



การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน The Improvement of the Efficiency of 3-Wheel Small Electric Motorbike Batteries for Household Uses

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนานกุล*, กฤษณะ จันทสิทธิ์, ธีรวัฒน์ ชื่นอัครดงคต

Sarayut Chitphutthanakul, Kritsana Chantasit, Teerawat Chuenatsadongkot

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000

Industrial Technology, Logistics Engineering, and Mechanical Engineering

Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000 Thailand

* Corresponding author E-mail: sarayut134@gmail.com

(Received: January 03 2020; Revised March 03 2020; Accepted : March 25 2020)

บทคัดย่อ

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ระหว่างแบตเตอรี่ตะกั่วกรดกับแบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) ด้วยการวิ่งทดสอบการใช้งานความเร็ว 3 ระดับ ด้วยรถไฟฟ้าขับเฟืองท้ายขนาดมอเตอร์ 500 วัตต์ ขนาดความกว้าง 160 เซนติเมตร ความยาว 108 เซนติเมตร และความสูง 69 เซนติเมตร ติดตั้งมาตรวัดความเร็ว และมาตรวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า แบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ พร้อมกับวงจรควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ (BMS) ขนาด 48 โวลต์ 16S พบว่า หลังพัฒนาชุดแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ติดตั้งรถไฟฟ้า 3 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักแบตเตอรี่ลดลง 15.61 กิโลกรัม หรือร้อยละ 59.02 ระยะเวลาการชาร์จลดลง 5 ชั่วโมง หรือร้อยละ 37.50 ทดสอบการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3 ระดับ (ช้า ปานกลาง และสูง) เฉลี่ย 3 ครั้งในแต่ละระดับความเร็ว วัดระยะทาง ระยะเวลา และความเร็วสูงสุดของรถขณะวิ่ง โดยแบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต มีประสิทธิภาพระยะทางการเคลื่อนที่ดีกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ร้อยละ 19.60 33.63 และ 30.27 อีกทั้งยังมีรูปทรงและน้ำหนักของแบตเตอรี่ลดลง สามารถชาร์จได้มากกว่าถึง 2,000 รอบ ไม่มีการก่อตัวของสารเคมีภายใน ไม่มีไอกรดซึ่งเป็นสาเหตุของการติดไฟ ดูแลรักษาง่าย และวัสดุยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำกลับมาใช้เคลือบได้ เป็นต้นแบบของอุตสาหกรรม รถไฟฟ้า และยังมีส่วนช่วยร่วมรณรงค์การใช้นโยบายไฟฟ้าของประเทศอีกด้วย

คำสำคัญ : รถไฟฟ้า 3 ล้อ, การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพ, ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต, ครัวเรือน



Abstract

This research aims to study the improvement of the efficiency of 3-wheel small electric motorbike batteries for household uses and compare the efficiency of lead-acid batteries to lithium-ion phosphate (LiFePO_4) by test drives with different three speed levels. The differential-drive electric vehicle of 500 watts, with the width of 160 cm, the length of 108 cm and the height of 69 cm was used. It was installed with a speedometer, meters for voltage, wattage, and electric current, and lithium phosphate battery power of 48 V 20 A, along with the charge control circuit and battery capacity of BMS (48 V 16S). The study found that after the improved lithium-ion phosphate battery pack was installed, the weight of the battery was decreased 15.61 kg or 59.02%, and the movement test of a cannon cycle decreased 5 hours or 37.50%. With the different speed levels (slow, medium, and high) under three time speed average, after the distance, time, and the top speed of the vehicle were measured, it revealed that the mobile performance of lithium-ion phosphate battery was 19.60%, 33.63% and 30.27% better than that of lead-acid batteries. In addition, its shape and weight were reduced, and the battery could be charged more than 2000 cycles, without the formation of a chemical, and acid vapor which caused inflammation. Also, the battery was easy for maintenance and the material used was environmentally friendly. It could be recycled. This is the prototype of the electric vehicle industry, and it also helps promote the use of electric vehicles in the country.

Keywords : 3-Wheel Electric Trains, Improvement of Efficiency, Lithium-ion Phosphate, Household

บทนำ

รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก เป็นยานพาหนะที่สามารถขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนเพียงท้าย โดยมีล้อหน้า จำนวน 1 ล้อ สำหรับหมุนเลี้ยวตามทิศทางที่ต้องการ และมีชุดล้อหลัง จำนวน 2 ล้อ สำหรับรับน้ำหนักของผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 1 หลักการทำงานทั่วไป โดยนำกระแสไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่มาจ่ายให้กับกล่องควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อส่งให้มอเตอร์ทำงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือมอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน (DC Brushless Motor) รถจะสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยการหมุนคันเร่ง เพื่อส่งให้มอเตอร์หมุนตามกำลังวัตต์ของมอเตอร์ สามารถปรับระดับความเร็วของการเคลื่อนที่ได้ 3 ระดับ (ช้า ปานกลาง และเร็ว) และสามารถเคลื่อนที่ถอยหลังได้ 1 ระดับ โดยหากต้องการเติมกระแสไฟฟ้า โดยการนำเครื่องชาร์จมาต่อกับตัวรถแล้วทำการชาร์จด้วยระยะเวลาเฉลี่ย 6 ถึง 8 ชั่วโมง และสามารถวิ่งต่อเนื่องด้วยระยะทางประมาณ 30 ถึง 40 กิโลเมตรต่อการชาร์จในหนึ่งครั้ง ด้วยระบบแบตเตอรี่แรงดันสูงขนาด 48 โวลต์ สามารถชะลอความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ด้วยเบรกหน้า และเบรกหลัง มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากเป็นระบบ 3 ล้อ ทำให้ไม่ต้องทรงตัวขณะขับขี่ เหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่ต้องการเดินทางในระยะทางไม่ไกลมากนักในระดับครัวเรือน



ภาพที่ 1 รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญต่อการใช้รถไฟฟ้า 3 ล้อ สำหรับในอนาคต เพื่อเป็นยานพาหนะในชีวิตประจำวัน สำหรับใช้กับผู้สูงอายุ ได้คิดศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้สามารถเพิ่มระยะทางการเคลื่อนที่ได้สูงขึ้น เนื่องจากแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้า 3 ล้อที่มาจากโรงงานผู้ผลิตส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (แบตเตอรี่แห้ง) อายุการใช้งานจะไม่สูงมากนัก ความสามารถในการปล่อยกระแสไฟฟ้าไม่สามารถทำได้ลึกมากต่อรอบการใช้งาน โดยเฉลี่ยมีอายุการใช้งานที่ 1 ถึง 2 ปี อีกทั้งการชาร์จกระแสไฟฟ้าต่อครั้ง ใช้เวลามากกว่า 6 ชั่วโมง ทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) เนื่องจากรอบ และอายุการใช้งาน (Cycle Use) มากกว่า อีกทั้งยังมีขนาดเล็กกว่า

มาประยุกต์ใช้กับรถไฟฟ้าขนาด 3 ล้อ โดยต่อเป็นระบบแรงดันสูงขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ จำนวน 1 ชุด ทดแทนแบตเตอรี่ที่มาจากโรงงาน ร่วมกับมอเตอร์ขับเคลื่อนเพียงท้าย ขนาด 500 วัตต์ ติดตั้งมิเตอร์วัดระยะทางกับตัวรถ เพื่อวัดระดับความเร็วที่เคลื่อนที่ และระยะทางที่สามารถเคลื่อนที่ได้ต่อการชาร์จในหนึ่งครั้ง ติดตั้งวัตต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Meter) สำหรับอ่านค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังวัตต์ที่มอเตอร์ทำงาน ซึ่งระบบจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของรถไฟฟ้า 3 ล้อ ให้สามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางที่เพิ่มขึ้น ลดระยะเวลาในการชาร์จกระแสไฟฟ้าเก็บในแบตเตอรี่ สามารถเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้งานรถไฟฟ้าที่เป็นระบบอื่น ๆ ได้ เนื่องจากการเติบโตของตลาดรถไฟฟ้าในวันจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ และเป็นยานพาหนะที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาที่จะศึกษาการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าในระบบอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันความนิยมต่อการใช้ยานพาหนะที่เป็นพลังงานสะอาดนั้นวันจะมีความต้องการที่สูงขึ้น อีกทั้งมาตรการส่งเสริมการใช้ยานพาหนะของภาครัฐก็มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยสังเกตจากจำนวนจุดชาร์จแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นทั้งในตัวเมือง และต่างจังหวัด โดยจะมีส่วนช่วยลดปริมาณก๊าซที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และลดการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อ ระหว่างแบตเตอรี่ตะกั่วกรดกับแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) ในรถ 3 ล้อไฟฟ้า โดยนำกระแสไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 500 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย และระยะเวลาเก็บข้อมูลโดยเฉลี่ยระดับความเร็ว 3 ระดับ จากแบตเตอรี่ทั้ง 2 ชนิด แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ส่วน ดังนี้



ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลรายละเอียดรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก อุปกรณ์การจัดสร้างระบบแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต

ศึกษาข้อมูลและอุปกรณ์ในการจัดสร้างระบบแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต โดยศึกษาลักษณะของอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ เช่น รถไฟฟ้าขนาด 3 ล้อ ที่นำมาใช้กับงานวิจัย โดยเลือกใช้รถไฟฟ้า ขนาด 3 ล้อ ขับเพื่องท้าย ขนาดมอเตอร์ 500 วัตต์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ ของบริษัท สิ่งท่อมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า จำกัด รุ่น SL-02 โดยติดตั้งวัตต์มิเตอร์ เพื่อแสดงค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ทำงานขณะรถเคลื่อนที่ และมาตรวัดความเร็ว เพื่อสำหรับแสดงค่าความเร็วขณะรถวิ่งตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดสร้างพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษารถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กสำหรับโครงการวิจัย

รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กที่ใช้ในโครงการวิจัยเป็นรถไฟฟ้าขับเพื่องท้าย ขนาดมอเตอร์ 500 วัตต์ ขนาดความกว้าง 160 เซนติเมตร ความยาว 108 เซนติเมตร และความสูง 69 เซนติเมตร น้ำหนักรวม 110 กิโลกรัม สามารถรองรับน้ำหนักได้รวม 180 กิโลกรัม รายละเอียดดังภาพที่ 2 โดยมีอุปกรณ์และส่วนประกอบที่สำคัญ คือ (1) ล้อยางสำหรับล้อหน้า ขนาด 3.00-8 นิ้ว สามารถถอดออกเพื่อเปลี่ยนยางหรือเติมลมได้ในกรณีที่แรงดันลมอ่อน (2) ถังใส่สัมภาระด้านหน้ารถ ขนาดความกว้าง 28 เซนติเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร และความลึก 22 เซนติเมตร พร้อมกุญแจล็อกจำนวน 2 ชุด (3) ไฟส่องสว่างด้านหน้าชนิดแอลอีดี พร้อมไฟวงแหวนสำหรับสว่างในเวลากลางวัน (4) กระจกมองหลัง ขนาด 4 นิ้ว จำนวน 2 บาน (5) เบาะรองนั่งสำหรับผู้ขับขี่ พร้อมด้วยพนักพิง โดยสามารถปรับพนักพิงเป็นเบาะรองนั่งสำหรับผู้โดยสารตอนหลังได้ (6) สวิตช์ไฟเลี้ยว สวิตช์แตร สวิตช์เปิด-ปิดไฟหน้ารถ และคันเบรกสำหรับห้ามล้อหน้าของรถ (7) สวิตช์สำหรับปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ (ช้า ปานกลาง และเร็ว) และสวิตช์สำหรับปรับให้รถเดินหน้า-ถอยหลังได้ (8) กระจกสำหรับบรรทุกของพร้อมราวกัน 2 ข้าง ขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร และความยาว 45 เซนติเมตร (9) ไฟแสดงสถานะชะลอหรือหยุดรถ จำนวน 2 ดวง (10) ใช้คัพพร้อมคอยสปริงสำหรับรับน้ำหนัก เพื่อให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรู้สึกนุ่มนวล โดยสามารถปรับความแข็ง หรืออ่อนนุ่มได้ (11) อุปกรณ์สำหรับวางเท้าของผู้โดยสารตอนหลัง สามารถยึดหรือพับเก็บได้ (12) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขับเพื่องท้าย ขนาด 500 วัตต์ แรงดัน 48 โวลต์ 13 แอมแปร์ จำนวน 3,000 รอบต่อนาที สอดคล้องกับงานวิจัยของศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล และคณะ (2563) พัฒนาระบบปั๊มลมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก

เล็กสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กด้วยมอเตอร์ไม่มีชุดแปลงถ่าน (Brushless DC Motor) 24 โวลต์ 350 วัตต์ ขนาด 500 รอบ (13) ล้อหลังขนาดเท่ากับล้อหน้าจำนวน 2 ล้อ สามารถถอดได้เช่นกัน พร้อมด้วยระบบเบรกสำหรับห้ามล้อหลัง (14) ปลั๊กตัวเมียแบบ 3 ขา สำหรับรองรับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าไปเก็บในแบตเตอรี่ที่อยู่ภายในขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์-ชั่วโมง (15) อุปกรณ์สำหรับวางเท้าของผู้ขับขี่ทั้งด้านขวา และด้านซ้าย (16) อุปกรณ์ส่วนห้ามล้อหน้า พร้อมระบบล็อกล้อไม่ให้รถขยับได้ โดยยังมีระบบป้องกันการโจรกรรมของตัวรถ เพื่อป้องกันบุคคลอื่นนำรถไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตอีกด้วย เหมาะสำหรับนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นรถที่มีขนาด 3 ล้อ ทำให้ไม่จำเป็นต้องทรงตัวขณะขับขี่ อีกทั้งยังสะดวกต่อการบำรุงรักษา



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบหลักของรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้งาน พบว่า รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กสามารถเคลื่อนได้ 2 ทิศทาง คือ เดินหน้า และถอยหลัง สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 3 ระดับ และเคลื่อนที่ไปข้างหลัง 1 ระดับ โดยเริ่มต้นจากเปิดสวิตช์บริเวณที่เสียบกุญแจ เพื่อเปิดให้ระบบไฟฟ้าไหลเข้าไปในระบบ หลังจากนั้นทำการบิดคันเร่งที่อยู่ทางด้านขวา เพื่อให้รถเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายปลายทางที่ต้องการ โดยสังเกตที่มิเตอร์แสดงระดับปริมาณไฟฟ้าคงเหลือของรถจำนวน 4 ระดับ หากระดับปริมาณกระแสไฟฟ้าเหลือต่ำกว่า 2 ระดับ ก็ให้นำอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่ ที่ให้มากับตัวรถขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ ชาร์จด้วยระยะเวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมง โดยไม่ควรปล่อยให้ชาร์จมากกว่าเวลาที่กำหนด เพราะแบตเตอรี่อาจจะเสื่อมสภาพ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง โดยไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในบริเวณที่มีน้ำขัง หรือช่วงเวลาฝนตก เนื่องจากเป็นรถที่ใช้งานกับระบบไฟฟ้าเป็นหลัก อาจเกิดความเสี่ยงภัยกับวงจรควบคุมได้

1.2 การศึกษาวงจรควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ (BMS)

ระบบควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ Battery Management System (BMS) หมายถึง ระบบซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่ทำงานในลักษณะที่

เป็นอันตราย เช่น เกิดการชาร์จไฟมากเกินไปหรือจ่ายไฟออกมาเกินไป รวมทั้งการ Balance Cell Battery เพื่อประจุไฟให้เต็มมากที่สุด (Maximize Battery Capacity) และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 3 โดยจะมีฟังก์ชันการทำงานที่มากกว่าวงจรป้องกัน PCB Protected อย่างวงจรป้องกัน PCB Protected จะทำหน้าที่สำคัญ 3 อย่าง คือ คอยป้องกันการใช้งานที่กระแสเกิน (Over Current Protection) ป้องกันแรงดันการชาร์จไฟเกิน (Over Charge Voltage Protection) และป้องกันการใช้ไฟในระดับโวลต์ที่ต่ำกว่ากำหนด (Under Discharge Voltage Protection) วงจร BMS อาจจะมีเพิ่มขึ้นจาก 3 ฟังก์ชันข้างต้น ตัวอย่างเช่น เพิ่มฟังก์ชัน Over-Temperature, Under-Temperature, Short Circuit Protection, Ground Fault or Leakage Current Detection และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต หรือบางรุ่นจะมีวงจร Balancing ในวงจร BMS ซึ่งจะทำหน้าที่คอยควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ไหลเข้า (Charge) หรือไหลออกจากแบตเตอรี่ (Discharge) ให้แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละก้อนเท่ากันอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้มีก้อนหนึ่งก้อนใดถูกใช้งานหนักกว่าก้อนที่เหลือ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนและเสื่อมสภาพเร็ว (อาร์ เค ปี แบตเตอรี่, 2560)



ภาพที่ 3 วงจรควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ (BMS)

ลักษณะการใช้งาน พบว่า วงจรควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ (BMS) นั้น ส่วนใหญ่จะนำมาควบคุมการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4) ซึ่งจะต้องเลือกระบบแรงดันสำหรับใช้งาน โดยแบตเตอรี่ 1 ลูก จะมีแรงดันที่ระดับ 3.2 โวลต์ หากต้องการต่อระบบ 48 โวลต์ จะต้องใช้วงจรควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ (BMS) ที่ 16S หมายถึงการนำแบตเตอรี่ขนาด 3.2 โวลต์ มาต่อในลักษณะอนุกรมกัน 16 ลูก (1S เท่ากับแบตเตอรี่ 1 ลูก) ก็จะได้ค่าแรงดันตามระบบที่ต้องการใช้งาน คือ 48 โวลต์ และพิจารณาค่าพิกัดกระแสไฟฟ้าที่สามารถรับได้สูงสุดด้วย

1.3 การศึกษาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

ในปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนกำลังได้รับความนิยมในการนำมาใช้งาน เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านการคายประจุ (Discharge) รอบการใช้งาน (Cycle Use) และอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา สะดวกต่อการนำไปใช้งาน เป็นเซลล์ที่ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อธรรมชาติ โดยสามารถแบ่งชนิดต่างๆ ได้ทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบด้วย Lithium Cobalt Oxide, Lithium Manganese Oxide, Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide, Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide, Lithium Iron Phosphate, Lithium Titanate ทั้งนี้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ขั้วลบ มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนที่มีรูพรุน (เช่น แกรไฟต์) เคลือบบนแผ่นทองแดง ขั้วบวกเป็นลิเทียมเมทัลออกไซด์เคลือบบนแผ่นอะลูมิเนียม สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วย เกลือของลิเทียม เช่น LiPF_6 หรือ LiBF_4 ในตัวทำละลาย เช่น เอทิลีนคาร์บอนเนต (Ethylene Carbonate) ไดเอทิลคาร์บอนเนต (Diethyl Carbonate) และ/หรือไดเมทิลคาร์บอนเนต (Dimethyl Carbonate) และเยื่อเลือกผ่าน (separator) กั้นระหว่างขั้วทั้งสอง ทำจากพอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) และ/หรือพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) เมื่อมีการอัดประจุ (Charge) ไอออนของลิเทียมจะเคลื่อนออกจากโครงสร้างของขั้วบวก ผ่านเยื่อเลือกผ่าน เข้าสู่ขั้วลบ เกิดเป็นสารประกอบของลิเทียมและคาร์บอน และขณะเดียวกันอิเล็กตรอนจะเคลื่อนจากขั้วบวกสู่ขั้วลบผ่านวงจรภายนอก และขณะเกิดการคายประจุ (Discharge) ปฏิกริยาจะเกิดในทางตรงกันข้าม กระบวนการที่ไอออนของลิเทียมสอดแทรกเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของวัสดุขั้วบวกหรือขั้วลบ เรียกว่า Lithium Intercalation หรือ Lithium Insertion โดยแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่เหมาะสมต่อการใช้งานระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (วรวรศ กอปรสิริพัฒน์, 2559)

ส่วนที่ 2 ศึกษาออกแบบชุดแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต สำหรับรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก

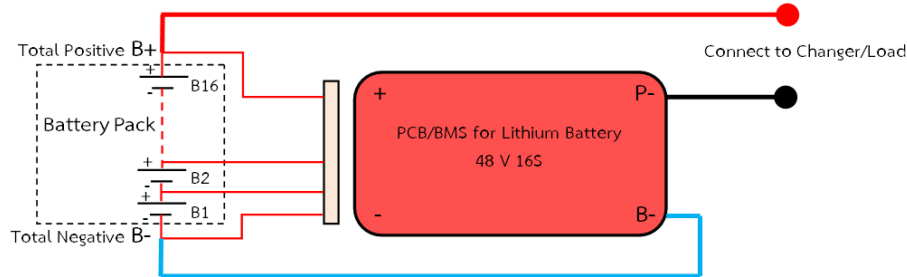
ศึกษาและออกแบบขนาดแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต สำหรับรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก เช่น วิเคราะห์ปริมาณแรงดันของระบบที่ใช้ในรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก ขนาดอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ (Charge) และคายประจุไฟฟ้า (Discharge) หรือ BMS (Battery Management System) และปริมาณแบตเตอรี่ที่นำมาต่อร่วมกันเพื่อให้ปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ระบบต้องการ โดยสามารถกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์ได้ดังต่อไปนี้



2.1 ขนาดอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ และคายประจุไฟฟ้า (BMS)

การเลือกขนาดอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ และคายประจุไฟฟ้า (BMS) เนื่องจากแบตเตอรี่มีขนาดความจุ 20 แอมแปร์-ชั่วโมง โดยสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับการออกแบบ คือ

ระบบแรงดันที่ต้องการใช้งานของระบบที่ 48 โวลต์ ดังนั้นขนาดของ BMS ที่นำมาต่อในลักษณะวงจรอนุกรม เพื่อให้ได้ระดับแรงดันเท่ากับ 48 โวลต์ คือ 16S (48 โวลต์) ดังนั้นวงจร BMS จะทำหน้าที่ปรับระดับแรงดันภายในเซลล์ที่ทำหน้าที่ชาร์จหรือคายประจุไฟฟ้าภายในแต่ละเซลล์ให้เท่ากัน โดยมีลักษณะการเชื่อมต่อดังภาพที่ 4



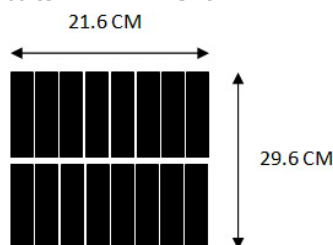
ภาพที่ 4 วงจรควบคุมการชาร์จ และคายประจุแบตเตอรี่ (BMS)

2.2 ปริมาณแบตเตอรี่ที่ระบบต้องการ

การออกแบบแบตเตอรี่ของระบบที่ใช้งาน คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ 48 โวลต์ ซึ่งแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ฟอสเฟต 1 ลูก จะมีระดับแรงดันที่ 2.5-3.65 โวลต์ต่อเซลล์ หรือที่ระดับ 3.2 โวลต์ต่อเซลล์ อัตราการชาร์จที่ 20 แอมแปร์ (1C) และอัตราการคายประจุแบตเตอรี่สูงสุดที่ 200 แอมแปร์ (10C) ซึ่งจะสามารถคำนวณจำนวนแบตเตอรี่ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ระดับแรงดันของระบบ} &= \text{ปริมาณแรงดันไฟฟ้าต่อเซลล์} \times \\ &\quad \text{จำนวนแบตเตอรี่ (เซลล์)} \\ &= 3.2 \text{ โวลต์} \times 15 \text{ (เซลล์)} \\ &= 48 \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

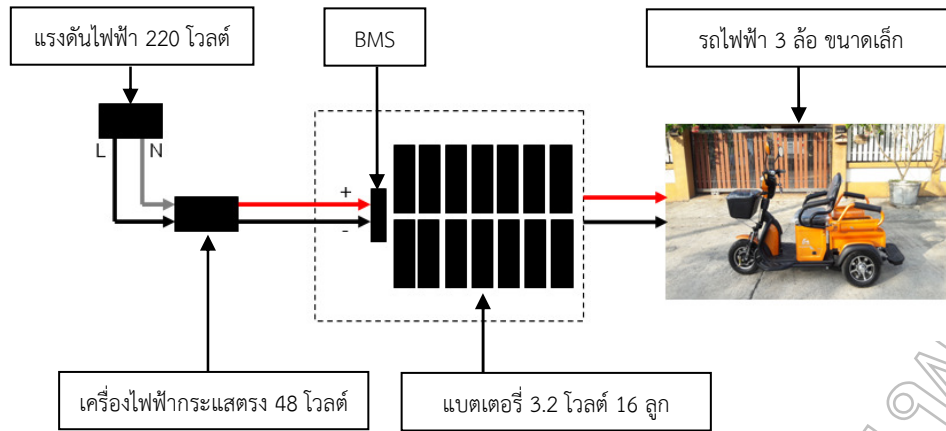
ดังนั้น ปริมาณแบตเตอรี่ที่นำมาต่อในลักษณะวงจรอนุกรมจะมีปริมาณเท่ากับ 16 ลูก เนื่องจากขนาดวงจรควบคุมการชาร์จประจุ มีจำหน่ายทั่วไปที่ 16 เซลล์ หรือ 16S โดยแต่ละลูกมีขนาดความกว้าง 2.7 เซนติเมตร ความยาว 14.8 เซนติเมตร และความสูง 9.2 เซนติเมตร เมื่อนำมาประกอบรวมกันจะมีขนาดความกว้าง 21.6 เซนติเมตร ความยาว 29.6 เซนติเมตร และสูง เซนติเมตร โดยจะสามารถวางในภาชนะบรรจุทดแทนแบตเตอรี่ที่มาจากโรงงานผู้ผลิตรถ 3 ล้อไฟฟ้าได้พอดี ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบจำลองการแพคเชื่อมต่อแบตเตอรี่ ขนาด 48 โวลต์ 16S

ส่วนที่ 3 การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน

ดำเนินการพัฒนาชุดแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ขนาดแรงดัน 48 โวลต์ ปริมาณความจุกระแสไฟฟ้ารวม 20 แอมแปร์-ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด ตามรูปแบบที่กำหนด ดังภาพที่ 6 โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จ และการคายประจุไฟฟ้า สำหรับนำไปใช้กับรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก โดยใช้แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ขนาดแรงดัน 3.2 โวลต์ 20 แอมแปร์-ชั่วโมง มาต่อรวมกันในลักษณะวงจรอนุกรม จำนวน 16 ลูก เพื่อเพิ่มปริมาณแรงดันไฟฟ้าให้เท่ากับ 48 โวลต์ โดยที่ปริมาณกระแสไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานและจดบันทึกข้อมูลที่สำคัญ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แนวทางแก้ไขในเบื้องต้น ตามรูปแบบของการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 6 แบบจำลองระบบแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในคร้วเรือน

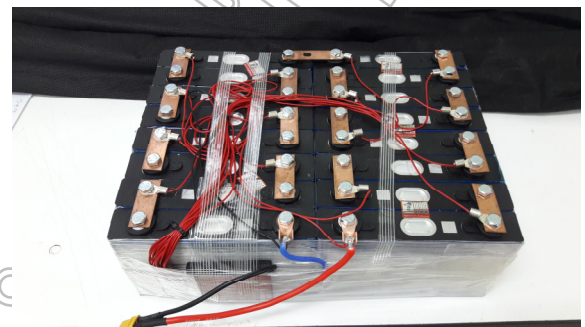
ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในคร้วเรือน

หลังจากดำเนินการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในคร้วเรือนแล้ว เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้งานและการรวบรวมข้อมูลด้วยหลักทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมโดยการทดสอบการใช้งานเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดที่มาจากโรงงานกับแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) ที่พัฒนาขึ้น โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นของแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด ระยะทาง และระยะเวลาที่รถวิ่งได้ ความเร็วสูงสุดของรถขณะวิ่งในแต่ละช่วงความเร็วทั้ง 3 ระดับ (ช้า ปานกลาง และสูง) โดยเฉลี่ย 3 ครั้ง ต่อการทดสอบในแต่ละช่วงความเร็ว โดยและนำข้อมูลที่มาเรียบเรียงใช้ประกอบการประเมิน

ผลการวิจัย

1. ผลการจัดสร้าง และศึกษาการใช้งานแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กสำหรับใช้ในคร้วเรือน

ผลการจัดสร้างแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก พบว่า แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ที่นำมาจัดสร้างมีขนาดแรงดัน 3.2 โวลต์ 20 แอมแปร์ต่อลูก ความกว้าง 2.7 เซนติเมตร ความยาว 14.8 เซนติเมตร และความสูง 9.2 เซนติเมตร น้ำหนักต่อลูก 0.65 กิโลกรัม นำมาแพะหรือต่อรวมกันในลักษณะวงจรอนุกรม จำนวน 16 ลูก ดังภาพที่ 7 เพื่อให้ได้แรงดันขนาด 48 โวลต์ แต่ละลูกเชื่อมต่อกันด้วยบัดดาร์ ยึดด้วยนอตเบอร์ 6 (M6) นำอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ และคายประจุไฟฟ้า (BMS) มาติดตั้งแล้วทำการต่อปลั๊กสำหรับเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก น้ำหนักโดยรวมของแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต จะเท่ากับ 10.84 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักโดยรวมของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่มาจากโรงงานผู้ผลิตเท่ากับ 26.45 กิโลกรัม ทำให้สามารถลดน้ำหนักแบตเตอรี่ลงได้ 15.61 กิโลกรัม



ภาพที่ 7 แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์

การติดตั้งชุดแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ สามารถนำไปติดตั้งยังตำแหน่งเดิมของรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก ทดแทนแบตเตอรี่ที่มาจากโรงงานได้ทันที เนื่องขนาดของแบตเตอรี่ที่จัดสร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง 21.6 เซนติเมตร และขนาดความยาว 29.6 เซนติเมตร ซึ่งช่องสำหรับรองรับแบตเตอรี่มีขนาดความกว้าง 26 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร และสูง 18 เซนติเมตร ซึ่งกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านปลั๊กที่เชื่อมต่อกับรถไฟฟ้า 3 ล้อ สามารถสะดวกต่อการถอดเคลื่อนย้ายแบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของกฤษณะ จันทสิทธิ์ และคณะ (2562) ได้นำแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมาประยุกต์ใช้งานในอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ระบบไฟฟ้าชนิดอเนกประสงค์เพื่อชุมชนรำพัน อำเภอกำใหม่ จังหวัดจันทบุรี

ผลการติดตั้งเครื่องวัดความเร็วและระยะทางของรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก พบว่า เครื่องวัดความเร็วที่ใช้อยู่ Inbike ติดตั้งโดยใช้สายเพื่อส่งสัญญาณไปยังจอแสดงผล สามารถวัดระยะทางรวม ขนาดความเร็ว ความเร็วเฉลี่ย และระยะเวลารวมได้ โดยทำการติดตั้งไว้ในส่วนล้อหน้าของรถไฟฟ้า และยังติดตั้งมาตรวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบขณะมอเตอร์ทำงาน และสะดวกต่อการเก็บข้อมูลอีกด้วย



2. ผลการศึกษาการใช้งานแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก

หลังติดตั้งแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟตลงในช่องวางแบตเตอรี่ พบว่า ขั้นตอนการใช้งาน ดังภาพที่ 8 ซึ่งเริ่มต้นจากการต่อขั้วสายไฟฟ้าให้ถูกต้องตามขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟ และจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยสามารถปรับระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ไปด้านหลังได้ 3 ระดับ และความเร็วในการเคลื่อนที่ทางด้านหลังได้ 1 ระดับ ตามคุณลักษณะของกล่องควบคุม



ภาพที่ 8 การติดตั้งแบตเตอรี่ลงในรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก

การใช้งานเริ่มต้นโดยทำการเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานที่อยู่ด้านหน้าของรถไฟฟ้า 3 ล้อ ไปที่ตำแหน่ง “On” เพื่อเปิดระบบให้อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมทำงาน สังเกตสถานะไฟแสดงของระดับแบตเตอรี่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ มอนิเตอร์แสดงผลในส่วนแสดงค่าแรงดัน ค่ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ขนาด 500 วัตต์ ใช้งาน โดยรถจะเริ่มเคลื่อนที่ได้โดยทำการบังคับคันเร่งที่อยู่บนแฮนด์ของรถไฟฟ้า ขนาดความเร็ว

จะขึ้นอยู่กับปริมาณการปรับคันเร่งของผู้ขับขี่ โดยจะมีความเร็วที่แตกต่างกัน มอเตอร์จะมีความเร็วสูงสุดที่ 3,000 รอบต่อนาที และเมื่อมอเตอร์ทำงานจะดึงกระแสไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ออกมาใช้งาน ระยะเวลาการใช้งานขึ้นอยู่กับขนาดความเร็วของผู้ขับขี่ ซึ่งสามารถปรับขนาดความเร็วได้ 3 ระดับ เมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ลดลง ค่าปริมาณสถานะระดับแบตเตอรี่ก็จะลดลงเพื่อแสดงให้ผู้ขับขี่เติมปริมาณกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ ดังนั้นระยะทาง และเวลาในการขับขี่ต่อการชาร์จแต่ละครั้งจะแปรผันไปตามขนาดความเร็ว เนื่องจากมอเตอร์ต้องดึงกระแสไฟฟ้าออกมาปริมาณมากในขณะที่ใช้ความเร็วสูง

3. ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน

ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อ ขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน พบว่า สามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง คือ ทดสอบโดยแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดที่มาจากโรงงาน และแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO4) ที่พัฒนาขึ้น โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นของแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด ระยะทาง และระยะเวลาที่วิ่งได้ ความเร็วสูงสุดของรถขณะวิ่งในแต่ละช่วงความเร็ว 3 ระดับ โดยเฉลี่ย 3 ครั้ง ต่อการทดสอบในแต่ละช่วงความเร็ว

ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อ ช่วงที่ 1 พบว่า ปริมาณแรงดันสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (แบตเตอรี่) โดยเฉลี่ยที่ 55.37 โวลต์ กระแสชาร์จที่ 3.08 แอมป์ และระยะเวลาชาร์จที่ 8 ชั่วโมง ทั้ง 3 ระดับความเร็ว ได้ผลดังตารางที่ 1 และในช่วงที่ 2 พบว่า ปริมาณแรงดันสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต โดยเฉลี่ยที่ 55.37 โวลต์ กระแสชาร์จที่ 3.19 แอมป์ และระยะเวลาชาร์จที่ 5 ชั่วโมง ทั้ง 3 ระดับความเร็ว ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก โดยใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (แบตเตอรี่)

ระดับความเร็ว	ค่าแรงดันเริ่มต้น (โวลต์)	ค่าแรงดันต่ำสุด (โวลต์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลา (ชั่วโมง:นาที)	ความเร็วสูงสุด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
1. ช้า (L)	51.97±0.31	45.15±0.28	37.17±0.35	3.27±0.07	13.70±0.10
2. ปานกลาง (M)	51.53±0.31	44.82±0.38	29.07±1.07	2.24±0.07	17.40±0.10
3. สูง (H)	51.93±0.15	44.63±0.23	27.80±1.18	1.54±0.06	21.80±0.20

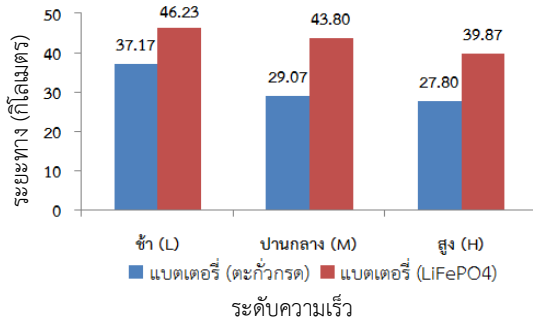
ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก โดยใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด พบว่า ที่ระดับความเร็วช้า (L=Low) ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ระดับ 51.97 โวลต์ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 37.17 กิโลเมตร ระยะเวลา 3 ชั่วโมง 27 นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ระดับ 13.70 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ที่ระดับ 45.15 โวลต์ เมื่อทำการทดสอบที่ระดับความเร็วปานกลาง (M=Medium)

ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ระดับ 51.53 โวลต์ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 29.07 กิโลเมตร ระยะเวลา 2 ชั่วโมง 24 นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ระดับ 17.40 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ที่ระดับ 44.82 โวลต์ และที่ระดับความเร็วสูง (H=High) ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ระดับ 51.93 โวลต์ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 27.80 กิโลเมตร ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 54 นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ระดับ 21.80

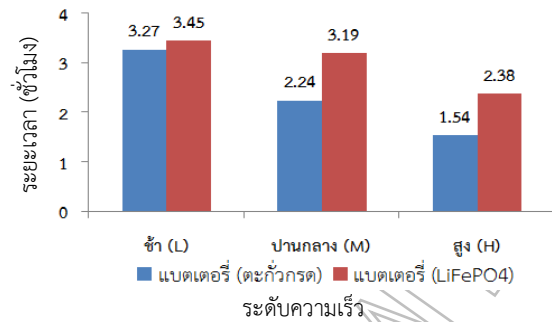


กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ที่ระดับ 44.63 โวลต์ ดังภาพที่ 9 จะสังเกตว่า ระยะทางที่รถเคลื่อน

ที่ได้กับความเร็วสูงสุดในแต่ละระดับ มีอัตราส่วนผกผันกับระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 10 โดยหากวิ่งด้วยความเร็วช้าก็จะได้ใช้งานได้นานขึ้น



ภาพที่ 9 ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ชนิด



ภาพที่ 10 ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก โดยใช้แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄)

ระดับความเร็ว	ค่าแรงดันเริ่มต้น (โวลต์)	ค่าแรงดันต่ำสุด (โวลต์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลา (ชั่วโมง:นาที)	ความเร็วสูงสุด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
1. ช้า (L)	53.17±0.23	45.03±0.32	46.23±0.67	3.45±0.05	17.00±0.20
2. ปานกลาง (M)	53.10±0.20	44.83±0.31	43.80±0.30	3.19±0.03	20.50±0.10
3. สูง (H)	53.13±0.25	44.95±0.15	39.87±1.07	2.38±0.07	25.20±0.15

ผลการทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก โดยใช้แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) พบว่า ที่ระดับความเร็วช้า (L=Low) ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ระดับ 53.17 โวลต์ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 46.23 กิโลเมตร ระยะเวลา 3 ชั่วโมง 45 นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ระดับ 17.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ที่ระดับ 45.03 โวลต์ เมื่อทำการทดสอบที่ระดับความเร็วปานกลาง (M=Medium) ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ระดับ 53.10 โวลต์ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 43.80 กิโลเมตร ระยะเวลา 3 ชั่วโมง 19 นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ระดับ 20.50 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ที่ระดับ 44.83 โวลต์ และที่ระดับความเร็วสูง (H=High) ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ระดับ 53.13 โวลต์ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 39.87 กิโลเมตร ระยะเวลา 2 ชั่วโมง 38 นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดที่ระดับ 25.20 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ที่ระดับ 44.95 โวลต์ ดังภาพที่ 9 จะสังเกตว่า ระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้กับความเร็วสูงสุดในแต่ละระดับ มีอัตราส่วนผกผันกับระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 10 โดยหากวิ่งด้วยความเร็วช้าก็จะได้ใช้งานได้นานขึ้น

ผลการวิเคราะห์ทดสอบรถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก พบว่า ในช่วงที่ 1 ทดสอบด้วยแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ระดับความเร็วแตกต่างกัน 3 ระดับ (ช้า ปานกลาง และสูง) ปริมาณแรงดันแบตเตอรี่เริ่มต้นอยู่ในช่วง 51.53 ถึง 51.97 โวลต์ เมื่อทำการเทียบกับปริมาณ

กระแสไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่จะเท่ากับร้อยละ 100 หรือค่าความลึกในการคายประจุของแบตเตอรี่ DOD (Dept of Discharge) ร้อยละ 100 เมื่อทดสอบความเร็วช้าจะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 37.17 กิโลเมตร หรือ ระยะเวลา 3 ชั่วโมง 27 นาที เมื่อทดสอบด้วยความเร็วปานกลางจะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 29.07 กิโลเมตร หรือ ระยะเวลา 2 ชั่วโมง 24 นาที และเมื่อทดสอบด้วยความเร็วสูงจะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 27.80 กิโลเมตร หรือ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 54 นาที โดยเมื่อปริมาณแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 44.82 ถึง 45.15 โวลต์ หรือระดับกระแสไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่เหลือร้อยละ 10 ซึ่งเป็นค่าแรงดันต่ำสุดที่รถไม่สามารถวิ่งต่อไปได้นั้น ส่งผลให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่มีรอบ (Cycle Life) การใช้งานลดลง เนื่องจากเซลล์วงจรภายในแบตเตอรี่ยังต้องการกระแสไฟฟ้า เช่นเดียวกับ การทดสอบด้วยแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) ที่ระดับความเร็วแตกต่างกัน 3 ระดับ (ช้า ปานกลาง และสูง) ปริมาณแรงดันแบตเตอรี่เริ่มต้นอยู่ในช่วง 53.10 ถึง 53.17 โวลต์ ปริมาณกระแสไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่จะเท่ากับร้อยละ 100 เช่นกัน เมื่อทดสอบความเร็วช้าจะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 46.23 กิโลเมตร หรือ ระยะเวลา 3 ชั่วโมง 45 นาที เมื่อทดสอบด้วยความเร็วปานกลางจะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 43.80 กิโลเมตร หรือระยะเวลา 3 ชั่วโมง 19 นาที และเมื่อทดสอบด้วยความเร็วสูงจะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 39.87 กิโลเมตร หรือระยะเวลา 2 ชั่วโมง 38 นาที โดยเมื่อปริมาณแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 44.83 ถึง 45.03 โวลต์ โดยจะสังเกตเห็นว่า ช่วงปริมาณแรงดัน 53.17 ถึง 48 โวลต์



จะให้ประสิทธิภาพในการคายประจุไฟฟ้าได้ต่อเนื่องกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ซึ่งมีข้อดีที่ทั้งระยะทาง และระยะเวลาที่วิ่งได้สอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2560) ศึกษาข้อดีของแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน โดยมีรอบการชาร์จที่มากกว่าถึง 2,000 รอบ น้ำหนักเบากว่าเมื่อเทียบกับปริมาณความจุเดียวกัน ไม่มีการก่อกวนของสารเคมีภายใน ไม่มีไอกรดซึ่งเป็นสาเหตุของการติดไฟ และวัสดุยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของเจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์ (2558) ได้ศึกษาพัฒนารถ 3 ล้อไฟฟ้าสำหรับคนพิการแบบถอดประกอบได้ ระบบขับเคลื่อนของรถใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่านขนาด 36 โวลต์ 350 วัตต์ มอเตอร์จะเป็นแบบฝังอยู่ในล้อ (Wheel Motor) รถ 3 ล้อไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ 1.15 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน หรือ

คิดเป็นระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 22 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีระยะเวลาในการประจุแบตเตอรี่ประมาณ 6 ชั่วโมง

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน

เมื่อดำเนินการพัฒนาจัดสร้างแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน และทำการทดสอบสมรรถนะด้วยการใช้งาน เพื่อดูการประสิทธิภาพการทำงานด้วยการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ด้วยมอเตอร์ขนาด 500 วัตต์ แบตเตอรี่ 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยหลักทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างแบตเตอรี่ตะกั่วกรดกับแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4) ดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อ ขนาดเล็กระหว่างแบตเตอรี่ตะกั่วกรดกับแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4)

ปัจจัยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (แบตเตอรี่)	แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4)
1. ด้านลักษณะทั่วไป		
1.1 ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	48	48
1.2 ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	20	20
1.3 ค่ากำลังงานไฟฟ้ารวม (วัตต์)	960	960
1.4 ขนาดแบตเตอรี่รวม กxยxส (เซนติเมตร)	18.5x31x19	21.6x29.6x9.2
1.5 น้ำหนักแบตเตอรี่รวม (กิโลกรัม)	26.45	10.84
2. ด้านประสิทธิภาพรถไฟฟ้า 3 ล้อ		
2.1 ระยะทางที่วิ่งได้ทั้ง 3 ระดับ (กิโลเมตร)	37.17 29.07 และ 27.80	46.23 43.80 และ 39.87
2.2 ระยะเวลาที่วิ่งได้ทั้ง 3 ระดับ (ชั่วโมง)	3.27 2.24 และ 1.54	3.45 3.19 และ 2.38
2.3 ความเร็วสูงสุดในแต่ละระดับ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	13.70 17.40 และ 21.80	17.00 20.50 และ 25.20
3. ลักษณะการใช้งานรถไฟฟ้า 3 ล้อ		
3.1 ระยะเวลาการชาร์จ (ชั่วโมง)	8	5
3.2 ขนาดอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่	48 โวลต์ 20 แอมแปร์	48 โวลต์ 20 แอมแปร์
3.3 ระดับความเร็ว	3 (ช้า ปานกลาง และสูง)	3 (ช้า ปานกลาง และสูง)
3.4 ขนาดระบบการขับเคลื่อน (วัตต์)	500	500
4. ต้นทุนที่ใช้สร้าง		
4.1 รถไฟฟ้าพร้อมชุดมอเตอร์ (บาท)	25,000	25,000
4.2 แบตเตอรี่ (บาท)	4,800	5,500
5. สมรรถนะการใช้งาน (ระยะทาง และเวลาที่วิ่งได้)	น้อยกว่าแบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต	ดีกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด



ดังนั้นจะเห็นได้ว่ารถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 500 วัตต์ ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4) ขนาดแรงดัน 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ มีประสิทธิภาพสมรรถนะการทำงานมากกว่า โดยสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งปริมาณระยะทาง และเวลารวมมากกว่า การต่อร่วมกับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเร็วทั้ง 3 ระดับ ปริมาณความเร็วสูงสุดยังสูงกว่าในทุกระดับ และยังสามารถในการชาร์จประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ได้เร็วกว่าอีกด้วย ซึ่งรถไฟฟ้า 3 ล้อ ยังเหมาะกับการนำไปใช้ในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย โดยเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าจะสามารถเติบโตได้ในอนาคตต้องมียุทธศาสตร์รองรับต่อการชาร์จไฟฟ้า 1 ครั้ง ใกล้เคียงกับระยะทางของการเติมเชื้อเพลิงในเทคโนโลยียานยนต์เครื่องยนต์ รวมทั้งมีต้นทุนในการครอบครองยานยนต์ไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเทคโนโลยีแบตเตอรี่จะเป็นตัวแปรหลักที่สำคัญ ซึ่งราคา ขนาด และน้ำหนัก อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ยังเป็นข้อจำกัด สำหรับโครงสร้างพื้นฐานการชาร์จไฟฟ้านั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ผู้ใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเกิดความมั่นใจในการชาร์จไฟฟ้าในที่สาธารณะ

สรุปและอภิปรายผล

1. รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กที่ใช้ในโครงการวิจัยเป็นรถไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดกว้าง 160 เซนติเมตร ยาว 108 เซนติเมตร และสูง 69 เซนติเมตร น้ำหนักโดยรวม 110 กิโลกรัม สามารถรองรับน้ำหนักได้รวม 180 กิโลกรัม สามารถปรับระดับความเร็วเดินหน้า 3 ระดับ และถอยหลังได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขับเคลื่อน 500 วัตต์ แรงดัน 48 โวลต์ 13 แอมแปร์ จำนวน 3,000 รอบต่อนาที ชาร์จกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ ด้วยระยะเวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมง เหมาะสำหรับนำไปใช้ในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากเป็นรถที่มีขนาด 3 ล้อ ทำให้ไม่จำเป็นต้องทรงตัวขณะขับขี่ อีกทั้งยังสะดวกต่อการบำรุงรักษา

2. แบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นเป็นแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4) ขนาดแรงดัน 3.2 โวลต์ 20 แอมแปร์ ความกว้าง 2.7 เซนติเมตร ความยาว 14.8 เซนติเมตร และความสูง 9.2 เซนติเมตร น้ำหนักต่อลูก 0.65

กิโลกรัม นำมาแพคหรือต่อร่วมกันในลักษณะวงจรอนุกรม จำนวน 16 ลูก เพื่อให้ได้แรงดันขนาด 48 โวลต์ แต่ละลูกเชื่อมต่อกันด้วยแบตเตอรี่ ยึดด้วยนอตเบอร์ 6 (M6) ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จและคายประจุไฟฟ้า (BMS) น้ำหนักโดยรวมของแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต จะเท่ากับ 10.84 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักโดยรวมของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่มาจากโรงงานผู้ผลิตเท่ากับ 26.45 กิโลกรัม ทำให้สามารถลดน้ำหนักแบตเตอรี่ลงได้ 15.61 กิโลกรัม หรือลดลงร้อยละ 59.02

3. ผลการทดสอบแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็ก โดยทำการเก็บข้อมูลวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นของแบตเตอรี่แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด ระยะทาง และระยะเวลาที่รถวิ่งได้ ความเร็วสูงสุดของรถขณะวิ่งในแต่ละช่วงความเร็ว 3 ระดับ เฉลี่ย 3 ครั้ง ต่อการทดสอบในแต่ละช่วงความเร็ว ด้วยขนาดแบตเตอรี่ขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4) มีผลระยะทางการเคลื่อนที่ดีกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรด (แบบแห้ง) ทั้ง 3 ระดับ (ต่ำ ปานกลาง และสูง) ร้อยละ 19.60 33.63 และ 30.27 อีกทั้งยังสามารถลดระยะเวลาในการชาร์จต่อครั้งลงได้ร้อยละ 37.5

4. ประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อ ขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต (LiFePO_4) ดีกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรด (แบบแห้ง) ซึ่งข้อได้เปรียบคือ รูปทรงเล็ก และปริมาณน้ำหนักลดลง ระยะเวลาต่อการชาร์จลดลง ความเร็วสูงสุดทั้ง 3 ระดับสูงขึ้น ระยะทาง และระยะเวลาโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และมีคุณสมบัติทั่วไปที่สามารถชาร์จได้มากกว่าถึง 2,000 รอบ ไม่มีการก่อตัวของสารเคมีภายใน ไม่มีโอกรด ซึ่งเป็นสาเหตุของการติดไฟ และวัสดุยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ อีกทั้งยังดูแลรักษาง่าย อายุการใช้งานยาวนาน ช่วยส่งเสริมการใช้นโยบายที่ไม่ปล่อยของเสียไปยังบรรยากาศ หรือก๊าซพิษที่เกิดจากการสันดาปภายในเครื่องยนต์ เป็นต้นแบบของอุตสาหกรรมรถไฟฟ้าที่ต้องใช้แบตเตอรี่ และยังเป็นบรรณารักษ์การใช้นโยบายไฟฟ้าของประเทศอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่ในลักษณะอื่น เพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนระยะทางและระยะเวลาต่อการชาร์จในแต่ละครั้งให้มากขึ้น
2. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนระบบการชาร์จแบตเตอรี่ โดยนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้
3. ควรศึกษาระบบการชาร์จแบตเตอรี่เพื่อให้ลดระยะเวลาในการชาร์จลง



เอกสารอ้างอิง

- กฤษณะ จันทสิทธิ์, ศราวุธ จิตรพัฒนากุล และคมสัน มุ่ยสี. (2562). อุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลไม้ระบบไฟฟ้าชนิดอนุกรมแรงดันเพื่อชุมชนรำพัน อำเภอนาทม จังหวัดนันทบุรี. **วารสารวิจัยรำไพพรรณี**. 13 (กันยายน ถึง ธันวาคม): 43-52.
- เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์. (2558). **รถสามล้อไฟฟ้าสำหรับคนพิการแบบถอดประกอบได้**. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2560). **การศึกษาเทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์ไฟฟ้า**. รายงานฉบับสมบูรณ์ ศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า.
- ยศพงษ์ ลออนวล. (2556). **การพัฒนาของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย**. รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
- วรวิศ กอปรสิริพัฒน์. (2559). รู้จักแบตเตอรี่ตอนที่ 4 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน. **เทคโนโลยีวัสดุ**. ฉบับที่ 80 (มกราคม - มีนาคม): 64-70.
- อาร์ เค บี แบตเตอรี่. (2560). **วงจร BMS (Battery Management System) ในแบตเตอรี่แพค คืออะไร**. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://www.rkbbattery.com/2018/12/25/battery-management-system/>. 6 พฤศจิกายน 2562.