

ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการ Engine Performance Testing in Diesel Engine for Laboratory

อัคพงษ์ สถาวรินทุ* และ ไกรสร รวยป้อม

Akkapong Sathavarinthu* and Krisorn Ruaypom

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
Department of Mechanical Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University Tawan-ok

*E mail: akkapong_sat@outlook.com, akkapong_sa@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งนำมาตรฐาน ESC Test Cycle มาดัดแปลงเป็นมาตรฐานการทดสอบ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้คือ เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทำการส่งผ่านกำลังผ่านพูลเลย์จากเครื่องยนต์ไปยังเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับโหลดไฟเป็นภาระโหลดในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,200 ถึง 2,250 รอบต่อนาที ที่ค่าภาระโหลด 500 ถึง 4,500 วัตต์ จากผลการทดสอบ พบว่า มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำสุดที่ 344.56 กรัม/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงสุดที่ 24.58 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 2,100 รอบต่อนาที ภาระโหลด 4,000 วัตต์ และที่ภาระโหลดสูงสุดมีกำลังเบรคสูงสุดที่ได้จากการทดสอบคือ 4,500 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2,250 รอบต่อนาที โดยมีค่าต่ำกว่าค่ากำลังสูงสุดที่ระบุเป็นค่ามาตรฐานของเครื่องยนต์ (5,200 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที) เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นเคยผ่านการใช้งานมาแล้วทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ เกิดการเสื่อมสภาพ จึงทำให้กำลังเบรคที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยที่ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการที่สร้างขึ้นทำให้ได้ข้อมูลการทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วน เพื่อนำมาหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้

คำสำคัญ : เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ชุดทดสอบเครื่องยนต์ ห้องปฏิบัติการ

Abstract

This research was aimed to design and build diesel engine testing. ESC Test Cycle was modified to be a testing standard. A single cylinder diesel engine which power was transmitted through the electricity generator using the belt and pulley was used for the experiment. The engine was tested and measured the rate of fuel consumption at the engine speed of 1,200 to 2,250 rpm and loading of 500 to 4,500 Watts. The results showed that the lowest brake specific fuel consumption was 344.56 g/kW.h and the highest fuel energy conversion efficiency was 24.58 percentages at the engine speed of 2,100 rpm and loading of 4,000 Watts. However, the engine's power was maximized at 4,500 Watts with the engine speed of 2,250 rpm but lower than the engine's standard (5,200 Watts at the engine speed of 2,200 rpm), due to the engine has been used and the engine's parts were deteriorated. This factor caused that the brake power was lower than the engine's standard. However, this engine performance testing in diesel engine for laboratory gave the useful data for testing and determining the engine performance.

Keywords : Compression Ignition Engine, Engine Testing, Laboratory

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวัดสมรรถนะที่นำไปสู่การหาค่าอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะ ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก สำหรับในปัจจุบันชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้ในด้านของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซล จัดเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังมากที่สุดในโลก อีกทั้งยังเป็นเครื่องต้นกำลังหลักที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรและถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นสารเคมี รถไถเดินตาม รถบรรทุกผลิตผลทางการเกษตร เป็นต้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงและให้แรงบิดที่เหมาะสม อีกทั้งยังมีราคาเชื้อเพลิงที่ต่ำและยังประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ หรือที่เรียกกันว่า เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งในการศึกษาและพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะต้องมีการทดสอบขั้นพื้นฐานเพื่อหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ ซึ่งการวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะสามารถวัดได้จากการทดสอบบนแท่นวัดกำลังของเครื่องยนต์หรือที่เรียกกันว่า ไดนาโมมิเตอร์ โดยอาศัยหลักการวัดความเร็วรอบและแรงบิดที่ใช้ต้านทานการหมุนของเครื่องยนต์ทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อนำมาประเมินหาค่ากำลังของเครื่องยนต์รวมกับการวัดปริมาณอื่น ๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ แต่เนื่องด้วยไดนาโมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างสูงสำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ดังนั้นจึงต้องทำการสร้างชุดทดสอบสมรรถนะสำหรับห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการวัดค่าข้อมูลตัวแปรการทำงานต่าง ๆ เช่น กำลังเบรก ความเร็วรอบ อุณหภูมิและอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ หลังจากนั้นจึงทำการทดลอง บันทึกผล และวิเคราะห์ผล เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้ในการวิจัยขั้นสูงของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในต่อไปในอนาคต

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบราคาประหยัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยวิธีการวัดค่าข้อมูลตัวแปรการทำงานต่าง ๆ เช่น กำลัง ความเร็วรอบ อุณหภูมิและอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบราคาประหยัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 การทดสอบเครื่องยนต์

การทดสอบเครื่องยนต์สันดาปภายใน ปกติแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) การทดสอบปกติ การทดสอบนี้ กระทำเพื่อหาผลหรือข้อมูลเครื่องยนต์
- 2) การทดสอบเครื่องยนต์ใหม่เพื่อดูผลที่เปลี่ยนแปลงจากการออกแบบ การทดสอบแบบนี้ เพื่อจะดูผลจากการออกแบบเครื่องยนต์ใหม่ หรือการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- 3) การทดสอบเพื่อวิเคราะห์และวิจัย การทดสอบนี้กระทำเพื่อหาตัวเลขข้อมูลที่สลับซับซ้อนที่ได้จากทฤษฎี (Jirakorn and Chookham, 1996)

1.3.2 ทฤษฎีเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression Ignition Engine)

หลักการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด คือ ที่ปลายจังหวะอัด เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ในจังหวะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อย โดยเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปนั้นจะมีความดันสูงมากโดยผ่านออร์ฟิสก่อนที่จะผ่านปลายหัวฉีดแล้วแตกเป็นละอองเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แล้วจะระเหยอย่างรวดเร็วและผสมกับอากาศที่มีอุณหภูมิและความดันที่สูงภายในกระบอกสูบ หลังจากนั้นก็จะเกิดการจุดระเบิดเองของเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศซึ่งอยู่ในอัตราส่วนที่สามารถติดไฟได้ เมื่อการเผาไหม้เริ่มขึ้น ความดันและอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ก็สูงขึ้นซึ่งจะช่วยให้เชื้อเพลิงในส่วนที่เหลือระเหยและผสมกับอากาศได้เร็วมากขึ้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่เร็วและรุนแรงต่อเนื่องจนกระทั่ง

เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ถูกเผาไหม้จนหมด (Heywood, 1998)

1.3.3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้กำหนดสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Heywood, 1998)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้แก่ กำลังเบรก แรงบิดเบรก และ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power, P_b) คือ กำลังเบรกที่ได้จากการวัดด้วยไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาเป็นกำลังเบรกของเครื่องยนต์ ดังสมการ

$$P_b = T_b \omega = \frac{2\pi N T_b}{6000} \quad (1)$$

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Fuel Conversion Efficiency, η_{fb}) คือ เปอร์เซ็นต์ของค่ากำลังเบรกกับค่าปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการสันดาปของเครื่องยนต์ ดังสมการ

$$\eta_{fb} = \frac{P_b}{\dot{m}_f Q_{HV}} \quad (2)$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, bsfc) คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยแรงม้า ดังสมการ

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \quad (3)$$

โดยที่	P_b	=	กำลังเบรก (kW)
	T_b	=	แรงบิดเบรก (N-m)
	N	=	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rev/min)
	Q_{HV}	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ/kg)
	$\dot{m}_f$	=	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/s)
	bsfc	=	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (g/kW-hr)
	η_{fb}	=	ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

1.3.4 แผนภูมิสมรรถนะ (Performance Map) ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ตัวแปรในการทำงานที่สำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด คือ ภาวะความเร็วรอบของเครื่องยนต์

สมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ภาระและความเร็วรอบต่าง ๆ จะแสดงเป็นแผนภูมิสมรรถนะ ซึ่งเป็นการแสดงค่า bsfc ที่เท่ากันบนกราฟของ bmep (หรือค่าแรงบิด) กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (หรือความเร็วเฉลี่ยของลูกสูบ) (Heywood, 1998)

2. วิธีการศึกษา

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์ทดสอบเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดห้องเผาไหม้ช่วย ยี่ห้อ Kubota รุ่น ET 80 โดยแสดงข้อมูลทางเทคนิคในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ทดสอบ (Siam Kubota Industry Co., Ltd., 1998)

เครื่องยนต์	Kubota
รุ่น	ET80
แบบ	เครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบนอน 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
จำนวนลูกสูบ	1
ขนาดกระบอกสูบ	84 mm. (bore)
ช่วงชัก	84 mm. (stroke)
ปริมาตรกระบอกสูบ	465 cc.
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด	5.22 kW / 2,200 rpm
แรงบิดสูงสุด	2.7 kg-m / 1,800 rpm
ระบบห้องเผาไหม้	แบบห้องเผาไหม้ช่วย
อัตราส่วนกำลังอัด	22.7 : 1
หัวฉีด	แบบเข็มปลายบาน (NP-DP 15 SD NK 1)
ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง	ประเภท : Bosch
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำแบบรังผึ้งระบายความร้อนแบบ Natural Convection

2.1.2 เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงานเป็นแบบกระแสสลับ (A.C. Synchronous Generators) เป็นชนิด stationary armature (สร้างกระแสไฟฟ้าโดยให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดทองแดง) อุปกรณ์สร้างภาระให้เครื่องยนต์

2.1.3 อุปกรณ์วัด

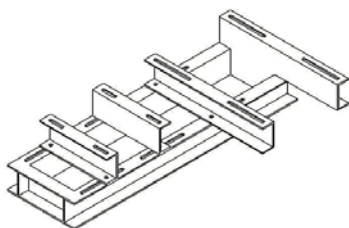
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิเป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K (Chromel-Alumel, CA) ซึ่งจะวัดอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น, น้ำหล่อเย็น, ไอติและไอเสีย การวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบแบบสัมผัส การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการทดสอบสมรรถนะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักความสามารถในการรับน้ำหนัก 30 กิโลกรัม ความละเอียดในการวัด 2 กรัม และทำการจับเวลาน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ลดลงของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบและนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในส่วนของการวัดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์จะวัดด้วยออริฟิสที่ติดอยู่กับถังพักอากาศ (British Standard, 1992) โดยต่อเข้ากับมาโนมิเตอร์แบบเอียง (Keerativutisest, 1994) เพื่อใช้อ่านค่า

2.2 รายละเอียดวิธีการศึกษา

2.2.1 วิธีการสร้างชุดแท่นทดสอบ

1. ศึกษาและออกแบบชุดแท่นทดสอบ โดยการกำหนดขนาดรูน็อตของแท่นทดสอบ ทำรูสล๊อตเพื่อสไลด์ระยะห่างระหว่างตัวเครื่องและตัวเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า เพื่อสะดวกในการปรับตั้งพลุ่และสายพาน เพื่อติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ดังแสดงในภาพที่ 1

2. สร้างชุดแท่นทดสอบและติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ดังแสดงในภาพที่ 2



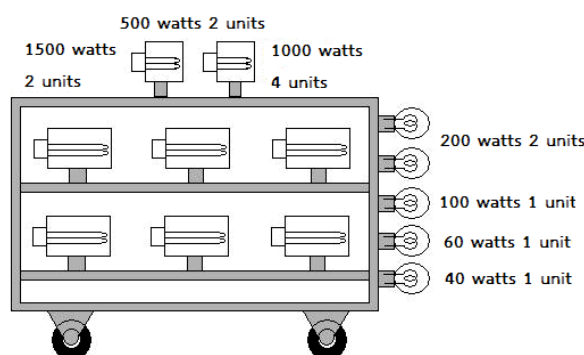
ภาพที่ 1 ชุดแท่นทดสอบ



ภาพที่ 2 เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

2.2.2 วิธีการสร้างชุดภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์

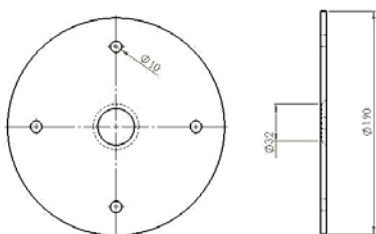
1. ศึกษาข้อมูลและทำการคำนวณหาภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์โดยการคำนวณจากการนำค่าแรงม้าสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ
2. ออกแบบชุดภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์ โดยใช้หลอดไฟต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า โดยหลอดไฟที่ใช้เป็นภาระของเครื่องยนต์นั้นแบ่งออกเป็นสองชุดคือ หลอดไฟฮาโลเจนและหลอดไฟแบบไส้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ออกแบบชุดภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์

2.2.3 วิธีสร้างชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

1. ศึกษาและหาข้อมูลชุดวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยออริฟิส
2. ออกแบบชุดวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยออริฟิส ซึ่งแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) นั้นจะติดตั้งอยู่บริเวณถังพักอากาศ (Air Box) และสามารถวัดค่าความดันตกคร่อมแผ่นออริฟิส โดยใช้மானอมิเตอร์แบบเอียง (Inclined Manometer) เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ
3. ออกแบบชุดมานอมิเตอร์แบบเอียง (Inclined Manometer) เพื่อวัดความดันตกคร่อมแผ่นออริฟิส เนื่องจากแผ่นออริฟิสเป็นความดันตกคร่อมที่ต่ำมากจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์วัดที่มีความละเอียดสูงจึงได้ทำการออกแบบมานอมิเตอร์แบบเอียงขึ้น
4. สร้างชุดวัดอัตราการไหลของอากาศและชุดมานอมิเตอร์แบบเอียง ดังแสดงในภาพที่ 5-8



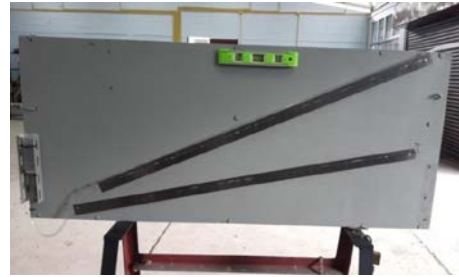
ภาพที่ 5 แบบแผ่นออริฟิส



ภาพที่ 6 ด้านข้างของถังพักอากาศ



ภาพที่ 7 ด้านหน้าของถังพักอากาศ



ภาพที่ 8 ชุดमानอมิเตอร์วัดความดันตกคร่อม

2.2.4 พลุและสายพาน

1. ศึกษาหาข้อมูลและคำนวณหาขนาดของพลุและสายพานที่ใช้ในการทำการทดลอง

2. ในการทำการติดตั้งพลุและสายพานต่อหนึ่งรอบจะใช้พลุและสายพานทั้งหมดสองตัว ตัวหนึ่งติดตั้งที่ล้อช่วยแรงของเครื่องยนต์ อีกตัวหนึ่งติดตั้งที่ปลายเพลลาของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า แล้วใช้สายพานเป็นตัวส่งถ่ายกำลังระหว่างพลุและสายพานทั้งสอง และเนื่องจากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ 1,500 รอบต่อนาที รวมถึงได้ดัดแปลงวิธีการทดสอบของมาตรฐาน ESC Test Cycle (DieselNet, 2000) แต่ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นจะใช้ความเร็วรอบที่ 1,200, 1,350, 1,500, 1,800, 2,000 และ 2,100 รอบต่อนาที ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนอัตราทดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

3. ทำการติดตั้งพลุและสายพานตามรอบที่จะทำการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2

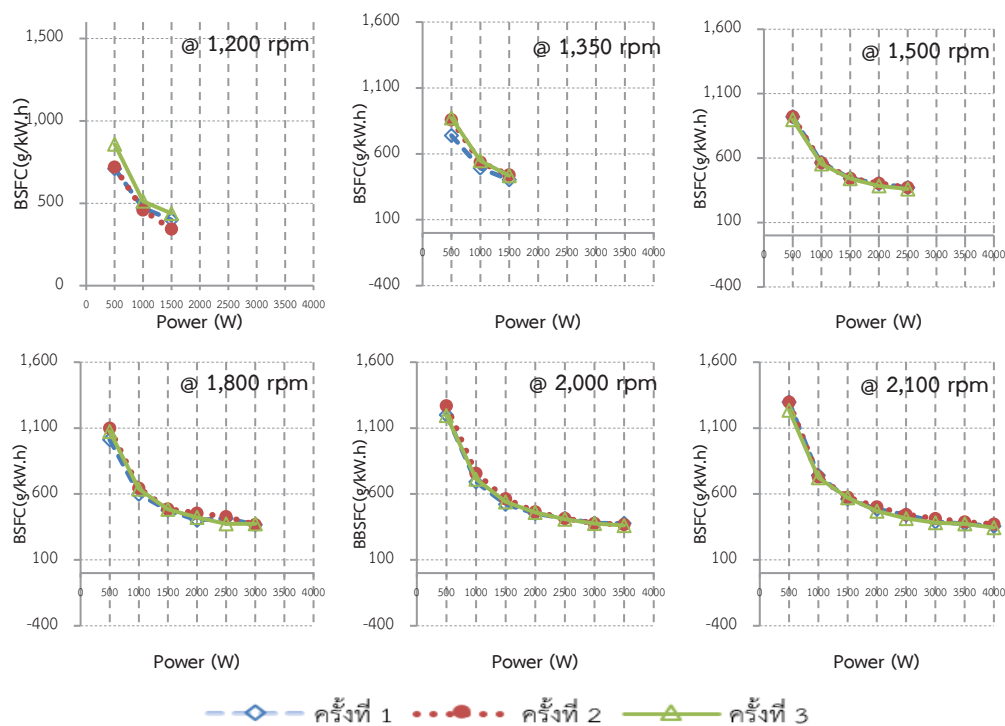
ตารางที่ 2 ข้อมูลของขนาดพลุและสายพานที่ใช้ในการทดลอง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพลุ (นิ้ว)	
Engine	Generator	Engine	Generator
1,200	1,500	5	4
1,350	1,500	5	4.5
1,500	1,500	4.5	4.5
1,800	1,500	5	6
2,000	1,500	4.5	6
2,100	1,500	5	7

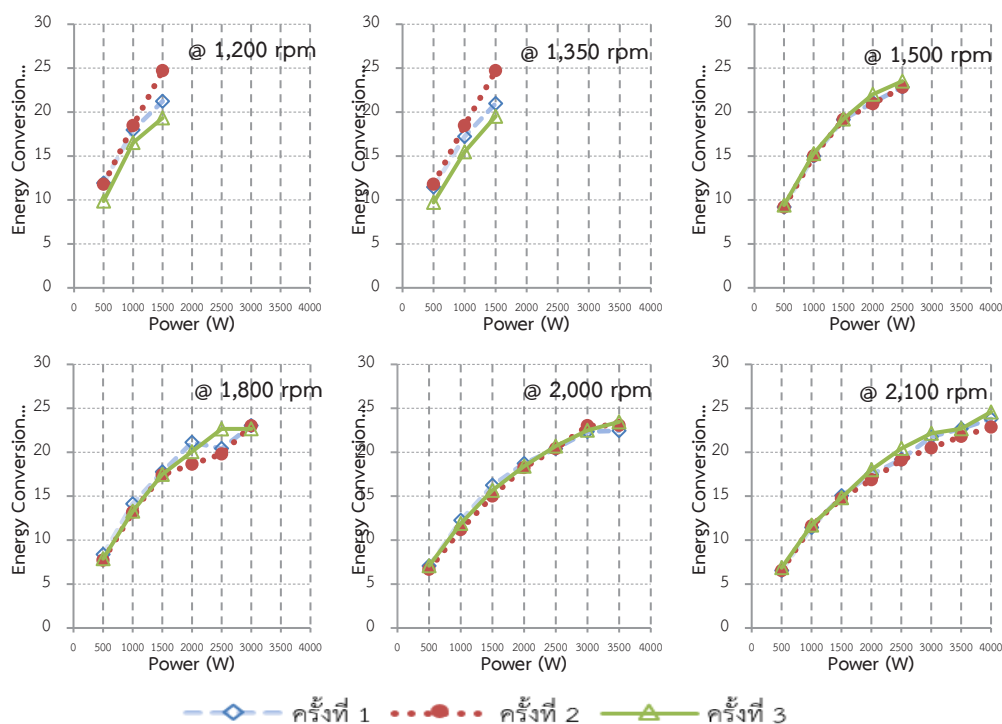
3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำสุดเมื่อใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบ 2,100 รอบต่อนาที ที่ภาระโหลด 4,000 วัตต์ โดยมีค่าประมาณ 356.04 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง 370.69 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 344.56 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อพิจารณาโดยรวมที่ความเร็วรอบที่คงที่ พบว่า ถ้าภาระโหลดเพิ่มขึ้นจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำลง เนื่องมาจากที่ความเร็วรอบที่คงที่แรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์จะมีค่าคงที่ และเนื่องจากที่แรงบิดเบรกดต่ำแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีผลกระทบค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อมีภาระโหลดเพิ่มขึ้นผลกระทบจากแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง เป็นผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำลง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดยังมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบเมื่อพิจารณาที่ภาระโหลดที่คงที่ กล่าวคืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดจะสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงขึ้นจะมีแรงเสียดทานในเครื่องยนต์สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่มากขึ้นเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานนั้น ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 9

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบที่คงที่ ถ้าแรงบิดเบรกเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้นด้วย เนื่องมาจากที่ความเร็วรอบคงที่แรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์จะมีค่าคงที่ และเนื่องจากที่แรงบิดเบรกต่ำแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีผลกระทบค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อแรงบิดเบรกเพิ่มขึ้น ผลกระทบจากแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง เป็นผลให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะลดลงตามไปด้วย อันเนื่องมาจากภาระโหลดที่คงที่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ก็จะทำให้เครื่องยนต์เกิดแรงเสียดทานมากขึ้นกว่าเดิมและหัวฉีดก็ทำการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงมากขึ้นกว่าเดิมในขณะที่เครื่องยนต์สร้างภาระโหลดออกมาเท่าเดิม ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก
กับภาระโหลดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่



ภาพที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง
กับภาระโหลดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่

4. สรุป

จากการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบราคาประหยัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 12 กิโลวัตต์ เป็นชุดสร้างภาระให้กับเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซล คูโบต้า รุ่น อีที 80 ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,200, 1,350, 1,500, 1,800, 2,000 และ 2,100 รอบต่อนาที ที่ค่าภาระโหลด 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 3,500, 4,000 และ 4,500 วัตต์ พบว่า ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเมื่อความเร็วรอบคงที่และภาระโหลดเพิ่มขึ้นค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มต่ำลง แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระโหลดคงที่และความเร็วรอบเพิ่มขึ้นค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ในส่วนของค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงเมื่อความเร็วรอบคงที่และภาระโหลดเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระโหลดคงที่และความเร็วรอบเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงจะต่ำลง

ซึ่งจากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนและการวิจัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับการหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมถึงการเลือกใช้เชื้อเพลิงทางสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ในสาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำวิจัยวิศวกรรมและเทคโนโลยี (วิศวกรรมเครื่องกล)

6. เอกสารอ้างอิง

- British Standard. 1992. BS 1042. **Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits**. Section 1.1, Specification for Square-edged Orifice plates, Nozzles and Venturi Tubes inserted in Circular cross-section; Conduits running full. 2nd ed. BSI standard.
- DieselNet. 2000. **European Stationary Cycle(ESC)**. <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.html>. Access 24 Mar. 2008.
- Heywood, J. B. 1998. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. Singapore: McGraw-Hill.
- Siam Kubota Industry Co., Ltd. 1998. **ET Model Kubota Diesel Engine Workshop Manual**. 1st ed. (in Thai)
- Keerativutisest, S. 1994. **Principles and applications of industrial measuring instruments**. TPA Publishing. (in Thai)
- Jirakorn U. and C. Chookham. 1996. **Internal Combustion Engine**. SE-EDUCATION Pub Co., Ltd. (in Thai)

(Received: 26/Sep/2019, Revised: 15/Dec/2020, Accepted: 20/Dec/2020)