

Received: Mar 25, 2024

Revised: Dec 24, 2024

Accepted: Jul 25, 2024

การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบผสมของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 สำหรับการแข่งขัน BWSC-2023 รุ่น CRUISER CLASS

HYBRID ELECTRIC POWER USAGE OF THE STC-4 SOLAR ELECTRIC VEHICLE FOR THE BWSC-2023 CRUISER CLASS COMPETITION

กัจจาด ใจตรง¹ ปิยะนัฐ ใจตรง²¹สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรีKumjat Jaitrong¹ Piyanat Jaitrong²¹Electrical Technology and Automatic Control System, Faculty of Engineering and Technology,
Siam Technology College

E-mail: kumjatj@siamtechno.ac.th

²Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University

E-mail: piyanat@thonburi-u.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบผสมของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ขนาด 4 ที่นั่ง สำหรับการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าร่วมกับแบตเตอรี่และทดสอบการใช้พลังงานในสภาวะการใช้งานจริง ซึ่งตัวถังทำด้วยไฟเบอร์กลาส น้ำหนักรถ 2,010 kg และน้ำหนักบรรทุกน้ำหนักบรรทุกทุกเท่ากับ 2,330 kg ที่ระยะทางแข่งขันที่สามารถชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้ 1,000 km ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านชนิดอัดขนาด 12 kW ที่แรงดันไฟฟ้า 96 V จำนวน 2 ล้อ เพื่อขับเคลื่อนล้อหลัง ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยวแบบอ่อนตัวได้ที่มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 756 W ที่แรงดันไฟฟ้า 79.8 V เพื่อประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ NMC ขนาด 97 kWh ที่แรงดันไฟฟ้า 96 V ผลการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์โดยเก็บผลการใช้พลังงานในขณะเข้าร่วมการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 ตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ 44,554.20 Wh พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1,032.44 Wh รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด 45,586.64 Wh คิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 42,299.40 Wh และพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 3,287.30 Wh คงเหลือพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ 54,700.60 Wh แต่ถ้าหากใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 42,299.40 Wh เพื่อระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถขับเคลื่อนได้เป็นระยะทางประมาณ 280 km

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านชนิดอัด, BWSC-2023 รุ่น Cruiser Class

Abstract

The objective of this research is to analyze the combined electrical energy consumption of the 4-seat STC-4 solar electric vehicle for the Bridgestone World Solar Challenge 2023 Cruiser Class competition. It utilizes solar energy as an electrical source together with batteries, and to test energy use under actual operating conditions. The body is made of fiberglass with a weight of 2,010 kg for the car. The total weight of the car, including the cargo, is 2,330 kg. It can cover a racing distance that allows battery charging for up

to 1,000 km. It uses a brushless direct current electric motor with a power of 12 kW at an electrical voltage of 96 V. The vehicle has 2 wheels and is rear-wheel drive. The power supply section utilizes a single, flexible monocrystalline silicon solar panels with a maximum power ranging of 756 W. The electrical voltage of this solar panel is 79.8 V. It charges an NMC battery with a capacity of 97 kWh, operating at an electrical voltage of 96 V. The test results of using electric power for a motor powered by a combination of batteries and solar cells during the Bridgestone World Solar Challenge 2023 from the starting point in Darwin to Katherine, a distance of 322 km. The electric power used to drive the motor was 44,554.20 Wh, the electric power used in the solar electric vehicle was 1,032.44 kWh, and the total electric power used was 45,586.64 Wh, which was calculated as electric power consumption from the battery was 42,299.40 Wh and electric power from the solar cell was 3,287.30 Wh, leaving 54,700.60 Wh of electric power in the battery. However, if the electric power from the 42,299.40 Wh battery is used only for the solar electric vehicle driving system, the solar electric vehicle can drive a distance of about 280 km.

Keywords: Solar Energy, Brushless DC Hub Motor, BWSC-2023 Cruiser Class Model

บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนสำหรับการขนส่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความสะดวกต่อการใช้งาน แต่การใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีผลต่อปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ (Rajabi, H.S. et al., 2019) สภาวะโลกร้อนทำให้ทุกภาคส่วนลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลลง โดยการใช้พลังงานทดแทน แนวโน้มการใช้ยานพาหนะในการเดินทางเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นพาหนะที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนจากพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น (นภัทร วัฒนเทพินทร์ และคณะ, 2559) ส่วนการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า จากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลกจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1,353 \text{ W/m}^2$ โดยมีค่าการแผ่รังสีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1,350\text{--}1,440 \text{ W/m}^2$ ซึ่งเป็นค่าอัตราการตกกระทบของพลังงานแสงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่ในทิศทางตั้งฉากกับดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลกและจะมีค่าแตกต่างกันออกไปในแต่ละเดือน เมื่อการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมาประกอบด้วยพลังงานแสงและพลังงานความร้อน พลังงานทั้งสองนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับรถไฟพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ และเติมประจุไฟฟ้าให้กับยานยนต์ไฟฟ้าได้ (Secinaro, S. et al., 2020) และการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเพราะเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้กระบวนการเผาไหม้ (Rizzo, G. et al., 2021) การพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีปัจจัย 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่ 1 แบตเตอรี่รถไฟพลังงานแสงอาทิตย์ โดยออกแบบให้สามารถใช้งานได้ตามระยะทางที่กำหนด ส่วนที่ 2 ระบบส่งกำลัง มีการออกแบบและสร้างเพลาส่งกำลังล้อให้เหมาะสมกับชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนที่ 3 ระบบบังคับเลี้ยว มีการออกแบบและปรับให้มุมบังคับเลี้ยวล้อหน้าด้านใดด้านหนึ่งมากที่สุดขณะรถเคลื่อนที่ (Rizzo, G. et al., 2010)

การสร้างรถไฟพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเข้าร่วมการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class ที่มีระยะทางการแข่งขัน 3,022 กม ข้ามทวีปออสเตรเลียจากเมือง Darwin ทางตอนเหนือไปยังเมือง Adelaide ที่ทางใต้ของประเทศออสเตรเลีย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังเส้นทางการแข่งขัน

ที่มา <https://www.springnews.co.th/keep-the-world/energy/842519>

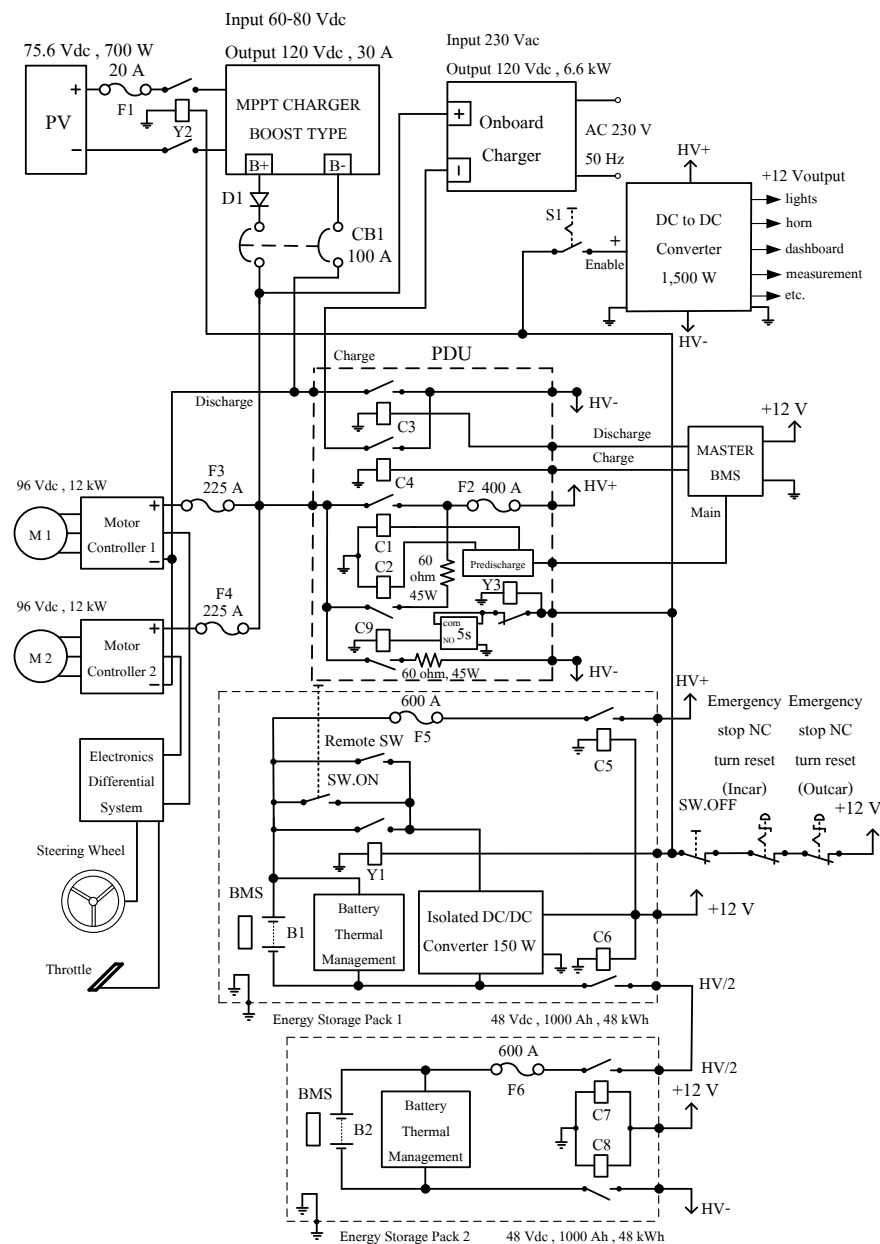
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ขนาด 4 ที่นั่งสำหรับการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class ที่ใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแบตเตอรี่ที่มีการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเข้าร่วมการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class โดยเก็บผลการใช้พลังงานทั้งหมดของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km เนื่องจากภูมิประเทศตั้งแต่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันทำให้การใช้พลังงานของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สูง อีกทั้งสภาพความเข้มแสงและอุณหภูมิของอากาศตั้งแต่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นเมืองที่อยู่ในแนวเขตใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้ความเข้มแสงสูงเป็นผลให้เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแบตเตอรี่ที่มีการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านชนิดฮับมอเตอร์ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อวางแผนรูปแบบการพัฒนา ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมในการใช้งานและหาสมรรถนะของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยระบบไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งการทำงานของมีดังต่อไปนี้ เมื่อกดสวิตช์ SW.ON หรือ กดสวิตช์ Remote SW ทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 48 V จากแบตเตอรี่ชุดที่ 1 จ่ายไฟให้กับ Isolated DC/DC Converter เพื่อปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจาก 48 V เป็น 12 V แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V ทำให้รีเลย์ Y1 ทำงานและคอนแทคของรีเลย์ต่อวงจรการจ่ายไฟให้กับ Isolated DC/DC Converter และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V ทำให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ C5, C6, C7 และ C8 ทำงานและต่อวงจรแบตเตอรี่ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายออกมาจากแบตเตอรี่มีขนาด 96 V เพื่อจ่ายให้กับกล่อง PDU และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V ยังทำให้รีเลย์ Y2 ทำงานและต่อวงจรไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับ MPPT CHARGER BOOST TYPE เพื่อปรับแรงดันให้สามารถเชื่อมต่อระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับกล่องควบคุมมอเตอร์ เมื่อกดสวิตช์ Discharge ที่ MASTER BMS ระบบไฟฟ้าในกล่อง PDU เข้าโหมด Predischage 5 s แมกเนติกคอนแทคเตอร์ C2 และ C3 ทำงานและต่อวงจร หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นโหมด Discharge แมกเนติกคอนแทคเตอร์ C2 หยุดทำงาน C1 ทำงานแทนและต่อวงจร ในโหมดนี้ระบบไฟฟ้าในกล่อง PDU จ่ายไฟให้กับกล่องควบคุมมอเตอร์ เมื่อเปิด CB1 ในตำแหน่ง ON พลังงานไฟฟ้าจาก MPPT CHARGER BOOST TYPE เชื่อมต่อระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับกล่องควบคุมมอเตอร์ ในขณะนั้นพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายให้กับกล่องควบคุมมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ล้อหลัง ส่วนการบังคับเลี้ยวทางอิเล็กทรอนิกส์ใช้ Electronic differential system ที่ติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้ที่แกนพวงมาลัยเพื่อวัดค่าแรงบิดที่ตำแหน่งแกนพวงมาลัย ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ถูกส่งไปยังกล่องบังคับเลี้ยวทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผลแรงบิดแกนพวงมาลัย เพื่อใช้ในการควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ล้อหลัง เมื่อกดสวิตช์ SW.OFF แมกเนติกคอนแทคเตอร์ C1, และ C3 หยุดทำงาน ระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หยุดทำงาน พลังงานที่ค้างในกล่องควบคุมมอเตอร์ถูก Discharge ด้วยแมกเนติกคอนแทคเตอร์ C9 ผ่านตัวต้านทาน 60 Ω เป็นเวลา 5 s เมื่อกดสวิตช์ Charge ที่ MASTER BMS ระบบไฟฟ้าในกล่อง PDU เข้าโหมด Charge แมกเนติกคอนแทคเตอร์ C1 และ C4 ทำงานและต่อวงจรไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับ Onboard charger เพื่อประจุไฟฟ้าลงไปยังแบตเตอรี่ทั้ง 2 ชุด



ภาพที่ 2 วงจรไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4

ระบบขับเคลื่อนและการควบคุม

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบขับเคลื่อนของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน ชนิดฮับมอเตอร์ ยี่ห้อ QS Motor ขนาดกำลังไฟฟ้า 12 kW ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 96 V และมีค่าความเร็วรอบสูงสุด 10,000 rpm โดยมอเตอร์จะติดตั้งที่ศูนย์กลางล้อ และใช้ล้อขนาด 15 นิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 3 ส่วนกล่องควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านเป็นแบบ 2 จุดภาค ยี่ห้อ Fardriver เป็นกล่องควบคุมมอเตอร์ที่สามารถคืนพลังงานได้เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยแรงเฉื่อย ดังแสดงในภาพที่ 4 และระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ล้อหลัง ด้วยระบบบังคับเลี้ยวทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics differential system) โดยติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้ที่แกนพวงมาลัยเพื่อวัดค่าวงเลี้ยวจุดหมุนที่ตำแหน่งแกนพวงมาลัย ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะถูกส่งไปยังกล่องระบบบังคับเลี้ยวทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผลวงเลี้ยวแกนพวงมาลัย เพื่อใช้ในการควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ล้อหลัง ส่วนการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าใช้คันเร่งรถไฟฟ้าแบบแป้นเหยียบ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านยี่ห้อ QS



ภาพที่ 4 กล่องควบคุมยี่ห้อ Fardriver



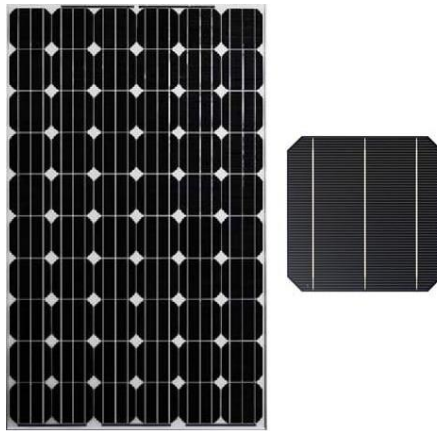
ภาพที่ 5 ระบบควบคุมบังคับเลี้ยวทางอิเล็กทรอนิกส์

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

รถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 2 ส่วน คือ 1) แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน NMC Pack (8P14S) ยี่ห้อ CATL 811 ขนาดพิกัดต่อเซลล์ 3.7 V ความจุ 117 Ah โดยแบตเตอรี่มีจำนวน 2 ชุด ต่อแบบอนุกรม ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 96 V ความจุรวมของแบตเตอรี่ 97 kWh โดยแบตเตอรี่ที่ใช้งานจำนวน 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 6 2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นชนิดซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยวขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Pmax) 756 W จำนวน 1 แผง โดยมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Vmp) 79.8 V กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Imp) 9.47 A แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจร (Voc) 92.1 V และกระแสไฟฟ้าสูงสุด (Isc) 10.73 A ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน NMC Pack (8P14S) พิกัดแรงดันไฟฟ้าขนาด 48 V



ภาพที่ 7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว

ที่มา <https://www.infinitysolar.co.zw/monocrystalline-solar-cells-vs-polycrystalline-which-is-better/>

ระบบควบคุมการประจุไฟฟ้า

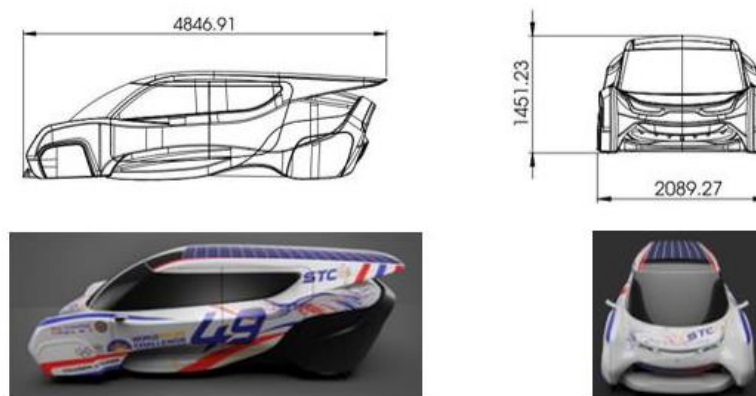
อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานเข้าแบตเตอรี่และจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ Motor Controller เป็นอุปกรณ์ MPPT Charger Boost Type ที่มีพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 120 V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 12 A ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 MPPT Charger Boost Type

วิธีการทดสอบ

การทดสอบสมรรถนะของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ในภาพที่ 9 โดยการทดสอบจริงในการเข้าร่วมการแข่งขัน World Solar Challenge 2023 ซึ่งบทความวิจัยนี้วัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ และพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ในระหว่างการแข่งขันรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ต่อไป



ภาพที่ 9 รถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class

สรุปผลการวิจัย

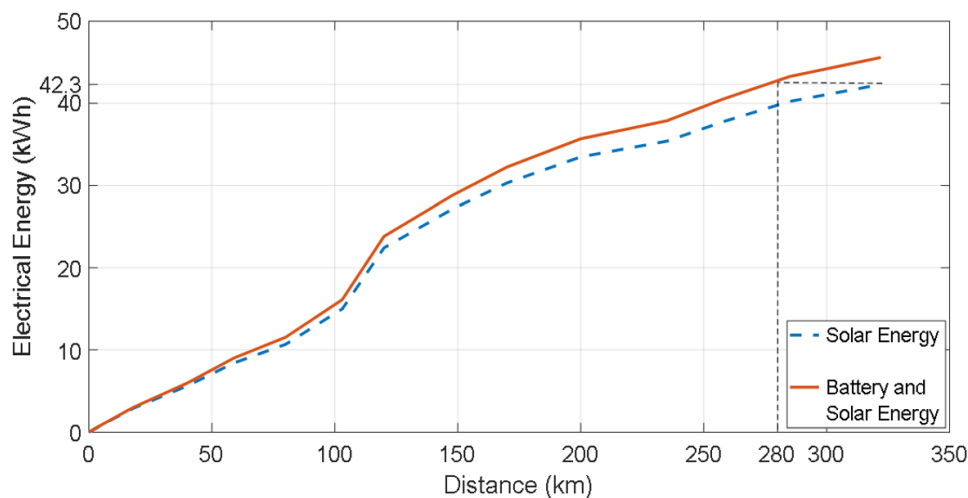
งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบผสมของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อเข้าร่วมการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class โดยมีจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km

1. การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบผสมของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อแบตเตอรี่จ่ายพลังงานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะเข้าร่วมการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class

การใช้พลังงานไฟฟ้าในระหว่างการแข่งขันรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 กิโลเมตร มีการใช้พลังงานไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงเป็นรูปกราฟได้ในภาพที่ 10

ตารางที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนเมื่อแบตเตอรี่จ่ายพลังงานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

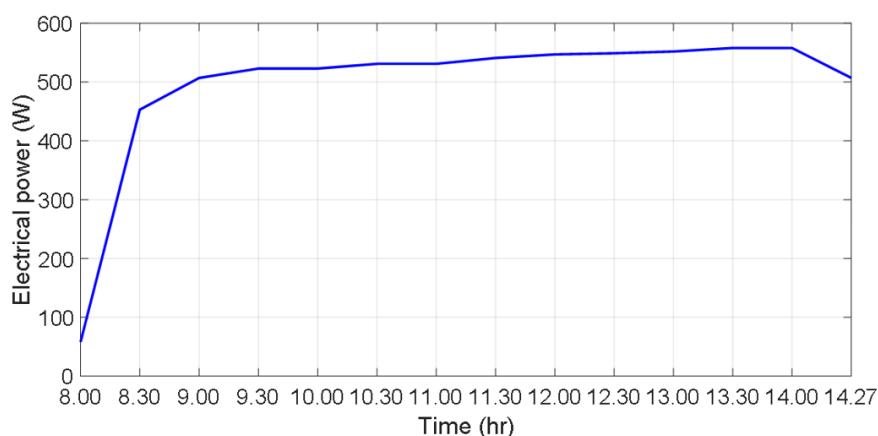
วันที่	เวลา	ระยะทาง	กำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จ่ายให้ระบบ	พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จ่ายให้ระบบ	กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์	กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์	พลังงานขับเคลื่อนมอเตอร์	พลังงานที่ใช้ในรถ
	(h)	(km)	(W)	(Wh)	(W)	(Wh)	(W)	(Wh)	(Wh)
22/10/23	8.00	0	0	0	358	0.99	0	0	0.44
	8.30	18	5,731.8	2,869.4	453	105.78	6,024.8	2,894.74	80.44
	9.00	40	5,498.5	5,609.0	507	342.09	5,845.5	5,790.6	160.44
	9.30	59	6,679.7	8,402.5	523	602.07	7,042.7	8,764.12	240.44
	10.00	80	8,104.4	10,672.3	523	863.57	8,467.4	11,215.4	320.44
	10.30	103	7,965.5	14,980.5	531	1,128.60	8,336.5	15,708.6	400.44
	11.00	120	16,185.0	22,427.9	531	1,394.10	16,556	23,341.5	480.44
	11.30	148	7,132.4	27,170.2	541	1,662.20	7,513.4	28,271.9	560.44
	12.00	170	5,460.1	30,307.6	547	1,933.40	5,847.1	31,600.5	640.44
	12.30	200	7,196.1	33,476.0	549	2,207.87	7,585.1	34,963.4	720.44
	13.00	235	5,098.1	35,393.1	552	2,483.50	5,490.1	37,076.1	800.44
	13.30	258	4,824.0	37,775.2	558	2,759.70	5,222.0	39,654.5	880.44
	14.00	285	4,954.9	40,236.7	558	3,038.70	5,352.9	42,315.0	960.44
	14.27	322	413.7	42,299.4	507	3,287.30	760.7	44,554.2	1,032.44



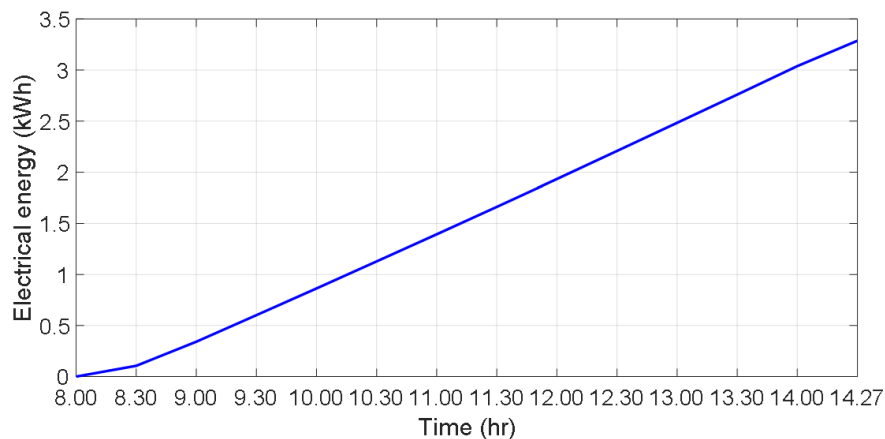
ภาพที่ 10 การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km

จากภาพที่ 10 การใช้พลังงานไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin เวลา 8.00 น. เมื่อเปิดระบบไฟฟ้าของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้ระบบควบคุมรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเพียงพอ พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไม่ได้จ่ายให้ระบบควบคุม เมื่อเหยียบคันเร่งรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายให้ระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในการเดินทางถึงเมือง Katherine เวลา 14.27 น. ระยะทางประมาณ 322 km ใช้ระยะเวลาเดินทาง 6 ชั่วโมง 27 นาที โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ 44,554.20 Wh พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1,032.44 Wh รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปทั้งหมด 45,586.64 Wh คิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 42,299.40 Wh และพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 3,287.30 Wh คงเหลือพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ 54,700.60 Wh แต่ถ้าหากใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 42,299.40 Wh เพื่อระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถขับเคลื่อนได้เป็นระยะทางประมาณ 280 km

จากตารางที่ 1 ค่ากำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในระหว่างการแข่งขันรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km โดยในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น. - 14.00 น. เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตค่ากำลังไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 558 W ดังแสดงในภาพที่ 11 เมื่อถึงเมือง Katherine เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 3,287.30 Wh ที่เวลา 14.27 น. ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 11 กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นเมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km



ภาพที่ 12 การผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นเมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบผสมของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ขนาด 4 ที่นั่ง สำหรับการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าร่วมกับแบตเตอรี่และทดสอบการใช้พลังงานในสภาวะการใช้งานจริง ซึ่งตัวถังทำด้วยไฟเบอร์กลาส น้ำหนักรถ 2,010 kg และน้ำหนักบรรทุกน้ำหนักบรรทุกทุกเท่ากับ 2,330 kg ที่ระยะทางแข่งขันที่สามารถชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้ 1,000 km ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านชนิดขั้วขนาด 12 kW ที่แรงดันไฟฟ้า 96 V จำนวน 2 ล้อ เพื่อขับเคลื่อนล้อหลัง ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยวแบบอ่อนตัวได้ที่มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 756 W ที่แรงดันไฟฟ้า 79.8 V เพื่อประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ NMC ขนาด 97 kWh ที่แรงดันไฟฟ้า 96 V โดยเก็บผลการใช้พลังงานทั้งหมดของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จากจุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km เนื่องจากภูมิประเทศตั้งแต่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นพื้นที่ทางลาดชันทำให้การใช้พลังงานของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้นด้วย อีกทั้งสภาพความเข้มแสงและอุณหภูมิของอากาศตั้งแต่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นเมืองที่อยู่ในแนวเขตใกล้เส้นศูนย์มีความเข้มแสงสูงทำให้เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมาก ผลการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์จะเก็บผลการใช้พลังงานในขณะเข้าร่วมการแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 ตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่เมือง Darwin ถึงเมือง Katherine เป็นระยะทาง 322 km โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ 44,554.20 Wh พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1,032.44 Wh รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปทั้งหมด 45,586.64 Wh คิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 42,299.40 Wh และพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 3,287.30 Wh คงเหลือพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ 54,700.60 Wh แต่ถ้าหากใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 42,299.40 Wh เพื่อระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถขับเคลื่อนได้เป็นระยะทางประมาณ 280 km

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 ขนาด 4 ที่นั่ง ใช้สำหรับการเข้าร่วมแข่งขัน Bridgestone World Solar Challenge 2023 รุ่น Cruiser Class โดยรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 เป็นรถไฟฟ้าต้นแบบเพื่อทดสอบใช้ในชีวิตประจำวัน และยังสามารถพัฒนาต่อยอดในส่วนของการจัดการพลังงานของรถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ STC-4

เอกสารอ้างอิง

นภัทร วัฒนเทพินทร์ สามารถ ทัดเกษ กิตตินันท์ พลอยรัตน์ และปัญญา กล้าเดช. (2559). การพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบสำหรับการแข่งขัน. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 10(2), 54-65.

- Rajabi, H.S., Colantoni, A., Gallucci, F., Salerno, M., Silvestri, C., & Villarini, M. (2019). Comparative energy and environmental analysis of agro-pellet production from orchard woody biomass. *Biomass and Bioenergy*, 129, 105334. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105334>
- Rizzo, G., Tiano, F. A., Mariani, V. & Marino, M. (2021). Optimal Modulation of Regenerative Braking in through-The-Road Hybridized Vehicles. *Energies*, 14(20), 6835. <https://doi.org/10.3390/en14206835>
- Rizzo, G. (2010). Automotive applications of solar energy. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(7), 174-185. <https://doi.org/10.3182/20100712-3-DE-2013.00199>
- Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D., & Biancone, P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121503, 1879-1786. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121503>

Translated Thai References

- Watjanatepin, N., Tadmak, S., Ployrat, K., & Klamdate, P. (2016). The development of solar racing car prototype. *RMUTP Research Journal*, 10(2), 54-65.