



การศึกษาความเป็นไปได้ของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดเล็กจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

A FEASIBILITY STUDY OF THE MINIATURE MOBILE ELECTRIC CHARGING STATIONS FROM SOLAR CELL POWER USING LEAD-ACID BATTERIES

ศุภชัย หลีกคำ
กุลยศ สุวันทโรจน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การศึกษาความเป็นไปได้ของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดเล็กจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

A FEASIBILITY STUDY OF THE MINIATURE MOBILE ELECTRIC CHARGING STATIONS FROM SOLAR CELL POWER USING LEAD-ACID BATTERY

ศุภชัย หล้าคำ
กุลยศ สุวันทโรจน์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การศึกษาความเป็นไปได้ของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดเล็กจากพลังงาน
แสงอาทิตย์โดยใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

ผู้วิจัย : นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
นายกุลยศ สุวันทโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

พ.ศ. : 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดเล็กจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดในสถานีประจุไฟฟ้า และสร้างสถานีประจุไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้ จากแนวคิดการออกแบบสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดเล็กจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ กำหนดให้สถานีประจุไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกอีกทั้งสามารถผลิตและเก็บปริมาณไฟฟ้าได้มากกว่าความต้องการของรถจักรยานไฟฟ้า 1.5 เท้า หรือร้อยละ 150 ซึ่งในทางปฏิบัติสถานียังกล่าวสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ย 1,233 Wh ต่อวัน ในช่วงเวลาระหว่าง 8.00 น. ถึง 17.00 น. เพียงพอต่อความต้องการของรถจักรยานไฟฟ้าที่ต้องการปริมาณไฟฟ้า 837 Wh คิดเป็นร้อยละ 124 นอกจากนี้ สถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อบริเวณจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ไม่สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้เกินระยะเวลา 1 เดือน เนื่องจากระดับพลังงานไฟฟ้าลดต่ำลงน้อยกว่าร้อยละ 55 ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ถูกแนะนำไว้

คำสำคัญ: สถานีประจุไฟฟ้า แบตเตอรี่ พลังงานแสงอาทิตย์



Title : A Feasibility Study of The Miniature Mobile Electric Charging Stations from Solar Cell Power Using Lead-acid Battery

Researcher : Mr.Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP
Mr.Kullayot Suwantaroj, Faculty of Engineering, RMUTP

Year : 2025

ABSTRACT

This research titled “A Feasibility Study of The Miniature Mobile Electric Charging Stations from Solar Cell Power Using Lead-acid Battery” aims to study the feasibility of using lead-acid batteries in charging stations and build a small mobile charging station. From the concept of designing a small mobile charging station using solar energy, it is determined that the charging station can be conveniently moved and can produce and store electricity that is 1.5 times or 150 percent more than the demand of electric bicycles. In practice, the charging station can generate an average of 1,233 Wh of electricity per day between 08.00 AM and 5.00 PM., which is sufficient to meet the demand of electric bicycles that require 837 Wh of electricity, or 124 percent. In addition, the charging station is a collaboration between solar cells and lead-acid batteries. It cannot store electrical energy for more than 1 month as the power level drops below the recommended limit of 55 percent.

Keywords: Electric charging stations, Battery, Solar cell power

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในนี้

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่รถจักรยานไฟฟ้า	5
2.2 ประเภทของ EV Charger	6
2.3 แบตเตอรี่	8
2.4 พลังงานแสงอาทิตย์	11
2.5 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (Solar Charger Controller)	15
2.6 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)	16
2.7 การคำนวณหาแบตเตอรี่ที่ต้องการใช้	17
2.8 การคำนวณหาขนาดแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้	18
2.9 การศึกษาและประเมินค่าความเสื่อมของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	20
3.2 การออกแบบ คำนวณ และการสร้าง	21
3.3 การทดสอบค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์	28
3.4 การทดสอบการทำงานของสถานีประจุไฟฟ้ากับรถจักรยาน	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย	30
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์	30
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังของการประจุไฟฟ้าจากสถานีประจุไฟฟ้า เข้ารถจักรยานไฟฟ้า	31

4.3 การจำลองการประจุไฟฟ้าในช่วงที่สถานีประจุไฟฟ้าแบบย่มีส่วนมีกำลังไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ	32
4.4 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	33
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	34
5.1 ความเป็นไปได้ของการทำงานร่วมกันระหว่าง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด	34
5.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างสถานีประจุไฟฟ้าขนาดเล็ก	34
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	35
5.4 ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ประวัติผู้วิจัย	37



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สภาวะการทดสอบแผงพลังงานแสงอาทิตย์	28
3.2 การทดสอบสภาวะจากแบตเตอรี่ไปจักรยาน	29



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ตะกั่ว กรด สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า-36V 20Ah	5
2.2 หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 1	6
2.3 หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 2	7
2.4 หัวเสียบประจุไฟฟ้า CHAdeMO	7
2.5 หัวเสียบประจุไฟฟ้า CCS 2 (Combo)	8
2.6 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead Acid Battery)	9
2.7 แบตเตอรี่เจล (Gel)	9
2.8 แบตเตอรี่น้ำ (Flood)	10
2.9 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium)	10
2.10 เซลล์แสงอาทิตย์	11
2.11 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Photovoltaic (PV) Stand Alone System)	11
2.12 เซลล์แสงอาทิตย์ต่อกับระบบจำหน่าย (Photovoltaic (PV) Grid Connected System)	12
2.13 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Photovoltaic (PV) Hybrid System)	12
2.14 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Poly Crystalline Silicon Solar Cells)	13
2.15 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)	14
2.16 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline Silicon Solar Cells)	14
2.17 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (Solar Charger Controller)	15
2.18 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	20
3.2 ส่วนประกอบของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อบริเวณจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์	21
3.3 แผนผังวงจรการต่อระบบของสถานีแบบขนาน	24
3.4 การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนตัวรถเข็น	26
3.5 การติดตั้งแบตเตอรี่บนตัวรถเข็น	26
3.6 การติดตั้งแผงวงจรลงบนตัวรถเข็น	27
3.7 การเดินสายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์และทดสอบทดสอบการทำงานของระบบ	27
3.8 ค่าทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์เข้าแบตเตอรี่	28
3.9 การวัดค่าทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่เข้าจักรยานไฟฟ้า	29
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์	30
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังของการประจุไฟฟ้าจากสถานีประจุไฟฟ้าเข้ารถจักรยานไฟฟ้า	31
4.3 การจำลองการประจุไฟฟ้าในช่วงที่สถานีประจุไฟฟ้าแบบย่อบริเวณมีกำลังไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ	32
4.4 สภาพที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	33

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสถานีประจุไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้า (EV Charger) เข้ามามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด ลดมลพิษ และช่วยประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังเพิ่มความสะดวกสบายในการเดินทาง โดยผู้ใช้สามารถเติมประจุไฟฟ้าได้ทุกที่ที่บ้านหรือสถานีประจุไฟฟ้าสาธารณะ การพัฒนา EV Charger ยังเป็นแรงผลักดันในการกระตุ้นเศรษฐกิจและนวัตกรรม ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ อีกทั้งยังช่วยลดการพึ่งพาน้ำมันนำเข้าและเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานของประเทศ อุปกรณ์เติมประจุไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้ายังมีความสะดวกในการใช้งานและประสิทธิภาพสูง ทำให้การใช้รถยนต์ไฟฟ้าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจมากขึ้น

การพัฒนาและติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้ายังต้องเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น โครงสร้างพื้นฐานที่ยังไม่เพียงพอ ทำให้ผู้ใช้ประสบปัญหาในการหาจุดเติมประจุไฟฟ้าต้นทุนการติดตั้งสูง และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านมาตรฐานและความเข้ากันได้ของสถานีประจุไฟฟ้าจากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ ความตระหนักรู้ของประชาชนเกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้ยังไม่แพร่หลายมากนัก และการสนับสนุนจากภาครัฐยังไม่เต็มที่ การแก้ไขปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน เพื่อให้การใช้รถยนต์ไฟฟ้าและสถานีประจุไฟฟ้าเป็นไปอย่างยั่งยืน

นวัตกรรมการเติมประจุไฟฟ้าไร้สายด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับการเติมประจุไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยอุปกรณ์นี้ถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และประจุไฟฟ้าได้ทุกที่มีแสงแดด พร้อมทั้งมีระบบจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง การทดสอบการประจุไฟฟ้าให้กับจักรยานไฟฟ้าด้วยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ถือเป็นการนำพลังงานหมุนเวียนที่ยั่งยืนมาใช้ ซึ่งสามารถลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระยะยาว และส่งเสริมการใช้พาหนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดในสถานีประจุไฟฟ้า
- 2) เพื่อสร้างสถานีประจุไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) ประจุแบตเตอรี่กึ่งแห้งจักรยานไฟฟ้าไม่เกิน 36V 20Ah
- 2) ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 100Ah
- 3) ใช้ controller แปลงไฟจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์เข้าแบตเตอรี่
- 4) ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด วัตต์ 180

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) จัดหาอุปกรณ์
- 3) สร้างระบบสำรองไฟฟ้า
- 4) วิเคราะห์ผลระบบสำรองไฟฟ้า
- 5) สรุปผลระบบสำรองไฟฟ้า
- 6) จัดทำรายงาน

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย

ในยุคที่ใช้พลังงานสะอาดกลายเป็นความจำเป็น การทดสอบการชาร์จจักรยานไฟฟ้าด้วยพลังงานจากโซลาร์เซลล์มีความสำคัญอย่างยิ่ง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ยั่งยืน สามารถลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การทดสอบนี้เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์และโซลาร์เซลล์เพื่อให้สามารถชาร์จแบตเตอรี่จักรยานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระยะยาว และส่งเสริมการใช้พาหนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบนิเวศของยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันยังเผชิญกับปัญหาหลายประการ เช่น โครงสร้างพื้นฐานที่ไม่เพียงพอ ทำให้ผู้ใช้ประสบปัญหาในการหาจุดชาร์จ ต้นทุนการติดตั้งสูง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ปัญหาด้านมาตรฐานและความเข้ากันได้ระหว่างเครื่องชาร์จและรถยนต์จากผู้ผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการจัดการพลังงานไฟฟ้า ความตระหนักรู้และความเข้าใจของประชาชนที่ยังไม่เพียงพอ ปัญหาทางเทคนิคของเครื่องชาร์จ รวมถึงการสนับสนุนจากรัฐบาลที่ยังไม่เต็มที่ การแก้ไขปัญหเหล่านี้ต้องการความร่วมมือจากทุกภาคส่วนเพื่อให้การใช้รถยนต์ไฟฟ้าและเครื่องชาร์จเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

อุปกรณ์ประจุพลังงานของยานยนต์ไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ นับเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของนวัตกรรมที่ผสมผสานเทคโนโลยีการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์กับการประจุไฟฟ้าเข้ากับรถไฟฟ้าด้วยกัน อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการชาร์จรถไฟฟ้า โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงแดดเป็นพลังงานไฟฟ้า และตัวอุปกรณ์มีการออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย ทำให้สามารถชาร์จรถไฟฟ้าได้ทุกที่ที่มีแสงแดด รวมถึงระบบจัด

การพลังงานที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้การชาร์จเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นแนวความคิด การพัฒนาอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนได้ มีเป้าหมายเพื่อสร้างระบบที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และชาร์จแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสะดวกในการใช้งาน ทั้งนี้การออกแบบและการทดสอบจะเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน ความสะดวกต่อการเคลื่อน และความปลอดภัยในการใช้งาน

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกชัย ปรีชากรรม และคณะ [1] นำจักรยานมาดัดแปลงโครงสร้างจากจักรยานสองล้อมาเป็น จักรยานสามล้อ เพื่อที่จะติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, แบตเตอรี่, กล่องควบคุม และ เครื่องควบคุมการประจุมาวางได้สะดวก โดยเนื้อหาของโครงการนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีของชนิดมอเตอร์ ชนิดแผงโซลาร์เซลล์ การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ และการออกแบบ ชุดควบคุมมอเตอร์ ผลการดำเนินงานของโครงการนี้พบว่า จักรยานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีความสามารถในการขับเคลื่อนเร็วสูงสุดอยู่ที่ 18 กิโลเมตร/ชั่วโมง และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ได้ประมาณ 1 ชั่วโมง และอัตราการชาร์จพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์พบว่าเวลา 12.00 – 13.00 น. จะให้พลังงานในการประจุแบตเตอรี่ได้สูงสุดของวัน

สามารถ วงษ์ฤทธิ์ [2] ใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์และจำลองพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับติดตั้ง เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกเป็นคู่ (Pairwise Comparison method) โดยการคัดเลือกเกณฑ์ทำการคัดเลือกจากฐานข้อมูลสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากการคัดออกอย่างเข้มงวดของ ฐานข้อมูลทำให้ได้เกณฑ์การคัดเลือก คือ แผนที่ศักยภาพความเข้มรังสี ดวงอาทิตย์ แผนที่ระดับความสูงเชิงเลขแสดงความชันของพื้นที่ และแผนที่การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ จากการนำเกณฑ์การคัดเลือกมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ FLOWA ซึ่งเป็นรูปแบบเสริมในโปรแกรม ArcGIS พบว่าพื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์คิดเป็น 43% ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้สามารถคำนวณ กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปีของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ และทำให้ทราบ ถึงผลของ ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม สำหรับใช้งานในประเทศไทย

Amir Ostadiand Mehrdad Kazerani (2019) ศึกษาแบบจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESSs) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อระบบพลังงานและไมโครกริดสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย ด้วยการเพิ่มยอดขายของยานพาหนะไฟฟ้า (EV) ความพร้อมใช้งานของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าใช้แล้ว (EVBs) กำลังเพิ่มขึ้นซึ่งได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา EVB ที่เกษียณแล้วหลังจากนำไปใช้ใหม่สามารถใช้เป็นทางเลือกทดแทนแบตเตอรี่ใหม่ใน BESS นอกจากนี้เมื่อผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะติดตั้ง Microgrid BESS การตัดสินใจที่ดีที่สุดเช่นปีการติดตั้งพลังงานและขนาด พลังงานปีเปลี่ยนและจำนวนรอบของความล้มเหลวซึ่งจะถูกมองข้ามตามปกติ ดังนั้นบทความนี้ เสนอโครงร่างที่ครอบคลุมและแปลกใหม่สำหรับการวางแผนและการดำเนินงานของ BESS ตาม EVB ที่มีการจัดรูปแบบใหม่ รูปแบบการวัดขนาดแบบเชิงเส้นของ BESS ถูกเสนอขึ้นมาเพื่อให้ได้การตัดสินใจที่ดีที่สุดของ BESS เกี่ยวกับการออกแบบและการใช้งาน

กฤษณนัท สวณจันทร์ (2560) ศึกษาโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ ติดตามดวงอาทิตย์ โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบติดตามดวงอาทิตย์ พบว่า ระบบติดตาม ดวงอาทิตย์แบบสองแกนมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุด มากกว่าการติดตั้งแบบมุมคงที่ (Fixed system) ประมาณร้อยละ 30-40 การศึกษานี้จึงเลือกใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์สองแกน ในการออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งได้ออกแบบ โครงสร้าง 2 รูปแบบ คือ 1) V-pole solar Tracking เป็นโครงสร้างแบบเสาเดี่ยวรูปตัววี (V) Ref. code: 25625610036013PUH94 สามารถรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 20 แผ่น และ 2) Louver Solar Tracking เป็นโครงสร้าง ที่ติดตั้งบนพื้น มีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายบานเกล็ดหน้าต่าง สามารถรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ 10 แผ่น การทดสอบโครงสร้างโดยใช้โปรแกรม ETABS เพื่อคำนวณวัสดุและค่าใช้จ่ายของ โครงสร้าง พบว่า โครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยคือ Louver Solar Tracking เนื่องจาก เป็นโครงสร้างที่แข็งแรง ไม่มีกลไกซับซ้อน วัสดุหาได้ทั่วไป โครงสร้างต้านกระแสลมน้อย สะดวกต่อการดูแลรักษา ระบบและทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ง่าย มีค่าใช้จ่ายของโครงสร้างน้อย อีกทั้งยังใช้พื้นที่ ในการติดตั้งน้อยกว่า



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่จักรยานไฟฟ้า

อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด 36V 20Ah เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการเติมประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ที่ใช้กับยานพาหนะไฟฟ้าหลายประเภท เช่น จักรยานไฟฟ้า (เช่น Lulue V25), สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า, และรถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยอุปกรณ์นี้รองรับการประจุแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้า 36 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าระหว่าง 2 ถึง 4 แอมแปร์ ขึ้นอยู่กับรุ่นและการออกแบบ

ขนาดของอุปกรณ์ประจุไฟฟ้ามักอยู่ที่ประมาณ 15 x 10 x 5 เซนติเมตร (ขนาดอาจแตกต่างกันตามผู้ผลิต) โดยมีคุณสมบัติสำคัญคือระบบป้องกันการประจุไฟฟ้าเกิน (Overcharge Protection) เพื่อป้องกันไม่ให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงจากการได้รับประจุไฟฟ้าเกิน นอกจากนี้ยังมีระบบป้องกันการลัดวงจร (Short Circuit Protection) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน

อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าต้องสามารถทำงานร่วมกับปลั๊กและขั้วต่อของแบตเตอรี่ได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้การเติมประจุไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถใช้งานยานพาหนะไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าคุณภาพสูงจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ทำให้อายุการใช้งานของยานพาหนะได้อย่างต่อเนื่อง และช่วยรักษาสรรพคุณของแบตเตอรี่ให้อยู่ในระดับที่ดี



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า 36V 20Ah

2.2 ประเภทของ EV Charger

2.2.1 AC Charging

การประจุไฟฟ้าโหมด AC หรือการประจุไฟฟ้าแบบกระแสสลับ เป็นหนึ่งในวิธีการเติมแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้า EV ที่พบบ่อยที่สุด โดยจะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) มาตรฐาน ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ที่ 240V สำหรับประจุนยนต์ไฟฟ้า เครื่องประจุไฟฟ้าแบบ AC นั้นจะจ่ายไฟ AC ไปยังรถ EV โดยตรง และอาศัยระบบประจุไฟฟ้า (On-Board Charger) ในรถทำหน้าที่แปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง DC ในการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ให้รถ EV และเครื่องประจุไฟฟ้าแบบ AC จะใช้ตัวเชื่อมต่อมาตรฐาน เช่น หัวเสียบประจุไฟฟ้า J1772 เพื่อสร้างการเชื่อมต่อระหว่างสถานีประจุไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้า EV โดยมีประเภทหัวเสียบประจุไฟฟ้า 2 ประเภท

2.2.1.1 หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 1

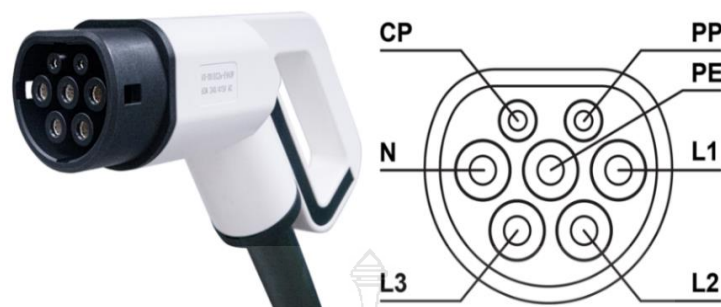
หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 1 หรือที่เรียกกันว่า “J-Plug” นิยมใช้ฝั่งอเมริกาและญี่ปุ่น เป็นการประจุไฟฟ้าแบบไฟฟ้าเฟสเดียว จ่ายไฟ 3.7kW – 7.4kW และเป็นหัวต่อแบบ 5 Pin



รูปที่ .22 หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 1[5]

2.2.1.2 หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 2

หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 2 เป็นหัวเสียบประจุไฟฟ้าที่นิยมใช้กับรถ EV ในแถบยุโรป จ่ายไฟได้ถึง 22kW สำหรับการประจุไฟฟ้าแบบไฟ เฟส และเป็นหัวต่อแบบ 37 Pin หัวเสียบประจุไฟฟ้าแบบ Type 2 เป็นหัวเสียบประจุไฟฟ้าที่ประเทศไทยใช้เป็นข้อกำหนดมาตรฐานหัวเสียบประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า



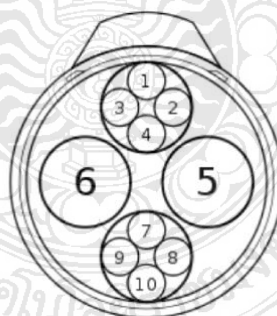
รูปที่ 2.3 หัวเสียบประจุไฟฟ้า Type 2 [5]

2.2.2 DC Charging

การประจุไฟฟ้าแบบ DC หรือที่เรียกว่าการประจุไฟฟ้าแบบเร็ว DC (Fast Charge) สามารถประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ได้อย่างรวดเร็ว วิธีการนี้อาศัยการส่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไฟฟ้าแรงสูงไปยังแบตเตอรี่ของ EV โดยตรง สามารถประจุไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 80 หรือมากกว่านั้นในเวลาเพียง 20-30 นาที จึงเหมาะสำหรับการเดินทางระยะไกล ประเภทหัวเสียบประจุไฟฟ้าแบบ DC ที่นิยม

2.2.2.1 หัวเสียบประจุไฟฟ้าแบบ CHAdeMO

หัวเสียบประจุไฟฟ้าแบบ CHAdeMO คือ มาตรฐานการประจุไฟฟ้าแบบเร็วสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า EV ที่พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เพื่อจ่ายไฟให้กับแบตเตอรี่รถยนต์และดำเนินการแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ในจุดประจุไฟฟ้า ส่วนใหญ่จ่ายไฟสูงสุดที่ 50 kW สำหรับรถ EV

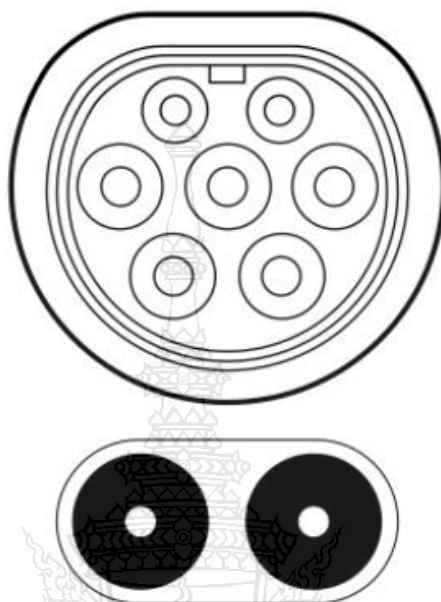


รูปที่ 2.4 หัวเสียบประจุไฟฟ้า CHAdeMO [5]

2.2.2.2 หัวเสียบประจุไฟฟ้า CCS 2 (Combo)

หัวเสียบประจุไฟฟ้า CCS 2 เป็นมาตรฐานการประจุไฟฟ้าเร็วประเภทหนึ่งสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ได้ทั้งการประจุไฟฟ้าแบบเร็วด้วยไฟกระแสตรง (DC) และไฟกระแสสลับ (AC) หัวเสียบประจุไฟฟ้า CCS 2 (Combo) จะมีลักษณะเหมือนปลั๊ก Type 2 ซึ่งมีขา 2

ข้าง เพิ่มมาด้านล่าง เพื่อใช้สำหรับประจุไฟฟ้ากระแสตรงโดยเฉพาะ เป็นมาตรฐานการประจุไฟฟ้าทั่วไปที่ใช้ในยุโรปและอเมริกาเหนือ และได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง



รูปที่ 2.5 หัวเสียบประจุไฟฟ้า CCS 2 (Combo) [5]

2.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่มี 4 ชนิดได้แก่ 1.แบตเตอรี่น้ำ (Flood) 2.แบตเตอรี่เจล (Gel) 3.แบตเตอรี่ตะกั่ว (Lead) 4.แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium) ในที่นี้จะพูดถึงแบตเตอรี่ที่ใช้ในงานกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่ได้ลงลึกถึงโครงสร้างของแบตเตอรี่เพื่อให้สามารถเลือกใช้แบตเตอรี่ตามความต้องการได้

2.3.1 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (Lead Acid Battery)

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (Lead Acid Battery) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยานพาหนะไฟฟ้า ระบบพลังงานสำรอง (UPS) และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น รถยนต์และจักรยานไฟฟ้า เนื่องจากมีความทนทานสูงและการดูแลรักษาที่ง่าย แบตเตอรี่ประเภทนี้เป็นระบบปิดที่ไม่ต้องการการเติมน้ำกลั่นเป็นประจำเช่นเดียวกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น ๆ เช่น แบตเตอรี่เจล (Gel Battery)

ข้อดีหลักของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดคือความทนทานและความสามารถในการรองรับการใช้งานที่หนักหน่วง นอกจากนี้ แบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมียุการใช้งานที่ยาวนาน แต่เพื่อรักษาสภาพของแบตเตอรี่และป้องกันการเสื่อมสภาพ หากแบตเตอรี่ไม่ได้ถูกใช้งาน ควรทำการอัดประจุซ้ำทุก 3 เดือน เพื่อให้สามารถเก็บรักษาแบตเตอรี่ไว้ได้นานและพร้อมใช้งานเมื่อจำเป็น

ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดจึงถือเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการใช้งานใน อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ที่ต้องการความเสถียรและความน่าเชื่อถือสูง



รูปที่ 2.6 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead Acid Battery) [6]

2.3.2 แบตเตอรี่เจล (Gel)

แบตเตอรี่เจล (Gel) คือ แบตเตอรี่ที่เป็นระบบปิด ไม่มีการถ่ายเทอากาศ และไม่ต้องการ การดูแลหรือการเติมน้ำกลั่น ทำให้ช่วงหนึ่งมีการใช้กันมากขึ้น ตามทฤษฎี เพื่อลดปัญหาการรั่วไหลของ น้ำกลั่นออกจากแบตเตอรี่ ทำให้มีข้อเสียในเรื่องของการใช้งานที่ไม่อาจเทียบได้กับแบตเตอรี่ชนิด ตะกั่ว (Lead) แต่จากการทดสอบประสิทธิภาพแล้วก็พอๆกับแบตเตอรี่แบบตะกั่ว และราคายังถูกกว่า อีกด้วย



รูปที่ 2.7 แบตเตอรี่เจล (Gel) [6]

2.3.3 แบตเตอรี่น้ำ (Flood)

แบตเตอรี่น้ำ (Flood) คือ แบตเตอรี่ที่ใช้ในทั่วไป คือแบตเตอรี่รถยนต์ ที่ต้องเติมน้ำกลั่นราคาถูก ในระยะแรกของการนำระบบพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้งาน มีการใช้แบตเตอรี่น้ำสามารถทำให้ระบบทำงานได้ แต่ไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก เนื่องจากแบตเตอรี่ต้องเติมน้ำกลั่นทุกสัปดาห์ ทำให้เวลาที่ติดตั้งแล้วการที่จะเติมน้ำกลั่นให้เสาไฟพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเรื่องที่ยาก ยังมีจำนวนเสาไฟพลังงานแสงอาทิตย์มาก ก็ยิ่งเพิ่มความยุ่งยากในการดำเนินงาน



รูปที่ 2.8 แบตเตอรี่น้ำ (Flood) [6]

2.3.4 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium)

แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium) คือ แบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แบ่งเป็น 2 แบบ แบตเตอรี่ลิเทียม มีหลายแบบ แต่แบบที่ใช้กันทั่วไปมี 2 แบบ 1.แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery) 2.แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron Phosphate)(LiFePO₄)

-แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน (Lithium-Ion Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่ค่าการจ่ายไฟที่แรงและคงที่ มีระยะเวลาการประจุไฟฟ้าจนเต็มได้ไวกว่า แต่มีราคาที่สูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น

-แบตเตอรี่ลิเทียม ไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron Phosphate)(LiFePO₄) เป็นแบตเตอรี่ที่พัฒนามาจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery) ทนต่อความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี สามารถให้พลังงานที่สูงกว่า มีอายุการใช้งานมากกว่าแบตเตอรี่รุ่นเก่า และมีราคาที่สูง



รูปที่ 2.9 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium) [6]

2.4 พลังงานแสงอาทิตย์

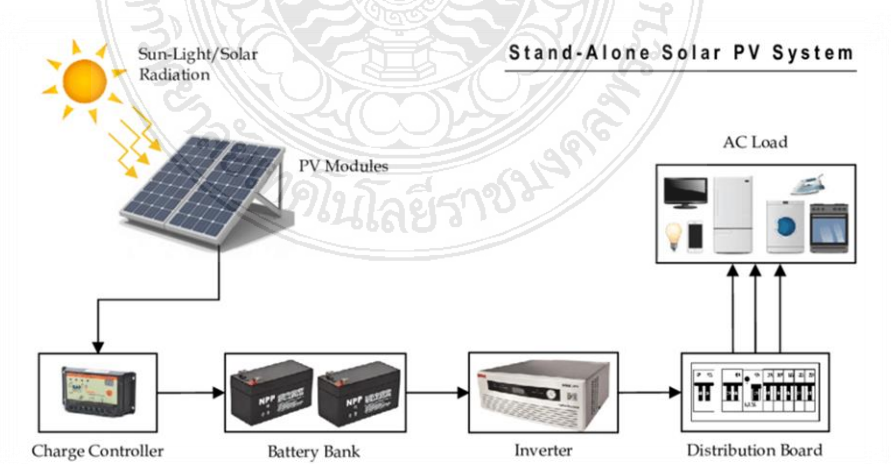
พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) คือ พลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่สามารถผลิตได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของแสงแดด ซึ่งให้ทั้งพลังงานแสงและพลังงานความร้อน พลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานหมุนเวียนสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูง ไม่มีวันหมด และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายหลัก ๆ คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าและการผลิตพลังงานความร้อน



รูปที่ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์ [7]

2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Photovoltaic (PV) Stand Alone System)

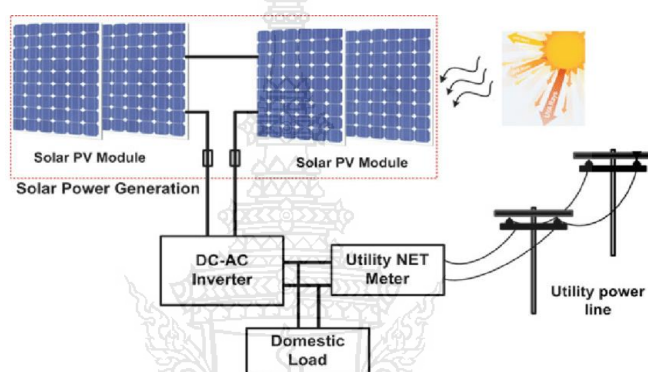
เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ เป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่ออกแบบเพื่อการใช้งานในพื้นที่ห่างไกลหรือพื้นที่ที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าหรือโครงข่ายไฟฟ้าแห่งชาติ อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในรูปแบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระประกอบด้วย ส่วนหลัก คือ แผง 4 เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



รูปที่ 2.11 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Photovoltaic (PV) Stand Alone System)

2.4.2 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (Photovoltaic (PV) Grid Connected System)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย เป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย นิยมใช้ในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ารูปแบบนี้ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยเมื่อมีพลังงานส่วนเกิน ระบบจะจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าแห่งชาติเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้กับภาครัฐหรือผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์ต่อกับระบบจำหน่าย (Photovoltaic (PV) Grid Connected System)

2.4.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Photovoltaic (PV) Hybrid System)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าชนิดอื่นเพื่อจุดประสงค์ในการใช้งานเฉพาะด้าน เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น



รูปที่ 2.13 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Photovoltaic (PV) Hybrid System) [8]

2.4.4 ชนิดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

2.4.4.1 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ เป็นแผงที่ผลิตจากผลึกซิลิคอน โดยมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและไม่มีการตัดมุม ลักษณะเด่นของแผงคือสีที่เข้มออกไปทางสีน้ำเงิน ข้อดีที่สำคัญของแผงชนิดนี้คือมีราคาที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับแผงชนิดอื่น อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ดีในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าแผงโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม แผงโพลีคริสตัลไลน์มีข้อเสียตรงที่มีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าเล็กน้อย โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 20 - 25 ปี

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแผงโมโนคริสตัลไลน์ แม้ว่าแผงโพลีจะมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 15-17 % ซึ่งน้อยกว่าแผงโมโนคริสตัลไลน์ แต่ก็ยังถือว่ามีความคุ้มค่าในการใช้งาน เนื่องจากต้นทุนที่ต่ำกว่าและการทำงานได้ดีในสภาพแสงที่หลากหลาย

ข้อดีของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์นอกจากต้นทุนต่ำแล้ว ยังมีความทนทานต่อสภาพอากาศ และสามารถรีไซเคิลวัสดุได้ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานจะต่ำกว่าแผงโมโนคริสตัลไลน์และต้องการพื้นที่ในการติดตั้งที่มากกว่า แผงชนิดนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งในระบบพลังงานอิสระ (Off-Grid) หรือระบบที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไฟฟ้า (Grid-Tied) รวมถึงการใช้งานในที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรม ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่ต้องการใช้พลังงานทดแทนที่มีต้นทุนต่ำและช่วยลดการใช้พลังงานจากแหล่งที่ไม่ยั่งยืน

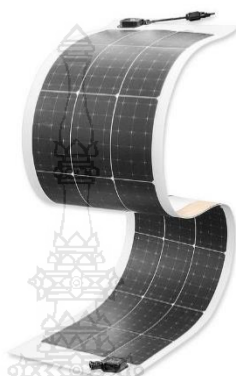
ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในระยะยาว



รูปที่ 2.14 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Poly Crystalline Silicon Solar Cells) [9]

2.4.4.2 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทนี้จะมีฟิล์มลักษณะบางกว่าชนิดอื่น สีแผงจะเข้มหรือมีสีดำ ข้อดีคือราคาถูกที่สุดใน 3 ชนิดนี้และมีน้ำหนักเบา ทนต่อความร้อนได้ดี แต่สามารถผลิตไฟฟ้าได้น้อยที่สุดและมีอายุการใช้งานที่สั้น ซึ่งไม่เหมาะนำมาติดตั้งในภาคอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.15 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) [9]

2.4.4.3 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline Silicon Solar Cells)

เป็นแผงที่ทำมาจากซิลิคอนทรงกระบอกบริสุทธิ์ รูปทรงของเซลล์จะมีสี่เหลี่ยม มุมทั้งสี่มุมจะเป็นสี่เหลี่ยมมุมตัด ข้อดีคือ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานที่สุด (25 - 40 ปี) และสามารถผลิตไฟได้ดีแม้แสงแดดจะน้อยก็ตาม และเมื่อเทียบกำลังวัตต์ที่เท่ากัน แผงโซลาร์เซลล์แบบ Mono Crystalline จะมีขนาดเล็กกว่า เหมาะกับสถานที่ติดตั้งที่มีพื้นที่จำกัดอย่างบนหลังคาบ้าน แต่ก็มีข้อเสียคือราคาที่สูง และหากมีคราบสกปรกบนแผงติดอยู่เป็นระยะเวลานาน จะทำให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไหม้ได้

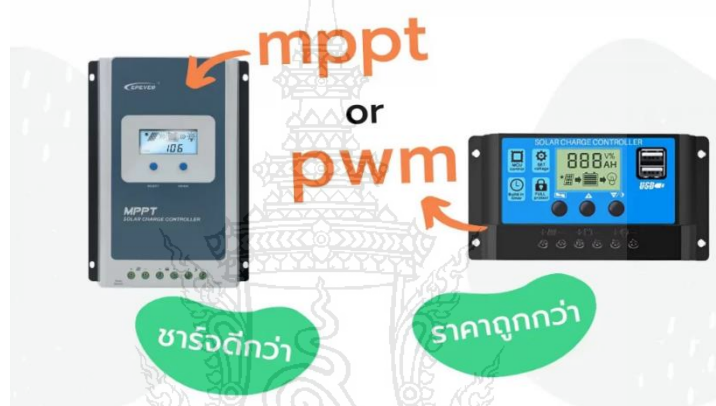
Monocrystalline



รูปที่ 2.16 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline Silicon Solar Cells)[9]

2.5 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (Solar Charger Controller)

เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (Solar Charger Controller) คือ อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าเป็นตัวกลางสำคัญในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และติดตั้งอยู่ระหว่างแผงพลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ (Solar Battery) เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟให้อยู่ในภาวะปกติ ตรวจสอบระดับพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ หากกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่เหลือน้อย เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า จะปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ให้เต็มและพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา หากไม่มีเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า อาจส่งผลให้แบตเตอรี่และพลังงานแสงอาทิตย์เสื่อมสภาพก่อนอายุการใช้งานจริงได้



รูปที่ 2.17 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (Solar Charger Controller)

2.5.1 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (Solar Charger Controller)

เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าจะรับกระแสไฟฟ้าที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ผลิต และทำการควบคุมการจ่ายกระแสไฟก่อนส่งไปเก็บสำรองในแบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าจะคอยตรวจสอบระดับกระแสไฟฟ้าในวงจรแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำ เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าก็จะทำการจ่ายไฟเข้าไปให้อย่างช้าๆ ด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มีความเสถียร เมื่อกระแสไฟฟ้ามีความจุเต็มศักยภาพของแบตเตอรี่แล้ว ก็จะมีการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อป้องกันการเกิด Over Charge หรือจ่ายไฟมากเกินไป ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้แบตเตอรี่เสียเร็วกว่าปกติ

2.5.2 ประเภทของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า

ประเภทของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าสำหรับแผงพลังงานแสงอาทิตย์มี ประเภท 2 ได้แก่ เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าแบบ MPPT และเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า PWM ซึ่งแตกต่างกันที่ระบบการทำงานและเหมาะกับการใช้งานในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน

2.5.2.1 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (MPPT Solar Charger Controller)

เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า MPPT คือ เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าที่มีระบบตัวจับสัญญาณแบบหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก (microprocessor) ซึ่ง mppt ย่อมาจาก Maximum Power Point Tracking ทำหน้าที่ควบคุมดูแลสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์

2.5.2.2 เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า (PWM Solar Charger Controller)

เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า pwm คือ เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าที่ใช้วิธีควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้คงที่ โดย PWM ย่อมาจาก Pulse Width Module เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าแบบ PWM นั้นทำงานด้วยระบบดิจิทัล จึงช่วยประหยัดพลังงานได้ดี และควบคุมการประจุไฟฟ้าที่เข้าสู่แบตเตอรี่ได้ดี ซึ่งช่วยยืดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีระบบตัดไฟอัตโนมัติเมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสื่อมหรือพังเร็วกว่าอายุการใช้งาน

2.6 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) คือ อุปกรณ์ที่ช่วยในการสลับกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ทำให้อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรงได้ เช่น มอเตอร์ พัดลม เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น



รูปที่ 2.18 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

2.6.1 การทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ในระบบเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านั้น จะมีโครงสร้างภายในด้วยกัน 3 อย่าง คือ

1) ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) แปลงไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC power supply (50 Hz) ให้เป็นไฟตรง (DC Voltage)

2) ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้ แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้

3) ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ และชุดอินเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านั้นจะเริ่มจาก วงจรคอนเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง หลังจากนั้นวงจรอินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ที่สามารถปรับแรงดัน และความถี่ได้ โดยมีวงจรควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์ และวงจรอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (3-phase Induction motor) นิยมใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้จ่ายไฟสำรอง เพื่อแก้ปัญหา ไฟเกิน ไฟตก ไฟดับ และคลื่นรบกวน เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหาย

2.6.2 ประเภทของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

1) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกริดไทน์ Grid-Tied รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ หรือไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ และช่วยรักษาระดับแรงดันไฟให้มีความเสถียร

2) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Micro Grid มีลักษณะการทำงานคล้ายกับแบบ Grid-Tied แตกต่างกันที่สามารถแปลงกระแสไฟได้ 1 อัน ต่อ 1 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ช่วยลดการใช้สายไฟ AC ได้ และสามารถจ่ายไฟออกมาเหมือนกับบ้าน รวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นส่วนประกอบ เช่น มอเตอร์ปั้มน้ำ ตู้เย็น แต่ข้อเสียคือราคาสูง

3) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Modified Sine Wave ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกประเภท แต่ข้อดีคือราคาถูก ทำให้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย แต่ปัจจุบันเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดนี้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหลากหลายชนิด รวมไปถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์แปรปรวนเป็นส่วนประกอบ เช่น พัดลม สว่าน เครื่องเจียร เป็นต้น

2.7 การคำนวณหาแบตเตอรี่ที่ต้องการใช้ [12]

การคำนวณขนาดของแบตเตอรี่ที่จำเป็นต้องใช้ ขึ้นอยู่กับการใช้งานที่ต้องการและปัจจัยต่างๆ เช่น พลังงานที่ต้องการ ความจุของแบตเตอรี่ และเวลาที่ต้องการใช้งาน โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนดังนี้:

2.7.1 การคำนวณหาเวลาในการใช้ประจุไฟฟ้าของจกัรยานไฟฟ้า

ใช้สมการ:

$$t = \frac{S}{V} \quad (2.1)$$

โดยที่ V = ความเร็ว (m/s)

S = ระยะทาง (kg)

t = เวลา (s)

2.7.2 การคำนวณหาว่าต้องประจุไฟฟ้าให้จกัรยานไฟฟ้า และกำลังแบตเตอรี่

ใช้สมการ:

$$P_{cs} = P_{e-bike} \times \text{Factor} \times t \quad (2.2)$$

โดยที่ P_{cs} = กำลังไฟฟ้าที่สถานีต้องจ่าย (W)

P_{e-bike} = กำลังไฟฟ้าของจักรยานไฟฟ้า (W)

Factor = อัตราส่วนหรือตัวคูณ

2.7.3 การคำนวณขนาดกระแสไฟฟ้าที่ต้องการของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่มีการวัดขนาดกระแสไฟฟ้าเป็นหน่วยแอมป์ คำนวณความจุที่ต้องใช้ตามแรงดันไฟฟ้าของระบบ โดยใช้สมการ:

$$I = \frac{P}{E} \quad (2.3)$$

โดยที่ I = กระแสไฟฟ้า (A)

P = กำลังไฟฟ้า (W)

E = แรงดันไฟฟ้า (V)

การคำนวณขนาดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้จะพิจารณาจากพลังงานที่ต้องการในแต่ละวัน, จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดด และปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า

2.8 การคำนวณหาขนาดแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ [12]

เพื่อหาขนาดแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ คุณต้องทราบจำนวนชั่วโมงที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้ต่อวัน โดยทั่วไปเรียกว่า ชั่วโมงแสงแดดสูงสุด (Peak Sun Hours) ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่

$$P_{sp} = \frac{E}{t} \quad (2.4)$$

โดยที่ P_{sp} = กำลังไฟฟ้า (W)

E = แรงดันไฟฟ้า (V)

t = เวลา (h)

2.9 การศึกษาและประเมินค่าความเสื่อมของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

การประเมินค่าความเสื่อมของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12V 100Ah โดยใช้วิธีการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่จนเต็มความจุ (Full Charge) และปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 4 วัน พร้อมวัดค่า

แรงดันไฟฟ้าในแต่ละวัน เพื่อเปรียบเทียบและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความจุที่ลดลง และวิเคราะห์ค่าความเสื่อมโดยอ้างอิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

ใช้เครื่องประจุไฟฟ้าที่เหมาะสมเพื่อประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่จนเต็ม โดยตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) และกระแส (Current) ให้ถึงค่าที่กำหนด (โดยปกติแรงดันสำหรับแบตเตอรี่ 12V จะอยู่ที่ประมาณ 14.4V ในช่วงการประจุเต็ม)

2.9.2 การวัดค่าแรงดัน

- 1) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่หลังจากประจุไฟฟ้าเต็มในวันแรก และบันทึกค่า
- 2) ทำการวัดค่าแรงดันในวันที่ 2, 3 และ 4 โดยไม่ใช้งานแบตเตอรี่ และบันทึกค่าทุกครั้งในเวลาเดียวกันของแต่ละวัน

2.9.3 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

นำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละวันมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีเพื่อประเมินเปอร์เซ็นต์ของความจุแบตเตอรี่

2.9.4 สมการการคายประจุแบตเตอรี่

- 1) แบตเตอรี่ตะกั่วกรดมีแรงดันที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยไม่มีโพลต์ (Self-Discharge) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีอัตราการคายประจุอยู่ที่ประมาณ 3%-5% ต่อเดือนในสภาพที่เหมาะสม
- 2) แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ไม่ได้เชื่อมต่อโพลต์สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สถานะการประจุ (State of Charge: SOC)

2.9.5 แรงดันไฟฟ้ากับสถานะการประจุ (SOC)

แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่หลังจากคงที่ (Rest Voltage) มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ของการประจุ ดังนี้:

- 12.73V : ประจุเต็ม 100%
- 12.62V : ประมาณ 75%
- 12.50V : ประมาณ 50%
- 12.37V : ประมาณ 25%
- ต่ำกว่า 11.5V: ต้องทำการประจุไฟฟ้าใหม่

2.9.6 อัตราการคายประจุในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

ปัจจัยที่มีผลต่อการคายประจุ เช่น อุณหภูมิ (แบตเตอรี่จะคายประจุเร็วขึ้นที่อุณหภูมิสูง) และอายุการใช้งาน

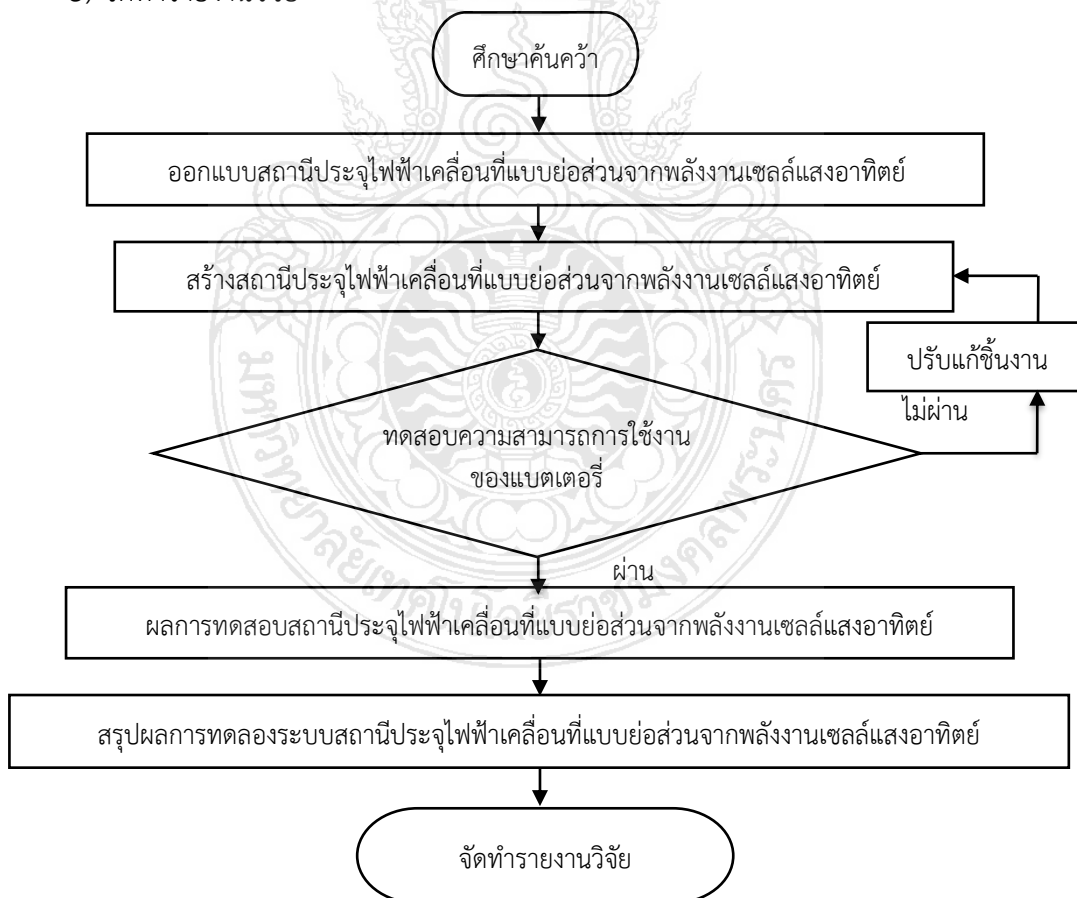
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ และออกแบบการทดสอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของเครื่องสอบเทียบ
- 2) ออกแบบและสร้างสถานีประจุไฟฟ้า
- 3) ทดสอบความสามารถการใช้งานของแบตเตอรี่
- 4) สรุปผลการทดลอง
- 5) จัดทำรายงานวิจัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การออกแบบ คำนวณ และการสร้าง

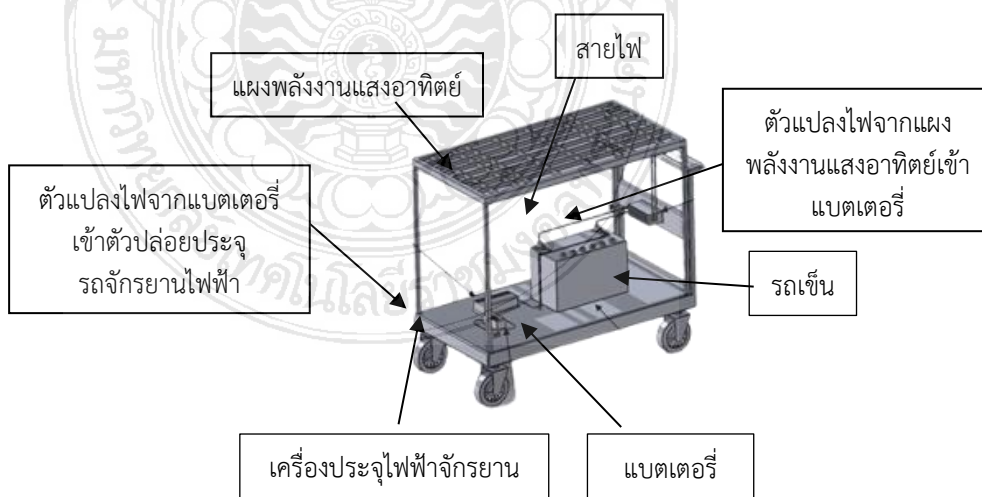
3.2.1 การออกแบบสถานีประจุไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่

จากไอเดียที่ได้มาจากสถานีประจุไฟฟ้ารถไฟฟ้าในปั้มน้ำมัน ซึ่งในบางครั้งสถานีประจุไฟฟ้าเหล่านี้มีข้อจำกัดในเรื่องของการขนย้ายอุปกรณ์ไปใช้งานในที่ต่างๆ ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถเลือกสถานที่เติมประจุไฟฟ้าได้ตามต้องการและยังต้องรอคิวการใช้บริการ จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบสถานีประจุไฟฟ้าแบบพกพา ที่สามารถพกพาไปใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับขี่รถไฟฟ้าสามารถเติมประจุไฟฟ้าได้อย่างสะดวกสบาย โดยไม่จำเป็นต้องไปต่อคิวที่สถานีประจุไฟฟ้าตามปั้มน้ำมันหรือสถานที่คงที่

การออกแบบสถานีประจุไฟฟ้าในรูปแบบนี้ จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ลดข้อจำกัดของสถานีประจุไฟฟ้าที่มีจำนวนจำกัด และช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถใช้สถานีประจุไฟฟ้าได้ในที่ที่ต้องการ เช่น ตามบ้าน, ที่ทำงาน หรือแม้กระทั่งระหว่างการเดินทางไกล ทำให้ประสบการณ์การใช้รถไฟฟ้าเป็นไปอย่างราบรื่นและสะดวกยิ่งขึ้น

3.2.1.1 แบบของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อส่วนจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์และส่วนประกอบ

สถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อส่วนจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยใช้โครงสร้างแบบรถเข็นเป็นฐานรองรับอุปกรณ์หลักของระบบ ประกอบด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งไปยังแผงควบคุมเพื่อปรับแรงดันและกระแสไฟให้เหมาะสม จากนั้นพลังงานที่ได้จะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และผ่านตัวแปลงไฟเพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า โดยการออกแบบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อส่วนจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.2 คำนวณสถานีประจุไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่

3.2.2.1 หาขนาดแบตเตอรี่ของสถานีประจุไฟฟ้า

การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ของสถานีประจุไฟฟ้าจากกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่รถจักรยานไฟฟ้าใช้สูตร กำลังไฟฟ้า (โวลต์) แรงดันไฟฟ้า = (วัตต์) × กระแสไฟฟ้า 36 โดยแบตเตอรี่ (แอมแปร์) V20 A จะมีกำลังไฟฟ้า $36V \times 20A = 720W$ จะได้แบตเตอรี่ของรถจักรยานไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าที่ 720W ข้อมูลนี้เป็นสมมติฐานออกแบบให้สถานีประจุไฟฟ้านี้ใช้สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า คัน 1

คำนวณหาระยะเวลาในการใช้ประจุไฟฟ้าของจักรยานไฟฟ้า

จักรยานไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติ 36V 20A และความเร็วสูงสุด 40 km/h สามารถวิ่งได้ระยะทางประมาณ 32 กม โดยการคำนวณจากกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ 720W โดยใช้สมการที่ 2.1

$$t = \frac{S}{V} \\ = \frac{40}{32} \\ = 1.25h$$

คำนวณขนาดแบตเตอรี่ของสถานีประจุไฟฟ้าที่สามารถประจุไฟฟ้ารถจักรยานไฟฟ้าได้ 1.5 เท่าเริ่มต้นจากข้อมูลพื้นฐานของรถจักรยานไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขนาด 36V 20A ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 720W ($36V \times 20A$) โดยพลังงานที่ต้องการประจุไฟฟ้าในรถจักรยานไฟฟ้าเท่ากับ 720W ดังนั้น กำหนดให้สถานีประจุไฟฟ้ามีขนาดมากกว่ารถจักรยานไฟฟ้า 1.5 เท่า โดยใช้สมการที่ 2.2

$$P_{CS} = P_{bike} \times t \times Factor \\ = 720 \times 1.25 \times 1.5 \\ = 1,350 Wh$$

แบตเตอรี่ของสถานีประจุไฟฟ้าต้องการกำลังไฟฟ้า 1,350Wh เพื่อประจุไฟฟ้าให้รถจักรยานไฟฟ้าขนาด 720W ได้ 1.5 เท่า

จากนั้นหาขนาดแบตเตอรี่ของสถานีประจุไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า 720W โดยกำหนดให้เป็นแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้า 12V

คำนวณหาขนาดกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยใช้สมการที่ 2.3

$$I = \frac{P_{\text{bike}}}{E}$$

$$= \frac{720}{12}$$

$$= 60A$$

จะได้แบตเตอรี่ 12V 60 A

สรุปได้ว่า เนื่องจากแอมป์ของแบตเตอรี่คำนวณได้ 60 A แต่แบตเตอรี่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีขนาด 80A หรือ 100A จึงเลือกใช้ขนาด 12V 100A เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอและรองรับการใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยใช้แบตเตอรี่จำนวน ลูก ซึ่งสามารถจ่าย 1 พลังงานได้ต่อเนื่องตามความต้องการของระบบ

3.2.2.2 หาขนาดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การหาขนาดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ ที่แบตเตอรี่ของสถานีประจุไฟฟ้า
แบตเตอรี่ 12V 100Ah ที่มีพลังงานเก็บได้ 1200Wh

เลือกใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีราคาประหยัดและสามารถหาซื้อได้ขนาด 180W และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงจากการคำนวณ

โดยเฉลี่ยแล้ว ประเทศไทยมีปริมาณแสงแดดประมาณ ชั่วโมงต่อวัน ในการคำนวณระบบ 5 พลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นในหนึ่งวันแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานได้ โดยใช้สมการ 2.3

$$P_{sp} = \frac{E}{t}$$

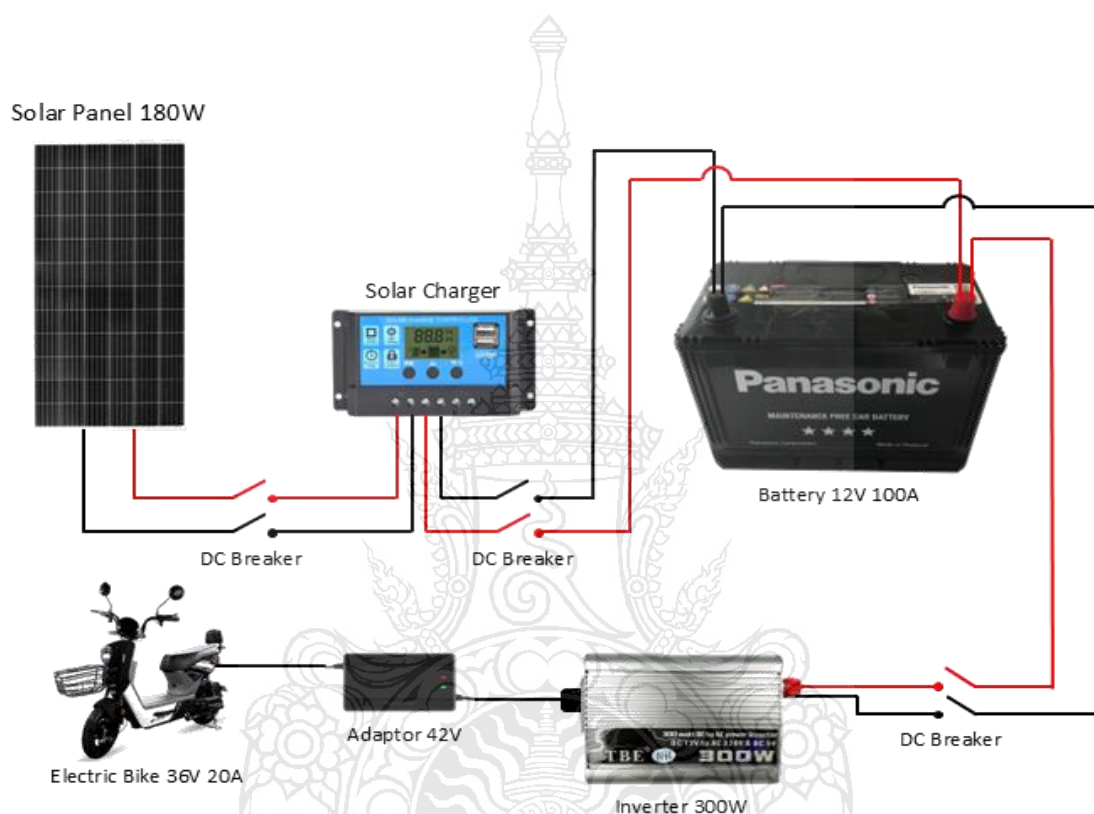
$$= \frac{720}{5}$$

$$= 144Wh$$

จากการคำนวณหาขนาดแผงพลังงานแสงอาทิตย์ได้ขนาดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ (W) เท่ากับ 144W เลือกซื้อขนาดแผง 180W เนื่องจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด การซื้อขนาดใหญ่เกินความต้องการปัจจุบันไว้ล่วงหน้า จะช่วยลดความเสี่ยงเรื่องกำลังการผลิตไม่เพียงพอในอนาคต

3.2.3 การสร้างสถานีประจุไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่

การสร้างสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อบางส่วน ได้เลือกใช้อุปกรณ์หลัก ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ แบตเตอรี่ตะกั่วกรดชนิดกึ่งแห้ง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า เพื่อให้สามารถเก็บและแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการประจุไฟฟ้าเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.3 แผนผังวงจรการต่อระบบของสถานีแบบขนาน

3.2.4 การเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อบางส่วน

ในการออกแบบและสร้างสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบย่อบางส่วนครั้งนี้ ได้คำนึงถึงปัจจัยด้านงบประมาณที่จำกัด เป็นหลัก พร้อมกับประสิทธิภาพการทำงานที่เพียงพอต่อการใช้งานจริง โดยได้เลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรายละเอียดดังนี้:

1) แผงโซลาร์เซลล์

ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ทำการคำนวณขนาดแผงตามค่าพลังงานไฟฟ้าที่โหลดต้องการในแต่ละวัน โดยเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิดมาตรฐาน ขนาด 180 วัตต์ ซึ่งเหมาะสมกับปริมาณพลังงานที่ต้องการผลิต และสามารถติดตั้งได้ตามข้อจำกัดของพื้นที่และงบประมาณ

2) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด แบบกึ่งแห้ง-

แบตเตอรี่ที่เลือกใช้เป็นชนิดตะกั่ว กรดแบบ-VRLA ขนาด 12V 100Ah โดยกำหนดค่าความลึกในการคายประจุ (DOD) ไม่เกิน 50% เพื่อยืดอายุการใช้งาน และพิจารณาประสิทธิภาพการใช้งานของระบบแบตเตอรี่อยู่ที่ 90%จากการคำนวณ แบตเตอรี่ 1 ลูกจะสามารถจ่ายพลังงานได้ประมาณ 540Wh ต่อการชาร์จหนึ่งรอบ ดังนั้นในการรองรับพลังงานทั้งหมด 1,233Wh/วัน อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 100Ah จำนวนประมาณ 1 ลูก การเลือกใช้แบตเตอรี่จึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของขนาด จุ ระบบแรงดัน การจัดวางแบบอนุกรมขนาน – และการจัดการด้านความปลอดภัย เช่น การระบายอากาศ และระบบป้องกันการลัดวงจร เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่องและปลอดภัย

3) อินเวอร์เตอร์ชนิดคลื่นไซน์ดัดแปลง (Modified Sine Wave)

จากการวิเคราะห์ อินเวอร์เตอร์ชนิดคลื่นไซน์ดัดแปลง (Modified Sine Wave) ถูกเลือกใช้งานในระบบนี้ เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและสามารถรองรับโหลดพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเห็นสมควรเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กหรือในพื้นที่ที่ไม่จำเป็นต้องใช้โหลดที่มีความไวต่อคุณภาพของกระแสไฟฟ้า

4) เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าแบบ PWM (Pulse Width Modulation)

จากการวิเคราะห์ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน, เครื่องควบคุมการประจุแบบ PWM ถูกเลือกใช้งานเนื่องจากสามารถควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการปรับความกว้างของพัลส์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่ส่งไปยังแบตเตอรี่มีความเหมาะสมและไม่เกินขีดจำกัดที่แบตเตอรี่รองรับได้ ระบบ PWM ยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากการแปลงกระแสตรงไปเป็นกระแสสลับ และสามารถปรับการชาร์จตามสถานะแสงแดดได้อย่างแม่นยำ ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสูงขึ้น แม้ว่าระบบ PWM จะมีข้อจำกัดในเรื่องของเสียงรบกวนและการไม่เหมาะกับโหลดที่มีความไวสูง แต่ก็ยังคงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ที่ไม่ต้องการกระแสไฟฟ้าที่บริสุทธิ์

3.2.5 การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับสถานีประจุเคลื่อนที่

แผงพลังงานแสงอาทิตย์ 180W ถูกติดตั้งเข้ากับตัวรถเข็นโดยยึดด้วยเสา 4 ต้นที่การออกแบบติดตั้งนี้ช่วยให้แผงรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในทุกสภาพแวดล้อมตามรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนตัวรถเข็น

3.2.6 การติดตั้งแบตเตอรี่เข้ากับสถานีประจุ

แบตเตอรี่ถูกติดตั้งบนตัวรถเข็นในตำแหน่งที่เหมาะสมและทำจุดยึดล็อกให้อยู่อย่างมั่นคง จุดยึดเหล่านี้ช่วยป้องกันการเคลื่อนที่ของแบตเตอรี่ในระหว่างการใช้งานและการขนย้าย



รูปที่ 3.5 การติดตั้งแบตเตอรี่บนตัวรถเข็น

3.2.7 การออกแบบแผงวงจรและติดตั้งเข้ากับสถานีประจุ

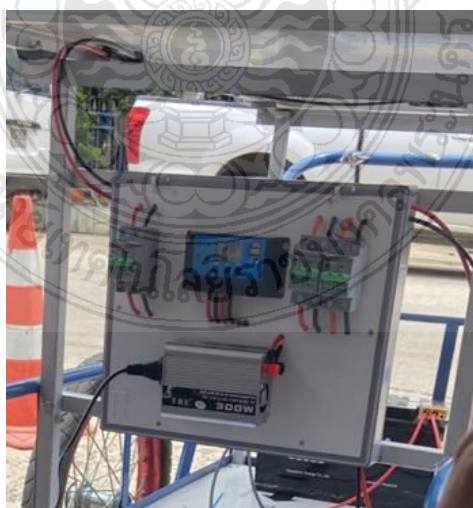
การออกแบบแผงวงจรและติดตั้งบนรถเข็น ประกอบด้วยเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า และ DC breaker 3 ตัวเพื่อใช้ตัดไฟจากแต่ละส่วน อุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งลงบนแผงตามรูปที่ 3.6 เพื่อความเป็นระเบียบและปลอดภัยในการทำงาน



รูปที่ 3.6 การติดตั้งแผงวงจรบนตัวรถเข็น

3.2.8 การออกแบบระบบเดินสายไฟเชื่อมอุปกรณ์ในสถานีประจุเคลื่อนที่

ทำการเดินสายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า และ DC Breaker ตามลำดับ จากนั้นทดสอบการทำงานของระบบเพื่อให้แน่ใจว่าทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ สุดท้ายตรวจสอบความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการใช้งานตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเดินสายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์และทดสอบทดสอบการทำงานของระบบ

3.3 การทดสอบค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การทดสอบประสิทธิภาพของสถานีประจุไฟฟ้าแบบย่อบางส่วนจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ มุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการเก็บและจ่ายพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่ 12V 100Ah และการจ่ายพลังงานให้กับจักรยานไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ 36V 20Ah โดยใช้กระบวนการแปลงพลังงานผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าชนิด Modified Sine Wave ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทดสอบแผงพลังงานแสงอาทิตย์

เวลา	08.00 A.M - 05.00 P.M
กำลังงานสูงสุด	180W
แรงดันงานสูงสุด	ไม่เกิน 18V
กระแสสูงสุด	ไม่เกิน 10A
ความเข้มแสง	ไม่น้อยกว่า 1,000W/m ²



รูปที่ 3.8 ค่าทางไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์เข้าแบตเตอรี่

เมื่อแบตเตอรี่ 12V 100Ah ถูกใช้งานจนหมด กระแสไฟฟ้าจะลดลงเป็น 0 แอมป์ และแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะลดลงเหลือประมาณ 10.5-11 โวลต์ ในสภาวะนี้การเก็บประจุใหม่จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์จนแบตเตอรี่เต็มต้องใช้เวลาประมาณ 16.39 ชั่วโมง หรือประมาณ 1.37 วัน โดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานเฉลี่ยวันละ 12 ชั่วโมง

3.4 การทดสอบการทำงานของสถานีประจุไฟฟ้ากับรถจักรยาน

ในการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ 12V 100Ah ไปยังแบตเตอรี่ 36V 20Ah ของจักรยานไฟฟ้า จะมีการแปลงพลังงานจากไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ขนาด 220V ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าชนิด Modified Sine Wave ที่มีประสิทธิภาพ 85-90% ซึ่งส่งผลให้

แบตเตอรี่ 12V 100Ah สามารถจ่ายพลังงานให้แบตเตอรี่ 36V 20Ah ได้ประมาณ 1.46 ครั้ง ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งรอบ

ตารางที่ .32 การทดสอบสถานะจากแบตเตอรี่ไปจักรยาน

แรงดันสูงสุด	12v
ความจุ	100A
พลังงานทั้งหมด	1,200Ah
กระแสสูงสุด	ไม่เกิน 10A
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	ไม่เกิน 140w
อุณหภูมิ	25 °c ถึง 35 °c
ประเภทแบตเตอรี่	ตะกั่วกรด



รูปที่ 3.9 การวัดค่าทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่เข้าจักรยานไฟฟ้า

สำหรับกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากแบตเตอรี่ 12V ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ 36V 20Ah นั้น กระแสไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยที่ 2.1 แอมป์ และแรงดันไฟฟ้าขาออกอยู่ที่ 37.64 โวลต์ ทำให้เวลาที่ใช้ในการเติมประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ 36V 20Ah จากสภาพที่ไม่มีพลังงานจนเต็มอยู่ที่ประมาณ 9.11 ชั่วโมง

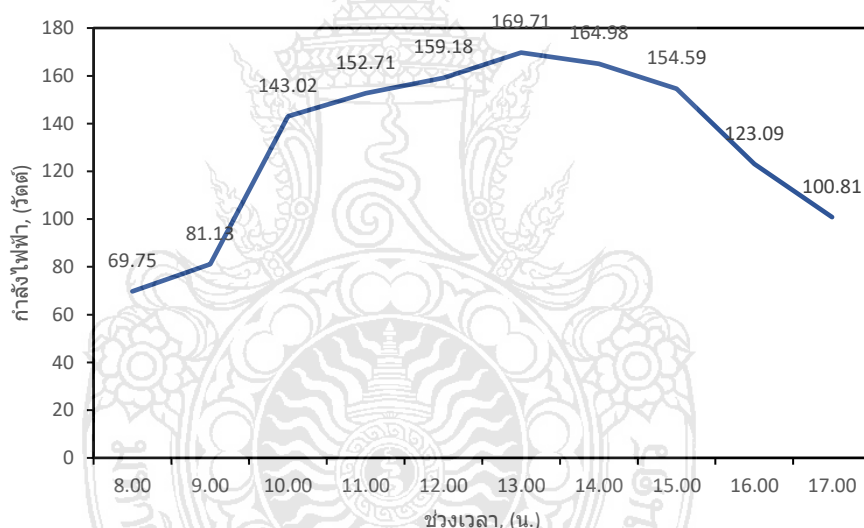
การทดสอบดังกล่าว สถานีประจุไฟฟ้าแบบย่อบริเวณจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ สามารถเติมประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ 12V 100Ah ให้เต็มได้ภายในเวลาเฉลี่ย 1.37 วัน และสามารถจ่ายพลังงานให้แบตเตอรี่ 36V 20Ah ของจักรยานไฟฟ้าได้ประมาณ 1.46 ครั้ง โดยใช้เวลาประมาณ 9.11 ชั่วโมงในการเติมประจุไฟฟ้าให้เต็ม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ พร้อมจำลองการชาร์จในสถานีย่อยส่วนเมื่อพลังงานต่ำ โดยเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความเสถียรของระบบ ผลลัพธ์นำเสนอในรูปแบบภาพเพื่อให้เข้าใจง่ายและเป็นระบบ

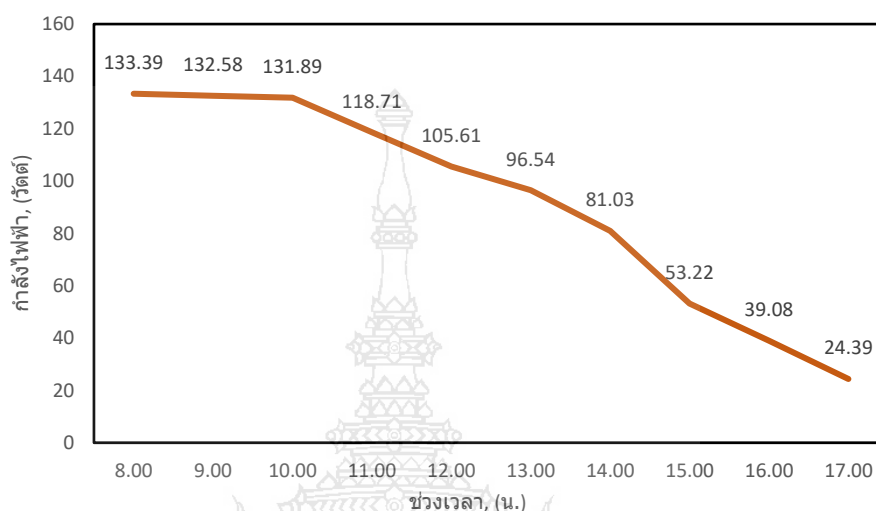
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ .41 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 8:00 – 17:00 น. พบว่าสามารถสร้างกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 169.71 วัตต์ ในช่วงเวลา 13:00 – 14:00 น. และ สามารถสร้างกำลังไฟฟ้าได้ต่ำสุด 69.75 วัตต์ ในขณะที่ช่วงเวลา 8:00 – 9:00 น. ซึ่งมีความแตกต่างกัน 100 วัตต์ คิดเป็นร้อยละ 58 นอกจากนี้ ยังพบว่าการสร้างปริมาณไฟฟ้าจากแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถทำได้มีประสิทธิภาพมากกว่าในช่วงเวลาครึ่งวันบ่าย โดยปริมาณไฟฟ้าในช่วงเวลาครึ่งวันบ่าย (12.00-17.00 น.) สามารถสร้างได้ 0.742 kWh ซึ่งมากกว่าครึ่งวันเช้า (8.00-12.00 น.) ที่สามารถสร้างได้ 0.491kWh ทั้งนี้สามารถสร้างปริมาณไฟฟ้าทั้งวัน (8.00-17.00 น.) ได้ทั้งสิ้น 1.233 kW

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังของการประจุไฟฟ้าจากสถานีประจุไฟฟ้าเข้ารถจักรยานไฟฟ้า

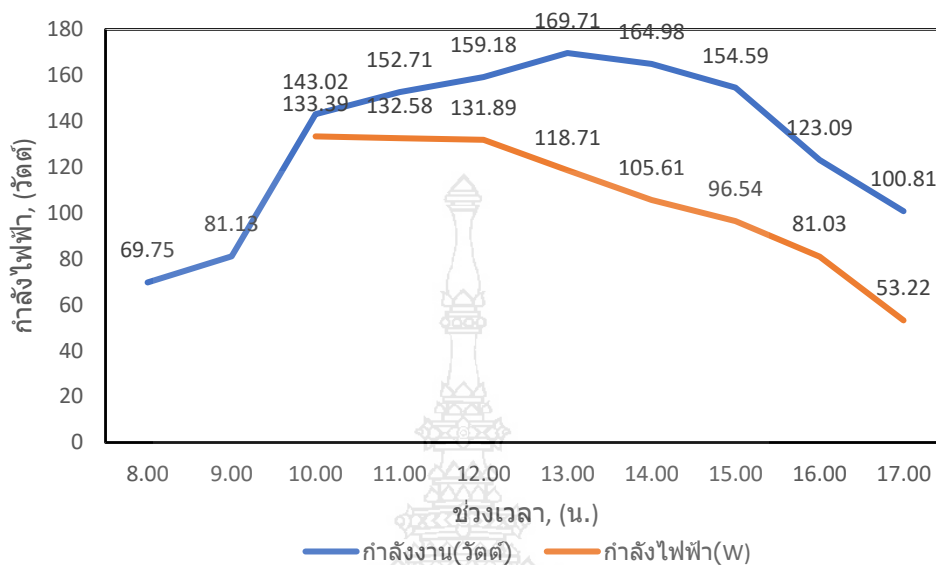


รูปที่ .42 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังของการประจุไฟฟ้าจากสถานีประจุไฟฟ้าเข้ารถจักรยานไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและกำลังของการประจุไฟฟ้าจากสถานีประจุไฟฟ้าเข้ารถจักรยานไฟฟ้าในช่วงเวลา 8.00-10.00 น. พบว่าในช่วงแรกของของการประจุไฟฟ้าพบว่ากระแสไฟฟ้ามีค่าสูงสุด 10.62 A ที่แรงดัน 12.56 V ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 133.39 W และ ช่วงเวลาที่จ่ายไฟได้ต่ำที่สุดคือเวลา 17.00 น. โดยมีกระแสไฟฟ้า 3.17 A แรงดันไฟฟ้า 12.33 V ส่งผลให้กำลังไฟฟาลดลงเหลือเพียง 39.08 W นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มการลดลงของพลังงานเนื่องจากระดับการประจุใกล้เต็ม ระบบจึงปรับลดกระแสเพื่อป้องกันการประจุไฟฟ้าเกินและควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิดความร้อนสะสม โดยความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 81.72 ทั้งนี้สามารถคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ประจुरถจักรยานไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น 837 kWh

อย่างไรก็ตาม ปริมาณการประจุไฟฟ้าที่ส่งเข้าสู่รถจักรยานไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของแบตเตอรี่ ซึ่งแปรผันตามระดับกระแสที่ถูกควบคุมตามสถานะของแบตเตอรี่ในแต่ละช่วงเวลา อีกทั้งแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ายังสะท้อนถึงการปรับระดับพลังงานให้เหมาะสมกับความต้องการในแต่ละช่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 การจำลองการประจุไฟฟ้าในช่วงที่สถานีประจุไฟฟ้าแบบยอส่วนมีกำลังไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ



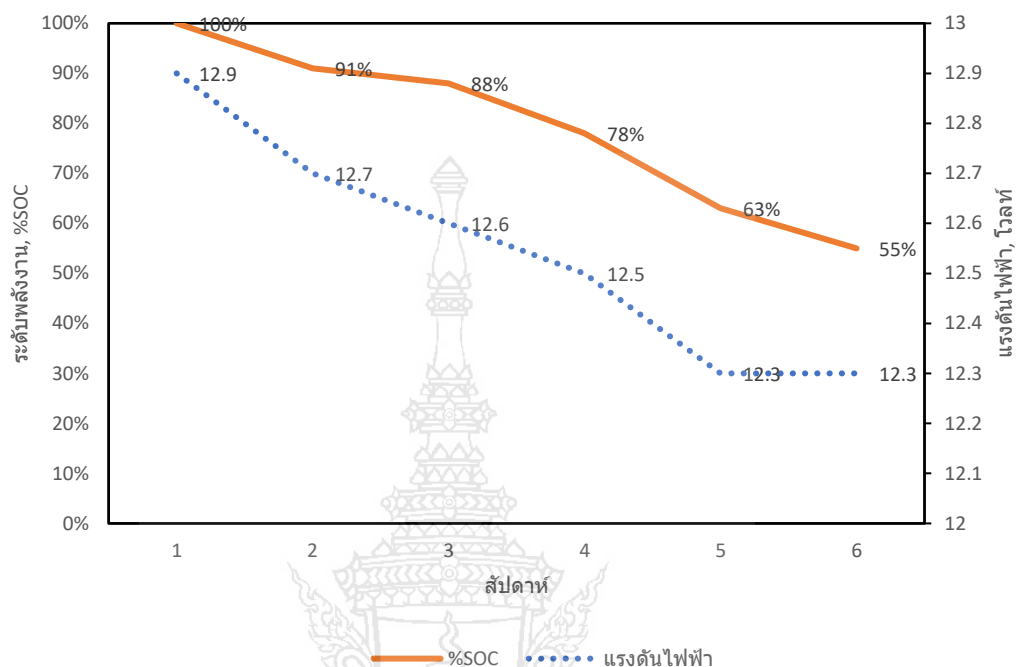
รูปที่ 4.3 การจำลองการประจุไฟฟ้าในช่วงที่สถานีประจุไฟฟ้าแบบยอส่วนมีกำลังไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ

จากหัวข้อ 4.1 และ 4.2 สามารถนำมาจำลองการประจุไฟฟ้าในช่วงที่สถานีประจุไฟฟ้าแบบยอส่วนมีปริมาณไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสามารถเริ่มต้นทำการประจุไฟฟ้าได้ตั้งแต่เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป โดยสถานีประจุไฟฟ้าสามารถผลิตปริมาณไฟฟ้าได้ 1.046 kWh เพียงพอต่อความต้องการของรถจักรยานไฟฟ้าที่ต้องการเพียง 0.837kWh คิดเป็นร้อยละ 124 ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของสถานีในภาวะที่กำลังไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากการสูญเสียพลังงานระหว่างกระบวนการ หรือข้อจำกัดในการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า แม้จะมีข้อจำกัดดังกล่าวระบบยังคงสามารถรองรับการใช้งานได้ในระดับหนึ่ง และมีแนวโน้มการทำงานที่ค่อนข้างเสถียร ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงระบบประจุไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

นอกจากนี้ พบว่าความสามารถการผลิตปริมาณไฟฟ้าในทางปฏิบัติมีความแตกต่างไปจากที่ออกแบบไว้ ซึ่งจากการออกแบบกำหนดให้สถานีประจุไฟฟ้ามีขนาดมากกว่า 1.5 เตา หรือร้อยละของความจุปริมาณไฟฟ้าของรถจักรยานไฟฟ้า 150(0.900 kWh) คือ 1.350 kWh แต่จากการตรวจวัดพบว่าสถานีประจุไฟฟ้าสามารถสร้างปริมาณไฟฟ้าได้จริงเพียง 1.233 kWh

มากไปกว่านั้น ยังสามารถตรวจวัดการสูญเสียพลังงานจากการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) โดยใช้เวลาในการประจุ 8 ชั่วโมง และวัดค่าปริมาณไฟฟ้าจากจุดที่กระแสไหลเข้า 0.136 kW (1.224 kWh) และจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลออก 0.109 kW (0.981 kWh) คิดเป็นการสูญเสีย 0.243 kWh หรือร้อยละ 19.85 สะท้อนให้เห็นถึงการสูญเสียพลังงานจากการทำงาน

4.4 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บแบตเตอรี่ตะกั่วกรด-



รูปที่ 4.4 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า (โวลต์) และสถานะประจุไฟฟ้า (SOC) ของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในช่วงระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าแรงดันไฟฟ้ามูลจาก 12.9 เหลือเพียง 12.3 โวลต์ และสถานะการประจุไฟฟ้ามูลจากร้อยละ 100 เหลือเพียงร้อยละ 55 แนวโน้มนี้สะท้อนถึงการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ซึ่งแม้จะมีข้อเสียเรื่องการสูญเสียพลังงานตามเวลาเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ลิเทียมที่มีอัตราการคายประจุต่ำกว่า และอายุการใช้งานยาวนานกว่า แต่แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดยังคงเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าในด้านต้นทุนต่ำ ความปลอดภัยในการใช้งาน และความสามารถในการรีไซเคิลได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการประสิทธิภาพสูงสุดในระยะยาว แต่ต้องการความประหยัดและการดูแลรักษาที่ไม่ซับซ้อน

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อ คือ 1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดในสถานีประจุไฟฟ้า และ 2) เพื่อสร้างสถานีประจุไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาระบบที่สามารถใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมปัจจุบัน ทั้งใน ด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และการใช้งานจริง ในบทนี้จะนำเสนอการสรุปผลการศึกษา อภิปรายผลที่ได้จากการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาในอนาคต

5.1 ความเป็นไปได้ของการทำงานร่วมกันระหว่าง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด

การทำงานร่วมกันระหว่าง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดไม่สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้เกินระยะเวลา 1 เดือน เนื่องจากระดับพลังงานไฟฟ้าเหลือน้อยกว่าร้อยละ 55 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าขั้นต่ำที่แนะนำข้อมูลจากแหล่งวิชาการเพิ่มเติมระบุว่า แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ซึ่งระบุไว้ว่าไม่ควรมียกระดับสถานะประจุไฟฟ้าต่ำกว่าร้อยละ 50 [11] เพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพของเซลล์ และช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ในทางตรงกันข้าม แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีคุณสมบัติในการรักษาระดับสถานะประจุไฟฟ้าได้ดีกว่า โดยทั่วไปไม่ควรปล่อยให้ระดับสถานะประจุต่ำกว่าร้อยละ 20-30 [12] เพื่อป้องกันความเสียหายต่อเซลล์ภายใน การจัดเก็บแบตเตอรี่ลิเทียมในระดับประจุที่เหมาะสม ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมอย่างเหมาะสม จะช่วยให้สามารถเก็บรักษาแบตเตอรี่ได้ยาวนานขึ้น โดยไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งานในระยะยาว

5.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างสถานีประจุไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างสถานีประจุไฟฟ้าแบบย้อยส่วนในรูปแบบเคลื่อนย้ายได้ โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลัก พบว่าแนวคิดดังกล่าวสามารถนำมาใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพในการรองรับการประจุพลังงานให้กับรถจักรยานไฟฟ้า โดยสถานีประจุไฟฟ้าที่ออกแบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ย 1,233 Wh ต่อวัน ในช่วงเวลาระหว่าง 08.00 น.-17.00 น. ขณะที่ความต้องการพลังงานของรถจักรยานไฟฟ้าอยู่ที่ 837 Wh ต่อรอบการประจุ เพียงพอต่อความต้องการคิดเป็นร้อยละ 124 ของปริมาณที่ต้องใช้ ซึ่งแตกต่างจากที่ออกแบบไว้ที่ร้อยละ 150

ผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าสถานีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดย่อมสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ห่างไกล หรือพื้นที่ที่ไม่มีระบบไฟฟ้าหลักได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสะดวกและยืดหยุ่นในการใช้งาน ตอบโจทย์ด้านพลังงานสะอาดและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 การทดลองอาจต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะทางที่มีต้นทุนสูงเกินกว่างบประมาณที่มีอยู่ ทำให้ต้องลดคุณสมบัติหรือจำกัดขอบเขตของการทดลอง

5.2.1 สภาพอากาศในช่วงการทดลอง แผงพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตพลังงานได้ไม่เพียงพอ ส่งผลให้ไม่สามารถประจุไฟฟ้าให้กับจักรยานไฟฟ้าได้ตามแผน หากสภาพอากาศแปรปรวนต่อเนื่อง

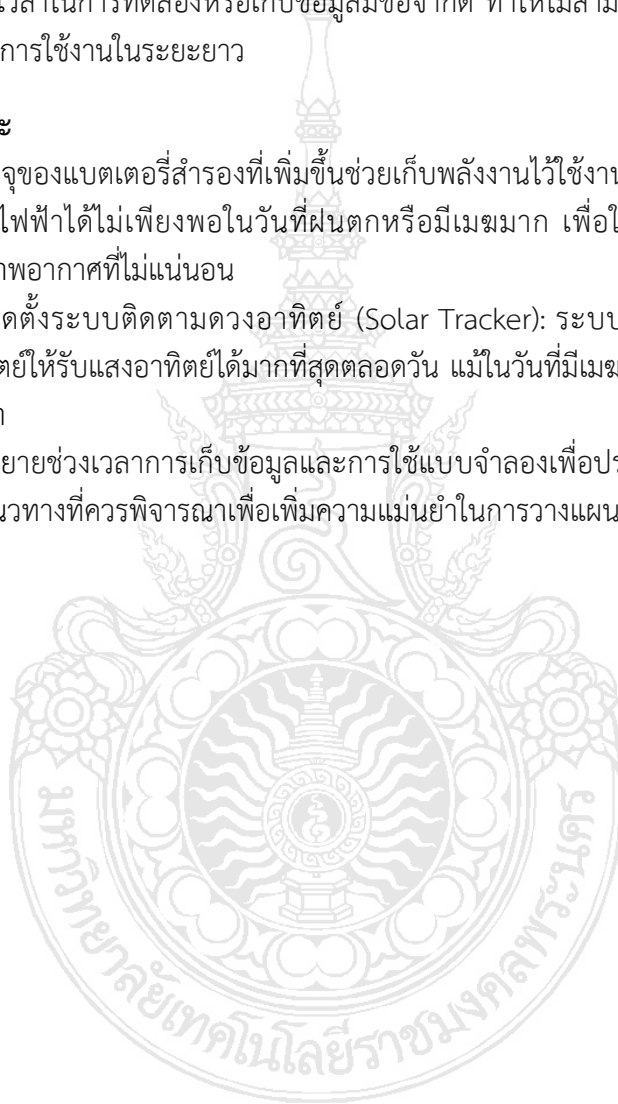
5.2.3 ระยะเวลาในการทดลองหรือเก็บข้อมูลมีข้อจำกัด ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดทั้งปี และไม่ครอบคลุมการใช้งานในระยะยาว

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ความจุของแบตเตอรี่สำรองที่เพิ่มขึ้นช่วยเก็บพลังงานไว้ใช้งานในช่วงเวลาที่แผงพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอในวันที่ฝนตกหรือมีเมฆมาก เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องแม้ในสภาพอากาศที่ไม่แน่นอน

5.4.2 การติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracker): ระบบนี้จะช่วยปรับมุมของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ให้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดวัน แม้ในวันที่มีเมฆมาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไฟฟ้า

5.4.3 การขยายช่วงเวลาการเก็บข้อมูลและการใช้แบบจำลองเพื่อประเมินการใช้งานตลอดทั้งปีในอนาคต เป็นแนวทางที่ควรพิจารณาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวางแผนระบบ



บรรณานุกรม

- [1] เอกชัย ปรีชากรรม ไอยศุรีย์ แสนแสง และ วสันต์ เชื้อพัฒนา (2555). จักรยานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. ปริญญานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- [2] สามารถ วงษ์ฤทธิ์ (2555) การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยโดยใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ/
- [3] Amir Ostadiand Mehrdad Kazerani (2019). Planning and Operation of Isolated Microgrids Based on Repurposed Electric Batteries. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS, Vol. 15 No. 7, July 2019. Pp. 4319-4331.
- [4] กฤษณัท สอนจันทร์ (2560). การออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชุมชน) สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [5] NextE, สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2025, จาก <https://www.nexte.co.th//28/08/2022ev-charger/>
- [6] Thai solar light. Battery ชนิดต่างๆ ในงานพลังงานแสงอาทิตย์, สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2566. จาก https://www.thaisolarlight.com/solar_article4.html
- [7] UAC, สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2025, จาก <https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/341/solar-energy>
- [8] Dsolar, สืบค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2025, จาก <https://th.dsolar.com/info/introduction-to-hybrid-solar-system-.36673562html>
- [9] Sunnergytech, สืบค้นเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2025, จาก <https://www.sunnergytech.com/>
- [10] ฉัตรตฤณ ทองแสง (2012) การหาขนาดที่เหมาะสมของแบตเตอรี่ในระบบการผลิต ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาถึงการแกว่งของกำลังไฟฟ้าและความถี่. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [11] EcoSoch. (n.d.). 50% Depth of Discharge for Lead Acid Battery. สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2025, จาก <https://www.ecosoch.com/>
- [12] Eco Tree Lithium. (n.d.). Eco Tree Lithium | The Lithium Battery Specialists. สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2025, จาก <https://ecotreelithium.co.uk/>

ประวัติผู้วิจัย



หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Lakkam
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4138
โทรสาร: 02-8363000 ต่อ 4138
E-mail: supachai.l@mutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Mechanical Engineering	The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2560	ไทย
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
 - เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
 - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน

- การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ศุภชัย หลีกคำ และ กุลยศ สุวันทโรจน์ (2567). การศึกษาอิทธิพลของความหนาและวัสดุคั่นกลางของกระเจกนิรภัยหลายชั้นสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในกรณีชนคนเดินเท้า. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 กค.-กย. 2567.

ณัฐกิตติ ฤทธิทอง, ศุภชัย หลีกคำ, กุลยศ, สุวันทโรจน์ และ สถาพร วันนาพอ. (2562). การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียของรถจักรยานดีเซลไฟฟ้าจากการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง. งานประชุมวิชาการระดับชาติ นนทรีอีสาน ครั้งที่ 7, สกลนคร, วันที่ 2562 พฤศจิกายน 30.

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2022). Reducing brake noise, vibration, and harshness by damping layer on a brake pad. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 44 (2). 550-555.

Lakkam, S., & Koetnuyom, S. (2020). Development of city-bus assessment in Thailand, Songklanakarin J. Sci. Technol. 42 (6), 1407-1413. (Nov. - Dec.)

Supachai Lakkam, Polrut Boonmee. A study of bending stress of thickening wall materials and energy absorption of square bar materials derived from natural materials, UTK RESEARCH JOURNAL Vol. 14 No. 1 (2020) January-June, 2020 pp. 40-51.

Lakkam, S., & Tempiam, A. (2020). Enhancement of the type rolling resistance testing machine. The International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 16-18. (Dec. 2020)

Lakkam, S., & Suwantaroj, K. (2018). A study of the injury mitigation of pedestrians based on head injury criterion using the lifted-up hood

technique . *Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well- Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th . 51-53.

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2018). Development of remote monitoring system of locomotive engine via cloud network for the state railway of Thailand .*Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th. 54-56.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -



ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายกุลยศ สุวันทโรจน์
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Kullayot Suwantaroj
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-8363000 ต่อ 4138
โทรสาร:02-8363000 ต่อ 4138
E- mail : kullayot.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับ ปริญญา	อักษร ย่อ ปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่ สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ	2546	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ	2541	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การเผาไหม้ขยะชุมชน

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร

การผลิตไบโอดีเซลชุมชน

สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ ในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ ข้อเสนอการวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- การพัฒนาระบบทดสอบและติดตามสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของรถจักรขณะทำขบวน
- การออกแบบงานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ศุภชัย หลีกคำ และ กุลยศ สุวันทโรจน์ (2567). การศึกษาอิทธิพลของความหนาและวัสดุคั่นกลางของกระจกนิรภัยหลายชั้นสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในกรณีชนคนเดินเท้า. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 กค.-กย. 2567.

ณัฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง, ศุภชัย หลีกคำ, กุลยศ, สุวันทโรจน์ และ สถาพร วันนาพอ. (2562). การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียของรถจักรดีเซลไฟฟ้าจากการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง. งานประชุมวิชาการระดับชาติ นนทรีอีสาน ครั้งที่ 7, สกลนคร, วันที่ 2562 พฤศจิกายน 30.

สิทธิเดช มั่งมี, คชาภัส อุดมศรี, ชนกฤต เขมสุขสราญ, อนันต์ เต็มเปี่ยม, พิเชษฐ์ บุญญาลัย, กุลยศ สุวันทโรจน์ และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย. (2562). การควบคุมเครื่องจัดเก็บชิ้นงานทรงกระบอกด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร พระนคร ครั้งที่.4, กรุงเทพฯ, 31 พฤษภาคม 2562.

ธวัชชัย ชาดิตานาน, สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ และ กุลยศ สุวันทโรจน์. (2561). การบูรณาการการมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตชุมชนตาม แนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงโครงการการคัดแยกเมล็ดถั่วเขียว. วารสารรับใช้สังคม มทรล้านนา ., 2(2), วันที่ 2561 ธันวาคม-กรกฎาคม 2.

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2022). Reducing brake noise, vibration, and harshness by damping layer on a brake pad. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 44 (2). 550-555.

Lakkam, S., & Suwantaroj, K. (2018). A study of the injury mitigation of pedestrians based on head injury criterion using the lifted-up hood technique . *Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well- Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th . 51-53.

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2018). Development of remote monitoring system of locomotive engine via cloud network for the state railway of Thailand .*Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well- Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th. 54-56.

งานวิจัยที่กำลังทำ : -

