

ETM-23

การทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อการสูญเสียพลังงานของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า Variables Test to Influence Energy Loss of Train Platform Screen Door Model

พงษ์พัฒน์ บุตรใส^{1*} และ เทอดเกียรติ ลิ้มปิติปราการ²

¹ บริษัทยูเรกา ดีไซน์ จำกัด (มหาชน) เลขที่ 19 หมู่ ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี
รหัสไปรษณีย์ 12150

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ถนน
รังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

*ติดต่อ: pongpat.mutt@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 081-407-4866

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อการสูญเสียพลังงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงานของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าที่มีระบบส่งกำลังแบบสายพาน ตัวแปรที่ทำการทดลองคือความเร็วในการเปิดปิดประตูซึ่งประกอบด้วยความเร็วที่ 0.15, 0.12, และ 0.1 เมตรต่อวินาที การคำนวณหาประสิทธิภาพจะอาศัยการเปรียบเทียบระหว่างกำลังงานที่ป้อนกับกำลังที่ออก กำลังงานที่ป้อนเข้าหาได้จากค่ากระแสไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์ ในขณะที่กำลังงานที่ออกคำนวณมาจากแรงกระทำที่ต้องเอาชนะความเสียดทานและแรงกระทำจากอัตราเร่งที่ต้องการ จากการทดลองพบว่า การลดความเร็วในการเปิดและปิดประตู 33 % และลดแรงเสียดทานในระบบลงประมาณ ¼ นั้นทำให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ 14%

คำหลัก: ประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า, พลังงานไฟฟ้า, ความเร็วในการเปิดและปิดประตู, แรงเสียดทาน

Abstract

This article is intended to test the variables that affect energy loss and energy efficiency in the model of a train platform screen door with a belt-drive transmission. The test variables are the speeds of the door opening and closing, which are 0.15, 0.12, and 0.1 m/s. A comparison between an input power to an output power is used to calculate the system efficiency. The input power is computed based on an electrical current of the motor while the out power is calculated based on the measured frictional force and the accelerating force. The experiment showed that when the speed of the door is reduced by 33%, and the frictional force is reduced by ¼, the energy loss is reduced by 14%.

Keywords: Train Platform Screen Door, Electrical Energy, Opening and Closing Door Speed, Friction Force

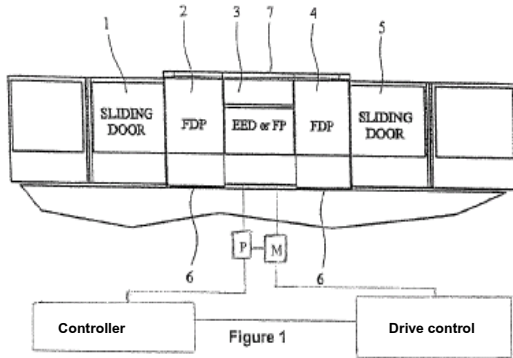
1. บทนำ

ปัจจุบันบนสถานีรถไฟฟ้าในกรุงเทพมหานครได้มีการติดตั้งประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าเกือบทุกสถานี เพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ให้บริการ [1] ซึ่งประตูดังกล่าวเป็นประตูที่มีความสูงครึ่งหนึ่ง (Half height platform screen door) หรือมีความสูงในช่วง 1.3-1.5

m ความกว้างของประตูขณะเปิดสุด 1.8 m [2] มีความเร็วในการเปิดและปิดประตูไม่เกิน 0.6 m/s และมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ประตูเลื่อน (Sliding door 1,5) ช่องสำหรับใส่ระบบขับเคลื่อนประตู (Fix driving panel 2,4) ประตูฉุกเฉินหรือประตูที่อยู่กับที่ (Emergency exit door or fix panel 3,7) และชุด

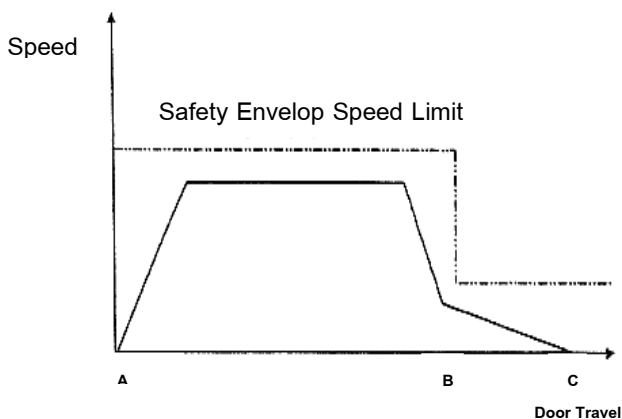
ETM-23

ควบคุมการขับเคลื่อนประตู (Driving controller 6) ดัง
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า [3]

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลที่สถานีรถไฟฟ้าสยามพบว่า ระยะเวลาในการเปิดประตูไม่เกิน 3 s ระยะเวลาในการปิดประตูไม่เกิน 3 s และในช่วงการปิดประตูนั้นจะมีการลดความเร็วลงอีกระดับหนึ่งก่อนที่ประตูจะปิดสนิท เพื่อป้องกันการหนีผู้โดยสาร รูปที่ 2 เป็นตัวอย่างที่ได้จากการทบทวนสิทธิบัตร [3] และรูปที่ 3 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลที่สถานีรถไฟฟ้าสยาม ตามลำดับจำนวนประตูที่ติดตั้งบนสถานีรถไฟฟ้าทั้งสองฝั่งมีจำนวน 46 ชุด แต่ใช้งานเพียง 16 ชุดต่อฝั่ง เท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนตัวรถ (Car train) และจำนวนประตูของรถไฟฟ้า [4] นอกจากนี้ยังพบว่า เวลาเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าเข้ามายังสถานีอยู่ที่ 2.45 นาที ดังนั้นประตูต้องทำการเปิดและปิดไม่ต่ำกว่า 465 ครั้งต่อวัน โดยประมาณ [5]



รูปที่ 2 แสดงโปรไฟล์ความเร็วในการปิดประตู [3]



รูปที่ 3 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลที่สถานีรถไฟฟ้าสยาม

ตัวแปรที่มีผลต่อการสูญเสียพลังงานของประตูกันชนชาลารถไฟฟ้ามี 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบส่งกำลัง และโหลด การสูญเสียที่มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ การสูญเสียแบบคงที่ (Fix losses) และการสูญเสียแบบแปรผัน (Variable loss) ซึ่งการสูญเสียแบบคงที่นั้นจะเกิดขึ้นที่แกนเหล็ก แรงเสียดทานในตลับลูกปืนและแรงลมจากครีบบรรยากาศ (Friction and windage losses) โดยคิดเป็น 26% ของการสูญเสียทั้งหมด ในส่วนการสูญเสียแบบแปรผันกับโหลดนั้นจะเกิดขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์ (Stator losses) ขดลวดโรเตอร์ (Rotor losses) และเกิดจากภาระการใช้งาน (Stray load losses) โดยคิดเป็น 74% ของการสูญเสียทั้งหมด [6,7,8,9,10,11] นอกจากนี้ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะลดลงอย่างมากหากให้มอเตอร์ทำงานต่ำกว่า 50% ของพิกัดโหลด [12] การสูญเสียในระบบส่งกำลังของแบบจำลองในที่นี่จะเกิดขึ้นที่สายพานฟัน (Timing belt) และรางเลื่อน (Linear motion guide) ซึ่งการสูญเสียที่สายพานฟันนั้นจะเกิดขึ้นน้อยมากเนื่องจากไม่เกิดการลื่นไถล (Slip) และการครีพ (Creep) ของสายพาน แต่อย่างไรก็ตามต้องระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงแรงบิดอย่างทันทีทันใด (Shock load) ของการส่งกำลัง เนื่องจากจะเกิดความเสียหายแก่ฟันของสายพาน แต่สามารถแก้ไขได้โดยการเลือกสายพานฟันแบบโพลียูรีเทน (Polyurethane timing belt) โดยทั่วไปประสิทธิภาพของสายพานฟันจะอยู่ในช่วง 97-99% และเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำและความเร็วต่ำถึงปานกลาง [13] ในส่วนของการสูญเสียที่รางเลื่อนนั้นจะเกิดจากแรงเสียดทานเป็นหลัก โดยทั่วไปจะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ (Dynamic friction coefficient) จะไม่เกิน 0.01 และใช้

ETM-23

สารหล่อลื่นประเภทจารบีสังเคราะห์ที่มีสารอุมน้ำมันอะลูมิเนียมเชิงซ้อน (Aluminium complex) [14] นอกจากนี้ยังพบว่า ในทางทฤษฎีการลดความเร็วการเปิดและปิดประตู 20% จะช่วยลดพลังงานลงไป 12.5 % [15] ดังนั้นในบทความนี้จะทำทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อการสูญเสียพลังงานของประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า โดยจะทดสอบกับแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งมีตัวแปรที่จะทำการทดสอบคือ แรงเสียดทาน (Friction) และความเร็วในการเปิดและปิดประตู (Speed profile) ที่ความเร็ว 0.15 m/s, 0.12 m/s และ 0.1 m/s ตามลำดับ จากนั้นจะทำการเก็บค่ากระแสไฟฟ้าผ่านซอฟต์แวร์อะดูอิน (Aduino) เพื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบ และเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแบบจำลอง ซึ่งรายละเอียดของทางเทคนิคของแบบจำลอง ทฤษฎี และวิธีการทดลองจะขอก้าวในหัวข้อถัดไป

2. ข้อมูลทางเทคนิค และข้อจำกัด

2.1 ข้อมูลทางเทคนิค

ข้อมูลทางเทคนิคของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าสามารถแสดงไว้ดังตารางที่ 1 รายละเอียดของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า และรูปที่ 4 แสดงแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า ตารางที่ 1 รายละเอียดของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า

รายการ	รายละเอียด
1. ชนิดของระบบประตู	ประตูกันชนชาลาแบบความสูงครึ่งหนึ่ง
2. ขนาดของแบบจำลอง	1,800x500x30 mm ³
3. โครงสร้าง	อะลูมิเนียมและกระจก
4. โหลด	4.58 kg
5. ระยะเวลาในการเปิดประตู	ไม่เกิน 3 s
6. ระยะเวลาในการปิดประตู	ไม่เกิน 3 s
7. ระยะห่างระหว่างกึ่งกลางกลางถึงขอบประตู	300 mm
8. ความเร็วสูงสุด	ไม่เกิน 0.15 m/s
9. แรงที่ใช้ในการเปิดประตู	32.96 N
10. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่บริเวณรางเลื่อน (μ)	0.24

ตารางที่ 1 รายละเอียดของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า (ต่อ)

11. มอเตอร์และอัตราทด	มอเตอร์ DC 24 V 4300 rpm อัตราทด 1:150
12. ขนาดพูลส์	32 mm
13. ระบบควบคุม	PLC MITSUBISHI MELSEC FX2N-64MR



รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า

2.2 ข้อจำกัด

1) แบบจำลองถูกย่อส่วนจากการใช้ระบบประตูที่ใช้งานจริงลงมา 3 เท่า และโหลดของแบบจำลองไม่สัมพันธ์กับโหลดของประตูที่ใช้งานจริง เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างของแบบจำลองเป็นอะลูมิเนียม ส่วนวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างของประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเป็นสแตนเลส (Stainless steel) ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าอะลูมิเนียม (Aluminium)

2) ในช่วงการปิดประตูแบบจำลองไม่สามารถลดความเร็วก่อนปิดประตูสนิทได้

3. ทฤษฎี

ทฤษฎีที่ใช้ในการหาการใช้พลังงานของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าจะเริ่มจากการหาแรงเสียดทาน และแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของประตูตามกฎข้อที่สองของนิวตัน (Second Newton's law) ดังสมการที่ 1 และ 2

$$F_f = \mu N \quad (1)$$

เมื่อ F_f คือ แรงเสียดทาน (N)
 μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
 N คือ แรงเนื่องจากน้ำหนัก (N)

ETM-23

และ

$$F = ma \quad (2) \quad \text{และ}$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (N)

m คือ มวลของประตู่ (kg)

a คือ ความเร่ง (m/s^2)

จากนั้นก็จะทำการหาความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของ
ประตู่ และแรงบิดของมอเตอร์ ดังสมการที่ 3 และ 4

$$v = r\omega \quad (3)$$

เมื่อ v คือ ความเร็วของประตู่ (m/s)

r คือ รัศมีของพูเล่ (m)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

และ

$$T = Fr \quad (4)$$

เมื่อ T คือ แรงบิด ($\text{N}\cdot\text{m}$)

สุดท้ายจึงทำการหางาน (Work) กำลังงานทางกล กำลัง
งานทางไฟฟ้า และประสิทธิภาพของระบบ ดังสมการที่
5, 6, 7, 8 และ 9

$$U = Fs \quad (5)$$

เมื่อ U คือ งาน (J)

s คือ ระยะทาง (m)

$$P_m = Fv \quad (6)$$

เมื่อ P_m คือ พลังงานทางกล (W)

หรือ

$$P_m = \frac{2\pi Tn}{60} \quad (7)$$

เมื่อ n คือ จำนวนรอบ (rpm)

และ

$$P_e = VI \quad (8)$$

เมื่อ P_e คือ กำลังงานทางไฟฟ้า (W)

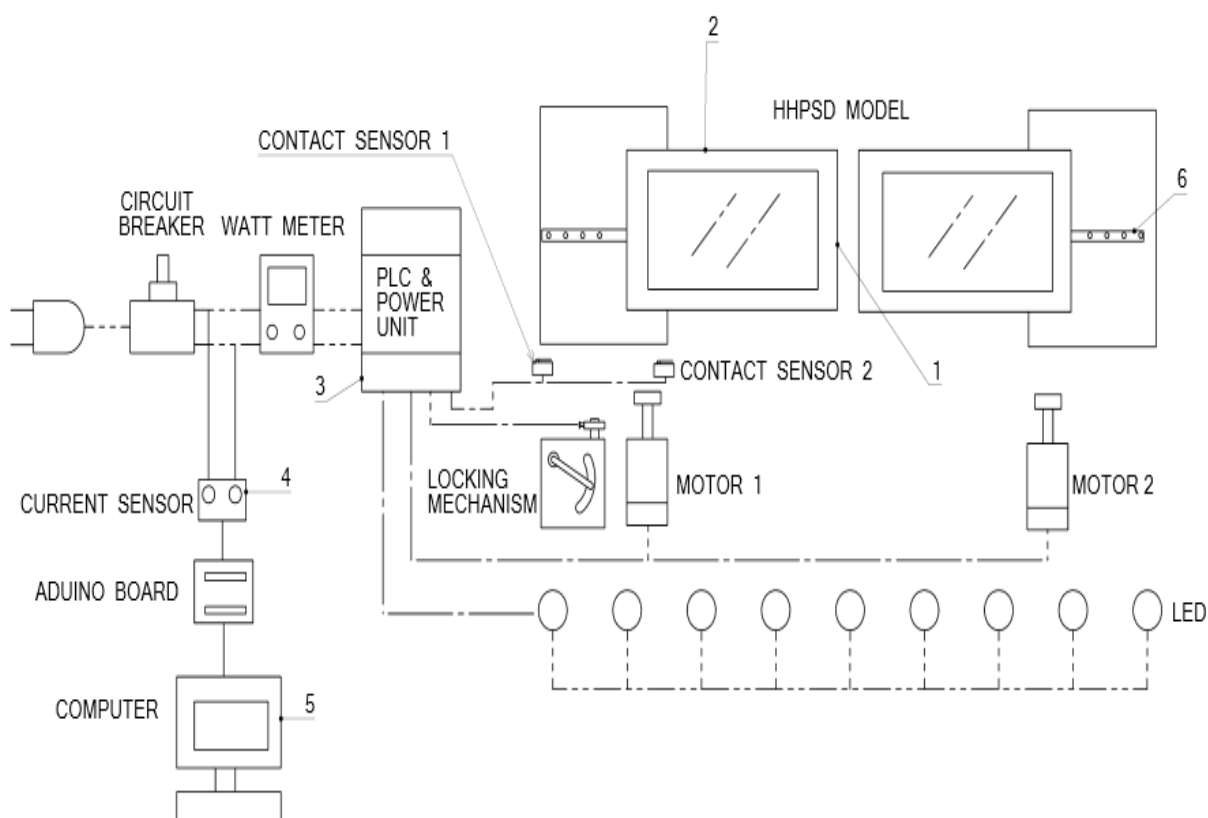
V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

และ

$$\eta = \frac{\text{power}_{\text{output}}}{\text{power}_{\text{input}}} \times 100 \quad (9)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของระบบ (%)



รูปที่ 5 แผนภาพวิธีการวัดและเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า

ETM-23



รูปที่ 6 การวัดแรงเสียดทานของระบบ



รูปที่ 7 การปรับค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุมความเร็วในการเปิดและปิดประตู



รูปที่ 8 การวัดความเร็วของประตู



รูปที่ 9 การบันทึกผลค่ากระแสไฟฟ้าผ่านซอฟต์แวร์อะคูไอโน

4. วิธีการทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

การหาการใช้พลังงานของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้า จะทำการวัดค่าสำคัญ 5 ส่วน คือ แรงที่ใช้ในการเคลื่อน ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ความเร็วของประตู ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า การวัดค่าเหล่านี้จะวัดตรงตำแหน่งต่างๆ ของแบบจำลองซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 5 แผนภาพวิธีการวัดและเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ก่อนการปรับปรุงแรงเสียดทาน และหลังการปรับปรุงแรงเสียดทาน การทดลองในช่วงก่อนการปรับปรุงแรงเสียดทานจะเริ่มต้นจากเตรียมแบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบ และใช้สารหล่อลื่นที่บริเวณรางเลื่อนเป็นสารประเภทจารบีสังเคราะห์ที่มีสารอู่ม้ำมันอะลูมิเนียมเชิงซ้อน จากนั้นจะทำการวัดแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของประตูและหาแรงเสียดทานของระบบที่จุดที่ 1 ซึ่งสามารถวัดได้โดยเครื่องมือทดสอบแรงดึง (Tensile force gauge) ดังแสดงในรูปที่ 6 จากนั้นจะทำการปรับค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของประตูดังแสดงในรูปที่ 7 โดยกระทำที่จุดที่ 3 ให้ได้ตามเงื่อนไขการทดสอบ คือ 0.15 m/s, 0.12 m/s และ 0.1 m/s ตามลำดับ ที่จุดที่ 2 เป็นจุด

ที่ใช้วัดความเร็วของประตูโดยใช้เครื่องวัดความเร็ว (Tachometer) ดังแสดงในรูปที่ 8 จากนั้นจะทำการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าผ่านเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าบอร์ดและ ซอฟต์แวร์อะคูไอโนเพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพของระบบที่จุดที่ 4 และ 5 ดังแสดงในรูปที่ 9 การบันทึกผลค่ากระแสไฟฟ้าผ่านซอฟต์แวร์อะคูไอโน สุดท้ายในช่วงหลังการปรับปรุงแรงเสียดทานทำการเปลี่ยนสารหล่อลื่นประเภทโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (Molybdenum disulfide) ที่บริเวณรางเลื่อนที่จุดที่ 6 และทำการทดลองซ้ำดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

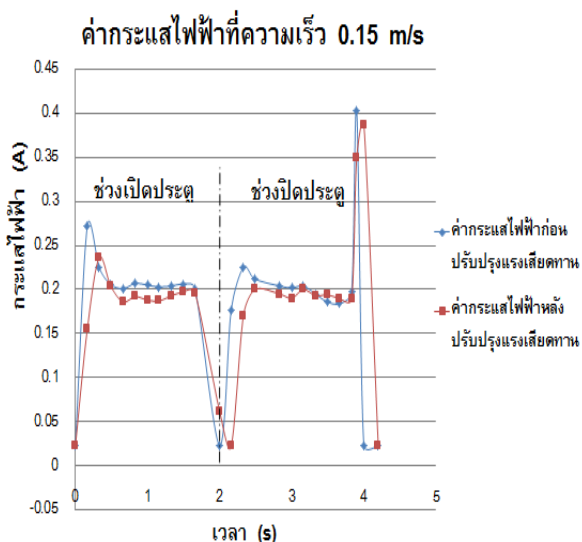
4.2 ผลการทดลอง

การทดลองการหาการใช้พลังงานของแบบจำลองประตูกันชนชาลารถไฟฟ้าขนาด $1,800 \times 500 \times 30 \text{ mm}^3$ ที่มีระบบส่งกำลังแบบสายพาน น้ำหนักของบานประตู 4.58 kg เส้นผ่าศูนย์กลางของพูเล่ 32 mm ระยะห่างจากกึ่งกลางประตูถึงขอบประตู 300 mm และใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 V ความเร็วรอบ 4,300 rpm และมีอัตราทด 1:150 พบว่า ในช่วงก่อนการปรับปรุงค่าแรงเสียดทานซึ่งใช้สารหล่อลื่นประเภทจารบีสังเคราะห์หล่อลื่นที่บริเวณรางเลื่อนจะใช้แรงในการ

ETM-23

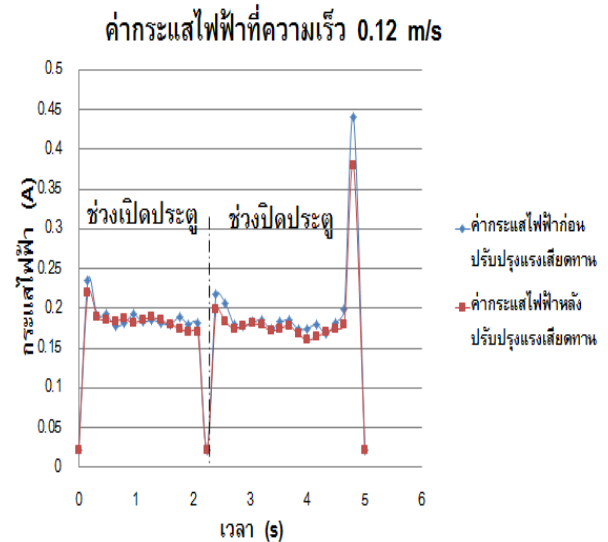
เคลื่อนประตูลง 32.96 N และมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่รางเลื่อนเท่ากับ 0.24 และในช่วงหลังการปรับปรุงค่าแรงเสียดทานซึ่งใช้น้ำมันหล่อลื่นประเภทโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์จะใช้แรงในการเคลื่อนประตูลง 29.82 N และมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่รางเลื่อนเท่ากับ 0.18 เท่านั้น คือ ลดลง 25%

ความเร็วในการเปิดและปิดประตูของแบบจำลองที่ความเร็ว 0.15 m/s มีอัตราเร่ง 0.15 m/s^2 ระยะเวลาในการเปิดประตู 2 s และปิดประตู 2 s ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า 89.53 rpm ซึ่งให้แรงบิดและกำลังงานขาออกในช่วงก่อนการปรับปรุงแรงเสียดทานเท่ากับ 0.54 N-m และ 10.10 W ตามลำดับ ซึ่งใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 220 V และ 0.19 A รูปที่ 10 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ความเร็ว 0.15 m/s คิดเป็นกำลังงานขาเข้า พลังงานไฟฟ้า และประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 41.80 W , 2 kWh และ 24.16% ตามลำดับ สำหรับในช่วงหลังการปรับปรุงแรงเสียดทานแรงบิดและกำลังงานขาออกของแบบจำลองเท่ากับ 0.49 N-m และ 9.16 W ตามลำดับ ซึ่งใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 220 V และ 0.18 A คิดเป็นกำลังงานขาเข้า พลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 39.60 W , 1.90 kWh และ 23.13% ตามลำดับ

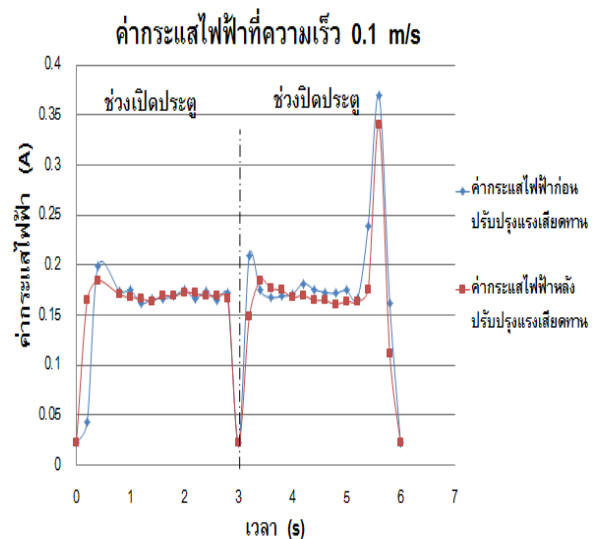


รูปที่ 10 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ความเร็ว 0.15 m/s

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าของแบบจำลองที่ความเร็ว 0.12 m/s และ 0.1 m/s จะแสดงในรูปที่ 11 และรูปที่ 12 โดยการคำนวณค่าต่างๆ จะแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 11 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ความเร็ว 0.12 m/s



รูปที่ 12 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ความเร็ว 0.10 m/s

ETM-23

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการหาค่าการใช้พลังงานที่ความเร็วต่างๆ

ความเร็วของประตู (m/s)	อัตราเร่ง (m/s ²)	ระยะเวลาในการเปิดประตู (s)	ระยะเวลาในการปิดประตู (s)	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงบิด (N.m)	กำลังงานขาออก (W)	กำลังงานขาเข้า (W)	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย (A)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ประสิทธิภาพ (%)
0.15	ก่อนปรับปรุง แรงเสียดทาน	0.15	2	89.53	0.54	10.10	41.80	0.19	2.00	24.16
	หลังปรับปรุง แรงเสียดทาน				0.49	9.160	39.60	0.18	1.90	23.13
0.12	ก่อนปรับปรุง แรงเสียดทาน	0.12	2.50	71.62	0.54	8.04	39.60	0.18	1.90	20.30
	หลังปรับปรุง แรงเสียดทาน				0.49	7.28	37.40	0.17	1.79	19.46
0.10	ก่อนปรับปรุง แรงเสียดทาน	0.10	3	59.68	0.53	6.68	35.20	0.16	1.68	18.97
	หลังปรับปรุง แรงเสียดทาน				0.48	6.06	33	0.15	1.58	18.36

5. อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองมีประเด็นที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

1. ในส่วนของการทดลองนั้นตรงตามสมมติฐานที่คาดหวังไว้ คือ การลดความเร็วในการเปิดและปิดประตู และแรงเสียดทานของระบบนั้นสามารถประหยัดพลังงานได้ ซึ่งสามารถดูได้ผลการทดลองที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การลดความเร็ว 33% และแรงเสียดทานลง 25% สามารถลดการสูญเสียพลังงานลงได้ 14% โดยคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าที่ 2 kWh เทียบกับ 1.58 kWh

2. เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพสูงสุดของแบบจำลองซึ่งมีค่าเพียง 24.16% ซึ่งถือว่าประสิทธิภาพของแบบจำลองยังต่ำอยู่ เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานต่ำกว่า 50% ของพิกัดโหลด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องภาระและประสิทธิภาพของมอเตอร์ [12]

3. ในช่วงการปิดประตูของการทดลองที่ความเร็ว 0.15 m/s ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าสูงสุดประมาณ 0.4 A เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าต้องเอาชนะแรงจากกลไกการล๊อคประตูก่อนที่จะปิดสนิท ซึ่งเป็นกลไกทางกล (Mechanical mechanism)

6. สรุปผล

ในบทความนี้ทำการทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อการสูญเสียพลังงานของแบบจำลองระบบประตูกันชนอาคารไฟฟ้า ซึ่งตัวแปรที่ทำการทดสอบคือ ความเร็วในการเปิดและปิดประตู และแรงเสียดทานของระบบ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การลดความเร็วแรงเสียดทานลง 33% และแรงเสียดทานของแบบจำลองประตูกันชนอาคารไฟฟ้าลง 25% สามารถลดการสูญเสียพลังงานลงได้ 14%

2. การเลือกอัตราทดของมอเตอร์เกียร์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน และการปรับเปลี่ยนขนาดของพูล์เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดการใช้พลังงานได้เช่นกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ) ที่ให้ทุนสนับสนุนประจำปี 2555 ในงานวิจัยด้านระบบประตูกันชนอาคารไฟฟ้า และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (2556). ประตูกันชนอาคารไฟฟ้า, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.bts.co.th/eMail_Event/achieve_ebook/032013/eBook_Enews.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 06/04/2556.
- [2] Westinghouse Platform Screen Doors. (2013). Platform screen door, URL: <http://www.platformscreendoors.com/en/products/psd/platformscreendoors.jsp>, access on 09/02/2013.
- [3] U.S. Patent No. 8,183,811B2,2012.
- [4] บริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (2556). ระบบรถไฟฟ้า, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.bts.co.th/corporate/th/02_system_mk1.aspx, เข้าดูเมื่อวันที่ 31/05/2558.
- [5] บริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (2556). ตารางการเดินรถไฟฟ้า, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา

ETM-23

<http://www.bts.co.th/customer/th/pdf/ServiceTimetable.pdf>. เข้าดูเมื่อวันที่ 06/04/2556.

[6] R. Saidur (2009). A review on electrical motors energy use and energy savings, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 14, October 2009, pp 877-898.

[7] Copper development association inc. (2015). Introduction to Premium Efficiency Motors, URL: http://www.copper.org/environment/sustainable-energy/electric-motors/education/motor_text.html, access on 31/05/2015.

[8] McCoy GA, Litman T, Douglass JG. Energy-efficient electric motor selection handbook. Olympia, Washington: Washington State Energy Office; 1993.

[9] Jayamaha L. Energy efficient building systems. McGraw Hill Publisher; 2008.

[10] Gao X. Energy consumption of HVAC variable speed pumping systems, PhD Thesis, The University of Alabama, Tuscaloosa, Alabama, USA; 2002.

[11] Chaudhari S. Load Based Energy Savings in Three Phase Squirrel Cage Induction Motors, PhD thesis, West Virginia University, Morgantown, West Virginia, USA; 2004.

[12] ฤชากร จีรกาลวสาน (2549). ภาวะและประสิทธิภาพมอเตอร์, สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. 2549, หน้า 84-95

[13] Anibal De Almeida, Steve Greenberg. (1995). Technology assessment: energy efficiency belt transmission, Energy and building, Vol.22, 1995, pp.245-253.

[14] IKO. (2015). Linear motion guide, URL: <http://ikont.co.jp/eg/>, access on 08/06/2015.

[15] เทอดเกียรติ ลิ้มปิที่ปรากการ และ พงษ์พัฒน์ บุตรใส (2556). การวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานของระบบประตูกั้นชันชาลารถไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

[16] มณตรี พิรุณเกษร (2550). กลศาสตร์วิศวกรรมภาคพลศาสตร์, กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

[17] อิบเบเลอว์, อาร์. ซี. (2548). กลศาสตร์วิศวกรรมภาคพลศาสตร์. แปลโดย อินทรชิต หอวิจิตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

[18] เอก ไชยสวัสดิ์. (2541). การวัดและเครื่องมือวัดไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพลส.