่วนผลการตรวจสอบการสึกหรอของกระบอกสูบ แหวนลูกสูบ และลูกสูบพบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 มีการสึกหรอมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล

คำหลัก: เอทานอล, น้ำมันดีเซล, เครื่องยนต์ดีเซล, สมรรถนะและการสึกหรอ

Abstract

Ethanol is an attractive alternative fuel because it is produced from the agricultural crops in country and oxygenated, and reduces the exhaust gas emissions from the diesel engine. Hence, the research work presents about results of performance and wearing testing from a diesel engine, single cylinder, direct injection, 4 strokes and 5.5 hp. The engine is connected with 2.5 kW of generator by using diesel mixed ethanol 10% compared with diesel fuel and are defined as the 500 hours, engine speed from 2,000-3,200 rpm. Wearing testing uses the constant load in running. The results show that the electrical power from the engine using diesel mixed ethanol 10% decreases 8.43%, the specific fuel consumption increases 29.25%, and the thermal efficiency decreases 18.50%. In addition, the result of wearing engine using diesel mixed ethanol 10% show that there is a higher soot on a fuel injector, a cylinder head, and a piston than diesel fuel. Finally, the result of wearing inspection shows that using diesel mixed ethanol 10% in the engine will has a higher rate of wearing out in the cylinder, the piston ring, and the piston than the engine to use diesel fuel.

Keywords: Ethanol, Diesel fuel, Performance engine, Wearing.

1. บทนำ

ปัจจุบัน การคมนาคมขนส่งและเกษตรกรรม ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นจักรกลต้นกำลังในการขับเคลื่อนเนื่องจากให้กำลังงานสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน อย่างไรก็ตาม ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการทำให้ระดับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงไม่แน่นอน และเครื่องยนต์ประเภทนี้ มีการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสียจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน และควันทำ ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และกลิ่นเหม็นต่างๆ จึงมีความจำเป็นจะต้องค้นหาแหล่งน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทน [1-3]

เอทานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมัก (Fermentation) จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และ ข้าวโพด เป็นต้น และมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก เนื่องจากมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสามารถลดการปล่อยสารมลพิษจากแก๊สไอเสีย จึงมีการศึกษาและวิจัยการใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 (ค.ศ. 1970) จนถึงปัจจุบัน [1-3] โดยเอทานอลที่ใช้จะต้องเป็นเอทานอลที่ปราศจากน้ำ และมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 โดยน้ำหนักขึ้นไป [4] ขณะที่ Kumar และคณะ [2] และ Hansen และคณะ [5] ได้สรุปว่า การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์และไม่มีความซับซ้อนนั้น ควรใช้วิธีอิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งเป็นกระบวนการผสมน้ำมันที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ในการผสม และวิธีการนี้ สามารถยืดเวลาในการผสมของน้ำมันดีเซลกับเอทานอล เพิ่มเลขซีเทน และไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์

บุญชู มุ่งกลาง และคณะ [6] และ จตุพล ประถมภาสและคณะ [7] ศึกษาอัตราส่วนของการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 2 ถึง 14 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 ถึง 11 ต่อคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง พบว่า การผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอลที่ปราศจากน้ำเกินกว่าร้อยละ 10 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 5 ทำให้ระยะเวลาในการแยกชั้นของน้ำมันเกิดภายใน 5 วัน ค่าความหนืดลดลงมากกว่าร้อยละ 20 และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงมากกว่าร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล และต่อมาทำการตรวจสอบระบบฉีดเชื้อเพลิง และสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

แบบฉีดตรง สีสู่สี่จังหวะเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนรถยนต์พบว่า การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำเกินกว่าร้อยละ 10 ทำให้ปั๊มเชื้อเพลิงต้องสร้างแรงดันของการฉีดเชื้อเพลิงมากขึ้น ส่งผลให้ปั๊มเชื้อเพลิงและหัวฉีดมีการสึกหรออย่างรวดเร็ว ขณะที่ประสิทธิภาพทางความร้อน (BTE) ลดลงมากกว่าร้อยละ 18.56 และความสัมพันธ์เปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (BSFC) เพิ่มขึ้นสูงกว่าร้อยละ 46 Gnanamoorthi และ Devaradjane [8] ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดตรงหนึ่งสูบ สี่จังหวะที่ใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 ถึง 50 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 3 เทียบกับน้ำมันดีเซลพบว่า การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 ให้ค่า BTE เพิ่มขึ้นร้อยละ 8 และค่า BSFC เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ขณะที่การปล่อยปริมาณ CO, NO_x และควันทำลดลงแต่การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำมากกว่าร้อยละ 30 ทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์แย่ลงและมีการปล่อยสารมลพิษเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 และเอทิลอะซิเตทที่ร้อยละ 5 เป็นเชื้อเพลิงนั้น มีการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล แต่ยังไม่มีการศึกษาการสึกหรอของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันนี้ ดังนั้น งานวิจัยนี้ นำเสนอการตรวจสอบสมรรถนะ และการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 5 เทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยมีการตรวจสอบกำลังงานและความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ และการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ได้แก่ ระยะเวลาของปากแหวน ช่องว่างระหว่างแหวน กับร่องแหวนของลูกสูบ และการสึกหรอของกระบอกสูบในระยะเวลา 500 ชั่วโมง

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 น้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลที่ปราศจากน้ำร้อยละ 10 และเอทิลอะซิเตทร้อยละ 5 ผ่านกระบวนการผสมแบบอิมัลชัน (Emulsion) โดยเอทานอลที่ใช้เป็นเอทานอลที่ปราศจากน้ำซึ่งมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 และเอทิลอะซิเตทที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ

99.6 (สารอิมัลซีไฟเออร์) และใช้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรแมคเนติก (Electromagnetic machine) ในกระบวนการผสม กำหนดความเร็วรอบการกวนผสมที่ 800 rpm เวลาในการกวน 30 min และอุณหภูมิการผสม 40 °C โดยก่อนทำการทดสอบได้ตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 (DE10) เทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน ได้แก่ ค่าความหนาแน่น และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 1 พบว่า น้ำมันดีเซลมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน โดยทำการตรวจสอบจากค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 20 °C พบว่า ค่าความหนาแน่นของน้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 0.86 kg/m³ ในขณะที่น้ำมัน DE10 มีค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลร้อยละ 4.65 และ 2.56 ส่วนเสถียรภาพของน้ำมัน DE10 นั้น จะทำการตรวจสอบจากระยะเวลาในการผสมเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำมัน โดยการบรรจุน้ำมันในกระบอกแก้วที่มีการปิดฝาอย่างสนิท และวางไว้ภายในห้องทดสอบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่า น้ำมัน DE10 มีเวลาในการผสมกันนานถึง 24 วัน

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

รายละเอียด	Diesel	E	EA	DE10
ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 20 °C, kg/m ³	0.86	0.789	0.901	0.82
ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 20 °C, mm ² /s	3.35	1.2	0.412	2.95
ปริมาณของออกซิเจน, wt%	-	34.6	11.2	-
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV), MJ/kg	44.028	29.7	23.5	42.903

2.2 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบนี้ ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กยี่ห้อมิซูบิชิ รุ่น MIT-170FS(E) ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง หนึ่งสูบ สี่จังหวะ ขนาด 5.5 hp และระบายความร้อนด้วยอากาศต่อกับเจนเนอเรเตอร์ เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้า 2.5 kW จำนวน 2 ชุด โดยรายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลดังแสดงในตารางที่ 2 [9] และในรูปที่ 1 แสดงภาพชุดทดสอบสมรรถนะของ

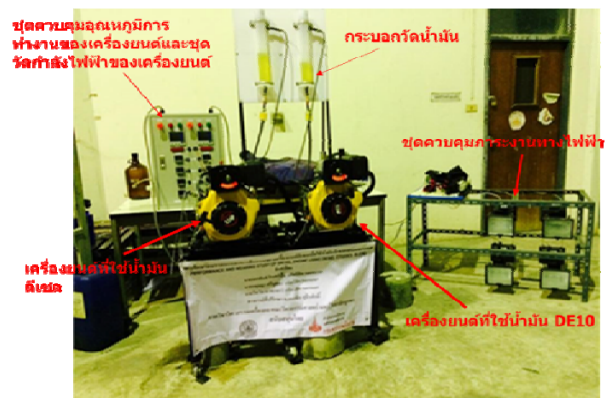
เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ต่อกับเจนเนอเรเตอร์ โดยใช้กระบอกน้ำมันขนาด 1,000 ml เพื่อวัดปริมาณเชื้อเพลิงและมีการติดตั้งชุดควบคุมและตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องยนต์และชุดวัดกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 2 ข้อมูลของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ทดสอบ

รุ่น	170FS(E)
ระบบฉีดเชื้อเพลิง/หัวฉีด	แบบฉีดตรง/ รูเดียว
ความดันของการฉีด, kg/cm ²	200
ขนาดกระบอกสูบ X ช่วงชัก, mm	70x55
ปริมาตรกระบอกสูบ, cm ³	211
กำลังงานเครื่องยนต์สูงสุด/ความเร็ว	5.5/3,600
รอบของเครื่องยนต์, hp/rpm	
อัตราส่วนการอัด	20:1

2.2 ชุดภาระงานสำหรับทดสอบเครื่องยนต์

ชุดภาระงานสำหรับทดสอบเครื่องยนต์นั้น แบ่งออกเป็นสองชุด โดยชุดแรก ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดังแสดงในรูปที่ 1 จะใช้ชุดควบคุมภาระงานทางไฟฟ้าที่ออกแบบเป็นวงจรไฟฟ้าแบบผสม และใช้หลอดไฟสองแบบ คือ หลอดไฟแบบ 25 W และแบบสปอร์ตไลท์ 500 W โดยติดตั้งสวิตช์กับตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อปรับกำลังไฟฟ้าสูงสุด 2.5 kW



รูปที่ 1 ชุดภาระงานที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ส่วนชุดที่สอง เป็นชุดภาระงานที่ใช้ในการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ ซึ่งจะใช้เครื่องเติมอากาศบนผิวน้ำแบบสี่ใบพัด (Paddlewheel Aerator 4PW) ของห้างหุ้นส่วนจำกัดนพลีต แบบ 1 เฟส 220 Volt และใช้

ชุดเกียร์อัตราทด 1:15 โดยติดตั้งที่สระน้ำบริเวณสวน
นันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา ดังแสดงในรูปที่ 2

2.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ก่อนทำการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของ
เครื่องยนต์นั้น ทำการถอดชิ้นส่วนหลักภายในเครื่องยนต์
ได้แก่ หัวฉีด ฝาสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ สลัก ก้านสูบ
และกระบอกสูบ เพื่อวัดระยะมาตรฐานต่างๆ ต่อมา
ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ เพื่อตรวจสอบ
กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ประสิทธิภาพทางความร้อน และ
ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยนำเครื่องยนต์ต่อกับ
เจนเนอเรเตอร์จำนวน 2 เครื่องติดตั้งบนแท่นทดสอบดัง
แสดงในรูปที่ 1 โดยมีเงื่อนไขในการทดสอบเดียวกันคือ
ทดสอบเครื่องยนต์ทั้งสองที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 2,000 ถึง
3,200 rpm โดยเครื่องแรกทดสอบสมรรถนะของ
เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐาน ส่วนอีกเครื่อง
ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสม
เอทานอลร้อยละ 10 โดยทำการทดสอบระยะเวลา 200
ชั่วโมง นอกจากนี้ มีการทดสอบความดันของการฉีด
น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 เทียบกับน้ำมัน
ดีเซล ก่อนและหลังการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์
ในระยะเวลา 200 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบกับเครื่องฉีด
เชื้อเพลิงแบบกลไก



รูปที่ 2 เครื่องเติมอากาศบนผิวน้ำแบบสปีไบพัด

2.4 การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์นั้น จะนำชุด
ทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่ต่อกับเจนเนอเรเตอร์แต่ละชุด
ต่อกับเครื่องเติมอากาศบนผิวน้ำแบบสปีไบพัด และทำการ
ทดสอบพร้อมกันที่ความเร็วรอบคงที่ 2,600 rpm เป็น

ระยะเวลา 300 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด จะ
นำเครื่องยนต์ทั้งสองไปตรวจสอบคราบเขม่าโดยดูจาก
ภาพของคราบเขม่าที่เกาะบริเวณหัวฉีด ฝาสูบ และหัว
ลูกสูบ และทำการเปรียบเทียบการสึกหรอของชิ้นส่วน
หลักภายในเครื่องยนต์ ได้แก่ ระยะห่างปากแหวน
ระยะห่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนลูกสูบ และการสึก
หรอของปลอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสม
เอทานอลร้อยละ 10 เทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน โดยใช้
เครื่อง Coordinate Measuring Machine (CMM) เพื่อ
วัดระยะห่างปากแหวนดังแสดงในรูปที่ 3 และวัดช่องว่าง
ระหว่างแหวนกับร่องแหวนของลูกสูบโดยใช้ฟิลเลอร์เกจ
ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 การวัดขนาดปลอกสูบ

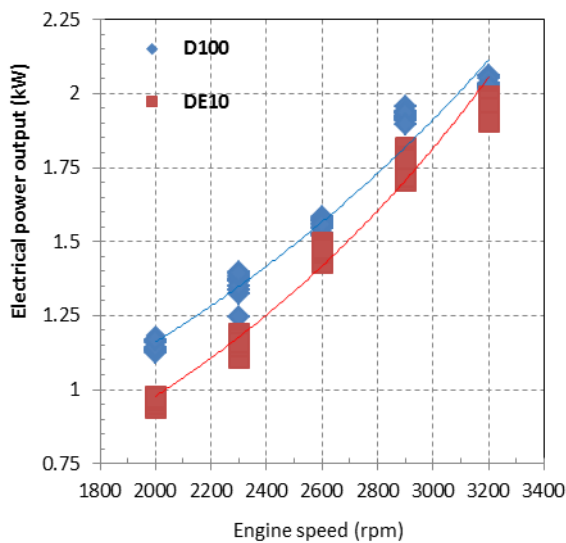


รูปที่ 4 การวัดระยะห่างปากแหวน

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

ผลการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 (DE10) กับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน (D100) ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 2,000 ถึง 3,200 rpm และเปลี่ยนแปลงภาระงานในระยะเวลา 200 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่า ที่ความเร็วรอบเท่ากันเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลสามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 (DE10) โดยกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน DE10 ลดลงร้อยละ 8.43 เมื่อเทียบกับน้ำมัน D100 เนื่องจากน้ำมัน DE10 มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงต่ำกว่าน้ำมัน D100 ส่งผลให้การปลดปล่อยพลังงานของเชื้อเพลิงลดลง ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน [2, 3]

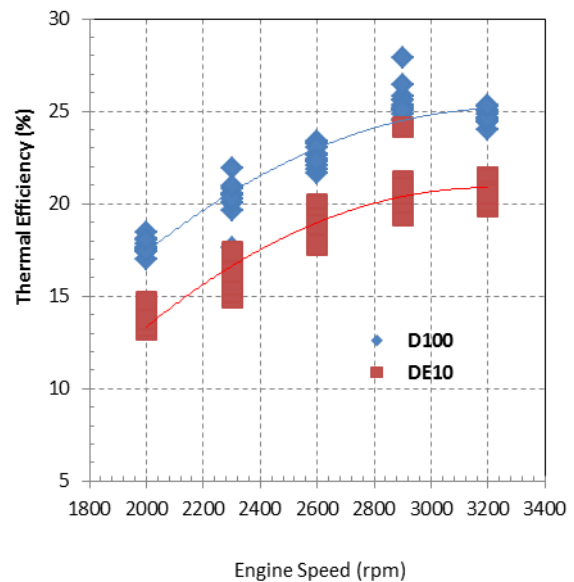


รูปที่ 5 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ หลังจากระยะเวลา 200 ชั่วโมง

ในรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนเมื่อใช้น้ำมัน DE10 เทียบกับน้ำมัน D100 พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน DE10 มีประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 18.50 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่

ใช้น้ำมัน D100 เนื่องจากค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงขึ้น นำไปสู่การสูญเสียความร้อนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เลขซีเทนลดลง และนำไปสู่การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เพิ่มขึ้นในจังหวะการขยายตัว [2, 3] นอกจากนี้ การลดลงของค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ดังแสดงในตารางที่ 1) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของปริมาณการฉีดเชื้อเพลิง เพื่อให้กำลังงานของเครื่องยนต์ออกมาใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง

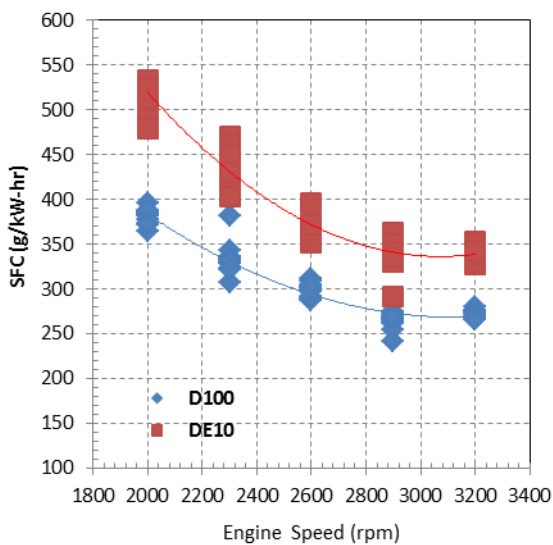
ในรูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ทั้งสอง พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน DE10 มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.25 เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน D100 เนื่องจากเอทานอลที่ปราศจากน้ำและเอทิลอะซิเตสมีค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตส จะต้องใช้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล เพื่อให้กำลังงานของเครื่องยนต์ออกมาใกล้เคียงกัน ทำให้มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันดีเซล [1-3]



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อน หลังจากระยะเวลา 200 ชั่วโมง

ในตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความดันของการฉีดเชื้อเพลิงจากเครื่องทดสอบการฉีดเชื้อเพลิงแบบกลไกพบว่า ความดันของการฉีดเชื้อเพลิงจากหัวฉีดของเครื่องยนต์ใช้น้ำมัน DE10 ก่อนการทดสอบสมรรถนะ

ของเครื่องยนต์ลดจลจร้อยละ 3.57 หลังจากทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ระยะเวลา 200 ชั่วโมงพบว่าความดันของการฉีดเชื้อเพลิงจากหัวฉีดของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 ลดจลจร้อยละ 7.25 เมื่อเทียบกับหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน D100 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำมัน DE10 ทำให้เกิดการสึกหรอของหัวฉีดรวดเร็วขึ้น เนื่องจากน้ำมัน DE10 มีค่าความหนืดน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้เกิดความเสียหายระหว่างเสื่อหัวฉีดกับเข็มหัวฉีดเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะหลังจากระยะเวลา 200 ชั่วโมง

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความดันของการฉีดเชื้อเพลิง

น้ำมัน	D100		DE10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
เวลา 200 ชั่วโมง				
ความดันการฉีดเชื้อเพลิง, kg/cm ²	140	138	135	128

3.2 ผลการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์

จากการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมัน DE10 เทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน D100 โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 2,600 รอบต่อนาที ภาระงานคงที่ 1.5 kW ระยะเวลา 300 ชั่วโมง หลังจากนั้น ทำการถอดเครื่องยนต์และสังเกตการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน DE10 เกิดคราบเขม่าเกาะในบริเวณหัวฉีด ฝาสูบ และหัวลูกสูบ เป็นสีดำเข้มเกาะรวมตัวกันแน่นในปริมาณมากกว่า

เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน D100 ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งแสดงภาพหัวฉีด ฝาสูบ และหัวลูกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน DE10 และ D100 ที่ระยะเวลา 300 ชั่วโมง เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน DE10 มีการเผาไหม้ล่าช้าเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีสาเหตุมาจากเอทานอลและเอทิลอะซิเตททำปฏิกิริยากับอากาศอย่างรวดเร็ว ทำให้ความล่าช้าการจุดระเบิดลดลง ส่งผลให้เวลาในการเผาไหม้ในช่วง Premixed Combustion รวดเร็วขึ้น ทำให้การเผาไหม้หลักในช่วง Diffusion Combustion นานขึ้น [1]

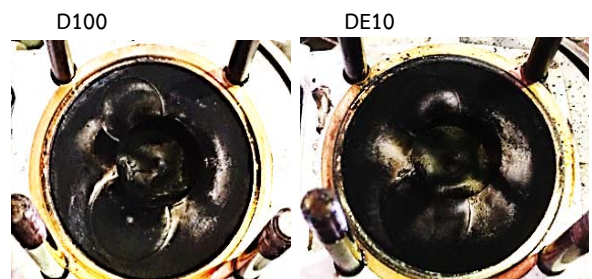
หลังจากนั้น ถอดลูกสูบออกจากกระบอกสูบ และใช้เครื่อง Coordinate Measuring Machine วัดขนาดของปลอกสูบ 3 จุด โดยทำการวัดจุดบน จุดกึ่งกลาง และจุดล่างดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งแสดงการวัดขนาดของปลอกสูบโดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแสดงการวัดขนาดของปลอกสูบทั้ง 3 จุด ก่อนและหลังการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ทั้งสองระยะเวลา 500 ชั่วโมง โดยจากคู่มือของเครื่องยนต์นี้ระบุว่าค่าที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 0.20 mm



(ก) ภาพหัวฉีดของเครื่องยนต์



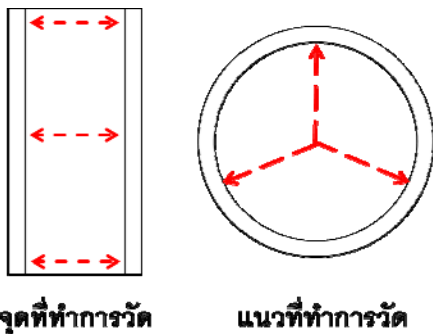
(ข) ภาพฝาสูบของเครื่องยนต์



(ค) ภาพหัวลูกสูบของเครื่องยนต์

รูปที่ 8 ภาพหัวฉีด ฝาสูบ และหัวลูกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 และ D100 ที่ระยะเวลา 300 ชั่วโมง

จากผลการวัดการสึกหรอของปลอกสูบที่วัดได้จากเครื่องยนต์ทั้งสอง พบว่า การวัดในจุดบนของปลอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 จะมีค่าการสึกหรอมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล 0.029 mm เนื่องจากจุดบนของปลอกสูบของเครื่องยนต์นั้นเป็นบริเวณห้องเผาไหม้เครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมัน DE10 จึงมีการสึกหรอมากกว่าเพราะมีแอลกอฮอล์ผสมในน้ำมันดีเซล เมื่อแอลกอฮอล์ทำปฏิกิริยากับอากาศ จะเร่งการกัดกร่อนให้เกิดรวดเร็วขึ้น ส่งผลให้จุดบนของปลอกสูบมีการสึกหรอมากกว่า [1] ส่วนการวัดในจุดกึ่งกลางและจุดต่ำสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 จะมีค่าการสึกหรอมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน D100 ไม่เกิน 0.003 mm



รูปที่ 9 การวัดขนาดของปลอกสูบ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการสึกหรอของปลอกสูบ

จุดที่ทำการวัด	น้ำมัน D100		น้ำมัน DE10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จุดบนสุด, mm	70.010	70.009	70.010	69.980
จุดกึ่งกลาง, mm	70.012	70.012	70.012	70.010
จุดต่ำสุด, mm	70.007	70.007	70.007	70.004

ในตารางที่ 5 แสดงผลการวัดการสึกหรอของระยะห่างปากแหวนก่อนและหลังการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ทั้งสองที่ระยะเวลา 500 ชั่วโมง โดยจากคู่มือของเครื่องยนต์นี้ระบุว่าค่าที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 0.15 mm ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ค่าการสึกหรอของแหวนแรงอัด (บน) ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 มีค่าเท่ากับค่าการสึกหรอเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน D100 เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นที่วัดก่อนการทดสอบ

ในขณะที่ค่าของแหวนแรงอัด (กลาง) ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 จะมีค่าการสึกหรอมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล 0.06 mm และค่าการสึกหรอของแหวนน้ำมัน (ล่าง) ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 มีค่าการสึกหรอมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล 0.01 mm ซึ่งมีการสึกหรอเพียงเล็กน้อย

ในตารางที่ 6 แสดงผลการวัดการสึกหรอของระยะห่างปากแหวนกับร่องแหวนลูกสูบก่อนและหลังการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ทั้งสองที่ระยะเวลา 500 ชั่วโมง โดยจากคู่มือของเครื่องยนต์นี้ระบุว่าค่าที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 0.15 mm ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การสึกหรอของแหวนแรงอัด (บน) ของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 มีค่าการสึกหรอมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล 0.03 mm ส่วนแหวนแรงอัด (กลาง) และแหวนน้ำมัน (ล่าง) ของเครื่องยนต์ทั้งสองจะมีค่าเท่ากับค่าที่วัดได้จากค่าเริ่มต้นก่อนการทดสอบซึ่งมีการสึกหรอเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการวัดระยะห่างปากแหวน

จุดที่ทำการวัด	น้ำมัน D100		น้ำมัน DE10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
แหวนแรงอัด (บน), mm	0.25	0.28	0.25	0.28
แหวนแรงอัด (กลาง), mm	0.28	0.30	0.28	0.38
แหวนน้ำมัน (ล่าง), mm	0.28	0.30	0.28	0.33

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบการวัดช่องว่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนของลูกสูบ

จุดที่ทำการวัด	น้ำมัน D100		น้ำมัน DE10	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
แหวนแรงอัด (บน), mm	0.06	0.06	0.06	0.09
แหวนแรงอัด (กลาง), mm	0.04	0.04	0.04	0.04
แหวนน้ำมัน (ล่าง), mm	0.04	0.04	0.04	0.04

โดยจากผลของการวัดการสึกหรอของชิ้นส่วนหลักภายในเครื่องยนต์ ได้แก่ ระยะห่างปากแหวน ระยะห่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนลูกสูบ และการสึกหรอของปลอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 เทียบกับน้ำมัน D100 พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมัน DE10 มีการสึกหรอเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าการวัดชิ้นส่วนต่างๆ ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ในคู่มือของเครื่องยนต์

4. สรุป

จากผลการศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 เทียบกับน้ำมันดีเซลสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 การใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 ส่งผลให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 2.56 กำลังงานและประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงร้อยละ 8.43 และ 18.50 ตามลำดับ ส่วนค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.25 และความดันของการฉีดเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 7.25 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

4.2 การสึกหรอที่ระยะเวลา 500 ชั่วโมง พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 มีคราบเขม่าในบริเวณรูหัวฉีด ฝาสูบ และหัวลูกสูบหนาแน่นกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

4.3 การวัดการสึกหรอของระยะห่างปากแหวน ช่องว่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนของลูกสูบ และการสึกหรอของปลอกสูบ พบว่าเครื่องยนต์ทั้งสองมีค่าการสึกหรอที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่าการสึกหรอระยะห่างปากแหวนเห็นได้ชัดเจน โดยค่าการสึกหรอสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลร้อยละ 10 เท่ากับร้อยละ 35.71 เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่ผสมในน้ำมันดีเซลทำปฏิกิริยากับอากาศ จะเร่งการกัดกร่อนให้เกิดรวดเร็วขึ้น ทำให้มีการสึกหรอมากกว่า ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าการสึกหรอเพียงร้อยละ 7.14

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานแผนพลังงานทดแทน กลุ่มงานพัฒนาบุคลากร ปีงบประมาณ ๒๕๕๗ โครงการสนับสนุนทุนวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน และทุนอุดหนุนการวิจัยจากทุนสนับสนุนโครงการวิจัยสำหรับนิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุน นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนทุนนำเสนอผลงานทางวิชาการสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีนี้

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*, 36(108): 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*, 22: 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*, 3(1): 74-79.

[4] ฉัญญธร อิศราชีวะ. (2548). ผลกระทบของสาร Oxygenated Additive ในลักษณะทางอิมัลชันของการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเคมี วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] Hansen, A.C., Zhang, Q. and Lyne, P.W.L. (2005). Ethanol-diesel fuel blends-a review. *Bioresource Technology*, 96: 277-285.

[6] บุญชู มุ่งกลาง, สิทธิพงษ์ คำชูสิน และ อุทิศพันวัน. (2557). สมรรถนะของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมเอทานอลและเอทิลอะซิเตท. วิทยานิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[7] จตุพล ประถมภาส, พัทธดน ทัศนภาค, ภาณุพงศ์ มิ่งขวัญ และวสันต์ จันทร์อาภาท. (2557). เครื่องทดสอบระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบกลไก. วิทยานิพนธ์ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[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.

[9] คู่มือเครื่องยนต์มีสซูชิ รุ่น MIT-170F บริษัทมีสซูชิอุตสาหกรรม จำกัด.