



ศึกษาการทำงานของรถไฟฟ้าร่วมพลังงานแสงอาทิตย์

A STUDY OF THE MINI TRUCK DRIVER BY ELECTRIC MOTOR AND SOLAR CELL

อเนก ดัสกรณ¹, วชิรากร ใจตรง², เอกภูมิ บุญธรรม² และ มนตรี วงศ์ศิริวิทยา^{2*}

Anek Dassakorn¹, Wacharakron Jaitong², Eakpoom Boonthum²

and Montree Wongsiriwittaya^{2*}

¹ ภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ ประเทศไทย 46000

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

¹ Department of Automotive Technology, Kalasin Technical College, Muang Kalasin, Kalasin, Thailand, 46000

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author E-mail: Montree.W@yahoo.com

วันที่เข้าระบบ 15 กรกฎาคม 2563

วันที่แก้ไขบทความ 1 สิงหาคม 2563

วันที่ตอบรับบทความ 29 สิงหาคม 2563

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบ และสร้างรถบรรทุก 3 ล้อ ขนาด 3 ที่นั่ง ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขนาด 115×245×160 เซนติเมตร และใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีกำลังไฟฟ้าขนาด 48 โวลต์ 750 วัตต์ และความเร็รรอบ 2900 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนโดยมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 310 วัตต์ 37.6 โวลต์ 8.27 แอมแปร์ จำนวน 1 แผง ต่อเข้ากับแหล่งประจุไฟฟ้าเสริมให้แก่แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์ ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ต่อแบบอนุกรมเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับขนาดมอเตอร์ขณะการขับเคลื่อน ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการทดลองที่ความเร็ว 20, 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเทียบระยะทางการวิ่งรถแบบไม่บรรทุก ซึ่งได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน พบว่า (1) การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ได้ระยะทางเป็น 86.73 ± 1.8 , 81.44 ± 2.1 และ 76.30 ± 2.3 กิโลเมตรตามลำดับความเร็ว และหลังจากได้ทดลองขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าร่วมกับโซล่าเซลล์ได้ระยะทางเพิ่มขึ้นมาประมาณ 8 ถึง 10 กิโลเมตร (2) ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ต่อความเร็วระยะทางเมื่อเทียบกับการใช้แบตเตอรี่และขับเคลื่อนร่วมกับโซล่าเซลล์ พบว่ามีอัตราการใช้กระแสไม่แตกต่างกันอยู่ที่ 5, 8 และ 14 แอมแปร์ ตามลำดับความเร็วระยะทาง

คำสำคัญ: โซล่าเซลล์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

The purpose of this research is to design and build a 3-wheel mini truck with 3 seats, powered by electricity from batteries together with solar power whose dimension is 115 x 245 x 160 cm. A DC motor with a power of 48 volts, 750 watts and 2900 revolutions per minute is used as the driving power with a 310 Watts 37.6 Volt 8.27 Ampere solar panel connected to the electric source for supplementary to 4 batteries of 12 volts, 45 ampere per hour which are used as a power source for motor control while driving. This research was conducted at speeds of 20, 30 and 40 kilometers per hour compared to the driving distance of unloaded vehicles. The experiment was divided into 2 parts, and it was found that (1) the distances of electric propulsion from batteries were 86.73, 81.44 and 76.30 km according to the ordinal speeds, respectively. After experimenting with electric driving with solar cells, the distances were increased by about 8 to 10 kilometers. (2) When the current value of electricity used per distance speed distance was compared with that of using a battery and driven with solar cells, it was found that the current rate was not different at 5, 8 and 14 amperes according to their distance speeds, respectively.

Keywords: Solar cell, DC motor, Solar power

1. บทนำ

การเดินทางเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งของมนุษย์ และปัจจุบันยังมีการพัฒนายานพาหนะสำหรับใช้อำนวยความสะดวกโดยเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อตอบการเพิ่มขึ้นของมนุษย์ที่มีมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลให้ความต้องการในการใช้ยานพาหนะมีมากขึ้นตามไปด้วย (Husain *et al.*, 2018) และยานพาหนะในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่จะเป็น รถยนต์ และรถมอเตอร์ไซด์ ซึ่งส่วนมากใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น แต่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา จึงต้องมีการคิดค้นและพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนเพื่อนำมาใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (Diouf & Avis, 2019; Rizzo, 2010) คือรถไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมพลังงานแสงอาทิตย์

การพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งปัจจุบันจะมีปัจจัยหลักอยู่ 3 อย่างด้วยกัน คือ ส่วนแรกเป็นแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยต้องมีการออกแบบให้สามารถใช้งานที่ยาวนานขึ้น ส่วนที่สองระบบส่งกำลังได้ออกแบบและสร้างเพลาส่งกำลังล้อให้เหมาะสมกับชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบเบรก ส่วนที่สามระบบบังคับเลี้ยวได้ต้องมีการออกแบบและ

ปรับให้มุมบังคับเลี้ยวล้อหน้าด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไป ในขณะรถเคลื่อนที่ และการที่จะใช้งานรถไฟฟ้าร่วมโซล่าเซลล์ได้นั้นต้องประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Rizzo, 2010)

พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมาในรูปของแสงแดด ประกอบด้วยพลังงานแสงและพลังงานความร้อน โดยพลังงานทั้งสองส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งตรงกับเป้าหมายของประเทศไทยที่จะอนุรักษ์การใช้พลังงานและชะลอการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล (Cross & Murray, 2018) เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมขนส่ง (Binz & Anadon, 2018) และได้ส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าให้มีการอนุรักษ์พลังงานในภาคขนส่งและบริการเติมประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า (Secinaro *et al.*, 2020) ซึ่งเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานสะอาด ลดก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ และยังลดการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศไทย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการสร้างรถสามล้อบรรทุกับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าต้นแบบที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ร่วมโซล่าเซลล์เป็นยานพาหนะที่ปราศจากไอเสีย (Tiano *et al.*, 2018) และสามารถทำการควบคุมการขับที่ได้ง่าย คล่องแคล่ว ไม่มีเสียงรบกวน บำรุงรักษาง่ายกว่า เพื่อตอบโจทย์การชะลอใช้พลังงานจากฟอสซิลให้มากขึ้น โดยได้ศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานความเร็วต่อระยะทางของรถบรรทุกขนาดเล็กที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าร่วมโซล่าเซลล์ โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด และสามารถซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย อุปกรณ์น้อย และประหยัด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนารถขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และโซล่าเซลล์
- 2.2 เพื่อศึกษาความเหมาะสมของระยะทางต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมโซล่าเซลล์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิจัยนี้เป็นการทดลอง และวิจัยเพื่อนำมาวางแผนรูปแบบการพัฒนาบรรทุกับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมในการใช้งานเพื่อมุ่งหาสมรรถนะของรถบรรทุกับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการออกแบบรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ร่วมโซล่าเซลล์ 3.1.1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ไฟฟ้า และรถสามล้อไฟฟ้าร่วมโซล่าเซลล์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ร่วมโซล่าเซลล์และศึกษาลักษณะขนาดและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อน ขนาด และชนิด ของแบตเตอรี่ และการควบคุมความเร็วของมอเตอร์

3.1.2. ศึกษารายละเอียด และออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง ออกแบบรายละเอียด และ
ทำการสร้างรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ร่วมโซล่าเซลล์

3.1.3. ทดสอบและเก็บผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบและปรับปรุงแก้ไข

3.2 การออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์

3.2.1 ชุดควบคุม และระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Brushless DC motor gear) กำลังไฟฟ้า 48 โวลต์ 750 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2900 รอบต่อนาที ร่วมกับชุดเกียร์ที่มีอัตรา
ทด 6:1 ต่อเข้ากับเพลาเป็นตัวส่งกำลังไปยังล้อ

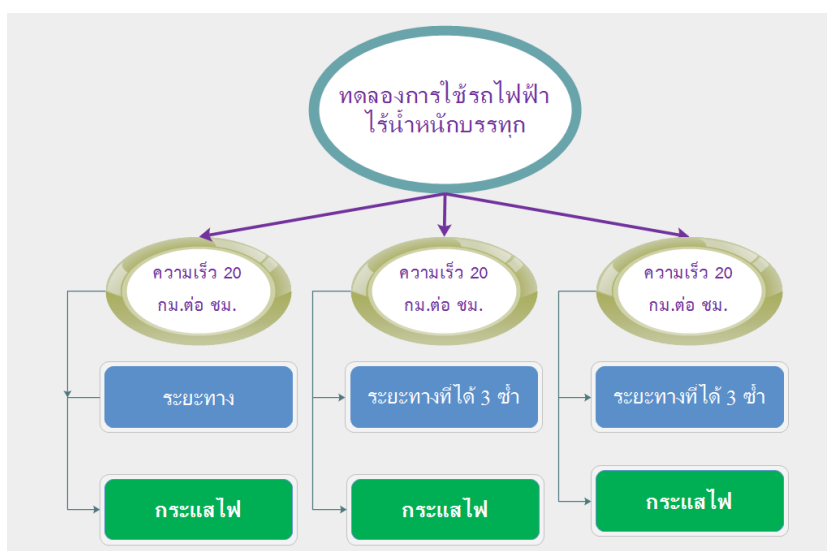
3.2.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามี 2 ส่วนได้แก่

3.2.2.1 กำลังงานไฟฟ้าที่ส่งไปยังระบบส่งกำลังของรถไฟฟ้า โดยอาศัยกำลังงานไฟฟ้า
จากแผงโซล่าเซลล์ชนิดแบบผสม (Poly crystalline) 310 วัตต์ 37.6 โวลต์ 8.27 แอมแปร์ จำนวน 1
แผง ต่อเข้ากับ

3.2.2.2 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก

3.3 ออกแบบแผนการทดลอง

ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองโดยได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) กำหนดให้รถมี
อัตราความเร็วที่ 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยกำหนดให้รถใช้น้ำหนักบรรทุก จากนั้นจะ
ทำการวัดระยะทางที่วิ่งได้ และรวมกับกระแสไฟที่ใช้ของแต่ละการทดลอง ซึ่งการทดลองนี้ได้ทำการ
ทดลองใช้แบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ร่วมกับโซล่าเซลล์ ดังแสดงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนการทดลองความเหมาะสมการใช้รถไฟฟ้าร่วมกับโซล่าเซลล์

3.4 วิธีการทดลอง

การทดลองสมรรถนะโดยการขับเคลื่อนด้วยกำลังงานของแบตเตอรี่ที่ความเร็ว 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้ำหนักตัวรถ 120 กิโลกรัม น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรวม 180 กิโลกรัม โดยได้ทำการทดลองการเดินระยะทางที่รถสามารถวิ่งได้จริงซึ่งการทดลองนี้มีอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ การทดลองขับเคลื่อนรถโดยใช้แบตเตอรี่อย่างเดียว และการทดลองใช้แบตเตอรี่ร่วมกับโซล่าเซลล์ เพื่อหาสมรรถนะรถไฟฟ้าของระยะทางที่ได้และกระแสที่ใช้ในแต่ละความเร็ว

3.4.1 การทดลองขับเคลื่อนรถไฟฟ้าเพื่อหาระยะทางที่ได้เทียบกับความเร็ว โดยทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ระยะ 5 กิโลเมตร ซึ่งการทดลองนี้ได้ทำการชาร์ตแบตเตอรี่เต็มแล้ว หลังจากนั้นนำมาขับเคลื่อนที่ความเร็วดังกล่าว และใช้จนกว่าแบตเตอรี่จะหมดและจดบันทึกค่าของระยะทางที่ได้ และทำการทดลอง 3 ครั้ง แสดงภาพที่ 1

3.4.2 การทดลองการใช้กระแสของมอเตอร์ขณะขับเคลื่อนของแต่ละความเร็ว ซึ่งการทดลองนี้เหมือนข้อ (3.4.1) และทดลองช่วงเวลา 8.00 ถึง 16.00 น. ของเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 โดยการทดลองนี้ในขณะขับเคลื่อนที่ความเร็วต่างๆ ผู้วิจัยยังทำการบันทึกข้อมูลการใช้กระแสของมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า และนำไปสรุปอัตราการใช้กระแสต่อความเร็วที่ทดลอง

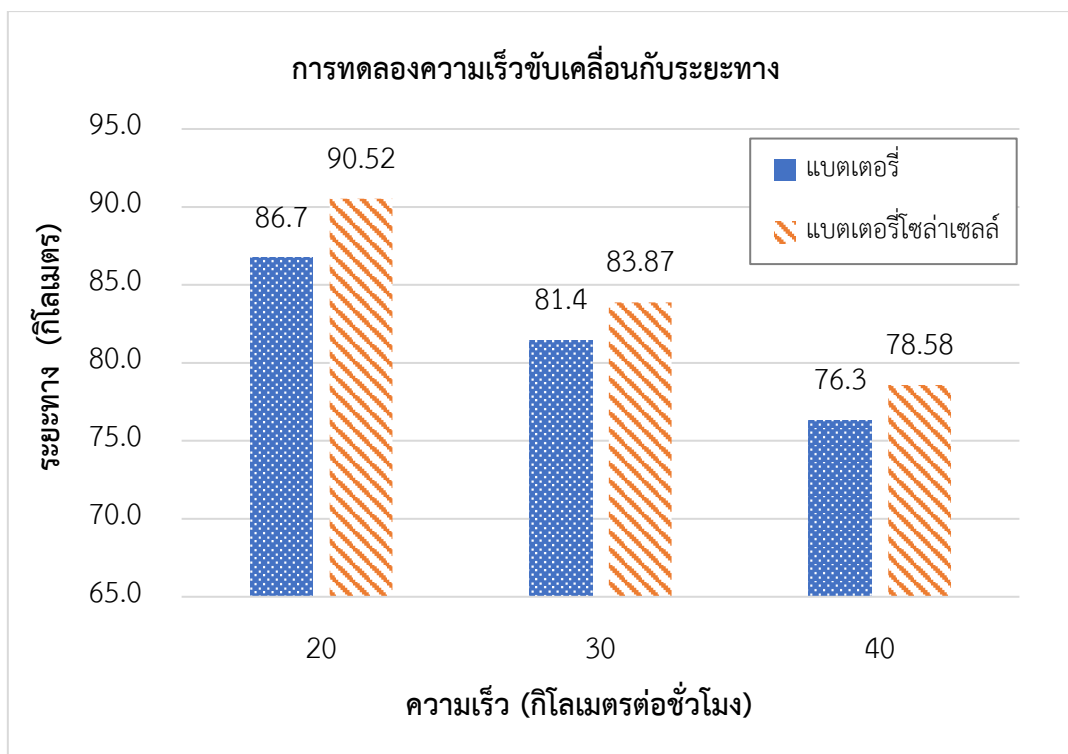
4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองสมรรถนะของรถไฟฟ้าเป็น 2 ส่วน คือ (1) การทดลองวิ่งระยะทางที่ความเร็ว 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อหาระยะทางที่วิ่งได้ต่อการชาร์ตแบตเตอรี่และใช้ร่วมกับโซล่าเซลล์ (2) การใช้กระแสของมอเตอร์ขณะขับเคลื่อนของแต่ละความเร็ว

4.1 การทดลองวิ่งระยะทางที่ความเร็ว 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ผู้วิจัยทำการทดลองหาสมรรถนะของรถขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ และร่วมกับโซล่าเซลล์จากพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่โดยไม่บรรทุกที่การทดลอง 3 ครั้ง ที่ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ค่าเฉลี่ยระยะทาง 86.73 กิโลเมตร ต่อมาที่ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ค่าเฉลี่ยระยะทาง 81.44 กิโลเมตร การทดลองใช้ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ค่าเฉลี่ยระยะทาง 76.30 กิโลเมตร เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าที่ความเร็วการทดลองครั้งนี้สามารถเพิ่มระยะทางถึงร้อยละ 10 (นภัทร และคณะ, 2559)

การทดลองรถไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับโซล่าเซลล์จากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเมื่อต่อระบบไฟฟ้าร่วมกับโซล่าเซลล์ที่ ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถขับเคลื่อนได้ระยะทางเพิ่มขึ้นประมาณ 4 กิโลเมตร แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การทดลองความเร็วเทียบกับระยะทางโดยการขับรถด้วยแบตเตอรี่โดยไม่บรรจุทุก

4.2 การใช้กระแสของมอเตอร์ขณะขับเคลื่อนของแต่ละความเร็ว

การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองกระแสระหว่างรถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ และรถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอัตราสิ้นเปลืองกระแสของมอเตอร์ขณะขับเคลื่อนของแต่ละความเร็ว

ความเร็ว (km/h)	การสิ้นเปลืองกระแส (แอมแปร์) (รถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่)	การสิ้นเปลืองกระแส (แอมแปร์) (รถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์)
20	6.00	4.90
30	8.07	7.80
40	14.80	14.4

ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ และรถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ ทราบว่าการใช้แบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ มีผลต่างของอัตราสิ้นเปลืองกระแสอยู่ที่ 1.10 แอมแปร์ ต่อมาที่ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ และรถไฟฟ้าขับด้วยแบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ ทราบว่าการใช้แบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ มี

ผลต่างของอัตราสิ้นเปลืองกระแสอยู่ที่ 0.27 แอมแปร์ และที่ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ และรถไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ ทราบว่าการใช้แบตเตอรี่ร่วมโซลาร์เซลล์ มีผลต่างของอัตราสิ้นเปลืองกระแสอยู่ที่ 0.40 แอมแปร์

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลตามวัตถุประสงค์

รถบรรทุก 3 ล้อ ขนาด 3 ที่นั่ง ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ และใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีกำลังไฟฟ้าขนาด 48 โวลต์ 750 วัตต์ และความเร็วรอบ 2900 รอบต่อนาที ร่วมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 310 วัตต์ 37.6 โวลต์ 8.27 แอมแปร์ จำนวน 1 แผง และเก็บไฟฟ้าโดยแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ต่อแบบอนุกรม ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการทดลองที่ความเร็ว 20, 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเทียบระยะทางการวิ่งรถแบบไม่บรรทุก ได้การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน พบว่า

5.1.1 การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวได้ระยะทางเป็น 86.73 ± 1.8 , 81.44 ± 2.1 และ 76.30 ± 2.3 กิโลเมตรตามลำดับความเร็ว และหลังจากได้ทดลองขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าร่วมกับโซลาร์เซลล์ได้ระยะทางเพิ่มขึ้นมาประมาณ 2, 3 และ 4 กิโลเมตรตามลำดับความเร็ว

5.1.2 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ต่อความเร็วระยะทางเมื่อเทียบกับการใช้แบตเตอรี่และขับเคลื่อนร่วมกับโซลาร์เซลล์ พบว่ามีอัตราการใช้กระแสไม่แตกต่างกันอยู่ที่ 4.90, 7.80 และ 14.40 แอมแปร์ตามลำดับความเร็วระยะทาง

การทดลองขับรถไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับโซลาร์เซลล์จากพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อต่อระบบไฟฟ้าร่วมกับโซลาร์เซลล์ที่ ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถขับวิ่งได้ระยะทางเป็น 90.52 กิโลเมตร โดยผลการทดลองเทียบกับการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่สามารถเพิ่มขึ้นประมาณ 4 กิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองกระแสแบตเตอรี่ลดลงถึง 1.10 แอมแปร์ ซึ่งเป็นผลการทดลองระยะทางและอัตราการสิ้นเปลืองกระแสที่ดีที่สุด พบว่าการใช้รถไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับโซลาร์เซลล์สามารถเพิ่มระยะทางและลดอัตราการสิ้นเปลืองกระแสได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ที่ให้ใช้สถานที่ทำงานวิจัยและบุคลากรที่คอยให้คำปรึกษามาตลอด และขอขอบพระคุณ สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- นภัทร วัจนเทพินทร์, สามารถ ทัดเกษ, กิตตินันท์ พลอยรัตน์ และปัญญา กล้าเดช. (2559). การพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบสำหรับการแข่งขัน. **วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**, 10(2), 54-65.
- Binz, C., & Anadon, L. D. (2018). Unrelated diversification in latecomer contexts: Emergence of the Chinese solar photovoltaics industry. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, 28, 14-34.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.03.005>
- Cross, J., & Murray, D. (2018). The afterlives of solar power: Waste and repair off the grid in Kenya. **Energy Research & Social Science**, 44, 100-109.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.034>
- Diouf, B., & Avis, C. (2019). The potential of Li-ion batteries in ECOWAS solar home systems. **Journal of Energy Storage**, 22, 295-301.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.02.021>
- Husain, A. A. F., Hasan, W. Z. W., Shafie, S., Hamidon, M. N., & Pandey, S. S. (2018). A review of transparent solar photovoltaic technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 94, 779-791.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.031>
- Rizzo, G. (2010). Automotive applications of solar energy. **IFAC Proceedings Volumes**, 43(7), 174-185. doi:<https://doi.org/10.3182/20100712-3-DE-2013.00199>
- Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D., & Biancone, P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. **Journal of Cleaner Production**, 264, 121503.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121503>
- Tiano, F. A., Rizzo, G., De Feo, G., & Landolfi, S. (2018). Converting a conventional car into a hybrid solar vehicle: a LCA approach. **IFAC-PapersOnLine**, 51(31), 188-194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.035>