การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์เรือประมงขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 เป็นระยะเวลา 500 ชั่วโมง

เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์ [1,2*] ปิติณัตต์ ตรีวงศ์ [1,2] และ ชเนตตี ศรีคำ [3]

บทคัดย่อ

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่สำคัญตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย ชาวประมงเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักหนึ่งของภาครัฐเพราะมีผลกระทบที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศและจำเป็นต้องใช้น้ำมันดีเซลจำนวนมาก เครื่องยนต์ HINO และ GARDNER จำนวนยี่ห้อละ 2 เครื่องได้ถูกคัดเลือกมาจากเรือประมงขนาดเล็กเพื่อทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 และเพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อผ่านการใช้งานจริง 500 ชั่วโมง น้ำมันเชื้อเพลิงในงานวิจัยได้ผ่านเกณฑ์คุณภาพของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ผลการศึกษาพบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ลดลงจากน้ำมันไบโอดีเซล บี5 ระหว่างช่วง 2.40% ถึง 7.54% เนื่องจากค่าความร้อนที่ต่ำกว่า แต่ด้วยสมบัติการหล่อลื่นที่ดีทำให้ไม่พบความเสียหายของเครื่องยนต์ ผลการทดสอบพบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงเพียงเล็กน้อยหลังการใช้งานครบ 500 ชั่วโมง ดังนั้น น้ำมันไบโอดีเซล บี20 จึงเป็นเชื้อเพลิงที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานจริง

คำสำคัญ : เรือประมง, น้ำมันไบโอดีเซล, สมรรถนะ, การทดสอบ 500 ชั่วโมง

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] ศูนย์วิจัยพลังงานยานยนต์และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3] สำนักพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน

[*] ผู้ติดต่อ, อีเมล์: chedthawutp@kmutnb.ac.th รับเมื่อ 16 กันยายน 2556 ตอบรับเมื่อ 8 กรกฎาคม 2557

A Performance Investigation of Small Fishery Boat's Engines Fuelled with Biodiesel B20 for 500-hour Operation

Chedthawut Poompipatpong [1,2*] Peeteenut Triwong [1,2] and Chanettee Sikhom [3]

Abstract

Biodiesel is an important alternative energy in the Thailand Alternative Energy Development Plan (AEDP). Fishermen are one of the government's target groups since they significantly affect the country's economics and consume a large amount of diesel. Two HINO and two GARDNER engines were selected from small fishery boats in order to compare the engine performances when fuelled with biodiesels B5 and B20. The engine performances, after 500-hour operations, were also investigated. The fuel qualities were certified by Department of Energy Business, Thailand Ministry of Energy. The results showed that engine torque of biodiesel B20 was lower than that of biodiesel B5 in the range of 2.40 to 7.54%. This is due to the lower heating value. According to the better lubricity of biodiesel B20, no engine breakdown was observed. It was also reported that engine performances decreased slightly after the 500-hour operation. Therefore, biodiesel B20 is feasible for the real application.

Keywords : Fishery boat, Biodiesel, Performance, 500-hour test

[1] Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Automotive Eco-Energy and Industrial Product Standard Research Center, Science and Technology Research Institute, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy

[*] Corresponding author, E-mail: chedthawutp@kmutnb.ac.th Received 16 September 2013, Accepted 8 July 2014

1. บทนำ

ความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีแนวโน้มจะสิ้นสุดเกิดขึ้นในทุกประเทศทั่วโลก แม้ว่าเทคโนโลยีของพลังงานทางเลือกจะถูกพัฒนาขึ้นมาก แต่ก็ยังไม่สามารถทดแทนหรือมีศักยภาพเทียบเท่ากับเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ดังนั้น การพึ่งพิงเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มากจนเสียสมดุลทำให้เกิดวิกฤติทั้งด้านเศรษฐกิจและปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาโดยตลอด ประเทศไทยเป็นผู้นำในภูมิภาคที่สนับสนุนการผลิตและใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ เพื่อลดการนำเข้าและเป็นการบริหารจัดการปริมาณผลผลิตทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ นโยบายเกี่ยวกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์และน้ำมันไบโอดีเซลจึงถูกบรรจุอยู่ในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี [1]

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 น้ำมันดีเซลมากกว่า 50 ล้านลิตรต่อวันได้ถูกใช้ในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่งและภาคเกษตรกรรมของประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ตลอด [2] โดยทั้งหมดถูกเผาไหม้กลายเป็นมลพิษออกสู่ชั้นบรรยากาศ น้ำมันไบโอดีเซลผลิตจากพืชซึ่งหมุนเวียนได้บนพื้นผิวโลกจึงเป็นทางออกหนึ่งที่แก้ปัญหาพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้ดี การศึกษาวิจัยในอดีตประสบความสำเร็จจนทำให้คุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล บี5 สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้และทำให้ประเทศไทยได้ยกเลิกการจำหน่ายน้ำมันดีเซล 100% ไปเรียบร้อยแล้ว ตลอดจนการออกนโยบายการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี7 ตั้งแต่ปี 2557 เป็นต้นไป

ชาวประมงชายฝั่งเป็นกลุ่มประชาชนที่มีวิถีชีวิตที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวของประเทศ และเป็นกลุ่มผู้ใช้น้ำมันดีเซลที่ภาครัฐให้ความสำคัญอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ช่วงประมาณปี พ.ศ. 2544 ทำให้ภาครัฐมีนโยบายการใช้น้ำมันม่วงและน้ำมันเขียวเพื่อช่วยเหลือกลุ่มชาวประมง อย่างไรก็ตาม ภาครัฐตระหนักว่านโยบายเหล่านั้นเป็นเพียงการช่วยเหลือทางด้านราคาไม่ได้เป็นการพัฒนาโครงสร้างที่ยั่งยืน ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2554 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้ดำเนินโครงการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบต่อการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 แทนน้ำมันม่วงในเรือประมง [3] และโครงการนำร่องการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ในเรือประมงพื้นบ้านและเรือประมงขนาดเล็กในพื้นที่ชายฝั่ง ในปี พ.ศ. 2555 [4] เพื่อศึกษาวิจัยและสร้างความมั่นใจให้แก่ประชาชน

งานวิจัยนี้เป็นการลงพื้นที่คัดเลือกเครื่องยนต์เรือประมงชายฝั่ง จำนวน 4 เครื่อง เพื่อทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 และเพื่อทดสอบสมรรถนะหลังจากใช้งานในสภาวะจริงครบ 500 ชั่วโมง งานวิจัยนี้ให้ความสนใจกับเรือประมงที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 6 สูบ เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่บริโภคน้ำมันสูงจึงมีประโยชน์ในเชิงนโยบายของประเทศมากกว่าเครื่องยนต์ 4 สูบ และเครื่องยนต์ขนาดใหญ่มีการเผาไหม้ที่ละเอียดอ่อนมากกว่าเครื่องยนต์ขนาดเล็ก [5] ผลการวิจัยในเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จึงน่าจะนำเสนอองค์ความรู้ที่ครอบคลุมเครื่องยนต์ขนาดเล็กได้เป็นอย่างดี

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โมเลกุลของน้ำมันพืชมีลักษณะเป็นโซ่ยาวคล้ายน้ำมันดีเซล ไม่เป็นพิษและยังสามารถย่อยสลายได้ตาม

ธรรมชาติ แต่เมื่อนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลกลับพบว่าความหนืด (viscosity) ความหนาแน่นที่สูง (density) การระเหยตัวที่ต่ำของน้ำมัน (volatility) คราบยางเหนียว รวมถึงปัญหาอื่นๆ ของน้ำมันพืช [6] ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ น้ำมันชนิดนี้จึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการทางเพื่อปรับสมบัติทางเคมีบางประการและเรียกน้ำมันชนิดนี้ว่า น้ำมันไบโอดีเซล

น้ำมันไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบมากมาย เช่น น้ำมันสบู่ดำ (jatropha oil) น้ำมันฝ้าย (cottonseed oil) น้ำมันสาหร่าย (algae oil) น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) น้ำมันปาล์ม (palm oil) น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower oil) น้ำมันปรุงอาหารใช้แล้ว (waste cooking oil) ไขมันสัตว์ (animal fat) น้ำมันจากพืชจำพวกอื่นๆ เป็นต้น [6]

ประเทศไทยมีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากปาล์มและใช้ในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาวะแวดล้อม แม้ว่า น้ำมันปาล์มเป็นพืชที่สามารถใช้เป็นอาหารได้ แต่พบว่าน้ำมันปาล์มในประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำมากจึงยังคงทำให้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพอยู่

วัตถุดิบและกระบวนการผลิตน่าจะมีส่วนทำให้สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลแตกต่างกันบางประการจึงทำให้งานวิจัยในอดีตรายงานผลไปในหลายทิศทาง โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซลจึงทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลง [7-8] แต่ก็มีงานวิจัยบางชิ้นพบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกัน [9] ยิ่งไปกว่านั้น บางงานวิจัยพบว่าสมรรถนะเครื่องยนต์อาจเพิ่มสูงขึ้นได้โดยให้เหตุผลด้านความหนาแน่นและค่าซีเทนที่สูงอันสามารถชดเชยผลของค่าความร้อนที่ต่ำกว่าได้ [10]

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานน้ำมันไบโอดีเซลในระยะยาว ได้มีการศึกษางานวิจัยด้านความทนทานของเครื่องยนต์ (durability test) พบว่าปัญหาที่พบในสภาพการใช้งานจริงมีอยู่หลายประการ เช่น การอุดตันที่กรองเชื้อเพลิง (filter plugging) [11-12] การอุดตันที่หัวฉีด ความเสียหายของปั๊มและระบบจ่ายเชื้อเพลิง [13-17] และการสึกหรอของชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น ลูกสูบ แหวน ลิ้นไอดี ลิ้นไอเสีย ฯลฯ [18-19] ปัญหาที่กล่าวมาส่วนใหญ่เกิดขึ้นในจากประเด็นเรื่องคุณภาพและสมบัติของน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัย เช่น วัตถุดิบ กระบวนการผลิต ค่าความเป็นกรด ความหนืด ความหนาแน่น เป็นต้น

งานวิจัยในศาสตร์นี้มักศึกษาเปรียบเทียบใน 3 ประเด็น คือ 1) การทดสอบการใช้งานจริงตามช่วงเวลาหรือระยะทางที่กำหนดเพื่อตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นในภาพรวม [11-12] 2) การตรวจสอบการสึกหรอเชิงลึกของชิ้นส่วนโดยการวัดขนาดหรือการถ่ายภาพขนาดเล็ก (microscopic images) [13, 17-19] และ 3) การเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคจากการสึกหรอที่ช่วงเวลาหรือระยะทางต่างๆ [18, 20] นอกเหนือจากการวิจัยใน 3 ประเด็นดังกล่าว ยังมีงานวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีจำนวนไม่มากที่ให้ความสำคัญกับการนำไปใช้งานภาคสนามและมีความคล้ายคลึงกับการทดสอบในงานวิจัยนี้ เช่น งานวิจัยของ Basinger และคณะ [18] ที่ได้ทดสอบเปรียบเทียบปริมาณมลพิษของเครื่องยนต์ขนาดเล็กก่อนและหลังการใช้งาน 500 ชั่วโมงซึ่งมีความถี่ในการตรวจวัดทุกๆ 100 ชั่วโมง ในขณะที่งานวิจัยของ Yang และคณะ [21] ที่ได้ทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลก่อนและหลังการใช้งาน 500 ชั่วโมง (เทียบเท่าประมาณ 80,000

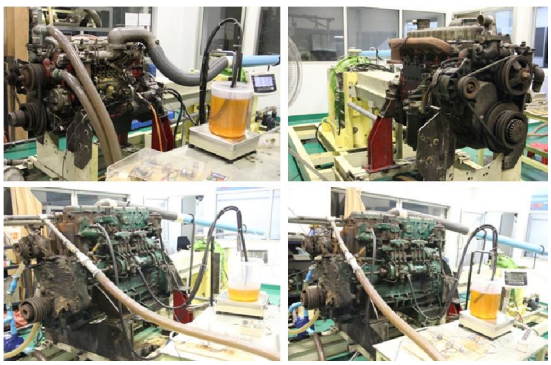
กิโลเมตร) โดยมีความถี่ในการทดสอบทุกๆ 125 ชั่วโมง (หรือประมาณ 20,000 กิโลเมตร)

โครงการทดสอบการใช้น้ำมันไบโอดีเซลของภาครัฐในต่างประเทศบางโครงการก็มีกระบวนการที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ เช่น เมื่อปี 2008 National Biodiesel Board สหรัฐอเมริกา [22] ได้ทดสอบเครื่องยนต์ Cummins ขนาด 8.9 ลิตร โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี 20 เป็นระยะเวลา 1,000 ชั่วโมง และทดสอบสมรรถนะและมลพิษในห้องปฏิบัติการ จากนั้น ในปี 2009 หน่วยงาน UFOP [23] ของสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ได้ทำการทดสอบเครื่องยนต์ 4 สูบ และ 6 สูบ โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนามเป็นระยะเวลา 500 ชั่วโมงและทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการลงสำรวจจำนวนประชากรเรือประมงชายฝั่งขนาดเล็กบริเวณอำเภอมะขามหย่ง อำเภออ่างศิลาและอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยสุ่มสำรวจเฉพาะเรือที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 6 สูบ ทั้งหมดจำนวน 22 ลำ พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้อยู่ มีเพียง 2 ยี่ห้อเท่านั้น ประกอบด้วยเครื่องยนต์ฮีโน่ (HINO) จำนวน 15 เครื่อง และเครื่องยนต์การ์ดเนอร์ (GARDNER) จำนวน 7 เครื่อง งานวิจัยนี้จึงคัดเลือกเครื่องยนต์ยี่ห้อละ 2 เครื่องมาทำการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ทั้ง 4 เครื่องเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้น เครื่องยนต์ทั้งหมดได้ถูกติดตั้งลงสู่เรือประมงดังแสดงในรูปที่ 2 และใช้งานด้วยน้ำมันไบโอดีเซล บี20 ในสภาวะจริง เมื่อเครื่องยนต์ถูกใช้งานครบ 500 ชั่วโมง และเครื่องยนต์จะถูกนำกลับมาทดสอบอีกครั้งในห้องปฏิบัติการ ดังนั้น ผลการทดสอบในงานวิจัยนี้จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผลการทดสอบเปรียบเทียบการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 และ 2) ผลการทดสอบเปรียบเทียบก่อน – หลังการใช้งานจริง 500 ชั่วโมง



รูปที่ 1 เครื่องยนต์ทดสอบทั้ง 4 เครื่องบนเครื่องทดสอบ

รูปที่ 2 เรือประมงทั้ง 4 ลำสำหรับการทดสอบภาคสนาม

เครื่องยนต์ HINO และ GARDNER รวมจำนวน 4 เครื่อง ประกอบด้วย HINO ขนาด 6,728 cc จำนวน 2 เครื่อง และ GARDNER จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งไม่สามารถระบุรายละเอียดได้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบเครื่องยนต์จากข้อมูลที่มีทำให้เชื่อได้ว่าเครื่องยนต์ GARDNER ทั้ง 2 เครื่อง น่าจะเป็นเครื่องยนต์ในกลุ่ม 6L*xx* มีความจุกระบอกสูบประมาณ 10,450 cc โดยมีการรายงานสภาพเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 1

เครื่องยนต์ได้ถูกถอดจากเรือและติดตั้งบนเครื่องทดสอบกำลัง Clayton Water Brake Dynamometer ขนาด 300 แรงม้า เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิต่างๆ ได้ถูกติดตั้งไว้เพื่อการเก็บข้อมูลและบันทึกผล เครื่อง Horiba MEXA-584L ใช้ตรวจวัดปริมาณมลพิษในไอเสียด้วยเทคนิค Non-Dispersive Infrared และเครื่องวัดปริมาณควันดำ TECNOTEST 490 ได้ถูกติดตั้งที่ระบบไอเสียของเครื่องยนต์

ตารางที่ 1 เครื่องยนต์ทดสอบในงานวิจัย

ลำดับที่	ยี่ห้อ – รุ่น	สภาพโดยรวม
1	HINO – HO7C	ใช้งานได้ดี รอบเดินเบาอยู่ที่ 750 rpm
2	HINO – HO7C	ใช้งานได้ดี รอบเดินเบาอยู่ที่ 750 rpm มีควันดำมากผิดปกติ
3	GARDNER	ใช้งานได้ดีทั้งสองเครื่อง รอบเดินเบาอยู่ที่ 350 rpm สภาพภายนอกเก่า (ตามอายุ)
4	GARDNER	

น้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบเป็นน้ำมันไบโอดีเซล บี5 ของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพและจำหน่ายอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ในขณะที่น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำมันที่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ได้ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ โดยน้ำมันดังกล่าวได้ถูกส่งวิเคราะห์และพบว่าเป็นน้ำมันที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน ปี 2555 ดังแสดงในตารางที่ 2

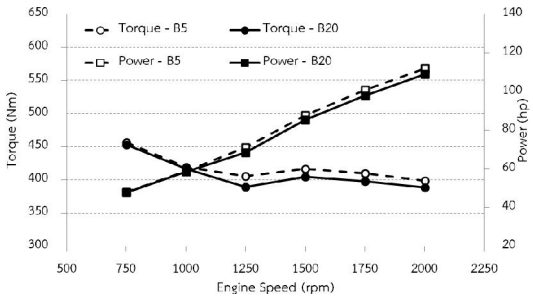
ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลในงานวิจัย

สมบัติ	เกณฑ์	น้ำมันไบโอดีเซล
	น้ำมันไบโอดีเซล บี5	บี20 จาก ปตท.
Cetane Number	ไม่ต่ำกว่า 50	57.34
Specific Gravity at 15.6/15.6 .C	ไม่ต่ำกว่า 0.81 ไม่สูงกว่า 0.87	0.8408
Viscosity at 40°C	ไม่ต่ำกว่า 1.8 ไม่สูงกว่า 4.1	3.774
Flash Point (°C)	ไม่ต่ำกว่า 52	79.0
Pour Point (°C)	ไม่สูงกว่า 10	9
Water and Sediment (% Vol.)	ไม่สูงกว่า 0.05	<0.005
Heating Value (J/g) (สำหรับงานวิจัยนี้)	45,233 J/g	41,239 J/g

4. ผลการทดสอบเปรียบเทียบการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20

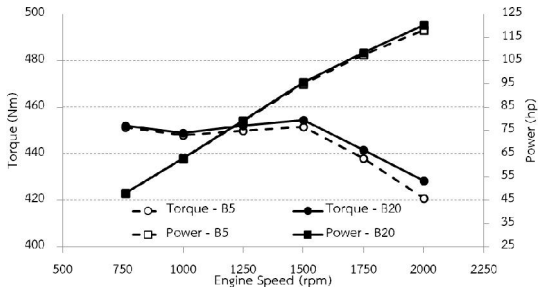
การศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจะทำให้แรงบิดและกำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ต่ำลง [1-2] ทั้งนี้การทดสอบได้ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 และบี20 ที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 45,233 J/g และ 41,239 J/g ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 8.83% เครื่องยนต์ทดสอบทั้ง 4 เครื่องได้แสดงผลการทดสอบที่ค่อนข้างแตกต่างกัน

ดังนี้ เมื่อเครื่องยนต์ลำดับที่ 1 (HINO) ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 จะมีแรงบิดลดลงเฉลี่ย 2.40% ดังแสดงในรูปที่ 3 ความแตกต่างมีค่อนข้างน้อยกว่าที่คาดไว้อันน่าจะเป็นผลมาจากน้ำมันไบโอดีเซล บี20 มีสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีกว่าจึงน่าจะเป็นการชดเชยค่าความร้อนที่ต่ำกว่าได้ [6]

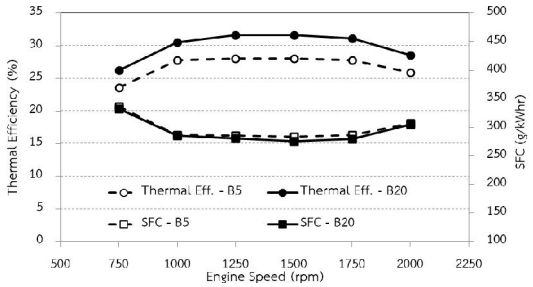


รูปที่ 3 แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ลำดับที่ 1

เครื่องยนต์ลำดับที่ 2 (HINO) เป็นเครื่องยนต์ที่น่าจะถูกปรับแต่งปั๊มเชื้อเพลิงให้ฉีดน้ำมันในปริมาณมากกว่าปกติเพื่อให้เครื่องยนต์มีกำลังสูงขึ้นตามความเชื่อทั่วไปของกลุ่มชาวประมง เนื่องจากการตรวจสอบสภาพเบื้องต้นพบว่าเครื่องยนต์นี้มีปริมาณควันดำมากผิดปกติจนสังเกตได้ แต่ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบตามสภาพที่เป็นจริง ไม่ได้ทำการปรับแต่งใดๆ ทั้งสิ้น ผลการทดสอบพบว่า แรงบิดและกำลังเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 กลับสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี5 อยู่ประมาณ 0.45 และ 0.52% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 แต่หากพิจารณาถึงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนพบว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 จะเพิ่มประสิทธิภาพได้มากถึง 3.20% (หรือคิดเป็นอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลง 1.59% ดังแสดงในรูปที่ 5) ผลการทดสอบยืนยันได้ว่าถึงแม้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี5 แต่ด้วยค่าซีเทนที่สูงและมีออกซิเจนในโครงสร้างโมเลกุลจึงทำให้การเผาไหม้รวดเร็วและสมบูรณ์กว่า ประกอบกับสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีกว่าจึงสามารถชดเชยจุดด้อยของค่าความร้อนที่ต่ำกว่าได้มากพอสมควร [3, 6]



รูปที่ 4 แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ลำดับที่ 2

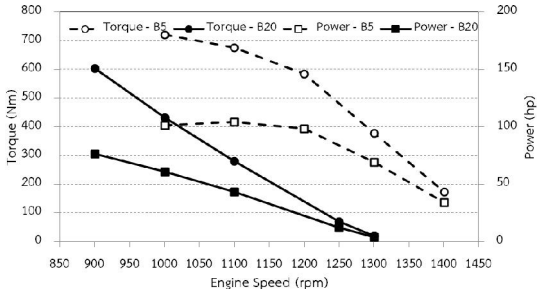


รูปที่ 5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราความสิ้นเปลืองจำเพาะของเครื่องยนต์ลำดับที่ 2

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งเมื่อพิจารณาเครื่องยนต์ลำดับที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน คือ เครื่องยนต์ทั้งสองเป็นรุ่นเดียวกันและมีสภาพใกล้เคียงกันมาก ในที่นี้ผู้วิจัยจึงขอสมมติว่าเครื่องยนต์ทั้งสองเหมือนกันทุกประการ การเปรียบเทียบเห็นว่า เมื่อเครื่องยนต์ลำดับที่ 2 ถูกปรับแต่งให้ฉีดเชื้อเพลิงมากเกินความจำเป็น

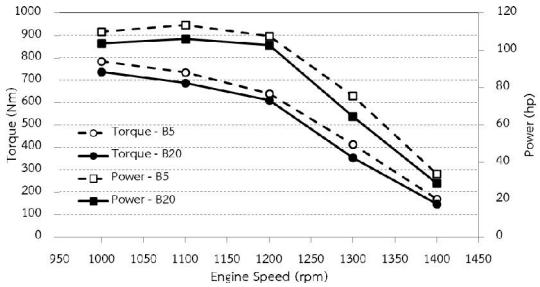
เครื่องยนต์สามารถสร้างแรงบิดและกำลังได้สูงกว่าเครื่องยนต์ลำดับที่ 1 เพียงเล็กน้อย แต่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลำดับที่ 2 ลดลงต่ำกว่าเครื่องยนต์ลำดับที่ 1 โดยเฉลี่ยประมาณ 4.06%

เครื่องยนต์ลำดับที่ 3 และ 4 (GARDNER) เป็นเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ซึ่งสามารถสร้างแรงบิดได้สูงมากที่ความเร็วรอบต่ำ มีรอบเดินเบาอยู่ที่ประมาณ 350 rpm เครื่องยนต์ทั้งสองมีสภาพเก่ามากตามอายุการใช้งานแต่ยังสามารถใช้งานได้ดีและเดินเครื่องได้อย่างราบเรียบแม้ที่ความเร็วรอบต่ำ เมื่อเครื่องยนต์ลำดับที่ 3 ทำงานด้วยน้ำมันไบโอดีเซล บี20 จะมีความแตกต่างจากการทำงานด้วยน้ำมันไบโอดีเซล บี5 อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม หากสังเกตจากแนวโน้มของแรงบิดและกำลังในรูปที่ 6 จะพบว่า แรงบิดสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 จะต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี5 ไม่มากนัก เพียงแต่ว่าแรงบิดที่สูงจะเกิดขึ้นในรอบที่ต่ำมาก ซึ่งน่าจะมาจากผลกระทบร่วมของสมบัติเชื้อเพลิง การปรับตั้งปั๊มเชื้อเพลิงหรือจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้วิจัยคาดว่าในการใช้งานจริง ผู้ใช้งานจะรู้สึกถึงความแตกต่างได้ค่อนข้างน้อยเพราะพฤติกรรมการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซลถูกกำหนดด้วยแรงบิดของเครื่องยนต์มากกว่ากำลังของเครื่องยนต์ แต่หากผู้ใช้งานสามารถรู้สึกถึงความแตกต่าง การปรับแต่งเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อยน่าจะสามารถลดความแตกต่างนี้ได้

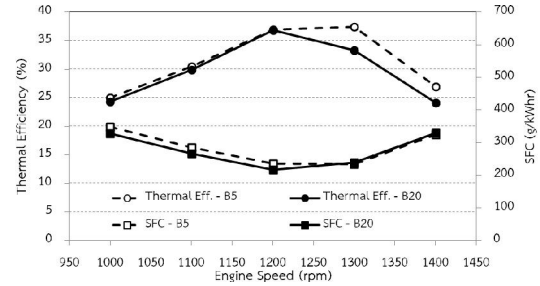


รูปที่ 6 แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ลำดับที่ 3

ผลการทดสอบเครื่องยนต์ลำดับที่ 4 ไม่เกิดความแตกต่างดังเช่นเครื่องยนต์ลำดับที่ 3 แต่พบว่าแรงบิดเฉลี่ยลดลงมากถึง 7.54% ดังแสดงในรูปที่ 7 ผลการทดสอบสามารถวิเคราะห์ได้ว่า เครื่องยนต์ GARDNER เป็นเครื่องยนต์ขนาดประมาณ 10,450 cc ดังนั้นห้องเผาไหม้แต่ละห้องมีความจุประมาณ 1,742 cc ซึ่งนับเป็นเครื่องยนต์ขนาดค่อนข้างใหญ่มาก ปริมาณเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และความร้อนจึงสูงมาก ประกอบกับเครื่องยนต์มีรอบการทำงานต่ำ การสูญเสียจากการถ่ายเทความร้อน (heat loss) จึงมีความสำคัญมากกว่าการสูญเสียจากความเสียดทาน (friction loss) [24] สมบัติด้านการหล่อลื่นของไบโอดีเซลจึงไม่ถูกใช้งานอย่างเต็มที่ในกรณีนี้ สิ่งที่น่าสนใจที่สุดของน้ำมันไบโอดีเซล บี20 ในเครื่องยนต์ GARDNER คือในช่วงความเร็วรอบต่ำซึ่งเป็นช่วงที่เครื่องยนต์ให้แรงบิดสูงมากและจำเป็นต่อการใช้งานภาคสนาม เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เทียบเท่าน้ำมันไบโอดีเซล บี5 และมีอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำกว่าประมาณ 7.07% ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ลำดับที่ 4



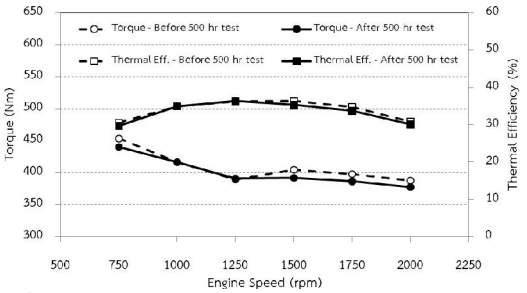
รูปที่ 8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราความสิ้นเปลืองจำเพาะของเครื่องยนต์ลำดับที่ 4

5. ผลการทดสอบเปรียบเทียบก่อน – หลังการใช้งานจริง 500 ชั่วโมง

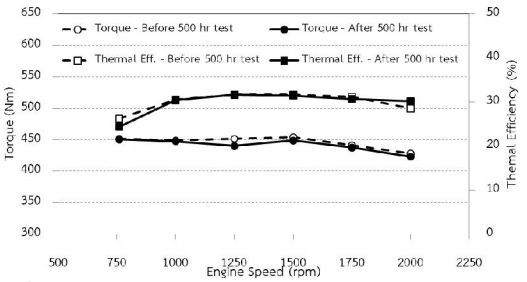
ตลอดช่วงเวลาการทดสอบภาคสนาม 500 ชั่วโมง งานวิจัยนี้ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ที่มีสมบัติผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำมันของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงทำให้สภาพการใช้งานจริง ของเครื่องยนต์ทั้ง 4 เครื่องไม่พบสิ่งผิดปกติหรือความเสียหายของปั๊มและระบบจ่ายเชื้อเพลิงอันเนื่องมาจากคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลแต่อย่างใด

ผลการทดสอบเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์ทั้ง 4 เครื่องก่อน – หลัง การใช้งานจริง 500 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันเฉลี่ยน้อยกว่า 2.66, 2.60, 3.18 และ 3.45% ตามลำดับ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนแตกต่างกันไม่เกิน 0.90, 0.30, 0.49 และ 0.93% ดังแสดงในรูปที่ 9 ถึง 12

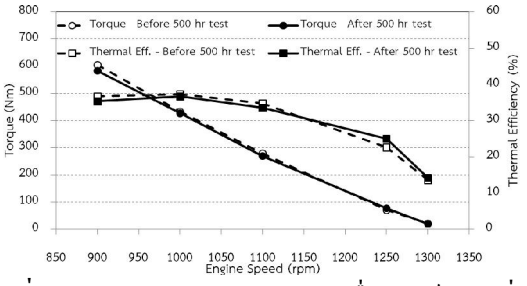
น้ำมันไบโอดีเซล บี20 มีสมบัติในการหล่อลื่นดีกว่าน้ำมันไบโอดีเซล บี5 ดังนั้น การสึกหรอของเครื่องยนต์จึงน่าจะน้อยกว่า ผลการทดสอบดังกล่าวค่อนข้างสอดคล้องกับงานวิจัยของ UFOP [23] ที่รายงานว่าเกิดความแตกต่างเพียงเล็กน้อยหลังการใช้งานครบ 500 ชั่วโมง ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยของ National Biodiesel Board สหรัฐอเมริกา [22] สรุปว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์หลังผ่านการทดสอบ 1,000 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ



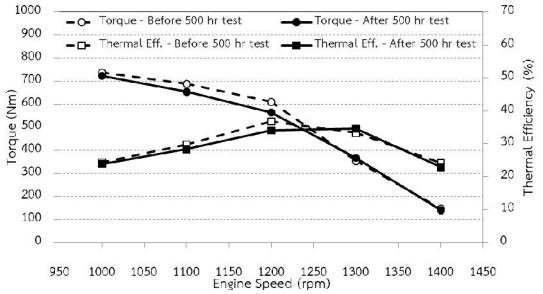
รูปที่ 9 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ลำดับที่ 1 ก่อน-หลังการใช้งาน 500 ชั่วโมง



รูปที่ 10 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ลำดับที่ 2 ก่อน-หลังการใช้งาน 500 ชั่วโมง



รูปที่ 11 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ลำดับที่ 3 ก่อน-หลังการใช้งาน 500 ชั่วโมง



รูปที่ 12 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ลำดับที่ 4 ก่อน-หลังการใช้งาน 500 ชั่วโมง

6. สรุปผล

เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 6 สูบ ที่ใช้กันมากในเรือประมงชายฝั่งคือยี่ห้อ HINO และ GARDNER งานวิจัยนี้จึงได้คัดเลือกเครื่องยนต์ดังกล่าวมายี่ห้อละ 2 เครื่องเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ที่มีคุณภาพตามกฎหมายกำหนด ผลการทดสอบยืนยันได้ว่า เครื่องยนต์ทั้งสี่สามารถใช้งานกับน้ำมันไบโอดีเซล บี20 ได้อย่างปกติ ไม่พบความเสียหายกับชิ้นส่วนใดๆ ทั้งนี้ แรงบิดของเครื่องยนต์อาจลดลงระหว่าง 2.40% ถึง 7.54% เนื่องจากค่าความร้อนที่ต่ำ แต่สมบัติการหล่อลื่นที่ดีของน้ำมันไบโอดีเซล บี20 สามารถชดเชยจุดด้อยในส่วนนี้ได้บางส่วนและน่าจะทำให้การสึกหรอต่ำลง สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงบ้างเล็กน้อยหลังการทดสอบภาคสนาม 500 ชั่วโมง ซึ่งน่าจะเป็นพฤติกรรมปกติที่เกิดขึ้น ดังนั้น น้ำมันไบโอดีเซล บี20 ที่มีคุณภาพจึงเป็นพลังงานทางเลือกที่สามารถใช้ได้จริง โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายใดๆ แก่เครื่องยนต์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012–2021”, Available: http://www.dede.go.th/dede/images/-stories/aedp25.pdf, 20 August 2013. (in Thai)

[2] Ministry of Energy, “Diesel consumption”, Available: http://www.energy.go.th/?q=node/68, 17 June 2013. (in Thai)

[3] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Available: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/Biodiesel/executivesummaryb20.pdf, 17 June 2013. (in Thai)

[4] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “Biodiesel B20 in Fishery Boat”, Available: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/dec56/r3.pdf, 17 June 2013. (in Thai)

[5] K. Cheenkachorn, C. Poompipatpong and G. H. Choi, “Performance and Emissions of a Heavy-Duty Diesel Engine Fuelled with Diesel and LNG (Liquid Natural Gas)”, Energy 53, 2013, pp. 52-57.

[6] N. Kumar, Varun and S. R. Chauhan, “Performance and Emission Characteristics of Biodiesel from Different Origins: A Review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 21, 2013, pp. 633-658.

[7] H. S. Aydin and H. Bayindir, “Performance and Dmission Analysis of Cottonseed Oil Methyl Ester in a Diesel Engine”, Renewable Energy 35, 2010, pp. 588-592.

[8] C. Oner and S. Altun, “Biodiesel Production from Inedible Animal Tallow and an Experimental Investigation of Its Use as Alternative Fuel in a Direct Injection Diesel Engine”, Applied Energy 86, 2009, pp. 2114-2120.

[9] B. Lin, J. Huang and D. Huang. “Experimental Study of the Effects of Vegetable Oil Methyl Ester on DI Diesel Engine Performance Characteristics and Pollutant Emissions” Fuel 88, 2009, pp. 1779-1785.

[10] D. Altiparmak, A. Deskin, A. Koca and M. Guru, “Alternative Fuel Properties of Tall Oil Fatty Acid Methyl Ester-Diesel Fuel Blends” Bioresource Technol 98, 2007, pp. 241-246.

[11] P. Kenneth, R. Barnitt, R. R. Hayes, M. Ratcliff, R. L. McCormick, H. Lou and L. F. Howard, “100,000-Mile Evaluation of Transit Buses Operated on Biodiesel Blends (B20)”, SAE Technical Paper No. 2006-01-3253.

[12] R. Fraer, H. Dinh, K. Proc, R. L. McCormick, K. Chandler and B. B. Buchholz., "Operating Experience and Teardown Analysis for Engines Operated on Biodiesel Blends (B20)" SAE Technical Paper 2005-01-3641.

[13] Ortech Corporation, “Operation of Cummins NI4 Diesel on Biodiesel: Performance, Emissions and Durability”, Final Report for Phase 2 to National Biodiesel Board, Report No.95 El I-B004524, Ontario, 1995.

[14] J. V. Gerpen, B. Sanks, R. Pruszko, D. Clements, G. Knothe and K. S. Tyson, “Biodiesel Analytical Methods”, National Renewable Energy laboratory, 2004, NREL/SR-510-36240.

[15] S. Fernando, P. Karra, R. Hernandez and S. K. Jha, “Effect of Incompletely Converted Soybean Oil on Biodiesel Quality”, Energy 32, 2007, pp. 844-851.

[16] P. Benjumea, J. Agudelo and A. Agudelo, “Basic Properties of Palm Oil Biodiesel-Diesel Blends”, Fuel 87, 2008, pp. 2069-2075.

[17] P. R. Wander, C. R. Altafini, A. L. Colombo and S. C. Perera, “Durability Studies of Mono-Cylinder Compression Ignition Engines Operating with Diesel, Soy and Castor Oil Methyl Esters”, Energy 36, 2011, pp. 3917-3923.

[18] M. Basinger, T. Reding, F. S. Rodriguez-Sanchez, K. S. Lackner and V. Modi, “Durability Testing Modified Compression Ignition Engines Fueled with Straight Plant Oil”, Energy 35, 2010, pp. 3204-3220.

[19] A. Sait and T. Necmettin, “Investigation of the Effect of Using Biodiesel Diesel Engine Fuel System Injectors”, International Journal of Automotive Engineering and Technologies 2, 2013, pp. 10-18.

[20] S. Arumugam and G. Sriram, "Comparative Study of Engine Oil Tribology, Wear and Combustion Characteristics of Direct Injection Compression Ignition Engine Fuelled with Castor Oil Biodiesel and Diesel fuel", Australian Journal of Mechanical Engineering 10, 2012, pp, 119 - 128.

[21] H. H. Yang, S. M. Chien, M. L. Lo, J. C. W. Lan, W. C. Lu and Y. Y. Ku, "Effects of Biodiesel on Emissions of Regulated Air Pollutants and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons under Engine Durability Testing", Atmospheric Environment 41, 2007, pp. 7232-7240.

[22] National Biodiesel Board, "1,000 Hours of Durability Evaluation of a Prototype 2007 Diesel Engine Using B20 Biodiesel Fuel", Final Report, Project No. 03.13090, 2008..

[23] H. W. Knuth and M. Winkler, "Implementation of a 500h Engine Test Cycle and Field Testing of DEUTZ Common-Rail Engines in Heavy-Duty Euro IV Truck Applications for Release of Biodiesel", Final Report, UFOP Project No. 540/080, 2009.

[24] W. W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Prentice Hall, 2004.