# ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์

# Multi-purpose electrical energy storage system using solar energy


**พัทธดนย์ จันทร์มาก**

**ศุภกิตติ์ ศรีเกษม**

**สุทธิพงษ์ กูลจีรัง**


**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ปีการศึกษา 2565**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Multi-purpose electrical energy storage system using solar energy

PATHADON JANMAK

SUPAKIT SRIKASEM

SUTTIPHONG KULCHEERANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERRING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2022

**ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

.....

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์

Multi-purpose electrical energy storage system using solar energy


**นักศึกษาผู้จัดทำ** นายพัทธดนย์ จันทร์มาก **รหัสนักศึกษา** 64015098

นายศุภกิตติ์ ศรีเกษม **รหัสนักศึกษา** 64015140

นายสุทธิพงษ์ กูลจีรัง **รหัสนักศึกษา** 64015151


**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมการวัดคุม

**ปีการศึกษา** 2565

| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์ | |
| ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **หัวข้อปริญญานิพนธ์** | ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์ | | | |
| | Multi-purpose electrical energy storage system using solar energy | | | |
| **นักศึกษาผู้จัดทำ** | นายพัทธดนย์ | จันทร์มาก | รหัสนักศึกษา | 64015098 |
| | นายศุภกิตติ์ | ศรีเกษม | รหัสนักศึกษา | 64015140 |
| | นายสุทธิพงษ์ | กูลจีรัง | รหัสนักศึกษา | 64015151 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์ | | | |
| | อาจารย์ เจษฎา ชัยโฉม | | | |
| **ปีการศึกษา** | 2565 | | | |


## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการใช้งานอเนกประสงค์ เนื่องจากปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้นในการใช้งานทุกประเภท ดังนั้นโครงงานนี้จึงออกแบบและสร้างระบบกักเก็บและจัดการพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานฟรีจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งได้ทำการติดตั้งแผลโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells) มีพลังงาน 270 W แรงดันไฟฟ้า 38.5 V กระแส 9.08 A ในโครงการนี้ได้สร้าง ระบบกักเก็บและจัดการพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีโหลดเป็นหม้ออบลมร้อนขนาด 1,000 วัตต์ หรือโหลดที่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ จึงใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสต่อแบบอนุกรมเป็นตัวกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีแรงดัน 29.2 V 100 Ah พลังงาน 2920 Wh และมีตัวแปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ แรงดันขาเข้า 24VDC แปลงเป็น 220VAC กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3500 W กำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง 1500 W และมีการชาร์จแบตเตอรี่จากไฟฟ้ากระแสสลับ หรือไฟบ้านโดยจะทำการแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อให้ใช้งานกับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสได้โดยมีตัวอะแดปเตอร์ชาร์จเจอร์ เป็นตัวแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง จากการทดลองพบว่าระบบที่ออกแบบนี้สามารถใช้งานได้ดีเต็มประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบสถานะทางไฟฟ้าในขณะชาร์จประจุได้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Multi-purpose electrical energy storage system using solar energy |
| **Authors** | Mr. Patthadon Janmak<br>Mr. Supakit Srikasem<br>Mr. Suttiphong kulcheerang |
| **Thesis Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Taweepol Suesut<br>Asst. Prof. Dr. Jetsada Chaichom |
| **Year** | 2022 |


## ABSTRACT

This thesis presents an electrical energy storage system using solar cell for multi-purpose applications Now a day, solar energy is renewable energy that plays a more important role in all applications. Therefore, this project develops a system to store and manage electrical energy from solar cells for electrical appliance. The 1,500 watts electric hot air oven was used as a case study with monocrystalline (monocrystalline silicon solar cell) has power 270 W, voltage 38.5 V, current 9.08 A. In this project, Electrical energy storage system from solar cells consist of lithium ion phosphate battery 29.2 V 100 Ah, 2920 Wh, Inverter DC to AC, input voltage 24VDC converted to 220VAC maximum power 3500 W. The battery can be charged from AC electricity or home electricity by converting from alternating current to direct current for use with lithium ion phosphate batteries. From the experiment, it was found that this designed system can be used with maximum efficiency. It is also possible to check the electrical status while charging.




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำปรึกษาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์.ดร. ทวีพล ซื่อสัตย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. เจษฎา ชัยโฉม ที่คอยสนับสนุนด้านความรู้ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำและความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่จะลืมไม่ได้ คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งอันเป็นที่รักและเคารพอย่างยิ่งที่คอยสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อผู้อื่นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณแด่ผู้มีอุปการคุณทุกท่านที่คอยสนับสนุน

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อภาษาไทย** ..... II
**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** ..... III
**กิตติกรรมประกาศ** ..... IV
**สารบัญ** ..... V
**สารบัญตาราง** ..... IX
**สารบัญรูป** ..... X

**บทที่ 1 บทนำ** ..... 1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ ..... 1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ ..... 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา ..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 2

**บทที่ 2 ทฤษฎี** ..... 3
2.1 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium Li-ion) ..... 3
2.1.1 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ..... 4
2.1.2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ..... 5
2.1.3 ประเภทของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนที่มีใช้ในปัจจุบัน ..... 5
2.1.4 การดูแลรักษาแบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออนฟอสเฟส ..... 7
2.2 อุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อความเสียหายของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ..... 7
2.3 สาเหตุการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียม ..... 8
2.3.1 ปัจจัยภายใน ..... 8
2.3.2 ปัจจัยภายนอก ..... 8
2.4 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่(BMS : Battery Management System) ..... 9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


2.5 แผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) ..... 11
2.5.1 หลักการทำงาน ..... 12
2.5.2 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์ ..... 13
2.5.2.1 โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells) ..... 13
2.5.2.2 โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells) ..... 13
2.5.2.3 แผงโซล่าเซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) ..... 14
2.5.3 รูปแบบต่างๆของการนำโซล่าเซลล์ไปผลิตไฟฟ้าใช้งาน ..... 14
2.6 ชาร์จเจอร์ MPPT Solar Charge Controller ..... 18
2.7 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ..... 19
2.7.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ..... 19
2.7.2 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ..... 20
2.7.3 วิธีการเลือกอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ..... 20
2.8 การคำนวณค่าไฟฟ้า ..... 21
2.8.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราการใช้ไฟฟ้า ..... 21
2.8.2 การแบ่งประเภทการใช้ไฟฟ้า ..... 21
2.8.2.1 ประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย) ..... 21
2.8.2.2 ประเภทที่ 2 (กิจการขนาดเล็ก) ..... 21
2.8.2.3 ประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง) ..... 22
2.8.2.4 ประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่) ..... 22
2.8.2.5 ประเภทที่ 5 (กิจการเฉพาะอย่าง) ..... 22
2.8.2.6 ประเภทที่ 6 (องค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร) ..... 22
2.8.2.7 ประเภทที่ 7 (สูบน้ำเพื่อการเกษตร) ..... 23
2.8.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า ..... 23
2.8.3.1 ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน ..... 23
2.8.3.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) ..... 23
2.8.3.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% (Vat) ..... 24




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


2.9 ข้อมูลเกี่ยวกับ Internet of Things ..... 24

2.10 ข้อมูลเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ ..... 26

2.10.1 ข้อมูลเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ (Hardware) ..... 26

2.10.1.1 บอร์ดอาดูโน ไวไฟ (Arduino WiFi) ..... 26

2.11 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ..... 26

2.11.1 High Voltage DC-DC Step down 5-60Volt to 1.25-30V 3A ..... 26

2.11.2 Circuit Breaker DC 12-100Volt 2P 10A ..... 27

2.11.3 Adapter Charger Battery LifePo4 220Volt to 24Volt AC to DC 5A ..... 27

2.11.4 หน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 28

**บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน ..... 29**

3.1 การออกแบบโครงสร้างและระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ..... 29

3.1.1 ออกแบบโครงสร้างและระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ..... 29

3.1.2 การเลือกใช้งานแบตเตอรี่สำหรับระบบ Solar cell ..... 29

3.1.2.1 การเลือกใช้งานแบตเตอรี่ ..... 29

3.1.2.2 การคำนวณออกแบบแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ..... 30

3.1.3 การต่อวงจร (BMS : Battery Management System) ..... 31

3.1.4 การคำนวณการออกแบบแผงโซล่าเซลล์เพื่อนำไปใช้ในระบบกักเก็บพลังงาน ..... 32

3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบการอัดประจุพลังงานไฟฟ้า ..... 35

3.2.1 โวลต์ & แอมป์มิเตอร์ ..... 36

3.2.2 Adapter Charger Battery LifePo4 220Volt to 24Volt AC to DC 5A ..... 36

3.2.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ..... 36

3.2.3.1 อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูล ..... 37

3.3 การแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 38




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


3.3.1 การตั้งค่าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 39

**บทที่ 4 ผลการทดลอง ..... 41**

4.1 กล่าวนำ ..... 41

4.2 การทดลองการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน ..... 41

4.2.1 ผลการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน ..... 41

4.2.2 ผลการทดลองจับเวลาการชาร์จประจุของระบบการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน ..... 42

4.3 การทดลองระบบกักเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์ ..... 44

4.3.1 ผลการทดลองการให้พลังงานของระบบกักเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์ ..... 44

4.4 การทดลองระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟส ..... 52

4.4.1 การทดลองที่ 1 ..... 53

4.4.2 การทดลองที่ 2 ..... 55

4.4.3 การทดลองที่ 3 ..... 56

**บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ ..... 59**

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน ..... 59

5.1.1 ปัญหาที่พบ ..... 60

5.1.2 แนวทางการแก้ปัญหา ..... 60

5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 60

**บรรณานุกรม ..... 62**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ..... 63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


2.1 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและบวก และการใช้งาน ..... 6

4.1 การทดลองการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน..... 41

4.2 การทดลองจับเวลาการชาร์จโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้าในการวัดแรงดัน..... 42

4.3 การทดลองวัดแรงดันโดยใช้หน้าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ (V) ..... 43

4.4 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 12.00 น..... 44

4.5 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 13.00 น..... 45

4.6 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 14.00 น..... 46

4.7 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 15.00 น..... 46

4.8 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 16.00 น..... 47

4.9 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 12.00 น..... 47

4.10 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 13.00 น..... 48

4.11 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 14.00 น..... 48

4.12 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 15.00 น..... 49

4.13 การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 16.00 น..... 49

4.14 ค่าเฉลี่ยของระบบกักเก็บพลังงานที่ได้จากระบบโซล่าเซลล์..... 50

4.15 การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง
โดยไม่มีอาหารเป็นภาระโหลด ..... 53

4.16 การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง
โดยมีอาหารเป็นภาระโหลด ..... 55

4.17 การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีอาหารเป็นภาระ
โหลดและทำการอัดประจุต่อเนื่องตลอดการใช้งาน..... 56




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**


2.1 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium Li-ion ) ..... 3

2.2 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ..... 4

2.3 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ..... 5

2.4 แสดงลำดับเหตุการณ์ต่างๆ ตามอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความร้อนต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับ ..... 8

2.5 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน ..... 10

2.6 แผงโซล่าเซลล์ ..... 11

2.7 การทำงานของโซล่าเซลล์ ..... 12

2.8 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์ ..... 13

2.9 โมโนคริสตัลไลน์(Monocrystalline Silicon Solar Cells) ..... 13

2.10 โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells) ..... 14

2.11 แผงโซล่าเซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) ..... 14

2.12 วิธีการการติดตั้ง เพื่อลดค่าไฟฟ้า ..... 15

2.13 วิธีการนำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ มาชาร์จเข้าแบตเตอรี่ ..... 16

2.14 แผงโซล่าเซลล์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ..... 17

2.15 I-V Curve เส้นสีฟ้า และ MPPT Charge เส้นสีส้ม ..... 18

2.16 ST-H1220 ..... 19

2.17 การทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ..... 19

2.18 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ..... 20

2.19 ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1 ..... 23

2.20 ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าผันแปรจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1 ..... 24

2.21 ประยุกต์ Internet of Thing ..... 25

2.22 Arduino WIFI ..... 26

2.23 High Voltage DC-DC Step down 5-60Volt to 1.25-30V 3A ..... 27

2.24 Circuit Breaker DC 12-100Volt 2P 10A ..... 27

2.25 Adapter Charger Battery LifePo4 220Volt to 24Volt AC to DC 5A ..... 28




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**


2.26 หน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 28

3.1 โครงสร้างการออกแบบระบบไฟฟ้า ..... 29

3.2 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟส ..... 30

3.3 วงจร Battery Management System ..... 31

3.4 การติดตั้ง BMS เข้ากับโมดูลแบตเตอรี่ ..... 32

3.5 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด ..... 34

3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบกักเก็บและจัดการพลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ..... 35

3.7 ตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ..... 36

3.8 การจัดวางอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูล ..... 37

3.9 หน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 38

3.10 ติดตั้งตำแหน่งจอและต่อเข้ากับแบตเตอรี่ ..... 39

3.11 การตั้งค่าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 39

**3.**12 การตั้งค่าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 40

3.13 การตั้งค่าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 40

3.14 การตั้งค่าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ..... 40

4.1 หม้ออบลมร้อนโดยไม่มีอาหารเข้าไปอบ ..... 52

4.2 หม้ออบลมร้อนโดยมีอาหารเข้าไปอบ ..... 52

4.3 หม้ออบลมร้อนโดยมีอาหารเข้าไปอบและทำการอัดประจุจากโซล่าเซลล์ต่อเนื่องตลอดการใช้งาน ..... 57

4.4 หน้าจอแสดงผลขณะใช้งาน ..... 58

4.5 การทดลองมีอาหารในหม้ออบลมร้อน ..... 58




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ เริ่มมีบทบาทมากขึ้นพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานอีกอย่างหนึ่งที่มนุษย์ให้ความสนใจ หลายๆองค์กรบริษัทได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของพลังงานสะอาดและเลือกมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน เนื่องจากพลังงานดังกล่าวเป็นพลังงานที่ได้เปล่ามีจำนวนไม่จำกัดและปราศจากมลภาวะ การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์สามารถลดต้นทุนในทางการค้า และผลที่ได้นอกเหนือจากการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมนุษย์แล้วยังมีข้อดีได้เปรียบกว่าหม้อทอดน้ำมันทั่วไปด้านการประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมันในการทอดอาหารซึ่งมีราคาสูงและมีความไม่แน่นอนในเรื่องของราคาเนื่องจากมีปัจจัยที่หลากหลายต่อราคาน้ำมันทอดอาหาร

ผู้จัดทำได้ศึกษาเกี่ยวกับแบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟตและโซล่าเซลล์ จึงได้มีแนวคิดที่จะจัดทำชุดระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และยังสามารถนำไปพัฒนาเพื่อทำประกอบอาชีพได้ โครงงานระบบกักเก็บและจัดการพลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทำงานโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยใช้โซล่าเซลล์มาแปลงจากพลังงานความร้อนมาเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วอัดประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่สามารถทำงานได้ทั้งเวลากลางวันและเวลากลางคืน โดยแบตเตอรี่จะเป็นพลังงานไฟฟ้าให้กับเตาอบลมร้อนหรือโหลดที่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อสร้างระบบกักเก็บและจัดการพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ช่วยลดมลพิษจากสิ่งแวดล้อม

1.2.2 เพื่อศึกษาหลักการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซล่าเซลล์

1.2.3 เพื่อศึกษาหลักการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 สร้างระบบกักเก็บและจัดการพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.3.2 สร้างระบบกักเก็บและจัดการพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถทำงานได้ทั้งวัน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่อัดประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่และสามารถอัดประจุไฟฟ้าได้จากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ได้

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพการใช้งานของแบตเตอรี่

1.4.2 ศึกษาหลักการทำงานระบบโซล่าเซลล์และระบบอัดประจุไฟฟ้า

1.4.3 ออกแบบและคำนวณระบบโซล่าเซลล์ที่ต้องการ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อให้พื้นที่ที่ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึงได้มีไฟฟ้าได้ใช้งาน

1.5.2 เพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีอย่างจำกัดและนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.5.3 เพื่อลดปัญหาทางด้านมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium Li-ion)

เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานสูงมีน้ำหนักเบาเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ในการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมีความปลอดภัยอีกด้วยเนื่องมาจากแบตเตอรี่ชนิดนี้มีวงจรป้องกัน ในการจำกัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในขณะอัดประจุไฟฟ้าและคายประจุไฟฟ้า โดยวงจรป้องกันจะจำกัดแค่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเซลล์ขณะอัดประจุไฟฟ้าและป้องกันไม่ให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำเกินไปขณะคายประจุไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบอุณหภูมิของเซลล์แบตเตอรี่ไม่ให้สูงเกินไปอีกด้วย คุณสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือมีความหนาแน่นของพลังงานสูงเป็นแบตเตอรี่ที่มีการดูแลรักษาต่ำ ไม่มีเมมโมรี่เอฟเฟค นอกจากนี้ยังมีผลของการคายประจุด้วยตนเองต่ำอีกด้วย

สาเหตุการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมนั้นได้แก่ การใช้งานแบตเตอรี่จนถึงจำนวนไซเคิลที่แบตเตอรี่จะเริ่มเสื่อมสภาพเองตามปกติ หรือแบตเตอรี่จะเริ่มเสื่อมสภาพเองเมื่อถึงเวลาที่แบตเตอรี่เสื่อม โดยเวลาที่ว่าเป็นเวลาที่นับตั้งแต่การผลิต ไม่ใช่เวลาในการใช้งานนอกจากนี้อุณหภูมิของแบตเตอรี่ก็ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ถ้าแบตเตอรี่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงก็จะส่งผลให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติได้

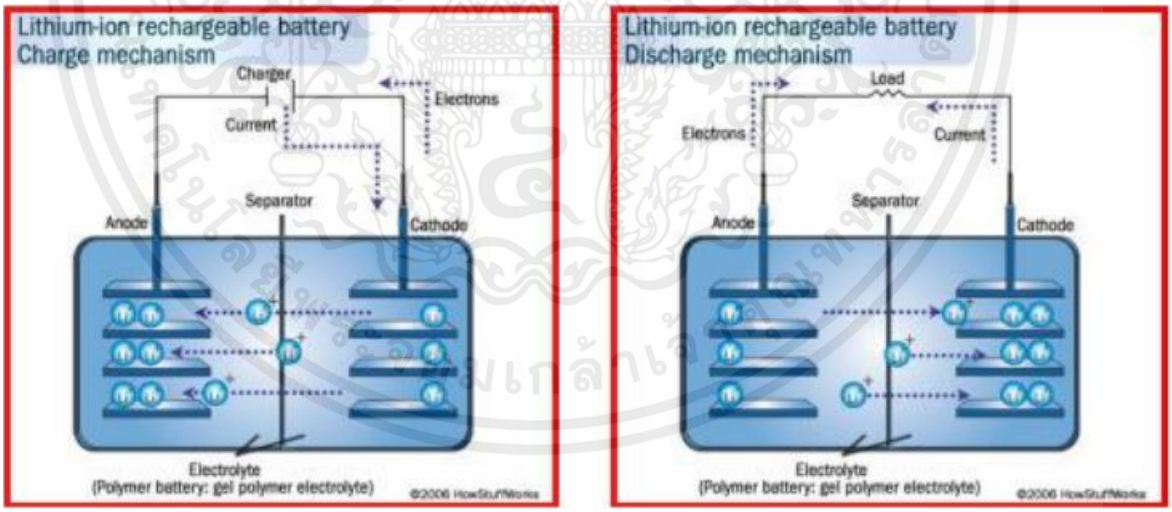
**รูปที่ 2.1** แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium Li-ion )

**ที่มา :** https://www.blog.bru.ac.th [online]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนทำงานโดยอาศัยหลักการทางไฟฟ้าเคมี โดยขณะที่ประจุไฟ พลังงานไฟฟ้าที่เราประจุไฟเข้าไปทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ ซึ่งจะบังคับให้ลิเธียมไอออนไหลออกจากโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทดแล้วไหลผ่านอิเล็กโทรไลต์แล้วผ่านตัวแยกและเข้าไปสอดตัว (สลับกัน) อยู่ในโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนด ผลของปฏิกิริยานี้จะทำให้วัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทด และวัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนดเช่น C, Sn, Si อยู่ในสภาวะไม่เสถียร ส่วนในขณะที่ใช้งาน (คายประจุ) ปฏิกิริยาเคมีในแบตเตอรี่จะสามารถเกิดขึ้นได้เอง(ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเอง) กล่าวคือ ลิเธียมไอออนที่ไหลออกจากโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทด และไปแทรกตัวอยู่ที่ขั้วแอโนดนั้น จะไหลออกจากโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนดและเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทดตามเดิม ทำให้ระบบมีสภาพเสถียรอีกครั้งพร้อมกับให้อิเล็กตรอนผ่านวงจรไฟฟ้า (โดยที่อิเล็กตรอนจะไหลผ่านโลหะ) และให้พลังงานไฟฟ้าออกมา เมื่อใดก็ตามที่ลิเธียมไอออนให้กลับไปที่เดิมหมด ปฏิกิริยาก็จะสิ้นสุดหรือถ่านหมดนั่นเองหากต้องการนำแบตเตอรี่ไปใช้ใหม่อีกต้องประจุไฟอีกครั้ง และเกิดเป็นเช่นนี้ต่อเนื่องไปจนกว่าแบตเตอรี่จะหมดสภาพและอายุการใช้งาน




**รูปที่ 2.2** หลักการทำงานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

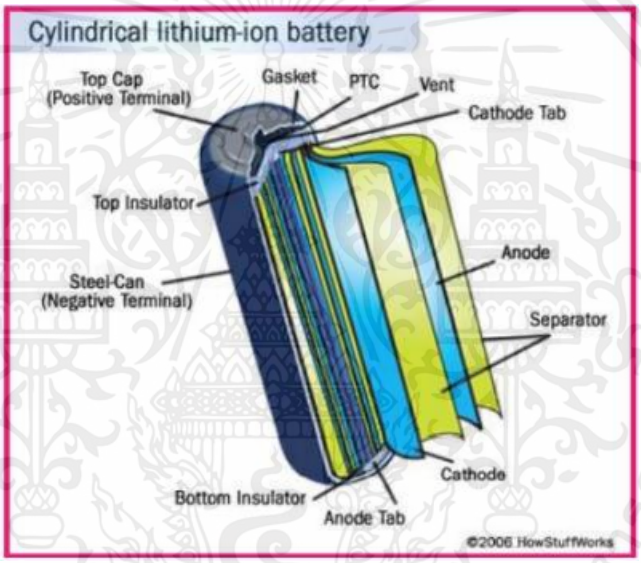
**ที่มา :** https://www.blog.bru.ac.th [online]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน**

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

1. ขั้วไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วแคโทด (Cathode) และขั้วแอโนด (Anode)
2. Separator เป็นส่วนที่ป้องกันไม่ให้ขั้วแคโทดสัมผัสกับขั้วแอโนด จนเกิดการลัดวงจร
3. อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นสารละลายเกลือของลิเธียมซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ยอมให้ไอออนไหลผ่านแต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่าน จึงเป็นตัวนำไอออนิกที่ดี
4. Current collector เป็นส่วนโลหะตัวนำที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจรภายนอกและเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้




**รูปที่ 2.3** ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

**ที่มา :** https://www.blog.bru.ac.th [online]

**2.1.3 ประเภทของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนที่มีใช้ในปัจจุบัน**

มี 6 ประเภทหลัก โดยทั่วไปจะแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วบวก ส่วนขั้วลบทำจากแกรไฟต์เป็นหลัก แต่จะมีประเภท LTO (Lithium Titanate) ที่แตกต่างออกไปคือ มีขั้วลบเป็นลิเทียมไททาเนต ทั้งนี้เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานที่แตกต่างกันไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและบวก และการใช้งาน

| ประเภทที่ | วัสดุขั้วบวก | วัสดุขั้วลบ | การใช้งาน |
|---|---|---|---|
| 1. | Lithium Cobalt Oxide (LCO) | แกรไฟต์ | โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต แล็ปท็อป กล้องดิจิทัล |
| 2. | Lithium Manganese Oxide (LMO) | แกรไฟต์ | เครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังใน ยานพาหนะไฟฟ้า |
| 3. | Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC,NCM) | แกรไฟต์ | จักรยานไฟฟ้า อุปกรณ์ การแพทย์ ระบบส่งกำลังใน ยานพาหนะไฟฟ้า (มักใช้ใน รถไฮบริด) ระบบสำรอง ไฟฟ้า |
| 4. | Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA) | แกรไฟต์ | อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่ง กำลังใน ยานพาหนะไฟฟ้า ระบบสำรองไฟฟ้า |
| 5. | Lithium Iron Phosphate | แกรไฟต์ | ระบบส่งกำลังใน ยานพาหนะไฟฟ้า หรือแทน แบตเตอรี่กรดตะกั่วใน รถยนต์ (Start Lighting-Ignition battery) ระบบที่ ต้องการกระแสและความ ทนทานสูง |
| 6. | แกรไฟต์ หรือ LMO | Lithium Titanate | ระบบสำรองไฟฟ้า ระบบส่ง กำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (Mitsubishi i-MiEV,Honda Fit EV) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4 การดูแลรักษาแบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออนฟอสเฟส**

1. เก็บแบตเตอรี่ หรืออุปกรณ์ที่ใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้ให้อยู่ภายในอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม หลีกเลี่ยงการชาร์จไฟภายใต้อุณหภูมิที่สูง (เพราะจะยิ่งทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้น)

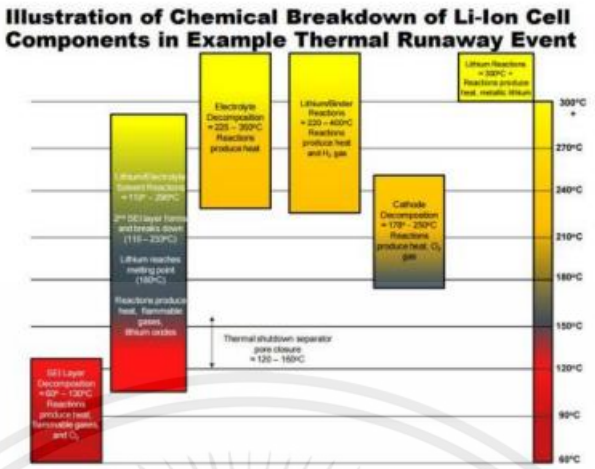
2. อย่าใช้งานจนแบตเตอรี่หมดเกลี้ยง หรือใกล้หมดสุดๆ ควรหมั่นชาร์จให้มีไฟเลี้ยงตัวแบตเตอรี่อยู่บ่อยๆ เพราะการชาร์จไฟบ่อยๆ ไม่ได้มีผลต่อการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่

3. ใช้อุปกรณ์ชาร์จไฟที่ได้มาตรฐาน มีการจ่ายไฟเข้าแบตเตอรี่ที่นิ่ง และคงที่ ไม่ควรชาร์จไฟในรถบ่อยๆ เพราะไฟในรถไม่ค่อยนิ่งเท่าไหร่นัก

## 2.2 อุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อความเสียหายของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะมีความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้โลหะลิเธียมเป็นขั้วแต่บางครั้งก็อาจมีอันตรายได้เช่นกัน แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนอาจเกิดความร้อนสูงได้จากหลายสาเหตุ เช่น การกักเก็บหรือใช้งานแบตเตอรี่ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง การที่แบตเตอรี่ได้รับแรงกระแทกหรือถูกของมีคมเจาะจนทำให้ได้รับความเสียหาย อาจเกิดขึ้นได้ทั้งระหว่างการขนส่งและการใช้งาน หรือแบตเตอรี่อาจมีตำหนิจากขั้นตอนการผลิต เช่น เยื่อเลือกผ่านมีการฉีกขาด หรือมีโลหะปนเปื้อน ทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรจากภายในแบตเตอรี่ นอกจากนี้ ไม่ว่าจะเป็นการอัดหรือคายประจุแบตเตอรี่โดยปกติก็เกิดความร้อนอยู่แล้ว แต่หากแบตเตอรี่หรือเครื่องประจุแบตเตอรี่ มีความผิดปกติก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไฟไหม้ได้ คือ การที่แบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุเกินกว่าที่รับได้ ซึ่งอาจเกิดในกรณีเช่นเครื่องประจุแบตเตอรี่มีความบกพร่องทำให้ไม่หยุดการอัดประจุแม้ว่าแบตเตอรี่จะเต็มแล้ว หรือแบตเตอรี่เสื่อมสภาพทำให้รับประจุได้น้อยลง สาเหตุอีกประการคือการใช้งานแบตเตอรี่อย่างหนัก เช่น การอัดหรือคายประจุด้วยกระแส สูงเป็นเวลานาน นอกจากนี้อุณหภูมิของแบตเตอรี่ก็ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ถ้าแบตเตอรี่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงก็จะส่งผลให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ ก็ยิ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ได้สูง หากแบตเตอรี่มีอุณหภูมิภายในถึง 60°C จะเริ่มมีความร้อนสูงขึ้นที่ขั้วลบและสารละลายอิเล็กโทรไลต์มีปฏิกิริยาข้างเคียงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สต่างๆ ที่อาจติดไฟได้และเกิดความร้อนขึ้นด้วยส่งผลให้เกิด ปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่อง จนในที่สุดอาจเกิดไฟลุกไหม้ หรือระเบิดได้ เหตุการณ์ดังกล่าวเรียกว่าการเกิดความร้อน ต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับในบางกรณีอุณหภูมิอาจเพิ่มสูงถึง 900°C ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่2.4** แสดงลำดับเหตุการณ์ต่างๆ ตามอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความร้อนต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับ

**ที่มา :** https://www2.mtec.or.th [online]

## 2.3 สาเหตุการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียม

การเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ลิเธียมจะแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ

### 2.3.1 ปัจจัยภายใน

เกิดจากความผิดพลาดในขั้นตอนการผลิต เช่น เยื่อเลือกผ่านมีการฉีกขาด , มีโลหะปนเปื้อนหรือขั้วบวกกับขั้วลบอยู่ใกล้กันเกินไป จึงทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในแบตเตอรี่ โดยเริ่มจาก 1 เซลล์ก่อน และลุกลามปะทุหลายๆเซลล์ จนเกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้

### 2.3.2 ปัจจัยภายนอก

1) การกักเก็บหรือการใช้งานแบตเตอรี่ในสถานที่ที่อุณหภูมิสูง

2) การที่แบตเตอรี่ได้รับแรงกระแทกหรือถูกของมีคมเจาะจนได้รับความเสียหาย อาจเกิดขึ้นได้ทั้ง ระหว่างการขนส่งและการใช้งาน

3) การใช้งานแบตเตอรี่ เช่น การอัดประจุเกินกว่าที่รับได้ (overcharge) , การชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้าสูงๆ หรือการลัดวงจรของแบตเตอรี่ลิเธียม

4) การประกอบแบตเตอรี่ มีการอัดเซลล์แน่นเกินไปไม่มีการไหลเวียน หรือการถ่ายเทความร้อนออกจึงทำให้เกิดความร้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (BMS : Battery Management System)

ในการใช้งานแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย จำเป็นต้องอาศัยการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ โดยอุปกรณ์หนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการพลังงาน เรียกว่า "ระบบ บริหารจัดการแบตเตอรี่ หรือ Battery Management System (BMS)" ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีหน้าที่ในการจัดการ ให้มีการใช้พลังงานที่กักเก็บภายในแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและลดความเสี่ยงที่แบตเตอรี่จะเกิดความ เสียหายจากการใช้งานให้มากที่สุดผ่านกระบวนการตรวจสอบและควบคุมกระบวนการอัดและคายประจุของ แบตเตอรี่ ทั้งนี้กระบวนการตรวจสอบและควบคุมการใช้งานแบตเตอรี่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยป้องกันไม่ให้เกิดการอัดประจุมากเกินไปเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่
2) ตรวจสอบการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่โดย ตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมด
3) ตรวจสอบค่า SOC ของแบตเตอรี่เพื่อควบคุมการอัดและจ่ายประจุไฟฟ้า

ให้กำลังไฟฟ้าโดยใช้แรงดันต่ำสุด ผ่านอุปกรณ์แปลงผันพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อยืดอายุการใช้งาน ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า จะมีความซับซ้อนมากกว่าระบบเดียวกัน ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามีจำนวนเซลล์แบตเตอรี่ มากกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้า อื่น 1 มาก อีกทั้งแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าจะถูกใช้งานที่สภาวะกระแสและ แรงดันสูงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้กำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการขับเคลื่อน ดังนั้นระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ จะต้องมีหน้าที่หลัก 3 ส่วน ได้แก่

Cell monitoring คือการแสดงผลค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ เช่น แรงดัน อุณหภูมิ และ State of Charge (SOC) เป็นต้น

Cell protection คือการตัดการทำงานของแบตเตอรี่ เมื่ออยู่ในสภาวะอันตราย เช่น แรงดันเกิน (Over voltage) กระแสเกิน (Over-current) อุณหภูมิสูงเกิน (Over-temperature) และ แรงดันต่ำ (Undervoltage) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

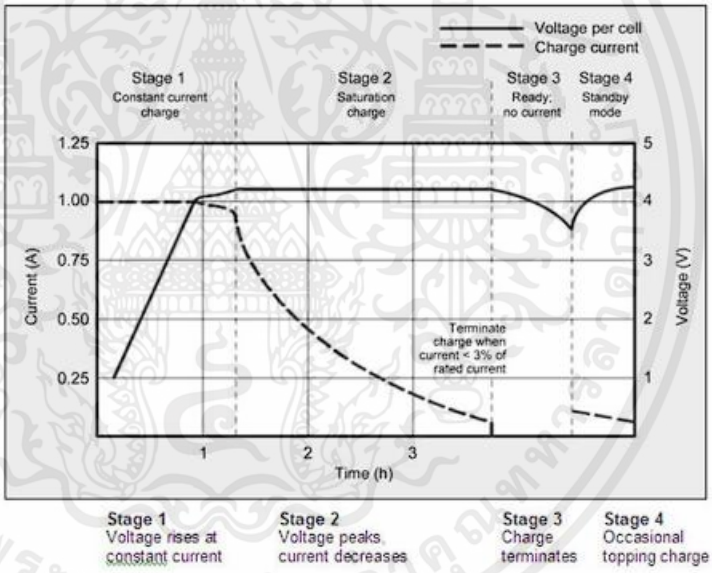
บาลานซ์เซลล์ คือการปรับให้เซลล์แต่ละเซลล์มีพลังงานเท่าๆ กันระหว่างการอัดและคายประจุไฟฟ้า ในการใช้งานแบตเตอรี่ประเภทลิเธียมไอออน ซึ่งเป็นประเภทแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยานยนต์ ไฟฟ้าจะต้อง มีการอัดประจุไฟฟ้าตามวัฏจักร ซึ่งแบ่งการอัดประจุไฟฟ้าออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 Constant current charge คือ การอัดประจุไฟฟ้าด้วยกระแสคงที่จนกว่าแรงดันจะเข้าสู่ค่าที่กำหนด

ระยะที่ 2 Saturation charge เมื่อแรงดันเข้าสู่ค่าที่กำหนด แรงดันจะคงที่จนกระทั่งอัดประจุได้ เต็มในขณะเดียวกันนั้นกระแสจะลดลงไปเรื่อย ๆ

ระยะที่ 3 Ready; no current เมื่ออัดประจุจนเต็มแล้วกระบวนการอัดประจุจะหยุดลง

ระยะที่ 4 Standby mode เมื่ออัดประจุเรียบร้อยแล้วและแบตเตอรี่ยังไม่ได้ถูกใช้งาน แรงดันจะลดลง จึงมีระยะนี้ไว้เพื่ออัดประจุกลับไปให้เต็มอีกครั้ง




**รูปที่ 2.5** ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออน

**ที่มา :** https://www.aec-engineer.com/post/charging-li-ion

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น และผลสถานะของแบตเตอรี่ (Cell monitoring) โดยอ่านค่าแรงดันของแต่ละเซลล์และอ่านอุณหภูมิของแบตเตอรี่ก่อนส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลให้ผู้ ขับขี่ต่อไป สำหรับขั้นตอน การปรับสมดุลของแต่ละเซลล์ (Cell balancing) จะเริ่มจากบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจสอบค่าแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์และเมื่อต้องการที่จะปรับความสมดุลของแต่ละเซลล์ จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบว่าเซลล์ใดที่มีคำแรงดันมากกว่าเซลล์อื่น และเซลล์นั้นจะถูกปรับ ลดแรงดันลงให้มีค่าแรงดันเท่าเซลล์อื่น 1 และสำหรับ หน้าที่การป้องกันความเสียหายของเซลล์แบตเตอรี่ (Cell protecting ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะอ่านค่ แรงดันของแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อค่าแรงดันของ แบตเตอรี่ที่อ่านได้มีค่าต่ำเกินกว่ากำหนด หรืออุณหภูมิที่วัดได้สูงเกินกว่ากำหนด จะมีสัญญาณเตือนดังขึ้น และหากในขณะที่อัดประจุไฟฟ้า ถ้าแบตเตอรี่เกิดการอัดประจุเกิน ระบบบริหารจัดการ แบตเตอรี่จะส่งสัญญาณไปที่สวิตช์รีเลย์เพื่อตัดวงจรการอัดประจุให้หยุดทำงาน โดยสรุป ระบบบริหาร จัดการแบตเตอรี่มีความสำคัญต่อการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและ ปลอดภัย เนื่องจาก ระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของเซลล์แบตเตอรี่ ปรับความสมดุลของเซลล์แต่ ละเซลล์ และตัดการทำงานของแบตเตอรี่หากตรวจพบการทำงานที่ผิดปกติ

## 2.5 แผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell)

มีหลายรูปแบบและหลายลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากโซล่าเซลล์นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้ง สามารถเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานภายหลังได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาดและไม่สร้างมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อมและไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Co2) เหมือนกับ แหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น น้ำมัน, โรงไฟฟ้าที่มีกระบวนการผลิตจากก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน โซล่าเซลล์เป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดไปซึ่งหลังการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เรียบร้อยแล้วจะสามารถใช้ได้ เหมือนไฟฟ้าแบบปกติทั่วไป เช่น ใช้สำหรับใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้านได้ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น ใช้กับเครื่องปรับอากาศ แอร์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า ใช้กับคอมพิวเตอร์ ชาร์จรถยนต์ เครื่องเสียง และอื่น ๆ อีกมากมาย

**รูปที่ 2.6** แผงโซล่าเซลล์

**ที่มา :** https://www.gump.in.th/uploaded_files/img/solarcell/hybrid_system.jpg

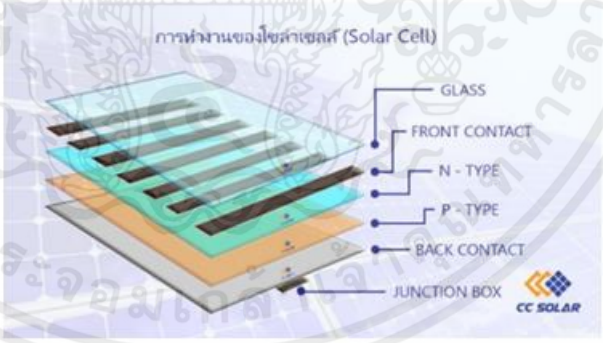
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.1 หลักการทำงาน**

การทำงานของโซล่าเซลล์เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็น พลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานไปกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะ เกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำซึ่ง สามารถนำกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้หลักการทำงาน คือ เมื่อมี แสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน และโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ขึ้นโดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนไหวไปรวมตัวกันที่ ระดับชั้นบนสุด(Front Electrode) และโฮลจะเคลื่อนไหว ไปรวมตัวกันที่ระดับชั้นล่างสุด (Back Electrode) และเมื่อมีการเชื่อมต่อระบบวงจรไฟฟ้าจากระดับชั้นบนสุด (Front Electrode) และระดับชั้นล่างสุด (Back Electrode) ให้ครบวงจร จะเกิดเป็นกระแสไฟฟ้า ขึ้นให้สามารถนำไปใช้งานได้โดยส่วนประกอบตามรูปที่ 2.9 ของสารกึ่งตัวนำทั้งสองประกอบไปด้วย

1. N-Type คือแผ่นซิลิคอน ที่ผ่านกระบวนการ โดปปิ้ง (Doping) ด้วยสารฟอสฟอรัส ทำให้มีคุณสมบัติเป็น ตัวส่งอิเล็กตรอน เมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์

2. P-Type คือแผ่นซิลิคอน ที่ผ่านกระบวนการ โดปปิ้ง (Doping) ด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) โดยเมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ จะมีคุณสมบัติเป็นตัวรับอิเล็กตรอน




**รูปที่ 2.7** การทำงานของโซล่าเซลล์

**ที่มา :** https://naihuou.com/och-laa-echll-mii-aair-baang/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์**

แผงโซล่าเซลล์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังรูปที่ 2.8

**รูปที่ 2.8** ชนิดของแผงโซล่าเซลล์

**ที่มา :** https://www.klcbright.com/image/solarpanels2.webp

2.5.2.1 โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells)

ทำจากผลึกซิลิคอนเชิงเดี่ยว (mono-Si) หรือบางทีเรียกว่า single crystalline (single-Si) วิธีสังเกตง่าย ๆ คือ แต่ละเซลล์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมตัดมุมทั้งสี่มุมและมีสีเข้ม

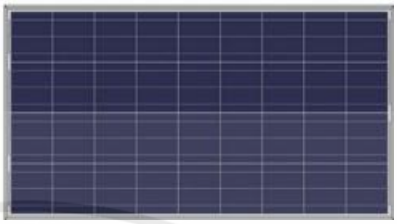
**รูปที่ 2.9** โมโนคริสตัลไลน์(Monocrystalline Silicon Solar Cells)

**ที่มา :** https://mmcsolarfarm.com/topic-5-view.html

2.5.2.2 โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells) แสดงดังรูปที่ 2.9 ทำจาก ผลึกซิลิคอน โดยทั่วไปเรียกว่า โพลีคริสตัลไลน์ (polycrystalline, p-Si) แต่บางครั้ง เรียกว่ามัลติ-คริสตัลไลน์ (multi-crystalline-Si) โดยในกระบวนการผลิต สามารถที่จะ นำเอาซิลิคอนเหลวมาเทใส่

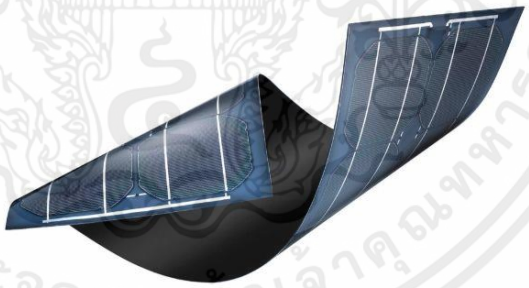
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมลด์ที่เป็นสี่เหลี่ยมก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นบางอีกครั้งจึง ทำให้เซลล์แต่ละเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ไม่มีการตัดมุมสีของแผงจะออกน้ำเงินไม่เข้มมาก



**รูปที่ 2.10** โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)
**ที่มา :** https://www.gump.in.th/solarcell/140W_POLY.jpg

2.5.2.3 แผงโซล่าเซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) คือการนำสารที่สามารถแปลงพลังงานจากแสงเป็นกระแสไฟฟ้า มาฉาบเป็นชั้นฟิล์มบาง ๆ ซ้อน กันหลาย ๆ ชั้น จึงเรียกโซล่าเซลล์ชนิดนี้ว่า ฟิล์มบาง (thin film) แผ่นชนิดนี้มี ประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 7-13% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นฟิล์มฉาบ แต่สำหรับบ้านเรือนโดยทั่วไปแล้ว มีเพียงประมาณ 5% เท่านั้นที่ใช้งานแผงชนิดนี้



**รูปที่ 2.11** แผงโซล่าเซลล์ชนิด ฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)
**ที่มา :** https://www.gump.in.th/solarcell/140W_thinfilm.jpg

**2.5.3 รูปแบบต่างๆของการนำโซล่าเซลล์ไปผลิตไฟฟ้าใช้งาน**

1. ระบบออนกริด (On Grid) หรือแบบเชื่อมต่ออิงกับระบบไฟของการไฟฟ้า คือการ ผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ โดยการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ จากนั้นเชื่อมระบบเข้ากับการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งข้อดีคือ สามารถนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขาย ให้กับการไฟฟ้า (ตามโครงการขายไฟให้การไฟฟ้า) หรือนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานเองเพื่อ ลดค่าไฟ หากไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ หรือปริมาณที่ผลิตได้ไม่เพียงพอจะนำ ไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้ามาใช้งานทดแทน หรือชดเชยทันที วิธีการการติดตั้งเพื่อลดค่าไฟฟ้า โดยเมื่อมีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตเองจาก โซล่าเซลล์ ตัวอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์แบบกริดไทด์ (Grid Tie Inverter) ที่เชื่อมต่อกับ ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า จะทำหน้าที่ดึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาใช้งานโดยอัตโนมัติ ดังนั้นจะทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงได้และไม่มีข้อจำกัดเรื่องกำลังไฟไม่พอ เพราะดึง จากการไฟฟ้ามาชดเชย แต่การติดตั้งแบบนี้ต้องได้รับการอนุญาตจากการไฟฟ้าก่อน แต่ข้อเสียของระบบนี้คือช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือช่วงเวลากลางคืนจะไม่มีการผลิต กระแสไฟฟ้าออกมา ซึ่งช่วงนี้จะต้องดึงพลังงานไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ข้อดี/ข้อเสีย ออนกริด ( On Grid ) หรือ แบบเชื่อมต่ออิงกับระบบไฟการไฟฟ้า ข้อดี สามารถลดค่าไฟฟ้า หรือไม่มีค่าไฟฟ้า หากใช้แผงโซล่าเซลล์จำนวนมากพอ เนื่องจากมีการผลิตไฟฟ้าในช่องกลางวันได้เพียงพอต่อความต้องการแล้วจึงสามารถลดค่าไฟฟ้าได้สำหรับผู้ประกอบการติดตั้งระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ยังสามารถขายไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้าได้ โดยติดต่อการไฟฟ้าจะต้องสมัครทำสัญญาและยื่นเอกสารตามข้อกำหนดของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ข้อเสีย กรณีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับระบบโซล่าเซลล์ยังจ่ายไฟปกติแต่กริดไทน์อินเวอร์เตอร์จะหยุดทำงาน และไม่จ่ายไฟเข้าสายส่งเพื่อป้องกันไฟฟ้าดูดเจ้าหน้าที่การไฟฟ้า ซึ่งกำลังทำการซ่อมระบบสายไฟฟ้าการใช้งานระบบนี้ส่วนใหญ่ จะใช้ในพื้นที่ที่มีไฟฟ้าเข้าถึงแล้วเพื่อช่วยลดค่าไฟฟ้า

ได้เป็นอย่างดี ซึ่งทางผู้ที่ต้องการติดตั้งต้องมีพื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ และรู้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน โดยดูจากหน่วยการใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน เพื่อออกแบบกำลังการผลิตระบบไฟฟ้าโซล่าเซลล์หาขนาดกริดไทด์อินเวอร์เตอร์และจำนวนแผงโซล่าเซลล์ให้เหมาะสม

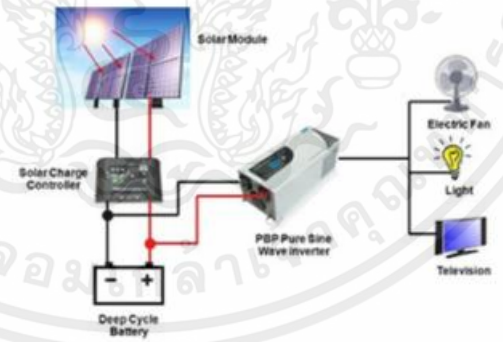
**รูปที่ 2.12** วิธีการการติดตั้ง เพื่อลดค่าไฟฟ้า

**ที่มา :** https://www.gump.in.th/uploaded_files/img/solarcell/on-grid.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบออฟกริด (Off Grid) หรือ ระบบแบบอิสระ (Stand Alone)คือระบบปิด ที่ผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ โดยไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบไฟของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบนี้เหมาะกับสถานที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง ไม่คุ้มที่จะเดินลากสายไฟยาว ๆ เข้ามาใช้งานเนื่องจากต้นทุนสูง วิธีการคือการนำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์มาอัดประจุเข้าแบตเตอรี่ แล้วจึงนำไฟฟ้าได้มาใช้งาน ซึ่งสามารถเลือกว่าจะนำจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์โดยตรงเพื่อใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งนี้ข้อดีของการที่มีแบตเตอรี่คือ สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ใช้งานได้ในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือสามารถใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืนได้ ดังแผนผังการ เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.13 เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานภายในบ้านเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current: AC) แต่ไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์เป็น ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานจึงต้องนำมาแปลงมา เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเสียก่อนโดยนำมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ได้จะมีการสูญเสียจากการแปลงทำให้ลดประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าลงไปข้อดี/ข้อเสียของระบบ

ออฟกริด (Off Grid) หรือ แบบอิสระ (Stand Alone) ข้อดีคือ เป็นระบบที่ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อระบบไฟจากการไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าเองได้ ข้อเสียคือ งบประมาณสูงเพราะมีความจำเป็นที่ต้องมีแบตเตอรี่มาใช้ในการเก็บพลังงาน และต้องคำนวณการใช้ปริมาณไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งาน เพื่อให้การ ใช้ไฟฟ้ามีความต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งเป็นต้นทุนที่สูงเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งระบบ




**รูปที่ 2.13** วิธีการนำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ มาชาร์จเข้าแบตเตอรี่

**ที่มา :** https://www.gump.in.th/uploaded_files/img/solarcell/solar-off-grid.jpeg

3. ระบบไฮบริดส์ (Hybrid) หรือแบบผสมเป็นระบบที่นำเอาระบบออนกริดและออฟกริดมารวมกัน คือจะมีระบบแบตเตอรี่มาสำรองพลังงานที่ไว้สำหรับใช้งานในเวลาที่ไม่มี แสงอาทิตย์ และสำหรับกรณีที่เมื่อมีแสงอาทิตย์แล้วผลิตกระแสไฟฟ้าได้หากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตมีมากกว่าที่นำไฟฟ้ามาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

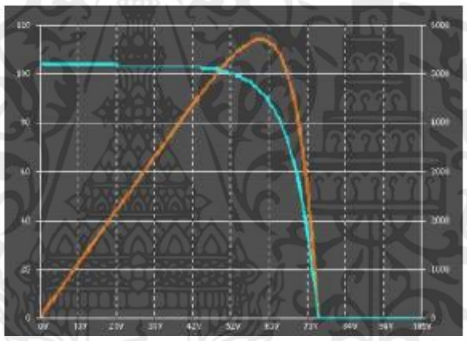
งานในระบบ กระแสไฟฟ้านั้นไปชาร์จเข้า แบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้งานได้ต่อไป เมื่อเวลากลางคืนที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าจาก โซล่าเซลล์ได้ระบบจะไปนำเอากระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาใช้ก่อน หากยังไม่เพียงพอระบบจะไปดึงไฟฟ้ามาจากระบบการไฟฟ้ามาชดเชยอีกทีหนึ่ง หลักการ ทำงาน คือเมื่อแผงโซล่าเซลล์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์จะแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสตรง (DC) แล้วส่งต่อมายัง ไฮบริดส์อินเวอร์เตอร์ ซึ่งไฮบริดส์อินเวอร์เตอร์จะ แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งจะเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้า และอีกขั้วหนึ่งจะต่อเข้ากับแบตเตอรี่ และอีกขั้วหนึ่งจะต่อไฟฟ้าไปใช้งานต่าง ๆ ใน ช่วงเวลากลางวัน เมื่อผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ระบบจะนำไฟฟ้าที่ผลิตได้มาจ่ายให้กับ อุปกรณ์ไฟฟ้า แต่หากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่เพียงพอจะไปดึงไฟจากแบตเตอรี่ หรือ ระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้ามาใช้งานได้โดยอัตโนมัติ (ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ที่ตัว ไฮบริดส์อินเวอร์เตอร์) หรือหากผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์มามากกว่าที่ใช้งานระบบ ระบบจะนำกระแสไฟฟ้านี้ไปชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อสำรองไฟฟ้าไว้ใช้งานต่อไปในเวลา กลางคืนที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ได้ที่ตัวไฮบริดส์อินเวอร์เตอร์สามารถตั้งค่าได้ว่าจะเอาไฟจากแบตเตอรี่มาใช้งานก่อนจนหมด และค่อยนำไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้ามาใช้งาน ซึ่งทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้หากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า ขัดข้องจึงไปนำไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาใช้งานดังรูปที่ 2.14 ข้อดี/ข้อเสีย ระบบ ไฮบริดส์ ( Hybrid ) หรือแบบผสม ข้อดี ระบบทำงานได้ทั้งแบบออนกริดและออฟกริด สามารถเปลี่ยนแหล่ง พลังงานไฟฟ้าได้เองตามสถานการณ์ช่วยรักษาความเสถียรของระบบไฟฟ้า และใช้ไฟได้กรณีไฟจากการไฟฟ้าดับ ข้อเสีย อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้มีให้เลือกน้อยมาก และยังไม่ได้รับการยอมรับจาก การไฟฟ้า (กฟผ.) ไม่สามารถขนานไฟฟ้ากับกริดได้ ไม่สามารถขายไฟคืน กฟผ. ได้ต้องใช้อุปกรณ์มากเช่นเดียวกับออฟกริด(off-grid) ซึ่งทำให้ระบบโดยรวมมีราคาสูงและไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

**รูปที่ 2.14** แผงโซล่าเซลล์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC)
**ที่มา :** https://www.gump.in.th/uploaded_files/img/solarcell/hybrid_system.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 ชาร์จเจอร์ MPPT Solar Charge Controller

MPPT หรือ Maximum Power Point Tracking คือ อัลกอลิธึมหรือรูปแบบการคำนวณอย่างหนึ่งที่นำมาใช้กับการทำงานของเครื่องผลิตไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แผงโซล่าเซลล์ หรือ กังหันลม เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพมากขึ้น เพราะในความเป็นจริงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเหล่านี้มีความไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มของแสงอาทิตย์และความเร็วลมเป็นหลักไม่สามารถควบคุมได้ อัลกอลิธึมหรือรูปแบบการคำนวณแบบ MPPT จึงถูกคิดค้นขึ้นมา เพื่อเอาจุดที่ก่อให้เกิดพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมาใช้งานไม่ว่าความเข้มของแสงอาทิตย์หรือความเร็วลมจะเปลี่ยนแปลงไป ส่วนการออกแบบในแต่ละระบบ MPPT จะเป็นจุดไหนสามารถดูได้จากรูปที่ 2.21 กราฟ I-V Curve ซึ่งกราฟนี้ได้มาจากการทดลองและคำนวณที่ค่าความเข้มแสงต่าง ๆ หรือสมัยใหม่สามารถใช้เครื่องวิเคราะห์ที่ชื่อว่า I-V Curve Simulator



**รูปที่ 2.15** I-V Curve เส้นสีฟ้า และ MPPT Charge เส้นสีส้ม
**ที่มา :** https://www.klcbright.com/image/IV-MPPTChart.jpg

MPPT Solar Charge Controller หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จของแผงโซล่าเซลล์ที่ได้นำเอารูปแบบการคำนวณเพื่อหาจุดที่ได้กำลังสูงสุด โดยใช้การปรับแรงดันไฟฟ้าและควบคุมกระแสไฟฟ้าแล้วนำมาคำนวณให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในการชาร์จ

กรณีที่ 1 ใช้กับ อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบบธรรมดา แบตเตอรี่จะเริ่มชาร์จไฟเมื่อมีแรงดันต่ำกว่า 12 โวลต์และจะชาร์จด้วยกำลัง 12 โวลต์คูณกับ 7.2 แอมป์ จะเท่ากับ 86.4 วัตต์แต่ถ้าหากแบตเตอรี่มีไฟน้อย หรือเหลือไฟเพียง 10.5 โวลต์ เมื่อมีการชาร์จไฟจะ ชาร์จด้วยกำลังเพียงแค่ 10.5 โวลต์ คูณกับ 7.2 แอมป์เท่ากับ 75.6 วัตต์เท่านั้น

กรณีที่ 2 ใช้กับ อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ แบบ MPPT ตัวควบคุมการชาร์จ แบบ MPPT จะใช้หลักการปรับแรงดันให้เหมาะสม จาก 18 โวลต์เป็น 12 โวลต์แล้ว จ่ายกระแสในการชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มากขึ้นจาก 7.2 แอมป์เป็น 18 โวลต์ คูณกับ 7.2 แอมป์ หารด้วย 12 โวลต์จะเท่ากับ 10.8 แอมป์หรือหากแบตเตอรี่เหลือไฟน้อย 10.5 โวลต์ตัวควบคุมการชาร์จ แบบ MPPT จะปรับแรงดันให้เหลือ 10.5 โวลต์แล้วชาร์จด้วยกระแส 18 โวลต์ คูณกับ 7.2 แอมป์ หารด้วย 10.5 โวลต์จะ เท่ากับ 12.3 แอมป์นั่นทำให้ยังคงจ่ายไฟได้ใกล้เคียง 130 วัตต์เท่าเดิม จึงทำให้ชาร์จไฟได้เร็วขึ้น

**รูปที่ 2.16** ST-H1220

## 2.7 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของ 3- Phase Squirrel-Cage Induction Motor โดยวิธีการปรับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับ มอเตอร์ บางครั้งจะเรียกว่า “V/F Control” อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่าง เช่น VSD: Variable Speed Drives, VVVF: Variable Voltage Variable Frequency, VC: Vector Control

### 2.7.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

**รูปที่ 2.17** การทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

**ที่มา :** https://www.electricityandindustry.com

อินเวอร์เตอร์(Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรงโดยวงจรคอนเวอร์เตอร์จากนั้นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

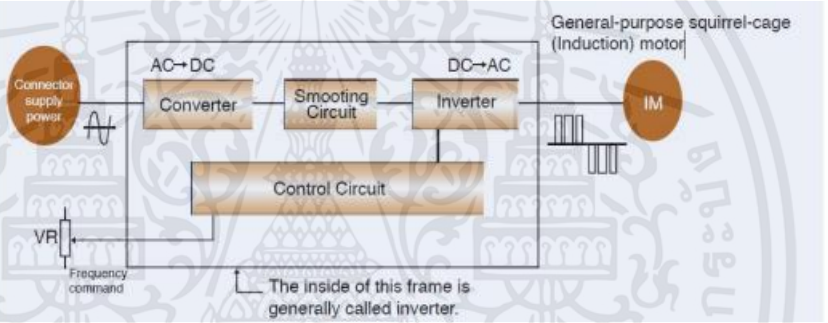
สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น

### 2.7.2 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง (DC Voltage)

2. ชุดอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้

3. ชุดวงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์และ ชุดอินเวอร์เตอร์




**รูปที่ 2.18** โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

**ที่มา :** https://www.electricityandindustry.com

### 2.7.3 วิธีการเลือกอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

1. ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์: ถือเป็นรายละเอียดที่สำคัญมาก เราควรดูว่าอินเวอร์เตอร์ที่เราเลือกนั้นใช้กับระบบไฟฟ้าแบบใด แบบ 1 เฟส หรือแบบ 3 เฟส และมีช่วงแรงดันและกระแสในการใช้งานอยู่ที่เท่าไร

2. กำลังของโหลด : ใช้กับกำลังของโหลดขนาดเท่าไร

3. สภาพแวดล้อมในการติดตั้ง : บริเวณที่ทำการติดตั้งนั้นมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณเท่าไร มีความชื้นแค่ไหน และหากบริเวณที่เราติดตั้งนั้นต้องเผชิญกับฝุ่นและน้ำ เราก็ควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับมาตรฐานการป้องกันฝุ่นและน้ำ

4. ขนาด: ขนาดของอินเวอร์เตอร์เราควรพิจารณาจากพื้นที่ที่เราทำการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Cooling Method: เวลาใช้งานตัวอินเวอร์เตอร์จะเกิดความร้อนขึ้น เพื่อไม่ให้อินเวอร์เตอร์ร้อนเกินไปในขณะใช้งานทางที่ดีเพื่อป้องกันความเสียหายควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีระบบการระบายความร้อน

## 2.8 การคำนวณค่าไฟฟ้า

### 2.8.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราการใช้ไฟฟ้า

ตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในด้านไฟฟ้าจะประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งทั้ง 3 ตัวแปรสามารถนำมาใช้ในการวัดอัตราการใช้ไฟฟ้าได้อีก 2 ตัวคือ กำลังไฟฟ้าและวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งค่าที่ควรทราบจริงๆเพื่อใช้ในการวัดอัตราการใช้ไฟฟ้าจะมีอยู่ 2 ตัวคือ แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าส่วนค่าอื่นๆสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ค่ากำลังไฟฟ้า (P) : หาได้จากสูตร P = V x I หน่วยวัตต์ (W)

วัตต์ชั่วโมง (Wh) : หาได้จากสูตร P x T ซึ่ง T คือเวลาในหน่วยวินาทีแต่ในความเป็นจริงค่ากำลังไฟฟ้าจะแปรผันไปตามค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าซึ่งทั้ง 2 ค่าก็แปรผันตามเวลาที่ใช้งาน

ดังนั้น การว่าวัตต์ชั่วโมง จะใช้เป็นการจับเวลาให้ครบ 1 วินาที แล้วนำค่ากำลังไฟฟ้ามาบวกกันไปเรื่อย ๆ หน่วยวัตต์ (W) ซึ่งในการคำนวณค่าไฟฟ้าจะใช้หน่วย ยูนิต เป็นหน่วยในการคำนวณซึ่ง 1 ยูนิตมีค่าเท่ากับ 1 KWh หรือ 1000 Wh ดังนั้นหากต้องการหาค่ายูนิตให้นำวัตต์ชั่วโมงหารด้วย 1000 จะได้เป็นค่ายูนิตออกมา

### 2.8.2 การแบ่งประเภทการใช้ไฟฟ้า

#### 2.8.2.1 ประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับบ้านเรือนที่อยู่อาศัย รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบ ศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

#### 2.8.2.2 ประเภทที่ 2 (กิจการขนาดเล็ก)

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัยอุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กร ปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจสถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ หรืออื่นๆตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.8.2.3 ประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง)**

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือนโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

**2.8.2.4 ประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่)**

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือนโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าอย่างเดียว

**2.8.2.5 ประเภทที่ 5 (กิจการเฉพาะอย่าง)**

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

**2.8.2.6 ประเภทที่ 6 (องค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร)**

สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในกำไรให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทนโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าอย่างเดียวแต่ไม่รวมถึง ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศและสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.8.2.7 ประเภทที่ 7 (สูบน้ำเพื่อการเกษตร)**

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยงานราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่ม เกษตรกร กลุ่มเกษตรกรที่หน่วยงานราชการรับรองโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าอย่างเดียว

**2.8.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า**

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงการคิดค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 1 เท่านั้น ซึ่งการคิดค่าไฟฟ้านั้นค่าที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 ค่า ได้แก่ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

**2.8.3.1 ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน**

เรตราคาที่ใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยจะนำข้อมูลมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแสดงดังรูปที่ 2.19

| 1.1 อัตราปกติ | | ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย) | ค่าบริการ (บาท/เดือน) |
|---|---|---|---|
| 1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน | | | 8.19 |
| 15 หน่วยแรก | (หน่วยที่ 0 – 15) | 2.3488 | |
| 10 หน่วยต่อไป | (หน่วยที่ 16 – 25) | 2.9882 | |
| 10 หน่วยต่อไป | (หน่วยที่ 26 – 35) | 3.2405 | |
| 65 หน่วยต่อไป | (หน่วยที่ 36 – 100) | 3.6237 | |
| 50 หน่วยต่อไป | (หน่วยที่ 101 – 150) | 3.7171 | |
| 250 หน่วยต่อไป | (หน่วยที่ 151 – 400) | 4.2218 | |
| เกิน 400 หน่วยขึ้นไป | (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) | 4.4217 | |
| 1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน | | | 38.22 |
| 150 หน่วยแรก | (หน่วยที่ 0 – 150) | 3.2484 | |
| 250 หน่วยต่อไป | (หน่วยที่ 151 – 400) | 4.2218 | |
| เกิน 400 หน่วยขึ้นไป | (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) | 4.4217 | |

**รูปที่ 2.19** ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1

**ที่มา :** https://pantip.com/topic/41556072

**2.8.3.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)**

เรตราคาที่ใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยจะนำข้อมูลมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use : TOU)

อัตรารายเดือน

| | ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย) | | ค่าบริการ (บาท/เดือน) |
|---|---|---|---|
| | Peak | Off Peak | |
| 1.2.1 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์ | 5.1135 | 2.6037 | 312.24 |
| 1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์ | 5.7982 | 2.6369 | 38.22 |

**รูปที่ 2.20** ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าผันแปรจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1

**ที่มา :** https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Electricity%20

**2.8.3.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% (Vat)**

เป็นการนำค่าไฟฟ้าพื้นฐาน มารวมกับค่าไฟฟ้าผันแปร แล้วคูณด้วยภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% ซึ่งจะทำให้ได้ภาษีมูลค่าเพิ่มของค่าไฟฟ้าโดยค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระทั้งหมดให้กับการไฟฟ้าเกิดจากการนำค่าทั้งหมดมารวมกันคือ ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าไฟฟ้าผันแปร และภาษีมูลค่าเพิ่ม

## 2.9 ข้อมูลเกี่ยวกับ Internet of Things

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ และอื่นๆ เข้าไว้ด้วยกันจะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งในอนาคตของผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้สามารถควบคุมสิ่งของต่างๆ ทั้งจากในบ้านหรือจากที่ไหนก็ได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน การเปิดปิดไฟ หรือแปลงเกษตรของตนเอง แต่อย่างไรก็ตามยังมีเทคโนโลยีอื่นๆ ยังจำเป็นต้องมีพัฒนาก่อน ถึงจะเกิดเป็นไอโอที ยกตัวอย่าง เช่น ระบบตรวจจับต่างๆ (Sensors) รูปแบบการ เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และระบบที่ฝังตัวอยู่ในคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และสามารถสั่งงานที่เราต้องการได้นั้นจึงจำเป็นต้องมีนักพัฒนาด้านอิเล็กทรอนิกส์และระบบสั่งการหรือโค้ดโปรแกรม เพื่อใช้สั่งการอุปกรณ์ต่างๆ เนื่องจาก Internet of Things มีพื้นฐานอยู่บนระบบฝังตัว หรือสมองกลฝังตัว (embedded system) คือ ระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ตามที่มีคนให้คำจำกัดความไว้ว่า “The Internet of Things it the interconnection of uniquely identifiable embedded computing devices within the existing Internet infrastructure.” Sundresan P.,Norita Md N., Valliappan R., (2015) ซึ่งต้องมีอินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐาน แต่ส่วนประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็คือระบบฝังตัวปัจจุบันมีอุปกรณ์มากมายถูกผลิตขึ้นมาเพื่อให้นักพัฒนาสามารถนำไปใช้ต่อยอดสร้างชิ้นงานเชื่อมต่อเข้ากับ Internet of Things โดยมีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย (Wireless LAN หรือ Wi-Fi) ได้ แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับ Internet of Things บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กลุ่มนี้ ผู้ผลิตออกแบบและสร้างขึ้นมาให้เราสามารถพัฒนาโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ดควบคุมอินพุตและเอาต์พุตเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อตรวจจับหรือแสดงผลได้ตามต้องการ พร้อมใส่อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่ายแบบไร้สาย Wi-Fi มาบนบอร์ดไม่จำเป็นต้องต่อเพิ่มเติมเอง ยกตัวอย่างเช่น Electric Imps, Spark Core, Arduino Yun, Intel Edison, WirelessRouter ต่างๆ

กลุ่มที่ 2 โมดูลสื่อสารไร้สาย Internet of Things โมดูลบางตัวที่มีคุณสมบัติสามารถเป็นอุปกรณ์ Internet of Things ได้ยกตัวอย่างเช่น โมดูล ESP8266 ซึ่งราคาไม่สูง สามารถทำงานได้ในระดับหนึ่ง แม้ปัจจุบันยังมีอยู่ไม่มากและเข้าถึงยาก แต่ในอนาคตอันใกล้คาดว่าจะมีโมดูลแบบนี้ออกมาอีกหลายตัว แน่นอนซึ่ง ESP8266 สามารถทำงาน Standalone เนื่องจากภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ (แต่ไม่สามารถโปรแกรมแบบทั่วไปได้) ต้องพัฒนาเฟิร์มแวร์ให้ทำงานตามความต้องการ กลุ่มนักพัฒนาที่สนใจได้แบ่งปันข้อมูลดังกล่าวไว้ ผู้ใช้อาจดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์ที่มีการทำงานตามที่เราต้องการมาติดตั้งใช้งาน

กลุ่มที่ 3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ + โมดูลสื่อสารไร้สาย ทำงานร่วมกันเป็น Internet of Things กลุ่มนี้เป็นการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ ที่คุ้นเคย ร่วมกับโมดูลสื่อสารไร้สายที่มีให้เลือกหลากหลายตามความต้องการ เขียนแอปพลิเคชันให้ทำงานในลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ 1เพียงแต่เราต้องจับคู่เชื่อมต่อบอร์ดกับโมดูลต่างๆ เอง ยกตัวอย่างเช่น การใช้ Arduino ร่วมกับ Wi-Fi7 Shield หรือ UART Wi-Fi การใช้ Raspberry Pi กับ USB Wi-Fi Dongle เพียงเท่านี้ก็สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายได้ (บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด: มปป.)

**รูปที่ 2.21** ประยุกต์ Internet of Thing

**ที่มา :** https://www.lcdtvthailand.com/webboard/index.php?topic=355571.0

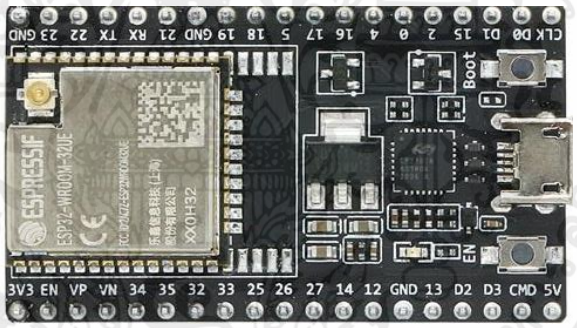
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 ข้อมูลเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์

2.10.1 ข้อมูลเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์

**2.10.1.1 บอร์ดอาดูโน ไวไฟ (Arduino WiFi)**

เป็นโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์เชิงอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ โดยมีความยืดหยุ่นและสามารถใช้งานได้หลากหลายในหลายแอปพลิเคชันต่าง ๆ รวมถึงงานที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารไร้สายและอินเทอร์เฟซต่าง ๆประกอบด้วยหน่วยประมวลผลแบบคู่ และส่วนประมวลผลเสริมที่ช่วยในการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไร้สาย มี ไวไฟ, บลูทูธ 4.2 สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆของอาดูโน มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการสร้างอุปกรณ์ ไอโอที เช่น อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของบ้าน, ระบบสมาร์ตโฮม, อุปกรณ์วัดข้อมูลต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว และการใช้งานอื่น ๆ ที่ต้องการการเชื่อมต่อไร้สายและความสามารถในการควบคุม




**รูปที่ 2.22** Arduino WIFI

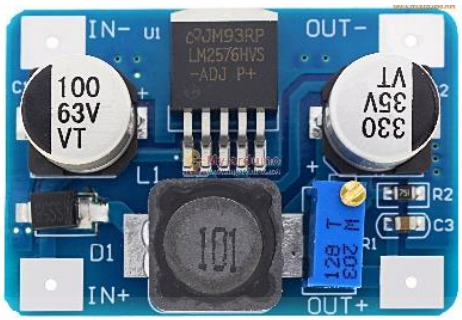
**ที่มา :** https://forum.arduino.cc/t/using-nrf24l01-between-arduno-nano-and-esp32

## 2.11 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

**2.11.1 High Voltage DC-DC Step down 5-60Volt to 1.25-30V 3A**

ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตชิ่ง-ตัวเหนี่ยวนำ(L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ไอซี ตระกูล 78xx / 317 ทั่วไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแสทางด้านเอาต์พุตเพิ่มขึ้น สำหรับเพิ่มอัตราลดทอนแรงดันให้กับวงจรและลดการกระเพื่อมของกระแสเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.23** High Voltage DC-DC Step down 5-60Volt to 1.25-30V 3A

### 2.11.2 Circuit Breaker DC 12-100Volt 2P 10A

คือสวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน โดยทั่วไปจะเกิดจากโหลดไฟฟ้าเกินหรือไฟฟ้าลัดวงจร หลักการทำงานคือตัดกระแสไฟฟ้าหลังจากตรวจพบความผิดปกติในวงจรไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันกระแสไฟฟ้าส่วนเกินเช่นเดียวกันกับฟิวส์แต่แตกต่างกันที่เมื่อตัดวงจรแล้วสามารถเปิดและปิดวงจรได้ทันทีหลังจากแก้ปัญหาเสร็จแล้ว

**รูปที่ 2.24** Circuit Breaker DC 12-100Volt 2P 10A

### 2.11.3 Adapter Charger Battery LifePo4 220Volt to 24Volt AC to DC 5A

คือตัวแปลงแรงดันไฟฟ้าคือการแปรงแรงดันสูงของ AC เป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำ DC ผ่านการแก้ไขและการแปลงแรงดันไฟฟ้าของอะแดปเตอร์จากแรงดัน 220VAC 50-60Hz เป็นแรงดันต่ำ 24V 5A ทำหน้าที่คอยอัดประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ โดยจ่ายกระแส 5A อย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการอัดประจุ (Ah) ของแบตเตอรี่จนครบเซลล์แบตเตอรี่จากนั้น Adapter จะทำการหยุดอัดประจุให้กลับเซลล์แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.25** Adapter Charger Battery LifePo4 220Volt to 24Volt AC to DC 5A

### 2.11.4 หน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่

เป็นชุดโมดูลที่ใช้สำหรับวัดแรงดันของแบตเตอรี่แล้วแสดงค่าสถานะของแรงดันแบตเตอรี่ในรูปแบบ Real Time

**รูปที่ 2.26** หน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่

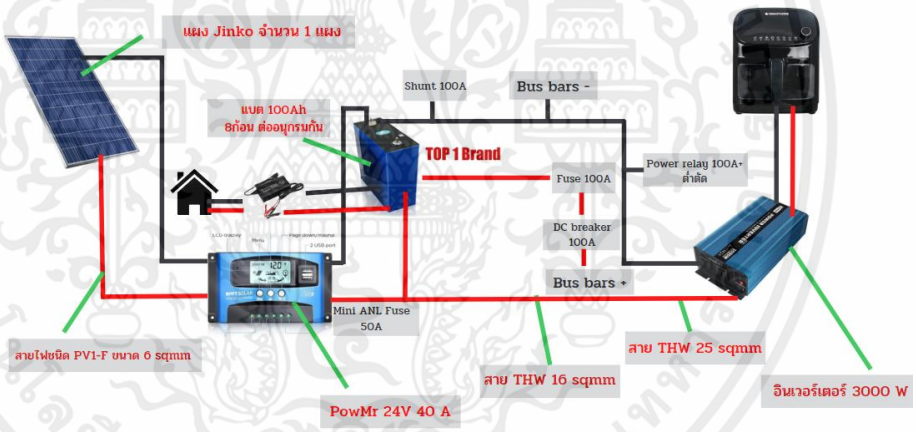
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

## 3.1 การออกแบบโครงสร้างและระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์

### 3.1.1 ออกแบบโครงสร้างและระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์

หลักการออกแบบระบบอัดประจุในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องรู้ระบบส่วนประกอบต่างๆภายในระบบที่เราจะทำ ดังรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** โครงสร้างการออกแบบระบบไฟฟ้า

### 3.1.2 การเลือกใช้งานแบตเตอรี่สำหรับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า

#### 3.1.2.1 การเลือกใช้งานแบตเตอรี่

เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิด LiFePo4 ขนาด 3.2 Volt เนื่องจากมีความจุมากกว่าแบตตะกั่วทั่วไปเมื่อเทียบกับ Specific energy ของแบตเตอรี่ชนิดอื่น และง่ายต่อการแพ็คแบตเตอรี่เป็น Model แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังมีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และยังมีประสิทธิภาพในการทำงาน มีความเสถียรภาพมีการจ่ายพลังงานที่แม่นยำมีการชาร์จที่รวดเร็วกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานหากเมื่อเกิดเหตุการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดประจุเกิน แบตเตอรี่จะไม่สามารถเกิดเพลิงไหม้ด้วยตัวของแบตเตอรี่เองได้แต่จะสามารถมีปฏิกิริยาการเผาไหม้ทางเคมีในตัวของแบตเตอรี่เอง ดังรูปที่ 3.2

**รูปที่ 3.2** แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟส

**ที่มา :** http://www.thaiagrotech.com/product/56/lifepo4-32650-3-2v-5500mah

**3.1.2.2 การคำนวณออกแบบแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่นำไปใช้ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า**

เนื่องจากค่าประสิทธิภาพของ Inverter Controller ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า อยู่ที่ 90% 2025(1-0.9)+2025=2228 ดังนั้น ค่าพลังงานจาก 0 W ควรใช้ในการเลือกขนาดพลังงานในแบตเตอรี่ต้องมากกว่า 2228 W ซึ่งจะสามารถใช้งานได้ 4 ชม. เนื่องจากมีพื้นที่จำกัดเราจึงเลือกแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้งของตัวระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นเราจึงออกแบบแบตเตอรี่ขนาด 8S

ขั้นตอนที่ 1 : นำเซลล์แบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรมกัน 8S เพื่อหาแรงดัน

แรงดันแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.65 V x 8S

แรงดัน = 29.2 V (ตามทฤษฎีจัดอยู่ในระบบ 24 V)

ขั้นตอนที่ 2 : หาค่าพลังงานของแบตเตอรี่หาได้จาก

พลังงาน = แรงดัน x ความจุ

พลังงาน = 29.2 V x 100 Ah

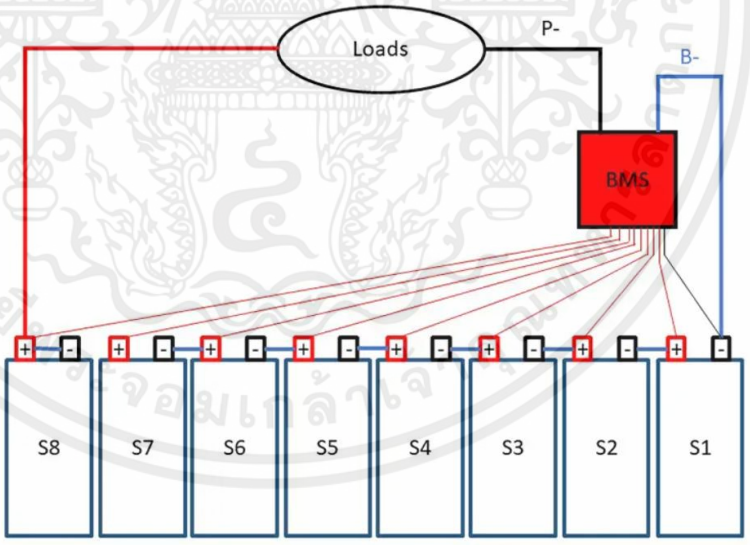
พลังงาน = 2920 Wh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากต้องการให้โหลดภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า สามารถใช้งานได้ภายใน 4 ชั่วโมง จะต้องใช้พลังงาน 2920 W ดังนั้นจะต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีความจุแบตเตอรี่ 2920/29.2 = 100 Ah โหลดภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจึงจะสามารถใช้ได้ภายในระยะเวลา 4 ชั่วโมง ตามทฤษฎีหรือต้องการให้โหลดภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ 2 ชั่วโมง จะต้องเพิ่มความจุแบตเตอรี่ 200 Ah โหลดภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจึงจะสามารถใช้ได้ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมงตามทฤษฎี

### 3.1.3 การต่อวงจร (BMS : Battery Management System)

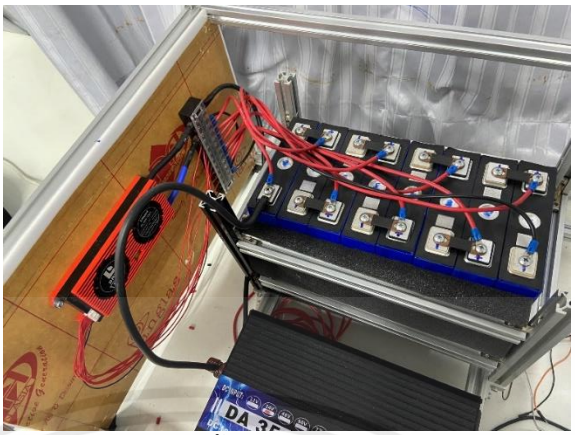
ทำการต่อวงจรตัวบาลานซ์แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ขนาด 24V 100 Ah 8S เพื่อป้องกันโมดูลแบตเตอรี่ไม่ให้เกิดการ Overcharge & Short circuit อีกทั้งคอยควบคุมอุณหภูมิในการใช้งานให้ไม่เกิน 55 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้เซลล์ในโมดูลแบตเตอรี่นั้นเสื่อมสภาพก่อนเวลาที่กำหนด และ BMS มีหน้าที่ควบคุมการ Charging & Discharging ในการติดตั้งตัวบาลานซ์แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน นั้นจะมีสายสำหรับบาลานซ์เซลล์แบตเตอรี่ทั้งหมด 8 เส้น โดยให้ต่อสายไฟเข้าที่ขั้วบวกของแต่ละเซลล์แบตเตอรี่ ดังรูปที่ 3.3




**รูปที่ 3.3** วงจร Battery Management System

**ที่มา :** https://energyfordummies.com/circuit-hub/bms-schematic/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.4** การติดตั้ง BMS เข้ากับโมดูลแบตเตอรี่

### 3.1.4 การคำนวณการออกแบบแผงโซล่าเซลล์เพื่อนำไปใช้ในระบบกักเก็บพลังงาน

หลักการออกแบบระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้านั้นเราจำเป็นต้องรู้จำนวนพลังงานโหลดที่เราต้องใช้ (Load) รวมถึงจำนวนการใช้งานโดยมี 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : หาอัตราส่วนของพลังงานที่จะนำไปใช้ เท่ากับ 1620 Wh

จากสูตร : ความต้องการของพลังงานแสงอาทิตย์ = โหลด x อัตราส่วนสมรรถนะของแบตเตอรี่

ความต้องพลังงานแสงอาทิตย์ = 1620 / 80%

= 2025 Wh

ขั้นตอนที่ 2 : หาขนาดของแผงโซล่าเซลล์ โดยการใช้ค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยค่า SPH ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผง

จากสูตร : ขนาดของ Solar cell $= \frac{\text{โหลดทั้งหมดภายในระบบ}}{SPH}$

ขนาดของ Solar cell $= \frac{1620\ Wh}{4\ h}$

ขนาดของ Solar cell = 405 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อทราบถึงขนาดของแผงโซล่าเซลล์ แล้วต้องกำหนดประเภทของแผงโซล่าเซลล์ ทางกลุ่มได้เลือกใช้ Solar Module Type : JKM270M-72HL4-V

จากสูตร : แผง Solar cell = $\frac{\text{ขนาดของ } \boldsymbol{Solar\ cell}}{\boldsymbol{Out\ Peak\ Power}}$

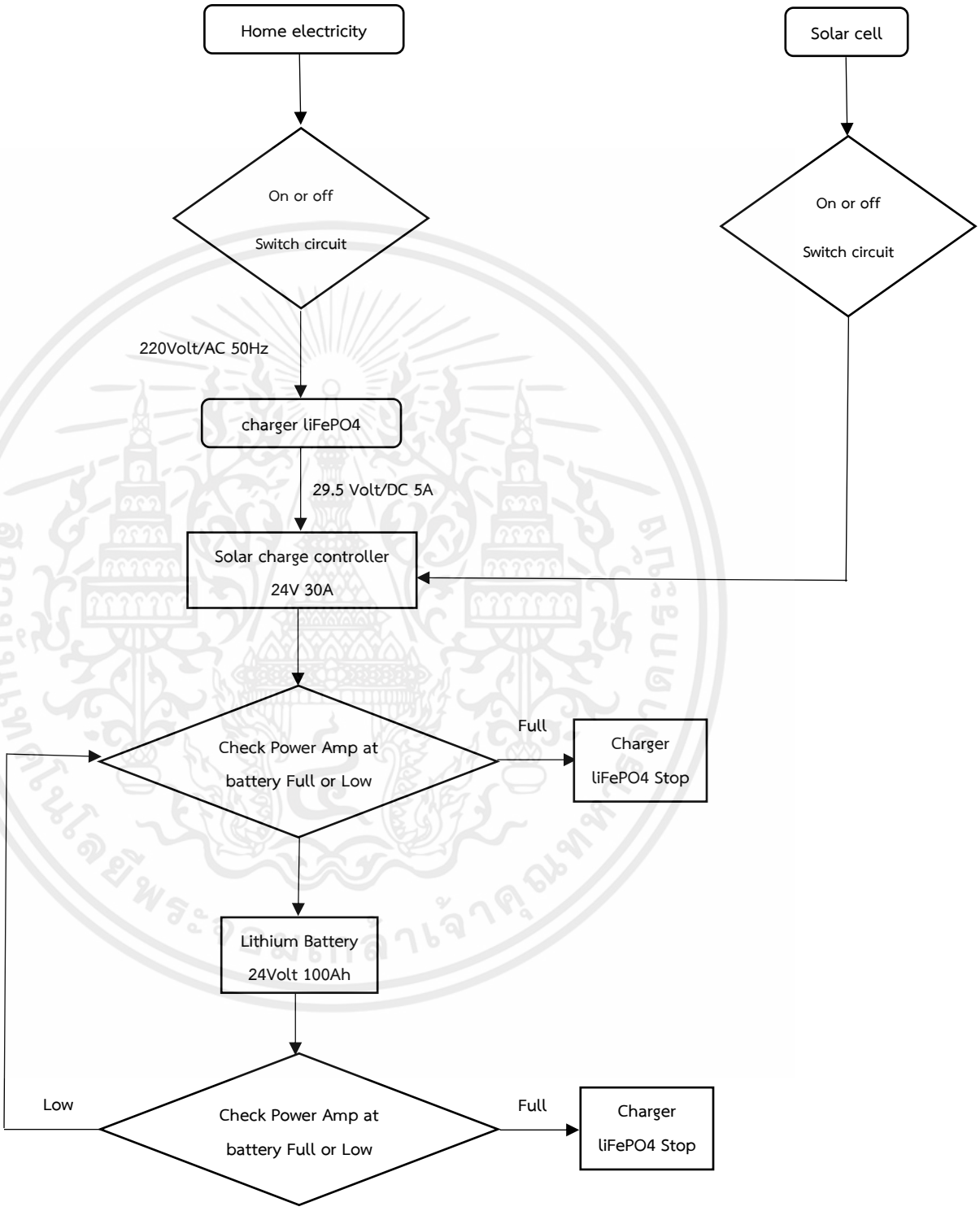
จากสูตร : แผง Solar cell = $\frac{\boldsymbol{405\ W}}{\boldsymbol{270\ W}}$

จากสูตร : แผง Solar cell = 1.5 แผง (ตามทฤษฎี)

จากการคำนวณหาจำนวนของแผงโซล่าเซลล์นั้นจำเป็นจะต้องติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ขนาด 270 W จำนวน 1.5 แผงถึงจะเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน แต่เนื่องจากการออกแบบระบบโซล่าเซลล์นั้นมีพื้นที่จำกัดจึงติดได้ 1 แผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขั้นตอนการทำงาน**

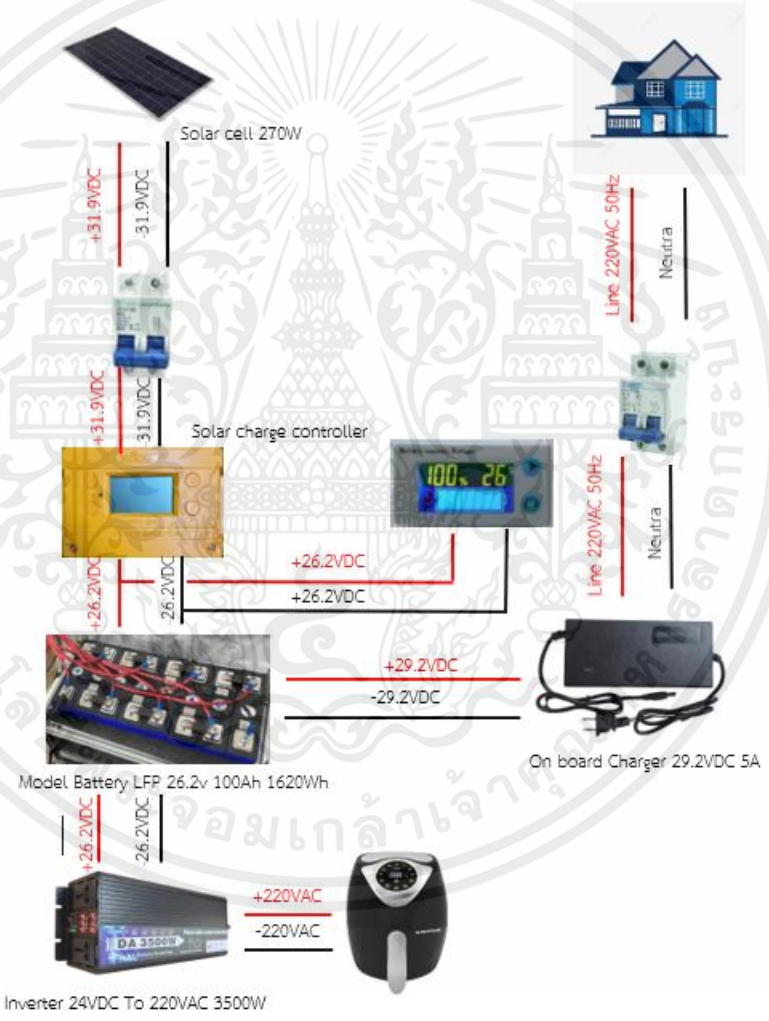



**รูปที่ 3.5** Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบการอัดประจุพลังงานไฟฟ้า

โดยในส่วนของระบบการอัดประจุพลังงานไฟฟ้า ออกแบบมาเพื่อกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากไฟบ้านและแผงโซล่าเซลล์ ให้กับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต และวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต เพื่อการนำมาแสดงผลต่อไป โดยมีการติดตั้งกล่องควบคุม ประกอบไปด้วยเซนเซอร์วัดแรงดัน และ เซนเซอร์วัดกระแส ติดตั้งภายในระบบที่สามารถส่งข้อมูลขึ้น Blynk ไว้ตรวจสอบข้อมูลภายในระบบ ดังรูปที่ 3.6




**รูปที่ 3.6** การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบกักเก็บและจัดการพลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

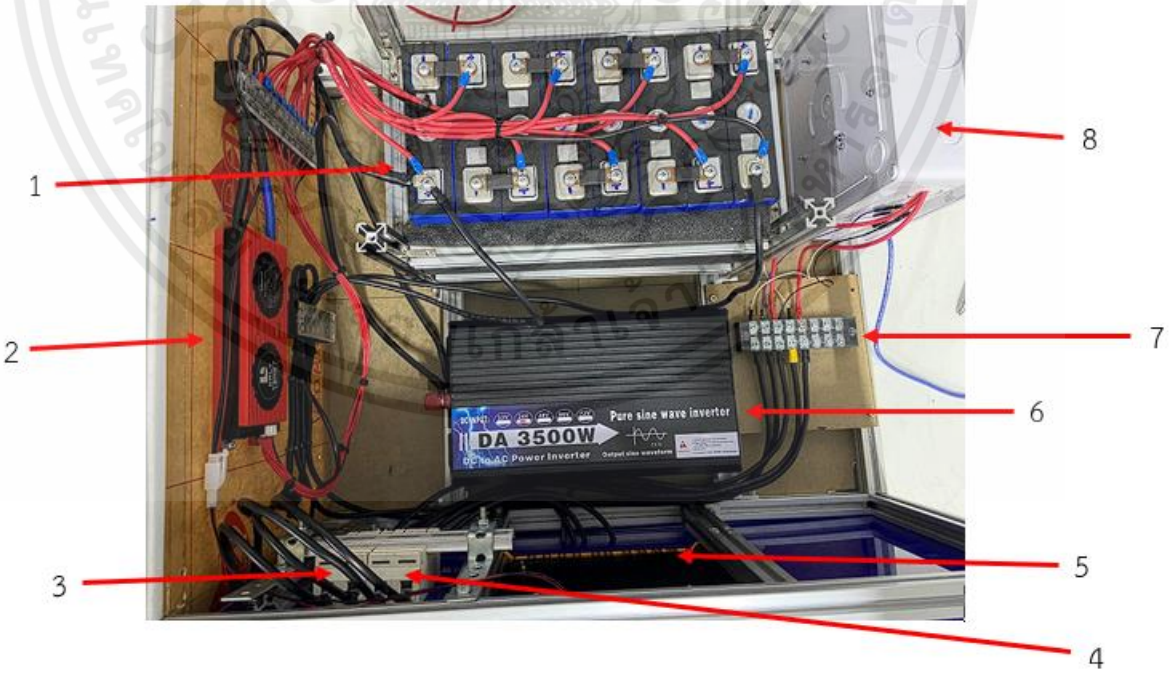
### 3.2.1 โวลต์ & แอมป์มิเตอร์

ทำหน้าที่ในการอ่านค่า แรงดัน จากไฟบ้านและแผงโซล่าเซลล์ที่อัดประจุพลังงานเข้าแบตเตอรี่ใช้เพื่อสำหรับอ่านค่าแรงดันของแบตเตอรี่และบอกเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่มีขีดบอกปริมาณของแบตเตอรี่จำนวน 10 ขีด โดยที่ 1 ขีดจะเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่

### 3.2.2 Adapter Charger Battery LifePo4 220Volt to 24Volt AC to DC 5A

ทำหน้าที่แปลงพลังงานจากไฟบ้านที่มีแรงดันไฟ 220 Volt เป็นแรงดัน 29.2 Volt 5 A เพื่ออัดพลังงานให้กับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต และมีวงจรตัดกระแสหากพลังงานของแบตเตอรี่นั้นเต็ม โดยจะมีไฟ LED โชว์สถานะโดยจะมีไฟ LED สีแดงและไฟ LED สีเขียว โดยที่ไฟ LED สีแดงนั้นจะบ่งบอกถึงว่ากำลังชาร์จพลังงานให้กับแบตเตอรี่ลิเธียม และไฟ LED สีเขียวจะบ่งบอกถึงปริมาณของแบตเตอรี่นั้นเต็มแล้วพร้อมหยุดจ่ายพลังงานเข้าแบตเตอรี่

### 3.2.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า




**รูปที่ 3.7** ตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบระบบชาร์จประจุภายในระบบกักเก็บพลังงานมีการวางตำแหน่งดังนี้

หมายเลข 1 คือ โมดูลแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟส 29.2V 100Ah 2920Wh

หมายเลข 2 คือ (BMS : Battery Management system)

หมายเลข 3 คือ Circuit Breaker DC 12-100V 2P 10A สำหรับชาร์จไฟจากแผงโซล่าเซลล์

หมายเลข 4 คือ Circuit Breaker DC 12-100V 2P 10A สำหรับจ่ายไฟให้กับโซล่าเซลล์ชาร์จเจอร์

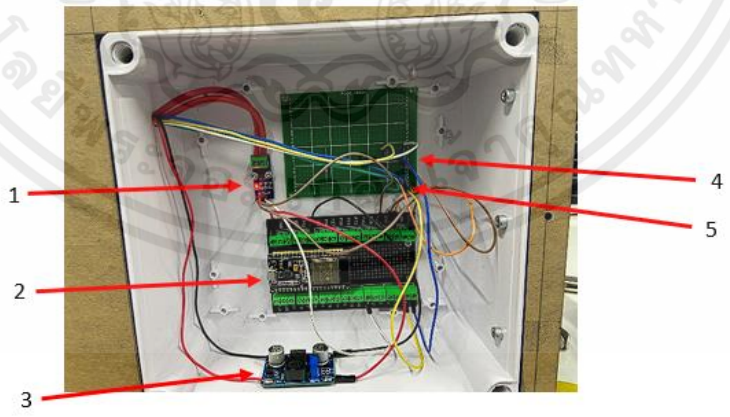
หมายเลข 5 คือ Solar charge Controller MPPT

หมายเลข 6 คือ ตัวแปลงกระแสไฟฟ้าตรง 24VDC to 220VAC

หมายเลข 7 คือ Terminal 8 ช่อง

หมายเลข 8 คือ กล่องควบคุมใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูล

### 3.2.3.1 อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูล




**รูปที่ 3.8** การจัดวางอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกล่องที่คอยควบคุมการทำงานของฟังก์ชันการแสดงการทำงานต่างๆภายในระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขึ้นบนแอปพลิเคชัน Blynk โดยมีการจัดวางอุปกรณ์ดังนี้

หมายเลข 1 คือ เซนเซอร์วัดกระแสรุ่น ACS712 20A

หมายเลข 2 คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

หมายเลข 3 คือ แรงดันไฟฟ้าสูง DC-DC ลดลง 5-60 โวลต์ถึง 1.25-30V 3A

หมายเลข 4 คือ เซนเซอร์วัดแรงดัน 0-40 VDC ใช้วัดสำหรับวัดแรงดันแผงโซล่าเซลล์

หมายเลข 5 คือ เซนเซอร์วัดแรงดัน 0-40 VDC ใช้วัดสำหรับแรงดันแบตเตอรี่

## 3.3 การแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่

เป็นการแสดงค่าสถานะของพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงาน โดยมีหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 3.9

**รูปที่ 3.9** หน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่

จากรูปที่ 3.9 สามารถบอกตำแหน่งการแสดงผลได้ดังนี้

หมายเลข 1 แสดงสถานะแรงดันของแบตเตอรี่

หมายเลข 2 ปุ่มเมนูสามารถแสดงผลของอุณหภูมิของแบตเตอรี่และระบบตั้งค่าต่างๆ

หมายเลข 3 ปุ่มเปิด-ปิด การทำงานของหน้าจอแสดงผลแรงดันความจุแบตเตอรี่

หมายเลข 4 แสดงสถานะค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ให้อยู่ในรูปแบบมาตราส่วน

หมายเลข 5 แสดงสถานะค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ให้อยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 การตั้งค่าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่

เปรียบเสมือนการตั้งค่าของมิเตอร์ไฟฟ้า โดยจะต้องทำการปรับตั้งย่านการวัดมาตราส่วนของตัวหน้าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ ให้สอดคล้องกับแรงดันของแบตเตอรี่ 29.2 V หรืออยู่ในระบบ 24 V มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งตำแหน่งจอและต่อเข้ากับแบตเตอรี่

**รูปที่ 3.10**

2. กดปุ่ม ▶ ค้าง 5 วินาทีเพื่อเข้าสู่โหมดการตั้งค่า

**รูปที่ 3.11**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดปุ่ม ▶ เพื่อให้แสดงเลขบนหน้าจอเป็นเลข 1 เพื่อตั้งค่าระบบวัดแบตเตอรี่ แล้วกดปุ่ม Power

**รูปที่ 3.12**

4. กดปุ่ม ▶ เพื่อให้แสดงเลขบนหน้าจอเป็น P แล้วกดปุ่ม Power

**รูปที่ 3.13**

5. กดปุ่ม ▶ เพื่อเลือกย่านวัดแรงดันที่เราต้องการที่จะวัดจากแบตเตอรี่โดยเราเลือกใช้แรงดันที่ 24V จากนั้นกดปุ่ม Power เป็นการเสร็จสิ้นการตั้งค่า

**รูปที่ 3.14**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

## 4.1 กล่าวนำ

การทดลองระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยการทดลองการปล่อยพลังงานของไฟบ้านเพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากไฟบ้านที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่ แล้วยังได้ทำการทดลองการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่ และทดลองระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต

## 4.2 การทดลองการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน

### 4.2.1 ผลการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน

**ตารางที่ 4.1** การทดลองการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน

| On/Off Circuit | Home electricity | Adapter Charger Battery | |
|---|---|---|---|
| | | แรงดัน (V) | กระแส (A) |
| เปิด | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** การทดลองการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน (ต่อ)

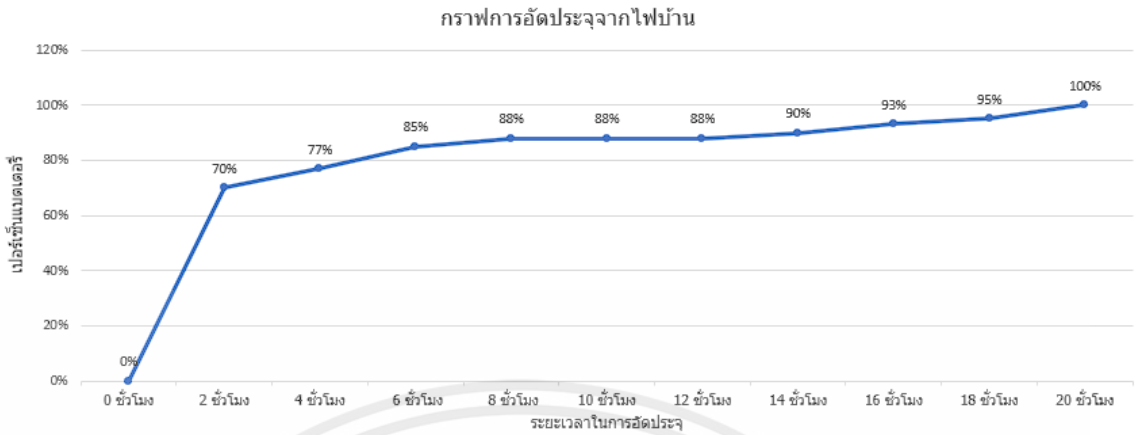
| | | | |
|---|---|---|---|
| ปิด | | | |

**4.2.2 ผลการทดลองจับเวลาการชาร์จประจุของระบบการปล่อยพลังงานของไฟบ้าน**

**ตารางที่ 4.2** การทดลองจับเวลาการชาร์จโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้าในการวัดแรงดัน

| ระยะเวลาในการชาร์จ | แรงดันของแบตเตอรี่ | เปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ |
|---|---|---|
| 0 ชั่วโมง | 23.2 V | 0% |
| 2 ชั่วโมง | 26 V | 70% |
| 4 ชั่วโมง | 26.1 V | 77% |
| 6 ชั่วโมง | 26.4 V | 85% |
| 8 ชั่วโมง | 26.6 V | 88% |
| 10 ชั่วโมง | 26.6 V | 88% |
| 12 ชั่วโมง | 26.6 V | 88% |
| 14 ชั่วโมง | 26.7 V | 90% |
| 16 ชั่วโมง | 26.8 V | 93% |
| 18 ชั่วโมง | 26.9 V | 95% |
| 20 ชั่วโมง | 29.2 V | 100% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**กราฟที่ 4.1** กราฟการอัดประจุโดยใช้ไฟบ้าน

จากตารางที่ 4.2 และกราฟการอัดประจุโดยใช้ไฟบ้านชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการอัดประจุชาร์จพลังงานแก่แบตเตอรี่โดยไฟบ้านใช้เวลาในการอัดประจุจากแรงดัน

**ตารางที่ 4.3** การทดลองวัดแรงดันโดยใช้ หน้าจอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่ (V)

| เปอร์เซ็นต์ | Battery Capacity Voltage (V) |
|---|---|
| 0 | 23.2 |
| 10 | 23.3 |
| 20 | 23.3 |
| 30 | 23.6 |
| 40 | 24.2 |
| 50 | 24.8 |
| 60 | 25.3 |
| 70 | 25.7 |
| 80 | 26.2 |
| 90 | 28.7 |
| 100 | 29.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กราฟที่ 4.2** กราฟการอัดพลังงาน โวลต์/ชั่วโมง

จากตารางที่ 4.3 และกราฟการอัดพลังงาน โวลต์/ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าไม่สามารถนำพลังงานจากแบตเตอรี่ที่แรงดัน 23.2 V มาใช้งานต่อได้จึงนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ และแรงดันสูงสุดที่แบตเตอรี่สามารถรับได้ที่แรงดัน 29.2 V จึงนับเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

## 4.3 การทดลองระบบกักเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์

### 4.3.1 ผลการทดลองการให้พลังงานของระบบกักเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์

**ตารางที่ 4.4** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 12.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 3.53 | 0.15 | เมฆบังแสงแดด | 93.545 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 12.00 น. (ต่อ)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 93.545 |

**ตารางที่ 4.5** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 13.00 น.

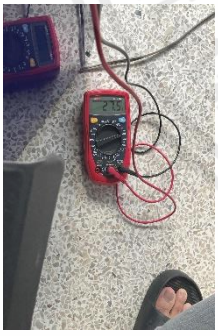
| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 28.7 | 3.53 | 5.15 | ปลอดโปร่ง | 93.545 |
| | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 14.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 3.53 | 8.96 | ปลอดโปร่ง | |
| | | | | 93.545 |

**ตารางที่ 4.7** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 15.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.5 | 3.53 | 0.20 | ไม่มีแดด | |
|  | | | | 93.545 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 1 เวลา 16.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 3.53 | 0.63 | ปลอดโปร่ง | 93.545 |
| | | | | |

**ตารางที่ 4.9** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 12.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 35.5 | 2.67 | 8.56 | ปลอดโปร่ง | 77.964 |
| | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.10** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 13.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 28.7 | 2.23 | 4.7 | ปลอดโปร่ง | 60.95 |
| | | | | |

**ตารางที่ 4.11** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 14.00 น.

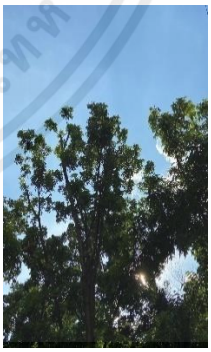
| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.5 | 2.43 | 4.3 | ปลอดโปร่ง | 70.956 |
| | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.12** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 15.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 33.8 | 2.67 | 4.7 | ปลอดโปร่ง | 77.964 |
| | | | | |

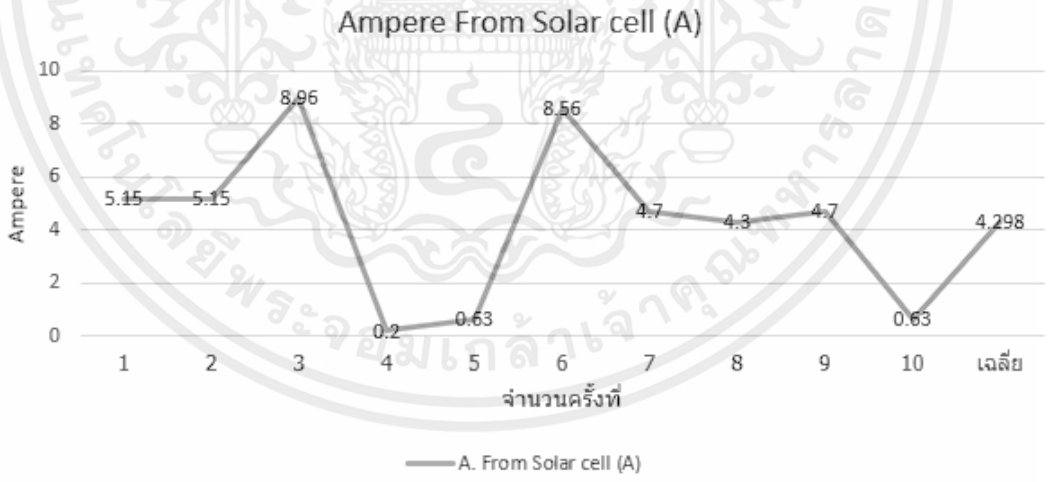
**ตารางที่ 4.13** การทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่ 2 เวลา 16.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.5 | 2.43 | 0.63 | ปลอดโปร่ง | 69.984 |
| | | |  | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

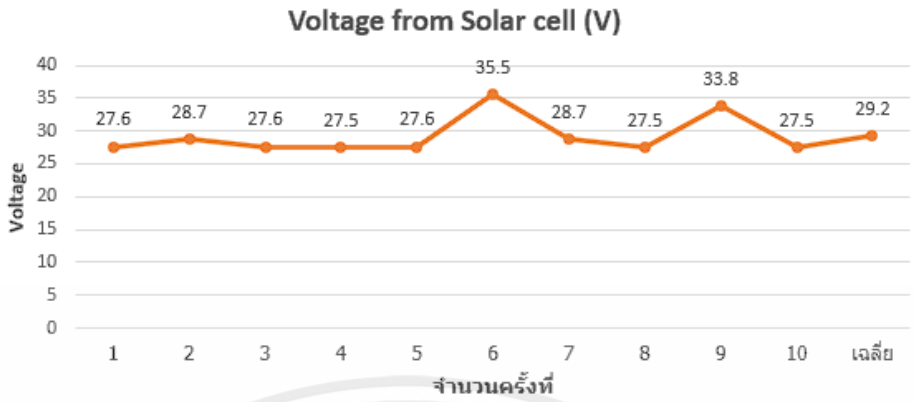
**ตารางที่ 4.14** ค่าเฉลี่ยของระบบกักเก็บพลังงานที่ได้จากระบบโซล่าเซลล์

| ครั้งที่ | A. In the Battery (A) | V. from Solar cell (V) | A. From Solar cell (A) | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.53 | 27.6 | 5.15 | 93.545 |
| 2 | 3.53 | 28.7 | 5.15 | 93.545 |
| 3 | 3.53 | 27.6 | 8.96 | 93.545 |
| 4 | 3.53 | 27.5 | 0.20 | 93.545 |
| 5 | 3.53 | 27.6 | 0.63 | 93.545 |
| 6 | 2.67 | 35.5 | 8.56 | 77.964 |
| 7 | 2.23 | 28.7 | 4.7 | 60.95 |
| 8 | 2.43 | 27.5 | 4.3 | 70.956 |
| 9 | 2.67 | 33.8 | 4.7 | 77.964 |
| 10 | 2.43 | 27.5 | 0.63 | 69.984 |
| เฉลี่ย | 3.008 | 29.2 | 4.298 | 82.554 |

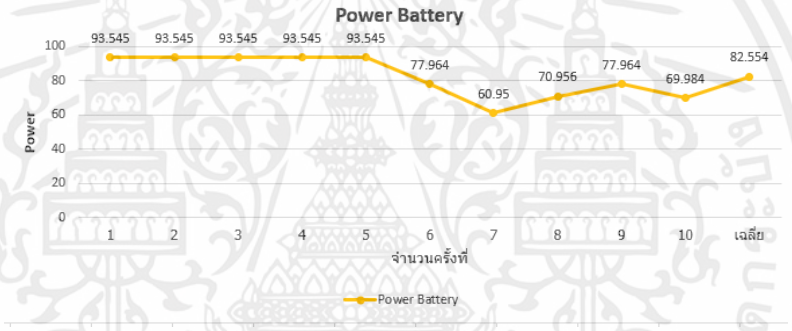



**กราฟที่ 4.3** กราฟการทดลองเก็บค่าเฉลี่ยของกระแสจากแผงโซล่าเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**กราฟที่ 4.4** กราฟการทดลองเก็บค่าเฉลี่ยของโวลต์จากแผงโซล่าเซลล์




**กราฟที่ 4.5** กราฟการทดลองเก็บค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์

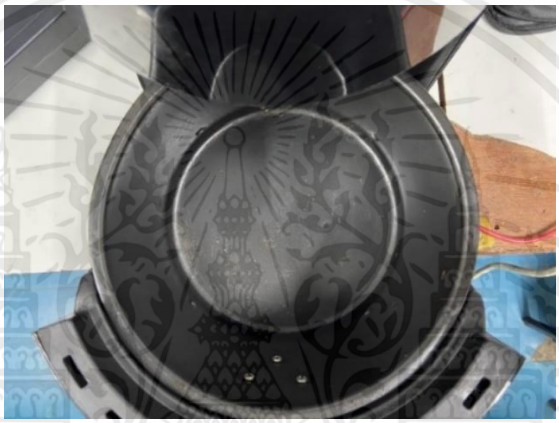
จากตารางและกราฟ จะเห็นได้ว่าการอัดประจุโดยใช้แผงโซล่าเซลล์นั้นขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการอัดประจุความเข้มของแสงในช่วงเวลานั้นๆ ทัศนวิสัยของท้องฟ้า ยิ่งท้องฟ้ามีทัศนวิสัยดี ท้องฟ้าปลอดโปร่งความเข้มแสงสูงยิ่งส่งผลต่อการอัดประจุที่สูงขึ้นตามกราฟแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การทดลองระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟส

ในการทดลองได้ทำการทดลองคายประจุของแบตเตอรี่โดยการให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง ได้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยไม่มีภาระโหลด ดังรูปที่ 4.1



**รูปที่ 4.1** หม้ออบลมร้อนโดยไม่มีอาหารเข้าไปอบ

การทดลองที่ 2 ให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีภาระโหลด ดังรูปที่ 4.2

**รูปที่ 4.2** หม้ออบลมร้อนโดยมีอาหารเข้าไปอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 ให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีภาระโหลดและทำการอัดประจุต่อเนื่องตลอดการใช้งานดังรูปที่ 4.3

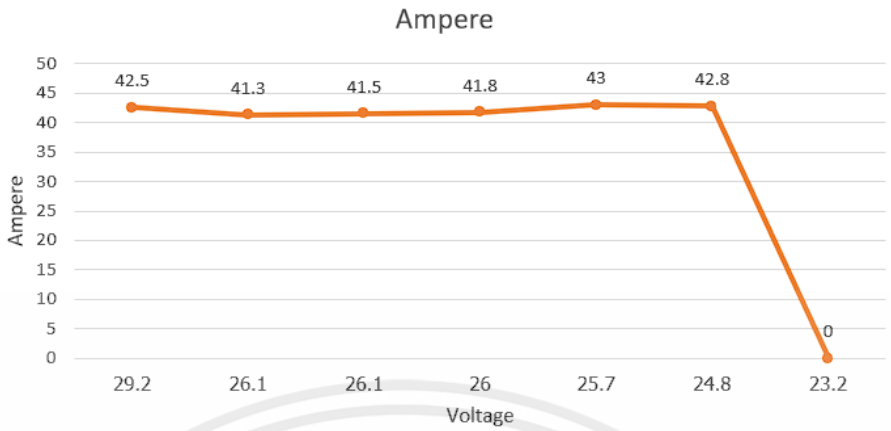
**รูปที่ 4.3** หม้ออบลมร้อนโดยมีอาหารเข้าไปอบและทำการอัดประจุจากโซล่าเซลล์ต่อเนื่องตลอดการใช้งาน

**4.4.1 การทดลองที่ 1**

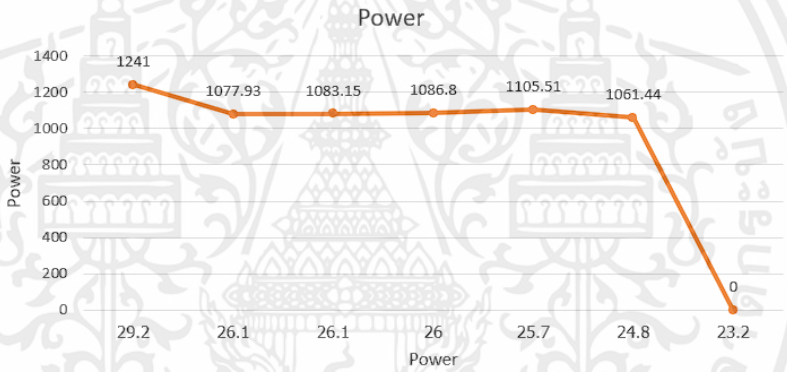
**ตารางที่ 4.15** การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยไม่มีอาหารเป็นภาระโหลด

| ใช้กำลังไฟฟ้า Wh | แรงดัน BT (V) | กระแส (A) | พลังงาน (W) | %BT จากมิเตอร์ภายในระบบ | ระยะเวลาในการใช้งาน (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.2 | 42.5 | 1241.00 | 100% | 0 |
| 1000 | 26.1 | 41.3 | 1077.93 | 81% | 30 |
| 1000 | 26.1 | 41.5 | 1083.15 | 80% | 60 |
| 1000 | 26 | 41.8 | 1086.8 | 78% | 120 |
| 1000 | 25.7 | 43 | 1105.51 | 72% | 180 |
| 1000 | 24.8 | 42.8 | 1061.44 | 20% | 240 |
| ไม่สามารถใช้งานต่อได้ | 23.2 | 0 | 0 | 0% | 240 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**กราฟที่ 4.6** กราฟการสูญเสียของกระแส




**กราฟที่ 4.7** กราฟการสูญเสียของพลังงาน

จากตารางและกราฟ จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง ในการดึงกระแสไฟฟ้าไปใช้ของหม้ออบลมร้อนโดยที่ไม่มีอาหารในหม้ออบลมร้อนกระแสจะอยู่ในช่วง 41-43 A และพลังงานอยู่ในช่วง 1061-1241 W จะใช้แรงดันแบตเตอรี่จาก 29.2 V ถึง 23.2 V จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

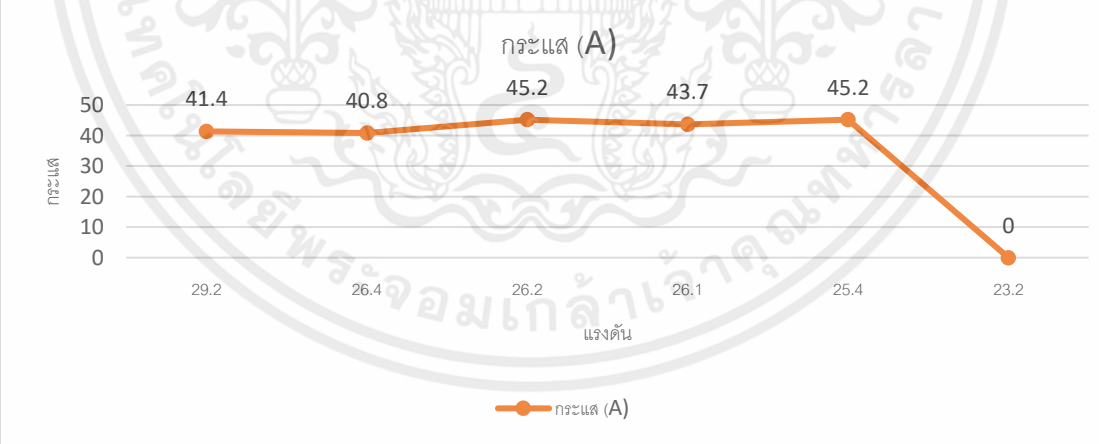
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.4.2 การทดลองที่ 2

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีการอบอาหารภายในหม้ออบลมร้อน

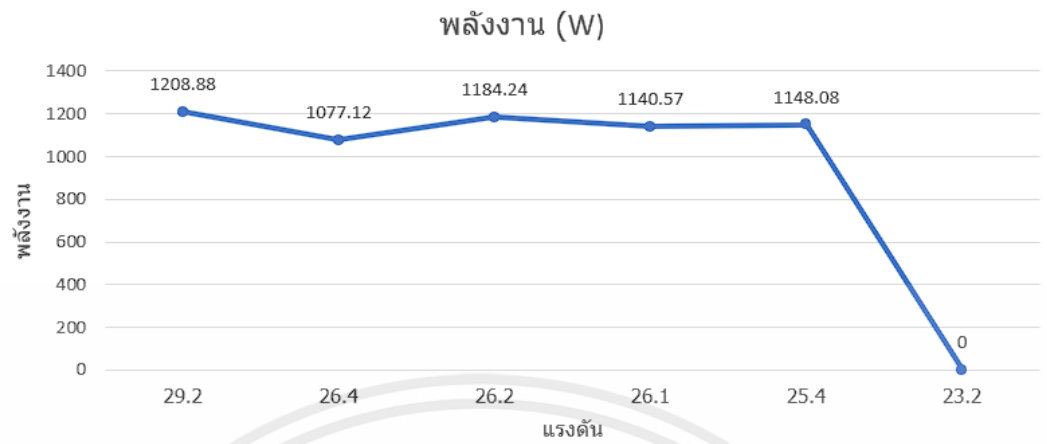
**ตารางที่ 4.16** การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีอาหารเป็นภาระโหลด

| ใช้กำลังไฟฟ้า Wh | แรงดัน BT (V) | กระแส (A) | พลังงาน (W) | %BT จากมิเตอร์ภายในระบบ | ระยะเวลาในการใช้งาน (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.2 | 41.4 | 1208.88 | 100 | 0 |
| 1000 | 26.4 | 40.8 | 1077.12 | 83 | 60 |
| 1000 | 26.2 | 45.2 | 1184.24 | 80 | 120 |
| 1000 | 26.1 | 43.7 | 1140.57 | 77 | 180 |
| 1000 | 25.4 | 45.2 | 1148.08 | 64 | 240 |
| ไม่สามารถใช้งานต่อได้ | 23.2 | 0 | 0 | 0 | 270 |




**กราฟที่ 4.8** กราฟการสูญเสียของกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**กราฟที่ 4.9** กราฟการสูญเสียของพลังงาน

จากตารางและกราฟ จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง ในการดึงกระแสไฟฟ้าไปใช้ของหม้ออบลมร้อนโดยที่มีอาหารในหม้ออบลมร้อนกระแสจะอยู่ในช่วง 41-45 A และพลังงานอยู่ในช่วง 1077-1208 W จะใช้แรงดันแบตเตอรี่จาก 29.2 V ถึง 23.2 V จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง 30 นาที

### 4.4.3 การทดลองที่ 3

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีการอบอาหารภายในหม้ออบลมร้อนและทำการอัดประจุต่อเนื่องจากแผงโซล่าเซลล์ตลอดการใช้งาน

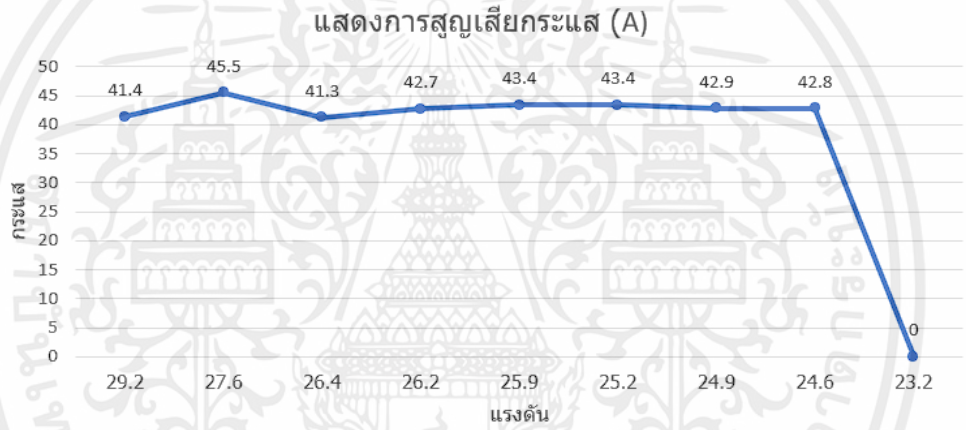
**ตารางที่ 4.17** การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีอาหารเป็นภาระโหลดและทำการอัดประจุต่อเนื่องจากแผงโซล่าเซลล์ตลอดการใช้งาน

| ใช้กำลังไฟฟ้า Wh | แรงดัน BT (V) | กระแส (A) | พลังงาน (W) | %BT จากมิเตอร์ภายในระบบ | ระยะเวลาในการใช้งาน (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.2 | 41.4 | 1208.88 | 100 | 0 |
| 1000 | 27.6 | 45.5 | 1253.04 | 86 | 60 |
| 1000 | 26.4 | 41.3 | 1090.32 | 78 | 120 |

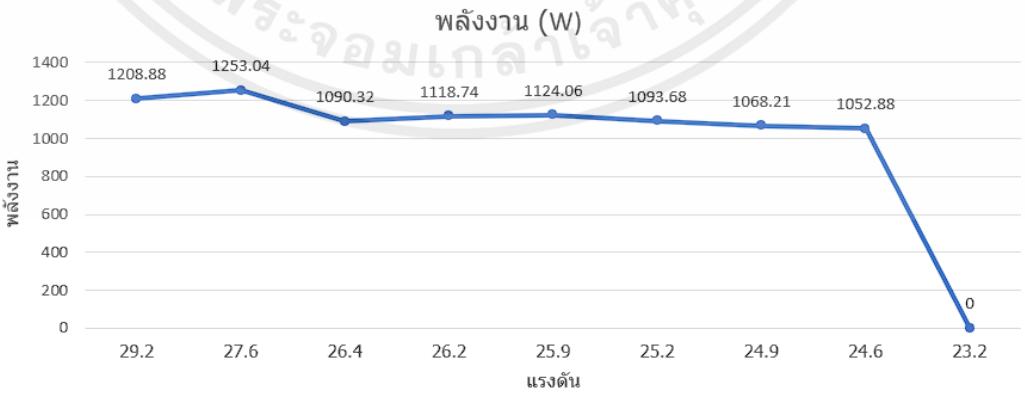
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.17** การทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีอาหารเป็นภาระโหลดและทำการอัดประจุต่อเนื่องจากแผงโซล่าเซลล์ตลอดการใช้งาน (ต่อ)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1000 | 26.2 | 42.7 | 1118.74 | 70 | 180 |
| 1000 | 25.9 | 43.4 | 1124.06 | 61 | 240 |
| 1000 | 25.2 | 43.4 | 1093.68 | 56 | 300 |
| 1000 | 24.9 | 42.9 | 1068.21 | 40 | 360 |
| 1000 | 24.6 | 42.8 | 1052.88 | 35 | 420 |
| ไม่สามารถใช้งานต่อได้ | 23.2 | 0 | 0 | 0 | 480 |




**กราฟที่ 4.10** กราฟการสูญเสียของกระแส




**กราฟที่ 4.11** กราฟการสูญเสียของพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางและกราฟ จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง ในการดึงกระแสไฟฟ้าไปใช้ของหม้ออบลมร้อนโดยที่มีอาหารในหม้ออบลมร้อนกระแสจะอยู่ในช่วง 41-45 A และพลังงานอยู่ในช่วง 1052-1253 W จะใช้แรงดันแบตเตอรี่จาก 29.2 V ถึง 23.2 V จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 8 ชั่วโมง

**รูปที่ 4.4** หน้าจอแสดงผลขณะใช้งาน

**รูปที่ 4.5** การทดลองมีอาหารในหม้ออบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์ พบว่าในการออกแบบระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์จากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสที่มีแรงดันต่อเซลล์ที่ 2.5 – 3.65V นำมาประกอบเป็นชุดโมดุลแบตเตอรี่ โดยทำการต่ออนุกรม 8S (8S: 8series) และติดตั้งชุด Battery Management System จึงได้ชุดโมดุลแบตเตอรี่ที่แรงดันไฟฟ้า 29.2V 100Ah 2920Wh สำหรับใช้กักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และการอัดประจุจากไฟฟ้ากระแสสลับ ให้แก่ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า การชาร์จทั้งหมด 2 ระบบ ประกอบด้วยการอัดประจุจากไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้มัลติมิเตอร์,จอแสดงผลของแรงดันความจุแบตเตอรี่และโปรแกรม Blynk ร่วมกับการเก็บข้อมูลบน Google Sheet เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่เพื่อง่ายต่อการใช้งาน จากผลการทดลองของระบบการอัดประจุจากไฟฟ้ากระแสสลับในการอัดประจุให้แบตเตอรี่นั้น พบว่าระยะเวลาในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสขนาด 29.2V 100Ah โดยผ่านชุดชาร์จเจอร์ 29.2V 5A ระยะเวลาในการชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสจากแรงดันแบตเตอรี่ 23.2 V ที่ 0%ของ Battery Capacity Voltage ไปจนถึงแรงดัน 29.2V ที่ 100%ของ Battery Capacity Voltage นั้นใช้เวลาทั้งหมด 20 ชั่วโมง จากแรงดัน 23.2 V ถึง 29.2V ในส่วนของผลการทดลองโดยระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ชนิดซิลิคอนขนาด 38.2V 9.08A 270W จะเห็นได้ว่าแรงดันจากแผงโซล่าเซลล์นั้นเหมาะสมมาใช้เพื่อกักเก็บแรงดันไฟฟ้าให้แรงดันแบตเตอรี่ พบว่าในการชาร์จประจุไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่นั้นมีสภาพอากาศและทัศนวิสัยเป็นตัวแปรร่วม ที่ส่งผลต่อการอัดประจุไฟฟ้าเนื่องจากความเข้มของแสงแดดในแต่ละช่วงเวลานั้น มีความเข้มของแสงที่ไม่เท่ากัน ซึ่งในการที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าของโซล่าเซลล์นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแดดในช่วงเวลานั้นๆอีกด้วย และพบว่าช่วงเวลาที่แสงที่เข้มที่สุดและโซล่าเซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีที่สุดคือที่เวลาคือ 12.30 น. ถึง 15.30 น. ดังนั้นจะใช้ระยะเวลาในการชาร์จประจุไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ที่แรงดัน 23.2 V ไปจนถึงแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ที่ 29.2V ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองการคายประจุของโมดูลแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟสขนาด 29.2V 100Ah 2920 วัตต์/ชั่วโมง โดยใช้หม้ออบลมร้อนขนาด 1000 วัตต์ 220VAC เป็นโหลดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง พบว่าระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าสามารถใช้เวลาในการใช้งานหม้ออบลมร้อนได้ถึง 4 ชั่วโมง โดยที่ไม่มีอาหารเป็นภาระโหลดและที่มีอาหารเป็นภาระโหลดสามารถใช้งานหม้ออบลมร้อนได้ถึง 4.30 ชั่วโมง และอัดประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่โดยใช้แผงโซล่าเซลล์และมีอาหารเป็นภาระโหลดสามารถใช้งานได้ถึง 8 ชั่วโมง โดยใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง และระบบกักเก็บพลังงานไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าให้กับหม้ออบลมร้อนต่อได้ที่แรงดันแบตเตอรี่ 23.2 V

**5.1.1 ปัญหาที่พบ**

1. ทำการชาร์จแบตเตอรี่เต็มแล้ว 100% แต่พบว่าเซลล์แบตเตอรี่แต่ละเซลล์มีแรงดันที่ไม่เท่ากัน

2. เกิดการช็อตตรงขั้วบวกของแบตเตอรี่อาจจะทำให้ขั้วบวกของแบตเตอรี่เกิดความเสียหายได้เมื่อต่ออนุกรมทั้งหมด 8 เซลล์

**5.1.2 แนวทางการแก้ปัญหา**

1. ทำการบาลานซ์เซลล์แบตเตอรี่ โดยการนำเซลล์แบตเตอรี่มาต่อแบบขนานเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ให้แต่ละเซลล์มีแรงดันที่เท่ากันก่อนนำไปใช้งานจริง

2. เมื่อทำการต่ออนุกรมแบตเตอรี่ทั้ง 8 เซลล์แล้วนำขั้วบวกเซลล์ที่ 8 และขั้วลบของแบตเตอรี่เซลล์ที่ 1 ต่อหลังเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อทำการตัดพลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะซ่อมบำรุง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำแรงดันในแบตเตอรี่แต่ละเซลล์ให้มีขนาดแรงดันเท่ากันก่อนนำมาใช้ควรทำการบาลานซ์เซลล์แบตเตอรี่ โดยการนำเซลล์แบตเตอรี่มาชาร์จเพื่อให้เซลล์แบตเตอรี่ไม่เสียหายทั้งโมดูล

2. การชาร์จแบตเตอรี่ควรชาร์จที่ 30 % ของพลังงานแบตเตอรี่ทั้งหมด เพื่อให้แบตเตอรี่ไม่เกิดการสูญเสียหรือเกิดการเสื่อมของเซลล์แบตเตอรี่

3. หากต้องการให้ระบบกักเก็บพลังงานสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้นจะต้องเพิ่มเซลล์แบตเตอรี่โดยการเพิ่มในส่วนของการขนาน(P:Parallel) เช่น โมดุลแบตเตอรี่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ 29.2V 100Ah จะสามารถใช้งานได้ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง และถ้าต้องการให้ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้นจะต้องใช้โมดุลแบตเตอรี่ มีขนาดแรงดันไฟฟ้า 29.2V 200Ah โดยทำการติดตั้งเซลล์แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ต่อเซลล์แบตเตอรี่อนุกรมกันทั้ง 8S (8S: 8series) และต่อเซลล์แบตเตอรี่แบบขนาน 8P(8P:8Parallel) ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจึงสามารถใช้งานได้ 16 ชั่วโมง

4. สามารถที่จะพัฒนาเป็นในทางเชิงพาณิชย์การจัดการพลังงานโดยการเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน เช่น สถานที่หนึ่งใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เยอะแสดงว่าสถานที่ ณ ตรงนั้นค้าขายกำไรได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

[1] วิธีทำความเข้าใจอัตราการคายประจุและแบตเตอรี่ลิเธียม บีเอสแอลแบต 30 พฤศจิกายน 2563 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.lithium-battery-factory.com/th/discharge-rate/?fbclid=IwAR3iDn0eKBQjOKbxCen0IvkQpoPUae39NrwCKowdKNKT3F7zTG8ixp6m1e4 (20 มิถุนายน 2566)

[2] BMS battery คืออะไร เลือกใช้อย่างไร พร้อมการทดสอบ Energy for Dummies [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://energyfordummies.com/bms-functions/ (21 มิถุนายน 2566)

[3] แบตลิเธียมฟอสเฟต อ่านค่าบนสเปค datasheet อย่างไรให้ถูกต้อง Energy for Dummies [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=h5mz4Qj4tvE&ab_channel=EnergyforDummies (20 มิถุนายน 2566)

[4] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2566) เอกสารการเรียนการสอนวิชา Adv Energy Storage เรื่อง EV & Battery Safety Requirement (21 มิถุนายน 2566)

[5] Solar charge Controller MPPT VS PWM แบบไหนดีกว่า [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา https://energyfordummies.com/component-hub/solar-charge-controllers/ (25 มิถุนายน 2566)

[6] วิธีการเลือกและประเภทของแผงโซล่าเซลล์ [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา https://energyfordummies.com/component-hub/solar-panels/ (30 มิถุนายน 2566)

[7] อินเวอร์เตอร์คืออะไร,อินเวอร์เตอร์มีกี่แบบ [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา https://energyfordummies.com/component-hub/inverters/ (30 มิถุนายน 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# ขั้นตอนการใช้งานและการบำรุงรักษา

ขั้นตอนการใช้งานของระบบการอัดประจุไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าอเนกประสงค์ด้วยแสงอาทิตย์จะสามารถใช้งานได้ 2 ระบบ คือ

1. ระบบอัดประจุไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการใช้งานการชาร์จพลังงานจำเป็นที่จะต้องนำแผงโซล่าเซลล์อยู่กลางแสงแดดดังรูป

**รูปที่ ก1.** การชาร์จพลังงานโดยใช้โซล่าเซลล์

จากนั้นทำการเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของแผงโซล่าเซลล์เพื่อทำการอัดประจุพลังงานเข้าแบตเตอรี่และปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของการอัดประจุพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์เมื่อต้องการที่จะอัดประจุพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก2.** เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์โซล่าเซลล์ชาร์จเจอร์

เมื่อใช้งานเสร็จสิ้นควรปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์โซล่าชาร์จเจอร์ ลงทุกครั้งหลังการใช้งาน เพื่อป้องกันการเสียหายต่อระบบดังรูป

**รูปที่ ก3.** ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์โซล่าเซลล์ชาร์จเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การอัดประจุไฟฟ้าให้แก่ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้ระบบการ อัดประจุพลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับ นั้นทำได้โดยการนำมาชาร์จกับ Adapter Charger 220 VAC to 29.2 VDC 5A

**รูปที่ ก4.** การชาร์จจาก Adapter Charger 220 VAC to 29.2 VDC 5A

หลังจากทำการอัดประจุพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับแล้วคอยตรวจสอบสถานะการทำงานของ Adapter Charger 220 VAC to 29.2 VDC 5A โดยที่ จะมี LED แสดงสถานการณ์ทำงานอยู่ 2 สี ได้แก่ สีแดงและสีเขียว หลอด LED สีแดงจะแสดงถึงกำลังทำงาน และสีเขียว หลอด LED สีเขียวจะแสดงถึงไม่ได้มีการอัดประจุให้แก่แบตเตอรี่หรือบ่งบอกถึงพลังงานของแบตเตอรี่นั้นเต็มแล้ว

**รูปที่ ก5.** LED ของ Adapter Charger 220 VAC to 29.2 VDC 5A แสดงถึงสถานะกำลังอัดประจุไฟฟ้า

เมื่อ Adapter Charger 220 VAC to 29.2 VDC 5A โชว์สถานะ LED สีเขียวแล้วให้ทำการถอดปลั๊กชาร์จออก แล้วจึงนำระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

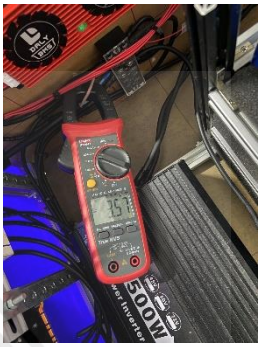
# ภาคผนวกตาราง

**ข1.** ตารางเปรียบเทียบสมบัติด้านต่างๆของแบตเตอรี่ที่ใช้งานระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า

| Specifications | Lead Acid | NiCd | NiMH | Li-ion Cobalt | Li-ion Manganese | Li-ion Phosphate |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Specific energy density** (Wh/kg) | 30–50 | 45–80 | 60–120 | 150–190 | 100–135 | 90–120 |
| **Internal resistance**[1] (mΩ) | <100 12V pack | 100–200 6V pack | 200–300 6V pack | 150–300 7.2V | 25–75[2] per cell | 25–50[2] per cell |
| **Cycle life**[4] (80% discharge) | 200–300 | 1000[3] | 300–500[3] | 500–1,000 | 500–1,000 | 1,000–2,000 |
| **Fast-charge time** | 8–16h | 1h typical | 2–4h | 2–4h | 1h or less | 1h or less |
| **Overcharge tolerance** | High | Moderate | Low | Low. Cannot tolerate trickle charge | | |
| **Self-discharge/ month** (room temp) | 5% | 20%[5] | 30%[5] | <10%[6] | | |
| **Cell voltage** (nominal) | 2V | 1.2V[7] | 1.2V[7] | 3.6V[8] | 3.8V[8] | 3.3V |
| **Charge cutoff voltage** (V/cell) | 2.40 Float 2.25 | Full charge detection by voltage signature | | 4.20 | | 3.60 |
| **Discharge cutoff voltage** (V/cell, 1C) | 1.75 | 1.00 | | 2.50 – 3.00 | | 2.80 |
| **Peak load current** Best result | 5C[9] 0.2C | 20C 1C | 5C 0.5C | >3C <1C | >30C <10C | >30C <10C |
| **Charge temperature** | –20 to 50°C | 0 to 45°C | | 0 to 45°C[10] | | |
| **Discharge temperature** | –20 to 50°C | –20 to 65°C | | –20 to 60°C | | |
| **Maintenance requirement** | 3–6 months[11] (topping chg.) | 30–60 days (discharge) | 60–90 days (discharge) | Not required | | |
| **Safety requirements** | Thermally stable | Thermally stable, fuse protection common | | Protection circuit mandatory[12] | | |
| **In use since** | Late 1800s | 1950 | 1990 | 1991 | 1996 | 1999 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข2.** ตารางการทดลองการปล่อยพลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับ

| On/Off Circuit | Home electricity | Adapter Charger Battery | |
|---|---|---|---|
| | | แรงดัน (V) | กระแส (A) |
| เปิด | | |  |
| ปิด | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข3.** ตารางการทดลองจับเวลาการชาร์จโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้าในการวัดแรงดัน

| ระยะเวลาในการชาร์จ | แรงดันของแบตเตอรี่ | เปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ |
|---|---|---|
| 0 ชั่วโมง | 23.2 V | 0% |
| 2 ชั่วโมง | 26 V | 70% |
| 4 ชั่วโมง | 26.1 V | 77% |
| 6 ชั่วโมง | 26.4 V | 85% |
| 8 ชั่วโมง | 26.6 V | 88% |
| 10 ชั่วโมง | 26.6 V | 88% |
| 12 ชั่วโมง | 26.6 V | 88% |
| 14 ชั่วโมง | 26.7 V | 90% |
| 16 ชั่วโมง | 26.8 V | 93% |
| 18 ชั่วโมง | 26.9 V | 95% |
| 20 ชั่วโมง | 29.2 V | 100% |

**ข4.** ตารางทดลองวัดแรงดันโดยใช้ จอแสดงผลของแรงดันแบตเตอรี่

| เปอร์เซ็นต์ | Battery Capacity Voltage (V) |
|---|---|
| 0 | 23.2 |
| 10 | 23.3 |
| 20 | 23.3 |
| 30 | 23.6 |
| 40 | 24.2 |
| 50 | 24.8 |
| 60 | 25.3 |
| 70 | 25.7 |
| 80 | 26.2 |
| 90 | 28.7 |
| 100 | 29.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.5** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่1 เวลา 12.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 3.53 | 0.15 | เมฆบังแสงแดด | 93.545 |
| | | | | |

**ข.6** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่1 เวลา 13.00 น.

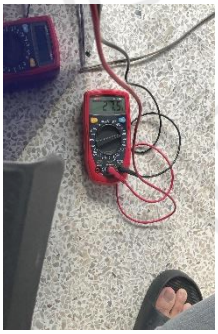
| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 28.7 | 3.53 | 5.15 | ปลอดโปร่ง | 93.545 |
| | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.7** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่1 เวลา 14.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 3.53 | 8.96 | ปลอดโปร่ง | 93.545 |
| | | | | |

**ข.8** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่1 เวลา 15.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.5 | 3.53 | 0.20 | ไม่มีแดด | 93.545 |
|  | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.9** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่1 เวลา 16.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 3.53 | 0.63 | ปลอดโปร่ง | 93.545 |
| | | | | |

**ข.10** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่2 เวลา 12.00 น.

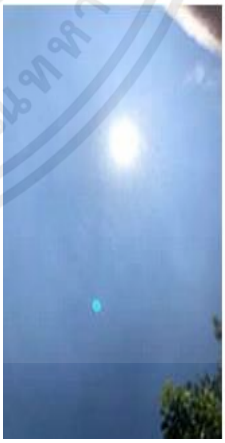
| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 35.5 | 2.67 | 8.56 | ปลอดโปร่ง | 77.964 |
| | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.11** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่2 เวลา 13.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 28.7 | 2.23 | 4.7 | ปลอดโปร่ง | 60.95 |
| | | | | |

**ข.12** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่2 เวลา 14.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.5 | 2.43 | 4.3 | ปลอดโปร่ง | 70.956 |
| | | |  | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.13** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่2 เวลา 15.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 33.8 | 2.67 | 4.7 | ปลอดโปร่ง | 77.964 |
| | | | | |

**ข.14** ตารางการทดลองเก็บพลังงานจากโซล่าเซลล์วันที่2 เวลา 16.00 น.

| V. from Solar cell(V) | A. In the Battery (A) | A. From Solar cell (A) | สภาพอากาศ | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 27.5 | 2.43 | 0.63 | ปลอดโปร่ง | 69.984 |
| | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.15** ตารางค่าเฉลี่ยของระบบกับเก็บพลังงานที่ได้จากระบบโซล่าเซลล์

| ครั้งที่ | A. In the Battery (A) | V. from Solar cell (V) | A. From Solar cell (A) | Power Battery |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.53 | 27.6 | 5.15 | 93.545 |
| 2 | 3.53 | 28.7 | 5.15 | 93.545 |
| 3 | 3.53 | 27.6 | 8.96 | 93.545 |
| 4 | 3.53 | 27.5 | 0.20 | 93.545 |
| 5 | 3.53 | 27.6 | 0.63 | 93.545 |
| 6 | 2.67 | 35.5 | 8.56 | 77.964 |
| 7 | 2.23 | 28.7 | 4.7 | 60.95 |
| 8 | 2.43 | 27.5 | 4.3 | 70.956 |
| 9 | 2.67 | 33.8 | 4.7 | 77.964 |
| 10 | 2.43 | 27.5 | 0.63 | 69.984 |
| เฉลี่ย | 3.008 | 29.2 | 4.298 | 82.554 |

**ข.16** ตารางการทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยไม่มีอาหารเป็นภาระโหลด

| ใช้กำลังไฟฟ้า Wh | แรงดัน BT (V) | กระแส (A) | พลังงาน (W) | %BT จากมิเตอร์ภายในระบบ | ระยะเวลาในการใช้งาน (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.2 | 42.5 | 1241.00 | 100% | 0 |
| 1000 | 26.1 | 41.3 | 1077.93 | 81% | 30 |
| 1000 | 26.1 | 41.5 | 1083.15 | 80% | 60 |
| 1000 | 26 | 41.8 | 1086.8 | 78% | 120 |
| 1000 | 25.7 | 43 | 1105.51 | 72% | 180 |
| 1000 | 24.8 | 42.8 | 1061.44 | 20% | 240 |
| ไม่สามารถใช้งานต่อได้ | 23.2 | 0 | 0 | 0% | 240 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.17** ตารางการทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีอาหารเป็นภาระโหลด

| ใช้กำลังไฟฟ้า Wh | แรงดัน BT (V) | กระแส (A) | พลังงาน (W) | %BT จากมิเตอร์ภายในระบบ | ระยะเวลาในการใช้งาน (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.2 | 41.4 | 1208.88 | 100 | 0 |
| 1000 | 26.4 | 40.8 | 1077.12 | 83 | 60 |
| 1000 | 26.2 | 45.2 | 1184.24 | 80 | 120 |
| 1000 | 26.1 | 43.7 | 1140.57 | 77 | 180 |
| 1000 | 25.4 | 45.2 | 1148.08 | 64 | 240 |
| ไม่สามารถใช้งานต่อได้ | 23.2 | 0 | 0 | 0 | 270 |

**ข.18** ตารางการทดลองโดยให้หม้ออบลมร้อนใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1000 วัตต์/ชั่วโมง โดยมีอาหารเป็นภาระโหลดและทำการอัดประจุต่อเนื่องตลอดการใช้งาน

| ใช้กำลังไฟฟ้า Wh | แรงดัน BT (V) | กระแส (A) | พลังงาน (W) | %BT จากมิเตอร์ภายในระบบ | ระยะเวลาในการใช้งาน (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.2 | 41.4 | 1208.88 | 100 | 0 |
| 1000 | 27.6 | 45.5 | 1253.04 | 86 | 60 |
| 1000 | 26.4 | 41.3 | 1090.32 | 78 | 120 |
| 1000 | 26.2 | 42.7 | 1118.74 | 70 | 180 |
| 1000 | 25.9 | 43.4 | 1124.06 | 61 | 240 |
| 1000 | 25.2 | 43.4 | 1093.68 | 56 | 300 |
| 1000 | 24.9 | 42.9 | 1068.21 | 40 | 360 |
| 1000 | 24.6 | 42.8 | 1052.88 | 35 | 420 |
| ไม่สามารถใช้งานต่อได้ | 23.2 | 0 | 0 | 0 | 480 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-นามสกุล** | พัทธดนย์ จันทร์มาก |
| **ที่อยู่** | 4 หมู่ 1 ตำบล หนองปรือ อำเภอ บางละมุง จังหวัด ชลบุรี 20150 |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 095-004-5845 |
| **E-mail** | harleypathadon33@gmail.com<br>64015098@kmitl.ac.th |
| **ประวัติการศึกษา** | ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร<br>ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวส) วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม |
| **ประวัติการทำงาน** | บริษัท Fujisu แผนก Quality Control (QC) |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน(ต่อ)

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-นามสกุล** | ศุภกิตติ์ ศรีเกษม |
| **ที่อยู่** | บ้านเลขที่ 84/106 หมู่ที่ 2 ตำบล พนมสารคาม อำเภอ พนมสารคาม จังหวัด ฉะเชิงเทรา 24120 |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 062-549-4130 |
| **E-mail** | Supakit12222@gmail.com<br>64015140@kmitl.ac.th |
| **ประวัติการศึกษา** | ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพนมสารคาม พนมอดุลวิทยา<br>ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวส) วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ สาขาวิชาเครื่องมือวัดและควบคุม |
| **ประวัติการทำงาน** | บริษัท Asahhi kokusai techneion Co.,Ltd. แผนก Instrument Technician |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน(ต่อ)

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-นามสกุล** | สุทธิพงษ์ กูลจีรัง |
| **ที่อยู่** | บ้านเลขที่ 1 หมู่ 3 ตำบล หนองบัว อำเภอ เมืองจันทบุรี จังหวัด จันทบุรี 22000 |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 094-249-2527 |
| **E-mail** | suttiphong13010@gmail.com<br>64015151@kmitl.ac.th |
| **ประวัติการศึกษา** | ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช) วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์<br>ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวส) วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ สาขาวิชาเครื่องมือวัดและควบคุม |
| **ประวัติการทำงาน** | บริษัท Feedforward Co.,Ltd. แผนก Instrument Technician |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้