

กำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก

MECHANICAL POWER AND PERFORMANCE OF MAGNETIC POWER ENGINE

วสันต์ เขียรสุวรรณ¹ อภินันท์ ภูเก้าล้วน¹ และปฐมศก วิไลพล²

Wasan Theansuwan^{1,*}, Aphinan Phukaoluan¹ and Patomsok Wilaipol²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

* Corresponding author E-mail: wasan.t@mail.rmutk.ac.th

Received: October 25, 2022

Revise: December 10, 2022

Accepted: December 13, 2022

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก ทัวไปมักออกแบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น ไป-มาของลูกสูบ โดยใช้แรงผลักของแม่เหล็กเป็นพลังงานผลักดันบริเวณหัวลูกสูบส่งผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ส่งกำลังไปยังเพลลาข้อเหวี่ยงทำให้เกิดการหมุน งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก เพื่อศึกษากำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก โดยออกแบบร่องของโรเตอร์มีขนาด 52 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 mm และเพลลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ในชุดทดสอบลูกสูบ 1 ลูก จะมีอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กจำนวน 4 ชิ้น เกรด N52 ติดรอบโรเตอร์ ในเครื่องยนต์นี้มีลูกสูบจำนวน 2 ลูก ทดสอบแรงบิดเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กด้วยไดนาโมมิเตอร์แบบสายพาน ค่าแรงบิด 0.084 N·m 0.089 N·m 0.084 N·m และ 0.074 N·m และกำลังทางกลสูงสุดอยู่ที่ 1.718 W 2.198 W 2.382 W และ 2.469 W ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ เครื่องยนต์พลังแม่เหล็กสามารถทำงานได้เสมือนเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งเป็นอีกทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคต

คำสำคัญ: เครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก, แรงบิด, กำลังทางกล, แม่เหล็กนีโอไดเมียม

Abstract

Designing and fabricating a magnetic power engine. Usually designed as a linear motion of the piston. Using magnetic repulsion as energy to push the piston head, effecting to the piston moving to power transmission to the crankshaft causing rotation. This research aim designed and fabricated a magnetic power engine and study the mechanical power and performance of a magnetic power engine. The rotor groove is 52 mm in diameter, 130 mm in diameter, and the shaft is 25 mm in diameter. One piston there are 4 magnetic attachments, grade N52, mounted around the rotor. This engine there are 2 pistons. The torque was tested with a brake dynamometer, torque values of 0.084 N·m, 0.089 N·m, 0.084 N·m and 0.074 N·m, and maximum mechanical power was 1.718 W, 2.198 W, 2.382 W and 2.469 W at 200 rpm, 250 rpm, 300 rpm and 350 rpm respectively. Magnet power engine can function as internal combustion engine, providing an alternative for the automotive industry of the future.

Keywords: Magnetic Power Engine, Torque, Mechanical Power, Neodymium Magnet

1. บทนำ

ในปัจจุบันถือว่ายานยนต์เป็นปัจจัยที่ 5 สำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ยานยนต์แต่ละประเภทจะเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีต้นกำเนิดกำลัง คือ เครื่องยนต์ ซึ่งมีวิวัฒนาการมาไม่น้อยกว่า 150 ปี มาแล้ว [1] เครื่องยนต์ส่วนใหญ่มักใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คือ น้ำมัน ซึ่งมีปริมาณการใช้ประมาณ 20% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด จากสถิติแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันทั่วโลกในแต่ละวันอยู่ที่ประมาณ 40 ล้านบาร์เรล ซึ่งประมาณ 96% ถูกใช้สำหรับยานยนต์ [2] ผลกระทบจากการเผาไหม้ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั่วโลก การเพิ่มขึ้นของ CO₂ ในชั้นบรรยากาศ ทำให้ภาวะโลกร้อนเกิดขึ้น และมีการศึกษามากมายที่คาดการณ์ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันในอนาคต [3-5] เพื่อต้องการลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและลดมลพิษทางอากาศ จึงเกิดความสนใจในการพัฒนาเครื่องยนต์ที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เครื่องยนต์ไฮโดรเจน เครื่องยนต์ไฟฟ้า เครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก เป็นต้น [2,6-7]

การออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก ทวีปมกออกแบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น ไป-มาของลูกสูบ โดยใช้แรงผลักของแม่เหล็กเป็นพลังงานผลักบริเวณหัวลูกสูบส่งผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ส่งกำลังไปยังเพลาช้อเหวี่ยงทำให้เกิดการหมุน [8] สำหรับแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติที่ดีและถูกนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมมากที่สุดจะมีด้วยกัน 5 ชนิด ได้แก่ แม่เหล็ก AlNiCo แม่เหล็กแผ่น แม่เหล็กซามาเรียโคบอลต์ แม่เหล็กเฟอร์ไรท์ และแม่เหล็กนีโอไดเมียม ซึ่งแม่เหล็กนีโอไดเมียมมีคุณสมบัติโดดเด่นกว่าแม่เหล็กชนิดอื่นคือสามารถดูดโลหะประเภทเหล็กกล้าไร้สนิมได้ [9] สำหรับแม่เหล็กนีโอไดเมียมยังแบ่งเกรดได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกรดของแม่เหล็กนีโอไดเมียม [10]

Grade	Residual Induction	Max. Energy Product	Max. Working Temperature
	kgs	kJ/m ³	°C
N35	11.7-12.2	263-287	≤ 80°C
N38	12.2-12.5	287-310	≤ 80°C
N40	12.5-12.9	302-326	≤ 80°C
N42	12.8-13.2	318-342	≤ 80°C
N45	13.2-13.8	342-366	≤ 80°C
N48	13.8-14.2	366-390	≤ 80°C
N50	14.0-14.5	382-406	≤ 80°C
N52	14.3-14.8	398-422	≤ 80°C

หลักการสำคัญของการทำงานของเครื่องยนต์นี้ คือ สนามแม่เหล็ก ซึ่งสนามแม่เหล็กเกิดจากกระแสขนาดเล็กมากที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ในวงโคจรของอะตอม ถูกกำหนดในแง่ของแรงในการเคลื่อนที่ของประจุตามกฎแรงลอเรนซ์ ปฏิสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กกับประจุนำไปสู่การใช้งานจริงได้หลากหลาย แม่เหล็กมีสองขั้ว คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ สนามแม่เหล็กเป็นปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้น เมื่อแม่เหล็กสองตัวหรือมากกว่าถูกนำเข้ามาใกล้สนามแม่เหล็กจะเกิดการดึงดูดหรือการผลักกัน การทำงานของแม่เหล็กถูกควบคุมโดยหลักการ “ขั้วดึงดูดและขั้วผลัก” กล่าวคือ ขั้วที่คล้ายกันมักจะเคลื่อนออกจากกัน ในขณะที่ขั้วต่างกันมักจะดึงดูดมาใกล้กัน ดังนั้นลูกสูบจึงต้องออกแบบให้สามารถสร้างแรงจากสนามแม่เหล็กได้ จากพื้นฐานการทำงานของเครื่องยนต์นี้คล้ายกับเครื่องยนต์สองจังหวะอย่างมาก โดยจะมีจังหวะกำลังหนึ่งครั้งสำหรับทุก ๆ สองจังหวะ/ลูกสูบ หรือการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยงหนึ่งครั้ง การเคลื่อนที่ของลูกสูบเกิดจากแรงผลักระหว่างแม่เหล็กนีโอไดเมียม กำลังจะเกิดขึ้นในช่วงจังหวะแรกเมื่อลูกสูบถูกผลักด้วยแรงแม่เหล็ก กระบวนการนี้จะ

เกิดขึ้นช้าแล้วช้าเล่า พลังงานที่ผลิตได้จะถูกถ่ายโอนไปเพลาช้อเหวี่ยงเพื่อการใช้งานต่อไป [11] จากการเลือกใช้แม่เหล็กเพื่อออกแบบและสร้างกำลังให้กับเครื่องยนต์ อาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันในอนาคตได้

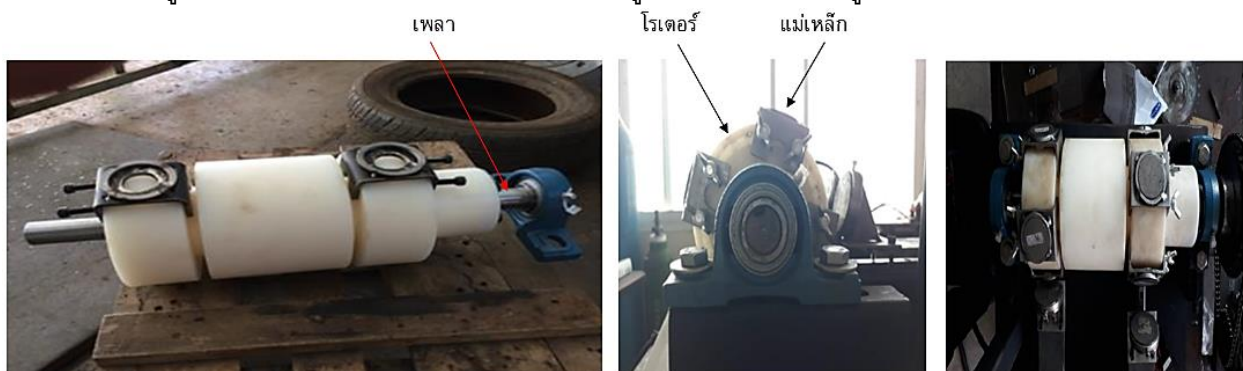
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก
- 2.2 ศึกษากำลังทางกลและสมรรถนะของเครื่องยนต์พลังงานแม่เหล็ก

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบ

ในการออกแบบโรเตอร์เพื่อเป็นอุปกรณ์ควบคุมจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งโรเตอร์มีแม่เหล็กยึดติดอยู่บนพื้นผิวโดยกำหนดระยะห่างระหว่างแม่เหล็กบนโรเตอร์ จึงคำนวณและออกแบบระยะห่างระหว่างแม่เหล็กเพื่อให้สามารถส่งถ่ายกำลังได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เครื่องยนต์ทำงานเป็นวัฏจักร การประกอบอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กบนโรเตอร์ คือ การนำอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้มายึดติดกับร่องโรเตอร์ ร่องของโรเตอร์มีขนาด 52 mm ในชุดทดสอบลูกสูบ 1 ลูก จะมีอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กจำนวน 4 ชิ้น เกรด N52 ดังตารางที่ 1 ติดรอบโรเตอร์ ในชุดกลไกนี้มีลูกสูบจำนวน 2 ลูก โรเตอร์ทำจากพลาสติกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 130 mm และเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ดังรูปที่ 1

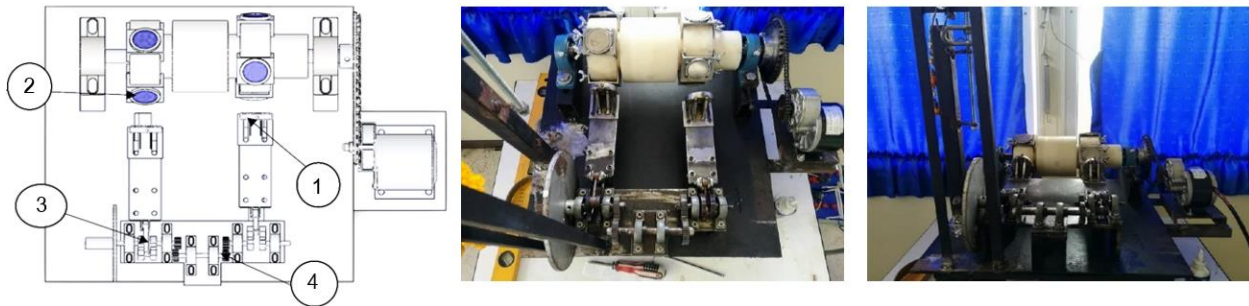


รูปที่ 1 การประกอบอุปกรณ์ยึดติดแม่เหล็กบนโรเตอร์

ขนาดของเพลาช้อเหวี่ยงที่ใช้เป็นชุดเพลาช้อเหวี่ยงของเครื่องตัดหญ้าซึ่งมีขนาดพอดีกับเครื่อง ยนต์พลังแม่เหล็กที่ออกแบบเอาไว้ เหตุผลที่เลือกใช้เพลาช้อเหวี่ยงของเครื่องตัดหญ้าเพราะว่ามีระยะชักที่สั้น จึงไม่เกิดการสูญเสียกำลังงานแม่เหล็ก และทำจากวัสดุที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนสูงจึงมีความแข็งแรง เนื่องจากเพลาช้อเหวี่ยงเครื่องตัดหญ้าแบบ 2 ลูก ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด จึงต้องส่งกำลังผ่านชุดเฟืองอัตราทด 1:1

ตัวแปรที่นำมาคำนวณมีดังนี้ คือ ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 28 mm ความยาวก้านสูบ 50 mm เพลาช้อเหวี่ยง 14 mm เมื่อได้ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบแล้ว จะกำหนดให้แม่เหล็กบนโรเตอร์ 1 ตัว เท่ากับการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 28 mm หมายความว่าเมื่อแม่เหล็กบนโรเตอร์ 1 ตัว วิ่งผ่านหัวลูกสูบ จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไป 28 mm ลูกสูบได้ออกแบบให้หัวเป็นแม่เหล็กโดยที่มีบล็อกใส่แม่เหล็กนีโอไดเมียม เกรด N52 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm หนา 10 mm ออกแบบให้ขนาดแม่เหล็กของลูกสูบมีขนาดใหญ่กว่าโรเตอร์เพื่อต้องการกำลังผลักที่มากให้กับลูกสูบ รางสไลด์ของลูกสูบเพื่อปรับระยะให้หน้าสัมผัสรับแรงระหว่างลูกสูบและโรเตอร์เกิดการผลักดันให้กับลูกสูบมีประสิทธิภาพสูงสุด รางสไลด์เลือกใช้ลิเนียลไกด์ (Linear guide) เพื่อลดแรงเสียดทานในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ สำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตและชุดกันของลูกสูบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กนี้ ได้กำหนดกลไกให้แม่เหล็กผลักกันเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก

แบบ 2 สูบ แสดงดังรูปที่ 2 หมายเลข 1 คือ ลูกสูบ หมายเลข 2 คือ แม่เหล็กต้านผลึกยึดบนโรเตอร์ หมายเลข 3 คือ เฟลาข้อเหวี่ยง หมายเลข 4 คือ ชุดเฟืองส่งกำลัง ช่วยให้เมื่อสูบใดสูบหนึ่งผลักย้อนหลังจะส่งกำลังผ่านชุดเฟืองมายังอีกสูบหนึ่ง ทำให้เกิดการหมุนของเฟลาข้อเหวี่ยงอย่างอัตโนมัติ



รูปที่ 2 กลไกกระบวนการผลักและดูดของลูกสูบ

มอเตอร์ที่ซื้อมา UNITE รุ่น MY1016 เป็น DC 24V 250W ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ DC 24V 1200W 20A ได้รับไฟจากแบตเตอรี่ที่ชื่อ GS NS40Z ขนาด 12V 35Ah โดยมอเตอร์ต่อกับโรเตอร์เพื่อให้โรเตอร์หมุนและเกิดแรงผลักกันระหว่างแม่เหล็กที่โรเตอร์และแม่เหล็กที่ลูกสูบเพื่อให้ลูกสูบสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอด

3.2 วิธีการทดสอบ

ทดสอบแรงบิดเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กด้วยไดนาโมมิเตอร์แบบสายพาน [12] โดยการปรับน้ำหนักถ่วงจาก 0 N เพิ่มขึ้นทีละ 0.5 N เมื่อความเร็วรอบปรับอินเวอร์เตอร์ให้คงที่ที่ 200, 250, 300 และ 350 rpm แล้วบันทึกค่าที่ตราซึ่งสปริงวัดได้ แรงบิดที่เครื่องยนต์พลังแม่เหล็กผลิตได้จากการทดลองสามารถคำนวณแรงบิดได้โดยใช้สมการ (1) กำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (2) กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า (3) และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (4)

$$T = F \times r \quad (1)$$

เมื่อ T คือ แรงบิด หน่วยเป็น N · m

F คือ แรง หน่วยเป็น N

r คือ รัศมี หน่วยเป็น m

$$P = T \times \frac{2\pi N}{60} \quad (2)$$

เมื่อ P คือ กำลัง หน่วยเป็น W

T คือ แรงบิด หน่วยเป็น N · m

N คือ ความเร็วรอบ หน่วยเป็น rpm

$$P_1 = IV \quad (3)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น A

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น V

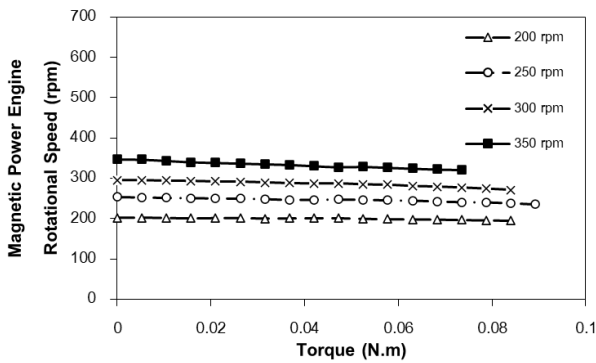
$$\eta = P/P_1 \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ P คือ กำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก หน่วยเป็น W

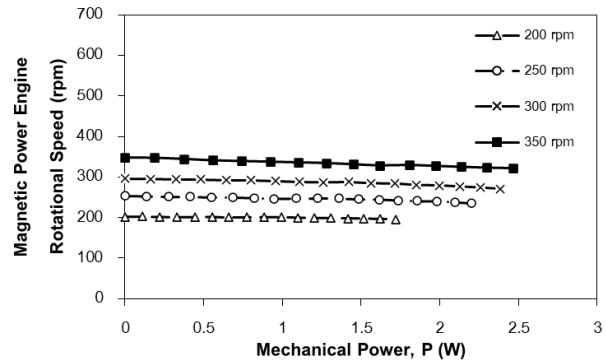
P_1 คือ กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยเป็น W

4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์

พิจารณารูปที่ 3 (a) จากการทดสอบเบรกไดนาโมมิเตอร์สามารถหาแรงบิดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (1) โดยเริ่มต้นตราซึ่งสปริงอยู่ที่ตำแหน่ง 0 N จากการเก็บข้อมูลผลการทดลองแรงบิดเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กที่ได้จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ และหยุดลงที่ค่าแรงบิด 0.084 N·m 0.089 N·m 0.084 N·m และ 0.074 N·m ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ จากการทดสอบเบรกไดนาโมมิเตอร์สามารถหาแรงบิดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กได้จากสมการที่ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการหมุนและแรงบิดมีสอดคล้องกันในทุก ๆ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก พบว่าความเร็วในการหมุนเมื่อไม่มีโหลด นั่นคือแรงบิดเป็นศูนย์ และในทางกลับกันเมื่อเพิ่มโหลดแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้กำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กสามารถหาได้จากสมการที่ (2) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 (b) กำลังทางกลเป็นการคูณระหว่างแรงบิดและความเร็วในการหมุนที่สอดคล้องกัน เนื่องจากไม่มีกำลังที่แรงบิดเป็นศูนย์ ในทำนองเดียวกันกับแรงบิด กำลังสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มโหลดในการเบรก โดยกำลังสูงสุดอยู่ที่ 1.718 W 2.198 W 2.382 W และ 2.469 W ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ

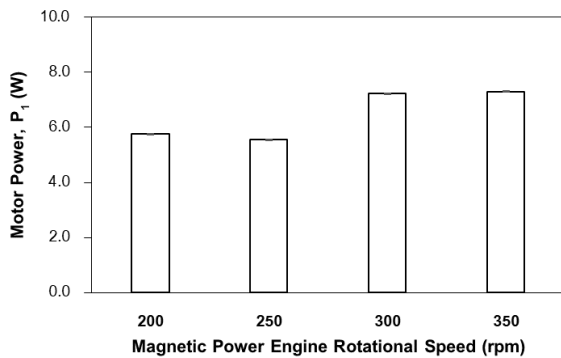


(a)

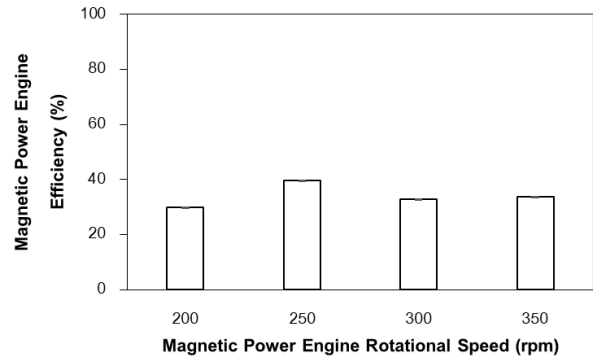


(b)

รูปที่ 3 (a) การเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบกับแรงบิดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก (b) การเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบกับกำลังทางกลของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก



(a)



(b)

รูปที่ 4 (a) การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้ามอเตอร์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก (b) การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก

พิจารณาจากรูปที่ 4 (a) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังทางไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็ก พบว่ากระแสไฟที่จ่ายให้มอเตอร์จะลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลง โดยกระแสไฟเฉลี่ยสูงสุดที่จ่ายให้แก่มอเตอร์มีค่า 5.751 W 5.551 W 7.228 W และ 7.301 W ที่ความเร็วรอบ 200 rpm 250 rpm 300 rpm และ 350 rpm ตามลำดับ พิจารณาจากรูปที่ 4 (b) ประสิทธิภาพทั้งหมดของเครื่องยนต์พลังแม่เหล็กพบว่ามีความแตกต่างกัน ที่ความเร็ว

รอบ 200 rpm มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ 29.879% ที่ความเร็วรอบ 250 rpm จะมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 39.609% ที่ความเร็วรอบ 300 rpm และ 350 rpm มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันคือ 32.963% และ 33.822%

5. สรุปผลงานวิจัย

จากการออกแบบ รูปร่าง และขนาดทำให้เครื่องยนต์พลังแม่เหล็กสามารถทำงานได้เสมือนเครื่องยนต์สันดาปภายใน แต่ไม่ต้องมีอุปกรณ์มากมายเหมือนกับเครื่องยนต์สันดาปภายในจึงทำให้มีน้ำหนักเบา อีกทั้งยังไม่ได้สร้างความร้อนให้กับกระบวนการสร้างกำลังจะทำให้ไม่จำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนซึ่งเป็นอีกทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคต แต่อาจมีข้อเสียด้านแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในการขับมอเตอร์ซึ่งอาจลดต่ำลง จึงจำเป็นต้องมีการชาร์จบ่อยครั้ง หรืออาจจะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งเพื่อพัฒนาใช้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายณรงค์ศักดิ์ ไวยภาพ นายประวีร์ ใต้บรรพพิทักษ์ นายศุภกิตต์ ฤทธิ์ประเสริฐ และนางสาวสุนิศา เล็กกลาง ที่สนับสนุนข้อมูลและทดลอง และขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาวัต ลี้จากภัย. (2565, สิงหาคม. 28). รถยนต์กับการเดินทางที่เพิ่งเริ่มต้น, แหล่งที่มา: https://www2.mtec.or.th/the-magazine/admin/upload/226_8-13-edit.pdf
- [2] M. Sudheer, K. Vasu and K. S. Vamsi, "Magnetic Piston Engine", *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics*, 3 (1), 2014, pp. 59-66.
- [3] T. Ahmad and D. Zhang, "A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far", *Energy Reports*, 6, 2020, pp. 1973-1991.
- [4] P. A. Owusu and S. Asumadu-Sarkodie, "A Review of Renewable Energy Sources, Sustainability Issues and Climate Change Mitigation", *Cogent Engineering*, 3, 2016, pp. 1-14.
- [5] World Energy Resources, World Energy Council, 2016, pp. 6-46.
- [6] V. Bhaskar, R. H. Prakash and B. D. Prasad, "Hydrogen Fuelled IC Engine – An Overview", *International Journal of Innovative Technology and Research*, 1 (1), 2013, pp. 46-53.
- [7] J. A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martinez and J. M. Marquez-Barja, "A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges", *Smart Cities*, 4, 2021, pp. 372-404.
- [8] H. Palacios. (2022, July. 20). Magnetic Repulsion Piston Engine (MRPE). [Online] Available: <https://contest.techbriefs.com/2011/entries/sustainable-technologies/1378>
- [9] ICELANDIC CO., LTD. (2022, August. 9). Permanent Magnet. [Online] Available: http://www.iclmagnet.com/products_list.php?type=Permanent%20Magnet
- [10] Ningbo Risheng Magnets Co., Ltd. (2022, August. 9). Grades of Neodymium Magnets. [Online] Available: https://www.rishengmagnets.com/products/neodymium-magnets?gclid=EAlalQobChMIIsZjmxriq-gIVypNmAh3OJAYZEAAYAiAAEgL78fD_BwE
- [11] P. Ganesh Bairavan and T. Anojan. "Design and Fabrication of Magnetic Engine", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 6 (4), 2017, pp. 17-21
- [12] K. Srirussamee, B. Hok and A. Phukaoluan. "Thermomechanical Performance of the Offset Crankshaft Heat Engine Driven by TiNiCu Shape Memory Alloys", *Engineering Journal*, 25(2), 2021, pp. 85-93.