การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานของต้นแบบยานยนต์ไฟฟ้าประเภท 3 ล้อ

Analysis of the Energy-Saving Efficiency of a Three-Wheeled Electric Vehicle Model

พรหมพักตร์ บุญรักษา[1] วารุณี ศรีสงคราม[2] วิทยา วงศ์กลาง[3] สมมาตร ทองคำ[4] ยุติ ฉัตรวรานนท์[4]
ธีระพงษ์ บุญรักษา[5] และบุญเรือง มะรังศรี[6*]

Promphak Boonraksa[1] Warunee Srisongkram[2] Wittaya Wongklang[3] Sommart Thongkom[4]
Yutti Chatwaranon[4]Terapong Boonraksa[5] and Boonruang Marungsri[6*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 11000
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 11000
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280
[4]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี 10170
[5]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170
[6]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 30000

[1]Bachelor of Engineering Program in Mechatronics Engineering Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi 11000
[2]Engineering Program in Electrical Engineering Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi 11000
[3]Engineering Program in Mechanical Engineering Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University Nakhon Si Thammarat 80280
[4]Bangkokthonburi University 10170
[5]Electrical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Rattanakosin Nakhon Pathom 73170
[6]Electrical Engineering Faculty of Engineering Suranaree University of Technology 30000

[1]Corresponding author: E-mail address: bmshvee@sut.ac.th

Received: 14 March 2024, Revised: 17 April 2024, Accepted: 24 April 2024, Published online: 30 April 2024

Abstract

This paper aims to analyze the performance of a prototype energy-saving electric vehicle built as a prototype of a 3-wheel energy-saving electric vehicle. It is designed to carry one driver and uses a brushless direct current electric motor (BLDC) with a lithium-ion phosphate battery. The vehicle weighed 35 kilograms in testing, and the driver weighed 55 kilograms. The test run distance is set to be 12 kilometers. Tests were performed using battery input voltages of 24 Vdc and 36 Vdc, and the test results were compared. It was found that during the vehicle's speed of less than 35 km/hr, the power was similar to the simulation, but if

the speed was higher than 35 km/hr, the power was highly inaccurate. The simulation results of the vehicle's acceleration show that the energy consumption will also increase if the acceleration is increased. A comparison of the voltage input results of 24 Vdc and 36 Vdc shows that the energy consumption is not significantly different at 692.50 km/kWh and 690.10 km/kWh, respectively.

Keywords: Acceleration force, Energy consumption, Small electric vehicle

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของต้นแบบยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานที่ได้สร้างขึ้นเป็นต้นแบบยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานประเภท 3 ล้อ โดยทำการออกแบบให้สามารถบรรทุกคนขับได้ 1 คน ใช้ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor: BLDC) ใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนฟอสเฟต ตัวรถมีน้ำหนักอยู่ที่ 35 กิโลกรัม ในการทดสอบใช้คนขับ น้ำหนัก 55 กิโลกรัม โดยกำหนดระยะทางในการวิ่งทดสอบ 12 กิโลเมตร ทำการทดสอบโดยใช้แรงดันขาเข้าจากแบตเตอรี่ ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 Vdc และ 36 Vdc จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลจากการทดสอบ พบว่า ในช่วงที่รถมีความเร็วต่ำกว่า 35 กิโลเมตร/ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าที่ใช้มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ แต่ถ้าความเร็วสูงกว่า 35 กิโลเมตร/ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าที่ใช้มีความคลาดเคลื่อนสูง ผลการจำลองค่าอัตราเร่งของรถแสดงให้เห็นว่าหากมีอัตราเร่งมากขึ้นการใช้พลังงานก็จะมากขึ้นตามไปด้วย การเปรียบเทียบผลการป้อนแรงดันไฟฟ้าที่ 24 Vdc และ 36 Vdc แสดงให้เห็นว่าค่าความต้องการพลังงานไม่แตกต่างกันที่ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 692.50 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 690.10 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ: แรงจากการเร่งความเร็ว, ค่าความต้องการพลังงาน, ยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก

บทนำ

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) มีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากปัจจุบันประชาคมโลกได้มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นประชากรโลกจึงหันมาใช้ยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และมีการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของยานยนต์ไฟฟ้ากันอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถทดแทนยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สันดาปและที่ใช้น้ำมันเบนซิน [1-3] ยานยนต์ไฟฟ้า มีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง ยานยนต์ไฟฟ้าไม่ต้องใช้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซลหรือเบนซิน แต่ใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งสามารถผลิตจากแหล่งพลังงานหลายแห่ง เช่น พลังงานทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม การใช้พลังงานที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละออง ดังนั้นการหันมาใช้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ [4] ยานยนต์ไฟฟ้ามีเสียงเครื่องยนต์ที่น้อยกว่ายานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง ซึ่งทำให้มีเสียงรบกวนต่ำลงในการขับขี่ และช่วยลดมลพิษที่เกิดจากเสียงดัง การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้านอกจากนี้ยังมีผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ เช่น การลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าน้ำมันดิบ รวมถึงส่งเสริมการพัฒนาและการสร้างงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ความก้าวหน้าของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า ทำให้มีการพัฒนาเป็นยานยนต์ต้นแบบประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นประเภทยานยนต์ 2 ล้อ 3 ล้อ หรือ 4 ล้อ การออกแบบยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานนั้น ต้องคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ อากาศพลศาสตร์ การกระจายน้ำหนัก ระยะทางการขับเคลื่อน ความเร็ว เวลาในการประจุไฟฟ้า และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบขับเคลื่อน เมื่อทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการออกแบบเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนการสร้างต้นแบบยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ซึ่งมีส่วนประกอบ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า

ชุดแบตเตอรี่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับการขับเคลื่อน และระบบควบคุม อย่างไรก็ตาม ยังต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของยานยนต์ไฟฟ้าด้วย [5-7]

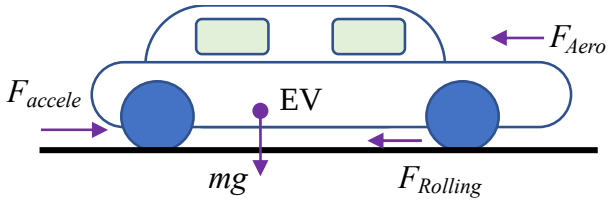
ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน 3 ล้อต้นแบบ ด้วยการประเมินจากผลการจำลองเปรียบเทียบกับการทดสอบศึกษาอัตราเร่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า และศึกษาแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์สองระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถนำผลไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานและมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการพลังงานของยานยนต์ไฟฟ้า ประเภท 3 ล้อ
2. เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน 3 ล้อต้นแบบ
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนแตกต่างกัน

วิธีการวิจัย

การออกแบบระบบยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน จำเป็นที่จะต้องระบุพารามิเตอร์ที่ในการออกแบบ ความต้องการพลังงานของยานยนต์ไฟฟ้าพื้นฐาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่โดยการประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน สามารถแบ่งออกเป็นแรงต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย แรงต้านอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamic drag: F_{Aero}) แรงต้านทานการหมุนที่เกิดขึ้นจากแรงเสียดทานของล้อรถบนถนน (Rolling resistance force: $F_{Rolling}$) แรงที่ต้องการเพื่อขับเคลื่อนขึ้นทางที่ลาดชัน (F_{Hill}) เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบที่สร้างขึ้นมีขอบเขตใช้วิ่งเฉพาะบนทางเรียบจึงใช้ค่า F_{Hill}=0 และแรงของการเร่งความเร็ว (Acceleration force: F_{accele}) [8] ดังนั้น เมื่อนำแรงทุกแรงมารวมกันจะได้แรงทั้งหมดที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบที่ทำการสร้างดังแสดงในสมการที่ (4)



ภาพที่ 1 แรงสำหรับการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน

1) แรงต้านทานการหมุน (Rolling resistance force: $F_{Rolling}$) แรงต้านทานการหมุนเกิดขึ้นจากแรงเสียดทานของล้อรถบนถนน รวมถึงแรง เสียดทานการเบรกและระบบเกียร์ ความต้านทานการหมุนคือการประมาณเป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถ ซึ่งเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักของรถ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$F_{Rolling} = \mu_r mg \tag{1}$$

เมื่อ μ_r คือ ประสิทธิภาพความต้านทานการหมุน ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการหมุนคือชนิดของยาง และความดันลม ในบทความนี้กำหนดให้ค่าของ μ_r = 0.0022 น้ำหนักของรถ 35 kg และ g คือ แรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2 และ m คือ มวล

2) แรงต้านอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamic drag: F_{Aero}) แรงต้านอากาศพลศาสตร์ คือ ส่วนของแรงเนื่องจากความเสียดทานของอากาศ กับโครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น Nm มันคือค่าความเสียดทานของพื้นที่ด้านหน้ารถกับอากาศขณะ รถวิ่ง สามารถคำนวณได้โดยสมการที่ (2)

$$F_{Aero} = \frac{1}{2}\rho A C_d v^2 \quad (2)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ มีค่า 1.25 kg/m^3 A คือ พื้นที่ ด้านหน้าของรถ (m^2) มีค่า = 0.240 m^2 C_d คือ สัมประสิทธิ์แรงดึง (Drag coefficient) มีค่า 0.2 kg และ v คือ ความเร็ว (m/s) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามกรณีศึกษา

3) แรงของการเร่งความเร็ว (Acceleration force: F_{accele}) แรงของการเร่งความเร็ว คือ การเปลี่ยนแปลงตามความเร็วของยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแรงนี้จะให้ความเร่งที่เป็นเชิงเส้นตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน คำนวณได้ตามสมการที่ (3) โดยที่ a คือ อัตราเร่งของยานยนต์ไฟฟ้า

$$F_{Accele} = ma \quad (3)$$

ดังนั้น แรงทั้งหมด (F_{total}) ที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบสามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (4)

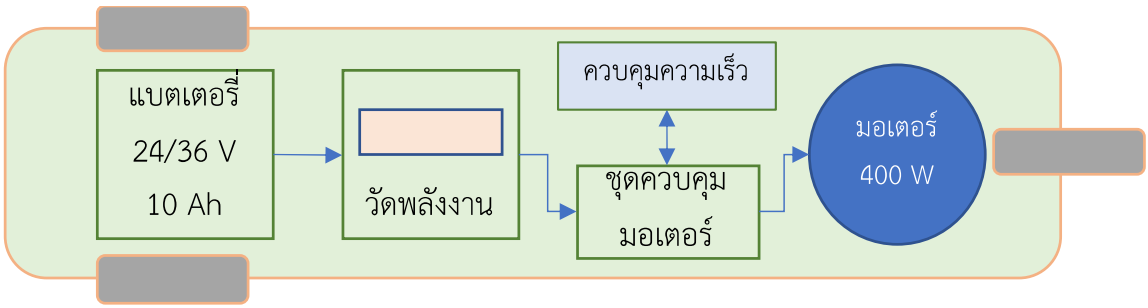
$$F_{total} = F_{Rolling} + F_{Aero} + F_{accele} \quad (4)$$

จากสมการที่ (4) สามารถหากำลังไฟฟ้า (P_{total}) ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าได้ตามสมการที่ (6)

$$P_{total} = F_{total} \times v \quad (5)$$

$$P_{total} = v(m_r mg + 0.5 r A C_d v^2 + ma) \quad (6)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ มีค่า 1.25 kg/m^3 A คือ พื้นที่ ด้านหน้าของรถ (m^2) มีค่า = 0.240 m^2 C_d คือ สัมประสิทธิ์แรงดึง (Drag coefficient) มีค่า 0.2 kg และ v คือ ความเร็ว (m/s) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามกรณีศึกษา



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมการเชื่อมต่อระบบควบคุมมอเตอร์ของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน

4) เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผลการจำลองและการทดสอบจริง เมื่อทำการจำลองหาค่าความต้องการพลังงานทั้งหมดของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบเบื้องต้นแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการทดสอบจริง [9] เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างดังแสดงในสมการที่ (8)

$$Relative\ error = \left| \frac{x_{mea} - x_t}{x_t} \right| \quad (7)$$

$$\%Error = Relative\ error \times 100 \quad (8)$$

โดย x_t คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณ (True value)

x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัดทดสอบ (Measure value)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานประเภท 3 ล้อ ดังแสดงในภาพที่ 2 ออกแบบให้สามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ 1 คน และทำการทดสอบการขับเคลื่อน ซึ่งมีการบันทึกผลการทดสอบและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง รวมถึงทำการเปรียบเทียบผลการทดลองและหาข้อสรุปผล ระยะทางที่ทำการทดลองอยู่ที่ 12 กิโลเมตร และกำหนดความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ในช่วง 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถึง 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพิ่มความเร็วขึ้นที่ละ 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อทำการหาค่าอัตราการประหยัดพลังงานในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 1 แสดงผลการจำลองและผลการทดสอบการใช้กำลังไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ทำการทดสอบการขับเคลื่อนที่ความเร็วค่าต่างๆ จากผลการจำลองค่ากำลังไฟฟ้าที่ยานยนต์ใช้เคลื่อนที่เปลี่ยนไปตามความเร็วรถ โดยเฉพาะค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการต้านทานการหมุนของล้อที่มีค่าสูงขึ้นตามความเร็วกำลังสอง เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองที่ช่วงความเร็ว 20-35 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะมีกำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงความเร็ว 40-60 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะมีค่าความเร็วค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากสภาวะการทดลองอาจมีความสม่ำเสมอของความเร็วรถ แต่ในการจำลองจะมีการเร่งเพื่อให้ได้ความเร็วพิกัดซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าตลอดเวลา ค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้ามีค่าต่ำสุดที่ความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง หากความเร็วของรถเพิ่มขึ้น ค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 1 ผลการจำลองและผลการทดสอบการใช้กำลังไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน

ความเร็วรถ (km/hr)	กำลังไฟฟ้า (W)			กำลังไฟฟ้ารวมจากการจำลอง (W)	กำลังไฟฟ้าจากการทดลอง (W)		ค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้า (%)	
	แรงจากการเร่งความเร็ว	แรงต้านทานการหมุน	แรงต้านอากาศ		24 Vdc	36 Vdc	24 Vdc	36 Vdc
20	0.95	5.14	19.64	25.74	28.50	34.10	10.72	32.48
25	1.19	10.05	22.51	33.74	37.10	40.30	9.96	19.44
30	1.43	17.36	25.58	44.38	45.00	43.80	1.40	1.31
35	1.67	27.57	28.77	58.01	54.20	46.10	6.57	20.53
40	1.91	41.15	32.01	75.07	59.30	53.90	21.01	28.20
45	2.15	58.59	35.28	96.02	84.30	74.10	12.21	22.83

ความเร็วรถ (km/hr)	กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้ารวมจากการจำลอง (W)	กำลังไฟฟ้าจากการทดลอง (W)	ค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้า (%)	ความเร็วรถ (km/hr)	กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้ารวมจากการจำลอง (W)	กำลังไฟฟ้าจากการทดลอง (W)
50	2.38	80.38	38.58	121.34	96.00	97.00	20.88	20.06
55	2.62	106.98	41.89	151.50	100.30	103.00	33.80	32.01
60	2.86	138.89	45.22	186.97	113.00	117.00	39.56	37.42

ตารางที่ 2 ผลการจำลองอัตราเร่งต่อการใช้พลังงานของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ที่ความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ระยะเวลาการเร่ง (s)	อัตราเร่ง (m/s^2)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	พลังงานไฟฟ้า (Wh)	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (km/kWh)
20	0.41667	140.32	56.13	213.80
30	0.27778	99.81	39.92	300.57
40	0.20833	79.56	31.82	377.09
50	0.16667	67.40	26.96	445.09
60	0.13889	59.30	23.72	505.89
70	0.11905	53.51	21.41	560.60
80	0.10417	49.17	19.67	610.08
90	0.09259	45.80	18.32	655.05
100	0.08333	43.10	17.24	696.10
110	0.07576	40.89	16.36	733.72

จากผลการจำลองในตารางที่ 2 สามารถคำนวณค่าของพลังงานที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าที่ความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระยะทาง 12 กิโลเมตร ที่อัตราเร่ง 0.08333 เมตร/วินาที มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 17.24 วัตต์-ชั่วโมง ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 696 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเร่งความเร็วเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีค่าน้อยลง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการใช้พลังงานของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ที่ความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง

จำนวนรอบการทดสอบ	ระยะทาง (km)	การทดลองที่แรงดันไฟฟ้า 24 Vdc		การทดลองที่แรงดันไฟฟ้า 36 Vdc	
		พลังงานไฟฟ้า (Wh)	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (km/kWh)	พลังงานไฟฟ้า (Wh)	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (km/kWh)
1	1.2	1.9	632	2.2	630
2	2.4	3.6	667	3.9	665
3	3.6	5.2	692	5.5	691
4	4.8	7.0	686	7.3	684
5	6.0	8.6	698	8.9	696
6	7.2	10.3	699	10.6	695
7	8.4	11.9	706	12.2	701
8	9.6	13.5	711	13.8	709
9	10.8	15.1	`715	15.4	713
10	12.0	16.7	719	17	717
ความต้องการพลังงานเฉลี่ย		**-**	**692.50**	**-**	**690.10**

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบการใช้พลังงานของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน ที่ความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง การทดลองที่แรงดันไฟฟ้า 24 Vdc และ 36 Vdc ยานยนต์ไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้า 26.7 วัตต์-ชั่วโมง และ 17 วัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 692.50 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 690.10 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า 24 Vdc และ 36 Vdc มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงานประเภท 3 ล้อ มีมอเตอร์ขนาด 400 วัตต์ ทำการจำลองและทดสอบที่ระยะทาง 12 กิโลเมตร เปรียบเทียบผลจากการจำลองและการทดลอง รวมถึงศึกษาผลของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าแบตเตอรี่ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในช่วงที่ยานยนต์ไฟฟ้ามีความเร็วต่ำกว่า 35 กิโลเมตร/ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าที่ใช้มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ แต่ถ้าความเร็วสูงกว่า 35 กิโลเมตร/ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าที่ใช้มีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากผลของการเร่งความเร็วของการจำลองและการทดสอบมีความคลาดเคลื่อน ผลของระยะเวลาในการเร่งความเร็วและอัตราเร่งของรถแสดงให้เห็นว่าหากมีระยะเวลาเร่งความเร็วมากขึ้นจะส่งผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้าที่ลดลง ทำให้ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าลดลงตามไฟด้วย การเปรียบเทียบความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ 24 Vdc และ 36 Vdc ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 692.50 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 690.10 กิโลเมตร/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ดังนั้น หากต้องการประหยัดพลังงานควรเร่งความเร็วทีละน้อย การเปรียบเทียบผลของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์แสดงให้เห็นว่าระดับแรงดันไฟฟ้าทั้งสองระดับส่งผลต่อการใช้พลังงานของมอเตอร์ค่อนข้างน้อย การศึกษาวิจัยนี้เป็นแนวทางสำหรับผู้ต้องการออกแบบและสร้างยานยนต์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน อย่างไรก็ตาม มีพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ต้องพิจารณา เพื่อให้ผลการจำลองและการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะมีการศึกษาวิจัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุน เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบและบันทึกผลการวิจัย รวมถึงสนับสนุนเวลาและงบประมาณการวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] **ส่องข้อดี-ข้อเสีย "รถยนต์ไฟฟ้า" ขับลุยน้ำท่วมได้นานแค่ไหน ควรดูแลแบตเตอรี่อย่างไร.** (n.d.). สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2566,จาก https://tu.ac.th/thammasat-030865-tse-expert-talk-electric-vehicle.

[2] รายงานการศึกษา เรื่อง "**อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า.**" (n.d.). สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2566,จาก https://waa.inter.nstda.or.th/prs/pub/EV.pdf.

[3] ธีระพงษ์ บุญรักษา พรหมพักตร์ ดาวัลต์ Richard Joseph Mushi Ashok Paudel และบุญเรือง มะรังศรี. "การศึกษาการใช้พลังงานสำหรับการเคลื่อนที่ของรถบัสไฟฟ้าและขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสม" , .**การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย** ครั้งที่ 12. วันที่ 6 - 8 พฤศจิกายน 2562. จังหวัดพิษณุโลก.

[4] เดชาวุธ กาญจนกรัณย์กลุ และวารุณี เตีย. การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งไปรษณียภัณฑ์ในเขตนครหลวง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2017. 24(3). 98-111.

[5] Olsen, Erik & Lemu, Hirpa. (2016). Mechanical Testing of Composite Materials for Monocoque Design in Formula Student Car. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**. 10.

[6] มงคล ลาดซุย ภาคิน ขบขัน วสุพล กุลเกลี้ยง และ ณัฐชัย โปธิ. การออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ. **วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี.** ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564.

[7] Sayed, K., Kassem, A., Saleeb, H., Alghamdi, A. S., and Abo-Khalil, A. G. (2020). Energy-saving of battery electric vehicle powertrain and efficiency improvement during different standard driving cycles. **Sustainability**, 12(24), 10466.

[8] Boonraksa, T., Boonraksa, P., Sakulphaisan, G., and Marungsri, B. (2020). Strategic planning of charging stations for Electric Public Transportation Bus Systems: A case study. **International Review of Electrical Engineering (IREE),** 15(6), 512.

[9] พัชรินทร์ อินทมาส, วีรพล ปานศรีนวล, กันตินันท์ สกุลไพศาล, กรีฑา สุขทั่ง, ศรัณย์ ฉัตรธัญญกิจ และพรหมพักตร์ บุญรักษา. (2565). **วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.**ปีที่ 14 ฉบับที่ 1. 169-183