

การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

ประวิทย์ แก้วหล้า^{1*} นิคม ลนขุนทด² อธิภา วรรณกายนต์³ วิรัช อนุชานรัชช์⁴

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*234}

อีเมล : Yootana_k@hotmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 13 กุมภาพันธ์ 2569

วันแก้ไขบทความ 3 มิถุนายน 2569

วันที่ตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยใช้ระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีงเพื่อเป็นทางเลือกในการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน การศึกษาเริ่มจากการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ จากนั้นดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบส่งกำลังด้วยสายพานไหม้มีง ซึ่งมีข้อดีคือการถ่ายทอดกำลังที่มีประสิทธิภาพสูง ลดการสึกหรอ และลดเสียงรบกวน กระบวนการพัฒนาประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างรถ การเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสม การคำนวณอัตราทดเกียร์และขนาดสายพาน รวมถึงการติดตั้งระบบควบคุมและแบตเตอรี่

ผลการวิจัย พบว่า 1) รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม ความเร็วสูงสุด 45.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านขนาดเท่ากับ 3,000 วัตต์, กล่องคอนโทรลเลอร์ 100 แอมป์, กล่อง DC to DC คอนเวอร์เตอร์, แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ขนาดเท่ากับ 72 โวลต์ 30 แอมป์, ชุดส่งกำลังผ่านสายพานไหม้มีง และอัตราทดเฟืองสายพานมีค่าเท่ากับ 3.714 : 1, ความเร็วรอบเพลาลูกเบี้ยวเท่ากับ 58.786 rpm 2) ผลการทดสอบสมรรถนะในการวิ่งทดสอบบนถนนลาดยางระยะ 200 เมตร พบว่า เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มจาก 0-100 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เพิ่มจาก 18.37 เป็น 25.37 วินาที ความเร็วสูงสุดลดจาก 45.33 เป็น 38.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เวลาเร่ง 0-20 เมตร เพิ่มจาก 3.17 เป็น 5.50 วินาที ระยะเบรกเพิ่มจาก 2.5 เป็น 4.40 เมตร กระแสไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มจาก 45.33 เป็น 69 แอมป์ และการใช้พลังงานเพิ่มจาก 32.17 เป็น 55.83 วัตต์ต่อชั่วโมง และการวิ่งทดสอบบนถนนดินอัดแห้ง สมรรถนะลดลง เมื่อเทียบกับถนนลาดยาง โดยเวลาที่ใช้เพิ่มเป็น 22.27-35.70 วินาที ความเร็วสูงสุดลดเหลือ 38.73-27.43 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กระแสไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มเป็น 66.33-112.33 แอมป์ และการใช้พลังงานเพิ่มเป็น 51.90-99.17 วัตต์ต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นผิวถนนและน้ำหนักบรรทุกส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของรถ

คำสำคัญ : รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า การพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า



Development of an Electric Three-Wheeled Motorcycle with a Timing Belt Drive System

Prapawis Kaewla^{1*}, Nikom Lonkuntosh², Asada Wannakayont³, Wirach Anuchanuruk⁴

Faculty of Industrial Technology Surindra Rajabhat University^{1*,2,3,4}

E – mail : Yootana_k@hotmail.com^{1*}

Received 13 February 2026

Revised 3 June 2026

Accepted 15 June 2026

Abstract

This research aims to develop an electric three-wheeled motorcycle using a timing belt power transmission system as an environmentally friendly and energy-efficient alternative for goods transportation. The study began with identifying problems and requirements, followed by designing and developing a timing belt power transmission system, which offers advantages including high power transfer efficiency, reduced wear, and noise reduction. The development process comprised vehicle structure design, selection of appropriate electric motors, calculation of gear ratios and belt sizes, as well as installation of control systems and batteries.

Research findings revealed that: 1) The developed electric three-wheeled motorcycle was capable of carrying a maximum load of 100 kilograms and achieved a top speed of 45.33 kilometers per hour. The vehicle was powered by a 3,000-watt brushless motor and equipped with a 100-ampere controller, a DC-to-DC converter, and a 72-volt 30-ampere-hour lithium iron phosphate battery. The power transmission system utilized a timing belt drive with a transmission ratio of 3.714:1, while the shaft rotational speed was 58.786 rpm. 2) The performance test conducted on a 200-meter asphalt road revealed that when the load increased from 0 to 100 kilograms, the travel time increased from 18.37 to 25.37 seconds, while the maximum speed decreased from 45.33 to 38.50 kilometers per hour. The acceleration time over 0–20 meters increased from 3.17 to 5.50 seconds, the braking distance increased from 2.5 to 4.40 meters, the maximum electric current increased from 45.33 to 69 amperes, and energy consumption increased from 32.17 to 55.83 watt-hours. In the dry compacted dirt road test, the vehicle performance decreased compared to the asphalt road condition. The travel time increased to 22.27–35.70 seconds, the maximum speed decreased to 38.73–27.43 kilometers per hour, the maximum electric current increased to 66.33–112.33 amperes, and energy consumption increased to 51.90–99.17 watt-hours. These results indicate that road surface conditions and load weight directly affect the operational performance of the vehicle.

Keywords : Three-Wheeled Motorcycle, Electric Energy, Electric Vehicle, Development

1. บทนำ

ปัจจุบันมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากสารประกอบตะกั่ว (Tetraethyl Lead) ที่ผู้ผลิตเติมในน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทน การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้สารประกอบตะกั่วถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งเมื่อมนุษย์สูดดมเข้าสู่ร่างกาย อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพหลายประการ ได้แก่ เบื่ออาหาร อาเจียน ภาวะโลหิตจาง อาการปวดศีรษะ และความเสียหายต่อเนื้อเยื่อสมอง นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถสะสมในกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน โดยเฉพาะในสมอง ไต และอวัยวะอื่นๆ ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว (วิจิตร บุญยะโทระ, 2567) จากรายงานสถิติการขนส่งของกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 30 กันยายน 2566 พบว่ามีรถจักรยานยนต์จดทะเบียนสะสม 22,490,445 คัน คิดเป็นร้อยละ 52.54 ของจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมทั่วประเทศ (กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน, 2566) ประเทศไทยจึงนับเป็นประเทศที่มีการใช้รถจักรยานยนต์มากที่สุดในโลก รองจากประเทศเวียดนาม สะท้อนให้เห็นว่าจักรยานยนต์เป็นพาหนะที่ได้รับความนิยมสูงในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชีย (มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง, 2566) ขณะเดียวกัน ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัย (Aged Society) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยในปี พ.ศ. 2564 มีประชากรผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่า 12 ล้านคน และมีแนวโน้มที่จะเป็นสังคมสูงวัยแบบสมบูรณ์เนื่องจากอัตราการเกิดที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนการเกิดเพียงประมาณ 6 แสนคนต่อปี (วิรัช เกษมทรัพย์, 2564) ในบริบทดังกล่าว รถจักรยานยนต์สามล้อได้กลายเป็นพาหนะที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชน เนื่องจากโครงสร้างแบบสามล้อช่วยเพิ่มความมั่นคงในการขับขี่ ทำให้ผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมกับสภาพร่างกายและข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนายานพาหนะไฟฟ้าหลายชิ้น เช่น งานวิจัยของจักรมาส เลหาวิช (2566) ที่พัฒนารถสามล้อไฟฟ้าระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 500 กิโลกรัม มีระยะทางต่อการชาร์จ 40 กิโลเมตร และความเร็วสูงสุด 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สอดคล้องกับงานของวิรุณ โมนะตระกูล (2566) ที่ออกแบบยานยนต์อเนกประสงค์ไฟฟ้ารับน้ำหนักบรรทุกได้ถึง 600 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีการวิจัยที่เน้นการใช้งานเฉพาะทาง เช่น งานของธนารักษ์ แต่สุวรรณ (2562) ที่พัฒนาวีลแชร์ไฟฟ้าแบบไร้สาย และงานของธัญญาเรศ ศรีพราย (2563) ที่พัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการพัฒนาจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ยานพาหนะในชุมชน โดยเฉพาะทั้งที่เป็นกลุ่มที่มีความต้องการความปลอดภัยและประหยัดค่าใช้จ่าย รถจักรยานยนต์สามล้อที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในปัจจุบันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาระค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้ยานพาหนะที่มีข้อจำกัดด้านรายได้ ทั้งจากราคาน้ำมันเบนซินที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและปัญหาการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ที่ซับซ้อน การพัฒนาจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้านอกจากจะช่วยลดมลพิษและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาวแล้ว ยังมีข้อได้เปรียบในด้านการบำรุงรักษาที่ง่ายกว่าด้วยจำนวนชิ้นส่วนที่น้อยกว่าและไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง เพื่อเป็นพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับผู้ใช้งานพาหนะในชุมชน โดยคำนึงถึงการออกแบบที่เน้นความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน ความทนทาน และการบำรุงรักษาที่ง่าย นวัตกรรมดังกล่าวคาดว่าจะช่วยลดต้นทุนการเดินทางในระยะยาว ทั้งด้านค่าใช้จ่ายพลังงานและค่าบำรุงรักษา การที่เลือกระบบส่งกำลังเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ ระบบโซ่และเฟือง ซึ่งแม้ว่าจะสามารถส่งกำลังได้ดีและรองรับแรงบิดสูง แต่มีข้อจำกัดในด้านการสึกหรอ การยืดตัวของโซ่ การเกิดเสียงรบกวน และความจำเป็นในการหล่อลื่นและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ การใช้งานในสภาวะที่มีฝุ่นละอองหรือความชื้นอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังลดลงและอายุการใช้งานสั้นลง ระบบส่งกำลังด้วยสายพานไหม้มีงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความสนใจ เนื่องจากมีข้อดีด้านการส่งกำลังที่แม่นยำ ไม่เกิดการลื่น

ไกลระหว่างสายพานและเฟือง ทำงานเงียบ ลดแรงสั่นสะเทือน ไม่จำเป็นต้องหล่อลื่น และมีความต้องการบำรุงรักษา น้อยกว่าระบบโซ่ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการความสะอาดและประสิทธิภาพในการใช้งานได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังจะก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการพัฒนาระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าสำหรับยานพาหนะ ขนาดเล็กที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับยานพาหนะประเภทอื่น ๆ ในอนาคต อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ยานพาหนะและชุมชนควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง
- 2.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

3. วิธีการวิจัย

3.1 การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง มีวิธีการดำเนินการวิจัยได้นำกระบวนการเทคโนโลยีที่เป็นขั้นตอนการทำงาน พัฒนาสิ่งของเครื่องใช้ เพื่อใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการของมนุษย์ มาใช้ในการพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566)

3.1.1 ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ โดยวิเคราะห์สถานการณ์ที่ต้องการพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง เพื่อลดมลพิษ ประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.1.2 ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูล จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบแบตเตอรี่ การใช้ระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง โครงสร้างและน้ำหนักของรถ ตลอดจนมาตรฐานความปลอดภัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

3.1.3 การเลือกวิธีการ พิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการดัดแปลง โดยคำนึงถึงปัจจัยข้อดีและข้อเปรียบเทียบต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า และระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง มีดังนี้

- มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานกล เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายด้านเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง มอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงกว่าเครื่องยนต์น้ำมัน โดยสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ประมาณ 85-95% ขณะที่เครื่องยนต์สันดาปภายในมีประสิทธิภาพเพียงประมาณ 30-40% ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนน้อยกว่า

2) ให้แรงบิดสูงตั้งแต่เริ่มต้น มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถสร้างแรงบิดได้ทันทีตั้งแต่เริ่มหมุน จึงช่วยให้รถออกตัวได้ดี สามารถรองรับการบรรทุกน้ำหนักและการขับขึ้นทางลาดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะกับรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่ต้องการแรงขับเคลื่อนต่อเนื่อง

3) ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน พลังงานไฟฟ้ามีต้นทุนต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้งานต่อระยะทางต่ำกว่า อีกทั้งยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายระยะยาวของผู้ใช้งาน

4) มีเสียงรบกวนต่ำ มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานเงียบกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง จึงช่วยลดมลภาวะทางเสียงและเพิ่มความสะอาดสบายในการใช้งาน

- ข้อดีของระบบส่งกำลังด้วยสายพานไหม้มีง เมื่อเปรียบเทียบกับโซ่ส่งกำลัง สามารถสรุปได้ดังนี้

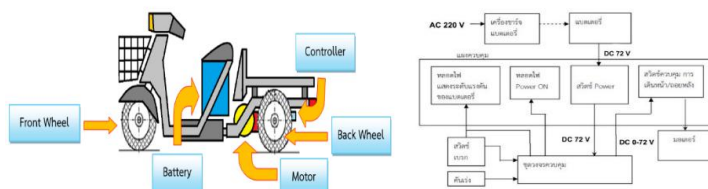
1) มีเสียงรบกวนน้อยกว่า สายพานไหม้มีงทำงานเงียบกว่าโซ่ส่งกำลัง เนื่องจากไม่มีการกระทบกระแทกของโซ่กับเฟือง จึงช่วยลดเสียงขณะขับเคลื่อน เหมาะสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการความเงียบในการใช้งาน

- 2) ไม่ต้องหล่อลื่น ระบบสายพานไทม์มิ่งไม่จำเป็นต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นเหมือนระบบโซ่ส่งกำลัง ทำให้ลดการสึกหรอจากคราบฝุ่นและสิ่งสกปรก อีกทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
- 3) บำรุงรักษาง่าย สายพานไทม์มิ่งมีโครงสร้างเรียบง่าย ไม่ต้องปรับตั้งหรือดูแลบ่อยเหมือนโซ่ส่งกำลัง จึงสะดวกต่อการใช้งานและลดระยะเวลาการซ่อมบำรุง
- 4) น้ำหนักเบา สายพานไทม์มิ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าโซ่ส่งกำลัง ส่งผลให้ระบบขับเคลื่อนมีน้ำหนักรวมลดลง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
- 5) ถ่ายทอดกำลังได้ต่อเนื่องและนุ่มนวล สายพานไทม์มิ่งสามารถส่งกำลังได้อย่างต่อเนื่อง

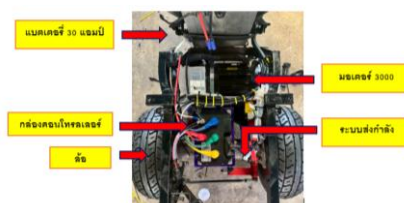
3.1.4 การออกแบบและพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง เริ่มจากการออกแบบระบบไฟฟ้าและกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์หลัก ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ ระบบควบคุม และระบบส่งกำลัง จากนั้นดำเนินการดัดแปลงโดยถอดเครื่องยนต์เดิมออกและติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าใหม่ รถใช้ระบบควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์สั่งการมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านชุดเฟืองและสายพานไทม์มิ่งเพื่อส่งกำลังไปยังล้อขับเคลื่อน โครงสร้างรถพัฒนาจากรถจักรยานยนต์สามล้อเครื่องยนต์ 2 จังหวะ พร้อมเสริมความแข็งแรงบริเวณรับแรงบิดเพื่อรองรับการบรรทุกในชุมชนและท้องถื่น มีการออกแบบระบบขับเคลื่อนเดินหน้า-ถอยหลัง และคัดเลือกวัสดุรวมถึงอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย มีต้นทุนต่ำ และสามารถซ่อมบำรุงรักษาได้สะดวก

ในขั้นนี้ ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา เพื่อประกอบเป็นตัวอย่างในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง ให้ง่ายแก่ความเข้าใจ เพื่อหาขนาดของมอเตอร์กำลังวัตต์ของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งที่ต้องการใช้ เทียบเคียงกับค่าสมรรถนะเพื่อหาประสิทธิภาพที่ต้องการ โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรในการหาค่าตัวแปรของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ ของขั้นตอนการออกแบบระบบรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งมีทั้งหมด 3 ค่าตัวแปร ประกอบไปด้วย หาขนาดของมอเตอร์, หาขนาดแบตเตอรี่ให้เพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า, หาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า, หาอัตราตระบบส่งกำลังของระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

- 1) การออกแบบของชุดมอเตอร์ที่ติดตั้งลงบนตัวรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง



รูปที่ 1 การออกแบบรถจักรยานยนต์และเครื่องยนต์สามล้อ และระบบวงจรไฟฟ้าภายในรถ



รูปที่ 2 การออกแบบรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า

2) การคำนวณเพื่อหาขนาดของมอเตอร์เพื่อใช้ในการขับเคลื่อน (บนถนนดินอัดแห้งปานกลาง)
ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์สามล้อ
ไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

- หาแรงต้านการเคลื่อนที่ จากการหมุนของล้อ

จากสมการ

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

เมื่อ

R_r = แรงต้านการหมุนของล้อ หน่วยเป็น N

K_r = สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ มีค่าเท่ากับ 0.06 (ค่าการออกแบบที่ไม่คิดน้ำหนัก) อ้างอิง แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2556)

W = น้ำหนักของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า และผู้ขับขี่ 280 กิโลกรัม

เนื่องจากมีทั้งหมดสามล้อ ดังนั้น $W = m \times g = (280)(9.81)/3 = 915.6$ N (ได้จากการหารทั้งหมดสามล้อ)
แทนค่าในสมการ

$$R_r = 0.06 \times 915.6$$

$$R_r = 54.936 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงต้านการหมุนสามล้อจะมีค่าเท่ากับ 54.936 N

- หาแรงต้านจากอากาศเมื่อมีการเคลื่อนที่

กำหนด

1) ความเร็วของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง
ขนาดเล็กสูงสุดในการออกแบบและใช้งานในชุมชนที่มีความปลอดภัยเท่ากับ 40 km/hr

2) น้ำหนักบรรทุกรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง
รวมกับผู้ขับขี่ 280 กิโลกรัม

3) วิ่งบนถนนดินอัดแน่นระดับปานกลาง

หาขนาดของมอเตอร์จากสมการ

$$P = \frac{F_R R}{\eta} \quad (2)$$

$$F_R = \mu mg + \frac{1}{2} C_d \rho V^3 A \quad (3)$$

P = กำลังมอเตอร์ (w)

M = มวลของรถ (kg)

V = ความเร็วของรถ (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของรถ (m^2)

η = ประสิทธิภาพเกียร์

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

Fr = แรงต้านทั้งหมด (N)

Cd = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ

μ = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ล้อ

R = แรงต้านการหมุนของล้อ (N)

การหาแรงต้านรวมของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง

กำหนด - รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีง มีมวล 280 kg
(รวมถึงคนขับน้ำหนัก และอุปกรณ์ส่วนควบและชุดแบตเตอรี่)

- ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เท่ากับ 0.060 (ค่าคงที่ระหว่างล้อกับถนนดินอัดแห้งระดับปานกลาง) (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 2556)
 - สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ เท่ากับ 0.22 (ค่าทางการออกแบบและวิจัย) (ณัฐพล นาสาธิ, 2565)
 - พื้นที่หน้าตัดของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มี $A = (1.2\text{m})(1.5\text{m})(1.41\text{m}) = 2.11 \text{ m}^2$
 - ความหนาแน่นของอากาศ $1.2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
 - ความเร็วของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีที่ต้องการสูงสุดในการใช้งาน 40 km/hr หรือ 11.11 m/s
- แทนค่าจากสมการที่ (3)

$$F_r = (0.060)(280)(9.81) + \frac{1}{2}(0.22)(1.2)(11.11^2)(2.11)$$

$$F_r = 199.186 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงต้านรวมของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มี มีค่าเท่ากับ 199.186 N หาขนาดของมอเตอร์จากสมการที่ (2)

- แรงต้านรวม 199.186 N
- ความเร็วสูงสุดของรถในการออกแบบ 40 m/s
- ประสิทธิภาพอัตราทดเกียร์ของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มี เท่ากับ 4

$$P = \frac{(199.168)(40)}{4}$$

$$P = 1.99 \text{ kW}$$

ดังนั้น ขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ในรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไหม้มีจะต้องมีขนาด 1.99 kW หรือ 1991.86 W

4) ค่าความปลอดภัยในการออกแบบมอเตอร์ ด้านความปลอดภัยเนื่องจากการไหลหรือสภาวะการทำงานที่ไม่คาดคิดที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ การออกแบบมอเตอร์ส่วนใหญ่ควรเลือกปัจจัยด้านความปลอดภัยประมาณ 1.5 ถึง 2.25 นี้หมายถึงตัวคูณสำหรับปริมาณแรงที่มอเตอร์ควรจ่ายและจะมีพลังงานเพียงพอ

ขนาดของมอเตอร์ที่คำนวณได้ 1.91 kW นำมาคูณกับค่าความปลอดภัยในการออกแบบ 1.5 ค่าความปลอดภัยในการออกแบบมอเตอร์ $1.91 \times 1.5 = 2.865 \text{ kW}$ ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 3.0 kW หรือ 3000 W

5) การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ หากการคำนวณหาแบตเตอรี่ (Battery) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อ การชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง สำหรับวิธีการนี้จะพิจารณาประเมินจากระยะเวลาในการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ เพื่อใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบ ส่งกำลังสายพานไหม้มี ซึ่งเวลาในการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่ได้จากสมการที่ 4

ค่า P ของมอเตอร์ไฟฟ้าเท่ากับ 3000 วัตต์

ค่า P ของแบตเตอรี่เท่ากับ 2160 วัตต์

จากสมการ

$$\text{Time} = \left(\frac{P_{\text{Battery}} \times 100}{(P_{\text{electronic}} \times 100)} \right) \quad (4)$$

แทนค่าในสมการที่ (4)

$$\text{Time} = \left(\frac{2,160 \times 100\%}{3,000 \times 100\%} \right) = 0.7 \text{ ชั่วโมง หรือเป็นเวลา 42 นาที}$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้า

ค่า P ของแบตเตอรี่ สามารถหาได้จากสมการที่ 5

จากสมการ

$$P = V \times I \quad (5)$$

แทนค่าในสมการที่ (5)

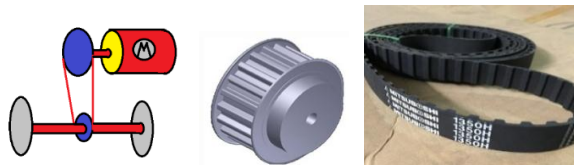
ค่า P ของแบตเตอรี่

$$P = 72 \times 30$$

$$P = 2,160 \text{ W}$$

ดังนั้น แบตเตอรี่ขนาด 72 V 30 A จะสามารถใช้งานได้เต็มที่เป็นเวลาเท่ากับ 0.7 ชั่วโมง หรือ คิดเป็นนาทีเท่ากับ 42 นาที

ค่า P แบตเตอรี่ จะตัดไฟก่อนแบตเตอรี่หมดหรือไม่ ขึ้นอยู่กับ BMS (Battery Management System) โดยจะมีฟังก์ชันหลักการทำงานประกอบด้วย ควบคุมความปลอดภัย ปรับสมดุลเซลล์แบตเตอรี่ ประเมินสถานะแบตเตอรี่ การจัดการความร้อน ซึ่งโดยหลักการแล้วจะสามารถบริหารจัดการแบตเตอรี่ให้ใช้งานหมด ขึ้นอยู่กับการตั้งค่า BMS



รูปที่ 4 ระบบส่งกำลังจากชุดมอเตอร์ถึงชุดล้อขับเคลื่อนระบบสายพานไทมิ่ง

6) หาอัตราทดของสายพานไทมิ่งและเฟืองสายพานส่งกำลัง จากการส่งกำลังเฟืองสายพาน a ไปที่เฟืองสายพาน b ที่ความเร็วรอบที่ใช้เมื่อตั้งค่าของมอเตอร์ไฟฟ้า 1000 rpm ดังนี้

กำหนด

i = อัตราทด ความเร็วรอบการส่งกำลังเฟืองสายพาน a มีค่า เท่ากับ 1000 rpm (ค่าการทำงานที่ตั้งไว้ในกล่องควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า)

- เฟืองสายพาน a มีขนาด 14 ฟัน ส่งกำลังผ่านสายพานไทมิ่งกับเฟืองสายพาน b ที่มีขนาด 52 ฟัน แทนค่าในสมการ

$$i = \left(\frac{T_b \times T_d}{T_a \times T_c} \right) \quad i = \left(\frac{52}{14} \right) \quad i = 3.714 \quad (7)$$

ดังนั้น อัตราทดของสายพานไทมิ่งและเฟืองสายพานมีค่าเท่ากับ 3.714 : 1

จากนั้นมีการใช้ชุดเกียร์ที่เลือกใช้เพื่อทดรอบให้ลดลง ให้เหมาะสมกับรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง คืออัตราทดที่เหมาะสม 1 : 3.714 เพื่อคำนวณความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยวจะได้ความเร็วรอบดังนี้

จากสมการ

อัตราเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยว (rpm) = อัตราเร็วของเครื่องยนต์ (rpm) / อัตราทดเฟือง (8)
แทนค่าในสมการที่ (8)

$$\text{อัตราเร็วของเพลาลูกเบี้ยว} = \left(\frac{1000}{16} \right) - 7.8 = 58.786 \text{ rpm}$$

ดังนั้น ความเร็วรอบ มีค่าเท่ากับ 58.786 rpm

3.1.5 ขั้นที่ 5 การทดสอบ ทำการทดสอบการทำงานของระบบต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งานรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง ทดสอบโดยการขับขึ้นทางตรงพื้นที่ถนนลาดยาง, ถนนบนถนนดินอัดแห้งปานกลาง เป็นระยะทาง 200 เมตร และแต่ละการทดสอบภาคพื้นดินจะต้องบรรทุกน้ำหนัก 0, 25, 50, 75, 100 จำนวนการทำงานชนิดละ 3 ชั่วโมงแล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการทำงาน โดยมีการทดสอบดังต่อไปนี้ (1) เวลาที่ใช้ (2) ความเร็วสูงสุด (3) เวลาเร่ง 0-20 เมตร (4) ระยะเบรกที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (5) กระแสไฟฟ้าสูงสุด (6) อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.1.6 ขั้นที่ 6 การปรับปรุงแก้ไข นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงส่วนที่มีปัญหา เช่น การปรับแต่งระบบควบคุมความเร็ว หรือการปรับปรุงระบบชาร์จแบตเตอรี่ ได้แก้ไข ตามรายละเอียดที่ได้บันทึกไว้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ ให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

3.1.7 ขั้นที่ 7 การประเมินผล ประเมินผลการดัดแปลงโดยรวมว่าสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ในด้านสมรรถนะ หากพบว่ามีจุดที่ต้องพัฒนา ก็สามารถย้อนกลับไปปรับปรุงในขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัยในการทดสอบสมรรถนะรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

3.2.1 ดำเนินการทดสอบและเก็บผลบนถนนลาดยาง และบนถนนดินลูกรังในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์

3.2.2 ทดสอบความเร็วสูงสุดภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกัน โดยการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก 0, 25, 50, 75 และ 100 กิโลกรัม วิ่งบนถนนลาดยาง และบนถนนดินอัดแห้งปานกลาง เป็นระยะทาง 200 เมตร มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุกทั้งหมด 5 ระดับ เช่น 0 กิโลกรัม, 25 กิโลกรัม, 50 กิโลกรัม, 75 กิโลกรัม และ 100 กิโลกรัม โดยการทำ 3 ชั่วโมง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

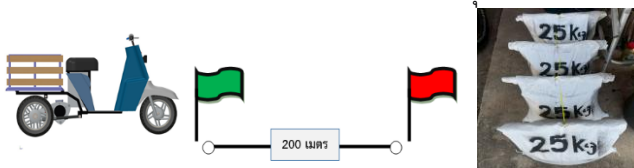
3.2.3 ผลข้อมูลที่ได้ได้แก่ เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที), ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง), เวลาเร่ง 0-20 เมตร (วินาที), ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร (เมตร), กระแสไฟฟ้าสูงสุด (แอมป์), อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ต่อชั่วโมง)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง โดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยี 7 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง เป็นรถต้นแบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาโดยมีขนาด ความกว้าง 1.2 เมตร ความยาว 1.5 เมตร ความสูง 1.4 เมตร โครงสร้างรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า น้ำหนักรถรวมเท่ากับ 280 กิโลกรัม ขนาดล้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50 เซนติเมตร เพลาลูกเบี้ยวมีขนาดเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านขนาดเท่ากับ 3,000 วัตต์, กล่องคอนโทรลเลอร์, กล่อง DC to DC คอนเวอร์เตอร์, แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ขนาดเท่ากับ 72

โวลต์ 30 แอมป์ ระบบส่งกำลังใช้สายพานไทม์มิ่งร่วมกับเฟืองสายพาน โดยมีอัตราทดเท่ากับ 3.714 : 1 ส่งผลให้ความเร็วรอบเพลาขับมีค่า 58.786 รอบต่อนาที

ผลการทดลองภายใต้น้ำหนักบรรทุกสูงสุด พบว่าระบบส่งกำลังด้วยสายพานไทม์มิ่งยังสามารถถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ไปยังล้อขับเคลื่อนได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ โดยไม่พบอาการสั่นไถลของสายพานหรือการสูญเสียกำลังที่ส่งต่อการเคลื่อนที่ของรถอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสายพานไทม์มิ่งและชุดเฟืองสายพานที่ออกแบบมีความสามารถรองรับแรงดึงและแรงบิดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 การออกแบบรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า และการทดสอบสมรรถนะบรรทุกน้ำหนัก

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร ไม่มีน้ำหนักบรรทุก (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	0	18.5	45.2	3.2	2.5	45	32.5
2	0	18.2	45.5	3.1	2.4	46	31.8
3	0	18.4	45.3	3.2	2.6	45	32.2
ค่าเฉลี่ย	0	18.37	45.33	3.17	2.5	45.33	32.17

จากตารางที่ 1 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 0 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 18.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 45.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.17 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 45.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 32.17 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 25 กิโลกรัม (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	25	19.8	44.1	3.5	2.8	48	35.6
2	25	19.5	44.3	3.4	2.7	50	36.2
3	25	19.6	44	3.5	2.8	49	35.8
ค่าเฉลี่ย	25	19.63	44.13	3.47	2.77	49	35.87

จากตารางที่ 2 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 25 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 19.63 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 44.13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.47 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 49 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 35.87 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	50	21.2	42.5	4.1	3.2	55	40.5
2	50	21	42.8	4	3.1	56	41.2
3	50	21.3	42.4	4.2	3.3	54	40.8
ค่าเฉลี่ย	50	21.17	42.57	4.10	3.20	55	40.83

จากตารางที่ 3 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 50 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 21.17 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 42.57 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 55 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 40.83 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 75 กิโลกรัม (บนถนนดินลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	75	23.5	40.2	4.8	3.8	62	48.2
2	75	23.8	39.8	4.9	3.9	63	49.5
3	75	23.6	40	4.8	3.8	62	48.8
ค่าเฉลี่ย	75	23.63	40	4.83	3.83	62.33	48.83

จากตารางที่ 4 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 75 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 23.63 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 62.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 48.83 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม (บนถนนลาดยาง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	100	25.4	38.5	5.5	4.4	68	55.2
2	100	25.2	38.8	5.4	4.3	70	56.5
3	100	25.5	38.2	5.6	4.5	69	55.8
ค่าเฉลี่ย	100	25.37	38.50	5.50	4.40	69	55.83

จากตารางที่ 5 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนลาดยาง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 100 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 25.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 38.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.50 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 69 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 55.83 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร ไม่มีน้ำหนักบรรทุก (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	0	22.4	38.5	4.5	3.8	65	52
2	0	22.1	39	4.4	3.6	68	51.5
3	0	22.3	38.7	4.5	3.7	66	52.2
ค่าเฉลี่ย	0	22.27	38.73	4.47	3.70	66.33	51.90

จากตารางที่ 6 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 0 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 22.27 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 38.73 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 66.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 51.90 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 25 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	25	24.5	36.2	5.1	4.2	72	58.4
2	25	24.2	36.8	5	4	75	59.2
3	25	24.4	36.5	5.1	4.1	74	58.8
ค่าเฉลี่ย	25	24.37	36.50	5.07	4.10	73.67	58.80

จากตารางที่ 7 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 25 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 24.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 36.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.07 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 73.67 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 58.80 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	50	27.8	33.4	6.2	4.9	82	68.5
2	50	27.5	33.9	6	4.7	85	69.8
3	50	27.9	33.2	6.3	5	83	69.2
ค่าเฉลี่ย	50	27.73	33.50	6.17	4.87	83.33	69.17

จากตารางที่ 8 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 50 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 27.73 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 33.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.17 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 83.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 69.17 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 75 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	75	31.2	30.5	7.5	5.8	92	82.4
2	75	31.5	30.2	7.8	6	95	84.1
3	75	31.4	30.4	7.6	5.9	94	83.2
ค่าเฉลี่ย	75	31.37	30.37	7.63	5.90	93.67	83.23

จากตารางที่ 9 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำให้ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 75 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 31.37 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 30.37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.63 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 93.67 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 83.23 วัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมรรถนะความเร็วระยะทาง 200 เมตร น้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม (บนถนนดินลูกรัง)

ครั้งที่	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วสูงสุด (km/h)	เวลาเร่ง 0-20 m (วินาที)	ระยะเบรก ที่ 20 km/hr (เมตร)	กระแสไฟฟ้าสูงสุด (แอมป์)	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (wh)
1	100	35.8	27.4	9.2	6.8	110	98.5
2	100	35.4	27.8	9	6.6	115	99.8
3	100	35.9	27.1	9.4	6.9	112	99.2
ค่าเฉลี่ย	100	35.70	27.43	9.20	6.77	112.33	99.17

จากตารางที่ 10 พบว่า การทดสอบสมรรถนะความเร็ว ระยะทาง 200 เมตร (บนถนนดินลูกรัง) มีการทดสอบน้ำหนักการบรรทุก โดยการทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังนี้ น้ำหนักบรรทุกที่ 100 กิโลกรัม เวลาที่ใช้เฉลี่ยเท่ากับ 35.70 วินาที, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 27.43 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เวลาเร่ง 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.20 วินาที, ระยะเบรกที่ 0-20 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.77 เมตร, กระแสไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 112.33 แอมป์, อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 99.17 วัตต์ต่อชั่วโมง

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการทดสอบสมรรถนะพบว่า รถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้มอเตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ และระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง สามารถทำความเร็วสูงสุดบนถนนลาดยางได้เฉลี่ย 45.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในสภาวะไม่บรรทุก และความเร็วจะลดลงเหลือ 38.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อบรรทุกน้ำหนัก 100 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัสฎางค์ บุญศรี (2564) ที่พบผลคล้ายกันว่า เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก จะส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของการขับเคลื่อน และทำระยะทางได้น้อยลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิริยุทธ เดิมสวัสดิ์ และ จักรกฤษณ์ จันทศิริ (2562) ที่ระบุว่าประเภทของถนนมีผลต่อสมรรถนะความเร็ว โดยถนนลาดยางจะสามารถทำความเร็วได้สูงกว่าถนนลูกรัง เนื่องจากมีความต้านทานการวิ่งที่น้อยกว่า และยังสามารถสอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล ลาดชูย์ (2564) ในด้านการเลือกใช้มอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่าน และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้พลังงานเชิงกลและเหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เชิงวิชาการและสาธารณะ

6.1.1 ประโยชน์เชิงสาธารณะ

6.1.1.1 ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ควรให้ความสำคัญกับระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งจะช่วยลดเสียงรบกวน ลดการสึกหรอ และลดการบำรุงรักษาเมื่อเทียบกับระบบโซ่ ส่งผลให้เกิดองค์ความรู้ด้านการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าและสามารถนำไปต่อยอดทางวิชาการและอุตสาหกรรมได้

6.1.1.2 ด้านการศึกษาและการเรียนรู้ ควรนำงานวิจัยไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในสาขาช่างยนต์ ช่างไฟฟ้า และเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

6.2.1 การส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ควรผลักดันนโยบาย "ยานพาหนะคาร์บอนต่ำ" โดยสนับสนุนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานสะอาดในภาคยานยนต์ พร้อมส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานและระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยพลังงานหมุนเวียน

6.2.2 การสร้างมาตรฐานและการควบคุมคุณภาพ ควรกำหนดมาตรฐานการผลิตรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งที่ครอบคลุมทั้งด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัย จัดตั้งหน่วยงานกำกับ

ดูแลเฉพาะทางเพื่อตรวจสอบและรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ พร้อมพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลการใช้งานในระยะยาว

6.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.3.1 ควรศึกษาการใช้พลังงานทดแทนร่วมกับระบบรถไฟฟ้า เช่น การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อช่วยชาร์จพลังงาน ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด

6.3.2 ควรศึกษาระบบส่งกำลังรูปแบบอื่นเปรียบเทียบกับสายพานไทม์มิ่ง เช่น ระบบโซ่ หรือระบบเฟือง เพื่อเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพ ความทนทาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของบทความ เอกสาร ตำราและหนังสือ ที่ผู้วิจัยใช้ในการสืบค้น ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และผ่านยานพาหนะมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่ในการออกแบบ พัฒนา และสร้างรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง ที่ให้การอนุเคราะห์การทดสอบบนถนนทั้ง 2 ชนิด เพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้า โดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่งรวมถึง อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิต่าง ๆ ที่ให้คำแนะนำและเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

8. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน. (2566). รายงานสถิติการขนส่งจากกรมการขนส่งทางบกในปีงบประมาณ 2562-2566. กรมการขนส่งทางบก : กรุงเทพฯ.
- จักรมาส เลหาณิช. (2566). การออกแบบและพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 17(1) : 89-101.
- ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. (2556). วิศวกรรมยานยนต์. พิมพ์ครั้งที่ 13 น. 35. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วิทย์พัฒน์, บจก
- ธนารักษ์ แต่สุวรรณ. (2562). การพัฒนาและออกแบบวีลแชร์ไฟฟ้าแบบไร้สาย. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ัญญาเรศ ศรีพราย. (2563). การพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มงคล ลาดชูย์. (2564). การออกแบบและพัฒนารถไฟฟ้าต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี, 1(1), 19-29.
- มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง. (2566). ไทยครองแชมป์ ประเทศที่มีการใช้รถมอเตอร์ไซด์มากที่สุดในโลก. <https://home.maefahluang.org/18045104/thailand-mostbike>
- วิจิตร บุญยะโทตระ. (2567). มลภาวะจากท่อไอเสีย. <https://shorturl.asia/LZaps>
- วิรัช เกษมทรัพย์. (2564). เราเตรียมพร้อมกันหรือยัง กับการดูแลผู้สูงอายุอย่างมีคุณภาพและครอบคลุม. <https://op.mahidol.ac.th/ga/posttoday-22-2/>
- วิรุณ โมนะตระกูล. (2566). การออกแบบและพัฒนาต้นแบบยานยนต์เนกประสงค์ไฟฟ้า. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ, 9(2) : 87 – 102.
- วิรัช เต็มสวัสดิ์ และ จักรกฤษณ์ จันทศิริ. (2562). การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา. (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

- สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). กระบวนการเทคโนโลยี. https://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=1094
- Electric motors', Dana TM4. (2566). มอเตอร์ไฟฟ้า. https://www.nectec.or.th/wp-content/uploads/2022/09/NECTEC-EV-motor_epub.pdf
- Hema Latha, K. (2019). Design and Development of Solar Powered Vehicle. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(8), 608-615.
- Herrindra, R. P., Setiawan, S., & Wijaya, A. P. (2022). Desain Sepeda Motor Listrik untuk Aktivitas City Touring bagi Penggemar Sepeda Motor Bergaya Neo-Klasik. *Jurnal Desain Indonesia*, 5(1), 73-102.

9. คุณค่าทางวิชาการ

การพัฒนารถจักรยานยนต์สามล้อไฟฟ้าโดยระบบส่งกำลังสายพานไทม์มิ่ง มีคุณค่าทางวิชาการในการบูรณาการเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและพลังงานสะอาด เพื่อลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยประยุกต์ใช้ระบบส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพพร้อมกับเทคโนโลยีการควบคุมสมัยใหม่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุน และยกระดับมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านการออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่และการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในอนาคต