การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวรอบต่ำเพื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

Research and Development of low-speed diesel engine using the ethanol

เสริมศักดิ์ อักขราสา เขมวัตร อินทรวิเศษ คมเพชร ศักดิ์ศรี โชคชัย สีมหานาม และ ภราดร ชนะชัย
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000
E-mail :kemwat2005@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดิเซลรอบต่ำ โดยใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะกับน้ำมันแก็สโซฮอล์ 91 ซึ่งเงื่อนไขในการทดสอบคือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1500, 2000, 2500, 3000 รอบต่อนาที ตำแหน่งการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อที่ 25%, 50%, 75%, 100% องศาการจุดระเบิดที่ 10, 12, 14, 16, 18, 20 องศาก่อนศูนย์ตายบน โดยมีอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ 10:1 12:1 และ 14:1 ผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วนการอัด 12:1(เปรียบเทียบกับค่าสมรรถนะมาตรฐานที่ใช้น้ำมันแก็สโซฮอล์91เป็นเงื่อนไขมาตรฐานในการทดสอบ) ได้แรงบิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.71 กำลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.86 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นร้อยละ 105.33 ที่อัตราส่วนการอัด 14:1 ได้แรงบิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.81 กำลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.37 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นร้อยละ 115.55 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันเอทานอล สามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี

คำหลัก: เอทานอล , เครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

Abstract

The objectives of this research is to study Low-speed diesel engine performance and fuel consumption rate using ethanol and gasohol 91.Engine speed are tested at 1500, 2000, 2500, 3000 per minute. The throttle opening are 25%, 50%, 75%, 100%. The degree of explosion stroke are 10, 12, 14, 16,18, 20 before top dead center which enable compression ratio of engine 10 : 1 ,12 :1 and 14 : 1. The test result showed that at 12 : 1 (compare to the value of standard performance when using gasohol 91). The Compression Ratios at 12:1 had the higher Torque by 10.71 percent and the power of engine also higher by 8.86 percent. break specific fuel consumption increased by 105.33 percent at 14:1 Compression Ratio, the Torque increased by 13.81 percent, the power of engine also increased by12.37 percent, and break specific fuel consumption increased by 115.55 percent . The researchers found that the ethanol pureness was able to work very well.

Keywords: Ethanol , Low-speed diesel engine and Specific fuel consumption

1. บทนำ

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ จากสถานการณ์การใช้พลังงานที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกิดวิกฤตด้านพลังงานของประเทศ เพื่อเป็นแก้วิกฤติดังกล่าว การพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยจากชีวมวล เช่น ไบโอดีเซล ไบโอเอทานอล เป็นต้น การใช้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 ผสมในน้ำมันแก๊สโซลีนในสัดส่วน 90:10 จะได้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 หรือ E10 ซึ่งสัดส่วนของเอทานอลในน้ำมันแก๊สโซลีนสามารถมีได้ตั้งแต่ร้อยละ 5-30 แต่การใช้ไม่เกินร้อยละ10 นั้นไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ เอทานอลที่ใช้ผสมในน้ำมันแก๊สโซลีนไร้สารตะกั่วทำหน้าที่เป็นสารเติมแต่งค่าออกซิจีเนต (Oxygenates) และค่าออกเทน (Octane)ประโยชน์อื่นๆอีกกล่าวคือ โมเลกุลของเอทานอลไม่มีสารประกอบซัลเฟอร์เบนซิน หรือสารประกอบ อะโรมาติกส์ (Aromatics) หรือโอเลฟินส์ (Olefins) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สร้างมลพิษทางอากาศ จากความจำเป็นดังกล่าวในการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบของแก๊สโซฮอล์ของประเทศไทยขยายตัวอย่างมาก ดังนั้นจึงทำให้เกิดงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวรอบต่ำ ให้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อลดการนำเข้าของน้ำมันจากต่างประเทศ

เชื้อเพลิงเอทานอล (Ethanol fuel) เป็นสารอินทรีย์ มีชื่อทางเคมีว่า เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) (C_2H_5OH) มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี ระเหยง่าย จุดไฟติด ละลายในน้ำและในสารอินทรีย์อื่นๆได้ดีสำหรับเอทานอล ที่มีการผลิตขั้นอุตสาหกรรมเพื่อใช้งานในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามวิธีการผลิต คือ (Synthetic ethanol) เป็นเอทานอลชนิดที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีใช้เอทีลิน (Ethylene) เป็นวัตถุดิบและ (Fermentation ethanol) เป็นชนิดที่ผลิตโดยวิธีการหมักจากวัสดุการเกษตร เกิดจากการแปรรูปพืชจำพวกแป้งและน้ำตาล รวมทั้งเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส โดยผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) วัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ผลิตเอทานอลมีอยู่ด้วยกันหลากหลายชนิดเช่น อ้อย ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น เอทานอลสามารถนำไปใช้ในการผลิตสิ้นค้าหลายชนิด ใช้ในการผลิตยาใช้เป็นตัวทำละลายในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบางชนิด ใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์สารเคมีและสารชีวเคมีใช้เป็นเชื้อเพลิง และใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนให้แก่น้ำมันแก๊สโซลีน เอทานอลสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เช่น เครื่องยนต์ แก๊สโซลีน และเครื่องยนต์ดีเซลได้ อาจใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว หรือนำเอทานอลมาเป็นเชื้อเพลิงผสมในอัตราส่วน ต่างๆ ถ้าใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยการผสมกับแก๊สโซลีนเรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) แต่ถ้าใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล โดยนำเอทานอลผสมกับน้ำมันดีเซลเรียกว่า ดีโซฮอล์ (Diesohol) การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ไอดีจะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงใช้ประกายไฟในการจุดระเบิดไอดีในเวลาที่กำหนดแล้วเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Characteristics of fuel)

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง	ชนิดเชื้อเพลิง		
	Gasoline	Methanol	Ethanol
น้ำหนักโมเลกุล	110.00	32.04	46.07
ความหนาแน่น (kg/m3)	0.72-0.78	0.792	0.785
ความร้อนของการเป็นไอ (kJ/kg)	305	1103	840
ค่าความร้อนสูง (MJ/kg)	47.30	22.70	29.70
ค่าความร้อนต่ำ (MJ/kg)	44.00	20.00	26.90
ค่าความร้อนต่ำของการผสมพอดี (MJ/kg)	2.83	2.68	2.69
(A/F)s	14.60	6.47	9.00
(F/A)s	0.069	0.155	0.111
เลขออกเทน			
RON	92-98	106	107
MON	80-90	93	89

ที่มา : หนังสือเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน รองศาสตราจารย์วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร

1.1 แรงบิดของเครื่องยนต์ การหาค่าแรงบิดของเครื่องยนต์จะหาได้หลายแบบหลายวิธีในการทดลองครั้งนี้จะใช้ หลักการคือ การเบรกการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงเพื่อหาค่าแรงบิด คำนวณหาแรงบิดของเครื่องยนต์ตามสมการดังนี้

$$T = F.r \quad (1)$$

$$F = m.g \quad (2)$$

เมื่อ

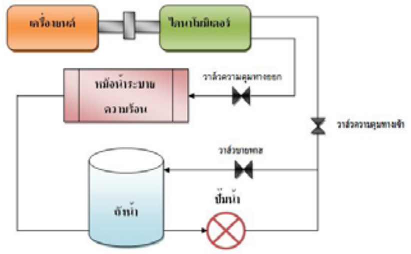
T คือ แรงบิดที่เครื่องยนต์ส่งได้, Nm

F คือ แรงที่กระทำกับปลายคาน, N

r คือ รัศมีจากกึ่งกลางของไดนาโมมิเตอร์กับน้ำหนักที่แขวน, m

m คือ มวลที่แขวนปลายคาน, kg

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2



รูปที่ 1 แสดงการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

1.2 กำลังของเครื่องยนต์ กำลังของเครื่องยนต์หรือแรงม้าของเครื่องยนต์ ที่ใช้ทดสอบเป็นแบบกำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_b = \frac{2\pi NT}{60} \quad (3)$$

เมื่อ

P_b คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์, kW

T คือแรงบิดที่เครื่องยนต์ส่งได้, Nm

N คือความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm

1.3 ขบวนการสันดาปเครื่องยนต์เอทานอลการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จะเกิดจาก การทำปฏิกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ทำให้ได้พลังงานความร้อนออกมา เป็นผลให้เกิดแรงดันภายในกระบอกสูบผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงได้กำลังออกมา โดยทั่วไปอากาศประกอบด้วยออกซิเจน 23% โดยน้ำหนัก ดังนั้นอากาศที่ต้องการใช้ผสมกับเชื้อเพลิงจึงมีปริมาณที่มากกว่าเชื้อเพลิง เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ สมการเผาไหม้ของเอทานอลคือ

$$C_2H_5OH + 3(O_2) = 2CO_2 + 3H_2O \quad (3)$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$46.07 + 3(16 \times 2) = (2 \times 44.01) + (3 \times 18.02)$$

$$46.07 + 96 = 88.02 + 54.06$$

ในอากาศ 100 kg มี O_2 = 23 kg N_2 = 77 kg

อากาศ (O_2 + N_2) เท่ากับ

$$96+321.391 = 417.391 \text{ kg}$$

เพราะฉะนั้น อากาศที่ใช้ต่อเอทานอล 1 kg

$$(A/F)_s = (417.391/46.07) = 9.07 \text{kg}$$

สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของแก๊สโซลีน

$$C_8H_{15}OH + 11.75(O_2) = 8CO_2 + 7.5H_2O \quad (4)$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$112 + 11.75(16 \times 2) = (8 \times 44.01) + (7.5 \times 18.02)$$

$$112 + 376 = 352.02 + 135.15$$

อากาศ (O_2 + N_2) เท่ากับ

$$376+1258.78 = 1634.78 \text{ kg}$$

เพราะฉะนั้น อากาศที่ใช้ต่อแก๊สโซลีน 1 kg

$$(A/F)_s = (1634.78/112) = 14.59 \text{ kg}$$

1.4 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้จึงกำหนดในรูปของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, bsfc) ซึ่งเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมาและเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา

$$bsfc = \frac{\overset{o}{m}_f}{p_b} \quad (5)$$

เมื่อ

bsfc คือ ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก, kg/(kW•hr)

$\overset{o}{m}_f$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลเชื้อเพลิง, kg/hr

2. วัสดุ การทดลองและเครื่องมือทดลอง

2.1 วัสดุและเครื่องมือทดลอง

2.1.1 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ออกเทน 91

2.1.2 การทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวรอบต่ำ KUBOTA รุ่น RT 90 ซึ่งดัดแปลงเครื่องยนต์โดยการติดตั้งหัวเทียน ชุดควบคุมการจุดระเบิดด้วยอิเล็กทรอนิกส์ และคาร์บูเรเตอร์ ทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

2.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือเพื่อหาวิธีปรับแต่งเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวรอบต่ำที่ใช้เอทานอล 100% เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกโดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

2.2.1 ทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์91 มาทดสอบกับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนเครื่องทดสอบแรงม้า โดยทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1,500 2,000 2,500 3,000 รอบต่อนาที ตำแหน่งการเปิดเปิดของลิ้นปีกผีเสื้อที่ 25%, 50%, 75%, 100%ในการทดสอบโดยใช้อัตราส่วนการอัด 10:1 และองศาจุดระเบิดที่ 9 10 11 และ 12 ก่อนศูนย์ตายบน เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ซึ่งประกอบด้วยแรงบิด กำลังเพลาขาออก และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

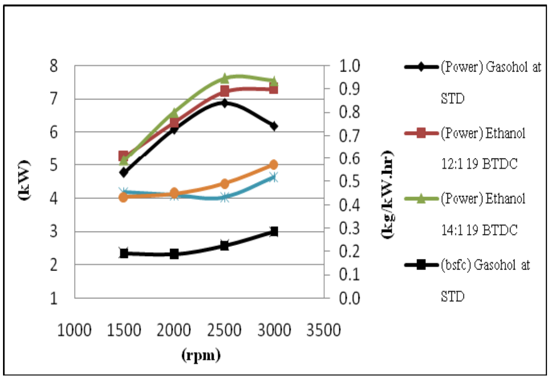
2.2.2 ปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อหาจุดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สมรรถนะที่ดีที่สุดของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง โดยทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1,500 2,000 2,500 3,000 รอบต่อนาที ตำแหน่งการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อที่ 25%, 50%, 75%, 100% ปรับตำแหน่ง องศาจุดระเบิดที่ 10,12,14,16,18,20

ก่อนถึงศูนย์ตายบนและเพิ่มอัตราส่วนการอัด 10:1,12:1,14:1

2.2.3 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล เก็บข้อมูลและสมรรถนะของเครื่องยนต์ซึ่งประกอบด้วย แรงบิด กำลัง เพลาขาออก และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบที่ทดสอบแรงบิด กำลังเพลาขาออก และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

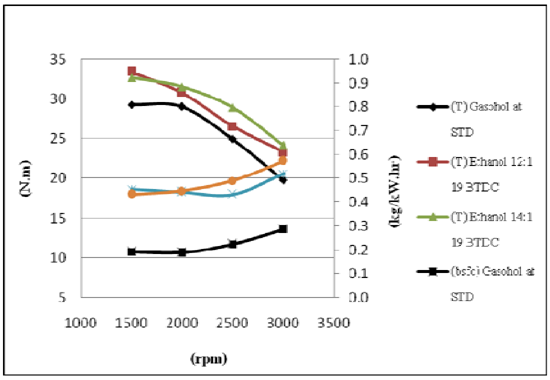
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำด้วยการทดลองที่เงื่อนไขการปรับองศาการจุดระเบิดก่อนศูนย์ตายบน และอัตราส่วนการอัดต่างๆ โดยใช้ชุดทดสอบไฮโดรลิกไดนาโมมิเตอร์ เพื่อทำการทดสอบหาสมรรถนะเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก โดยมีผลการทดสอบดังนี้



รูปที่2. การเปรียบเทียบกำลังและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกระหว่างน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 กับเชื้อเพลิงเอทานอล

จากรูปที่2 อัตราส่วนการอัดที่ 10:1 องศาการจุดระเบิดที่11องศาก่อนศูนย์ตายบนเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์91 ให้กำลังสูงสุดที่ 6.89 kW มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดที่ 0.2 kg/kW.hr ที่อัตราส่วนการอัด 12:1 องศาการจุดระเบิด 19 องศาก่อนศูนย์ตายบนเครื่องยนต์ให้กำลังสูงสุด7.3 kWโดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.42 kg/kW.hr และที่อัตราส่วนการอัด 14:1 องศาการจุดรเบิด 19 องศาก่อนศูนย์ตายบนเครื่องยนต์ให้กำลังสูงสุด 7.55 kW โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.47 kg/kW.hr



รูปที่3. การเปรียบเทียบแรงบิดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกระหว่างน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 กับเชื้อเพลิงเอทานอล

จากรูปที่ 3 อัตราส่วนการอัดที่ 10:1 องศาการจุดระเบิดที่11องศาก่อนศูนย์ตายบนเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์91 ให้แรงบิดสูงสุดที่ 29.3 Nm ที่อัตราส่วนการอัด 12:1 องศาการจุดระเบิด 19 องศาก่อนศูนย์ตายบนเครื่องยนต์ให้แรงบิดสูงสุดที่ 33.43 Nm และที่ที่อัตราส่วนการอัด 14:1 องศาการจุดรเบิด 19 องศาก่อนศูนย์ตายบนเครื่องยนต์ให้แรงบิดสูงสุดที่ 32.68 Nm

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 ที่อัตราส่วนการอัด 12:1 องศาการจุดระเบิดที่19 องศาก่อนศูนย์ตายบน การเปรียบเทียบ สมรรถนะของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 กับเชื้อเพลิงเอทานอล พบว่าเชื้อเพลิงเอทานอลได้ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.71 กำลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.86 และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นร้อยละ 105.33 ดังรูปที่ 3 และ 4

4.2 ที่อัตราส่วนการอัด 14:1 องศาการจุดระเบิดที่19 องศาก่อนศูนย์ตายบนเปรียบเทียบสมรรถนะของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 กับเชื้อเพลิงเอทานอล พบว่าเชื้อเพลิงเอทานอล ได้ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.81 กำลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.37 และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นร้อยละ 115.55 ดังรูปที่ 3 และ 4

4.3 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดสูงสุด กำลังงาน และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่อัตราส่วนการอัด 12:1 เทียบกับอัตราส่วนการอัด 14:1 ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลเป็นพบว่าที่อัตราส่วนการอัด 12:1 ได้ค่าแรงบิดลดลงจากอัตราส่วนการอัด 14:1 ร้อยละ 2.72 กำลังงานลดลงร้อยละ 3.12 และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงร้อยละ 4.74 ดังรูปที่ ดังรูปที่ 3 และ 4

4.4 ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นหลัก เพื่อเป็นการประหยัดในการใช้งานและสามารถนำพลังงานไปใช้ได้อย่างคุ้มค่า จากผลการทดสอบนี้พบว่าที่อัตราส่วนการอัด 12:1 องศาจุดระเบิด 16 องศาก่อนถึงศูนย์ตายบน ให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนการทดสอบต่างๆ ส่วนค่าแรงบิด และกำลังงานนั้นพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน และจากผลการทดสอบใช้งานจริงเครื่องยนต์สามารถรับภาระโหลดได้ จากเหตุผลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าที่อัตราส่วนการอัด 12:1 องศาการจุดระเบิดที่ 16 องศาก่อนศูนย์ตายบนนั้นเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งาน

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 จากการทดสอบเมื่อทำการเบรกเครื่องยนต์แล้วเครื่องยนต์เกิดการน็อกอาจเนื่องมาจากอุณหภูมิของเครื่องยนต์สูงเกินไป แนวทางแก้ไขจะต้องทำการระบายความร้อนเครื่องยนต์เพิ่มไม่ให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์นั้นเกินกว่าอุณหภูมิทำงาน

5.2 จากสภาพการนำไปทดสอบใช้งานจริง เมื่อเครื่องยนต์ได้รับภาระโหลดหนักทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์นั้นลดต่ำลง ดังนั้นจึงต้องมีการติดตั้งระบบกาวานาเข้ากับเครื่องยนต์เพื่อรักษาความเร็วรอบและกำลังของเครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์รับภาระโหลด

6. เอกสารอ้างอิง

6.1 หนังสือ

[1]ปราโมทย์ อ่อนประไพ, 2535. เทคโนโลยีเครื่องยนต์เล็ก. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น :

[2] จอห์น บี.เฮย์วูดเขียน รองศาสตราจารย์ วีระศักดิ์ กรียวิเชียร แปล,2549.เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน:กรุงเทพฯ.