

อิทธิพลของความดันและองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันพืชผสม

Effect of Injection Pressure and Timing on Performance of Small CI Engine Using Blended Vegetable Oils

จิโรจน์ จันสุดจันสุด, ณัฐภูมิ เตไปวา, มณฑา เทียมเมือง, จินดา เจริญพรพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอถึงอิทธิพลของความดันและจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ และมีการผสมน้ำมันก๊าดบางส่วนมาทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในแต่ละอัตราส่วนของน้ำมัน โดยทำการวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความเข้มของไอเสีย มลพิษ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของน้ำมันผสมแต่ละชนิดและทำการปรับแต่งเวลาการจุดระเบิดกับความดันภายในหัวฉีดให้เหมาะสมกับน้ำมันแต่ละชนิดและใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันพืชผสมให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

Abstract

This study presents the effect of injection pressure and timing on performance and emissions of a small diesel engine using blended vegetable oils. The test fuels were the mixtures of vegetable oils, kerosene and diesel fuel with various mixing ratios. The best mixing ratio of blended fuel was obtained. Furthermore, the injection pressure and timing were adjusted for each sample fuels. The obtained results are useful for tuning the engine using blended vegetable oils.

1. บทนำ

การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลไม่ใช่ของใหม่สำหรับประเทศไทยได้เคยมีงานวิจัยในเรื่องดังกล่าว ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2524 ประเทศไทยมีงานวิจัยในเรื่องการใช้น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม รวมถึงเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์ม เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (สวท.) รายงานการวิจัยโดยใช้น้ำมันถั่วลิสงเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ยี่ห้อ Yanmar 7 แรงม้า โดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์แต่ประการใด ผลการทดสอบพบว่า น้ำมันถั่วลิสงทั้งชนิดดิบและรีไฟน์ มีความหนืดสูง การ

ฉีดเครื่องยนต์เป็นไปได้ยาก มีปัญหาในการเดินเครื่องยนต์ที่รอบต่ำๆ เครื่องยนต์เดินสะดุด การสันดาปเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ในระยะสั้น พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันถั่วลิสงชนิดดิบและรีไฟน์เป็นเชื้อเพลิง ให้กำลังใกล้เคียงกับที่ใช้น้ำมันดีเซล หลังการทดสอบเดินเครื่องยนต์แล้วทำการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ พบว่ามีเขม่าจับที่ลูกสูบและวาล์วมากกว่าที่ใช้น้ำมันดีเซล และมีตะกอนขาวอยู่ในถังน้ำมันบรรจุเชื้อเพลิงจำนวนมาก ซึ่งจะมีผลต่อลูกสูบและหัวฉีด

อย่างไรก็ตามการนำน้ำมันพืชมาใช้กับเครื่องยนต์นั้นน่าจะจำเป็นต้องมีการปรับแต่งเนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันพืชต่างจากน้ำมันดีเซล โดยปกติเครื่องยนต์ถูกออกแบบมาให้ใช้กับน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงจึงน่าจะมีการปรับแต่งเพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูงที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดสอบอิทธิพลของความดันและจังหวะการฉีดน้ำมัน เพื่อปรับแต่งให้เหมาะสมกับน้ำมันพืช

2. ขั้นตอนและอุปกรณ์การทดสอบ



รูปที่ 1 เครื่องยนต์ทดสอบ Yanmar-TF 85 LM

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ทดสอบ

ชนิด	ดีเซล4จังหวะ
ระบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
จำนวนสูบ	1 กระบอกสูบ
ความโตกระบอกสูบ x ช่วงชัก	85x87 มม.
ความจุ	0.493 ลิตร
กำลังม้าต่อเนื่อง	7.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
กำลังม้าสูงสุด	8.50/2200แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.10/1600กิโลกรัมเมตร/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	22.4
ระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	13องศา ก่อนศูนย์ตายบน



รูปที่ 2 เครื่องวัดมลภาวะ

2.1 นำน้ำมันพืชผสมแต่ละชนิดมาทดสอบกับเครื่องยนต์ทดสอบ โดยทำการเร่งรอบของเครื่องไปที่ 2,200 RPM หลังจากนั้นทำการเพิ่ม LOAD ให้กับเครื่องยนต์โดยใช้เครื่องไดนาโมมิเตอร์ หลังจากนั้นเร่งรอบของเครื่องยนต์ให้อยู่ที่ 2,200 RPM ซึ่งในการเพิ่ม LOAD นั้นจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แรงม้าออกมาโดยเพิ่ม LOAD เป็น 0%, 25% ,50%, 75%,100%,110%,และ MAX จากนั้นทำการเก็บค่า BSFC

2.2 นำน้ำมันพืชผสมของแต่ละชนิดไปทดสอบประสิทธิภาพโดยนำ น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวมาผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสม 20:80,40:60,60:40,100% (น้ำมันพืช:ดีเซล) และผสมน้ำมันก๊าดเข้าไป ในน้ำมันพืชผสม 5% และ 15% วิธีการทดสอบประสิทธิภาพคือ ทำการเร่งรอบของเครื่องยนต์ให้อยู่ประมาณ 2,350 RPM หลังจากนั้นทำการเพิ่ม LOAD ให้กับเครื่องยนต์เพื่อให้อัตราส่วนของเครื่องยนต์ลดลงเหลือ 2300 , 2250 , 2200 , 2100 ,2000 ,1900, 1800 ,1600 1400 ,1200 , และ1000 RPM และทำการเก็บค่ากำลังงาน , แรงม้าควันท้า , ค่ามลพิษคือ O_2 , CO , CO_2 , NO_x HC

2.3 การปรับแต่งเครื่องยนต์ น้ำมันพืชที่เลือกไว้ได้มาทดสอบอีกครั้ง ซึ่งจะมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ 2 ลักษณะ คือ

2.3.1 การปรับแต่งแรงดันที่หัวฉีด ซึ่งเดิมมีแรงดันอยู่ที่ 125 bar จากนั้นลดแผ่นชิมให้แรงดันหัวฉีดลงเหลือ 105 bar และเพิ่มความหนาแน่นของชิมให้แรงดันหัวฉีดเพิ่มเป็น155 bar แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพ

2.3.2 การปรับแต่งจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเดิมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 13 องศา BTDC หลังจากนั้นทำการปรับ โดยเพิ่มและลดความหนาของแผ่น Gasket ให้จังหวะการฉีดน้ำมันอยู่ที่ 10 องศา BTDC และ 16 องศาBTDC ทำการทดสอบประสิทธิภาพและเก็บค่ากำลังงาน , แรงม้า , ค่าควันท้า ค่ามลพิษ

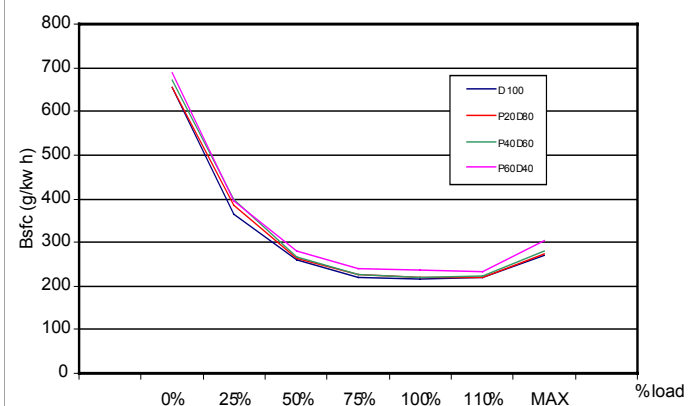
หมายเหตุ ในการทดสอบแต่ละขั้นตอนจะต้องนำน้ำมันดีเซล 100 % มาทดสอบเพื่อเป็นค่ามาตรฐานและเมื่อมีการเปลี่ยนน้ำมันพืชผสมแต่ละชนิดควรมีการใช้ น้ำมันดีเซล 100 % เดินเบาสักครู่ก่อนที่จะใส่น้ำมันชนิดต่อไป

3. ผลการทดลอง

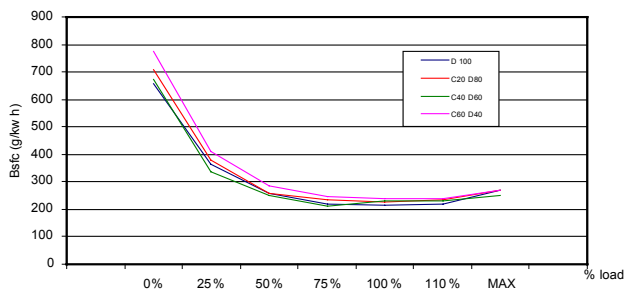
3.1 ผลการทดลองด้านสมรรถนะ

3.1.1 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของส่วนผสมน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว 40%จะมีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบโดยใช้ดีเซล 100%โดยค่าความสิ้นเปลืองของปาล์ม 40%จะน้อยกว่าปาล์ม 20%และปาล์ม 60 %อยู่เล็กน้อย (กราฟ รูปที่3. รูปที่4. และ รูปที่ 6) จากการวิเคราะห์กราฟ จะพบว่าที่อัตราส่วนของน้ำมันปาล์ม 40 %และน้ำมันมะพร้าว 40% เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าความเข้มของไอเสียที่ยอมรับได้

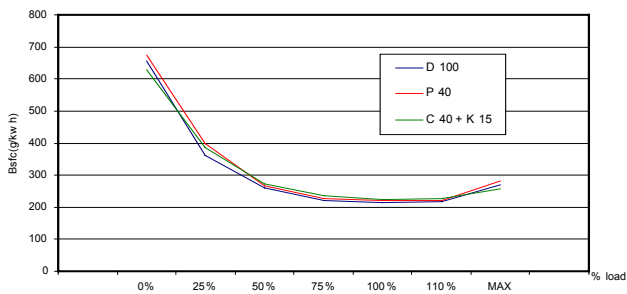
3.1.2 การผสมกับน้ำมันก๊าดที่ 5% และ15% เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าความเข้มของไอเสียจะได้น้ำมันพืชผสมแต่ละชนิด โดยน้ำมันปาล์มพบว่าเมื่อผสมน้ำมันก๊าดลงไปแล้วค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงไม่แตกต่างกันมาก ในขณะที่ค่าความเข้มของไอเสียมากขึ้น ส่วนของน้ำมันมะพร้าวอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าความเข้มของไอเสีย นั้น ที่มะพร้าว 40% + น้ำมันก๊าด 15% จะมีค่าความเข้มของไอเสียน้อย (กราฟ รูปที่6. รูปที่7. และ รูปที่ 8.) จึงเลือกส่วนผสมของมะพร้าว 40% +ก๊าด 15% ไปทดสอบประสิทธิภาพต่อไป



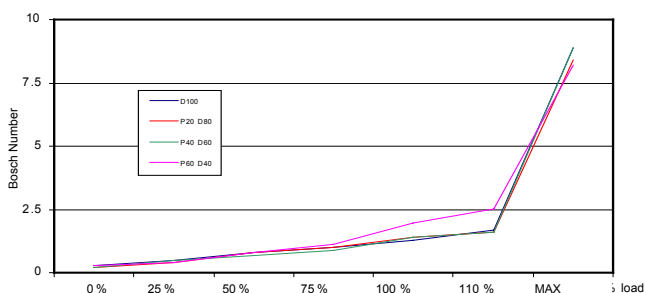
รูปที่ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันปาล์มผสม



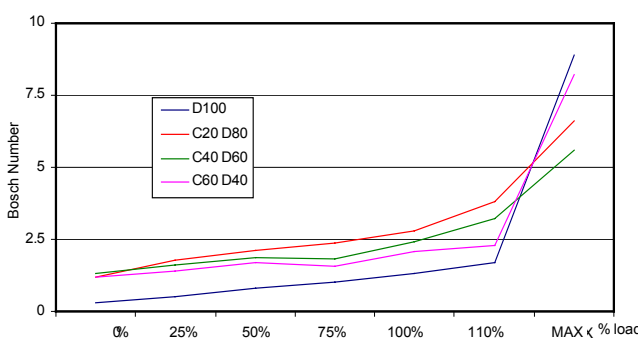
รูปที่ 4 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันมะพร้าวผสม



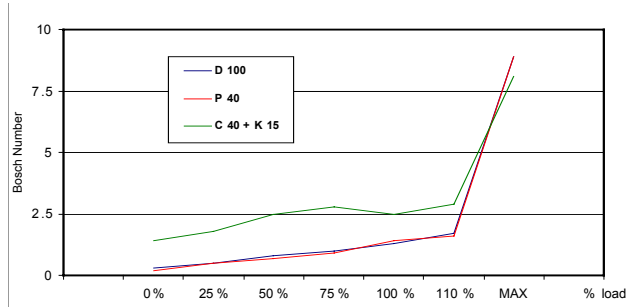
รูปที่ 5 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของน้ำมันที่เลือกมาทั้งสามชนิด



รูปที่ 6 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มของไอเสียของน้ำมันปาล์มผสม



รูปที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มของไอเสียของน้ำมันมะพร้าวผสม



รูปที่ 8 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มของไอเสียของน้ำมันทั้งสามชนิด

3.1.3 จากการที่ได้ให้น้ำมันทั้งสองชนิดคือ ปาล์ม 40% และ มะพร้าว 40% + น้ำมันก๊าด 15% มาทำการทดสอบเครื่องยนต์โดยการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยการปรับแต่งนั้น จะทำการปรับแต่งโดยปรับแรงดันที่หัวฉีด เมื่อทำการปรับเปลี่ยนแรงดันที่หัวฉีดจะพบว่าที่รอบใช้งานเครื่องยนต์ แรงดันหัวฉีดที่ 155 bar จะให้กำลังที่ดีกว่าที่แรงดันหัวฉีด 125 bar เพียงเล็กน้อย แต่เมื่อลดแรงดันที่หัวฉีดลงเหลือ 105 bar กำลังของเครื่องยนต์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ดังกราฟ รูปที่ 9.)

3.1.4 จากการที่ได้ให้น้ำมันทั้งสองชนิดคือ ปาล์ม 40% และ มะพร้าว 40% + น้ำมันก๊าด 15% มาทำการทดสอบเครื่องยนต์โดยการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยการปรับแต่งที่องศาการฉีดน้ำมัน เมื่อทำการปรับแต่งที่องศาการฉีดน้ำมัน ที่ 10 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และที่ 16 องศา ก่อนศูนย์ตายบน จะเห็นว่าแรงบิดที่ได้จะน้อยกว่าที่องศาการฉีดอยู่ที่ 13 องศา ก่อนศูนย์ตายบน (ดังกราฟ รูปที่ 10.)

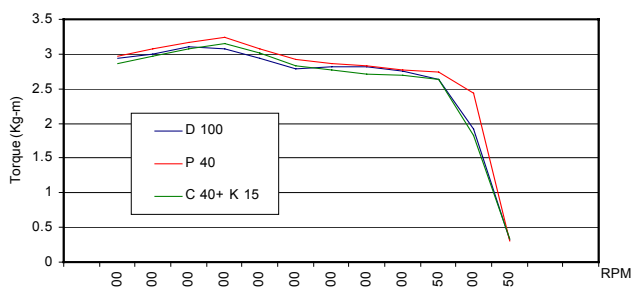
อัตราส่วนผสมน้ำมันก๊าดที่นำมาทดลองกำลังและไอเสีย

น้ำมันพืชผสม		น้ำมันก๊าด
น้ำมันปาล์ม	40% + D60%	0 %
น้ำมันมะพร้าว	40% + D60%	15%

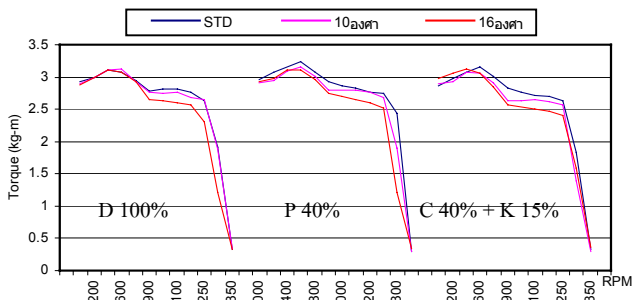
3.2 ผลการทดลองด้านมลภาวะ

3.2.1 ค่าความเข้มของไอเสียนั้น ที่มะพร้าว 40% กับน้ำมันก๊าด 15% จะมีค่าความเข้มของไอเสียต่ำ (ควันไม่ดำ) โดยน้ำมันปาล์มพบว่าเมื่อผสมน้ำมันก๊าดลงไปแล้วค่าความเข้มของไอเสียมากขึ้น

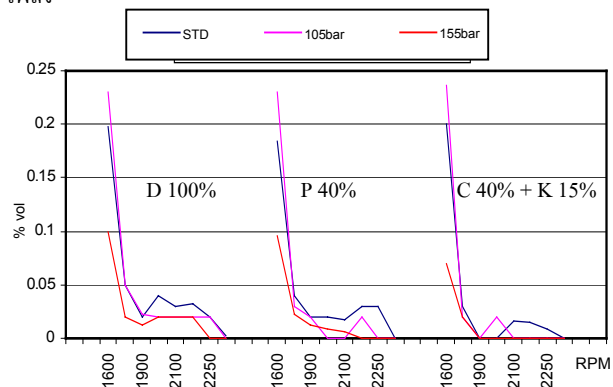
3.2.2 ผลทางด้านมลภาวะเมื่อทำการปรับความดันหัวฉีดให้มีความดัน 155 bar ค่ามลภาวะของ HC และ CO จะต่ำลง ซึ่งเป็นผลดีทั้งด้านมลภาวะและกำลังของเครื่องยนต์ (ดังกราฟ รูปที่ 11. รูปที่ 12.) ในขณะที่การปรับแต่งองศาการฉีดเชื้อเพลิง การปรับให้ ฉีดช้าลง เล็กน้อย (10 องศา) จะช่วยลดมลภาวะได้เล็กน้อย เมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดน้ำมันแล้ว ปาล์มจะให้ CO และ HC ที่ต่ำ (ดังกราฟ รูปที่ 13. รูปที่ 14.) ส่วนค่า NOx จะสูงขึ้นเมื่อมีการปรับให้ ฉีดช้าลงที่ 10 องศา ซึ่งค่า องศาการฉีดเชื้อเพลิง มาตรฐานจะได้ค่า NOx ที่ต่ำที่สุด (รูปที่ 15.)



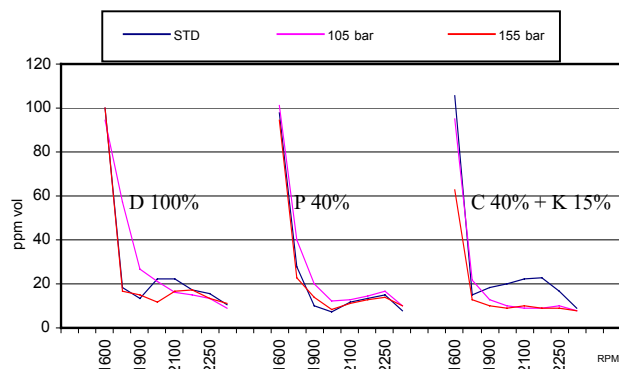
รูปที่ 9. แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าแรงบิดของน้ำมันที่เลือกมา ทั้งสามชนิด



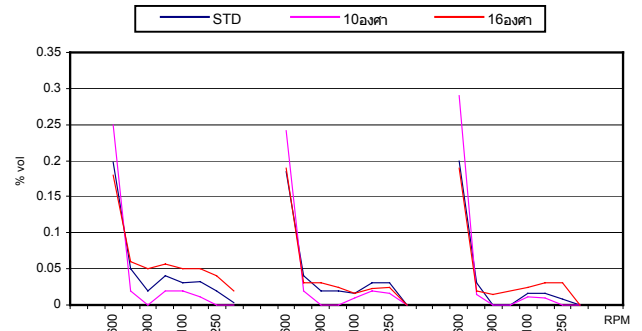
รูปที่ 10. แสดงกราฟแรงบิดที่ได้ เมื่อทำการปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิง



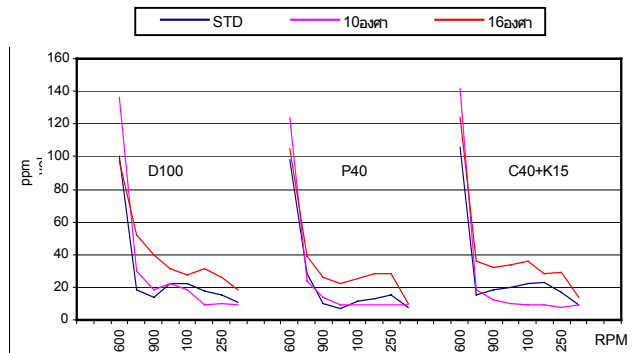
รูปที่ 11. แสดงกราฟ CO เมื่อปรับแต่งความดันหัวฉีด



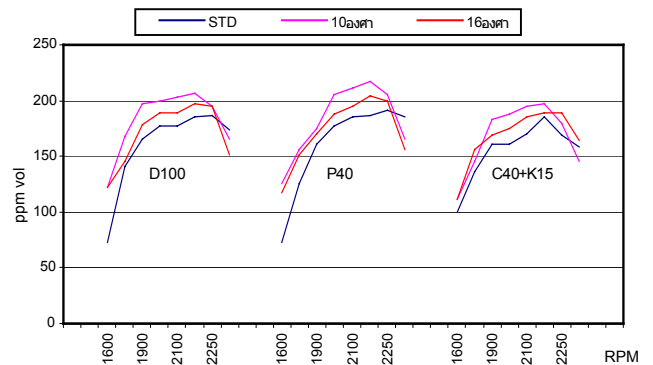
รูปที่ 12. แสดงกราฟ HC เมื่อปรับแต่งความดันหัวฉีด



รูปที่ 13. แสดงกราฟCO เมื่อปรับแต่งองศาการฉีดเชื้อ



รูปที่ 14. แสดงกราฟ HC เมื่อปรับแต่งองศาการฉีดเชื้อเพลิง



รูปที่ 15. แสดงกราฟ NOx เมื่อปรับแต่งองศาการฉีดเชื้อเพลิง

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์

4.1.1 น้ำมันปาล์ม 40 % มีค่าอัตราส่วนการสันเพลิงน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับส่วนผสมอื่นๆ แต่ค่าควันท่ำน้อยกว่าที่ 20 และ 60 เนื่องมาจากองค์ประกอบภายในของปาล์มมีออกซิเจนอยู่ จึงมีส่วนช่วยในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ขึ้น

4.1.2 ถ้าอัตราส่วนผสมสูงๆ ถึงจะมีออกซิเจนมาก แต่ความหนืดก็มากเช่นกัน ทำให้การสเปรย์ตัวทำได้ไม่ดีพอและควันท่ำมาก ปาล์ม 40 % จึงเหมาะที่จะนำไปทดลองในขั้นต่อไป

4.1.3 มะพร้าวจะมีลักษณะเดียวกันกับปาล์ม แต่จะตรงข้ามกันในด้านของควันท่ำ พบว่าที่อัตราส่วนผสมน้ำมันมะพร้าวมากๆ สามารถลดควันท่ำได้ดี แต่กำลังจะตกลงไปเนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันมะพร้าวมีค่าต่ำ

4.1.4 เมื่อนำน้ำมันมะพร้าว 40 % ไปผสมน้ำมันก๊าด พบว่าสามารถให้กำลังได้ดีขึ้นอัตราการสันเพลิงน้ำมันลดลง ผลจากค่าความร้อนของน้ำมันก๊าดมีค่ามาก เสมือนว่าน้ำมันก๊าดเป็นหัวเชื้อในการจุดระเบิดในน้ำมันมะพร้าว

4.1.5 เมื่อมีค่าปรับแต่งแรงดันที่หัวฉีด จะพบว่าที่ 155 bar ค่าแรงบิดที่ได้มากกว่า 125 bar และ 105 bar ซึ่งเป็นผลมาจากการสเปรย์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 155 bar ทำได้ดีกว่า เพราะแรงดันที่หัวฉีดมากขึ้น การคลุกเคล้าของเชื้อเพลิงกับอากาศจึงทำได้ดี

4.1.6 การปรับแต่งองค์การฉีดเชื้อเพลิง ที่ 16 องศา ก่อนศูนย์ตายบนพบว่าที่รอบของเครื่องยนต์อยู่ที่ประมาณ 1900 - 2000 รอบต่อนาที จะได้แรงบิดน้อยกว่าที่ 10 และ 13 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ซึ่งเป็นผลมาจากเมื่อทำการฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เร็วเกินไป อากาศในห้องเผาไหม้ยังมีอุณหภูมิและความดันที่ไม่สูงพอ ทำให้การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นไม่รุนแรง แรงบิดที่ได้จึงต่ำ

4.2 ด้านมลภาวะ

4.2.1 เมื่อทำการปรับความดันหัวฉีดให้มีความดัน 155 bar ค่ามลภาวะของ HC และ CO จะต่ำลง และค่า NOx จะสูงขึ้นเป็นผลดีทั้งด้านมลภาวะและกำลังของเครื่องยนต์

4.2.2 การปรับแต่งองค์การฉีดเชื้อเพลิง โดย การปรับให้ ฉีดช้าลง เล็กน้อย (10 องศา) จะช่วยลดมลภาวะได้เล็กน้อย

4.2.3 เมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดน้ำมันแล้ว ปาล์มจะให้ CO และ HC ที่ต่ำกว่าดีเซล และมะพร้าว ซึ่งเป็นผลมาจากออกซิเจน ในตัวปาล์มมีค่ามาก ในขณะที่มะพร้าวก็น้อยเช่นกัน แต่ มะพร้าวมีค่าความร้อนที่ต่ำทำให้การเผาไหม้ได้กำลังที่น้อยและไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทยันมาร์ เอส พี ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและการทดสอบเครื่องยนต์ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Willard W. Pulkrabek, “Engineering fundamentals of the Internal Combustion Engine”
- [2] สหมิตร โฉมเฉลา และรัตนพงศ์ วงศ์พิมพ์ศรี “ การศึกษาเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล ” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [3] จารุวัฒน์ มงคลธนเรศ และคณะ “ การศึกษาการใช้ น้ำมันมะพร้าว เติ้นเครื่องยนต์ดีเซล ”
- [4] ปริญญ มาตรา “ การใช้ น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเสริมในรถยนต์ ” มหาวิทยาลัยสยาม
- [5] รศ.พูลพร แสงบางปลา “ การใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์มีผลอย่างไร ” เอกสารประกอบ การสัมมนา 29 พฤษภาคม 2544