การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงน้ำมันสบู่ดำ

Research and Development of High Speed Diesel Engine With Using Jatropha Curcas for Fuel

เขมวัตร อินทรวิเศษ [1] และ ไทรท์ ศรีโยธา [2]

[1-2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 4000

E-mail :kemwat2005@hotmail.com[1], Saithong777@yahoo.com[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะและปริมาณควันดำของเครื่องยนต์ดีเซล Toyota L ขนาดความจุกระบอกสูบ 2,188 ซีซี โดยใช้น้ำมันสบู่ดำ B100 และน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเงื่อนไขการทดสอบเครื่องยนต์ดังนี้ ที่อัตราส่วนการอัดที่ 21.5:1 22.5:1 และ 24.5:1 ที่อัตราส่วนการอัด 21.5:1 แรงบิดมีค่าลดลงร้อยละ 2.45 กำลังมีค่าลดลงร้อยละ 1.82 แต่ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นร้อยละ 39.2 และปริมาณควันดำที่ได้มีค่าลดลงร้อยละ 34.3 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดเป็น 22.5:1 แรงบิดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6.76 กำลังมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.24 ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงร้อยละ 29.62 ค่าปริมาณควันดำลดลงร้อยละ 13.27 แต่เมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนการอัดขึ้นเป็น 24.5:1 แรงบิดมีค่าเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 2.45 กำลังมีค่าเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 2.24 แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงที่ร้อยละ 26.69 และค่าปริมาณควันดำเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.86

คำหลัก: น้ำมันสบู่ดำ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และ เครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง

Abstract

This research is to test and compare the performance and black smoke of 2,188 CC. Toyota L engine. In the experiment, Jartopha Curcas B100 and diesel are fuels used. The compression ratios of testing conditions are 21.5:1, 22.5:1 and 24.5:1 respectively. The results of experiment are as follows. 1) At 21.5:1 compression ratio, torque decreases 2.45 %, power decreases 1.82 %, Break Specific Fuel Consumption increases 39.2 %, and black smoke decreases 34.3 %. 2) At 22.5:1 compression ratio, torque increases 6.76 %, power increases 6.24 %, Break Specific Fuel Consumption decreases 29.62 %, and black smoke decreases 13.27 %. 3) At 24.5:1 compression ratio, torque increases 2.45 %, power increases 2.24 %, Break Specific Fuel Consumption decreases 26.69 %, and black smoke increases 0.86 %..

Keywords: Jartopha Curcas, Specific Fuel Consumption and High speed diesel engine

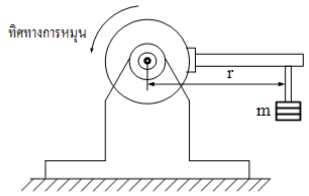
1. บทนำ

ปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ ประเทศไทยมีการพึ่งพาพลังงานโดยการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงมาจากต่างประเทศเป็นจำนวนประมาณ 90% และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นทุกปี ราคาสินค้าเครื่องอุปโภคและบริโภคสูงขึ้นตามราคาน้ำมัน ซึ่งก็เป็นโอกาสอันดีที่เราจะต้องหันมาทบทวนนโยบายทั้งด้านเกษตร และอุตสาหกรรม โดยการนำเอาพืชผลทางการเกษตรบางชนิดมาแปรรูปให้เป็นพลังงานทดแทนเช่น การนำเอาเมล็ดสบู่ดำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นน้ำมันสบู่ดำเป็นต้น ซึ่งน้ำมันสบู่ดำที่ได้จะนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆ และจะเรียกเชื้อเพลิงผสมดังกล่าวว่า"ไบโอดีเซล" จุดเด่นของน้ำมันสบู่ดำคือสามารถนำไปใช้ได้ทันทีกับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วรอบต่ำในภาคเกษตรกรรมโดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ มีปริมาณมลภาวะทางไอเสียน้อยกว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล และยังเป็นพลังงานทดแทนทางเลือกใหม่

การศึกษาผลที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงเมื่อใช้กับน้ำมันสบู่ดำ ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องยนต์ เชื้อเพลิง ชุดทดสอบแรงบิดไดนาโมมิเตอร์ ตลอดจนเครื่องมือวัดแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ โดยจะมีทฤษฎีที่จำเป็นเกี่ยวกับการวิเคราะห์การทำงาน สมรรถนะที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของการทำงานของเครื่องยนต์

1.1 แรงบิดของเครื่องยนต์

การหาค่าแรงบิดของเครื่องยนต์สามารถหาได้หลายวิธีในการทดลองครั้งนี้จะใช้หลักการคือ การเบรกการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงเพื่อหาค่าแรงบิด



รูปที่ 1 แสดงชุดวัดแรงบิดเมื่อเครื่องยนต์หมุน เราจึงสามารถคำนวณหาแรงบิดของเครื่องยนต์
ที่มา: จำนงค์ พุ่มคำ, 2545

ตามสมการดังนี้

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

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

เมื่อ

T คือ แรงบิดที่เครื่องยนต์ส่งได้, Nm

F คือ แรงที่กระทำกับปลายคาน, N

r คือ รัศมีจากกึ่งกลางของไดนาโมมิเตอร์กับน้ำหนักที่แขวน, m

m คือ มวลที่แขวนปลายคาน, kg

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s^2

1.2 กำลังของเครื่องยนต์

กำลังของเครื่องยนต์หรือแรงม้าของเครื่องยนต์ ที่ใช้ทดสอบเป็นแบบกำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power) สามารถหาได้จากสมการ

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

เมื่อ P_b คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์, kW

T คือ แรงบิดที่เครื่องยนต์ส่งได้, Nm

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm

1.3 ขบวนการสันดาปเครื่องยนต์ดีเซล

การเผาไหม้ คือ การทำปฏิกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจน และให้ความร้อนออกมา โดยทั่วๆ ไปเชื้อเพลิง ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน ธาตุเหล่านี้เมื่อรวมกับออกซิเจน ก็จะได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์แต่ถ้าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาด้วย อากาศแห้งโดยทั่วไปประกอบด้วย

ออกซิเจน ไนโตรเจน อาร์กอนคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่น ๆ

1.4 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้จึงกำหนดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, bsfc) เป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมาและเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา

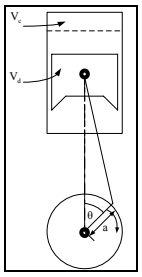
$$bsfc = \frac{\overset{o}{m}_f}{p_b} \qquad (4)$$

เมื่อ bsfc คือ ค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก, kg/(kW•hr)

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

1.5 อัตราส่วนการอัด

เป็นปริมาตรกระบอกสูบสูงสุดต่อปริมาตรกระบอกสูบต่ำสุด ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้



รูปที่ 2 สมบัติทางเรขาคณิตของกระบอกสูบ
ที่มา: จำนงค์ พุ่มคำ, 2545.

$$r_c = \frac{V_d + V_c}{V_c} \qquad (5)$$

เมื่อ r_c คือ อัตราส่วนการอัด

V_d คือ ปริมาตรดูดที่ตำแหน่งหัวลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง

V_c คือ ปริมาตรช่องว่างระหว่างหัวลูกสูบกับฝาสูบเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นสูงสุด

การปรับแต่งอัตราส่วนการอัด คือการปรับอัตราส่วนภายในห้องเผาไหม้มีปริมาตรน้อยลงหรือการเพิ่มอัตราส่วนการอัดโดยสามารถหาระยะที่จะทำการปรับให้ได้ตามอัตราส่วนที่ต้องการได้ตามสมการต่อไปนี้

$$x = s\left(\frac{1}{r_{c\,old} - 1} - \frac{1}{r_{c\,new} - 1}\right) \qquad (6)$$

เมื่อ X คือ ระยะที่จะทำการปาดฝาสูบลง, mm

S คือ ระยะชักของลูกสูบ, mm

r_c คือ อัตราส่วนการอัด

2.วัสดุ การทดลองและเครื่องมือทดลอง

2.1 วัสดุและเครื่องมือทดลอง

2.1.1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันสบู่ดำสายพันธุ์ที่ปลูกทั่วไปในภาคอีสาน โดยยังไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

2.1.2 การทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง 4 สูบ 4 จังหวะ Toyota L ขนาดความจุของกระบอกสูบ 2,188 ซีซี ซึ่งติดตั้งบนเครื่องทดสอบแรงม้าแบบไฮดรอลิคเบรคเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือเพื่อหาวิธีปรับแต่งเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงและผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของมลภาวะที่เกิดจากไอเสียหลังการปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงที่ใช้น้ำมันสบู่ดำ B100 เป็นเชื้อเพลิงโดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

2.2.1 ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันสบู่ดำ

B100 มาทดสอบกับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนเครื่องทดสอบแรงม้าโดยทดสอบที่ ความเร็วรอบ 1,500 2,000 2,500 3,000 รอบต่อนาทีและตำแหน่งการเปิดของคันเร่งที่ 50% ,75% ,100% มีขั้นตอนการทดสอบคือใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 2 ตัวอย่างในการทดสอบโดยใช้อัตราส่วนอัด 21.5:1 และองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่ 30 ก่อนศูนย์ตายบน เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ซึ่งประกอบด้วย แรงบิด กำลังเพลาขาออก อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรก และปริมาณมลภาวะ

2.2.2 ปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อหาจุดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สมรรถนะที่ดีที่สุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันสบู่ดำ B100 โดยทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500 2,000 2,500 3,000 รอบต่อนาที และตำแหน่งการเปิดของคันเร่งที่ 50% ,75% 100% โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ปรับอัตราส่วนการอัดห้องเผาไหม้เป็น 22.5:1 และ 24.5:1 ปรับองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 30, 35, 40 องศาก่อนศูนย์ตายบนและเพิ่มค่าแรงดันหัวฉีดเป็น 120 ,140 160 บาร์

2.2.3 เก็บรวบรวมข้อมูลและสมรรถนะของเครื่องยนต์ซึ่งประกอบด้วย แรงบิด กำลังเพลาขาออก อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณมลภาวะของไอเสีย

2.2.4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบที่ทดสอบ แรงบิด กำลังเพลาขาออกอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และเปอร์เซ็นต์ควันดำ

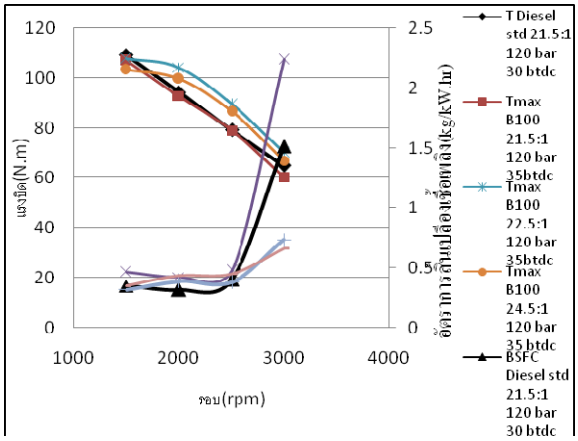
3. ผลการทดลอง

จากการทดสอบกับน้ำมันสบู่ดำ B100 ด้วยวิธีการทดลองที่สภาวะต่างๆ ซึ่งมีผลต่อกำลัง แรงบิด ไอเสีย และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ได้ข้อมูลเปรียบเทียบสมรรถนะภายใต้สภาวะต่างๆได้ดังนี้

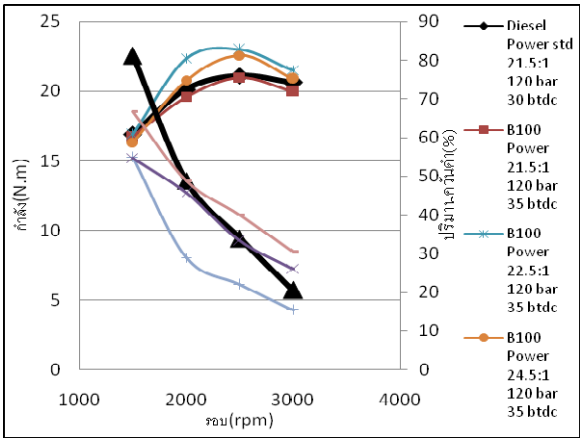
ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติน้ำมันดีเซลและน้ำมันสบู่ดำ B100

คุณสมบัติ	ดีเซล	B100	มาตรฐาน
1. ความถ่วงจำเพาะที่ 15.6/15.6 ^{0}C (kg/l)	0.84	0.89	ASTM D1298
2. ความหนืดจลน์ที่ 40 ^{0}C(mm ^{2}/s)	3.5	9.34	ASTM D227
3. จุดวาบไฟ(^{0}C)	65	189	ASTM D92
4. ค่าความร้อนจำเพาะ(kJ/kg)	45,000	39,204	ASTM D611

ที่มา: วัชรพล ปุณขันธ์ พ.ศ.2550



รูปที่ 3 กราฟที่แสดงถึงแรงบิด และ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่อยู่ในเงื่อนไขมาตรฐานของดีเซลที่เปรียบเทียบกับแรงบิดสูงสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของน้ำมันสบู่ดำ B100 ที่เงื่อนไขการทดสอบอัตราส่วนการอัดต่างๆ



รูปที่ 4 กราฟที่แสดงถึงกำลังและปริมาณควันดำที่อยู่ในเงื่อนไขมาตรฐานของดีเซลเปรียบเทียบกับกำลัง และปริมาณควันดำของน้ำมันสบู่ดำ B100 (ในเงื่อนไขแรงบิดสูงสุด) การทดสอบอัตราส่วนการอัดต่างๆ

4. วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงโดยน้ำมันสบู่ดำ B100 ทำการทดสอบด้วยการปรับเครื่องยนต์ในเงื่อนไขต่างๆ เพื่อทำการทดสอบหาสมรรถนะเครื่องยนต์ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 ที่อัตราส่วนการอัด 21.5:1 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดสูงสุด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณควันดำของน้ำมันดีเซลที่แรงดันหัวฉีด 120 บาร์ องศาการฉีดเชื้อเพลิงที่ 30 องศาก่อนศูนย์ตายบนที่อัตราส่วนการอัด 21.5:1 (ในเงื่อนไขมาตรฐาน) กับน้ำมันสบู่ดำ B100 ที่ทำการปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิง และปรับแรงดันหัวฉีดจะได้ค่าแรงบิดสูงสุด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณควันดำอยู่ที 120 บาร์ องศาการฉีดเชื้อเพลิง 35 องศาก่อนศูนย์ตายบนพบว่า

4.1.1 น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้ค่าของแรงบิดลดลงคิดเป็นร้อยละ 2.45 และค่าของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 39.2 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลดังรูปที่ 3

4.1.2 น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้ค่าของกำลังลดลงคิดเป็นร้อยละ 1.82 และค่าของปริมาณควันดำลดลงต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 34.3 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลดังรูปที่ 4

4.2 ที่อัตราส่วนการอัด 22.5:1 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดสูงสุด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณควันดำของน้ำมันดีเซลที่แรงดันหัวฉีด 120 บาร์ องศาการฉีดเชื้อเพลิงที่ 30 องศาก่อนศูนย์ตายบนที่อัตราส่วนการอัด 21.5:1 (ในเงื่อนไขมาตรฐาน) กับน้ำมันสบู่ดำ B100 ที่ทำการปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิง และปรับแรงดันหัวฉีดจะได้ค่าแรงบิดสูงสุด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณควันดำอยู่ที 120 บาร์ องศาการฉีดเชื้อเพลิง 35 องศาก่อนศูนย์ตายบนพบว่า

4.2.1 น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้ค่าของแรงบิดเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.76 และค่าของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงคิดเป็นร้อยละ 29.62 เทียบกับน้ำมันดีเซลดังรูปที่ 3

4.2.2 น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้ค่าของกำลังเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.24 และค่าของปริมาณควันดำลดลงคิดเป็นร้อยละ 13.27 เทียบกับน้ำมันดีเซลดังรูปที่ 4

4.3 ที่อัตราส่วนการอัด 24.5:1 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดสูงสุด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณควันดำของน้ำมันดีเซลที่แรงดันหัวฉีด 120 บาร์ องศาการฉีดเชื้อเพลิงที่ 30 องศาก่อนศูนย์ตายบนที่อัตราส่วนการอัด 21.5:1 (ในเงื่อนไขมาตรฐาน) กับน้ำมันสบู่ดำ B100 ที่ทำการปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิง และปรับแรงดันหัวฉีดจะได้ค่าแรงบิดสูงสุด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และปริมาณควันดำอยู่ที 120 บาร์ องศาการฉีดเชื้อเพลิง 35 องศาก่อนศูนย์ตายบนพบว่า

4.3.1 น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้ค่าของแรงบิดเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 2.45 และค่าของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงคิดเป็นร้อยละ 26.69 เทียบกับน้ำมันดีเซลดังรูปที่ 3

4.3.2 น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้ค่าของกำลังเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 2.24 และค่าของปริมาณควันดำเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.86 เทียบกับน้ำมันดีเซลดังรูปที่ 4

5. ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบสมรรถนะ และมลพิษทางไอเสียที่ใช้น้ำมันสบู่ดำ B100 ที่ทำการเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลได้ทราบว่าในอัตราส่วนการอัดมาตรฐาน (21.5:1) เมื่อทำการปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่วงหน้าขึ้นอีกเล็กน้อย (จากองศาการฉีดเชื้อเพลิง 30 องศาก่อนศูนย์ตายบนเป็น 35 องศาก่อนศูนย์ตายบน) ก็จะได้ค่าสมรรถนะของเครื่องที่ใช้น้ำมันสบู่ดำ B100 ที่ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซลแต่ค่ามลพิษทางไอเสียที่เป็นปริมาณควันดำนั้นจะน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดเป็น 22.5:1 จะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้นมากที่สุดแต่ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าปริมาณควันดำลดต่ำลงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล จากเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับแต่งเครื่องยนต์หาจุดที่เหมาะสมได้แล้วจะทำให้เราสามารถนำใช้น้ำมันสบู่ดำ B100 ได้อย่างคุ้มค่าทั้งทางด้านการนำไปใช้งานและการประหยัดเชื้อเพลิงได้มากกว่าน้ำมันดีเซล

6. เอกสารอ้างอิง

6.1บทความจากวารสาร

[1] รสสุคนธ์ พุ่มพันธุ์วงศ์, 2548 สบู่ดำ : พืชเศรษฐกิจพอเพียง. กรุงเทพฯ

6.2รายงาน

[1]วัชรพล ปุณขันธ์, 2550. กรณีศึกษาหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำมันสบู่ดำสำหรับใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6.3หนังสือ

[1]จำนงค์ พุ่มคำ, 2545. คณิตศาสตร์ช่างยนต์ เอสไอ-ยูนิต. สำนักพิมพ์สมาคมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)