O-CF11

การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด EFI ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ E10, E20 และ E85 เป็นเชื้อเพลิง
Performance Test of EFI Engine Run on E10, E20 and E85 Fuel

ประพนธ์ ชูประเสริฐ* และ บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว

ห้องปฏิบัติการการเผาไหม้และพลังงานแสงอาทิตย์ (CASE Lab.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
E-mail: praphon@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์เบนซินจุดระเบิดด้วยประกายไฟ เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สโซฮอล์ 91(E10) เปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิง E20 และ E85 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นเครื่องยนต์เบนซินระบบหัวฉีด EFI4 สูบ ยี่ห้อ Nissan รุ่น QG 15 DE ขนาด 1,497 ซีซี อัตราส่วนการอัด 9.9:1 การทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้ Hydraulic Dynamo meter test เป็นเครื่องวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการทดสอบพบว่า ที่รอบเครื่องยนต์เท่ากับ 4500 rpm น้ำมัน E10 ให้ แรงบิดสูงสุดและ กำลังเบรคสูงที่สุด เท่ากับ 65.8 N.m และ 31.01 kW ซึ่งสูงกว่า E20 และ E85 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วมีค่าสูงกว่าเท่ากับ 7.5% และ 10.6% ตามลำดับ น้ำมันE10 มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคต่ำที่สุดเท่ากับ 0.214 kg/kWh ซึ่งต่ำกว่า E20 และ E85 เท่ากับ 10.9% และ 38.1% ตามลำดับ น้ำมัน E85 ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 41.8% ซึ่งสูงกว่า E20 และ E10 เท่ากับ 8.7% และ 2.9% ตามลำดับ

คำสำคัญ : สมรรถนะเครื่องยนต์ เชื้อเพลิง E85

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลักจากข้อมูลในปี 2554 มาพบว่ากว่า 60 %ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นมาจากการนำเข้าโดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึง 80 % ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศและยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งานการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น[1]

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของรถยนต์ขนาด 1500 cc ซึ่งได้มีใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน และในปัจจุบันได้มีการสนใจในการใช้พลังงานทางเลือกมากขึ้น แต่ยังไม่ได้ทำการทดลองกันอย่างแพร่หลายนัก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การหาสมรรถนะเครื่องยนต์ [2,3]

2.1.1 แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque)

แรงบิดของเครื่องยนต์คือแรงหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงภายในเครื่องยนต์ ซึ่งจะส่งกำลังของเครื่องยนต์ไปขับเกียร์ เพลาและล้อให้รถเคลื่อนที่ไปได้ ซึ่งในเครื่องยนต์แต่ละรุ่นจะมีการออกแบบให้แรงบิดสูงสุดไม่เท่ากัน และในอัตราความเร็วรอบที่แตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน

$$T = FR \qquad (1)$$

เมื่อ T = แรงบิด (N.m)
F = แรงตามแนวเส้นสัมผัส (N)
R = แขนของแรง (m)

2.1.2 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake power)

กำลังเบรกคือค่าที่บอกกำลังของเครื่องยนต์ ค่า BHP (Brake Horse Power) หมายถึง กำลังของเครื่องยนต์ ที่ถูกหักด้วยแรงเสียดทานภายในถ้ามีการนำค่ามาเขียนลงกราฟแสดงรอบเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่า แรงม้าสูงสุดของเครื่องจะอยู่ในตำแหน่งรอบเครื่องที่สูงกว่า แรงบิดสูงสุด

$$W_B = 2\pi Tn / 60 \qquad (2)$$

เมื่อ WB = กำลังเบรก (kW)
T = แรงบิด (N.m)
n = ความเร็วรอบ (rpm)

2.1.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake. specific. fuel. consumption, bsfc) หมายถึงปริมาณหรือมวลเชื้อเพลิงที่ใช้หมดไปต่อแรงม้าเบรกหรือกำลังเบรกที่ได้ดังสมการ

$$bsfc = \frac{m_F}{W_B} \times 3600 \qquad (3)$$

เมื่อ bsfc =อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/kWh)
mf = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

2.1.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake thermal efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่เครื่องยนต์ส่งออก กับ พลังงานที่เกิดขึ้นจากการสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ไม่สามารถนำไปใช้ได้หมด เนื่องมาจากต้องสูญเสียความร้อนให้กับ ระบบระบายความร้อน จากการคายไอเสีย หรือเสียไปกับระบบหล่อลื่น

$$\text{eff} = \frac{W_B}{LHV \times m_F} \times 100\% \qquad (4)$$

เมื่อ eff = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (%)

LHV = ค่าความร้อนจำเพาะ (kJ/kg)

2.2 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากค่าออกเทนนัมเบอร์ (RON) มีผลต่อการน็อคของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ตารางที่ 1: แสดงคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง [4]

Fuel Blend	Vol. % Ethanol	LHV KJ/g	Density g/cc	Wt.% Water	RON
ASTM	D5501	D240	D4052	E203	D2699
E0*	0	43.397	.7426	0.013	90.8
EEE#	0	42.890	.742	0	96.8
E10	10.46	41.47	.7449	.1289	95.6
E20	21	39.53	.7512	.2373	99.7
E50	49.7	34.38	.7666	.4947	104
E85	82.2	29.2	.7854	.7653	106
E85C	82.8	29.16	.7856	.8179	(-)
E100 x	96.6	26.7	.794	0.9	(-)
* 91 RON (87 (R+M)/2) Test fuel M52642 -Gage products					
# EPA TIER II EEE – Haltermann Products					
x Ethanol feed stock includes 2% denaturant					

น้ำมัน E10, E20 และ E85 มีค่า RON เท่ากับ 95.6, 99.7 และ 106 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า RON สูงกว่า เบนซิน 91

3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์แก๊สโซลีนระบบหัวฉีดอิเล็คทรอนิคส์ EFI ยี่ห้อ นิสสัน รุ่น QG 15 DE 4 สูบ มาติดตั้งบนเครื่องทดสอบไฮดรอลิคส์ไดนาโมมิเตอร์ขนาด 120 kW

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดสอบ

3.1.1 เครื่องยนต์ (Engine) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

Description	Specification
Engine	Nissan QG-15 DE
Cylinder	Inline 4 Cylinder
Borex Stroke	73.6 mm x 88.0 mm
Size	1,497 CC.
Compression ratio	9.9 : 1

3.1.2 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้ Dynamometer แบบ Hydraulic ซึ่งอาศัยของเหลวในการสร้างภาระ (Load) ให้กับเครื่องยนต์ดังแสดงในรูป

รูปที่ 1: ชุดทดสอบเครื่องยนต์แบบไฮดรอลิคส์ไดนาโมมิเตอร์

3.2 การดำเนินการทดสอบ

การทดสอบจะกระทำโดยติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับไดนาโมมิเตอร์ดังรูปที่ 1 โดยทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ โดยใช้เชื้อเพลิง E10, E20 และ E85ตามลำดับ

ทำการศึกษาตัวแปรที่สนใจคือ แรงบิดของเครื่องยนต์กำลังเบรกเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะและประสิทธิภาพทางความร้อนซึ่งทดสอบที่รอบของเครื่องยนต์ 3000, 3500, 4000, 4500 และ 5000 รอบต่อนาทีซึ่งมีการทดสอบดังนี้

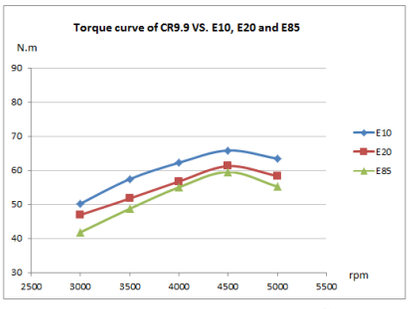
การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ทำการเดินเครื่องให้อุณหภูมิของชิ้นส่วนเครื่องยนต์อุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิทำงานแล้วทำการปรับรอบเครื่องยนต์ให้ได้ตามต้องการ แล้วเพิ่มภาระโดยหมุนไฮดรอลิคส์ไดนาโมมิเตอร์เพื่อเพิ่มแรงบิดจนได้ค่าแรงบิดสูงสุด ทำการบันทึกค่าของแรงบิดที่ได้จากหน้าจอแสดงผลทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 3000, 3500, 4000, 4500 และ 5000 รอบต่อนาทีทำการบันทึกค่าของแรงบิดที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบซึ่งค่าที่ได้จากการบันทึกนำไปคำนวณหากำลังของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นน้ำมัน E10, E20 และ E85 ตามลำดับ

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้น้ำมันเติมที่หลอดแก้วในเครื่องทดสอบปริมาตร 200 cc. ทำการเดินเครื่องจนน้ำมันเชื้อเพลิงหมดหลอดแก้ว แล้วทำการบันทึกเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมันไปทั้งหมด โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นน้ำมัน E10, E20 และE85 ตามลำดับซึ่งหลังจากทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจะทำการเดินเครื่องยนต์ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 5 นาที เพื่อให้เชื้อเพลิงเดิมที่ค่างในระบบหมดไป แล้วจึงทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

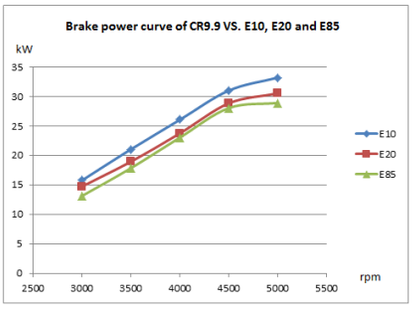
4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 แรงบิดและกำลังเบรกของเครื่องยนต์

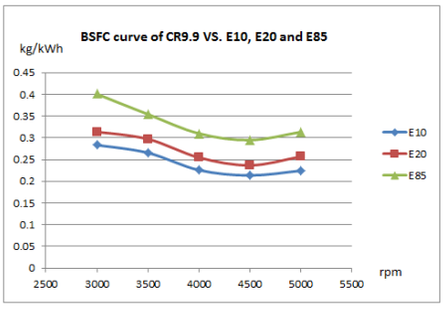
การทดสอบเดินเครื่องยนต์ทำการเปรียบเทียบโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง E10, E20 และ E85



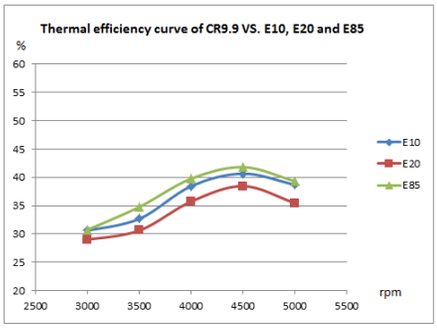
เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่าจะให้แรงบิดสูงสุด เมื่อใช้น้ำมัน E10, E20 และ E85 จะให้แรงบิดสูงสุด เท่ากับ 65.8 N.m, 61.2 N.m และ 59.5 N.m ตามลำดับ จากการทดสอบ E10 ให้แรงบิดมากกว่า E20 และ E85 เนื่องจากมีค่าความร้อนจำเพาะ มากที่สุด



เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมัน E10, E20 และ E85 จะให้กำลังเบรค เท่ากับ 31.01 kW, 28.84 kW และ 28.04 kW ตามลำดับจากการทดสอบ E10 ให้กำลังเบรคมากกว่า E20 และ E85 เนื่องจาก มีค่าความร้อนจำเพาะ มากที่สุดเช่นเดียวกัน



เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมัน E10,E20 และ E85 จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (bsfc) เท่ากับ 0.214 kg/kWh, 0.237 kg/kWh และ 0.295 kg/kWh ตามลำดับจากการทดสอบ E85มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมากกว่า E10 และ E20เนื่องจาก มีค่าความร้อนจำเพาะ น้อยที่สุด



เครื่องยนต์ที่รอบ 4500 rpm ผลการทดสอบพบว่า เมื่อใช้น้ำมัน E10,E20 และ E85 จะให้ประสิทธิภาพทางความร้อน เท่ากับ 40.7%, 38.5% และ 41.8% ตามลำดับจากการทดสอบ E85 มีประสิทธิภาพทางความร้อน มากกว่า E10 และ E20 เนื่องจาก มีค่าความร้อนจำเพาะน้อยที่สุด

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เปรียบเทียบ ระหว่าง E10, E20 และ E85 จากการทดสอบพบว่า E10 ให้ Maximum torque และ Brake power สูงที่สุด เท่ากับ 65.8 N.m และ 31.01 kW ซึ่งสูงกว่า E20 และ E85 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วมีค่าสูงกว่าเท่ากับ 7.5% และ 10.6% ตามลำดับและมีอัตรา bsfcต่ำที่สุดเท่ากับ 0.214 kg/kWh ซึ่งต่ำกว่า E20 และ E85 เท่ากับ 10.9% และ 38.1% ตามลำดับ เนื่องจากมีค่าความร้อนจำเพาะมากที่สุด

E85 ให้ Thermal efficiency สูงที่สุดเท่ากับ 41.8% ซึ่งสูงกว่า E20 และ E10 เท่ากับ 8.7% และ 2.9% ตามลำดับ ตามลำดับ เนื่องจากมีค่าความร้อนจำเพาะน้อยที่สุด

6. บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน, พ.ศ.2555-2564,“แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564),” www.eppo.go.th/e-learning.php [24 กุมภาพันธ์ 2557]

[2] YUNUS A. CEGEL and MICHAEL A. BOLES., 1994, “Thermodynamics an Engineering Approach,”

[3] ธีรยุทธ สุวรรณประทีป 2532, “วิศวกรรมยานยนต์”, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] Wayne Moore, Matthew Foster and Kevin Hoyer (2011). Engine Efficiency Improvements Enabled by Ethanol Fuel Blends in a GDi VVA Flex Fuel Engine, paper presented in the SAE International 2011, USA.