



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การออกแบบและพัฒนาต้นแบบยานยนต์อเนกประสงค์ไฟฟ้า

Design and Development of Electric Utility Vehicle

วิรุณ โมณะตระกูล¹⁾ ชลดดา ยอดยิ่ง^{1)*} สมสุข ไตรศุภกิตติ¹⁾ ดินห์ บุญมี²⁾จอมทรัพย์ วรนาวิน³⁾ และ กันตพงษ์ แซ่ใส²⁾Wiroon Monatrakul¹⁾ Chonlada Yodying^{1)*} Somsuk Trisupakitti¹⁾Tin Boonmee²⁾ Jomsup Voranavin³⁾ and Kantapong Khaeso⁴⁾¹⁾ สาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม²⁾ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เลขที่ 88 ถนนตรีเพชร แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร³⁾ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา 227 ถ. พญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร⁴⁾ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น¹⁾ Innovative Technology Machinery Program, Rajabhat Maha Sarakham University²⁾ Suankularb Wittayalai School, No. 88, Tri Petch Road, Wang Burapha Phirom Subdistrict,

Phra Nakhon District, Bangkok

³⁾ Trim Udom Suksa School, No. 227, Phayathai Road, Pathum Wan Subdistrict, Pathum Wan District, Bangkok⁴⁾ Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kaen University

Received: 18 December 2019

Revised: 26 November 2021

Accepted: 17 May 2023

Available online: 22 December 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างยานพาหนะไฟฟ้า วัตถุประสงค์ของการออกแบบคือโครงสร้างที่มีมาตรฐานความปลอดภัย น้ำหนักเบา และชุดต้นกำลังขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า จากการออกแบบและสร้างทำให้ได้รถไฟฟ้าที่มีโครงสร้างแบบท่อโครงถัก (tube space frame chassis) มีค่าความปลอดภัย (F.O.S) เท่ากับ 5.44 โดยใช้ชุดต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 60 โวลต์ขนาด 3 แรงม้า และแหล่งป้อนกระแสไฟใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 60 แอมป์-ชั่วโมง 5 ลูก ต่อแบบอนุกรม ผลการทดสอบสมรรถนะใช้

งาน สามารถวิ่งได้ระยะทาง 45 km ความเร็วสูงสุด 36 km/h รับน้ำหนักบรรทุกได้ 600 kg และขึ้นเนินได้ 30 องศา ระยะเวลาในการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ 7 ชั่วโมง สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายตามความต้องการของชุมชนหรือหน่วยงานที่ต้องการระบบขนส่งสาธารณะขนาดเล็ก

คำสำคัญ: รถไฟฟ้า โครงสร้างแบบท่อโครงถัก ยานพาหนะอเนกประสงค์

Abstract

This research was to design and construct of Utility Electrical Vehicle. These aims of design were safety chassis, light-weight body and driven by electrical engine. Therefore this paper presents the design and construct of chassis made by tube space frame and the factor of safety (F.O.S) was 5.44 calculated by the commercial program in finite element. The driven unit was selected to be 3hp DC-motor 60 volts and the electrical currency was supplied by 5×12 volt 60 Ah battery cell in series. The result shown that the performance of the vehicle: distance 40 km, top speed 38 km/h, loading weight 600 kg (10 persons), 30 degree of uphill slope and recharging time were 7 hours. In addition this chassis modular can be modified for many applications in small – public transportation system all of government and private sectors.

Keywords: Electrical vehicle: Tube space frame chassis: Utility vehicle

*ติดต่อ: chonlada.yo@rmu.ac.th, 083-454-6474

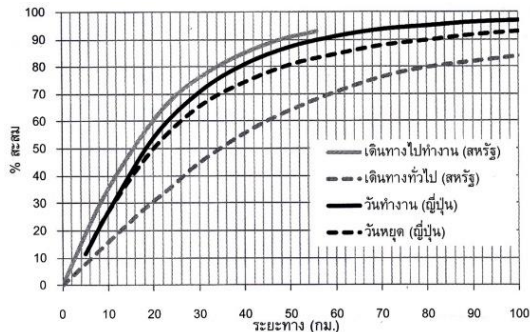
1. บทนำ

ภาวะโลกร้อนอันเป็นผลจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนและก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศในรูปแบบของการเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่งผลให้เกิดการกักเก็บความร้อน มาสู่การเพิ่มอุณหภูมิของโลก และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศธรรมชาติ [1] แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจกของไทย 4 อันดับแรก คือ ภาคพลังงาน (253 ล้านตันคาร์บอนฯ ต่อปี) ซึ่งคิดเป็น 70% ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของไทย ตามด้วยภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะนาข้าวและการทำปศุสัตว์ (52 ล้านตันคาร์บอนฯ) ภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการผลิตซีเมนต์ (31 ล้านตันคาร์บอนฯ) และภาคของเสีย (17 ล้านตันคาร์บอนฯ) หลังจากไทยเข้าร่วมความตกลงปารีสว่าด้วยการควบคุมอุณหภูมิของโลกไม่ให้สูงเกิน 2 องศาและการจำกัดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ไทยก็เริ่มดำเนินมาตรการต่าง ๆ ตามพันธสัญญา ซึ่งจากการประเมินเมื่อปี 2562 พบว่าไทยสามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานและการขนส่งได้ 64.2 ล้านตันคาร์บอนจากปีฐานในปี 2548 หรือลดลง 17.5% จากปริมาณที่ปล่อยในปี 2548 ซึ่งถือว่าบรรลุเป้าหมายในระยะแรก [2]

ในอุตสาหกรรมรถยนต์ได้ตระหนักถึงปัญหาในเรื่องของการปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental protection) อีกทั้งราคาน้ำมันที่ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ประกอบการหันมาคิดค้นสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อให้รถยนต์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-Friendly) จนพัฒนามาเป็นรถยนต์ระบบไฟฟ้า (Electric Vehicle) ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน โดยไม่ใช้เครื่องยนต์สันดาป

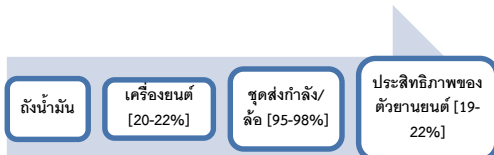
ภายในอีกต่อไป จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อม และการปรับตัวของราคาน้ำมันที่มีราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ทั้งหมด ซึ่งในประเทศไทยมีการจำหน่ายรถยนต์ระบบไฟฟ้า (EV) หลากหลายแบรนด์ และรถยนต์ระบบไฟฟ้าเป็นนวัตกรรมใหม่ล่าสุด ที่ถูกพัฒนาให้สามารถสร้างประโยชน์และแก้ปัญหาได้ เพียงแต่สิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้รถยนต์ระบบไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นยังไม่สามารถรองรับการใช้งานของรถยนต์ระบบไฟฟ้าได้อย่างครอบคลุม เช่น จำนวนสถานีชาร์จไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ราคาของรถยนต์ระบบไฟฟ้าที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับรถยนต์ระดับเดียวกันที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน และการส่งเสริมของภาครัฐนั้นยังไม่ครอบคลุมสำหรับผู้บริโภคที่ใช้รถยนต์ระบบไฟฟ้าทั้งหมดได้ [3]

ด้วยการเกิดขึ้นของเมืองใหญ่ทั่วโลกในปัจจุบัน จำนวนยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้นกลับมีการใช้งานที่กระจุกตัวอยู่ในบริเวณที่จำกัด จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่ากว่า 70% ของการใช้งานยานยนต์ส่วนบุคคลจำกัดอยู่กับระยะขับที่ไม่เกิน 60 กม. ต่อวัน และสำหรับประเทศในยุโรป การเดินทางมีสัดส่วนมากกว่า 90% ที่มีระยะทางน้อยกว่า 80 กม. ต่อวัน และกว่าครึ่งของการเดินทางจำกัดอยู่ในระยะขับที่เพียง 5 กม. ฉะนั้นเมื่อพิจารณาถึงการใช้งานในเมือง ข้อได้เปรียบของยานยนต์แบบดั้งเดิมต่อยานยนต์ไฟฟ้าในเรื่องระยะทางขับก็ถือได้ว่าคุณค่าลงไป [4]

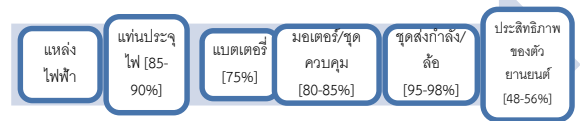


รูปที่ 1 สัดส่วนการใช้งานระยะขี้นยานยนต์ส่วนบุคคลในสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น

จากพัฒนาการของเทคโนโลยีแบตเตอรี่และมอเตอร์ทำให้รถไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะขับเคลื่อนได้มากขึ้นกว่าเดิม โดยพัฒนาการของเทคโนโลยีแบตเตอรี่ทำให้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก ข้อได้เปรียบในเชิงประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าก็คือ ระบบแบตเตอรี่-มอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบน้ำมัน-เครื่องยนต์แบบสันดาปภายในถึงประมาณ 3 เท่า รถไฟฟ้าขนาดมาตรฐานจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.16 กิโลวัตต์-ชม. ต่อ 1 กม. หรือประมาณ 0.50 บาท/กม. ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำมันมาก ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 และตารางที่ 1 [4]



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพของยานยนต์สันดาปทั่วไป



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพของยานยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้พลังงานที่ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์รูปแบบต่าง ๆ

ประเภทรถ	Wh/km
รถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลขนาดเล็ก	90
รถยนต์ส่วนบุคคลขนาดเล็ก	130
รถยนต์เนกประสงค์ขนาดเล็ก	150
รถยนต์เนกประสงค์ขนาดใหญ่	200
รถกระบะ	200
รถกอล์ฟ ไฟฟ้า ขนาด 6-4 ที่นั่ง	75
รถมอเตอร์ไซด์	28
รถมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า	7
รถโดยสารภายใน ขนาด 10 ที่นั่ง	250
รถโดยสารภายใน ขนาด 16 ที่นั่ง (4.5ตัน)	340

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2 [4] แต่เนื่องด้วยจากมีราคาแพงและจำเป็นจะต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต สำหรับประเทศไทยแล้ว แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-น้ำกรดเป็นคำตอบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในท้องถิ่นที่มีการขนส่งแบบพื้นฐานไม่ซับซ้อนระยะทางไม่มากและต้นทุนการดำเนินการต่ำ สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลและองค์ประกอบเชิงยืนยันของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการซื้อรถยนต์ไฟฟ้าแบบเตอรี พบว่า ราคาเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจ รองลงมาเป็นด้านแนวโน้มของราคาน้ำมัน [5] และยังมีงานวิจัยกล่าวว่าการส่งเสริมการใช้รถประจำทางไฟฟ้ามาใช้ในการขนส่งสาธารณะระหว่างจังหวัดควรมีการผลักดันจากรัฐด้วยนโยบายส่งเสริมและมีการจัดเตรียมสถานีชาร์จไฟระหว่างทางให้เพียงพอ ถึงจะมีความเป็นไปได้ของการใช้รถประจำทางไฟฟ้าสำหรับการขนส่งมวลชนระยะไกล [6] ปัจจุบันมีการพัฒนารถโดยสารไฟฟ้าเกิดขึ้นภายใต้บันทึกข้อตกลงความร่วมมือด้านการวิจัยและพัฒนาโครงการพัฒนารถโดยสารประจำทางใช้แล้วขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เป็นรถโดยสารไฟฟ้าเพื่อพัฒนาขีดความสามารถของผู้ประกอบการไทย โดยวิ่งได้ 100 กิโลเมตรต่อการประจุไฟฟ้า และมีความเหมาะสมในการให้บริการเป็นรถโดยสารประจำทางสาธารณะไฟฟ้า มีต้นทุนการพัฒนาต้นแบบประมาณ 7 ล้านบาทต่อคัน และมีการยืดอายุการใช้งานซาการถโดยสารประจำทางที่สิ้นอายุแล้วออกไปอีกอย่างน้อย 15 ปี สถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถโดยสารไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 72 กิโลวัตต์ มีระยะเวลาในการประจุไฟฟ้ากับต้นแบบรถโดยสารไฟฟ้าจนเต็ม ประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง ต้นทุนในการผลิต 300,000 บาทต่อสถานีชาร์จ [8] นอกจากนี้ยังมีรถบัสไฟฟ้า (Electric Bus) ต้นแบบพลังงานไฟฟ้า 100% ความเร็วสูงสุด 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตัวรถพื้นต่ำขึ้นลงสะดวกสบาย ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบเตอรี

260 kw/h ระยะทางการวิ่งประมาณ 250 กิโลเมตร/ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง (การชาร์จไฟฟ้าใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง) [8]

ซึ่งปัจจัยโดยรวมเหล่านี้สามารถ นำมาใช้กับชุมชนขนาดกลางถึงเล็กอย่างมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งมีพื้นที่ 454 ไร่ ประกอบไปด้วย 8 คณะ 38 อาคาร [9] และมีประชากรหมุนเวียนอย่างหนาแน่นประมาณ 20,000 คนต่อวัน โดยมีรถยนต์และรถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมากที่เข้ามาใช้บริการ ทำให้การสัญจรมีความหนาแน่นในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน อาจก่อให้เกิดปัญหาหามลภาวะและอุบัติเหตุตามมา และสภาพถนนเส้นหลักในเขตมหาวิทยาลัยเป็นถนนแอสฟัลต์ติก ระยะทางโดยรวมประมาณ 4 กิโลเมตรเป็นลักษณะกึ่งตาราง โดยเป็นทางสัญจรที่ผ่านโอบล้อมอาคารเรียนและสถานที่ต่าง ๆ ซึ่งยังไม่มีระบบขนส่งบริการสาธารณะคอยรองรับการดำเนินการสัญจรภายในเขตมหาวิทยาลัยฯ ด้วยองค์ประกอบเหล่านี้ ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีบทบาทสำคัญโดยสอดคล้องกับลักษณะและพฤติกรรมของการขนส่งบริการสาธารณะในเขตพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์รูปแบบต่าง ๆ

ประเภทของแบตเตอรี่	ตะกั่ว-น้ำกรด	นิเกิล-เมทัลไฮไดรด์	ลิเทียมไอออน
ความจุพลังงาน Wh/kg	30-40	75-100	110-175
พลังงานต่อปริมาณ Wh/L	54-95	200-300	250-360
กำลังจำเพาะ W/kg	600-800	1000-1500	1500-3000
แรงดันต่อหน่วยย่อย V	2.1	1.2	3.2-3.6
ประสิทธิภาพการประจุไฟ	>80%	70%	>95%
ราคา เหรียญสหรัฐ / กิโลวัตต์ชั่วโมง	35	200-350	400
การคายประจุ	0.3%/วัน	3%/วัน	0.7%/วัน
อายุวัฏจักรใช้งานที่ระดับการคายประจุ 80%	300 - 800	>1000	>2000
เวลาประจุไฟ	8 ชม.	1 ชม.	2-3 ชม.

เพื่อเป็นการตระหนักถึงปัญหาในเรื่องของการปกป้องสิ่งแวดล้อม และแก้ปัญหาในด้านการสัญจรที่มีความหนาแน่นและเร่งด่วนภายในเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาสร้างยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์ต้นแบบ พร้อมทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง เก็บข้อมูลพื้นฐานของยานยนต์ต้นแบบ เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการพึ่งพาพลังงานสะอาด เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางสังคมแต่ยังคงอนุรักษ์ระบบนิเวศน์และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำการวิจัยระดับสูงต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

2.1.1 ศึกษาข้อมูลในการออกแบบและพัฒนารถไฟฟ้าเพื่อการขนส่งมวลชน

2.1.2 ออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและส่วนประกอบของรถไฟฟ้าและต้นกำลังเพื่อประกอบเข้ากับโครงสร้างพื้นฐาน

2.1.3 ประกอบรถต้นแบบ

2.1.4 ทดสอบและปรับปรุงความแข็งแรงและสมรรถนะในการใช้งาน ได้แก่

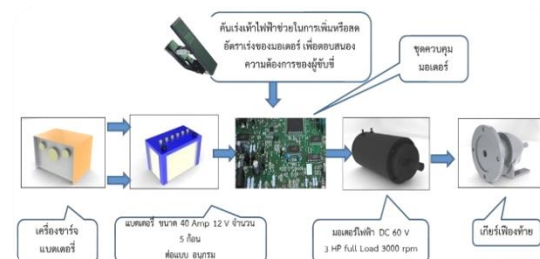
- 1) ความแข็งแรงของโครงสร้าง
- 2) สมรรถนะการใช้งาน
- 3) อัตราสิ้นเปลืองพลังงาน (บาท/กิโลเมตร)

2.1.5. วิเคราะห์และสรุปผล

2.2 กรอบแนวคิดและหลักการ

2.2.1 ระบบขับเคลื่อนและการควบคุม

รถไฟฟ้าในโครงการทำการขับเคลื่อนด้วยล้อหลังโดยการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงส่งกำลังโดยตรงผ่านเกียร์เฟืองท้าย ทำการจัดวางแบตเตอรี่ไว้ตรงจุดกึ่งกลางของตัวโครงสร้างเพื่อการกระจายน้ำหนักที่ดี ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ส่วนประกอบอุปกรณ์ขับเคลื่อนของรถไฟฟ้า

ในการเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมนั้นต้องมีการคำนวณแรงบิดและความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงก่อน โดยขึ้นอยู่กับน้ำหนักรถและน้ำหนักบรรทุก ระยะทางและความเร็วที่ต้องการ ชุดมอเตอร์ที่เหมาะสมจะเป็นมอเตอร์ขนาด 48 โวลต์ จนถึง 96 โวลต์ กำลังตั้งแต่ 2 กิโลวัตต์ จนถึง 10 กิโลวัตต์ เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ก็จะสูงขึ้นเช่นกัน และจะต้องมีการระบายความร้อนที่ดี เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมแล้วจึงกำหนดขนาดมอเตอร์ตามท้องตลาดที่ใกล้เคียงที่สุด โดยขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1, 2 และ 3 [10]

การคำนวณแรงขับเคลื่อน

$$R_r = K_r W \quad (1)$$

$$R_a = (\rho v^2 A C_d) / 2 \quad (2)$$

$$F = R_t = (R_r + R_a) \quad (3)$$

เมื่อ F แรงขับเคลื่อนตัวรถ
 R_r แรงต้านการขับเคลื่อนจากน้ำหนักรถ
 R_a แรงต้านการขับเคลื่อนทางพลศาสตร์
 W น้ำหนักรถยนต์
 C_d สัมประสิทธิ์แรงดูดอากาศ = 0.29
 K_r สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ = 0.012
 η_t ประสิทธิภาพการส่งกำลัง = 85%
 r รัศมียางรถยนต์
 A พื้นที่หน้าตัดรถยนต์ = 0.8 WH
 H ความสูงของตัวรถ
 ρ ความหนาแน่นของอากาศ = 1.18 kg / m^3
 v อัตราความเร็วรถไฟฟ้า = 13-15 m / sec
 โดยทั้งนี้การคำนวณกำลังของรถไฟฟ้า

เป็นไปตามสมการที่ 4, 5 และ 6 [10]

กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนที่ล้อ

$$P_w = F.v \quad (4)$$

ค่ากำลังพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า

$$P_m = (100 \times P_w) / \eta_t \quad (5)$$

ค่าแรงบิดของมอเตอร์

$$T_m = (100 \times T_w) / (\eta_t . i_g) \quad (6)$$

ค่าแรงบิดที่ล้อรถ

$$T_w = F.r \quad (7)$$

*โดยที่อัตราทดของเกียร์เฟืองท้ายเทียบกับมอเตอร์
 $i_g = 12.00$

โดยโครงการนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ชุดมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน ขนาด 3 แรงม้า ใช้แรงดัน 60 โวลต์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ ต่อเข้าชุดเฟืองท้ายขับเคลื่อนโดยตรง เมื่อประกอบชุดมอเตอร์เสร็จสมบูรณ์ สามารถทำความเร็วได้ 36 ถึง 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องด้วยเป็นความเร็วที่เหมาะสมกับการสัญจรในเมืองและแหล่งชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชุดควบคุมและชุดมอเตอร์

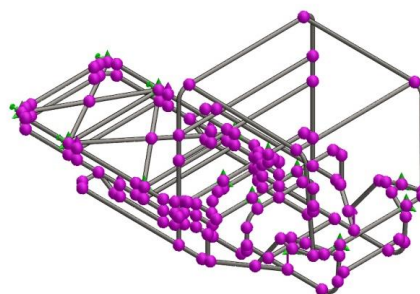
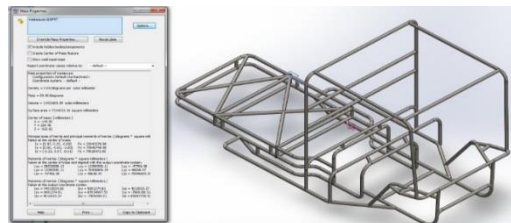
2.2.2 การออกแบบโครงสร้าง และระบบ แบตเตอรี่

วัตถุประสงค์ของการออกแบบคือ โครงสร้างที่มีมาตรฐานความปลอดภัย น้ำหนักเบา จากการออกแบบและสร้างทำให้ได้รถสามล้อไฟฟ้าที่มีโครงสร้างแบบท่อโครงถัก (tube space frame chassis) [11] เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่กำลังขับสูง และจำเป็นต้องคำนึงถึงแรงกระทำในการใช้งานจริงและกระจายแรงภายในโครงสร้างรถ เมื่อโครงสร้างมีความซับซ้อนยากต่อการคำนวณ จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ทดสอบค่า Stress Displacement Strain และ Factor Of Safety (F.O.S) [12] ค่าที่ได้เหล่านี้จำเป็นในการช่วยตัดสินใจออกแบบโครงสร้างอย่างไรถึงจะรับแรงกระทำได้และใช้งานได้อย่างปลอดภัย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความปลอดภัย Factor Of Safety (F.O.S)

ชนิดของแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน	วัสดุที่จะนำมาทำเป็นชิ้นงาน	
	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ
แรงอยู่นิ่ง	3-4	5-6
แรงเปลี่ยนแปลง	8	10
แรงกระแทกอย่างหนัก	10-15	15-20

ทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีการทดสอบโครงสร้างด้วยซอฟต์แวร์ Solid Works Simulation [13] มีขั้นตอนดังนี้คือ สร้างแบบจำลองรถไฟฟ้า (CAD Model) และสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Model) และกำหนดคุณสมบัติวัสดุในการสร้างรถไฟฟ้างดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทดสอบน้ำหนักโครงสร้างรถไฟฟ้า
ด้วยโปรแกรม Solid Work Simulation

โครงสร้างรถไฟฟ้าจะรับภาระน้ำหนักของโครงสร้างและแรงกระทำจากการใช้งานทั้ง ภาระงานสถิตย์ (Static load) และภาระงานพลวัต (Dynamic load) โดยจุดจับยึดของโครงสร้างจะเป็นบริเวณส่งถ่ายแรงของล้อหลังและล้อหน้าเป็นหลักเนื่องจากบริเวณนี้เป็นจุดที่รับแรงกระทำจากท้องถนนส่งถ่ายมายังล้อผ่านเหล็กสปริงแล้วค่อยถึงโครงสร้างหลักเป็นบริเวณที่ไม่มีโมเมนต์กับรถ สำหรับวัสดุที่ใช้คือ Alloy Steel (ss400) ซึ่งมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 4 [12]

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ประกอบโครงสร้างรถไฟฟ้า

ชนิดวัสดุ	เหล็กโครงสร้าง
รูปแบบการทดสอบ	linear elastic isotropic
แรงต้านทานการดึง	$6.20122e+008 \text{ N/m}^2$
tensile strength	$7.23826e+008 \text{ N/m}^2$
มอดุลัสของยัง	$2.1e+011 \text{ N/m}^2$
อัตราส่วนปัวซอง	0.28
ความหนาแน่น	7700 kg/m^3
โมดูลัสของแรงเฉือน	$7.9e+020 \text{ N/m}^2$
สัมประสิทธิ์การขยายตัว	$1.3e-005 \text{ 1/K}$

จากคุณสมบัติของแบตเตอรี่ในตารางที่ 2 ทางทีมผู้วิจัยเลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-น้ำกรด ขนาด 12 โวลต์ กระแสตรง 80 แอมป์-ชั่วโมง จำนวนที่ใช้ 5 ลูกในการดำเนินงานเนื่องจากสามารถหาได้ง่าย มีราคาไม่แพง และทำการซ่อมแซมปรับเปลี่ยนได้ง่าย และในการออกแบบระบบประจุไฟเข้าแบตเตอรี่ โดยผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้เครื่องประจุไฟฟ้าโดยรับไฟ กระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรท์ และจ่ายไฟเข้าชุดแบตเตอรี่เป็นระบบกระแสตรง 60 โวลต์ 60 แอมป์-ชั่วโมงในการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 7

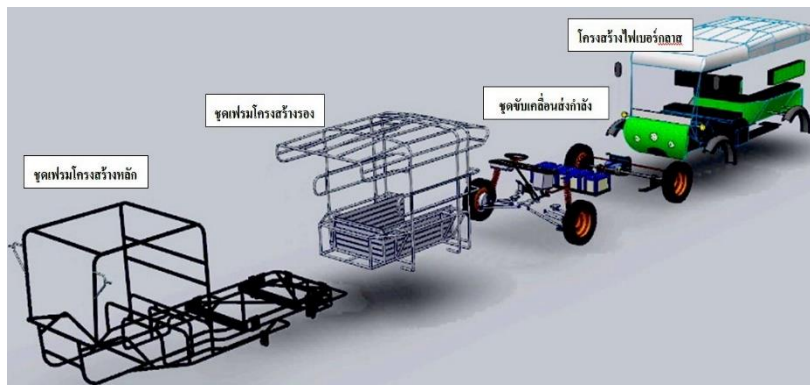


รูปที่ 7 การเลือกใช้แบตเตอรี่และการประกอบติดตั้งเครื่องประจุไฟฟ้า

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 รายละเอียดการออกแบบและสร้างโดยสมบูรณ์ และระบบขับเคลื่อนและการควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 8-12

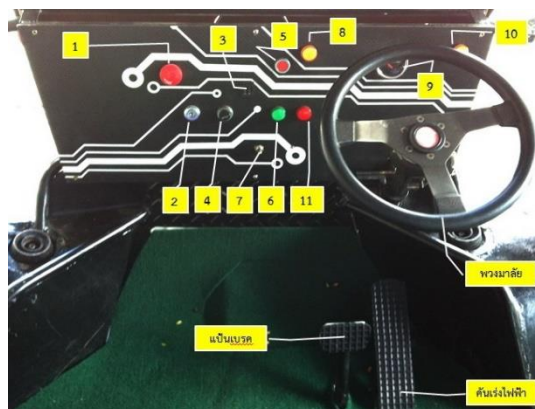
(1) กล่องควบคุม, (2) แบตเตอรี่, (3) เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker), 4) ชูตคันเร่ง,
(5) สวิตช์เบรก, (6) สวิตช์, (7) เมนี่เลย์ และ (8) สวิตช์กุญแจ



รูปที่ 10 แบบร่างส่วนประกอบหลักของรถไฟฟ้าโดยสมบูรณในโครงการ



รูปที่ 11 รูปแบบรถไฟฟ้าโดยสมบูรณในโครงการ



รูปที่ 12 รถไฟฟ้า – อุปกรณ์ชุดควบคุม

- (1) สวิตช์ปั๊มฉุกเฉิน, (2) สวิตช์กุญแจ, (3) สวิตช์เดินหน้า-ถอยหลัง-เกียร์ว่าง, (4) สวิตช์เปิด-ปิดไฟหน้า, (5) สวิตช์เปิดเสียงแตร, (6) หลอดไฟแสดงการเปิด-ปิดใช้งาน, (7) สวิตช์เปิด-ปิดไฟเลี้ยวซ้ายและขวา, (8) หลอดไฟแสดงการทำงานไฟเลี้ยวซ้าย, (9) เกาต์ค่าแรงดันแบตเตอรี่, (10) หลอดไฟแสดงการทำงานไฟเลี้ยวขวา และ (11) หลอดไฟแสดงการทำงานกดปุ่มฉุกเฉิน

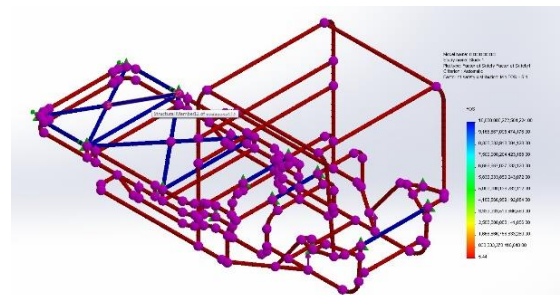
ตามดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งประกอบด้วยโครงรถ (11,12,15,20) สร้างด้วยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ดัดขึ้นรูปเชื่อมต่อกันประกอบเป็นกล่องรับแรง มีขนาดความยาวจากล้อหน้าถึงล้อหลังเท่ากับ 210 cm มีความกว้างจากคานล้อหน้าทั้งสองข้างและล้อหลังเท่ากับ 1550 cm เส้นผ่าศูนย์กลางล้อหน้าและล้อหลังมีขนาด 20 นิ้ว (7) มีขนาดความกว้างของยางเท่ากับ 11.7 cm มีระบบเบรกแบบดรัม (13) เหมือนกับที่ใช้ในรถยนต์ มีมอเตอร์ (14) ขนาด 60 โวลต์ ติดตั้งอยู่บนเพลาท้าย (18) ทำการขับเคลื่อนล้อหลังด้วยเพลาท้าย มีแบตเตอรี่ (21) ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 5 ลูก อยู่ใต้โครงเก้าอี้คนนั่งขับ (22) ระบบกันสะเทือนล้อหลัง (16,17,19) เป็นแบบแผ่นแหนบเพื่อการรองรับการบรรทุกหนักแบบที่ใช้ในรถยนต์ปิกอัพ ระบบกันสะเทือนล้อหน้า (3,23) เป็นแบบปีกนกชั้นเดียวประกอบใช้คัพและคอยล์สปริง ระบบบังคับเลี้ยวหน้า (4,5,6) ใช้คันชักส่งที่ควบคุมด้วยพวงมาลัย (9) การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (21) เมื่อเปิดสวิตช์ (8) และเหยียบคันเร่ง (15) ซึ่งติดตั้งอยู่บนรถด้านขวา โดยจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังชุดควบคุมความเร็ว (2) เพื่อทำการป้องกันกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (21) ให้กับมอเตอร์ (14) หมุนส่งกำลังผ่านเพลาท้าย (18) ไปยังล้อหลังทำให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การหยุดรถจะละเท้าจากคันเร่งมาเหยียบเบรก โดยในขณะที่เหยียบเบรกชุดควบคุมจะส่งสัญญาณ ไปตัดการป้องกันกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ (14) เพื่อหยุดการทำงาน

ตามดังแสดงในรูปที่ 9 กล่องควบคุม (1) เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อส่งกำลังไปยังล้อทำให้รถเคลื่อนที่ไปได้ซึ่งกล่องควบคุมจะรับ

กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (2) ผ่านทางเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) (3) และรับสัญญาณควบคุมความเร็วจากชุดคันเร่ง (4) รับสัญญาณตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เมื่อทำการหยุดรถจากสวิตช์เบรก (5) การบังคับทิศทางรถเคลื่อนที่ของรถให้เดินหน้าและถอยหลังจะใช้การสลับขั้วบวก-ขั้วลบของแบตเตอรี่ซึ่งออกจากชุดควบคุมด้วยสวิตช์ (6) และเมอร์ไเลย์ (7) โดยวงจรทั้งหมดจะทำงานต่อเนื่องเมื่อเปิดสวิตช์กุญแจ (8)

3.2 ผลการออกแบบโครงสร้าง และระบบแบตเตอรี่

จากการใช้กระบวนการออกแบบและทดสอบด้วยซอฟต์แวร์ Solid works Simulation ทำให้ได้ โครงสร้างรถไฟฟ้าที่มีน้ำหนักเบา โดยมีน้ำหนักโครงสร้าง 89 กิโลกรัม และมีค่าความปลอดภัย Factor of Safety (F.O.S) มีค่าเท่ากับ 5.44 ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การทดสอบ Factor Of Safety แบบภาวะสถิตย์ ของโครงสร้างรถไฟฟ้า (F.O.S = 5.44)

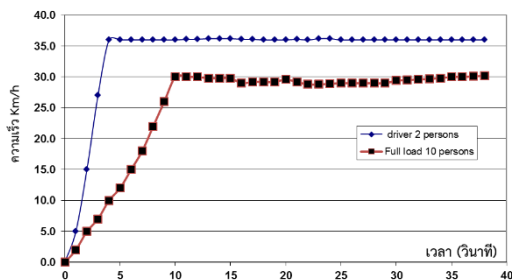
จากการออกแบบระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่เมื่อได้ชนิดและขนาดมอเตอร์ที่ใช้แล้ว ก็ทำการกำหนดเลือกพลังงานจะนำมาใช้ในตัวรถทั้งจ่ายไฟให้มอเตอร์ให้เพียงพอต่อการใช้งานทั้งระบบ และต้องคำนึงถึงระยะเวลาการใช้งานต่อการประจุไฟหนึ่งครั้ง

ว่าจะ ให้พลังงานแก่มอเตอร์นานเพียงใด และ ระยะทางที่ได้ต่อการประจุไฟเต็มหนึ่งครั้ง โดยมีการ ติดตั้งระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 14

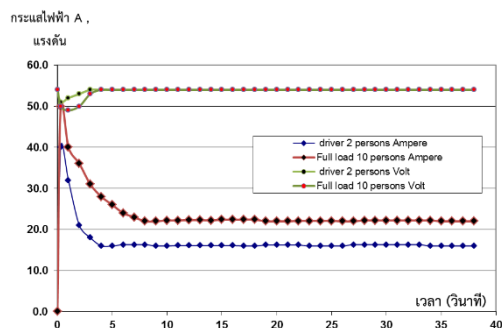


รูปที่ 14 อุปกรณ์ชุดประจุกระแสไฟฟ้า

โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพรถไฟฟ้าได้ผล ดำเนินการดังแสดงในรูปที่ 15, 16 และ ตารางที่ 5



รูปที่ 15 ความเร็วของรถไฟฟ้า



รูปที่ 16 การใช้กระแสไฟและค่าแรงดันของรถไฟฟ้า

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพรถไฟฟ้า

หัวข้อทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. พิสัยระยะทาง	45 km
2. เวลาวิ่งทั้งหมด	1 ชั่วโมง 40 นาที
3. ความเร็วสูงสุด	30-36 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
4. อัตราเร่งจากความเร็ว 0 – 36 km/h	5-10 วินาที
5. ระยะเวลารักษาความเร็วสูงสุด	1 ชั่วโมง
6. ความสามารถในการขึ้นเนิน	30 องศา
7. รัศมีวงเลี้ยว	3.2 เมตร
8. ระยะเวลาในการประจุไฟเข้าแบตเตอรี่	7 ชั่วโมง
9. ความแข็งแรงของโครงสร้าง	F.O.S 5.44 (static)
10. น้ำหนักบรรทุก	600 kg
11. การสิ้นเปลือง	0.38 บาท/กิโลเมตร

จากการทดสอบประสิทธิภาพรถไฟฟ้า ในด้านของความเร็ว จากรูปที่ 14 พบว่า การบรรทุกน้ำหนักแบบเต็มคันรถ (Full load) จำนวน 10 ที่นั่งนั้น จะให้ความเร็วสูงสุดของรถอยู่ที่ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้เวลา 10 วินาทีในการเคลื่อนที่จาก 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงไปยัง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่เมื่อลดจำนวนภาระลง เป็น 2 ที่นั่ง จะเห็นได้ว่า ความเร็วสูงสุดของรถสามารถเคลื่อนที่ได้เร็ว 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้เวลาเพียง 5 วินาที ในการเคลื่อนที่จาก 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงไปยัง 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งความเร็วที่ได้มานั้นสอดคล้องกับกำลังการใช้งานพลังงานไฟฟ้า (รูปที่ 15) เนื่องจากช่วงเร่งเครื่องในขั้นตอนแรกนั้นต้องเอาชนะแรงเฉื่อย จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง แต่เมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง จะใช้กำลังไฟฟ้าที่คงที่

โดยยานยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า ต้นแบบ ได้ทำการสาธิตและทดลองใช้ในพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (รูปที่ 17) ถือเป็นเทคโนโลยีขนส่งทางเลือกสำหรับการใช้งานในพื้นที่ระยะทางไม่มากและมีเส้นทางแน่นอน เป็นการลดมลพิษและการใช้พลังงานฟอสซิลและเกิดการพัฒนาธุรกิจใหม่ในหน่วยงานของรัฐและเอกชน เช่น มหาวิทยาลัย หรือหน่วยงานที่มีสิ่งปลูกสร้างและการวางผังถนนหรือเส้นทางในองค์กรเชื่อมต่อกันในแต่ละอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเหล่านั้น



รูปที่ 17 ทดสอบสมรรถนะการขับเคลื่อนและนำเสนอสาธิตต่อสาธารณชน

4. สรุป

จากการออกแบบและพัฒนาสร้างยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์ต้นแบบ และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพขับเคลื่อนเบื้องต้น ทางผู้วิจัยได้รับการตอบรับจากผู้สนใจจากทั้งหน่วยงานของรัฐ และประชาชน ได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะสามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ โดยต้นทุนถ้ามีการ

ผลิตเชิงอุตสาหกรรมอยู่ที่ประมาณ 80,000 บาท ถึง 100,000 บาท ซึ่งจะมีราคาถูกกว่ารถไฟฟ้าทั่วไปตามท้องตลาดอยู่ที่ประมาณ 40 ถึง 50% ในพิกัดเดียวกัน

ความสำเร็จและความคุ้มค่าของงานวิจัยที่ได้รับคือได้ยานยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าที่มีโครงสร้างแข็งแรงและสามารถประยุกต์โครงสร้างเข้ากับประเภทการใช้งานและขนส่งได้อย่างหลากหลายเป็นแนวทางในการพัฒนาการปรับปรุงพฤติกรรมการใช้ยานยนต์ที่ปราศจากมลพิษและลดต้นทุนในการใช้พลังงานฟอสซิลเพื่อลดสภาวะโลกร้อน โดยใช้เพื่อเป็นเทคโนโลยีที่ดีมีคุณภาพเหมาะสมในการใช้งานในพื้นที่ระยะทางไม่มากและมีเส้นทางแน่นอน และเป็นการเผยแพร่ความรู้และองค์ความรู้สู่ภาครัฐและเอกชนและผู้สนใจทั่วไป เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการพึ่งพาพลังงานสะอาด เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางสังคมแต่ยังคงอนุรักษ์ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำการวิจัยระดับสูงต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่ช่วยสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

- [1] กฤษฎา เสกตระกูล. ธุรกิจกับการแก้ปัญหาโลกร้อน (ตอนที่ 1). (สื่อออนไลน์) [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 เมษายน 2566]. เข้าถึงได้จาก <https://mgonline.com/greeninnovation/detail/9640000056453>.
- [2] ชัยยศ ยงค์เจริญชัย. โลกร้อน: ไทยจะประกาศลดก๊าซเรือนกระจก 25% ในที่ประชุม COP26 แต่นักสิ่งแวดล้อมว่าน้อยไป. (สื่อออนไลน์) [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 เมษายน 2566]. เข้าถึงได้จาก <https://www.bbc.com/thai/international-59059419>.
- [3] ธนดล ชินอรุณมังกร. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อรถยนต์นั่งส่วนบุคคลระบบไฟฟ้า (EV). [ปริญญาานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจเพื่อสังคม]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2563.
- [4] อังศิริ ศรีภาคกร. ยานยนต์ไฟฟ้า : พื้นฐานการทำงานและการออกแบบ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ; 2554.
- [5] การประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP26) (สื่อออนไลน์) [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 เมษายน 2566]. เข้าถึงได้จาก . Available: https://arit.mutto.ac.th/e-book/admin/book_file/100bookfile.pdf.
- [6] สุชาติ เที่ยงจีน, ธีรวัช บุญยโสภณ, ชาญชัย ทองประสิทธิ์, ภาวณิ บุญยโสภณ, กัลปียกร ไพบูลย์, ทวีศักดิ์ รูปสิงห์ และคณะ. การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้รถประจำทางไฟฟ้าสำหรับการขนส่งมวลชนระยะไกล. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2560; 27(4): 855–70.
- [7] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. รถโดยสารไฟฟ้าต้นแบบ ที่พัฒนาจากรถโดยสารประจำทางใช้แล้วขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ. (สื่อออนไลน์) [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 เมษายน 2566]. เข้าถึงได้จาก [https://www.nstda.or.th/nac/2022/exhibition/prototype-electric-bus/Pornpimol Kulab. รถบัสไฟฟ้า \(Electric Bus\) ผลงานความสำเร็จของทีมวิจัย มทร. อัสสาน วิทยาเขตขอนแก่น x บมจ.ช ทวี่. \(สื่อออนไลน์\) \[เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 เมษายน 2566\]. <https://www.iphonemod.net/electric-bus-the-success-of-thai-people.html>.](https://www.nstda.or.th/nac/2022/exhibition/prototype-electric-bus/Pornpimol%20Kulab.%20รถบัสไฟฟ้า%20(Electric%20Bus)%20ผลงานความสำเร็จของทีมวิจัย%20มทร.อัสสาน%20วิทยาเขตขอนแก่น%20x%20บมจ.ชทวี่)

- [9] มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. ที่ตั้งของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. (สื่อออนไลน์) [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 เมษายน 2566]. <https://www.rmu.ac.th/about>.
- [10] วิรุณ โมนะตระกูล วสันต์ เขียวสุวรรณ และ ปรีตกร เหมะรัตน์. การออกแบบรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ต้นแบบ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28, 15-17 ตุลาคม 2557, จังหวัดขอนแก่น; 2557.
- [11] Brendan J Waterman and Adam Wittek. Design and Construction of a Space-frame Chassis. [Final Year Project Thesis, School of Mechanical and Chemical Engineering]. Australia University of Western Australia; 2011.
- [12] ชุมพล ศฤงคารศิริ. การวางแผนและควบคุมการผลิต. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น: กรุงเทพฯ; 2545.
- [13] ปราโมทย์ เดชะอำไพ, วิโรจน์ ลิ้มตระการ, เสฏฐวรรธ สุจริตภวัตสกุล, และ ยศกร ประทุมวัลย์. การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย SolidWorks Simulation. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.: กรุงเทพมหานคร; 2552.