ผลกระทบต่อสมรรถนะและการสึกหรอในการใช้งานระยะยาวของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิง

Effect to Performance and Wear of Engine in Long Term Test Using Biodiesel from Wasted Cooking Oil as a Fuel

กิติพงษ์ เสถียรเสาวภาคร์, กุลเชษฐ์ เพียรทอง*, อิทธิพล วรพันธ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
โทร. 045-353330 ต่อ 3382 โทรสาร 045-353333 อีเมล์: *K.Pianthong@ubu.ac.th

Kitipong Sateinsavapak, Kulachate Pianthong*, Ittipon Worapun
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Ubonratchathani University, Warinchamrab District
Ubonratchathani 34190, Thailand
Tel: 045-353330 Ext. 3382, Fax: 045-353333, E-mail: *K.Pianthong@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะ และการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ระยะเวลา 300 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 100% เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 กระบอกสูบ ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น RT110 ขนาด 598 ซีซี การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ทดสอบที่ความเร็วรอบระหว่าง 1,200 ถึง 2,500 รอบต่อนาที โดยนำเครื่องยนต์ไปทดสอบสมรรถนะที่บริษัท สยามคูโบต้าจำกัด ผลปรากฏว่า เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลให้ค่าแรงบิดและกำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซลมาตรฐานและมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่า ในส่วนของการสึกหรอมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐานในขณะที่ปริมาณความหนาแน่นของควันต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

Abstract

This research aims to investigate the effect to the engine performances and wear conditions of the diesel engine at running period of 300 hrs with 100% of biodiesel made from wasted cooking oil compared to the standard diesel. The tested engines are KUBOTA modelled RT110, single cylinder, 598 cc. The engine performances are tested in the speed range of 1200-2500 rpm and carried out at the Siam Kubota Industrial Company by their specialists and the researcher. The final results showed that an engine with 100 % biodiesel usually gives slightly lower torque and power comparing to those of a diesel fuel engine. The specific fuel consumption of the biodiesel engine is higher than that of a diesel fuel engine. Regarding to the engine wear, both engines are quite similar and still in the allowance to tolerance after 300 hrs running. The black smoke levels from the biodiesel engine are significant lower than the diesel engine.

1. บทนำ

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนอีกชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจในประเทศไทยขณะนี้ กับการนำมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล เนื่องจากมีคุณสมบัติการเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและยังไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม [1] การผลิตไบโอดีเซลในต่างประเทศส่วนใหญ่ จะนำพืชเศรษฐกิจที่ปลูกอย่างแพร่หลาย เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดเรฟ หรือน้ำมันปาล์ม มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นไบโอดีเซล และนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ ผลการทดสอบที่ได้พบว่าให้สมรรถนะที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องยนต์เดินสะดุดและให้มลพิษที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล [2] สำหรับในประเทศไทยได้มีการนำพืชน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว รวมถึงน้ำมันพืชที่ใช้ แล้วมาผลิตเป็นไบโอดีเซลซึ่งส่วนมากผลิตใช้กันในชุมชน ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตมีความแตกต่างกันออกไปตามแต่ละกรรมวิธีการผลิต จากการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วขนาด 150 ลิตรต่อรอบของคณะผู้วิจัยเองพบว่าคุณสมบัติชนิดหนึ่งที่ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานก็คือปริมาณน้ำในน้ำมันไบโอดีเซล (Water Content) อยู่ที่ประมาณ 0.3 %Wt [3] ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลของประเทศไทยได้กำหนดไว้ที่ 0.005%Wt การที่ปริมาณน้ำในน้ำมันไบโอดีเซลสูงกว่าเกณฑ์

มาตรฐานอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถนะและการศึกหรอของเครื่องยนต์ได้ เรื่องการทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลกำลังเป็นที่สนใจของประชาชนอย่างมาก แต่ข้อมูลหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ โดยเฉพาะด้านการสึกหรอยังมีอยู่อย่างจำกัด [4-5]

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสมรรถนะและการสึกหรอเครื่องเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในระยะยาว โดยใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐานเป็นตัวเปรียบเทียบ การทดลองได้ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น RT 110 จำนวน 2 เครื่อง แบ่งเป็นใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลอย่างละเครื่อง โดยทดสอบเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 300 ชั่วโมง ให้ภาระแก่เครื่องยนต์ด้วยการต่อเข้ากับท่อสูบน้ำขนาด 12.7 เซนติเมตร ยาว 6.50 เมตรที่อัตราการไหลของน้ำประมาณ 0.002 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความสูงในการดูดที่ประมาณ 2 เมตร และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,200 รอบต่อนาที เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้วนำไปทดสอบสมรรถนะบนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ ในส่วนการสึกหรอทำการวัดการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ คือ ระยะห่างปากแหวน ระยะห่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนลูกสูบ และการสึกหรอของปลอกสูบ

2.วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น RT 110 จำนวน 2 เครื่องโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 [6]

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รุ่น	RT 110 (เครื่องยนต์ คูโบต้า)
ขนาดกระบอกสอบ X ช่วงชัก	90 X 92 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	598 ลบ.ซม.
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด	11/2,400 แรงม้า/รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	3.8/1600 กก.-ม/รอบต่อนาที
อัตราส่วนการอัด	21 : 1
แรงดันหัวฉีด	140 – 145 กกร./ตร.ซม.

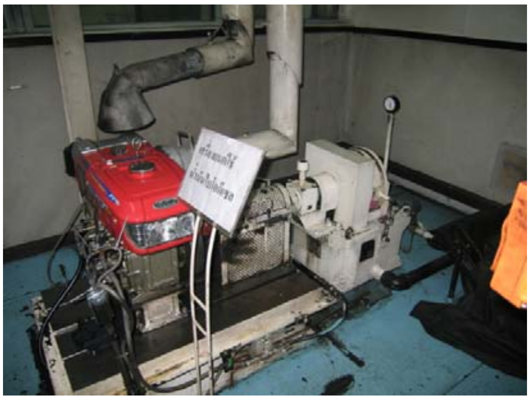
2.2 ภาระงานที่ให้กับเครื่องยนต์

ภาระงานที่ให้กับเครื่องยนต์ คือ การนำเครื่องยนต์ไปสูบน้ำ โดยใช้ท่อสูบน้ำ (ปั๊มพญานาค) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 เซนติเมตร ยาว 6.50 เมตร อัตราการไหลประมาณ 0.002 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความสูงในการดูดประมาณ 2 เมตร ท่อสูบน้ำที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ท่อสูบน้ำที่ใช้เป็นภาระให้กับเครื่องยนต์

2.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

สำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ของงานวิจัยนี้ใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เป็นแบบ Eddy Current Dynamometer ของบริษัท สยามคูโบต้า จำกัด ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีเงื่อนไขในการทดสอบคือทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1,200 ถึง 2,500 รอบต่อนาที



รูปที่ 2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

2.4 การวัดการสึกหรอ

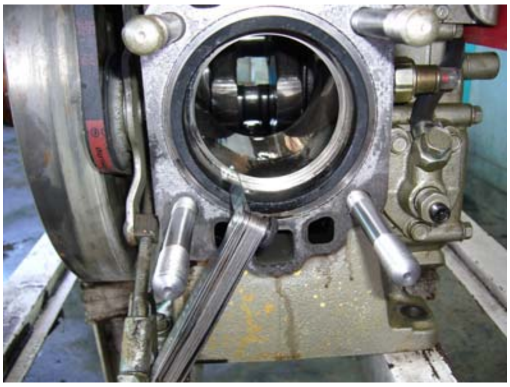
จุดที่ทำการวัดการสึกหรอ คือ ระยะห่างปากแหวน, ช่องว่างระหว่างแหวนและ ร่องแหวนลูกสูบ การสึกหรอของปลอกสูบและวัดแรงดันหัวฉีด ซึ่งทุกจุดที่ทำการวัดนี้ สามารถเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดในคู่มือการซ่อมบำรุงของเครื่องยนต์ได้และเป็นจุดที่สัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง

2.4.1 วิธีการวัดระยะห่างปากแหวน ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวัดดังนี้

2.4.1.1 นำแหวนสูบใส่เข้าไปในปลอกสูบ

2.4.1.2 ใช้หัวลูกสูบดันแหวนลูกสูบเข้าปลอกสูบ ให้ห่างจากปลอกสูบด้านบนประมาณ 10 มม.

2.4.1.3 ใช้ฟิลเลอร์เกจวัดระยะห่างปากแหวนลูกสูบ แล้วอ่านค่า ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวิธีการวัดระยะห่างปากแหวน

2.4.2 วิธีวัดช่องว่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนลูกสูบ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวัดดังนี้ [6]

2.4.2.1 ถอดแหวนลูกสูบออกจากลูกสูบทุกตัว

2.4.2.2 ใส่แหวนลูกสูบเข้าไปในร่อง

2.4.2.3 ใช้ฟิลเลอร์เกจวัดระยะห่างร่องแหวน แล้วอ่านค่าดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงวิธีการวัดช่องว่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนลูกสูบ

2.4.3 วิธีวัดความสึกหรอของปลอกสูบ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวัดดังนี้ [6]

2.4.3.1 ปรับเกจวัดปลอกสูบให้ได้ค่าเท่ากับความโตปลอกสูบมาตรฐานด้วยไมโครมิเตอร์

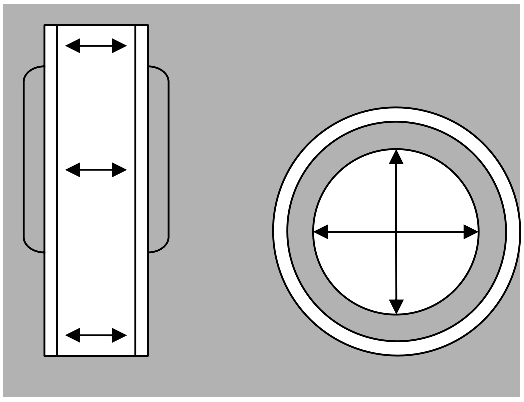
2.4.3.2 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลอกสูบตามจุดต่าง ๆ ทั้งหมด 6 จุด แล้วอ่านค่า ดังแสดงในรูปที่ 5

2.4.4 วิธีการวัดแรงดันชุดหัวฉีด ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวัดดังนี้ [6]

2.4.4.1 ประกอบชุดหัวฉีดเข้ากับเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 6

2.4.4.2 ทดสอบแรงดันหัวฉีด โดยการโยกเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่อยู่รอบๆ เข็มหัวฉีดก่อน

2.4.4.3 โยกคันโยกอย่างช้าๆ จนกระทั่งน้ำมันเริ่มฉีดออกจากหัวฉีด พร้อมอ่านค่าแรงดันที่เครื่องทดสอบ



(a) จุดที่ทำการวัด (b) แนวที่ทำการวัด

รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งการวัดการสึกหรอของปลอกสูบ

รูปที่ 6 แสดงวิธีการทดสอบแรงดันชุดหัวฉีด

3. ผลการทดลอง

ผลการวัดการสึกหรอที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล และ ดีเซล สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ และ ตรวจสอบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของเครื่องยนต์ [6] ดังต่อไปนี้

3.1 ผลการวัดระยะห่างปากแหวน

ค่ามาตรฐาน 0.20 – 0.40 ม.ม. [6]

ค่าที่ยอมให้ได้ 1.20 ม.ม. [6]

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดการสึกหรอของของระยะห่างปากแหวน

น้ำมันดีเซล	น้ำมันไบโอดีเซล
แหวนตัวที่ 1 0.35 ม.ม.	แหวนตัวที่ 1 0.45 ม.ม.
แหวนตัวที่ 2 0.50 ม.ม.	แหวนตัวที่ 2 0.50 ม.ม.
แหวนตัวที่ 3 0.45 ม.ม.	แหวนตัวที่ 3 0.40 ม.ม.
แหวนตัวที่ 4 0.50 ม.ม.	แหวนตัวที่ 4 0.50 ม.ม.

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดการสึกหรอของของระยะห่างปากแหวนที่วัดได้ จากเครื่องยนต์ทั้งสองชนิด ซึ่งผลที่ได้อยู่ในค่ามาตรฐานและไม่มี

ความแตกต่างที่ชัดเจนแสดงว่าผลกระทบเนื่องจากใช้น้ำมันทั้งชนิด ยังไม่ชัดเจน มากนัก ในระยะเวลาทำงาน 300 ชั่วโมง

3.2 ผลการวัดระยะห่างระหว่างแหวนกับร่องแหวนลูกสูบ

ค่ามาตรฐาน 0.02 - 0.052 ม.ม. [6]

ค่าที่ยอมให้ได้ 0.15 ม.ม. [6]

ตารางที่ 3 แสดงค่าการวัดระยะห่างระหว่างร่องแหวนกับแหวนลูกสูบ

น้ำมันดีเซล	น้ำมันไบโอดีเซล
แหวนตัวที่ 1 0.03 ม.ม.	แหวนตัวที่ 1 0.03 ม.ม.
แหวนตัวที่ 2 0.03 ม.ม.	แหวนตัวที่ 2 0.03 ม.ม.
แหวนตัวที่ 3 0.03 ม.ม.	แหวนตัวที่ 3 0.03 ม.ม.
แหวนตัวที่ 4 0.05 ม.ม.	แหวนตัวที่ 4 0.05 ม.ม.

จากตารางที่ 3 พบว่าระยะห่างระหว่างร่องแหวนกับแหวนลูกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าใกล้เคียง (เท่ากัน) กับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

3.3 ผลการวัดปลอกสูบ

ค่ามาตรฐาน (ม.ม.) 92.010 – 92.032 [6]

ค่าที่ยอมให้ได้ (ม.ม.) 0.20 [6]

ตารางที่ 4 แสดงการวัดการสึกหรอของปลอกสูบ

การวัดในแนวตั้ง	ดีเซล	ไบโอดีเซล
จุดบนสุด	92.05	92.05
จุดกึ่งกลาง	92.04	92.05
จุดต่ำสุด	92.02	92.04
การวัดในแนวราบ	ดีเซล	ไบโอดีเซล
จุดบนสุด	92.04	92.05
จุดกึ่งกลาง	92.04	92.05
จุดต่ำสุด	92.06	92.06

จากตารางที่4พบว่าการวัดในแนวตั้ง จุดต่ำสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจะสึกมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล 0.02 ม.ม. ส่วนการวัดในแนวราบจุดบนสุดและจุดกึ่งกลางเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล จะสึกมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล 0.01 ม.ม.

3.4 ผลวัดค่าแรงดันหัวฉีด

ค่ามาตรฐาน 140 – 145 กกร./ ตร.ซม. [6]

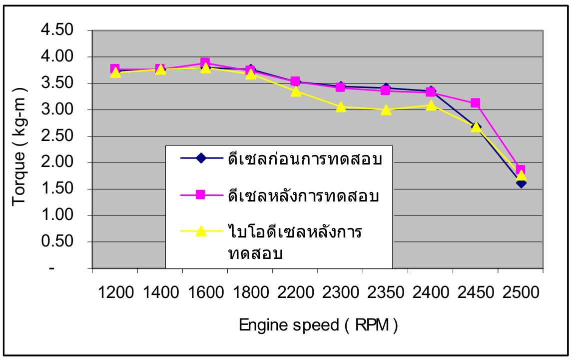
ตารางที่ 5 แสดงการวัดแรงดันหัวฉีด

น้ำมันดีเซล	น้ำมันไบโอดีเซล
120 กกร./ ตร. ซม.	135 กกร./ ตร. ซม.

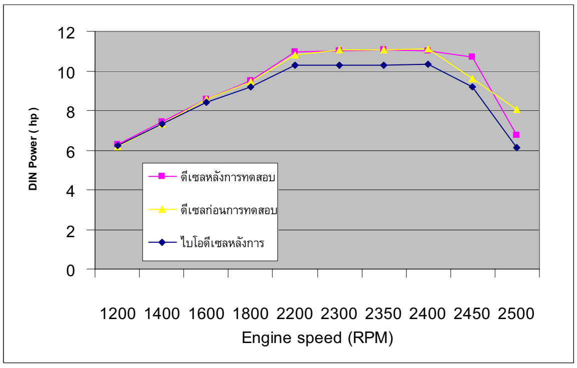
จากผลการทดลอง แสดงค่าแรงดันของหัวฉีดได้ ดังตารางที่ 5 ค่าแรงดันหัวฉีดที่วัดได้ของเครื่องยนต์ทั้งสองชนิด ต่ำกว่าเกณฑ์แรงดันหัวฉีดมาตราฐาน ที่ทางบริษัทกำหนด

3.5 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

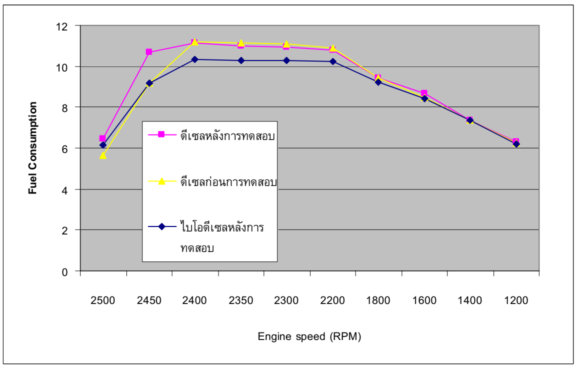
ผลการทดลองหาค่าแรงบิดและค่ากำลังของเครื่องยนต์ทั้งสองชนิด พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลให้ค่าแรงบิด และค่ากำลังของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 โดยมีค่าต่ำกว่าไม่มากนัก ค่าแรงบิดจากน้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,200 ถึง 1,800 รอบต่อนาที โดยให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,600 รอบต่อนาที จากนั้นก็จะลดต่ำลงเรื่อยๆ สำหรับกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล ก็พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังที่ได้จากน้ำมันดีเซลในช่วง 1,200 ถึง 2,200 รอบต่อนาที และจะให้กำลังงานสูงสุดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ประมาณ 2,200 รอบต่อนาทีและจะค่อยลดต่ำลงเรื่อย ๆ



รูปที่ 7 แรงบิดของเครื่องยนต์ หลังจากระยะเวลา 300 ชั่วโมง

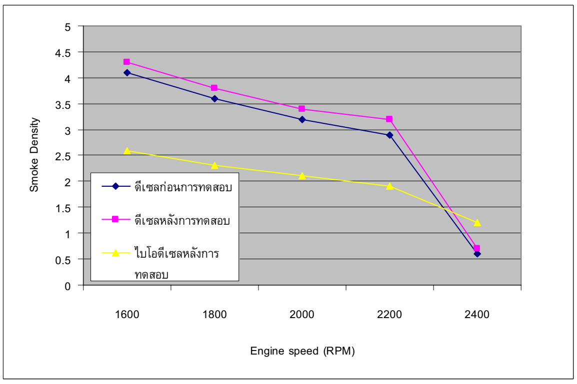


รูปที่ 8 กำลังงานของเครื่องยนต์หลัง จากระยะเวลา 300 ชั่วโมง



รูปที่ 9 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์หลังจาก 300 ชั่วโมง

กราฟรูปที่ 9 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล พบว่าให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐานอยู่ประมาณ 10-15% เนื่องจาก น้ำมันไบโอดีเซล มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่านั่นเอง



รูปที่ 10 แสดงค่าความหนาแน่นของควันของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลเทียบกับน้ำมันดีเซล

รูปที่ 10 แสดงค่าความหนาแน่นของควันของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล 100% เทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจะมีค่าควันดำน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ประมาณ 40% สาเหตุเนื่องจากส่วนประกอบของน้ำมันไบโอดีเซลมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลสมบูรณ์กว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

4. สรุป

1. เมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 100% ไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กผลปรากฏว่า เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ดี โดยไม่เกิดอาการสะดุดของเครื่องยนต์หรือ แสดงถึงความแตกต่างเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้ดีเซล

2. เมื่อนำเครื่องยนต์ไปใช้งาน ในระยะยาว (300 ชั่วโมง) โดยให้ภาระงานคือการสูบน้ำ อย่างต่อเนื่อง แล้วนำเครื่องยนต์ไปทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถนะได้แก่ ค่าแรงบิด ค่ากำลังงาน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะและค่าความหนาแน่นของควัน พบว่า ค่าแรงบิด ค่ากำลังงาน จะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล แต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะจะสูงกว่า ในส่วนค่าความหนาแน่นของควันดำของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล จะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมาตรฐาน

3. ในส่วนของการสึกหรอของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ สำหรับระยะเวลาการใช้งาน 300 ชั่วโมง พบว่า ทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าการสึกหรอใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนด

4. ส่วนการทดสอบการใช้งานเครื่องยนต์ในระยะยาวกว่านี้ (ประมาณ 2000 ชั่วโมง) กำลังอยู่ระหว่างการดำเนินการ เพื่อดูผลกระทบในระยะยาวมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

1. ขอขอบคุณ บริษัทสยามคูโบต้าอุตสาหกรรม จำกัด ที่อนุเคราะห์ให้ยืมเครื่องยนต์ และ ทำการทดสอบ สมรรถนะเครื่องยนต์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

2. ขอขอบคุณ ศูนย์บริการสยามคูโบต้า สาขาอุบลราชธานี ที่ให้ใช้สถานที่และเครื่องมือ สำหรับใช้ในการวัดค่าความสึกหรอของเครื่องยนต์
เครื่องยนต์

3. ขอขอบคุณ โรงเรียนเทคโนโลยีอาชีวศึกษาอุบลราชธานี ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการทำการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พิสมัย เจนวนิชปัจจกุล, 2544 ไบโอดีเซล: พลังงานทางเลือก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีที่ 16 ฉบับที่ 3, หน้า 9

[2] Ma. F , and Hunna, A.M. 2001. Biodiesel Production: a review. Bioresoure Technology, Vol. 70 pp. 1–15.

[3] กุลเชษฐ์ เพียรทอง อิทธิพล วรพันธ์ ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์ พิศาล สมบัติวงศ์ นิมิตมงคล สุดเสน่ห์. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วขนาด 150 ลิตรต่อรองการผลิตและการใช้งานกับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก. การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 ชลบุรี ประเทศไทย 11 -13 พฤษภาคม 2548. หน้า 338-344.

[4] สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ. 2544 แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์. เอกสารประกอบการ

ประชุมระดมความคิด โรงแรมมารวยการ์เดน กรุงเทพมหานคร. 18 มิถุนายน 2544.
[5] Antolin, G., Tinaut, F.V., Briceno, V., Castano, V., Perez, C., and Ramirez, A.I. 2002. Optimisation of Biodiesel Production by Sunflower Oil Transesterification, Bioresource Technology Vol. 83 pp. 111-114.
[6] คู่มือเครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น RT บริษัท สยามคูโบต้า อุตสาหกรรม จำกัด