

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

ไดนาโมมิเตอร์ชนิดอุทกสถิตยขนาด 3.5 กิโลวัตต์

3.5-kW Hydrostatic Dynamometer

รักษิต จิตพัฒน์พงศ์¹ ณัฐภูมิ เรืองตระกูล และ ตังชนะ ทองทิพย์

¹ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ จ.ปทุมธานี 12120

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 0 2564 6009, โทรสาร: 0 2564 6774

E-mail: raksit.thi@nectec.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดสร้างระบบไดนาโมมิเตอร์ราคาประหยัดโดยใช้อุปกรณ์เชิงพาณิชย์ที่มีจำหน่ายในประเทศอันได้แก่ เครื่องสูบลไฮดรอลิคแบบบีบอัดเป็นตัวดูดซับพลังงานจากเครื่องยนต์ ทั้งนี้อุปกรณ์ชนิดนี้มีใช้ทั่วไปอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม นอกเหนือจากนี้ระบบนี้ยังมีค่าความเฉื่อยต่ำ ซึ่งให้การตอบสนองที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆที่มีในท้องตลาด โดยออกแบบให้รองรับการทดสอบของเครื่องยนต์ขนาด 3.5 กิโลวัตต์เพื่อใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน โดยการใช้เครื่องสูบลชนิดเฟืองขนาด 3.1 ลบ.ซม/รอบ เป็นตัวดูดซับพลังงานจากเครื่องยนต์ร่วมกับวาล์วควบคุมความดันเป็นอุปกรณ์ควบคุมภาระ และสร้างเพลนตัวเครื่องสูบลเพื่อใช้ตรวจจับแรงบิดที่เกิดขึ้นด้วยโหลดเซลล์ ผลการทดสอบอุปกรณ์สามารถสร้างแรงบิดต้านและตรวจวัดพอเพียงต่อเครื่องยนต์ Honda GX160 ที่ใช้เป็นชุดสาธิต โดยใช้ทุนในการจัดสร้างเพียง 85,000 บาท

คำหลัก: เครื่องยนต์สันดาปภายใน การทดสอบ ระบบอุทกสถิตย ไดนาโมมิเตอร์

Abstract

In Thailand, dynamometer needs to be imported, and it is a specific equipments which not commercially sale. In addition, the cost of dynamometer is relatively expensive which general mechanics cannot afford it. In this paper, the hydrostatic dynamometer was proposed as low-cost dynamometer for Thailand. This type of dynamometer equipped with commercial hydraulic part that widely used in industrial process. A 3.5-kW of dynamometer that equipped with hydrostatic devices were introduced and designed. Moreover, the hydraulically gear pump, sized 3.1 cc/rev, was applied in collaborate with pressure relief valve for the load controlling. The trunnion cradle was designed and fabricated for torque measurement. As a result, The commissioned tests, on constant load, were satisfied. The total cost for this project approximately Bth85,000 with local procured parts

Keywords: Engine Testing, Dynamometer, Hydrostatic

1. บทนำ

ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) เป็นอุปกรณ์วัดกำลังของเครื่องจักรต้นกำลังที่มีความสำคัญต่อการวิจัยพัฒนาในด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิจัยพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์หรือดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงทางเลือกประเภทต่างๆ จำเป็นต้องใช้ไดนาโมมิเตอร์ เพื่อทำการจำลองภาระให้กับเครื่องยนต์ระหว่างการปรับแต่ง ไดนาโมมิเตอร์อาศัยหลักการของการดูดกลืนพลังงาน (Energy Absorption) จากเครื่องจักรต้นกำลังในขณะเดียวกันก็มีความสามารถในการวัดปริมาณของแรงบิด (Torque) และความเร็วเชิงมุม (Rotational Speed) ของเครื่องจักรต้นกำลังนั้นๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้หลายชนิดตามวิธีการดูดกลืนพลังงาน อันได้แก่ การใช้ระบบชลศาสตร์ (Hydraulic), ระบบอุทกสถิตย (Hydrostatic) และ ระบบไฟฟ้า (Electric) ซึ่งแต่ละระบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป[1] บทความนี้ได้นำเสนอการจัดสร้างชุดไดนาโมมิเตอร์ต้นทุ่นต่ำด้วยระบบอุทกสถิตย สำหรับงานทดสอบเครื่องยนต์แก๊สสันดาปขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 3.5 กิโลวัตต์เพื่อใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

2. ไดนาโมมิเตอร์

ไดนาโมมิเตอร์นั้นมีได้เป็นอุปกรณ์ที่มีใช้อย่างทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยซึ่งจะมีใช้เฉพาะในมหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยชั้นสูงเท่านั้น ซึ่งในแบบ (i) ไดนาโมมิเตอร์แบบไฮดรอลิก และ (ii) ไดนาโมมิเตอร์แบบไฟฟ้า ต้องนำเข้าจากต่างประเทศโดยตรงอีกทั้งประสบปัญหาด้านการติดตั้งและบริการหลังการขายเนื่องจากไม่มีตัวแทนอยู่ในประเทศ

ในส่วนของไดนาโมมิเตอร์แบบอุทกสถิตยนั้น แม้ว่าไม่ได้มีจำหน่ายโดยตรงแต่อุปกรณ์หลักที่ใช้ในไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้ได้แก่ เครื่องสูบลูไฮดรอลิกแบบบีบอัดและชุดวาล์วควบคุมนั้น มีใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมและมีการผลิตเชิงพาณิชย์เพื่อจำหน่าย จึงมีเอกชนที่มีสินค้าในคลังและบุคลากรในการซ่อมบำรุงอยู่มากจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้

ไดนาโมมิเตอร์ชนิดนี้เป็นระบบราคาประหยัดสำหรับประเทศไทย

2.1 ไดนาโมมิเตอร์ชนิดอุทกสถิตย

Lahti และ Moskwa [2] ได้นำเสนอการใช้ไดนาโมมิเตอร์แบบอุทกสถิตยด้วยการใช้เครื่องสูบลูไฮดรอลิกกับเครื่องยนต์ทดสอบชนิดสูบเดี่ยว เนื่องจากการวิจัยพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในนิยมกระทำกับเครื่องยนต์สูบเดี่ยวโดยทั่วไปแล้วชุดทดสอบเครื่องยนต์จะเป็นไดนาโมมิเตอร์ชนิดกระแสเอ็ดดี้ ที่พบปัญหาของระบบกระแสเอ็ดดี้ไม่สามารถทำการทดสอบเครื่องยนต์สูบเดี่ยวในรอบต่ำได้เนื่องจากระบบนี้มีมวลเชิงมุมสูง (Polar Moment of Inertia) เมื่อทดสอบเครื่องยนต์สูบเดี่ยวพบว่าความไม่ต่อเนื่องของกำลังเครื่องยนต์ส่งผลกระทบต่อการทำงานของความเร็วรอบต่ำ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการถ่วงล้อช่วยแรงเพิ่มแต่ก็ก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่องในการทดสอบในภาวะที่ไม่คงตัว ได้มีการเสนอให้ใช้เครื่องสูบลูไฮดรอลิกแบบบีบอัดมาใช้เป็นไดนาโมมิเตอร์ชนิดความดันสถิตยซึ่งมีมวลเชิงมุมต่ำซึ่งสามารถใช้ทดสอบเครื่องยนต์ชนิดสูบเดี่ยวที่รอบการทำงานต่ำได้ดีและยังสามารถควบคุมแรงบิดได้เป็นอย่างดีในช่วงความเร็วรอบต่ำ เพื่อที่จะจำลองสภาวะของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์หลายสูบที่สามารถทำงานที่อัตราเร็วรอบต่ำได้ อีกทั้งได้ทำการออกแบบระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ควบคุมเพื่อจำลองการทำงานของเครื่องยนต์หลายสูบ (Hardware in the loop, HIL) [3,4,5] โดยใช้ความสามารถของระบบไฮดรอลิกที่สามารถเป็นได้ทั้งภาระ(เครื่องสูบลู)และต้นกำลัง(มอเตอร์)ได้ ในการทดสอบการเผาไหม้จริงเพียงสูบเดียวเพื่อให้ได้ผลการทดสอบในห้องเผาไหม้ที่ใกล้เคียงกับเครื่องยนต์หลายสูบมากที่สุด

ในงานก่อนหน้านี้อ[6] ได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนของไดนาโมมิเตอร์ขนาด 18 kW ชนิดชลศาสตร์ (Hydraulic) และ ระบบเบรกเอ็ดดี้ (Eddy-Current) พบว่าอุปกรณ์อุทกสถิตยที่มีจำหน่ายในประเทศไทยมีต้นทุนต่ำกว่าไดนาโมมิเตอร์จากต่างประเทศ 2 และ 10 เท่า ตามลำดับทั้งนี้ยังได้มีการจำลองสภาวะการ

ทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปของระบบไดนาโมมิเตอร์อุทกสถิตยที่มีขนาด 18 kW โดยการใช้วาล์วควบคุมไฮดรอลิกในการควบคุมสภาวะการทำงานของระบบไดนาโมมิเตอร์ซึ่งประกอบด้วย 2 กรณีได้แก่ (1) การควบคุมภาระคงที่ด้วยวาล์วระบายความดันและ (2) การควบคุมความเร็วรอบคงที่ด้วยวาล์วจำกัดอัตราการไหล ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันในระบบและแรงบิดที่ระบบไดนาโมมิเตอร์สร้างขึ้นแต่ก็ยังพบว่าอัตราเร็วรอบของระบบก็เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณา อย่างไรก็ตามระบบอุทกสถิตยก็มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานได้ดี อย่างไรก็ตามผลการศึกษาเชิงทดลองกลับชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดในการใช้วาล์วจำกัดอัตราการไหลในการควบคุมไดนาโมมิเตอร์ ในขณะที่การใช้วาล์วระบายความดันในการควบคุมภาระก็ให้การตอบสนองที่ดีเพียงพอแต่ก็พบจุดอ่อนที่สำคัญในการประมาณค่าแรงบิดซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีราคาสูง

ข้อได้เปรียบของไดนาโมมิเตอร์อีกประการ คือ ไม่จำเป็นต้องจัดหาโครงสร้างพื้นฐานทางด้านไฟฟ้า กำลังมีเพียงไฟฟ้าสำหรับระบบเครื่องมือวัดและไม่มีสัญญาณไฟฟ้ารบกวนชุดเครื่องมือวัด อีกทั้งยังทำให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาไม่ติดปัญหาในเวลาที่สภาวะอากาศไม่ดีที่ส่งผลต่อคุณภาพของกระแสไฟฟ้า

2.2. การประยุกต์ใช้อุปกรณ์แบบอุทกสถิต

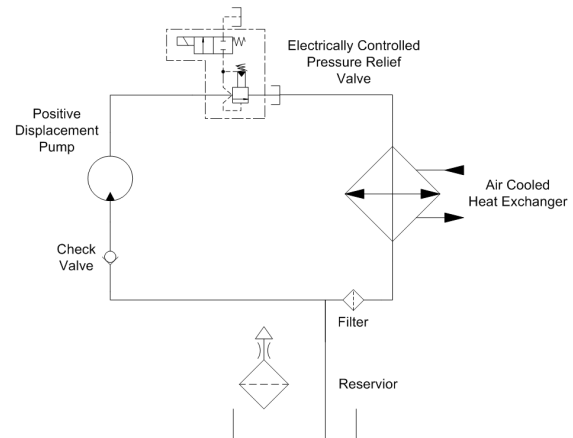
อุปกรณ์อุทกสถิตยที่ใช้เป็นหลักในโครงการนี้ คือ เครื่องสูบลวและวาล์วระบายความดัน โดยนำมาเชื่อมต่อกันตามแผนภาพในรูปที่ 1 ซึ่งวาล์วระบายความดันจะมีหน้าที่ควบคุมภาระของไดนาโมมิเตอร์

3. การออกแบบ

3.1 เครื่องยนต์เป้าหมาย

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดสร้างชุดสาธิตการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ สำหรับการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี โดยใช้เครื่องยนต์ Honda GX160 ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคตามตารางที่ 1 ดังนั้นจุดที่ใช้ในการคำนวณขนาดของเครื่องสูบลวแบบ

คือค่าแรงบิดสูงสุดและอัตราเร็วรอบสูงที่ได้แก่แรงบิดที่ 10.3 นิวตันเมตร และ อัตราเร็วรอบที่ไม่น้อยกว่า 3,600 รอบต่อนาที



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์อุทกสถิตยให้เป็นไดนาโมมิเตอร์

ตารางที่ 1 รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์เป้าหมาย [7]

Engine type	Air cooled 4-stroke OHV petrol engine, 25° inclined cylinder, horizontal shaft
Bore x stroke	68 x 45 mm
Displacement	163 cm ³
Compression ratio	8.5 : 1
Net power	3.6 kW (4.8 HP) / 3,600 rpm
Cont. rated power	2.5 kW (3.4 HP) / 3,000 rpm 2.9 kW (3.9 HP) / 3,600 rpm
Max. net torque	10.3 Nm / 2,500 rpm
Ignition system	Transistorised
Starting system	Recoil
Dimensions (L x W x H)	312 x 362 x 346 mm

3.2 การประมาณขนาดเครื่องสูบลว

ด้วยคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องสูบของเหลวแบบบีบอัด (Positive Displacement Pump) ที่ใช้อยู่ในระบบไฮดรอลิกความดันสูง ที่อัตราการไหลของน้ำมันไม่ขึ้นกับความดันคร่อมระหว่างเครื่องสูบทำให้สามารถคาดการณ์ปริมาณการไหลของเครื่องสูบได้ง่ายกว่าชนิดอื่นๆ [8]

ในทางทฤษฎีแล้วแรงบิด (T , $N.m$) ของเครื่องสูบจะมีความสัมพันธ์กับความดัน (P , bar) ที่เครื่องสูบสร้างตามสมการที่ (1)

$$T = \frac{V_D \times P}{20\pi} \quad (1)$$

โดยที่ V_D คือ ปริมาตรต่อรอบของเครื่องสูบแบบบีบอัด (cm^3/rev) ซึ่งกำลัง (P , $watt$) ของเครื่องสูบสามารถประเมินได้จากสมการที่ (2)

$$P_w = \frac{V_D \times P \times N}{600} \quad (2)$$

โดยที่ N คือ อัตราเร็วรอบของเครื่องสูบในหน่วยของรอบต่อนาทีตามที่แสดงในสมการที่ (1) จะเห็นได้ว่าแรงดันที่เครื่องสูบสร้างออกมานั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับแรงบิดที่ใช้ อีกทั้งอัตราการไหลของเหลว (Q , LPM) ก็สัมพันธ์โดยตรงกับอัตราเร็วรอบของเครื่องสูบ (N , rpm)

$$Q = \frac{V_D \times N}{1000} \quad (3)$$

เครื่องสูบชนิดนี้จึงมีความเหมาะสมที่นำมาใช้เป็นภาระจำลองของกลจักรต้นกำลัง อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงเครื่องสูบจะมีการรั่วไหลของน้ำมันจากระบบ, ความเสียดทานของแบริ่ง และการสูญเสียจากการไหลของน้ำมัน

จากสมการที่ 1 และใช้แรงบิดสูงสุดจากข้อกำหนดในตารางที่ 1 โดยกำหนดให้ความดันทำงานของระบบที่ 210 บาร์ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ทำงานโดยทั่วไป จะได้ขนาดของเครื่องสูบที่ไม่น้อยกว่า 3 ลบ.ซม. ต่อ รอบ จากการปรึกษากับตัวแทนจำหน่ายพบว่าขนาดเครื่องสูบที่มีในตลาดมีขนาด 3.1 ลบ.ซม./รอบ หนึ่งจากข้อมูลขนาดของเครื่องสูบนี้จะต้องนำไปประเมินขนาดของอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆที่ใช้ในระบบที่ต้องรองรับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวาล์วระบายความดันที่

ต้องรองรับอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกได้ไม่น้อยกว่า 12.4 ลิตรต่อนาที และ ถึงพักน้ำมันขนาดไม่น้อยกว่า 20 ลิตร ตามที่แสดงในตารางที่ 2 และ รูปที่ 2 แสดงถึงชุดไดนาโมมิเตอร์ที่ประกอบเสร็จแล้ว ตารางที่ 2 คุณลักษณะจำเพาะของระบบ

รายการ	คุณลักษณะ
เครื่องสูบ	3.1 cc/rev, max pressure 260 bar, 650-4,000 rpm[9]
วาล์วระบายความดัน	20 liter/min
ถังพัก	30 liters

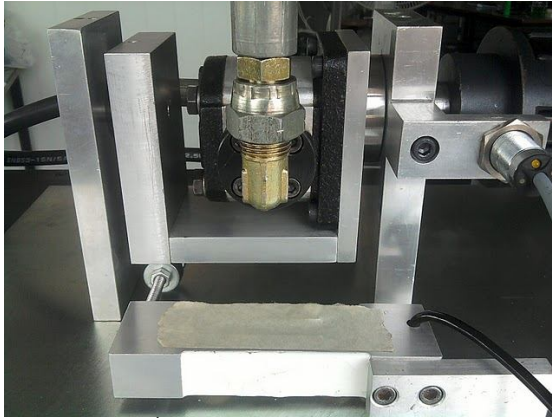


รูปที่ 2 ไดนาโมมิเตอร์ชนิดอุทกสถิต
ขนาด 5 กิโลวัตต์

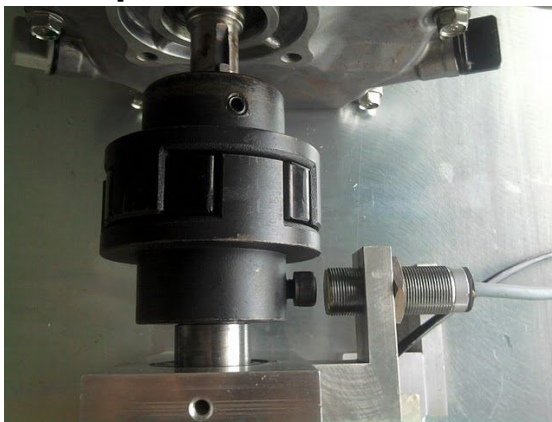
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์วัด

ระบบไดนาโมมิเตอร์เป็นระบบที่รวมทั้งภาระและเครื่องมือวัดในการวัดกำลังเครื่องยนต์นั้นจำเป็นต้องวัดจากแรงบิดและอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ตามที่แสดงในสมการที่ 4 โดยแรงบิดนั้นในงานนี้ใช้จัดสร้างชุดฐานเปลหมุน (trunnion cradle) เป็นฐานรองรับเครื่องสูบซึ่งสามารถเคลื่อนที่ตามแกนเพลหมุนและยึดติดกับโหลดเซลล์เพื่อใช้ในการวัดแรงบิดตามที่แสดงในรูปที่ 3 ในขณะที่อัตราเร็วรอบนั้นใช้หัวตรวจจับโลหะ (inductive pick-up sensor) ในการจับหัวนอตโลหะที่ติดตั้งไว้บนเพลาส่งกำลังตามที่แสดงในรูปที่ 4 หนึ่งอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดต้องได้รับการปรับปรุงและขยายสัญญาณโดยใช้ชุดแสดงผล (Panel Meter) ตามรูปที่ 5

$$P_w = T \times \left(\frac{2\pi N}{60} \right) \quad (4)$$



รูปที่ 3 ฐานเพลสำหรับวัดแรงบิด



รูปที่ 4 การตรวจจับอัตราเร็วรอบ



รูปที่ 5 ชุดแสดงผล

3.4 ต้นทุนและการจัดหา

โครงการนี้ใช้งบประมาณในการดำเนินงานทั้งสิ้นจำนวน 85,000 บาท แบ่งออกได้เป็นสามส่วนหลักคือ อุปกรณ์อุทกสถิตย งานโครงสร้างและกลไก และ ชุดเครื่องมือวัด ตามที่แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3 โดยที่อุปกรณ์ทั้งสามส่วนนั้นสามารถจัดหาได้จาก

ตัวแทนจำหน่ายในท้องถิ่นทั้งสินอีกทั้งยังได้อุปกรณ์มาในระยะเวลาอันรวดเร็ว

ตารางที่ 3 รายละเอียดของต้นทุนในการจัดสร้าง

รายการ	ราคา(บาท)
เครื่องสูบล	5,000
วาล์วระบายความดัน+ขับเพลท	6,500
วาล์วบังคับทิศทาง	2,000
ถังพักและชุดระบายความร้อน	13,000
น้ำมันไฮดรอลิก	2,500
ชุดฐานเพล	8,000
เครื่องยนต์	7,500
แท่นเครื่องยนต์	7,000
โต๊ะเหล็ก	8,500
โหลดเซลล์และชุดแสดงผล	9,500
ชุดตรวจจับรอบและชุดแสดงผล	14,000
รวม	85,000

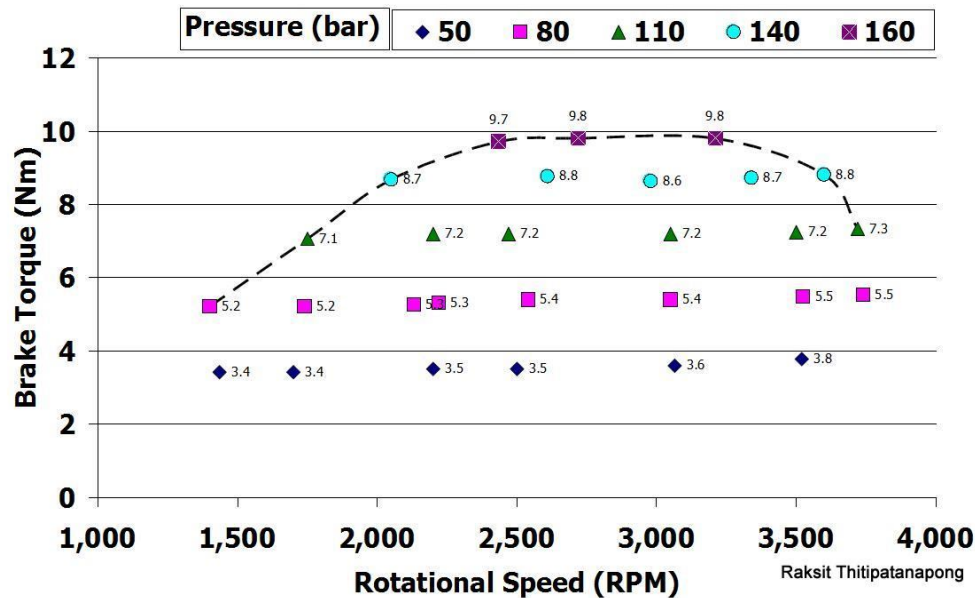
4. ผลการทดสอบระบบ

หลังจากทำการติดตั้งและตรวจสอบระบบต่างๆได้อย่างถูกต้อง ได้ทำการทดสอบระบบไดนาโมมิเตอร์ด้วยการทดสอบในลักษณะภาระคงที่ (constant load) หรือแรงบิดเบรกคงที่ ซึ่งเป็นการควบคุมความดันของระบบไฮดรอลิกให้คงที่ ผลการทดสอบแสดงรายละเอียดในรูปที่ 6

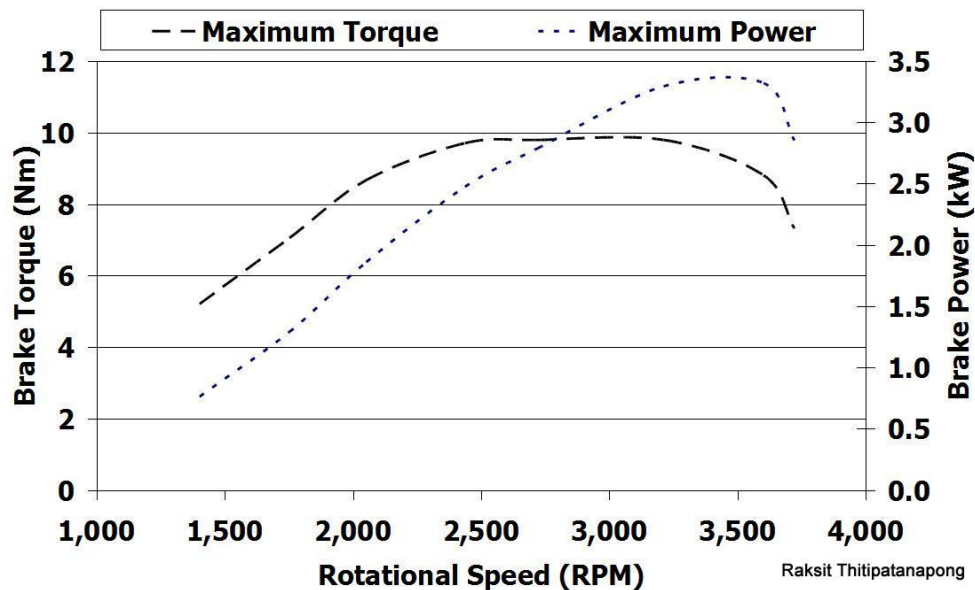
จะเห็นได้ว่าการควบคุมความดันสามารถนำมาใช้ควบคุมภาระของไดนาโมมิเตอร์ให้สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี สามารถใช้ทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะต่างๆได้อย่างครบถ้วน จากวิดิทัศน์การทดสอบในภาคผนวก ได้มีการทดสอบการระบายความร้อนของระบบน้ำมันโดยเดินเครื่องยนต์ที่ ภาระสูงสุดที่อัตราเร็วรอบที่แรงบิดสูงสุด (5Nm@2,700rpm) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ที่ 61 °ซ และที่ภาระสูงสุดอยู่ที่ 67 °ซ ซึ่งไม่เกินข้อกำหนดของระบบไฮดรอลิกที่ไม่ควรมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 80 °ซ

ในรูปที่ 7 แสดงถึงการประมาณกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จากค่าแรงบิด จากค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะทางเทคนิคของตัวเครื่องยนต์มีลักษณะใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าคู่มือจากทางผู้ผลิตเล็กน้อยเนื่องจากการทดสอบในสภาวะอากาศที่สูงกว่ามาตรฐานการทดสอบ แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นการออกแบบนี้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ อย่างไรก็ตามพบว่ามี

ยุ่งยากเล็กน้อยในการทำงานทดสอบภาระสูงสุดที่อัตราเร็วรอบต่ำกว่ารอบแรงบิดสูงสุดที่พบว่าถ้าใส่ภาระสูงเกินไปจะทำให้รอบเครื่องยนต์ลดต่ำลง จนกระทั่งเครื่องยนต์ดับซึ่งสามารถปรับปรุงได้ด้วยการเสริมวาล์วระบายเพื่อระบายความดันในรักษารอบต่ำเอาไว้ที่ประมาณ 1,500 รอบต่อนาทีป้องกันเครื่องยนต์ดับ



รูปที่ 6 ผลการทดสอบการทำงานแบบภาระคงที่



รูปที่ 7 การประมาณค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ทดสอบ

5. สรุป

อุปกรณ์อุทกสถิตยที่สามารถจัดหาได้ง่ายในประเทศไทยสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นไดนามิเตอร์ขนาด 3.5 กิโลวัตต์เพื่อใช้เป็นชุดสาริตต้นทุ่นต่ำได้เป็นอย่างดีและยังสามารถทำการซ่อมบำรุงได้และเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตรงตามทีออกแบบไว้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโปรแกรมเทคโนโลยียานยนต์เพื่อการแข่งขันที่ยั่งยืน (B4-1) ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ศรัทธา อภรณ์รัตน์ สำหรับความช่วยเหลือในโครงการนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Michael Plint and Anthony Martyr, Engine Testing: Theory and practice, Butterworth Heinemann, Oxford.
- [2] J.L. Lahti and J.J Moskwa, A Transient Hydrostatic Dynamometer for Testing Single-Cylinder Prototypes of Multi-Cylinder Engines, SAE Technical Paper 2002-01-0616, 2002
- [3] G.R. Babbitt, et. al., "Design of an Integrated Control and Data Acquisition System for a High-Bandwidth, Hydrostatic, Transient Engine Dynamometer", Proceedings of the 1997 American Control Conference, Vol. 2, 1997, p. 1157-1161.
- [4] J.L. Lahti and J.J Moskwa, "A Transient Hydrodynamic Dynamometer for Single Cylinder Engine Research", Proceeding of 15th Triennial World Congress, Barcelona, Spain, 2002.
- [5] G.R. Babbitt and J.J Moskwa, "Implementation Details and Test Results for a Transient Engine Dynamometer and Hardware in the Loop Vehicle Model", Proceedings of 1999 IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design, 1999, p.569 – 57
- [6] รักษิต ฐิติพัฒน์พงศ์, การพัฒนาเครื่องมือวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์ชนิดต้นทุ่นต่ำ, วารสารวิชาการเนคเทค ปีที่ 8 ฉบับที่ 20, 2551, หน้า 379-387
- [7] Honda GX160, <http://www.honda-engines-eu.com/sv/images/978.pdf>
- [8] PUMP HANDBOOK, 3rd Edition, "Ch3.8 Vane, Gear, Lope Pumps", McGraw-Hill, 2001.
- [9] Polaris Series 10 Hydraulic Gear Pumps http://www.sritong.co.th/polaris_10.htm

8. ภาคผนวก

วีดิทัศน์แสดงการทำงานของไดนามิเตอร์



ทดสอบการทำงานของระบบ

http://www.youtube.com/watch?v=g_aPRlvy7H0



ทดสอบการระบายความร้อน

<http://www.youtube.com/watch?v=-CVhN5lx5Ec>