การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์เล็ก 1 สูบในประเทศไทย
Study of Energy Eff iciency for Single Cylinder Small Engine in Thailand

ศุภชัย หลักคำ[1]* อิสรา โรจนะ[2] และสายประสิทธิ์ เกิดนิยม[3]

[1]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800
[2]ผู้ช่วยนักวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800
[3]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในประเทศไทย เครื่องยนต์ขนาดเล็กหนึ่งสูบเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านการเกษตร ส่งผลกระทบให้มีการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก ในขณะแนวโน้มน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน อันเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรงด้านพลังงาน มีความต้องการกำหนดร่างมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำให้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก โดยทำการศึกษาและทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยยึดมาตรฐานการทดสอบ JIS B 8017 และ มอก.787-2551 มาเป็นแนวทางการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลตามลำดับ นั้น จากการศึกษา พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลจาก 39% ถึง 49% ที่อัตราการให้พลังงานที่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูงและขั้นต่ำให้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนก็ยังมีความจำเป็น เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับประเทศไทย

Abstract

At present in Thailand, single cylinder small engines have been used generally for agriculture. This leads to large amount of fuel import while the price of fossil fuels rise continuously. The Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, decided to draft the minimum energy efficiency standard for small engines by studying and testing specific fuel consumption of gasoline and diesel engines, based on the JIS B 8017 and TIS 787-2551 standards, respectively. Results of the experiment revealed that specific fuel consumption of gasoline engine was higher than diesel engines between 39% and 49% at equivalent energy supply. However, the limitation of maximum and minimum energy efficiency for gasoline engine is still necessary in order to enhance energy efficiency of small engines manufactured in Thailand.

คำสำคัญ : เครื่องยนต์ขนาดเล็ก 1 สูบ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

Keywords : Single Cylinder Small Engine, Specific Fuel Consumption

** ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ bus_supachai@hotmail.com โทร. 0 2913 2424 ต่อ 138*

1. บทนำ

ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 มาตรา 23 วรรคหนึ่ง กำหนดให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน โดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ มีอำนาจออกกฎกระทรวงด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักร หรืออุปกรณ์และวัสดุ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งกำหนดให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง และวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงานมีสิทธิ์ขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือได้ โดยได้จัดทำข้อกำหนดมาตรฐานการประหยัดพลังงานในเครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องยนต์ รวมทั้งการติดฉลากอุปกรณ์ที่ได้กำหนดมาตรฐานไว้แล้ว โดยกระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนการดำเนินงานเป็นเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2550-2554) ในการออกกฎกระทรวงฯ ครอบคลุม 54 ผลิตภัณฑ์ พร้อมกำหนดร่างมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ ซึ่งในขณะนี้ได้ออกกฎกระทรวงแล้วจำนวน 8 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

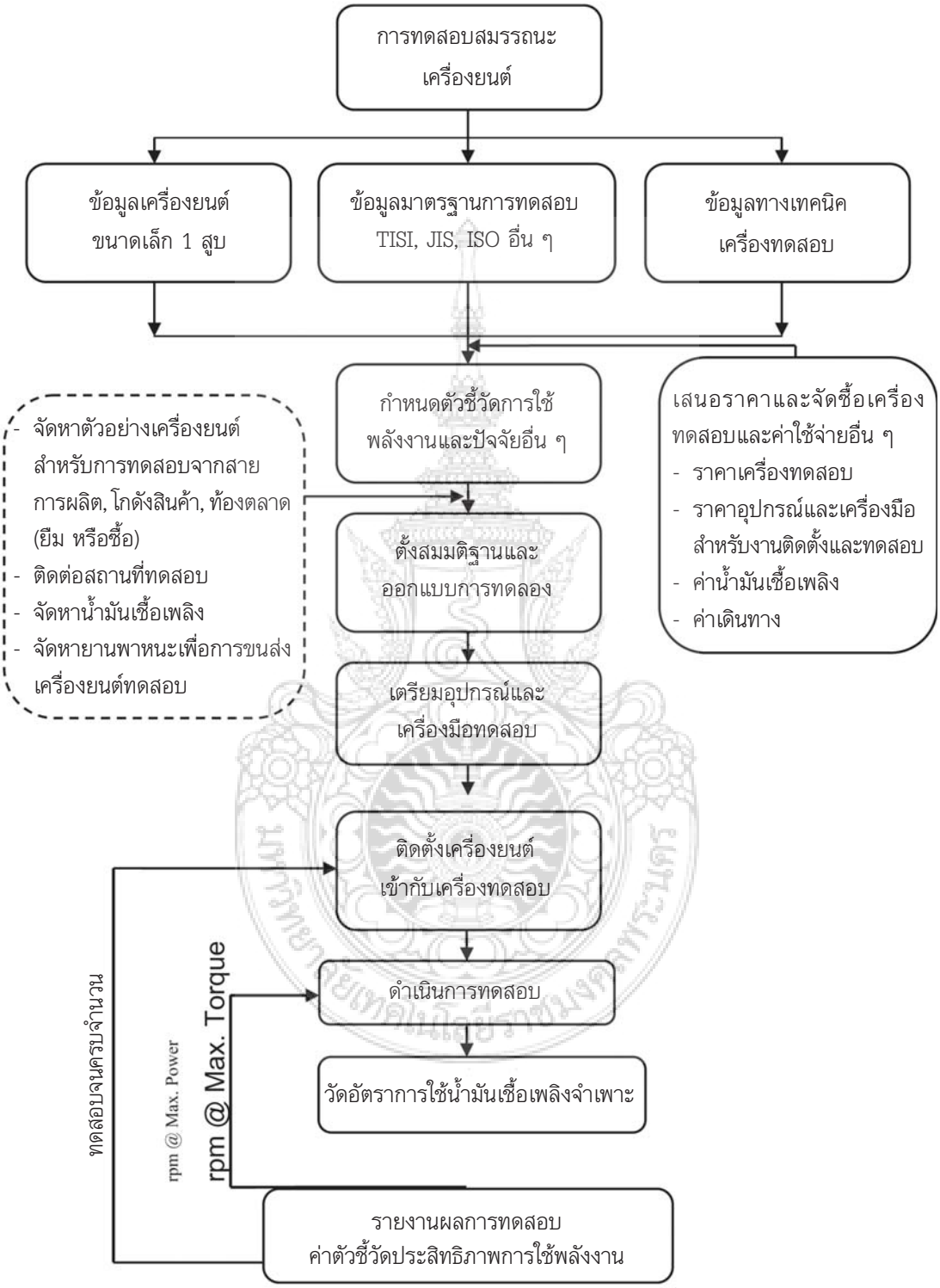
1. เครื่องปรับอากาศ
2. ตู้เย็น
3. เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ
4. พัดลมไฟฟ้าชนิดตั้งโต๊ะ ชนิดติดผนัง และชนิดตั้งพื้น
5. กระจก
6. เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า
7. หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
8. กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

ปัจจุบันการใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ มีอัตราการเจริญเติบโตเป็นไปอย่างต่อเนื่องเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากเครื่องยนต์ดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ ได้แก่ งานด้านเกษตรกรรมและการใช้งานทั่วไป ทำให้ปัจจุบันมีบริษัทด้านผู้ผลิตเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็กเข้ามาทำการผลิตในประเทศไทยเพิ่มขึ้น ทั้งเพื่อการจำหน่ายในประเทศและเพื่อการส่งออกการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การใช้พลังงานในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็กเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศส่งผลให้ประชาชนมีความต้องการใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็กเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลกระทบให้มีการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากในขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอีกในอนาคตย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากการใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จึงเห็นควรให้ดำเนินการศึกษาเพื่อจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ

2. ผลการดำเนินการ

เนื่องด้วยเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่นำมาทำการศึกษาประกอบไปด้วยเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลจึงจำเป็นต้องมีการจำแนกทั้งประเภทและขนาดพิกัดของเครื่องยนต์ให้ชัดเจน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงานทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ขนาดเล็ก 1 สูบ

2.1 การจัดกลุ่มประเภทเครื่องยนต์

2.1.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

การจัดแบ่งกลุ่มเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด โดยพิจารณาจากกำลังสูงสุดและประเภทของความเร็วรอบเครื่องยนต์ฯ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามวัตถุประสงค์การใช้งานของเครื่องยนต์โดยได้ ดังนี้

1) ความเร็วรอบสูงกว่า 5,000rpm

ในประเภทนี้แบ่งออกเป็นช่วงกำลังสูงสุดเพื่อนำมาใช้ทดสอบเพื่อวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยเครื่องยนต์มีกำลังสูงสุดอยู่ในช่วง ระหว่าง 1.0kW - <2.5kW

2) ความเร็วรอบต่ำกว่า 5,000rpm

ในประเภทนี้แบ่งออกเป็นช่วงกำลังสูงสุดเพื่อนำมาใช้ทดสอบ เพื่อวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยเครื่องยนต์มีกำลังสูงสุด แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 แบ่งออกเป็นช่วงกำลังสูงสุด ระหว่าง 2.5kW - <3.9kW และกลุ่มที่ 2 แบ่งออกเป็นช่วงกำลังสูงสุด ระหว่าง 3.9kW - <12.5kW

2.1.2 เครื่องยนต์ดีเซล

การจัดแบ่งกลุ่มเครื่องยนต์ดีเซลฯ โดยพิจารณาจากความเร็วรอบที่กำหนด 1,500rpm - <2,500rpm และช่วงกำลังที่กำหนดของเครื่องยนต์ฯ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามมาตรฐาน มอก. 787-2551 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กระบายความร้อนด้วยน้ำ ดังนี้

1) กำลังที่กำหนด 3.7kW - <7.35kW

ในประเภทนี้แบ่งออกเป็นความเร็วรอบ 1,500rpm - <2,500rpm เพื่อนำมาใช้ทดสอบเพื่อวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยเครื่องยนต์มีกำลังที่กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 3.7kW - <7.35kW

2) กำลังที่กำหนด 7.35kW - <14.7kW

ในประเภทนี้แบ่งออกเป็นความเร็วรอบ 1,500rpm - <2,500rpm เพื่อนำมาใช้ทดสอบเพื่อวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ โดยเครื่องยนต์มีกำลังที่กำหนดอยู่ในช่วงระหว่าง 7.35kW - <14.7kW

2.2 มาตรฐานและวิธีการทดสอบ

2.2.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ นั้น โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ยังไม่มีการกำหนดเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและวิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยตรง จากการสืบค้นข้อมูล พบว่ามาตรฐาน JIS B 8017-1987 Performance Test Method of Small Size Air Cooled Gasoline Engines for Land Use ซึ่งเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดวิธีมาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์ดังกล่าวไว้รายละเอียดการทดสอบต่าง ๆ และสรุปข้อกำหนดที่จำเป็นและสาระสำคัญ ประกอบด้วย การทดสอบกำลังเบรคสุทธิ (Net Brake Power) กำลังเบรกรวบยอด (Gross Brake Power) การเตรียมการทดสอบที่เกี่ยวกับเครื่องยนต์ตัวอย่าง, เชื้อเพลิง, น้ำมันหล่อลื่น และเครื่องมือวัด รวมทั้งเงื่อนไขการวัด การปรับแก้ค่ากำลัง การทดสอบการผลิตภาระ การทดสอบการทำงานอย่างต่อเนื่อง

การทดสอบการทำงานที่กำลังสูงสุด การทดสอบที่เกี่ยวกับความเร็ว และตารางแสดงผลการทดสอบ จากการพิจารณามาตรฐาน JIS B 8017 ดังกล่าว ยังพบว่า มาตรฐานนี้มีการนำมาตรฐาน ISO 1584 Road Vehicles-Engine Test Code-Net Power มาใช้เป็นเอกสารอ้างอิง ซึ่งมาตรฐานนี้มีวิธีการทดสอบที่สอดคล้องกับมาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ ที่ผู้ผลิตในประเทศไทยใช้ทำการทดสอบเครื่องยนต์เพื่อจำหน่ายภายในประเทศและทำการส่งออก จากนั้นจึงได้นำเอามาตรฐานการทดสอบดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาครั้งนี้โดยทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่กำลังสูงสุด หรือแรงบิดสูงสุดตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยค่าจากการทดสอบต้องอยู่ในสภาวะเสถียร ซึ่งเครื่องยนต์ที่นำมาทำการทดสอบนั้นจะต้องผ่านการปรับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ (Run-In) ผ่านจุดกำลังสูงสุด หรือแรงบิดสูงสุดตามที่ผู้ผลิตกำหนดด้วย

2.2.2 เครื่องยนต์ดีเซล

จากการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลด้านมาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ พบว่า มีอยู่หลากหลาย โดยแต่ละประเทศจะมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์เฉพาะของแต่ละประเทศ อาทิ ประเทศญี่ปุ่นมีมาตรฐาน JIS B 8018-1989 Test Method of Performance of Small Size Diesel Engines for Land Use สำหรับประเทศไทยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขึ้นเพื่อควบคุมคุณภาพสินค้าที่เน้นด้านความปลอดภัย การจัดทำร่างกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กระบายความร้อนด้วยน้ำประสิทธิภาพสูง ใช้มาตรฐานการทดสอบซึ่งอ้างอิง จากมาตรฐาน มอก.787-2551 และนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาโดยทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่กำลังสูงสุดหรือแรงบิดสูงสุดตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยค่าจากการทดสอบต้องอยู่ในสภาวะเสถียร ซึ่งเครื่องยนต์ที่นำมาทำการทดสอบนั้นจะต้องผ่านการปรับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ (Run-In) ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้

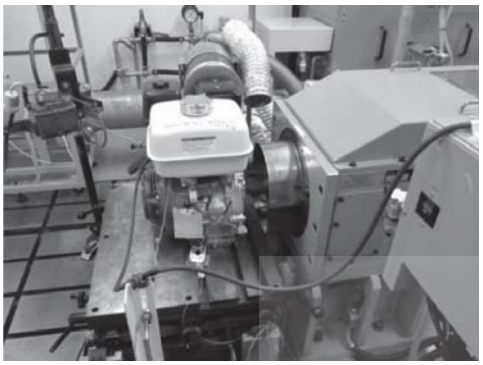
2.3 มาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ

2.3.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

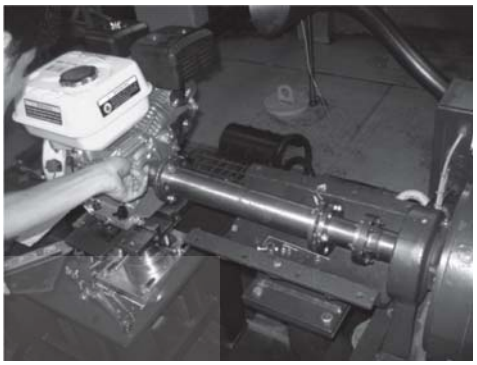
จากการศึกษาในวงการอุตสาหกรรมเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 1 สูบ พบว่า ห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่ได้มาตรฐานมีดังนี้

1) ห้องปฏิบัติการทดสอบ บริษัทไทยฮอนด้าแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด

บริษัท ไทยฮอนด้าแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด เป็นผู้ผลิตจำหน่ายเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ รายใหญ่ของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า มีห้องปฏิบัติการทดสอบที่สามารถดำเนินการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน JIS B 8017 และได้ทำการทดสอบโดยควบคุมอุณหภูมิและอุปกรณ์มาตรฐานตามระบบ ISO 9001 : 2008 ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ห้องปฏิบัติการทดสอบบริษัท ไทยฮอนด้า แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด



รูปที่ 3 ห้องปฏิบัติการทดสอบ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท.

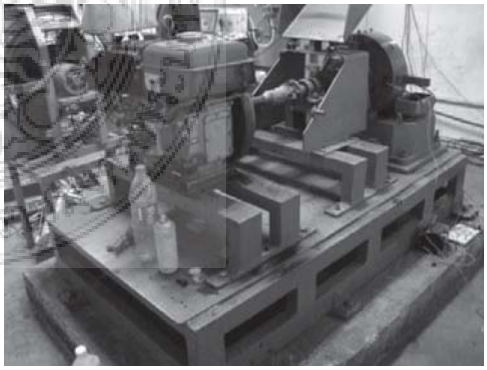
2) ห้องปฏิบัติการทดสอบ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. (อ.วังน้อย จ.อยุธยา)

สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. เป็นหน่วยงานด้านงานวิจัยและพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี การสำรวจ กระบวนการผลิต พลังงานทดแทน สิ่งแวดล้อม การใช้งานตลอดจนการวิจัยตลาด การบริการวิชาการ มุ่งการดำเนินงานของสถาบันฯ ภายใต้ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ทั้งนี้ยังได้ยกระดับมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบของสถาบันฯ ให้สูงขึ้น โดยใช้มาตรฐาน มอก. 17025-2548 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

สถาบันวิจัยฯ นี้ จึงมีขีดความสามารถดำเนินการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กฯ ในโครงการนี้ได้ โดยดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน JIS B 8017 ดังแสดงในรูปที่ 3

2.3.2 เครื่องยนต์ดีเซล

สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ซึ่งเป็นห้องทดสอบของหน่วยงานราชการที่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.17025-2548 ดังรูปที่ 4 และเป็นหน่วยการทดสอบให้แก่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยการทดสอบนั้นอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.787-2551



รูปที่ 4 ห้องปฏิบัติการทดสอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

2.4 ผลการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในการทดสอบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ ได้ดำเนินการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการทดสอบสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. และบริษัท ไทยฮอนด้าแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน JIS B 8017 จำนวน 12 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย เครื่องยนต์ที่มีรอบการใช้งานตามที่ผู้ผลิตกำหนดสูงกว่า 5,000rpm จำนวน 3 ตัวอย่างและต่ำกว่า 5,000rpm จำนวน 9 ตัวอย่าง ซึ่งผลการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

2.5 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อกำหนดเกณฑ์ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ได้ประยุกต์หลักการและระเบียบวิธีการทางสถิติ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ ผลการดำเนินทดสอบเพื่อวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ จำนวน 12 ตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการทดสอบของบริษัท ไทยฮอนด้าแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด และสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. ซึ่งในแต่ละตัวอย่างได้ทำการ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก 1 สูบ

ตัวอย่างที่	กำลังสูงสุด (kW)	ความเร็วรอบ (rpm)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ SFC g/(kWh)	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของทางปฏิบัติ η_{act} *(SI)*, %
1	1.5	7000	534.02	15.68%
2	1.5	7000	820.53	10.20%
3	1.0	7000	503.91	16.61%
4	4.1	4000	426.64	19.62%
5	4.5	3600	452.27	18.51%
6	4.9	3600	367.86	22.76%
7	11.9	4000	400.83	20.89%
8	9.7	3600	435.86	19.21%
9	2.9	3600	516.47	16.21%
10	4.1	3600	389.56	21.49%
11	3.5	3600	349.07	23.98%
12	4.1	3600	320.9	26.09%

เปรียบเทียบกับประวัติข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ได้ทำการทดสอบโดยบริษัทผู้ผลิตจำนวนไม่ต่ำกว่า 30 เครื่องยนต์ ต่อ 1 ตัวอย่าง และได้ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบดังถูกแสดงในตารางที่ 1

นอกจากนี้ ผลการทดสอบยังสามารถนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทางทฤษฎีและค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทางปฏิบัติ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$\eta_{stoich}(SI) = 1 - \left(\frac{1}{r_c^{k-1}}\right) \quad (1)$$

$$\eta_{act}(SI) = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_f Q_{LHV} \eta_c} \quad (2)$$

โดย

$\eta_{stoich}(SI)$ คือ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทางทฤษฎี, %

$\eta_{act}(SI)$ คือ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทางปฏิบัติ, %

r_c คือ อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์

k คือ อัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ

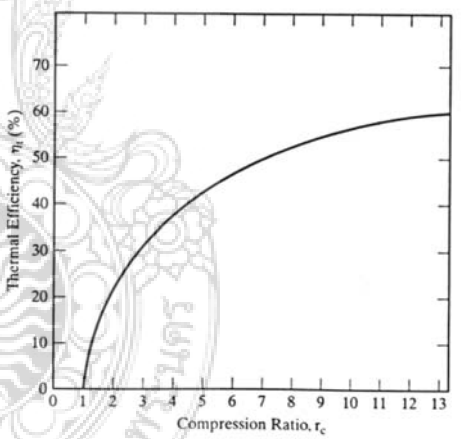
$\dot{W}$ คือ กำลังที่ผู้ผลิตกำหนด, kW

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการไหลมวลของเชื้อเพลิง, kg/sec

Q_{LHV} คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงขั้นต่ำ, kJ/kg

η_c คือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้, %

จากสมการดังกล่าว สามารถคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทางทฤษฎีได้อยู่ในช่วง 51% ถึง 55% โดยอ้างอิงจากค่าอัตราส่วนการอัดในช่วง 8 ถึง 10 ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยทั่วไปในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทางปฏิบัติที่ได้จากการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 15.68% ถึง 26.09%



รูปที่ 5 อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Willard W. Pulkrabek, 2004)

2.6 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

ผลการดำเนินการทดสอบเพื่อวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ จำนวน 12 ตัวอย่าง ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) โดยใช้มาตรฐาน มอก. 787-2551 ผลการทดสอบ

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ 12 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย เครื่องยนต์ที่มีกำลัง 3.7kW - <7.35kW จำนวน 7 ตัวอย่าง และกำลัง 7.35kW - <14.7kW จำนวน 5 ตัวอย่าง มีรายละเอียดแสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนตัวอย่างและผลการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ

ตัวอย่างที่	กำลังที่กำหนด (kW)	ความเร็วรอบที่กำหนด (rpm)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ g/(kWh)	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของทางปฏิบัติ $\eta_{act}(CI)$, %
1	5.15	2400	266.23	31.82%
2	6.25	2400	297.40	28.48%
3	6.25	2400	289.91	29.22%
4	6.20	2400	321.49	26.35%
5	6.99	2400	291.89	29.02%
6	6.99	2400	296.96	28.52%
7	6.99	2400	276.80	30.60%
8	7.40	2400	250.42	33.83%
9	7.36	2400	293.30	28.88%
10	7.70	2400	287.88	29.42%
11	9.20	2400	253.64	33.40%
12	13.20	2200	280.08	30.24%

2.7 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเครื่องยนต์ดีเซล

จากผลการทดสอบโดยการแบ่งกลุ่มของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.787-2551 ซึ่งเป็นมาตรฐานบังคับสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ ที่มีจำหน่ายในประเทศเพื่อวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ จำนวน 12 ตัวอย่าง ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) โดยใช้มาตรฐาน มอก.787-2551 ซึ่งในแต่ละตัวอย่างได้ทำการเปรียบเทียบกับประวัติข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ได้ทำการทดสอบโดยบริษัทผู้ผลิตจำนวนไม่ต่ำกว่า 30 เครื่องยนต์ต่อ 1 ตัวอย่าง และได้ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบดังถูกแสดงในตารางที่ 2

นอกจากนี้ ผลการทดสอบยังสามารถนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซลทางทฤษฎีและค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซลทางปฏิบัติ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

$$\eta_{stoich}(CI) = 1 - \left(\frac{1}{r_c{}^{k-1}}\right)\left[\frac{(\beta^k - 1)}{\{k(\beta-1)\}}\right] \quad (3)$$

$$\eta_{act}(CI) = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_f Q_{LHV}\eta_c} \quad (4)$$

โดย

$\eta_{stoich}(CI)$ คือ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซลทางทฤษฎี, %

$\eta_{act}(CI)$ คือ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซลทางปฏิบัติ, %

r_c คือ อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์

k คือ อัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ

β คือ อัตราของปริมาตรของกระบอกสูบหลังและก่อนกระบวนการเผาไหม้

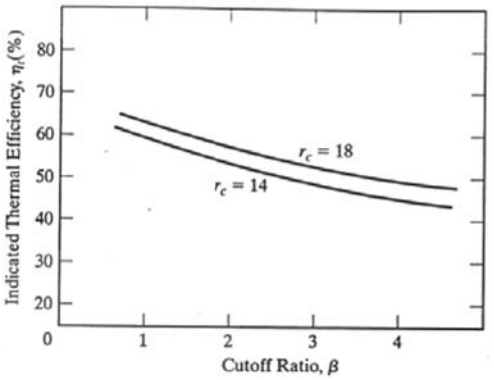
$\dot{W}$ คือ กำลังที่ผู้ผลิตกำหนด, kW

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการไหลมวลของเชื้อเพลิง, kg/sec

Q_{LHV} คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงขั้นต่ำ, kJ/kg

η_c คือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้, %

จากสมการดังกล่าว สามารถคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล, ทางทฤษฎีได้อยู่ในช่วง 49.9% ถึง 50.63% โดยอ้างอิงจากค่าอัตราส่วนการอัดในช่วง 14 ถึง 18 และค่าอัตราของปริมาตรของกระบอกสูบหลังและก่อนกระบวนการเผาไหม้ในช่วง 3 ถึง 4 ดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบเครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่วไปในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซลทางปฏิบัติที่ได้จากการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 26.35% ถึง 33.83%



รูปที่ 6 อัตราของปริมาตรของกระบอกสูบหลังและก่อนกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล (Willard W. Pulkrabek, 2004)

ตารางที่ 3 อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะขั้นต่ำตามมาตรฐาน มอก.787-2551 กำหนด

กำลังที่กำหนด (kW)	อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะ g/(kW•h)
3.7 - <7.35	298
7.35 - <14.7	285

จากการสำรวจตลาดและข้อมูลของผู้ผลิตและผู้นำเข้า พบว่า เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ ที่มีจำหน่ายในประเทศจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบที่กำหนด 1,500rpm - <2,500 rpm และมีกำลังที่กำหนดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- 3.7kW - <7.35 kW
- 7.35kW - <14.7 kW

นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจากการสุ่มตัวอย่างและข้อมูลการทดสอบจากผู้ผลิต พบว่า กลุ่มเครื่องยนต์ดีเซลที่มีช่วงกำลังที่กำหนด 3.7kW - <7.35kW มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเท่ากับ 297g/(kW•h) ซึ่งใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก.787-2551 ที่กำหนดไว้

เท่ากับ 298g/(kW•h) ดังตารางที่ 3 และกลุ่มเครื่องยนต์ที่มีช่วงกำลังที่กำหนด 7.35kW - <14.7 kW มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเท่ากับ 292g/(kW•h) ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก.787-2551 ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 285g/(kW•h) จึงสะท้อนให้เห็นถึงความพยายามที่จะรักษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากผู้ผลิตเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ ให้ผ่านมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้ก็ยังพบเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ จำนวนไม่มากนักที่ยังไม่สามารถรักษาอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

3. สรุป

จากการศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ JIS B 8017 และ มอก.787-2551 ตามลำดับ มาเป็นแนวทางในการทดสอบนั้น พบว่า โดยรวมแล้วอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลประมาณ 39% ถึง 49% เมื่อเทียบที่อัตราการให้กำลังที่เท่ากัน เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังหลักที่ถูกนำไปใช้งานภาคการเกษตร อีกทั้งยังมีมาตรฐานมอก.787-2551 ของกระทรวงอุตสาหกรรมควบคุมผลิตภัณฑ์เครื่องยนต์ดีเซลอยู่ จึงทำให้ผู้ผลิตเครื่องยนต์ดีเซลมีการพัฒนาเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์มากกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งยังไม่มีมาตรฐานจากหน่วยงานของรัฐมารองรับ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับประเทศไทย การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูงและขั้นต่ำให้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงมีความจำเป็น และเพื่อให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอันจะส่งผลดีให้กับผู้บริโภคในอนาคตต่อไป

4. เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน JIS B 8017-1987 Performance Test Method of Small Size Air Cooled Gasoline Engines for Land Use.

มาตรฐาน ISO 1584 Road Vehicles-Engine Test Code-Net Power.

มาตรฐาน JIS B 8018-1989 Test Method of Performance of Small Size Diesel Engines for Land Use.

มาตรฐาน มอก.787-2551 เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กระบายความร้อนด้วยน้ำ.

มาตรฐาน มอก.17025-2548 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ.

Willard W. Pulkrabek. 2004. **Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine.** 2nd. United States of America: Pearson Prentice Hall.