TAM-06

การพัฒนาชุดทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร

*อรรถพล อาภรณ์พงษ์ ชิตพล ช่างไม้งาม ศราวุฒิ ไพรงาม กวี คงมั่น คธา วาทกิจ และ พยุงศักดิ์ จุลยุเสน
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา30000

ผู้เขียนติดต่อ: อรรถพล อาภรณ์พงษ์ E-mail:atp_nr@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร โดยประยุกต์ใช้หลักการของไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current Dynamometer) ชุดทดสอบประกอบด้วย อุปกรณ์เบรกไฟฟ้าแบบกระแสเหนี่ยวนำวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า โหลดเซลล์วัดแรงดึง เซนเซอร์วัดอัตราการไหลน้ำมัน เซนเซอร์พร็อกซิมิตี้เทอร์โมคัปเปิลและชุดอุปกรณ์เก็บวัดข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ทั้งหมดได้ถูกติดตั้งบนโครงสร้างร่วมกับเครื่องยนต์ที่ต้องการทดสอบ ข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดได้แก่ อุณหภูมิอากาศที่ป้อนเข้าท่อไอดี ค่าแรงบิด ความเร็วรอบ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ซึ่งถูกบันทึก และแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ผ่านชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม LabVIEW® ชุดทดสอบดังกล่าวสามารถนำไปใช้เฉพาะในการทดสอบหาค่ากำลังเบรกสุทธิสูงสุด (Maximum Net Brake Power) ของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตรได้เท่านั้นเนื่องมาจากข้อจำกัดของขนาดและความสามารถในการระบายความร้อนของอุปกรณ์เบรกไฟฟ้าแบบกระแสเหนี่ยวนำ จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร ยี่ห้อคูโบต้า รุ่นอีที 115 เพื่อวัดค่ากำลังงานเบรกสุทธิสูงสุดของเครื่องยนต์พบว่ากำลังงานของเพลาอำนวยกำลังมีค่าสูงสุดเท่ากับ8.55 kWที่ค่าแรงบิดและความเร็วรอบเท่ากับ36.78 N-m และ 2222.8 rpm ตามลำดับ

คำสำคัญ:ไดนามิเตอร์; เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร; โปรแกรม LabVIEW

1. บทนำ

เครื่องยนต์สูบเดียวนับเป็นต้นกำลังหลักที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรและถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นสารเคมี รถไถเดินตาม รถบรรทุกผลิตผลทางการเกษตร ฯลฯ เป็นต้น การทดสอบหากำลังหรือสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดดังกล่าวจึงนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์และระบบต้นกำลังทางการเกษตร เนื่องจากจะทำให้สามารถเข้าใจถึงลักษณะการทำงาน การใช้งาน การปรับปรุงเพื่อพัฒนาให้สมรรถนะของเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

กำลังหรือสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยทั่วๆ ไปนั้นสามารถวัดได้จากการทดสอบบนแท่นวัดกำลังของเครื่องยนต์ (Engine Dynamometer Test Bench) โดยอาศัยหลักการวัดความเร็วรอบและแรงบิดที่ใช้ต้านทานการหมุนของเครื่องยนต์ทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อนำมาประเมินหากำลังของเครื่องยนต์ร่วมกับการวัดปริมาณอื่นๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อุณหภูมิอากาศ ฯลฯ เป็นต้น

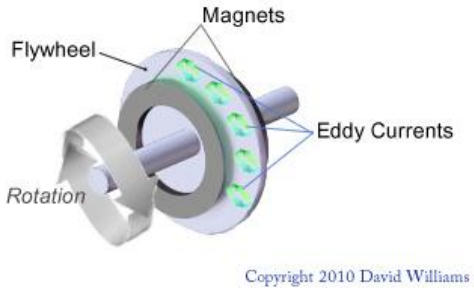
ไดนาโมมิเตอร์แบ่งออกได้หลายชนิดตามหลักการทำงาน ได้แก่ Pony Brake, Water Brake, Eddy Current Brake, Hysteresis Brake, DC และ AC Dynamometer ตารางที่ 1 สรุปข้อดี-ข้อเสียของไดนาโมมิเตอร์แบบต่างๆ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กบนแผ่นโลหะที่หมุนอยู่และ

ตารางที่ 1 สรุปข้อดี-ข้อเสียของไดนาโมมิเตอร์แบบต่างๆ

คุณสมบัติ	Pony/Water Brake	Eddy-Current/ Hysteresis Brake	DC	AC
การขับโหลด	ทำไม่ได้	ทำไม่ได้	ทำได้	ทำได้
ความเฉื่อย	ต่ำ	แปรค่าได้	สูง	ต่ำ
เสถียรภาพการควบคุม	ต่ำ	ดี	ดีมาก	ดีที่สุด
ความเร็วสูงสุด	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง
การตอบสนองต่อการควบคุม	ช้า	ปานกลาง	เร็ว	เร็วที่สุด
ความร้อน	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
กำลัง	สูงที่สุด	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง

ที่มา: Thailandindustry.com

ในการทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ขนาดเล็กมักนิยมใช้ไดนาโมมิเตอร์ประเภท Eddy Current Brake เนื่องจากมีการตอบสนองต่อการควบคุมแรงบิดได้ดีและสามารถปรับช่วงแรงบิดได้ค่อนข้างละเอียด แต่มีข้อเสียคืออาจเกิดความร้อนจากแรงเสียดทานค่อนข้างสูงจึงต้องมีการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นออกให้เพียงพอ รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของไดนาโมมิเตอร์แบบ Eddy Current Brake



รูปที่ 1 หลักการทำงานของ Eddy Current Brake Dynamometer

ที่มา:http://www.thailandindustry.com

เกิดเป็นกระแสไหลวน (Eddy Current) ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามส่งผลให้แผ่นโลหะที่หมุนอยู่ถูกหน่วงหรือเบรกให้หมุนช้าลงโดยแรงที่เบรกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มสนามแม่เหล็กซึ่งแปรผันตรงกับกระแสที่จ่ายให้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก ดังนั้นการควบคุมแรงบิดที่ใช้ในการเบรกจึงสามารถควบคุมได้จากกระแสที่จ่ายให้กับขดลวด

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้หลักการของ Eddy Current Brake เพื่อนำมาพัฒนาเป็นชุดทดสอบกำลังของเครื่องยนต์สูบเดียวทางการเกษตรและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้เก็บวัดข้อมูลจากการทดสอบ โดยอาศัยการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างชุดเครื่องมือวัดและคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถตรวจวัด วิเคราะห์ เก็บบันทึกผลและแสดงข้อมูลการทดสอบในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินสมรรถนะโดยรวมของเครื่องยนต์ได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องยนต์คูโบต้า อีที 115

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตรที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องยนต์	สมรรถนะเบื้องต้น
ชนิด / จำนวนกระบอกสูบ : เครื่องยนต์ดีเซล / 1 สูบ ยี่ห้อ / รุ่น : คูโบต้า อีที 115 ขนาดลูกสูบ x ระยะชัก (Lst) : Ø 94 x 90 mm. ปริมาตรกวาดของกระบอกสูบ (Vsv) : 0.624 Liter ปริมาตรช่องว่างเหนือลูกสูบ (Vcv) : 0.033 Liter	กำลังงานสูงสุด : 8.57 kW @ 2400 RPM อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ : 272 g/kW-h แรงบิดสูงสุด : 36.26 N-m @ 1600 RPM อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่กำลังงานสูงสุด (Qf) : 2.75 Liter/h

ที่มา : บริษัทสยามคูโบต้า

2. Eddy Current Brake Dynamometer
3. เซนเซอร์ชนิดต่างๆ ได้แก่
- โหลดเซลล์
- พรอกซิมิตีเซนเซอร์
- เทอร์โมคัปเปิล
- ซนเซอร์วัดอัตราการไหล

4. ชุดอุปกรณ์เก็บวัดข้อมูลจากเซนเซอร์
5. เครื่องคอมพิวเตอร์
6. โปรแกรม LabVIEW

2.2 การติดตั้งอุปกรณ์

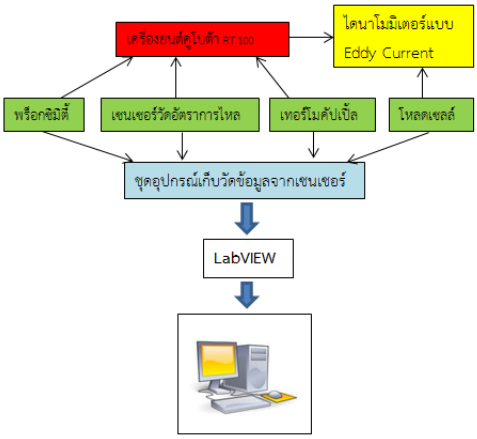
รูปที่ 2 แสดงลักษณะของชุดทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร

รูปที่ 2 ชุดทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร

เครื่องยนต์ที่ต้องการทดสอบจะถูกต่อเข้ากับชุด Eddy Current Brake Dynamometer โดยชุดเพลาส่งกำลังและข้อต่อหมุน ที่ปลายเพลาด้านแผ่นจานเบรกของไดนามิเตอร์จะติดตั้งชุดอุปกรณ์สำหรับวัดค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าแรงดึงของโหลดเซลล์ที่ปลายแขนต่อคูณกับระยะห่างไปยังจุดศูนย์กลางการหมุนของเพลาไดนาโมมิเตอร์ในขณะที่เครื่องยนต์ถูกเบรกให้หมุนช้าลงโดยแรงเบรกของไดนาโมมิเตอร์จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดจากวงจรเร็คกูเล เตอร์แบบปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-50 โวลท์ ในขณะที่ค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะถูกวัดโดยอาศัยพรอกซิมิตีเซนเซอร์ซึ่งจะตรวจจับและส่งค่าสัญญาณออกมาเมื่อหน้าสัมผัสของหัวสลักเกลียวบนเพลาส่งกำลังของเครื่องยนต์หมุนตัดผ่านพรอกซิมิตีเซนเซอร์

ชุดเซนเซอร์วัดอัตราการไหลจะถูกติดตั้งเข้ากับระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งด้านที่ไหลเข้าปั๊มหัวฉีดและไหลกลับลงถัง โดยมีเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิติดตั้งอยู่ทั้ง 2 ด้าน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้จริงของเครื่องยนต์เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่อาจเกิดขึ้นในขณะนั้นๆ

สายสัญญาณจากเซนเซอร์ทั้งหมดจะถูกต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์เก็บวัดข้อมูลซึ่งจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปแสดงผลด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจาก LabVIEW รูปที่ 3 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์

2.3 วิธีการทดสอบ

เนื่องจากข้อจำกัดของความสามารถในการการระบายความร้อนของไดนาโมมิเตอร์แบบ Eddy Current Brake ซึ่งจะเกิดความร้อนจากแรงเสียดทานในการเบรกค่อนข้างสูงในขณะทำการทดสอบดังนั้นการทดสอบในเบื้องต้นจึงกำหนดขอบเขตไว้เฉพาะการทดสอบหาค่ากำลังงานเบรกสุทธิสูงสุดของเครื่องยนต์ (Maximum Net Brake Power) ก่อนเท่านั้น

วิธีการทดสอบ หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบแล้ว ให้สร้างไฟล์งานที่ใช้ในการเก็บข้อมูลโดยสร้างไฟล์ Excel ขึ้นมา เมื่อสร้างเสร็จแล้วให้ไปที่หน้าต่างของโปรแกรมเลือกบันทึกข้อมูลไปที่ไฟล์ที่สร้างขึ้น หลังจากนั้น ให้ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ เพิ่มความเร็วรอบในการทดสอบ แล้วเริ่มการทดสอบโดยให้โปรแกรมเริ่มทำงาน เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ให้ทำการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับไดนาโมมิเตอร์ เพื่อทำการทดสอบแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ โดยค่าต่างๆ

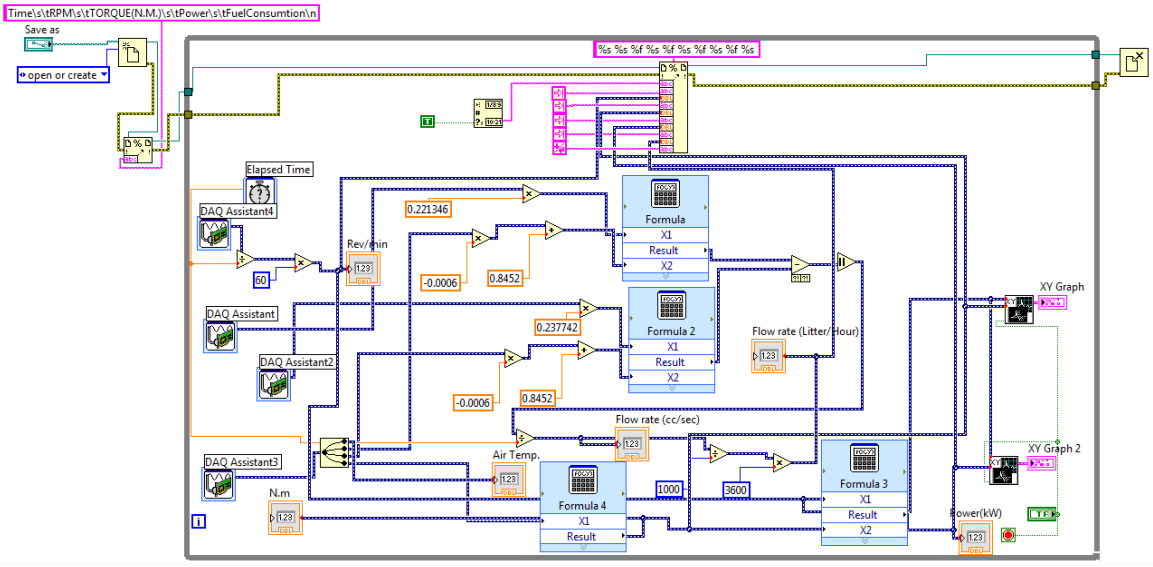
จะแสดงผลบนหน้าจอ ได้แก่ ความเร็วรอบ แรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ อุณหภูมิอากาศ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลัง และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิด โดยเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้ไดนาโมมิเตอร์ไปจนเครื่องยนต์หยุดการทำงาน และลดการจ่ายไฟลง จากนั้นให้ทำการหยุดการทำงานของโปรแกรม ซึ่งค่าจะถูกบันทึกลงในไฟล์ที่สร้างขึ้น

3. ผลการศึกษา

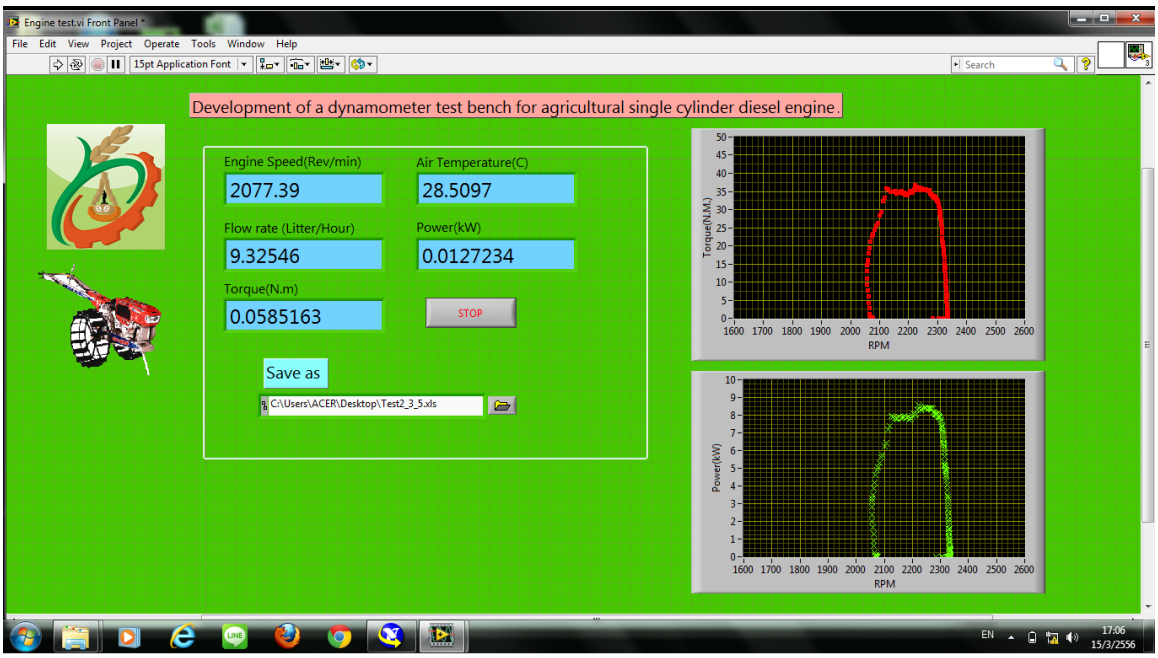
3.1 โครงสร้างโปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับชุดทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตรถูกพัฒนาขึ้นมาจากโปรแกรม LabVIEW ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของ Front Panel และ Block Diagram ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ส่วนของ Front Panel ทำหน้าที่สำหรับแสดงผลการทดสอบในรูปแบบต่างๆ และกำหนดตำแหน่งจัดเก็บของไฟล์ข้อมูลสำหรับบันทึกผลการทดสอบ ในขณะที่ส่วนของ Block Diagram นั้นประกอบด้วยส่วนของ Pre-loop และส่วนของ Loop

ส่วนของ Pre-loop ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ ได้แก่ การกำหนดตำแหน่งและการสร้างไฟล์ข้อมูลเพื่อเก็บบันทึกผลการทดสอบในรูปแบบของไฟล์ตารางคำนวณ Excel ส่วนของ Loop ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ ได้แก่ การจัดรูปแบบข้อมูลที่ได้จากการวัดลงในไฟล์ การอ่านข้อมูลจากชุดอุปกรณ์เก็บวัดข้อมูลจากเซนเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น การอ่านและแปลงค่าสัญญาณพัลส์จาก



รูปที่ 4 Block Diagram ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับชุดทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร



รูปที่ 5 Front Panel ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับชุดทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร

เซนเซอร์วัดอัตราการไหล การคำนวณผลของอุณหภูมิเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด การคำนวณค่าความเร็วรอบ แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ X-Y เป็นต้น

3.2 ผลการทดสอบเครื่องยนต์

จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตร ยี่ห้อคูโบต้า รุ่นอีที 115 เพื่อวัดค่ากำลังงานเบรกสุทธิสูงสุดของเครื่องยนต์พบว่ากำลังงานของเพลาอำนวยกำลังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.55 kW ที่ค่าแรงบิดและความเร็วรอบเท่ากับ 36.78 N-m และ 2222.8 rpm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคุณลักษณะจำเพาะของเครื่องยนต์รุ่นดังกล่าว โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 8.15 L/h คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเท่ากับ 0.95 L/kW-h ข้อมูลทั้งหมดสามารถเก็บบันทึกและแสดงผลได้อย่างถูกต้องในรูปแบบของของไฟล์ตารางคำนวณ Excel

4. สรุปและวิจารณ์

ชุดทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทางการเกษตรถูกพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้หลักการของไดนามิเตอร์แบบกระแสเหนี่ยวนำร่วมกับการตรวจวัดข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์โดยอาศัยเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เก็บวัดและแสดงผลข้อมูลการทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ขนาดเล็กได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามการทำงานของชุดทดสอบกำลังของเครื่องยนต์มีข้อจำกัดอยู่ที่ความสามารถในการระบายความร้อนของอุปกรณ์เบรกไฟฟ้าแบบกระแสเหนี่ยวนำส่งผลให้ไม่สามารถทำการทดสอบหาค่ากำลังงานของเครื่องยนต์แบบต่อเนื่องได้

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ชาญชัย โรจนสโรช (2554). เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมรถแทรกเตอร์เกษตร. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[2] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี (2554). LabVIEW ซอฟท์แวร์เพื่อการพัฒนาระบบการวัดและควบคุม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] ไดนาโมมิเตอร์สำหรับระบบทดสอบมอเตอร์และเครื่องยนต์ (2009).URL:http://-www.thai-landindustry.com access on 20/01/2013.

[4] บริษัทสยามคูโบต้า

[5] Building a dynamometer, URL:http://slotcar-illustrated.com ,access on 21/01/2013.

[6] Magnetic Eddy Current Braking Diagram URL:http://www.bicycleman.com/recumbent-exercise-bikes/magnetic-resistance-recumbent.htmaccess on 21/01/2013.