

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงาน
ส่วนกลาง

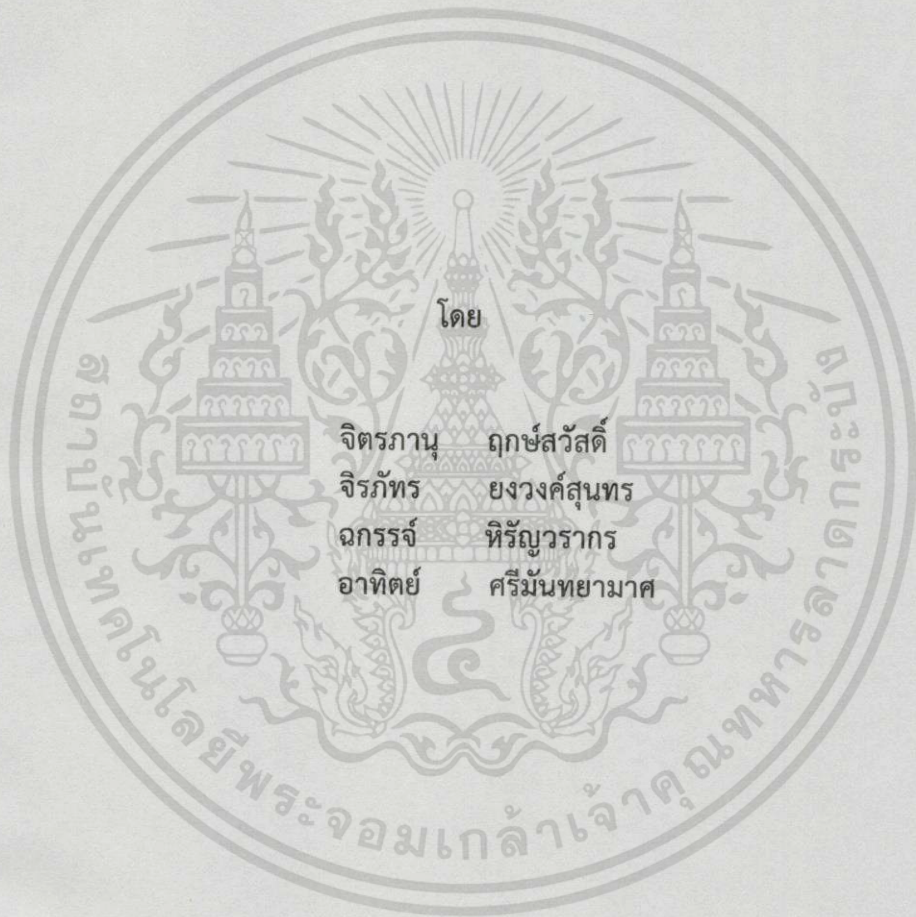
Future Center Project : The design of centralized charging and storage
System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต: การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงาน
ส่วนกลาง

Future Center Project: The design of centralized charging and storage
system



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Future Center Project: The design of centralized charging and
storage system



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE OF ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2556

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต: การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงาน
ส่วนกลาง

Future Center Project: The design of centralized charging and storage
system



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชาย

ชมภูอินไหว

รศ.ดร.มณฑล

ลีลาจินดาไกรฤกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

เรื่อง ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต: การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงานส่วนกลาง

ผู้จัดทำ



1. นายจิตรภาณุ ฤกษ์สวัสดิ์
2. นายจิรภัทร ยงวงศ์สุนทร
3. นายฉกรรจ์ หิรัญวารากร
4. นายอาทิตย์ ศรีมันทยามาศ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.มณฑล สีลาจินดาไกรฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต: การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงานส่วนกลาง

นายจิตรภาณุ ฤกษ์สวัสดิ์
นายจิรภัทร ยวงค์สุนทร
นายฉกรรจ์ หิรัญวารการ
นายอาทิตย์ ศรีมันทยามาศ
ผศ.ดร. ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ระบบประจุและเก็บสะสมพลังงานในโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตซึ่งประกอบไปด้วยแบตเตอรี่, ชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นระบบที่จำเป็นในการเก็บพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบควบคุมและโหลดภายในตัวบ้านต้นแบบ โดยระบบประจุและเก็บสะสมพลังงานนี้ออกแบบสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์จ่ายให้กับปริมาณการใช้ไฟฟ้า 103.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (เวลา 18.00 ถึง 24.00 นาฬิกา)ในแต่ละวัน โดยการออกแบบระบบเก็บพลังงานและการเลือกขนาดของแบตเตอรี่จะต้องสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟของโหลดวิกฤต มีประสิทธิภาพ และเป็นไปตามหลักเศรษฐศาสตร์

Future Center Project: The design of centralized charging and storage system

Mr. JITPANU RERKSAWAD

Mr. JIRAPAT YONGWONGSOONTHORN

Mr. CHAKAN HIRUNVARAKORN

Mr. ARITIT SRIMANTHAYAMAT

Asst.Prof.Dr.Chai Chompoo-inwai Supervisor

Assoc.Prof.Dr.Monthon Leelachindakileak Supervisor

Year 2013

ABSTRACT

This thesis presents about centralized charging and storage system in Future renewable center. Consist of batteries, converters and inverters. It is necessary for storing energy from renewable energy source and be able to distribute enough power to the Future Renewable Center building. The system is designed for 220 volt, 50 hertz, load demands 195.7 kilowatt-hour for 6 hours (18.00 – 24.00) on each day. Energy storage system design and sizing of the devices in the system must be efficiently, economically and according to critical load.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จบรรลุตามเป้าหมายไปได้ด้วยดีและมีความสมบูรณ์ ต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาบัตรฉบับนี้ ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยเหลือและชี้แนะในการจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้

ขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์ทุกท่าน ที่สอนให้วิชาความรู้ ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะคำปรึกษาแนวทางในเรื่องต่างๆอันมีส่วนสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องในการจัดทำปริญญาบัตร เพื่อใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในขั้นต่อไป

ขอขอบคุณพี่ๆในห้อง ESIRC ทุกท่าน ที่คอยเป็นที่ปรึกษา แนะนำเสริมความรู้จากประสบการณ์ที่ผ่านมา เพื่อนำมาจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้ให้มีข้อมูลถูกต้อง ครบถ้วนและมีความสมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบพระคุณบุคคลที่เป็นผู้ให้กำเนิดหรือบุพการี คือ บิดา มารดา อันเป็นที่รักและเคารพอย่างยิ่ง ที่ให้ความรู้ ให้ความรัก ให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และให้กำลังใจที่ตีเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญาบัตรฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อทุกท่านที่มีความสนใจต้องการจะศึกษาหาความรู้ในเรื่องนี้ จึงขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VIII
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินโครงการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 โหลดและลักษณะการใช้ไฟฟ้า.....	4
2.1.1 ลักษณะการใช้ไฟฟ้า.....	4
2.1.2 กราฟของโหลด.....	4
2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	5
2.3 เครื่องประจุแบตเตอรี่.....	5
2.4 แบตเตอรี่.....	5
2.4.1 ชนิดของแบตเตอรี่.....	7
2.4.2 แบตเตอรี่ชนิด Lead-acid.....	7
2.5 การหาขนาดของแบตเตอรี่.....	8
2.6 ปฏิกริยาเคมีในแบตเตอรี่.....	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 การคายประจุของแบตเตอรี่.....	9
2.8 การอัดประจุไฟฟ้า.....	9
2.9 อัตราการคายประจุและอัตราการอัดประจุ.....	9
2.10 วิธีการประจุแบตเตอรี่.....	9
2.11 ระดับการอัดประจุแบตเตอรี่.....	10
2.12 กลไกการอัดประจุแบตเตอรี่.....	11
2.12.1 แรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่.....	11
2.13 ความลึกของการคายประจุและการอัดประจุ.....	12
2.14 อัตราการคายประจุด้วยตัวเอง.....	13
2.15 ไลฟ์ไซเคิล (Life cycle).....	14
2.16 การประยุกต์การใช้งานแบตเตอรี่.....	14
2.16.1 การใช้งานแบบเป็นรอบ (Cycle operation).....	14
2.16.2 การใช้งานแบบชั่วคราว (Standby charging).....	14
2.17 ลักษณะการต่อแบตเตอรี่.....	15
2.18 ความปลอดภัยในการใช้แบตเตอรี่.....	16
2.19 ระบบแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าที่มีการต่อกับไฟฟ้าส่วนกลาง.....	17
2.20 อินเวอร์เตอร์.....	19
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง.....	20
3.1 สถานที่ติดตั้งแบตเตอรี่และระบบชาร์จ.....	22
3.2 การออกแบบแบตเตอรี่.....	22
3.3 การคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่จากกราฟโพลด.....	22
3.3.1 กรณีระบบ AC-Coupled Battery Charging.....	24
3.3.2 กรณีระบบ DC-Coupled Battery Charging.....	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	28
4.1 ผลการออกแบบประกอบสร้างของโครงการวิจัย.....	28
4.2 พื้นที่ใช้ในการวางชุดแบตเตอรี่.....	30
4.3 ผลการคำนวณปริมาณความจุของแบตเตอรี่ในระบบ 2 ระบบ.....	32
4.3.1 ระบบ AC Coupled Battery Charging.....	33
4.3.2 ระบบ DC Coupled Battery Charging.....	38
4.4 วิเคราะห์ระบบ DC-Coupled Battery Chargingและ AC-Coupled Battery Charging...	41
4.5 นำข้อมูลจากพลังงานที่ผลิตได้และพลังงานที่ต้องใช้มาวิเคราะห์.....	43
4.6 การติดตั้งระบบESS (Energy storage system).....	50
4.6.1 อุณหภูมิ.....	50
4.6.2 ระบบระบายอากาศ.....	50
4.6.3 ระบบความปลอดภัย.....	51
4.6.4 ระบบการป้องกัน.....	51
4.6.5 พื้นที่บริเวณทางเข้า.....	51
4.6.6 ตำแหน่งของแบตเตอรี่.....	51
4.6.7 ส่วนควบคุม.....	52
4.6.8 อินเวอร์เตอร์กำลัง.....	52
4.6.9 ขั้นตอนการติดตั้งแบตเตอรี่.....	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	54
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก ก Battery	57
ภาคผนวก ข Battery Charger SMA	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค Multicluster SMA	65
ภาคผนวก ง Inverter SMA	70
ภาคผนวก ฉ บทความทางวิชาการ.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	78

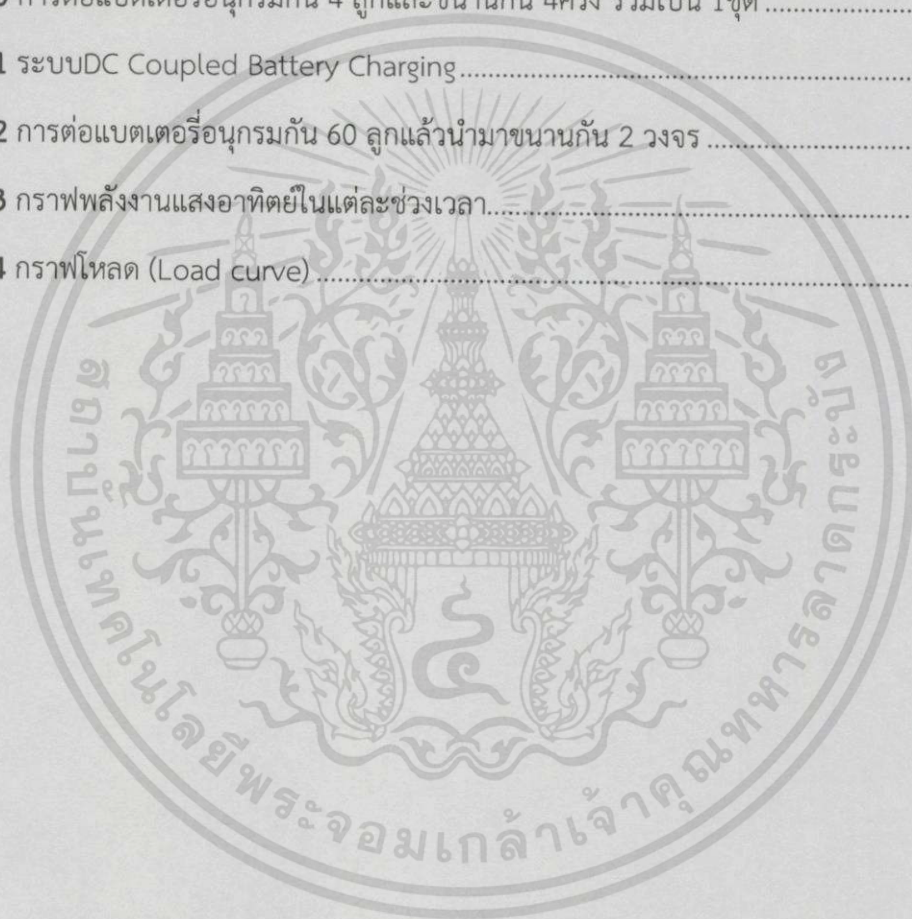


สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบแบตเตอรี่และเครื่องประจุแบตเตอรี่	5
2.2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด.....	6
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันที่ใช้อัดประจุกับเวลาในสถานะต่างๆ	12
2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสที่ใช้อัดประจุกับเวลาในสถานะต่างๆ	12
2.5 กราฟแสดงจำนวนครั้งการประจุกับค่าดีโอดี	13
2.6 การต่อแบบขนานเพื่อต้องการกระแสเพิ่มขึ้น	15
2.7 การต่อแบบอนุกรมเพื่อต้องการแรงดันเพิ่มขึ้น	16
2.8 การต่อแบบผสมเพื่อต้องการแรงดันและกระแสเพิ่มขึ้น	16
2.9 โครงข่ายระบบ DC-coupled charging และทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า.....	17
2.10 โครงข่ายระบบ AC-coupled charging และทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า.....	18
2.11 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในแต่ละพื้นที่.....	19
3.1 Flow Chart กระบวนการทำงานของกลุ่ม	20
3.2 ระบบจ่ายไฟฟ้าที่ใช้กับโครงการ.....	21
3.3 กราฟโหลดในอาคาร	24
3.4 การต่อแบตเตอรี่ 1 ชุด โดยอนุกรมกัน 4 ลูก แล้วนำมาขนานกัน 4 วงจร.....	25
3.5 ระบบ AC-Coupled Battery Charging.....	25
3.6 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูก แล้วนำมาขนานกัน 2 วงจร	26
3.7 ระบบ DC-Coupled Battery Charging	27
4.1 ภาพการออกแบบโดยรวมของโครงการวิจัย Future Renewable Center	28
4.2 ตัวอาคาร Future Renewable Center (1)	29
4.3 ตัวอาคาร Future Renewable Center (2)	29
4.4 แพลนโครงสร้างชั้น 2 มาตรฐาน 1:100.....	30
4.5 แพลนโครงสร้างห้องเก็บแบตเตอรี่ มาตรฐาน 1:100	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 พื้นที่ห้องเก็บแบตเตอรี่ (1).....	31
4.7 พื้นที่ห้องเก็บแบตเตอรี่ (2).....	31
4.8 กราฟโหลดในอาคารของโครงการ Future Renewable Center.....	32
4.9 ระบบAC Coupled Battery Charging.....	33
4.10 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 4 ลูกและขนานกัน 4ครั้ง รวมเป็น 1ชุด	34
4.11 ระบบDC Coupled Battery Charging	38
4.12 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูกแล้วนำมาขนานกัน 2 วงจร	39
4.13 กราฟพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา.....	43
4.14 กราฟโหลด (Load curve)	44



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
2.1 ข้อแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่รถยนต์และ Deep Cycle Battery	7
2.2 ระดับการอัดประจุ	10
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีโอดีกับค่าเอสไอซี	13
3.1 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ FB.....	22
3.2 โหลดแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00น.จนถึง 24.00น.....	23
4.1 คุณสมบัติอินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 15000TL.....	34
4.2 คุณสมบัติเครื่องประจุแบตเตอรี่ Sunny island 8.0H	35
4.3 คุณสมบัติของMulticluster box.....	36
4.4 แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle ขนาด 125 แอมป์ชั่วโมง แรงดัน 12 โวลต์.....	37
4.5 คุณสมบัติอินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 15000TL.....	40
4.6 แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle ขนาด 125 แอมป์ชั่วโมง แรงดัน 12 โวลต์.....	41
4.7 ผลการเปรียบเทียบระบบแบตเตอรี่.....	42
4.8 พลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา.....	43
4.9 กำลังไฟฟ้าและความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมง	44
4.10 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.....	45
4.11 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.....	46
4.12 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.....	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.....	48
4.14 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.....	49



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 - 2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) มีแผนให้ส่งเสริมการผลิต การใช้ ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยตั้งเป้าหมายให้สามารถทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ภายใน 10 ปี ทั้งนี้ให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างครบวงจร ปัจจุบันในการดำเนินการตามนโยบายพลังงานดังกล่าว กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 - 2564) (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012 - 2021) และแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) (Energy Efficiency Development Plan: EE 20ปี)

เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นทุกวันทำให้พลังงานฟอสซิล (เช่น ก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุดในประเทศไทย) มีจำนวนลงน้อยลงมาก เพื่อไม่ให้ประเทศเข้าสู่วิกฤตการณ์ขาดแคลนพลังงานจึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกมาใช้เพื่อแก้ปัญหา โดยโครงการ Future Renewable Center นี้ยังครอบคลุมถึงชุมชนในชนบทที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง ทำให้พวกเขาเหล่านั้นสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้ด้วยตัวเองโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานลม ซึ่งโครงการนี้แบ่งเป็นส่วนใหญ่ๆ หลายส่วนเช่น ส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนของพลังงานลม ส่วนสายส่งไฟฟ้ากำลัง ส่วนควบคุม และส่วนแบตเตอรี่ เป็นต้น โดยปริยญาณิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงส่วนของระบบแบตเตอรี่ที่ใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาจากแสงอาทิตย์และลมเป็นหลัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเลือกชนิดของแบตเตอรี่ได้อย่างเหมาะสมกับขนาดพลังงานที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม
2. ศึกษาความแตกต่างของการใช้งานแบตเตอรี่ในช่วง Full Load และ Critical Load เพื่อค้นคว้าหาวิธีการใช้แบตเตอรี่ในช่วงเวลาต่างๆได้อย่างเหมาะสม
3. เพื่อศึกษาชนิดและเลือกเครื่องอัดประจุและอินเวอร์เตอร์ให้สามารถใช้กับแบตเตอรี่ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด
4. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อของระบบการอัดประจุแบตเตอรี่ (coupling)

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการงาน

1. ศึกษาและพิจารณาการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลม
2. ศึกษาการอัดประจุแบตเตอรี่โดยใช้แหล่งพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลม
3. ศึกษาการนำพลังงานที่สะสมในแบตเตอรี่ไปใช้อย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงการรักษาอายุแบตเตอรี่ให้ยาวนานและคุ้มค่าที่สุด
4. พิจารณาความต้องการของโหลดภายในโครงการ Future Renewable Center เพื่อเลือกขนาดของแบตเตอรี่, เครื่องอัดประจุและอินเวอร์เตอร์
5. การจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ในสภาวะต่างๆ
6. พิจารณาการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนกับระบบแบตเตอรี่

1.4 วิธีการดำเนินโครงการงาน

1. ศึกษากระบวนการในการนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนหลักที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าในโครงการ Future Renewable Center มาใช้ให้เหมาะสมกับโหลดภายในโครงการ
2. ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเก็บสะสมพลังงาน เช่น แบตเตอรี่, อินเวอร์เตอร์, เครื่องประจุแบตเตอรี่
3. เก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ในบริเวณที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และนำข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ
4. วิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าภายในอาคารและนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบ
5. ออกแบบระบบแบตเตอรี่
6. ออกแบบระบบประจุแบตเตอรี่
7. ทดสอบระบบเก็บสะสมพลังงานที่ออกแบบ

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน								หมายเหตุ
	พ.ศ.2556						พ.ศ.2557		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	
ศึกษาทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ									
เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ									
ประมาณการใช้ไฟฟ้าภายในโครงการ									
ออกแบบระบบแบตเตอรี่									
ออกแบบระบบประจุแบตเตอรี่									
ตรวจสอบผลลัพธ์วิเคราะห์พลังงานที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละเดือน									
รายงานสรุปผลการวิจัย									

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เข้าใจหลักการนำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า
2. เข้าใจวิธีการเชื่อมต่อและการทำงานร่วมกันของระบบไฟฟ้าระบบหนึ่ง
3. ทราบถึงวิธีการเลือกเครื่องประจุแบตเตอรี่, อินเวอร์เตอร์ และแบตเตอรี่
4. เข้าใจความหมายของพารามิเตอร์ต่างๆของแบตเตอรี่
5. ทราบถึงวิธีการติดตั้งและการต่อแบตเตอรี่ในลักษณะต่างๆ
6. ทราบถึงวิธีการใช้แบตเตอรี่ให้มีอายุยืนยาวและคุ้มค่าที่สุด
7. ทราบถึงการคาดการณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของโหลด

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โหลดและลักษณะการใช้ไฟฟ้า [4]

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังนั้น คือ การใช้ไฟฟ้าที่ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่การผลิตไฟฟ้านั้นไม่สามารถผลิตให้เต็มพิกัดและเก็บรักษาพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้จากความต้องการของโหลดมาใช้ภายหลังได้ ดังนั้นวิธีง่ายที่สุด คือ ต้องผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้ของโหลด ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อหาลำโพงการผลิต ณ จุดที่เหมาะสมกับความต้องการของโหลด

2.1.1 ลักษณะการใช้ไฟฟ้า

การผลิตกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังนั้น ถูกกำหนดโดยโหลดของระบบ แต่การใช้ไฟฟ้านั้นมิได้คงที่อยู่ทุกขณะ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการจัดระบบผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสม เพราะสิ่งสำคัญคือต้องพยายามรักษาระดับแรงดันในการส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้เพื่อไม่ให้ความเสียหายต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและจัดโปรแกรมการเดินเครื่องหรือหยุดเดินเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่องให้เหมาะสมกับการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา เช่น ในช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อยไม่จำเป็นต้องเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกันทุกเครื่องเพราะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในส่วนของการซื้อเพลิงและการดำเนินการ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องโดยเก็บข้อมูลทางสถิติช่วยให้สามารถพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาและการขยายตัวของการใช้ไฟฟ้าในอนาคต เพื่อมีการวางแผนการสร้างแหล่งผลิตกำลังและแหล่งพลังงานไว้ล่วงหน้าเพื่อการเจริญเติบโตในอนาคตดังนั้นการที่จะทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าได้นั้นต้องศึกษาจากกราฟของโหลด (Load Curve)

2.1.2 กราฟของโหลด

ก่อนที่จะศึกษากราฟของโหลด ต้องทำความเข้าใจคำว่า โหลดติดตั้งและโหลดจริง ก่อน เพราะทั้งสองคำนี้มีความสัมพันธ์กับกราฟของโหลดเป็นอย่างมาก

โหลดติดตั้ง (Connected Load) หมายถึง โหลดไฟฟ้าที่ติดตั้งหรือแจ้งการใช้งานไว้ทั้งหมด(โหลดที่ถูกแสดงไว้ในผังไฟฟ้า) อาจมีการใช้งานหรือไม่ได้ใช้งานอยู่ก็ได้

โหลดจริง (Actual Load) หมายถึง โหลดที่มีการใช้งานอยู่จะมีค่าสูงสุดเท่ากับโหลดติดตั้ง แต่โดยปกติจะน้อยกว่าเสมอ ซึ่งโหลดจริงนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมการใช้ไฟของโหลดติดตั้งอยู่ตลอดเวลา ถ้านำค่าดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและโหลดจริงจะได้เป็น “กราฟของโหลด” (Load Curve) ดังนั้นกราฟของโหลดคือ เส้นแสดงค่าชั่วขณะของโหลดจริงในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ เมื่อแสดงผลของโหลดจริงในช่วงเวลา 1 วัน 1 เดือน และ 1 ปี เรียกว่า “กราฟของโหลดประจำวัน ประจำเดือนและประจำปี” ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ [2]

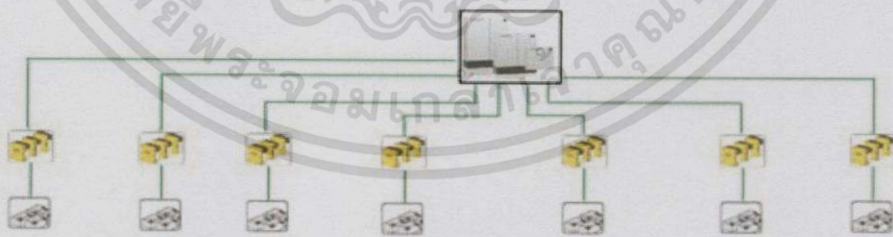
เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นวัตต์ เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่ต้อง ซึ่งในทางปฏิบัติ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงเดียนั้นมีพิคกแรงดันดันและกระแสที่ไม่เหมาะสมกับระบบที่ใช้ จึงจำเป็นต้องมีการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะต่างๆให้มีค่าพิคกและพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งหลักการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเหมือนกับหลักการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีหลักการดังนี้

1. เมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อแบบอนุกรม จะได้พิคกแรงดันเพิ่มขึ้น
2. เมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อแบบขนาน จะได้พิคกกระแสเพิ่มขึ้น
3. เมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อแบบผสม จะได้พิคกแรงดันและกระแสเพิ่มขึ้น

2.3 เครื่องประจุแบตเตอรี่ [2]

เครื่องประจุแบตเตอรี่ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ให้มีปริมาณที่เหมาะสม เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย หากแบตเตอรี่ถูกประจุจนเต็ม เครื่องประจุแบตเตอรี่จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า และส่วนใหญ่เครื่องประจุแบตเตอรี่จะมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนให้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งในระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องประจุแบตเตอรี่ในกรณีที่ต้องการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น สามารถแบ่งการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จไฟที่มากเกินไปโดยควบคุมการประจุไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่
2. ป้องกันแบตเตอรี่จากการถ่ายเทประจุออก (ดีสชาร์จ) มากเกินไปโดยการตัดโวลต์หรือการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าออกเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำเกินไป
3. แสดงข้อมูลสถานะทำงานของตัวควบคุมการเก็บประจุ



รูปที่ 2.1 ระบบแบตเตอรี่และเครื่องประจุแบตเตอรี่

2.4 แบตเตอรี่ [6]

แบตเตอรี่คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อใช้ในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอหรือแหล่งจ่ายอื่นไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ โดยจะสะสมพลังงานในหน่วยวัตต์-ชั่วโมง (Wh) หรือ แอมป์-ชั่วโมง (Ah) ซึ่งแบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบ

มาเพื่อใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากแบตเตอรี่สำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์

โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ แบบปฐมภูมิ และแบบทุติยภูมิ โดยแบตเตอรี่ปฐมภูมิ หมายถึง แบตเตอรี่ที่ใช้งานได้เพียงครั้งเดียวแล้วจะต้องทิ้งไป เนื่องจากไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบย้อนกลับใหม่ได้ ส่วนแบตเตอรี่ทุติยภูมิ คือ แบตเตอรี่ที่สามารถทำการเก็บประจุไฟใหม่และนำกลับมาใช้งานได้ อีก หรือกล่าวคือสามารถทำปฏิกิริยาเคมีแบบย้อนกลับได้ เช่น แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด นิเกิล-แคดเมียม นิเกิลไฮไดรด์และลิเทียมแบตเตอรี่ เป็นต้น

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์นิยมใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ส่วนแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม ใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ เป็นต้น สำหรับแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-เหล็กจะไม่นำมาใช้เนื่องจากการคายประจุด้วยตัวเองมีค่าสูง ส่วนแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-ไฮไดรด์มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อคิดราคาต่อค่าความจุเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด อย่างไรก็ตามค่าความจุของแบตเตอรี่ทุกชนิดล้วนมีช่วงความจุให้เลือกใช้งานตั้งแต่ระดับหลายร้อยถึงพันแอมแปร์-ชั่วโมง และยังคงต้องการระบบป้องกันในการประจุจึงจะเหมาะสมกับใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด [6]

ซึ่งรูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ดังนี้

1. **เปลือกและฝาแบตเตอรี่** ทำขึ้นเพื่อใช้บรรจุกลุ่มแผ่นธาตุบวกและลบ โดยทั่วไปทำจากยางแข็ง หรือพลาสติกทนทานกรดกำมะถัน ซึ่งในรูปที่ 2.2 เป็นแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด 12 โวลต์ แบ่งเป็น 6 ช่อง

2. **กลุ่มแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ** เป็นโครงตะกั่วผสมระหว่างตะกั่วลบล้วน หรือตะกั่วลบล-แคลเซียมแล้วฉาบอัดด้วยผงตะกั่วบริสุทธิ์ผสมสารเคมี แผ่นธาตุบวกมีเนื้อแผ่นสีน้ำตาล แผ่นธาตุลบมีเนื้อแผ่นสีเทา ซึ่งจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำกรดแล้วเกิดกระแสไฟฟ้า

3. **แผ่นกั้น** ทำหน้าที่กั้นไม่ให้แผ่นธาตุบวกและลบสัมผัสกัน แผ่นกั้นอาจทำจากแผ่นยางพรม, แผ่นพลาสติกที่มีรูพรุนเล็กๆ หรือแผ่นกระดาษสังเคราะห์ ช่วยให้เกิดการทำปฏิกิริยาทางเคมี ได้ดีขึ้นระหว่างแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบเมื่อมีน้ำกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. น้ำกรดผสมหรือน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ เป็นส่วนผสมระหว่างน้ำกลั่นและน้ำกรด กำมะถันชนิดเข้มข้น ทำให้เจือจาง โดยประเทศในเขตร้อนใช้น้ำกรดผสมที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.240 -1.260 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

5. ฝาจุกแบตเตอรี่ ทำหน้าที่รักษาน้ำกรดผสมไม่ให้ออกจากช่องเซลล์แบตเตอรี่ พร้อมระบายก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีควรมีการป้องกันและรักษาความสะอาดไม่ให้เกิดการอุดตัน

ความแตกต่างของโครงสร้างที่สำคัญระหว่างแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดแบบ Deep-cycle lead-acid ซึ่งเหมาะแก่การใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดทั่วไปคือแผ่นตะกั่วของแบตเตอรี่แบบแรกเป็นของแข็งทึบ แต่ในแบตเตอรี่อีกแบบหนึ่งเป็นแบบของแข็งมีรูพรุนเหมือนฟองน้ำ อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบ Deep cycle lead- acid ถูกออกแบบให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ถึง 20% ของค่าความจุ และสามารถทำการประจุได้หลายพันรอบ

2.4.1 ชนิดของแบตเตอรี่ [8]

แบตเตอรี่มีหลายชนิดโดยทั่วไปแบตเตอรี่ที่เรารู้จักจะเป็นแบบตะกั่ว-กรดซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้โดยทั่วไปเป็นชนิดฟลัด (Flooded) และชนิดเจล (Gel) โดยหลักการของแบตเตอรี่ชนิดฟลัด (Flooded) สามารถแบ่งได้อีกสองประเภท ได้แก่ แบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่น (Sealed) และแบตเตอรี่แบบแห้ง (Unsealed)

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดผลิตขึ้นสำหรับรถยนต์หรือระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์จะเรียกว่าแบตเตอรี่แบบรอบลึกเนื่องมาจากเหตุผลตามตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ข้อแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่รถยนต์และ Deep Cycle Battery

แบตเตอรี่สำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (แบตเตอรี่แบบรอบลึก)	แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ (แบตเตอรี่จุกติดเร็ว)
ออกแบบมาเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าจำนวนไม่มากต่อ เนื่องในชว่เวลายาวนาน	ออกแบบเพื่อจ่ายกำลังสูงใน ชว่เวลาสั้นๆ
ออกแบบให้ทำการชาร์จไฟฟ้าในอัตราที่ช้าด้วย	สามารถชาร์จในอัตราที่ช้า หรือเร็วก็ได้

2.4.2 แบตเตอรี่ชนิด Lead-acid [2]

เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกโดยแกสตัน พลองด์ นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2402 เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้าและยังมีการใช้งานอยู่อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันและมักเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุสูงและสามารถจ่ายกระแสได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากแบตเตอรี่ชนิดนี้มีต้นทุนในการเก็บพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ชาร์จได้ชนิดอื่น จึงนิยมใช้งานในระบบสำรองไฟฟ้า, ระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉินและยานพาหนะต่างๆสามารถแบ่งประเภทแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่แบตเตอรี่ใช้งานทั่วไปที่ใช้สำหรับเดินเครื่องยนต์ แบบคายประจุลึกและแบบผสม

2.5 การหาขนาดของแบตเตอรี่ [8]

การหาขนาดของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับระบบไฟฟ้านั้น จะต้องคำนึงถึงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าพารามิเตอร์ของแบตเตอรี่และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ อินเวอร์เตอร์ สามารถคำนวณขนาดของแบตเตอรี่ที่จะใช้จากสมการดังนี้

$$Q_{batt} = \frac{P_{Load} \times T}{V_{batt} \times eff_{batt} \times eff_{Inv} \times \%DOD} \quad (2.1)$$

เมื่อ Q_{batt} = ความจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)
 P_{Load} = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)
 V_{batt} = แรงดันของแบตเตอรี่ (โวลต์)
 eff_{batt} = ค่าประสิทธิภาพของแบตเตอรี่อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.85
 eff_{Inv} = ค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.9
 $\%DOD$ = เปอร์เซ็นต์ของค่าความลึกของการคายประจุ (Deep of Discharge)
 T = ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด (ชั่วโมง)

หมายเหตุ ค่า %DOD เป็นค่าความจุแบตเตอรี่ที่จะใช้โดยคิดเป็นร้อยละของความจุเต็มของแบตเตอรี่ สังเกตได้ว่า ถ้าไม่มีการคิดเผื่อค่านี้ เมื่อใช้แบตเตอรี่จนความจุหมด จะส่งผลให้แบตเตอรี่ตัวนั้นไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือถ้าค่า %DOD มีค่ามากเกินไป จะส่งผลให้รอบอายุการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นลดลง

2.6 ปฏิกริยาเคมีในแบตเตอรี่ [6]

ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่เป็นการรับและให้อิเล็กตรอน เรียกปฏิกริยานี้ว่า “ปฏิกริยารีดอกซ์” ซึ่งการเสียอิเล็กตรอนเกิดขึ้นที่ขั้วบวกทำให้มีสภาพขาดแคลนอิเล็กตรอน แต่การรับอิเล็กตรอนจะเกิดขึ้นที่ขั้วลบ ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดกำมะถันกับแผ่นธาตุบวก (เป็นตะกั่วไดออกไซด์) และแผ่นธาตุลบ (เป็นตะกั่วพรุน) ซึ่งปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ การคายประจุ และการอัดประจุ

2.7 การคายประจุของแบตเตอรี่ [6]

แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ทันทีเมื่อขั้วบวกและขั้วลบต่อกับวงจรภายนอกหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยออกซิเจนจากแผ่นธาตุบวกจะรวมตัวกับไฮโดรเจนในกรดกำมะถันเกิดเป็นน้ำ ขณะเดียวกันเกิดสารประกอบที่เรียกว่า ตะกั่วซัลเฟตมีลักษณะเป็นคราบหรือผลึกขาว เช่นเดียวกับตะกั่วฟรูนในแผ่นธาตุลบรวมตัวกับอนุมูลซัลเฟตจากกรดกำมะถันเกิดเป็นสารประกอบตะกั่วซัลเฟตเช่นกัน

2.8 การอัดประจุไฟฟ้า [6]

เมื่อนำเครื่องประจุไฟฟ้ามาต่อกับขั้วแบตเตอรี่ให้ตรงขั้วกันและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบทำให้สารตะกั่วซัลเฟตจากแผ่นธาตุทั้งสองออกมารวมตัวกับน้ำกลายเป็นกรดกำมะถันอีกครั้ง ในขณะที่แบตเตอรี่กำลังจ่ายกระแสไฟฟ้าหรือคายประจุ จะเกิดตะกั่วซัลเฟตขึ้นที่แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ การที่อนุมูลซัลเฟตจากกรดกำมะถันถูกใช้ไปและเกิดเป็นน้ำมาแทนที่ ทำให้ความหนาแน่นของกรดกำมะถันลดลงในทางกลับกันขณะอัดประจุไฟ กระแสไฟฟ้าจะแยกตะกั่วซัลเฟตจากแผ่นธาตุโดยน้ำจะแยกตัวเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน อนุมูลซัลเฟตจะรวมตัวกับไฮโดรเจนกลายเป็นกรดกำมะถัน ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นนี้สลับไปมาจนกระทั่งแผ่นธาตุทั้งสองเสื่อมสภาพไม่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ โดยแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่ทั่วไปสามถึงสี่เท่า การจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องได้นานกว่า และการบำรุงรักษาง่ายกว่าทั้งนี้เนื่องจากมีโครงสร้างแผ่นธาตุใหญ่และหนา ทำให้เนื้อของแผ่นธาตุหลุดร่วงได้ยากและมีความเหมาะสมสำหรับใช้งานในเขตเมืองร้อน

2.9 อัตราการคายประจุและอัตราการอัดประจุ [6]

อัตราการคายประจุ (Discharge rate) และอัตราการอัดประจุ (Charge rate) นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าความจุที่กัก (Rated Capacity) ซึ่งผู้ผลิตมักจะแสดงค่าความจุจำเพาะ (specific rated capacity) ในหน่วยของแอมแปร์-ชั่วโมงที่อัตราการคายประจุจำเพาะค่าหนึ่ง เช่น แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดความจุ 200 แอมแปร์-ชั่วโมง (อัตรา 10 hour rate) แสดงว่าแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิคงที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นต้น

2.10 วิธีการประจุแบตเตอรี่ [2]

การประจุแบตเตอรี่สามารถจำแนกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสคงที่, การประจุแบตเตอรี่ด้วยแรงดันคงที่และการประจุแบตเตอรี่โดยวิธีร่วม

1. การประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสคงที่ เป็นการประจุที่มีประสิทธิภาพกว่าการประจุแบบแรงดันคงที่ แต่ใช้เวลาประจุนานกว่าแบบแรงดันคงที่ ทั้งนี้การประจุด้วยกระแสคงที่นี้ถูกจำกัดปริมาณการประจุกระแสที่ไหลเข้าวงจรแบตเตอรี่เป็นจำนวนแอมป์-ชั่วโมง ดังนั้นแบตเตอรี่จะได้รับการประจุเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ ถ้าอัตราอัดประจุมักเกินไปจะมีผลคือ ใช้เวลาในการอัดประจุให้แบตเตอรี่เต็มในระยะเวลาสั้น แต่จะสร้างความเสียหายแก่แบตเตอรี่ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบตเตอรี่จะสูงขึ้นทำให้แผ่นเพลทของแบตเตอรี่เกิดการคดงอ แตกหรือร้าวและอาจเกิดการระเบิดได้ในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประจุแบตเตอรี่ด้วยแรงดันคงที่ จะใช้เวลาในการประจุสั้นกว่าการประจุด้วยกระแสคงที่ ซึ่งระยะเวลาในการประจุจะใช้น้อยกว่าโดยขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องอัดประจุว่าจ่ายกระแสออกมาถึงวงจรแบตเตอรี่ได้มากน้อยเพียงใด ส่วนระดับแรงดันจะถูกกำหนดโดยใช้เครื่องประจุหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและป้อนเข้าแบตเตอรี่ผ่านวงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage-Regulator) ให้คงที่อยู่ตลอดเวลาประจุ ถ้าหากวงจรรักษาระดับแรงดันนี้เสียจะทำให้แบตเตอรี่ได้รับระดับแรงดันที่ไม่ถูกต้อง เป็นเหตุทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายได้

3. การประจุแบตเตอรี่แบบสองอัตรา วิธีนี้เกิดจากการรวมกันของสองวิธี ในขั้นแรกจะใช้วิธีการอัดประจุด้วยกระแสคงที่ที่ระดับกระแสสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้ และขั้นตอนที่สอง อัดประจุด้วยแรงดันคงที่

2.11 ระดับการอัดประจุแบตเตอรี่ [7]

จากตารางที่ 2.2 กรณีที่แบตเตอรี่มีแรงดัน 10.5 โวลต์ แสดงว่าแบตเตอรี่ตัวนั้นมี การคายประจุหมดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งแรงดันดังกล่าวใช้สำหรับระบบแบตเตอรี่ที่ใช้แรงดัน 12 โวลต์ แต่ถ้าเป็นระบบแบตเตอรี่ที่ใช้แรงดัน 24 โวลต์จะต้องคูณด้วยสอง ในทางเดียวกันระบบแบตเตอรี่ที่ใช้แรงดัน 48 โวลต์จะต้องคูณด้วยสี่ ในตารางค่าโวลต์ต่อเซลล์เป็นค่าแรงดันภายในเซลล์แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ ถ้าช่วงต่างของการวัดแรงดันในแต่ละระดับนั้นมีค่ามากกว่า 0.2 โวลต์ จะต้องเฉลี่ยค่าให้เท่ากัน ค่าแรงดันในตารางที่ 2.2 นี้ใช้สำหรับแบตเตอรี่ที่มีช่วงเวลาการอัดประจุตั้งแต่สามชั่วโมงขึ้นไป ในขณะที่อัดประจุนั้นไม่สามารถบอกข้อมูลได้เนื่องจากค่าแรงดันที่ได้นั้นไม่คงที่ หากต้องการให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานจะต้องรักษาระดับแรงดันให้อยู่ในพื้นที่ขอบเขตสีเขียว ส่วนการใช้งานแบตเตอรี่จนถึงพื้นที่ขอบเขตสีเหลืองเป็นครั้งคราวจะไม่อันตรายต่อแบตเตอรี่ แต่จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นลดลง

ตารางที่ 2.2 ระดับการอัดประจุ [7]

State of Charge	12 Volt battery	Volts per Cell
100%	12.7	2.12
90%	12.5	2.08
80%	12.42	2.07
70%	12.32	2.05
60%	12.20	2.03
50%	12.06	2.01
40%	11.9	1.98
30%	11.75	1.96
20%	11.58	1.93
10%	11.31	1.89
0	10.5	1.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 กลไกการอัดประจุแบตเตอรี่ [7]

การอัดประจุแบตเตอรี่มีสถานะพื้นฐานอยู่ 3 สถานะ ได้แก่ Bulk, Absorption และ Float Charge

1. Bulk Charge เป็นสถานะแรกของการอัดประจุแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสให้แก่แบตเตอรี่ในระดับสูงโดยแบตเตอรี่ไม่เสียหายจนกระทั่งระดับแรงดันสูงขึ้นจนใกล้ถึงระดับสูงสุด (ประมาณ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์) ระดับแรงดันที่ใช้ในสถานการณ์อัดประจุนี้อยู่ในช่วง 10.5 โวลต์ถึง 15 โวลต์ ซึ่งจะไม่มีความดันที่แน่นอนสำหรับการอัดประจุแบบ Bulk แต่สามารถจำกัดกระแสสูงสุดที่จะจ่ายให้แบตเตอรี่ได้

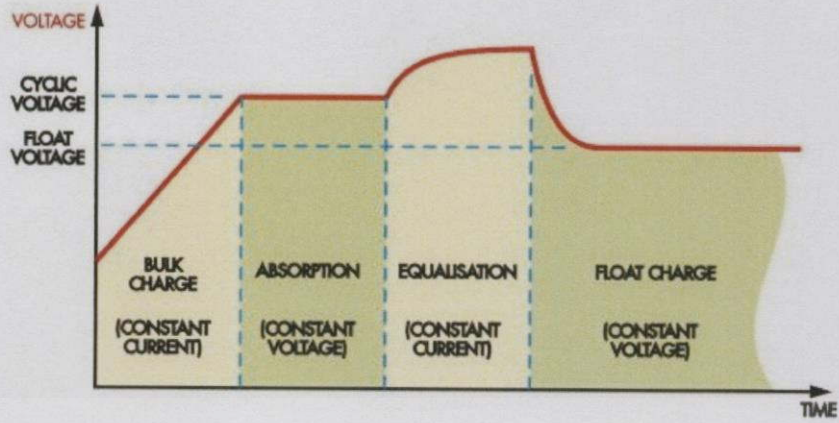
2. Absorption Charge เป็นสถานะที่สองของการอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยแรงดันคงที่ ส่วนค่ากระแสจะลดลงทีละน้อยเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ระหว่างการอัดประจุ ระดับแรงดันในสถานะนี้จะมีค่ามากที่สุด ซึ่งอยู่ในช่วง 14.2 ถึง 15.5 โวลต์

3. Float Charge เป็นสถานะที่สามของการอัดประจุ หลังจากแบตเตอรี่ถึงระดับอัดประจุเต็ม แรงดันที่ใช้อัดประจุจะลดระดับลง (ปกติประมาณ 12.8 - 13.2) เพื่อลดการทำปฏิกิริยาทางเคมีและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาโดยการอัดประจุเพื่อป้องกันการคายประจุเอง (Self Discharge) วงจร PWM ในตัวควบคุมและตัวอัดประจุมีการลดลงของแรงดันและมีการส่งสัญญาณการอัดประจุที่สั้นมาก (พัลส์) ให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งอาจเกิดได้เป็นหลายร้อยครั้งต่อวินาที ซึ่งเรียกว่าความกว้างของพัลส์ เพราะความกว้างพัลส์อาจเปลี่ยนแปลงได้จากหน่วยไมโครวินาทีจนถึงวินาที แต่สำหรับการบำรุงรักษาในระยะยาว เช่น ระบบการสำรองระบบไฟฟ้าที่ไม่ค่อยมีการคายประจุนั้น แรงดัน Float นั้นอาจจะอยู่ที่ประมาณ 13.02 - 13.20 โวลต์

2.12.1 แรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่ [9]

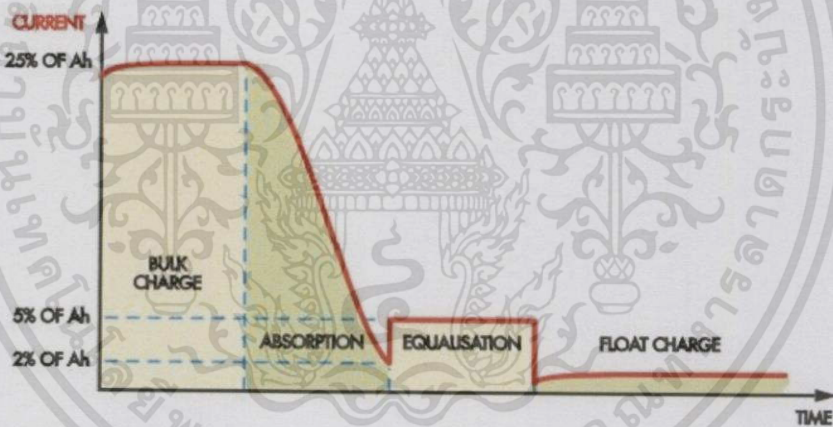
การอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดที่ระดับแรงดัน 15.5 โวลต์ จะได้ความจุ 100 เปอร์เซ็นต์เต็ม ทำให้แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่จะอัดประจุอยู่ที่ประมาณ 2.583 โวลต์ต่อเซลล์ และเมื่อแบตเตอรี่นั้นถูกอัดประจุเต็ม จะมีฟองเกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

แรงดันที่ระดับ Float สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดควรอยู่ประมาณ 2.15 ถึง 2.23 โวลต์ต่อเซลล์ หรือประมาณ 12.9 ถึง 13.4 โวลต์ สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ที่อุณหภูมิสูง 30 องศาเซลเซียสควรลดแรงดันอยู่ที่ประมาณ 2.10 โวลต์ต่อเซลล์



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันที่ใช้อัดประจุกับเวลาในสถานะต่างๆ [9]

การยืดอายุแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดสามารถทำได้โดยการอัดประจุแบบ Equalizing ทุกๆ 10 ถึง 40 วัน การอัดประจุแบบนี้จะมีแรงดันสูงกว่าแรงดันอัดประจุเต็มปกติ 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาประมาณ 2 ถึง 16 ชั่วโมง เพื่อให้แบตเตอรี่ทุกเซลล์ทำปฏิกิริยาและมีแรงดันเท่ากัน ซึ่งสามารถวัดค่าฟองก๊าซที่ทำปฏิกิริยาได้จากไฮโดรมิเตอร์



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสที่ใช้อัดประจุกับเวลาในสถานะต่างๆ [9]

2.13 ความลึกของการคายประจุและการอัดประจุ [6]

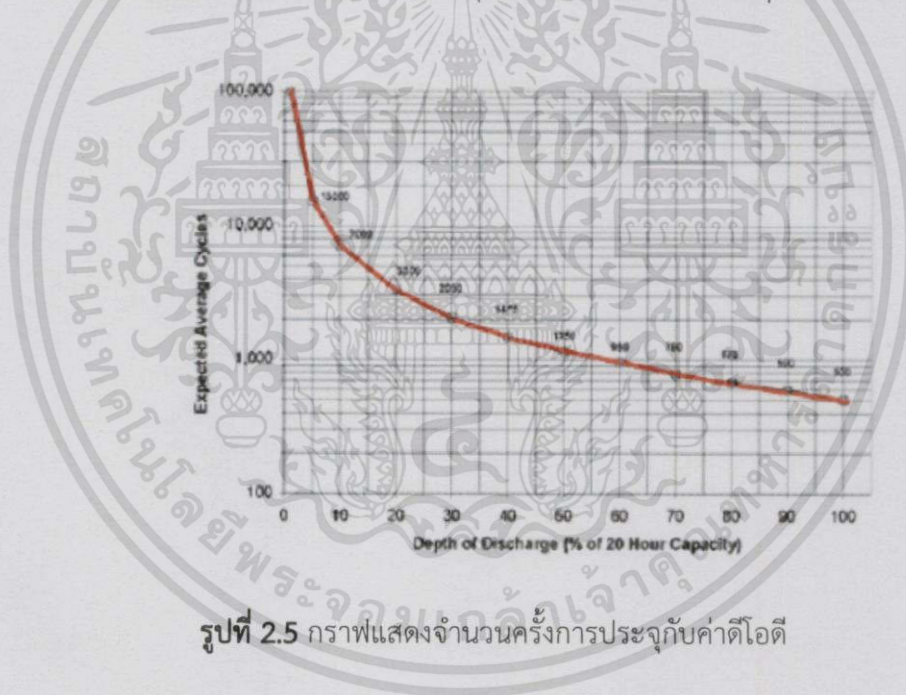
ค่าดีโอดี (DOD, Depth of Discharge) เป็นสัดส่วนระหว่างความจุที่ถูกใช้งานต่อความจุเมื่ออัดประจุเต็มพิกัด ส่วนกลับของค่าดีโอดีคือ ค่าเอสโอซี (SOC, State of Charge) เป็นสัดส่วนระหว่างความจุที่คงใช้งานได้ต่อความจุเมื่ออัดประจุเต็มพิกัด ค่าดีโอดีและค่าเอสโอซีถูกนำไปใช้เพื่ออ้างอิงความจุปกติ (Nominal Capacity) ดังที่แสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีโอดีกับค่าเอสโอซี

เอสโอซี (% SOC)	ดีโอดี(% DOD)
100	0
75	25
50	50
25	72
0	100

อย่างไรก็ตามอาจพิจารณาเปรียบดั่งแก๊วที่มีน้ำอยู่ระดับหนึ่งและมีส่วนที่ว่างเปล่าหรือส่วนจะต้องเติมให้เต็ม ค่าดีโอดีและค่าเอสโอซีจึงเปรียบเสมือนกับปริมาณในส่วนที่ว่างเปล่าของแก๊วและปริมาณในส่วนที่มีน้ำอยู่ในแก๊ว ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น ความจุที่อัตรา 10 ชั่วโมง การจ่ายกระแสจะให้ค่าดีโอดีมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์หมายความว่า แบตเตอรี่มีความจุในการใช้งานได้มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออัตราการคายประจุต่ำกว่าอัตราการคายประจุปกติ



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงจำนวนครั้งการประจุกับค่าดีโอดี

2.14 อัตราการคายประจุด้วยตัวเอง [6]

การคายประจุด้วยตัวเองเป็นการสูญเสียประจุของแบตเตอรี่ เกิดขึ้นเมื่อวางแบตเตอรี่โดยเปิดวงจรไว้ระยะเวลาหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ปฐมภูมิที่ถูกวางบนชั้นจำหน่ายในร้านค้าเมื่อผ่านไปพบว่าค่าความจุจะลดลงมาไม่เท่ากับความจุปกติของแบตเตอรี่ตัวนั้นโดยค่าอัตราการคายประจุด้วยตัวเองจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของแบตเตอรี่

2.15 วงจรอายุ (Life cycle) [6]

ความหมายของคำว่า ไซเคิล (Cycle) สำหรับแบตเตอรี่ คือการคายและการอัดประจุซึ่งเป็นการทำงานปกติของแบตเตอรี่ ดังนั้นหนึ่งไซเคิลหรือหนึ่งรอบเท่ากับการคายประจุหนึ่งครั้งตามด้วยการอัดประจุหนึ่งครั้ง ในวงจรอายุของแบตเตอรี่เป็นจำนวนไซเคิลของแบตเตอรี่ที่แบตเตอรี่สามารถทำงานเป็นปกติได้จนหมดสภาพ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากจำนวนไซเคิลของการคายประจุและค่าดีโอดี รวมถึงสัดส่วนของค่าความจุก่อนที่จะลดลงไปต่อค่าความจุเริ่มต้น (ปกติใช้ค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์)

วงจรอายุขึ้นอยู่กับค่าความลึกของการคายประจุของแต่ละไซเคิล หากทดสอบโดยวัดจำนวนไซเคิลที่ค่าดีโอดีสูงและที่ค่าดีโอดีต่ำแล้วให้นำผลของจำนวนไซเคิลคูณด้วยค่าดีโอดีพบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าค่อนข้างคงที่แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงความจุลดลงเช่นเดียวกับค่าดีโอดีที่ลดลง สรุปได้ว่า ค่าดีโอดีแปรผันตรงกับจำนวนไซเคิล

2.16 การประยุกต์การใช้งานแบตเตอรี่ [1]

การประยุกต์การใช้งานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบ่งได้เป็น 2 แบบ ได้แก่

2.16.1 การใช้งานแบบเป็นรอบ (Cycle operation)

การทำงานเป็นไซเคิล โดยปกติต้องการเวลาในการอัดประจุขึ้นและต้องการอุปกรณ์ป้องกันการอัดและการคายประจุเกิน สิ่งสำคัญในการอัดประจุด้วยเทคนิคแรงดันคงที่คือการรักษาเอาท์พุทไว้ที่ระดับแรงดันสุดท้ายของการอัดประจุ (Final Voltage) และจำกัดกระแสให้ต่ำกว่าค่าสูงสุดที่แบตเตอรี่รับได้ ถ้าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุในช่วงอุณหภูมิกว้าง จะต้องมีการชดเชยค่าอุณหภูมิด้วย มิฉะนั้นการอัดประจุสูงไปหรือต่ำไปในที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป จะทำให้ได้ความจุไม่ตรงตามต้องการและระยะเวลาในการใช้งานแบตเตอรี่ในแต่ละรอบจะสั้นลง

2.16.2 การใช้งานแบบชั่วคราว (Standby charging)

ใช้ในงานประเภทสำรองไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน โดยปกติจะเก็บในสภาวะแบตเตอรี่เต็มอยู่ตลอดเวลา และจ่ายพลังงานให้โหลดเมื่อแหล่งจ่ายไฟส่วนกลางไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ ซึ่งการทำงานแบบนี้แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

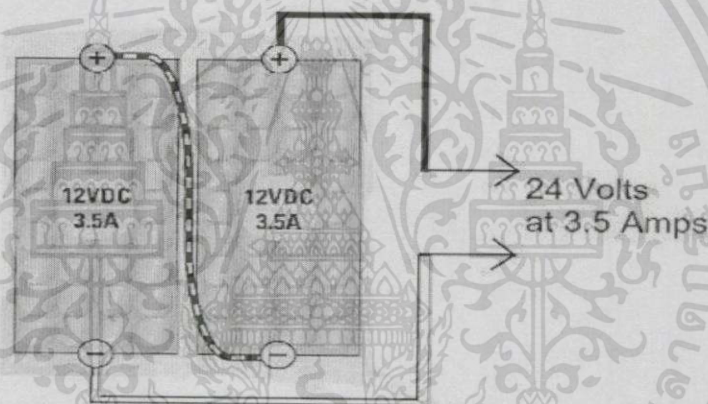
1. การอัดประจุแบบทริกเกิล (Trickle charging) ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากส่วนกลางอยู่ในสภาวะปกติแหล่งจ่ายนี้จะจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลด โดยที่แบตเตอรี่ไม่ถูกต่อเข้ากับ ถ้าเกิดความผิดปกติกับแหล่งจ่ายขึ้น วงจรแบตเตอรี่จะถูกเชื่อมเข้ากับโหลดเพื่อจ่ายพลังงาน การอัดประจุแบบทริกเกิลจะต้องพิจารณาการชดเชยสำหรับการคายประจุขณะไร้ภาระ โดยการอัดประจุแบตเตอรี่ต่อเนื่องที่กระแสคงที่ค่าต่างๆ เพื่อให้แบตเตอรี่ประจุกอยู่ในสภาวะเต็มตลอดเวลา กรณีการคายประจุมากเกินไป จะต้องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลานาน ฉะนั้นวิธีการอัดประจุแบบสองอัตราและการอัดประจุแบบแรงดันคงที่จึงเหมาะสมกับการอัดประจุในกรณีนี้

2. การอัดประจุแบบฟลอยท์ (Float charging) ในระบบนี้โหลดจะต่อขนานกับแบตเตอรี่ ระบบนี้ใช้ได้เฉพาะการอัดประจุแบบแรงดันคงที่เท่านั้น จึงส่งผลให้แบตเตอรี่มีการคาย

ประจุเพียงเล็กน้อย การประจุแบบแรงดันคงที่ที่ต้องออกแบบให้จ่ายโหลดได้ที่ค่าสูงสุดมีฉะนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ต่ำลง

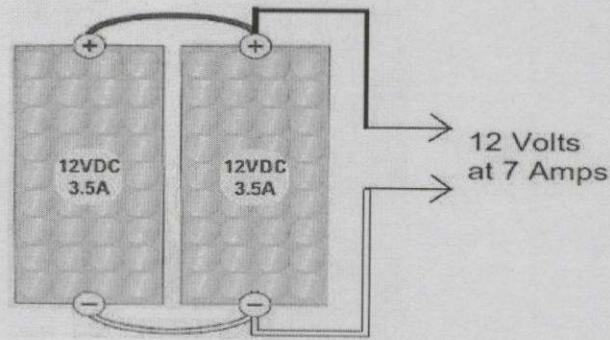
2.17 ลักษณะการต่อแบตเตอรี่ [3]

ลักษณะการต่อแบตเตอรี่มีผลต่อพิกัดขนาดแรงดันและกระแสไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน โดยแบตเตอรี่ที่นำมาเชื่อมต่อกันจะต้องมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ เช่น แรงดัน ความจุ อายุการใช้งาน เป็นต้น หากต้องการแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นสามารถทำได้โดยนำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม โดยการเชื่อมต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม จะนำขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ลูกที่สองและนำขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกที่สองต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ลูกที่ 3 ทำเช่นนี้ต่อไปจนได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ แรงดันไฟฟารวมของแบตเตอรี่ทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละลูกมารวมกัน และกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทั้งหมดเท่ากับค่าของกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลูกเดียวเท่านั้นไม่เปลี่ยนแปลง



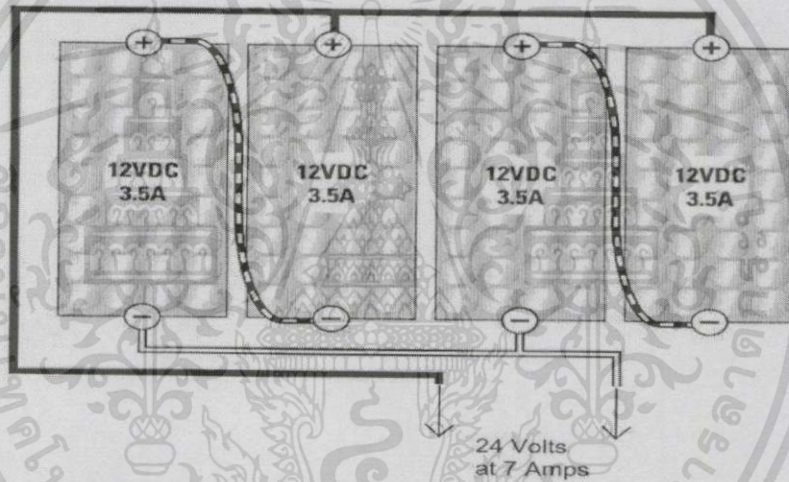
รูปที่ 2.6 การต่อแบบขนานเพื่อต้องการกระแสเพิ่มขึ้น [5]

หากต้องการกระแสไฟฟ้ามากขึ้นให้นำแบตเตอรี่มาต่อแบบขนาน โดยจะนำขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกแรกต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกที่สองและนำขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกที่สองต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกที่สามและนำขั้วลบของแบตเตอรี่ลูกแรก ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ลูกที่สองและนำขั้วลบของแบตเตอรี่ลูกที่สองต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ลูกที่สามทำเช่นนี้ต่อไปจนได้กระแสไฟฟ้าตามที่ต้องการกระแสไฟฟารวมของแบตเตอรี่ทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละมารวมกัน และแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทั้งหมดเท่ากับค่าของแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลูกเดียวเท่านั้นไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.7 การต่อแบบอนุกรมเพื่อต้องการแรงดันเพิ่มขึ้น [5]

ในการเชื่อมต่อแบตเตอรี่นั้นยังมีแบบผสมซึ่งจะได้ทั้งกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น โดยจะจ่อแบตเตอรี่ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน โดยนำลักษณะการต่อเชื่อมแบตเตอรี่สองแบบมารวมกันเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.8 การต่อแบบผสมเพื่อต้องการแรงดันและกระแสเพิ่มขึ้น [5]

2.18 ความปลอดภัยในการใช้แบตเตอรี่ [8]

แบตเตอรี่อาจก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้ซึ่งอันตรายที่เกิดจากแบตเตอรี่สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ สารเคมี ก๊าซติดไฟ และไฟฟ้าดูด

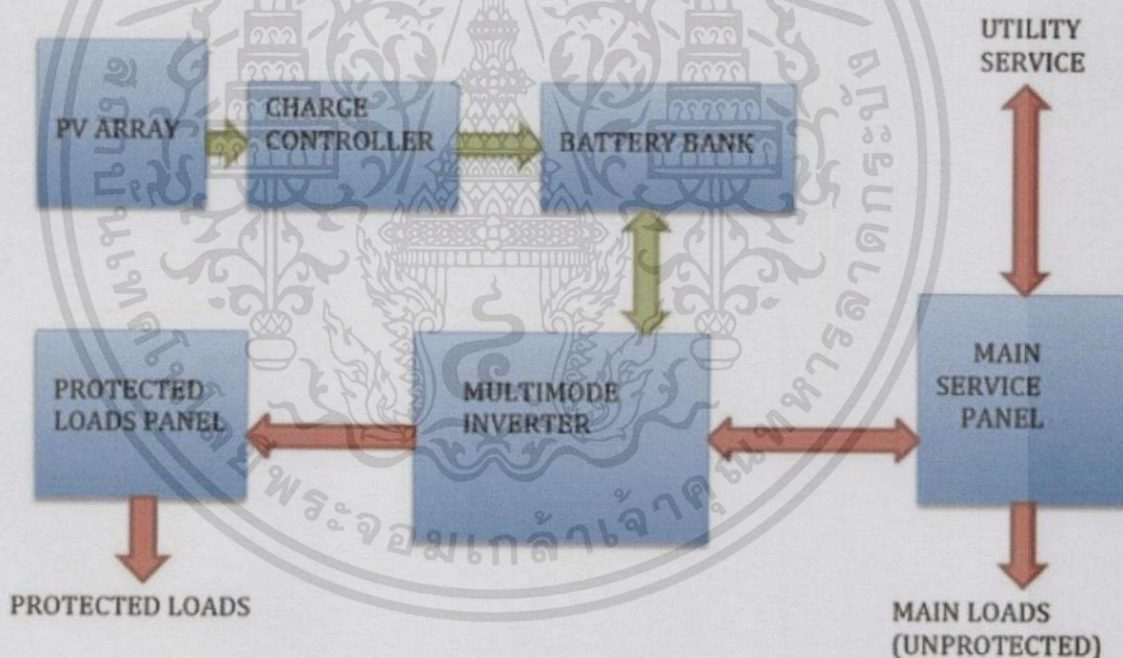
1. สารเคมีกรดที่อยู่ในแบตเตอรี่เป็นอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อมและถ้ากรดจากแบตเตอรี่หกรดบนผิวหนังจะสามารถเผาไหม้ผิวหนังได้ซึ่งในกรณีที่เกิดกรดหกรดบนผิวหนังให้รีบนำโซดาไฟราดบนผิวหนังนั้นเพื่อหยุดการเผาไหม้การทิ้งแบตเตอรี่เก่าในป่าจะทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมกรดในแบตเตอรี่เก่านั้นอาจจะปนเปื้อนในน้ำทำให้พืชและสัตว์ตายได้ดังนั้นต้องนำแบตเตอรี่เก่ากลับไปคืนก่อนซื้อลูกใหม่มาแทนที่นอกจากนั้นควรสวมแว่นตาและถุงมือเมื่อทำงานที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่เพื่อป้องกันตัวจากสารเคมี

2. ก๊าซติดไฟแบตเตอรี่จะปล่อยก๊าซที่ติดไฟได้ดีมากออกมา จึงห้ามเก็บแบตเตอรี่ในพื้นที่ปิดต้องให้อากาศถ่ายเทอยู่ตลอดเวลาและห้ามจุดไฟหรือสูบบุหรี่ในบริเวณใกล้กับแบตเตอรี่
3. ไฟฟ้าดูดแบตเตอรี่ที่เก็บพลังงานไฟฟ้าไว้จำนวนมากสามารถเป็นอันตรายต่อคนได้ ควรใช้ไม้ทำล่องหรือหิ้งสำหรับวางแบตเตอรี่ไว้ซึ่งถ้าใช้โลหะอาจจะนำไฟฟ้ามาเข้าสู่ผู้ปฏิบัติงานได้ และเครื่องมือที่ใช้ต้องมีการพันเทปไว้ที่ปลายโดยเหลือส่วนที่จะใช้งานเท่านั้น

2.19 ระบบแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าที่มีการต่อกับไฟฟ้าส่วนกลาง [10]

ระบบแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า ที่มีการต่อกับไฟฟ้าส่วนกลางสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การประจุแบตเตอรี่ผ่านการคลัปปลิงด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC Coupled Battery -Charging) ในรูปที่ 2.9 แสดงระบบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการแบ่งโหลดออกเป็นสองชนิด ได้แก่ โหลดธรรมดาซึ่งไม่มีความจำเป็นที่จะต้องจ่ายไฟฟ้าให้ตลอดเวลา และ โหลดวิกฤติที่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงตลอด



รูปที่ 2.9 โครงข่ายระบบ DC-coupled charging และทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า [10]

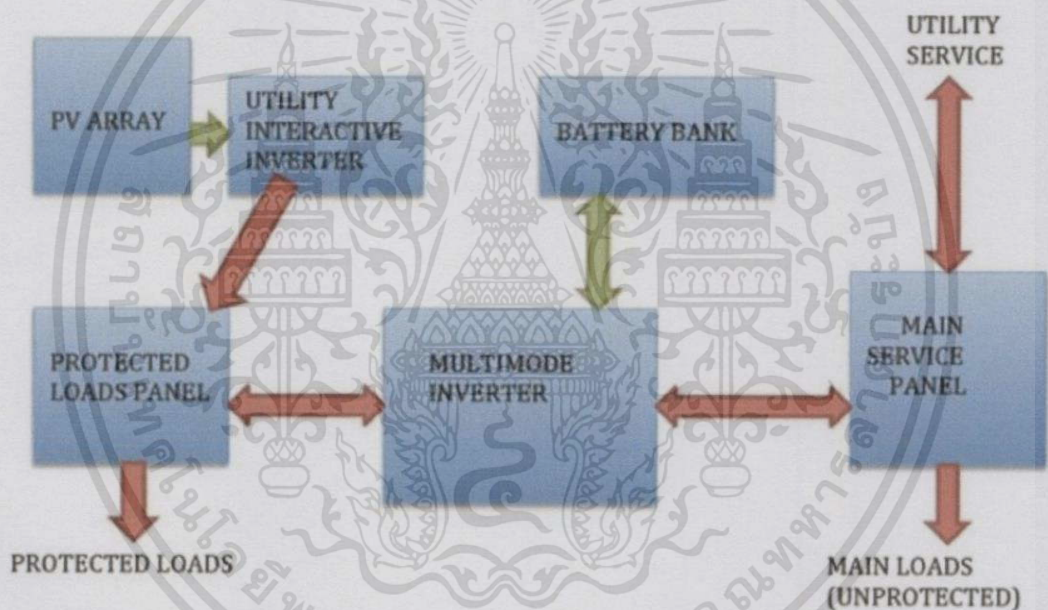
โดยระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันระบบที่ 24 โวลต์หรือ 48 โวลต์ และมักมีการทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ โดยชุดแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์มัลติโหมดซึ่งทำงานเสมือนวงจรเรียงกระแสและวงจรอินเวอร์เตอร์ และอินเวอร์เตอร์นี้ไปเชื่อมต่อกับโหลดและแหล่งจ่ายไฟฟ้าส่วนกลาง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าส่วนกลางยังคงทำงานได้ กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไหลผ่านเครื่องควบคุมการประจุและประจุแบตเตอรี่และถูกดึงออกจากแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไหลจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงเมื่อแบตเตอรี่มีความจุเต็ม จากนั้นพลังงานจึงไหลผ่านอินเวอร์เตอร์มัลติโหมดเพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับไปยังโหลด

ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มีจำนวนมากกว่าความต้องการของโหลด พลังงานส่วนเกินนี้ยังสามารถจำหน่ายให้แก่แหล่งจ่ายไฟฟ้าส่วนกลางได้ในเวลากลางวันหรือในเวลากลางคืนอาจขายไฟฟ้าที่สะสมในแบตเตอรี่ได้เมื่อมีการวางแผนการขายไฟฟ้าที่เหมาะสม และในกรณีที่ไม่มีกำลังไฟฟ้าจากส่วนกลาง กำลังไฟฟ้าที่สะสมในแบตเตอรี่จะไหลไปยังอินเวอร์เตอร์มัลติโหมดและอินเวอร์เตอร์ส่งไฟฟ้าไปยังโหลดวิกฤติและติดตามแหล่งไฟฟ้าส่วนกลางเพื่อเตรียมที่จะเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายส่วนกลางเมื่อแหล่งจ่ายส่วนกลางพร้อมอีกครั้ง

2. การประจุแบตเตอรี่ผ่านการคลัปปลิงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Coupled Battery Charging)



รูปที่ 2.10 โครงข่ายระบบ AC-coupled charging และทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า [10]

จากรูปที่ 2.10 แสดงการติดตั้งระบบ AC-Coupled charging โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์นิยมติดตั้งที่ระดับแรงดันสูงประมาณ 200 ถึง 600 โวลต์ เพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าส่วนกลาง (Utility) จากนั้นอินเวอร์เตอร์นี้เชื่อมต่อกับแผงควบคุมไฟฟ้าของโหลดวิกฤติและแผงควบคุมที่เชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์มัลติโหมดที่ขั้วกระแสสลับส่วนแบตเตอรี่จะเชื่อมต่อกับขั้วอินพุท/เอาต์พุทกระแสตรงของอินเวอร์เตอร์มัลติโหมด ส่วนไฟฟ้าส่วนกลางจะเชื่อมต่อกับขั้วกระแสสลับของอินเวอร์เตอร์มัลติโหมดอีกด้านหนึ่ง

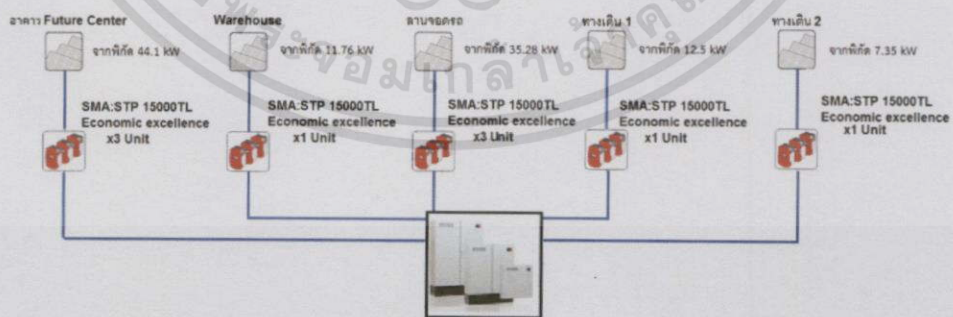
เมื่อไฟฟ้าส่วนกลางมีไฟฟ้าอยู่ แบตเตอรี่จะถูกประจุให้เต็มอยู่ตลอดเวลาและโหลดวิกฤติได้รับกำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้าส่วนกลาง อินเวอร์เตอร์สำหรับเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าส่วนกลางที่มีหน้าที่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นกระแสสลับสำหรับโหลดทั้งหมด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไฟฟ้าส่วนกลาง เมื่อไฟฟ้าส่วนกลางไม่สามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้ อินเวอร์เตอร์มัลติโหมดจะทำกับ ทยุคการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แก่ไฟฟ้าส่วนกลาง แต่จะส่งกำลังไฟฟ้าจาก แผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ให้แก่โหลดวิกฤติเพียงโหลดเดียวจนกว่าไฟฟ้าส่วนกลางสามารถ จ่ายกำลังได้ใหม่อีกครั้งซึ่งเหตุการณ์นี้สามารถทำได้ในเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนนั้นมี แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เพียงแหล่งเดียว ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบ ระบบแบตเตอรี่ คือ ความต้องการไฟฟ้าของโหลดวิกฤติ และระยะเวลาที่ต้องการให้โหลดวิกฤตินั้น สามารถทำงานได้

2.20 อินเวอร์เตอร์ [2]

วงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุท ซึ่งเป็นไฟกระแสตรง ที่มีแรงดันและความถี่ตามต้องการ โดยในที่นี้ต้องการความถี่ 50 Hz แรงดันไฟกระแสสลับ จะเป็น สัญญาณที่ใกล้เคียงกับคลื่นไซน์มีขนาด 220 โวลต์ อินเวอร์เตอร์ความถี่ที่สามารถใช้งานเป็น แหล่งจ่ายไฟสำรอง แหล่งจ่ายไฟบนยานพาหนะหรือนำไปใช้ในระบบแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS) อินเวอร์เตอร์ที่มีความมีประสิทธิภาพสูงเชื่อถือได้ นอกจากนี้ควรมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาด้วย วิธี หนึ่งคือสวิตช์ที่ความถี่สูงๆ จะสามารถลดขนาดหม้อแปลงและตัวกรองได้ และเพื่อให้ส่งผ่านพลังงาน ที่ความถี่สูงๆ ต้องลดการสูญเสียเนื่องจากการสวิตซ์ซิ่งพร้อมกันสองตัวโดยเลือกอุปกรณ์ที่มีความเร็วใน การสวิตซ์สูง สามารถ On-Off ได้เร็ว ในโครงการนี้เลือกใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ในการ สวิตซ์ซิ่ง

หลักการของอินเวอร์เตอร์จะอาศัยการตัดต่อของสวิตซ์เป็นสารกึ่งตัวนำ เป็นตัวตัด ต่อกระแสตรงที่ต่ออยู่กับภาระไฟฟ้า เช่น เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพาเวอร์มอสเฟต เพื่อที่จะทำให้ แรงดันที่ตกคร่อมภาระไฟฟ้าเป็นสัญญาณไฟกระแสสลับ ซึ่งในโครงการนี้เป็นการศึกษาอินเวอร์เตอร์ โดยการนำเอาเพาเวอร์มอสเฟตมาทำหน้าที่เป็นตัวสวิตซ์ของวงจรกำลังใช้สัญญาณควบคุม PWM แล้วนำมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำจะได้รูปคลื่นเป็นแบบไซน์



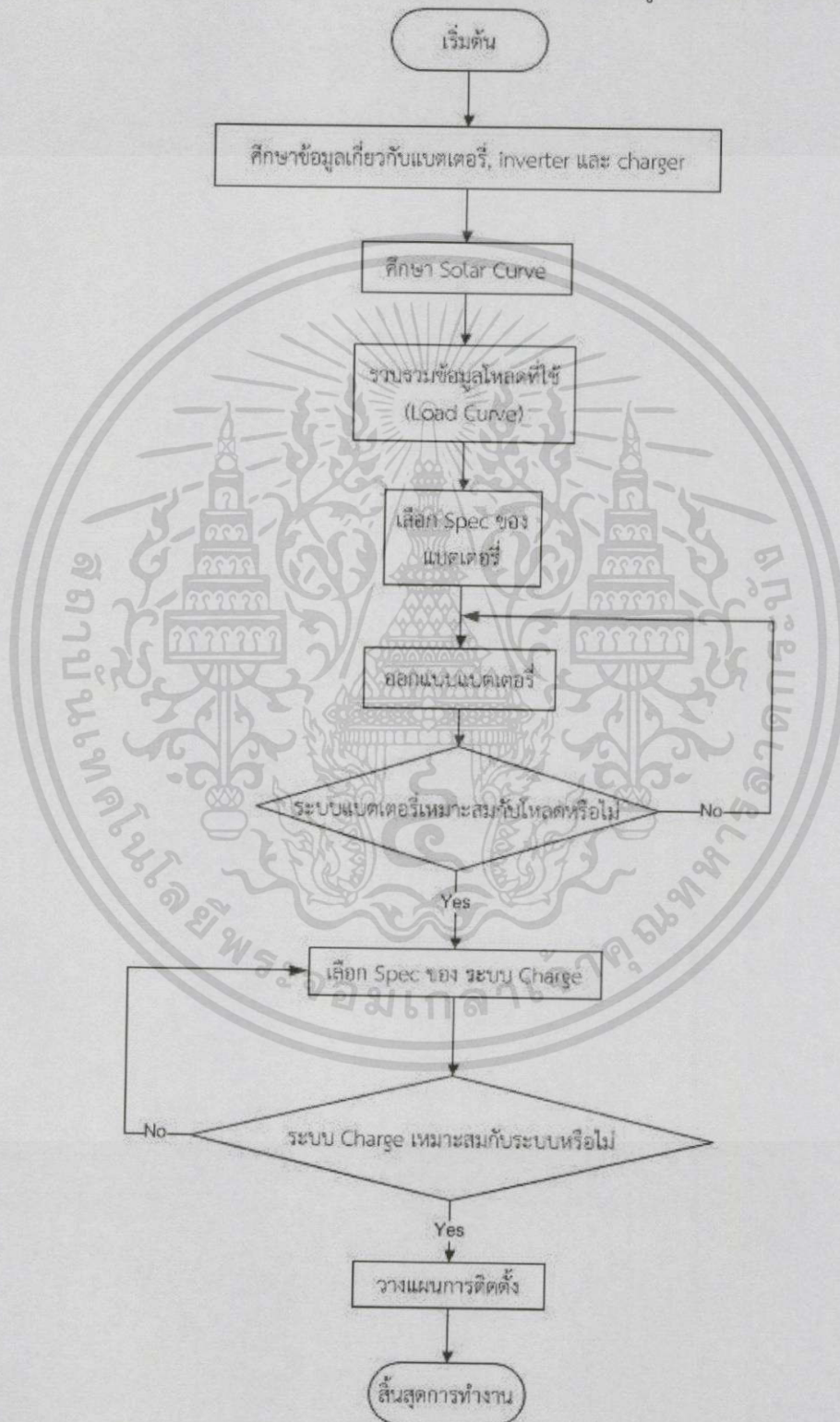
รูปที่ 2.11 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในแต่ละพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

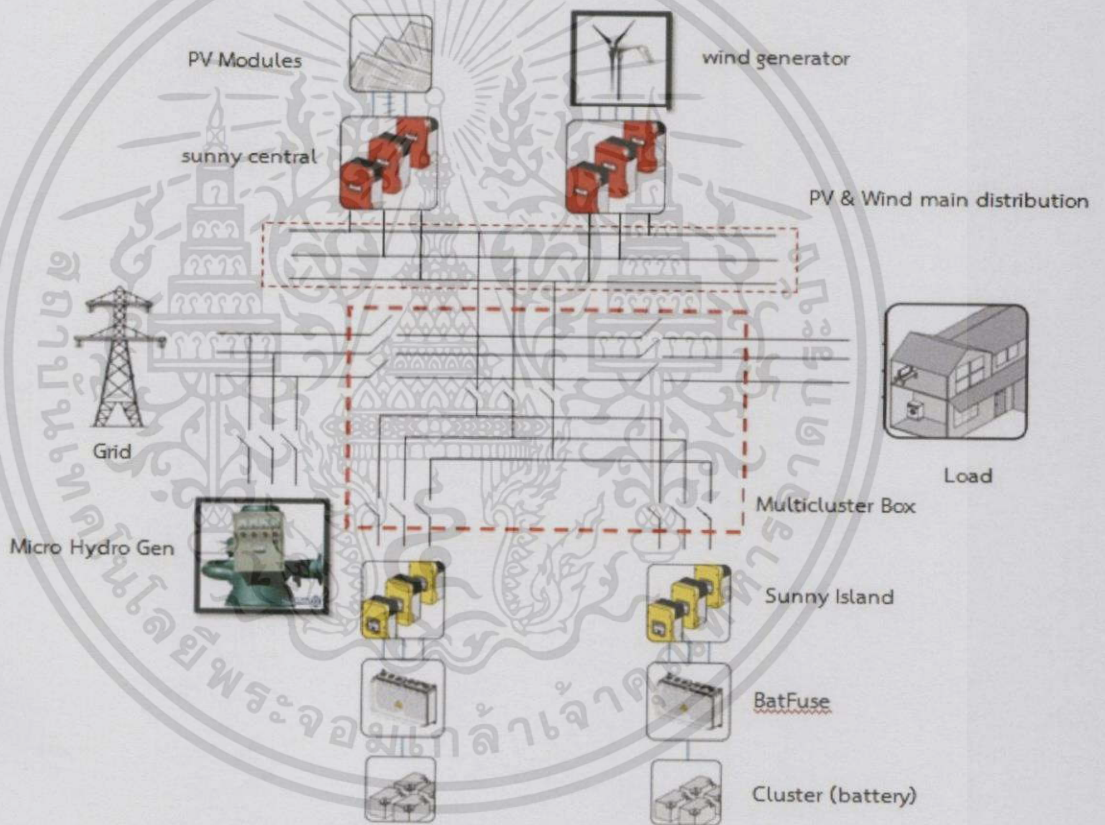
แผนผังการออกแบบกระบวนการออกแบบระบบสำรองพลังงานของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต



รูปที่ 3.1 Flow Chart กระบวนการทำงานของกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตเป็นโครงการที่ออกแบบมาเพื่อนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นพลังงานหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีพลังงานที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้ พลังงานแสงอาทิตย์มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานลมมีกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อได้พลังงานจากทั้งสองแหล่งแล้วจะต้องมีการต่อเข้าตัวเครื่องอัดประจุเพื่อประจุพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งจะเอาไว้ใช้ในยามที่แสงแดดอ่อนหรือมีลมไม่เพียงพอต่อการทำให้กังหันลมหมุน จากนั้นเมื่อต้องการใช้ไฟก็จะผ่านอินเวอร์เตอร์แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับเพื่อใช้ในการจ่ายโหลด และเมื่อไฟฟ้าที่ประจุไว้ในแบตเตอรี่มีไม่เพียงพอระบบจะต้องรับรู้และตัดต่อวงจรเพื่อใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแทน ซึ่งทั้งหมดนี้สรุปได้ว่า โครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตเป็นโครงการที่จะใช้ไฟจากทั้งพลังงานทดแทนและพลังงานจากการไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและให้เกิดประโยชน์มากที่สุด



รูปที่ 3.2 ระบบจ่ายไฟฟ้าที่ใช้กับโครงการ

ระบบสำรองพลังงานต้องออกแบบให้ แบตเตอรี่เพียงพอที่จะจ่ายพลังงานให้กับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดดหรือ กระแสลมเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า คือ ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 24.00 น. เพื่อรองรับผู้ใช้ไฟภายในอาคาร และทำให้ระบบควบคุมต่างๆยังคงทำงานอยู่ได้ โดยการศึกษาช่วงเวลาจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่จากกราฟของโหลดในวันหนึ่งๆ หลังจากนั้นจึงนำไปคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ และนำไปสู่การเลือกใช้เครื่องอัดประจุ ตลอดจนการติดตั้งและบำรุงรักษาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 สถานที่ติดตั้งแบตเตอรี่และระบบชาร์จ

ชุดแบตเตอรี่จะถูกนำไปไว้ในที่เก็บภายในอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต โดยติดตั้งอยู่ใต้ทางเดินเข้าหลักของอาคารซึ่งเป็นช่อง 5x10 เมตร และลึก 50 เซนติเมตร ตัวแบตเตอรี่ที่ออกแบบจึงต้องเลือกใช้แบบที่มีความสูงต่ำกว่า เพื่อให้พอดีกับช่องเก็บและเหตุผลด้านการระบายความร้อน รวมถึงง่ายต่อการบำรุงรักษา

ในส่วนของของการติดตั้งระบบเครื่องอัดประจุนั้นจะต้องยึดตามจำนวนของอินเวอร์เตอร์ ทั้งหมดเพื่อให้ได้จำนวนที่น้อยและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายให้มากที่สุด

3.2 การออกแบบแบตเตอรี่

การใช้งานแบตเตอรี่เลือกใช้แบตเตอรี่แบบ Deep cycle เนื่องจากถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย เราจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย ต่างจากแบตเตอรี่รถยนต์ที่ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20 ถึง 30% ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้ แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่เหมาะสมได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery)

โดยเลือกแบตเตอรี่ชนิด Deep cycle เทคโนโลยีของ FB มาใช้ในการออกแบบ เนื่องจากราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และมีประสิทธิภาพที่ดีอยู่ในระดับหนึ่ง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ FB

Model	Volt	Capacitor(Ah)		Overall Dimension(mm.)			Approx. Weight Dry (kgs.)
		5Hrs.	20Hrs.	L	W	H	
EB125	12	100	125	406	173	212	44

3.3 การคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่จากกราฟโหลด

การคำนวณหาจำนวนของแบตเตอรี่นั้นจะต้องคำนวณตามช่วงเวลาที่ใช้งานของแบตเตอรี่ตาม กราฟของโหลด โดยมีหลักสำคัญคือ แบตเตอรี่จะต้องเพียงพอที่จะจ่ายพลังงานให้กับอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดดหรือ กระแสลมเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า คือ ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 6.00 น. โดยถ้าทราบกำลังไฟฟ้าของโหลดที่ต้องการใช้ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลดและแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แล้วสามารถคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_{batt} = \frac{P_{Load} \times T}{V_{batt} \times eff_{batt} \times eff_{Inv} \times \%DOD}$$

โดยที่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่โดยประมาณจะเท่ากับ 0.60 สำหรับแบตเตอรี่ธรรมดาเท่ากับ 0.80 สำหรับแบตเตอรี่ Deep Cycle และโดยทั่วไปประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์จะมีค่าเท่ากับ 0.85 โดยประมาณ โดยที่

Q_{batt} = ความจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)

P_{Load} = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)

V_{batt} = แรงดันของแบตเตอรี่ (โวลต์)

eff_{batt} = ค่าประสิทธิภาพของแบตเตอรี่อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.85

eff_{Inv} = ค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.9

$\%DOD$ = เปอร์เซ็นต์ของค่าความลึกของการคายประจุ (Deep of Discharge)

T = ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด (ชั่วโมง)

ทำการหาจำนวนแบตเตอรี่โดยการศึกษารูปของโหลดโดยพิจารณาจากการใช้พลังงานตามช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 24.00 น.

ตารางที่ 3.2 โหลดแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 24.00 น.

ช่วงเวลา	Load(kW)
18.00-19.00 น.	17.17
19.00-20.00 น.	17.17
20.00-21.00 น.	22.42
21.00-22.00 น.	15.42
22.00-23.00 น.	15.42
23.00-24.00 น.	15.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กราฟโหลดในอาคาร

จากตารางสามารถคำนวณโหลดทั้งหมดในอาคาร โดยการนำค่าพลังงานต่อหนึ่ง ชั่วโมงมารวมกัน ซึ่งจะคำนวณในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 24.00 น. ได้ดังนี้

$$17.17 + 17.17 + 22.42 + 15.42 + 15.42 + 15.42 = 103.02 \text{ kWh}$$

3.3.1 กรณีระบบ AC-Coupled Battery Charging

ทำการคำนวณหาค่าความจุของแบตเตอรี่จากสูตรข้างต้นได้ดังนี้

จาก

$$Q_{\text{batt}} = \frac{P_{\text{Load}} \times T}{V_{\text{batt}} \times \text{eff}_{\text{batt}} \times \text{eff}_{\text{Inv}} \times \% \text{DOD}}$$

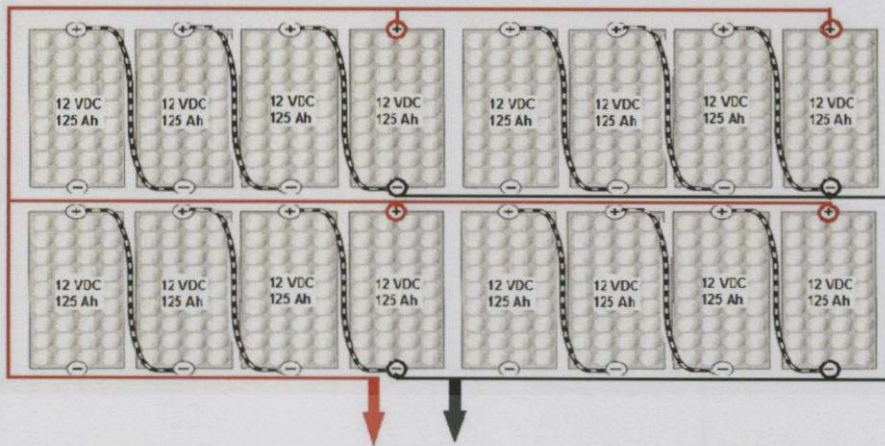
$$= \frac{103.02 \text{ kWh}}{48 \times 0.80 \times 0.85 \times 0.7}$$

$$= 4,508.93 \text{ Ah}$$

จะได้ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่คำนวณได้คือ 4509 Ah ดังนั้นจึงใช้ค่าความจุของแบตเตอรี่นี้มาคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah ต่อแบบผสม 16 ลูกอนุกรมกัน 4 ลูกแล้วนำมาขนานกัน 4 วงจร จะได้ค่าแรงดัน 48 โวลต์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นและได้ค่าความจุของแบตเตอรี่ต่อ 1 ชุด มีค่าเท่ากับ 500 Ah สามารถคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ได้จาก

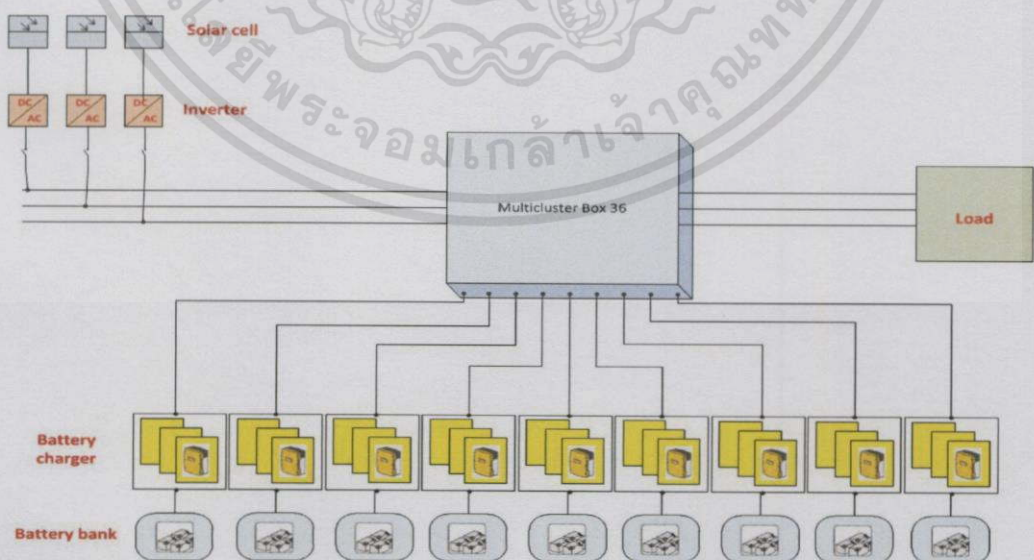
$$\text{จำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบนี้คือ } \frac{4509}{50} = 9 \text{ ชุด} = 144 \text{ ลูก}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การต่อแบตเตอรี่ 1 ชุด โดยอนุกรมกัน 4 ลูกแล้วนำมาขนานกัน 4 วงจร

ในกรณีนี้เราจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรง จากแผงโซลาร์เซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวแปลงกระแสไฟฟ้า ไฟจะไหลผ่านเข้าไปยังตู้มัลติคลัสเตอร์ (Multicuster Box) ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวตัดต่อวงจรสำหรับระบบใหญ่ๆ ที่มีขนาดอยู่ในช่วง 24 kW ถึง 300kW โดยสามารถจ่ายไฟไปที่โหลดหรือประจุไฟเข้าแบตเตอรี่หรือทำทั้งสองอย่างพร้อมกันได้ และยังสามารถเป็นตัวตัดต่อไฟจากการไฟฟ้าได้อีกด้วย และเมื่อต้องการประจุไฟไปยังแบตเตอรี่ จะทำการต่อวงจรในตัวตู้ มัลติคลัสเตอร์ (Multicuster Box) เชื่อมต่อไปยังตัวเครื่องอัดประจุเพื่อแปลงไฟจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อประจุไฟเข้าไว้ในแบตเตอรี่ โดยเครื่องอัดประจุในระบบนี้จะใช้ด้วยกันทั้งสิ้น 27 เครื่อง เนื่องจากแบตเตอรี่ในระบบมีด้วยกันทั้งสิ้น 9 ชุด โดยเครื่องอัดประจุต้องใช้ 3 เครื่องต่อแบตเตอรี่ 1 ชุด

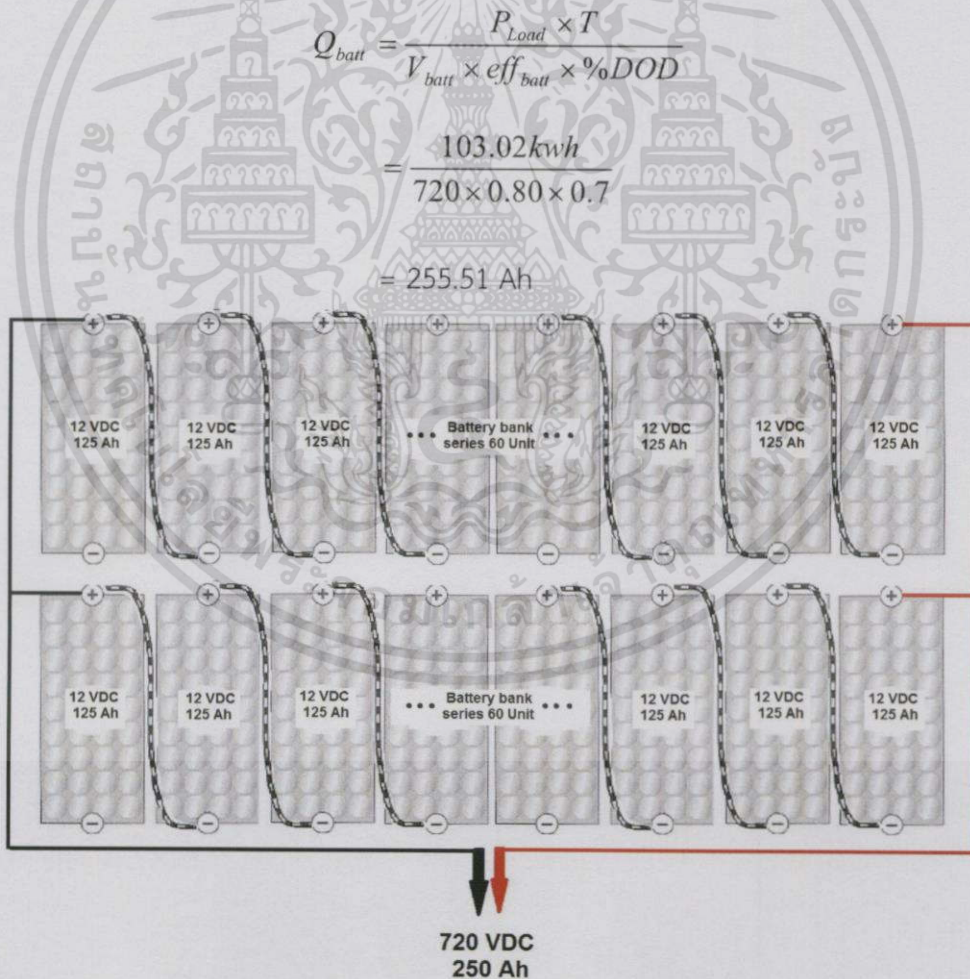


รูปที่ 3.5 ระบบ AC-Coupled Battery Charging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 กรณีระบบ DC-Coupled Battery Charging

ระบบนี้ใช้หลักการที่ว่า “กระแสจะไหลจากศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังศักย์ต่ำ” เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จะแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเป็น 885.1 โวลต์ ดังนั้นเพื่อให้แรงดันไหลจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่ในการประจุไฟจึงต้องให้แรงดันที่แบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยก่อนเข้าแบตเตอรี่เราจะใช้ โวลต์เตจเรกูเลเตอร์ (Voltage Regulator) เพื่อทำแรงดันกระแสตรงคงที่ก่อนจะประจุเข้ายังแบตเตอรี่ ในการจ่ายไฟไปยังโหลดจะสามารถจ่ายผ่านแบตเตอรี่ที่ประจุไฟไว้หรือจะจ่ายโดยตรงผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์เลยก็ได้โดยจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากทั้งแบตเตอรี่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายไปใช้งานยัง โหลด จากการหาค่าความเหมาะสมที่สุดของจำนวนแบตเตอรี่และการทำให้ใช้ได้อย่างคุ้มค่าและเหมาะสมกับราคาคาดว่าจะใช้แรงดัน 720 โวลต์ โดยการต่อแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลต์อนุกรมกันทั้งสิ้น 60 ลูก



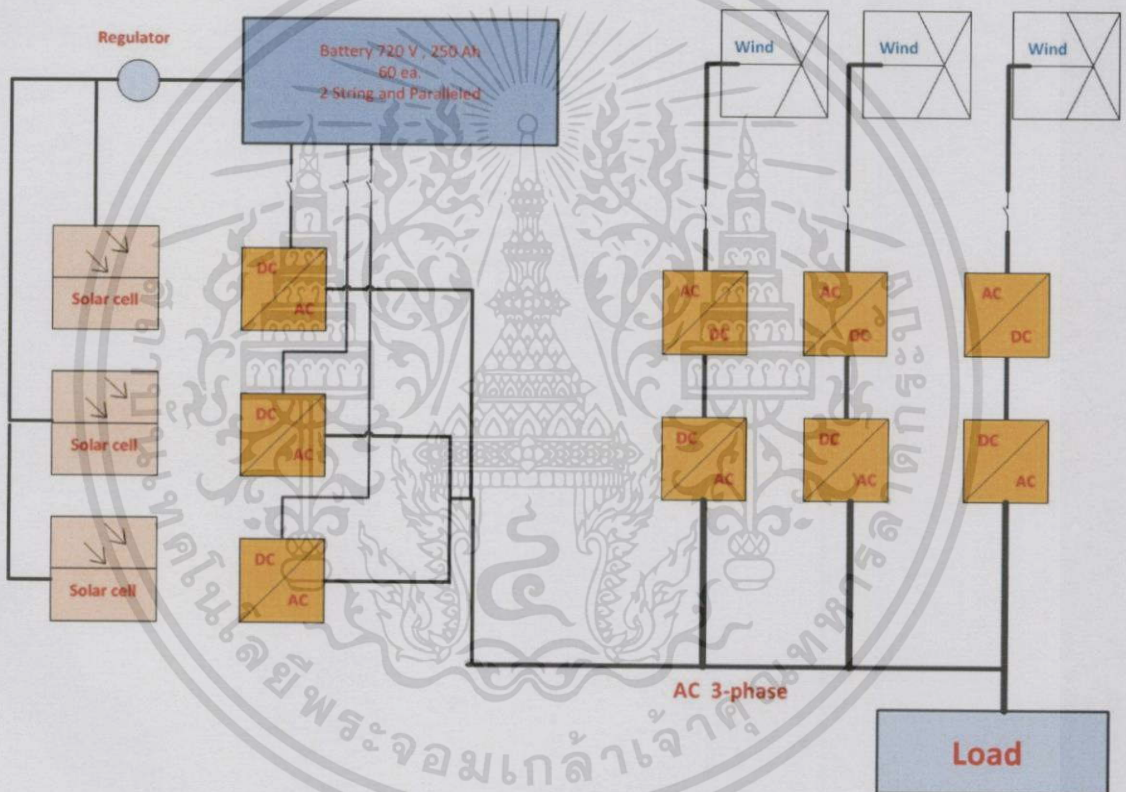
รูปที่ 3.6 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูก แล้วนำมาขนานกัน 2 วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่คำนวณได้คือ 255.51 Ah ดังนั้นจึงใช้ค่าความจุของแบตเตอรี่นี้มาคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah ต่อแบบอนุกรม 60 ลูกแล้วนำมาขนานกัน 2 วงจร จะได้ค่าแรงดัน 720 โวลต์ตั้งที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นและได้ค่าความจุของแบตเตอรี่ต่อ 1 ชุด มีค่าเท่ากับ 250 Ah สามารถคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ได้จาก

$$\text{จำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบนี้คือ } \frac{255.51}{250} \approx 2 \text{ ชุด} = 120 \text{ ลูก}$$

หมายเหตุ จะเห็นได้ว่าค่าความจุของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ 2 ชุด 250 Ah จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้คือ 255.51 Ah อยู่ประมาณ 5 Ah แต่เนื่องจากในสูตรคำนวณได้เผื่อค่าเอาไว้แล้ว จึงไม่มีปัญหาใดๆ



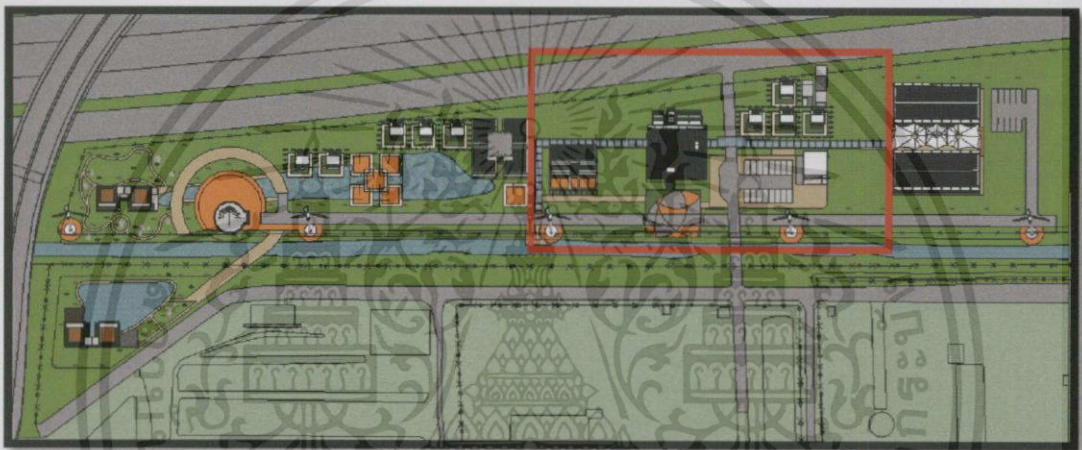
รูปที่ 3.7 ระบบ DC-Coupled Battery Charging

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการออกแบบประกอบสร้างของโครงการวิจัย

จากการออกแบบและประกอบสร้างทั้งหมดทำให้เห็นถึงภาพรวมของพื้นที่ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตทั้งหมด และเพื่อสามารถแสดงแผนผังบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบแบตเตอรี่ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บพลังงานสำรองให้แก่ระบบ โดยมีการออกแบบดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพการออกแบบโดยรวมของโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต

จากภาพการออกแบบการก่อสร้างของโครงการวิจัยศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตได้แบ่งการก่อสร้างเป็น 3 เฟสด้วยกัน คือ เฟส A เฟส B และเฟส C ซึ่งส่วนหลักประกอบไปด้วย อาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตอาคารห้องทดลองเพื่อศึกษาวิจัยอาคารจัดแสดงผลงาน และส่วนของที่พักอาศัยแบบห้องชุดและกังหันลม

โดยในเบื้องต้นจะสร้างในพื้นที่ เฟส A ก่อน (ตามกรอบสีแดง) ซึ่งเป็นเนื้อที่ที่ประกอบด้วย ตัวอาคารอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตอาคารห้องทดลองเพื่อศึกษาวิจัยอาคารจัดแสดงผลงานอาคาร Workshop & Warehouse หลังคาทางเดินข้างอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตทางด้านซ้ายและขวา ถึงบรรจุน้ำสูง 15 เมตร และกังหันลม ขนาด 5 กิโลวัตต์ จำนวน 3 ต้น

ซึ่งขั้นตอนการก่อสร้างในส่วนพื้นที่เฟส A นี้กำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการขึ้นโครงสร้างอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตเนื่องจากช่วงเดือนกรกฎาคมถึงช่วงมีนาคมที่ผ่านมาเข้าสู่หน้าฝนตก จึงทำให้เป็นอุปสรรคในการเทปูนหล่อเสาเข็มอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต ซึ่งโดยปกติต้องใช้เวลาานพอสมควร ส่งผลให้การดำเนินงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ล่าช้าลง



รูปที่ 4.2 ตัวอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต (1)

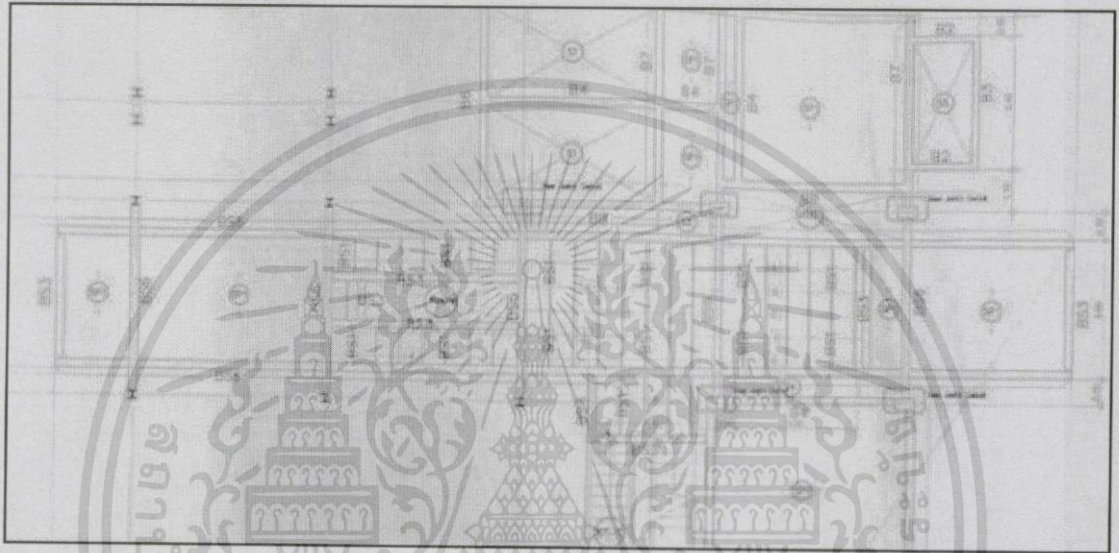


รูปที่ 4.3 ตัวอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต (2)

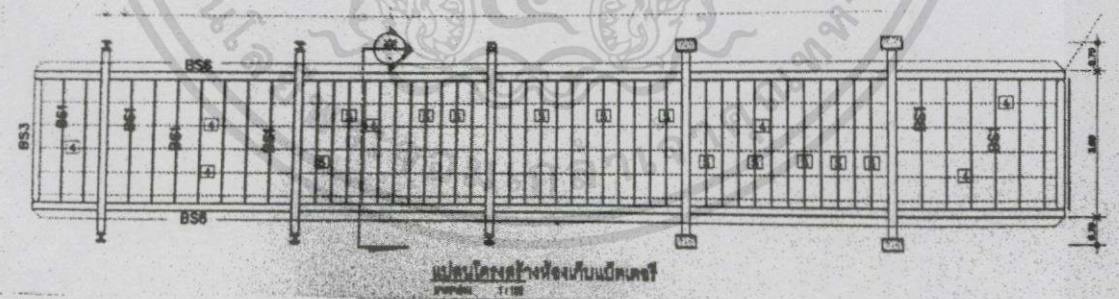
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 พื้นที่ใช้ในการวางชุดแบตเตอรี่

พื้นที่สำหรับการวางชุดแบตเตอรี่ซึ่งมีขนาด 3.6 X 26.1 ตารางเมตร โดยส่วนด้านล่างจะทำเป็นช่องลมเพื่อระบายความร้อนจากแบตเตอรี่ ซึ่งในส่วนของกลุ่มระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงานส่วนกลางสำหรับชุมชนขนาดเล็กนั้น มีพื้นที่ในการติดตั้งแบตเตอรี่อยู่ใต้หลังคาของอาคารศูนย์-พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 แพลนโครงสร้างชั้น 2 มาตรฐาน 1:100



รูปที่ 4.5 แพลนโครงสร้างห้องเก็บแบตเตอรี่ มาตรฐาน 1:100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 พื้นที่ห้องเก็บแบตเตอรี่ (1)



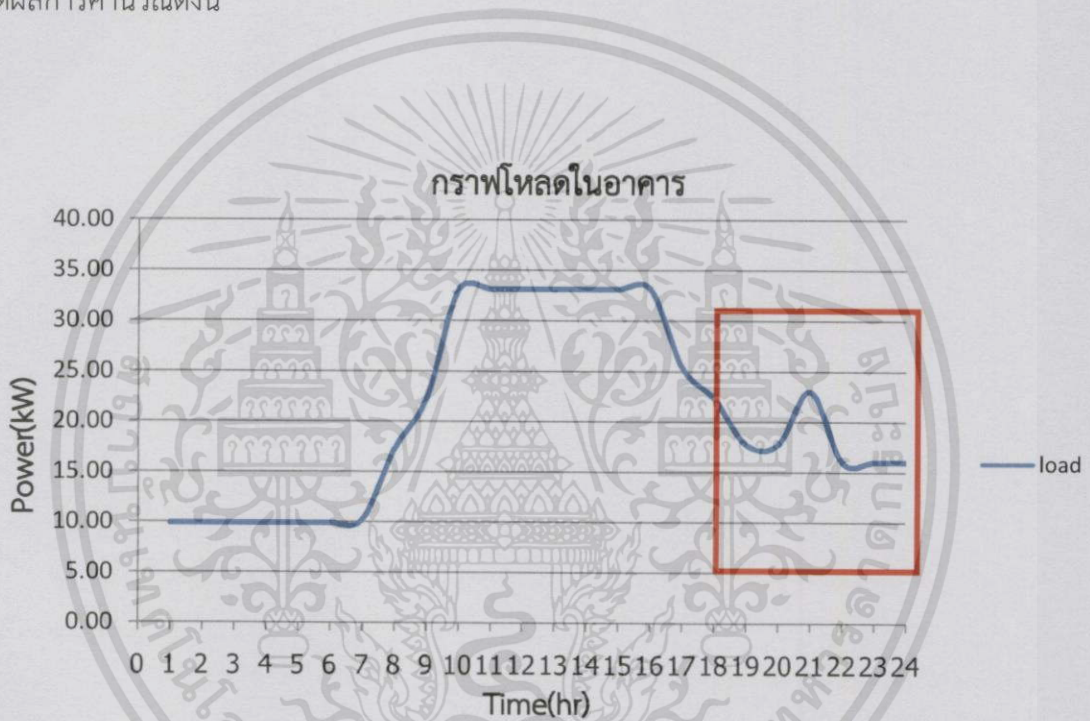
รูปที่ 4.7 พื้นที่ห้องเก็บแบตเตอรี่ (2)

จากรูปทั้งสองภาพในส่วนของวงกลมที่วาดไว้หมายถึง ส่วนของพื้นที่ห้องเก็บแบตเตอรี่จะสูงจากพื้นดิน 1.5 เมตรถึงปลายเหล็กเส้น ซึ่งขณะนี้อยู่ในระหว่างการก่อสร้างขึ้นรูปอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการคำนวณปริมาณความจุของแบตเตอรี่ในระบบ 2 ระบบ

ในการคำนวณหาค่าปริมาณความจุของแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบประจุแบตเตอรี่ผ่านการคล้ำปลิ่งด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC Coupled Battery Charging) และระบบประจุแบตเตอรี่ผ่านการคล้ำปลิ่งด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Coupled Battery Charging) ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณความจุของแบตเตอรี่นั้นจะต้องคำนวณตามช่วงเวลาที่ใช้งานของแบตเตอรี่ตามกราฟของโหลด ณ เวลา 18.00 ถึง 24.00 น. โหลดที่ใช้มีกำลังเป็น 103.02 kWh ได้ผลการคำนวณดังนี้



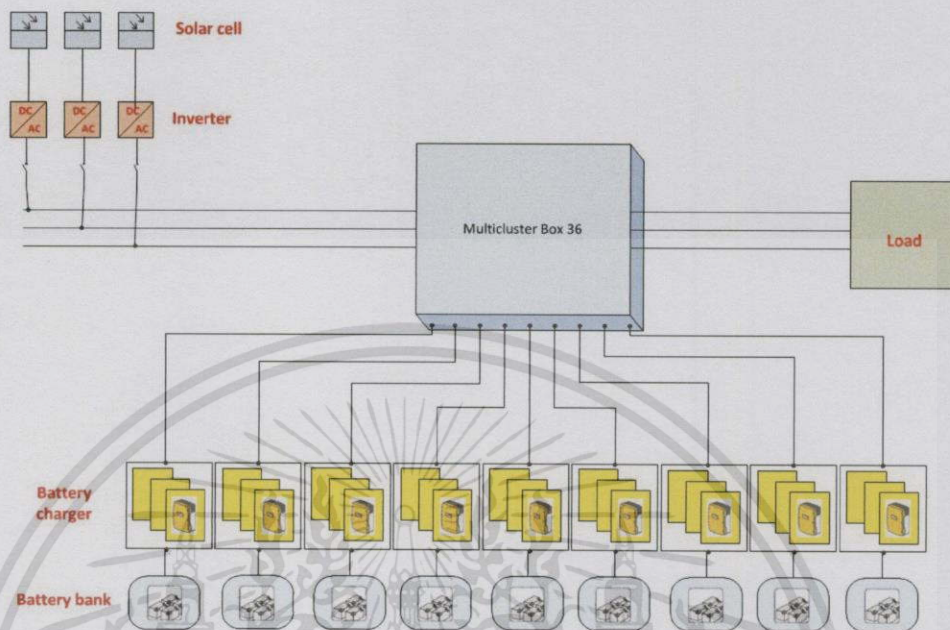
รูปที่ 4.8 กราฟโหลดในอาคารของโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต

จากตารางสามารถคำนวณโหลดทั้งหมดในอาคาร โดยการนำค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมงมารวมกัน ซึ่งในช่วงเวลา 18.00น. ถึง 24.00น. จะคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh)} &= 21.20 + 17.75 + 17.75 + 23.00 + 16.00 + \\
 &\quad 16.00 + 16.00 \\
 &= 103.02 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ระบบ AC Coupled Battery Charging



รูปที่ 4.9 ระบบ AC Coupled Battery Charging

จากสมการที่จะใช้ในการคำนวณค่าปริมาณความจุ คือ

$$Q_{batt} = \frac{P_{Load} \times T}{V_{batt} \times eff_{batt} \times eff_{Inv} \times \%DOD}$$

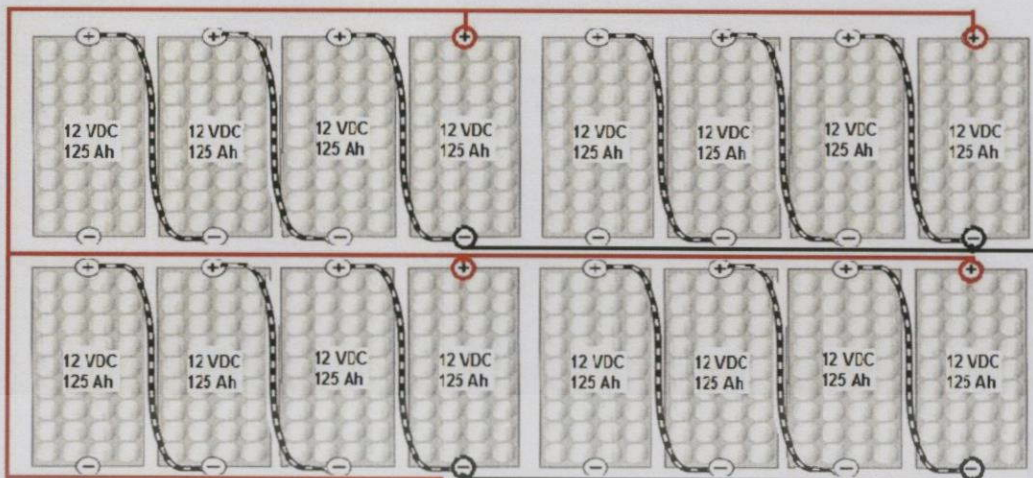
$$= \frac{103.02kwh}{48 \times 0.80 \times 0.85 \times 0.7}$$

$$= 4,508.93 \text{ Ah (ประมาณ 4509 Ah)}$$

จะได้ค่าปริมาณความจุของแบตเตอรี่ที่คำนวณได้คือ 4509 AH โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 125 AH ต่อแบบผสม 16 ลูกอนุกรมกัน 4 ลูกและขนานกัน 4 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ และค่าความจุของแบตเตอรี่ต่อ 1 ชุด มีค่าเท่ากับ 500 Ah สามารถคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ได้จาก

จำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบนี้คือ $4509/500 = 9$ ชุด = 144 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 4 ลูกและขนานกัน 4 ครั้ง รวมเป็น 1 ชุด

อุปกรณ์ที่ใช้

1. อินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 15000TL จำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติอินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 15000TL

Input (DC)	
Max. DC power(@ $\cos \phi = 1$)	15340 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	360 V – 800 V / 600 V
Min input voltage / initial input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 11 A
Max. input current per string input A ² / input B ²	40 A / 12.5 A
Number of independent MPP inputs / string per MPP input	2 / A:5; B:1
Output (AC)	
Rated power (@ 230V, 50Hz)	15000 W
Max. apparent AC power	15000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 – 280 V
AC power frequency / range	50Hz, 60Hz / -6 Hz ... + 5 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current	24 A
Power factor at rated power	1
Adjustable displacement	0.8 overexited... 0.8 underexited
Phase conductors / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	98.2 % / 97.8 %

2. เครื่องประจุแบตเตอรี่(Battery Charger) Sunny island 8.0H จำนวนทั้งหมด 9 ชุด
ชุดละ 3 เครื่อง

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเครื่องประจุแบตเตอรี่ Sunny island 8.0H

AC output (loads / stand-alone grid)	
Rated grid voltage / AC voltage range	230 V / 202 V ... 253 V
Rated frequency / frequency range (adjustable)	50 Hz / 45 Hz ... 65 Hz
Rated power (for Unom / fnom / 25 °C / cos ϕ = 1)	6000 W
AC power at 25 °C for 30 min / 5 min / 3 sec	8000 W / 9100 W / 1100 W
Rated current / maximum output current (peak)	26 A / 120 A
Total harmonic factor output voltage / power factor with rated power	< 4 % / -1 ... +1
AC input (PV array, grid or MC box)	
Rated input voltage / AC input voltage range	230 V / 172.5 V / ... 264.5 V
Rated input frequency / allowable input frequency range	50 Hz / 40 Hz ... 70 Hz
Maximum AC input current	50 A
Maximum AC input power	11500 W
Battery DC input	
Rated input voltage / DC voltage range	48 V / 41 V ... 63 V
Maximum battery charging current	140 A
Rated DC charging current / DC discharging current	115 A / 136 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Battery type / battery capacity (range)	FLA, VRLA / 100 Ah ... 10000 Ah
Charge control	IUoU charge procedure with automatic full charge and equalization charge
Efficiency /self-consumption	
Maximum efficiency	95 %
Self-consumption without load / standby	< 26 W / < 4 W

3. Multicluster box จำนวนทั้งหมด 1 เครื่อง

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของ Multicluster box

Connection of Loads	
Number	1 x 3-phase
Rated output	300 kW
Rated mains voltage between L and N	230 V
Rated mains voltage between L1 and L2	400 V
AC voltage range between L1 and N	172.5 V ... 250 V
AC voltage range between L1 and L2	300V ... 433 V
Rated frequency	50Hz
Frequency range	40 Hz ... 70 Hz
Current at ratings	3 x435 A
Diameter of bolt clamp for connecting N	16 mm
Diameter of the screws on the fuse-switch-disconnector for connecting L1, L2, and L3	12 mm
Maximum torque of bolt clamp	25 Nm ... 50 Nm
Maximum torque of fuse-switch-disconnector	25 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²
Fuse	NH3
Minimum allowed fuse rating	100 A
Maximum allowed fuse rating	500 A
Connection of Sunny Island	
Maximum number of Sunny Island	36
Sunny Island rated output power	180 kW
Current at Sunny Island ratings	3 x 260 A
Maximum cable cross-section to be connected	16 mm ²
Fuses	36 x C 32A line circuit breaker
Generator connection	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Number	1 x 3-phase
Rated mains input power	300 kW
AC input current	3 x 435 A
Maximum rated short-circuit current	10 kA
Diameter of bolt clamp for connecting N	16 mm
Diameter of the screws on the fuse-switch-disconnector for connecting L1, L2, and L3	12 mm
Maximum torque of bolt clamp	25 Nm ... 50 Nm
Maximum torque of fuse-switch-disconnector	25 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²
Fuse	NH3
Minimum allowed fuse rating	100 A
Maximum allowed fuse rating	500 A
Connection of PV plant	
Number	1 x 3-phase
PV rated output	300 kW
AC current at ratings	3 x 435 A
Maximum rated short-circuit current	10 kA
Bolt clamp diameter	16 mm
Maximum torque of bolt clamp	25 Nm ... 50 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²
Fuses	None
Connection to ground	
Diameter of the screws on the fuses element for connecting PE	12 mm
Maximum torque	26 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²

4. แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle ขนาด 125 Ah จำนวนทั้งหมด 144 ลูก

ตารางที่ 4.4 แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle ขนาด 125 แอมป์ชั่วโมง แรงดัน 12 โวลต์

Model	Volt	Capacitor (Ah)		Overall Dimension (mm.)			Approx. Weight Dry (kgs.)
		5Hrs.	20Hrs.	L	W	H	
EB125	12	100	125	406	173	212	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

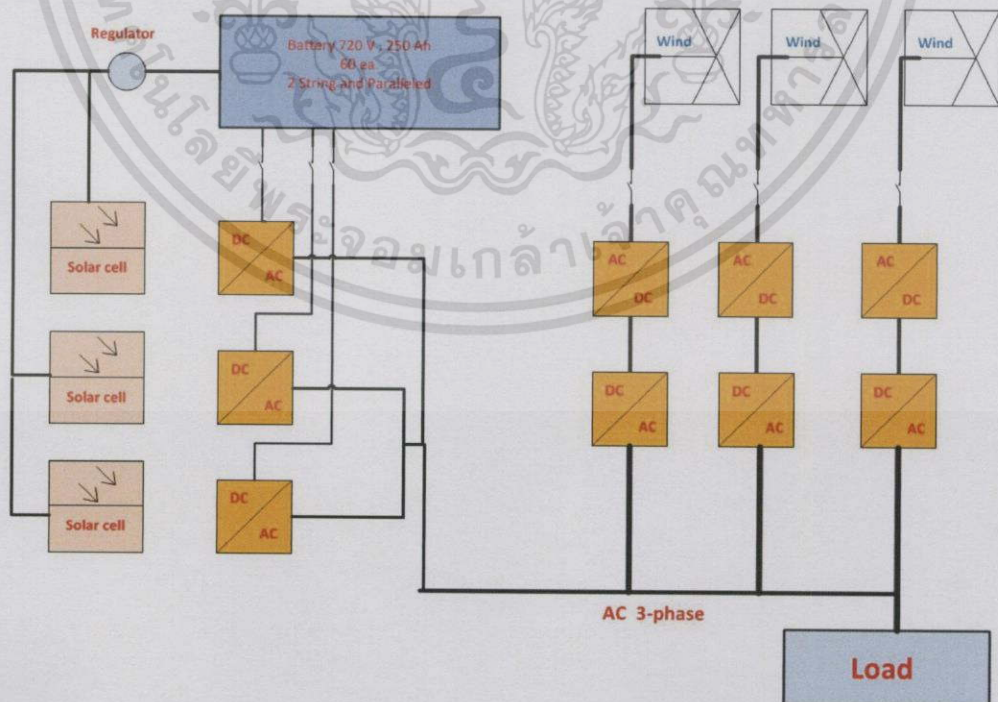
ซึ่งราคาต้นทุนของอุปกรณ์ในการใช้งานในระบบ ระบบ AC Coupled Battery Charging

- แบตเตอรี่ Deep Cycle 12V 125 Ah ราคาถูกละ 5490 บาท
- อินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 15000TL-10 ราคาเครื่องละ 150,000 บาท
- เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Battery Charger) Sunny Island 8.0H ราคาเครื่องละ 160,000 บาท
- SMA Multicluster Box 36 ราคาเครื่องละ 700,000 บาท

กรณีระบบ AC Coupled Battery Charging ประกอบด้วย

- แบตเตอรี่ 9 ชุด โดยต่ออนุกรมกัน 4 ลูกและขนานกันอีก 4 วงจร รวมเป็น 1 ชุด ชุดละ 16 ลูก รวมใช้แบตเตอรี่ทั้งสิ้น $9 \times 16 = 144$ ลูก เป็นเงิน $144 \times 5490 = 790,560$ บาท
- เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Battery Charger) 9 ชุด โดยใช้ 3 เครื่องต่อ 1 ชุดแบตเตอรี่ รวมเป็น ใช้ชาร์จเจอร์ทั้งสิ้น 27 เครื่อง เป็นเงิน $27 \times 160,000 = 4,320,000$
- Multicluster Box 1 เครื่อง เป็นเงิน 700,000 บาท รวมค่าใช้จ่ายในระบบ เป็นเงินทั้งสิ้น $790,560 + 4,320,000 = 5,810,560$ บาท

4.3.2 ระบบ DC Coupled Battery Charging



รูปที่ 4.11 ระบบ DC Coupled Battery Charging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่จะใช้ในการคำนวณค่าปริมาณความจุ คือ

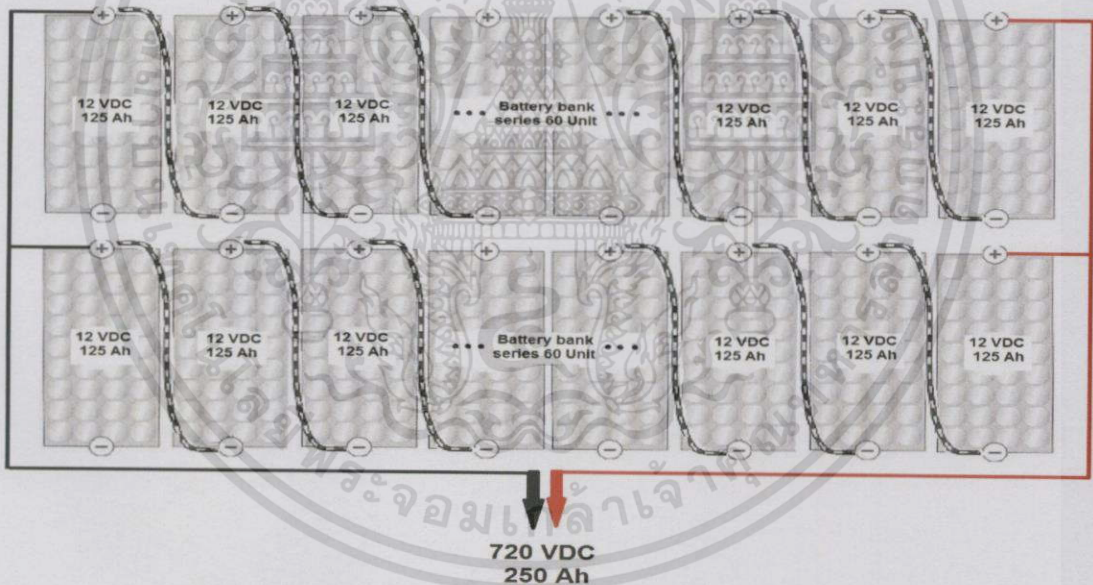
$$Q_{batt} = \frac{P_{Load} \times T}{V_{batt} \times eff_{batt} \times \%DOD}$$

$$= \frac{103.02kwh}{720 \times 0.80 \times 0.7}$$

$$= 255.51 \text{ Ah}$$

จะได้ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่คำนวณได้คือ 255.51 Ah โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah ต่อแบบอนุกรม 60 ลูก เพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้า 720 โวลต์ และค่าความจุของแบตเตอรี่ต่อ 1 ชุด มีค่าเท่ากับ 125 Ah สามารถคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ได้จาก

จำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบนี้คือ $255.51/125 = 2 \text{ ชุด} = 120 \text{ ลูก}$



รูปที่ 4.12 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูกแล้วนำมาขนานกัน 2 วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้

- อินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 1500TL จำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติอินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 1500TL

Input (DC)	
Max. DC power(@ $\cos \phi = 1$)	15340 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	360 V – 800 V / 600 V
Min input voltage / initial input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 11 A
Max. input current per string input A ² / input B ²	40 A / 12.5 A
Number of independent MPP inputs / string per MPP input	2 / A:5; B:1
Output (AC)	
Rated power (@ 230V, 50Hz)	15000 W
Max. apparent AC power	15000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 – 280 V
AC power frequency / range	50Hz, 60Hz / -6 Hz ... + 5 Hz
Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current	24 A
Power factor at rated power	1
Adjustable displacement	0.8 overexcited... 0.8 underexcited
Phase conductors / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	98.2% / 97.8 %
	98.3

2. แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle ขนาด 125 Ah จำนวนทั้งหมด 120 ลูก

ตารางที่ 4.6 แบตเตอรี่ชนิด Deep cycle ขนาด 125 แอมป์ชั่วโมง แรงดัน 12 โวลต์

Model	Volt	Capacitor (Ah)		Overall Dimension (mm.)			Approx. Weight Dry (kgs.)
		5Hrs.	20Hrs.	L	W	H	
EB125	12	100	125	406	173	212	44

กรณีระบบ DC-Coupled Battery Charging ประกอบด้วย

- แบตเตอรี่ อนุกรมกัน 60 ลูก ขนาดกัน 2 ครั้ง รวมใช้รวมใช้แบตเตอรี่ทั้งสิ้น $60 \times 2 = 120$ ลูก เป็นเงิน $120 \times 5490 = 658,800$ บาท
- โวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์ 1 เครื่อง เป็นเงิน 500,000 บาท

ดังนั้นกรณีระบบ AC Coupled Battery Charging แพงกว่าระบบ DC Coupled Battery Charging เป็นเงินทั้งสิ้น $5,819,560 - 1,158,800 = 4,660,760$ บาท

4.4 วิเคราะห์ระบบ DC Coupled Battery Charging และ AC Coupled Battery Charging

เนื่องจากในโครงการวิจัย Future Renewable Center สามารถใช้ระบบเครือข่ายไฟฟ้าได้ทั้ง 2 แบบคือระบบ DC-Coupled Battery Charging และระบบ AC-Coupled Battery Charging ซึ่งในที่นี้จะเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันให้ดูเพียง 2 ระบบ คือ DC-Coupled Battery Charging และ ระบบ AC-Coupled Battery Charging

DC-Coupled Battery Charging

ข้อดี

- เหมาะสำหรับใช้กับระบบส่งจ่ายระยะไกล ทำให้เกิดความสูญเสียในสายน้อยลง
- เหมาะสำหรับระบบไฟฟ้าที่ไม่ได้ต่อกับระบบไฟฟ้าส่วนกลาง (การไฟฟ้า)
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสตรงมีขนาดเล็กและราคาถูกลงกว่า
- มีประสิทธิภาพสูงเมื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดในตอนกลางคืน

ข้อเสีย

- อุปกรณ์สำหรับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่พิกัดกำลังสูงหาได้ยากและมีราคาสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในการชาร์จแบตเตอรี่กระแสในวงจรอาจไม่คงที่เพราะเร็กกูเลเตอร์จะพยายามปรับแรงดันให้คงที่

AC-Coupled Battery Charging

ข้อดี

- พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกแปลงให้เป็นกระแสสลับทันทีและสามารถจ่ายได้ไปยังโหลดได้โดยตรงทำให้มีประสิทธิภาพสูงเมื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดในตอนกลางวัน
- อุปกรณ์ระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับที่พิกัดกำลังสูงสามารถหาได้ง่ายและราคาถูกกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง
- เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของส่วนกลาง (การไฟฟ้า) ได้ง่ายกว่า
- สามารถเพิ่มจำนวนแหล่งผลิตไฟฟ้า(รูปแบบอื่น)และติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้ง่าย

ข้อเสีย

- พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงอีกครั้งเมื่อนำไปสะสมพลังงานที่แบตเตอรี่ ทำให้เกิดความสูญเสีย
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับมีขนาดใหญ่และราคาแพงกว่า

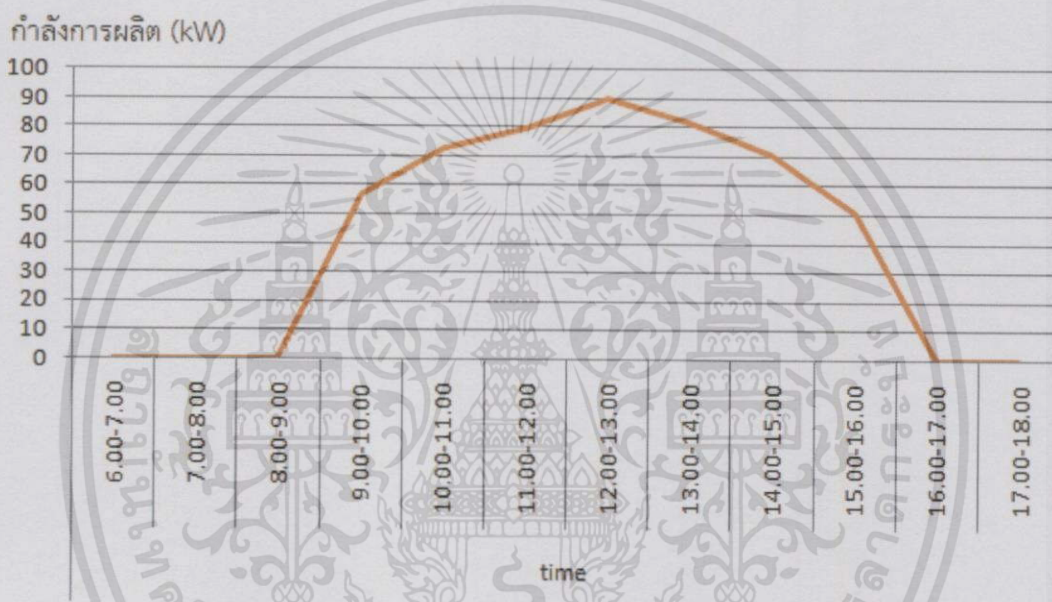
ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบระบบแบตเตอรี่

คุณสมบัติของระบบ	AC coupled battery charging	DC coupled battery charging
ราคา	5,810,560 บาท	1,158,800 บาท
จำนวนแบตเตอรี่ที่ใช้	144 ลูก	120 ลูก
จำนวนอินเวอร์เตอร์ที่ใช้	3	3
จำนวนอินเวอร์เตอร์มัลติโหมดที่ใช้	9×3	-
ความสูญเสียในสายส่ง	ต่ำ	สูง
แรงดันแบตเตอรี่	48 โวลต์	720 โวลต์
ประสิทธิภาพ	0.98	0.83
อายุการใช้งานแบตเตอรี่	ยาวกว่า	สั้นกว่า
เครื่องควบคุมการอัดประจุ	อินเวอร์เตอร์มัลติโหมด	เร็กกูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 นำข้อมูลจากพลังงานที่ผลิตได้และพลังงานที่ต้องใช้มาวิเคราะห์

เนื่องจากพลังงานที่ผลิตได้มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ 110 kW และ กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีพิกัดกำลังสูงสุดต้นละ 10 kW รวมมีทั้งหมด 3 ต้น จะได้พลังงานรวมเป็น 140 kW แต่พลังงานลมนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่หมุนซึ่งมีค่าไม่คงที่ในแต่ละวัน ฉะนั้นจึงไม่นำแหล่งพลังงานลมมาคิด แต่จะนำพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งหลักในการผลิตไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ในโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต ซึ่งพลังงานที่ผลิตได้ในตอนกลางวันช่วงเวลา 9.00 ถึง 16.00 น. มีพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ปี เท่ากับ 500 kWh ตามรูปที่ 4.13 พลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา



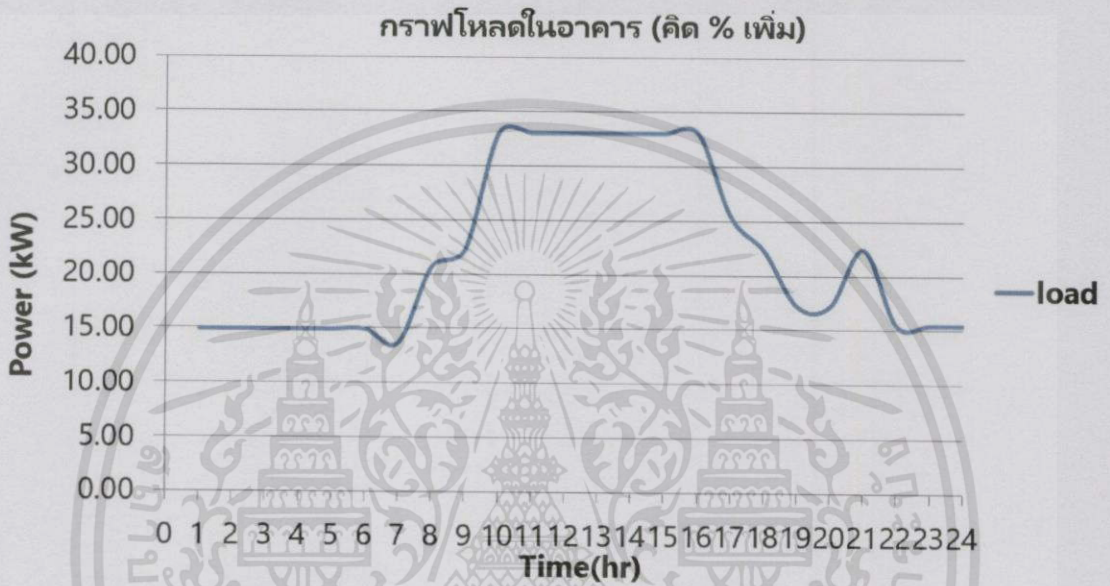
รูปที่ 4.13 กราฟพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 4.8 พลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา (Time)	พลังงานแสงอาทิตย์ (kW)
9.00-10.00 น.	56.99
10.00-11.00 น.	72.24
11.00-12.00 น.	79.5
12.00-13.00 น.	89.625
13.00-14.00 น.	81.14
14.00-15.00 น.	70.19
15.00-16.00 น.	50.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาในตอนกลางวันระบบจะทำการประจุไฟแบตเตอรี่ให้เต็มเพื่อนำไปเป็นพลังงานสำรองในช่วงที่ไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์ ในช่วงเวลากลางคืนเราจะใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ ไปจ่ายภาระโหลดในช่วงเวลาคืนตั้งแต่เวลา 18.00 ถึง 24.00 น. ในที่นี้โหลดสูงสุดจะอยู่ที่ช่วงเวลา 20.00 ถึง 21.00 น. จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าทั้งหมด 23 kW โดยกำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการแสดงดังรูปที่ 4.14



ตารางที่ 4.9 กำลังไฟฟ้าและความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมง

	ช่วงเวลา (Time)					
	18.00- 19.00 น.	19.00- 20.00 น.	20.00- 21.00 น.	21.00- 22.00 น.	22.00- 23.00 น.	23.00- 24.00 น.
โหลดที่ใช้ (kW)	17.17	17.17	22.42	15.42	15.42	15.42
ความจุ แบตเตอรี่ (Ah)	358	358	467	321	321	321

ในการออกแบบแบตเตอรี่นั้นมี 2 ระบบ คือ AC-Coupled Battery Charging และ DC-Coupled Battery Charging ซึ่งทั้ง 2 ระบบจะมีการออกแบบที่ต่างกันในเรื่องของปริมาณความจุแบตเตอรี่ (Ah) วิธีคำนวณมีความคล้ายคลึงกันเพียงแต่ปัจจัยที่ระบบจะต้องชดเชยมีความแตกต่างกัน เช่น เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ เปอร์เซนต์ความลึกของการคายประจุ รอบอายุการใช้ของแบตเตอรี่ และระดับแรงดันไฟฟ้าที่เลือกใช้ ในการชาร์จแบตเตอรี่ เป็นต้น และถ้าหากมีกรณีที่เกิดปกติในระบบ ช่วงเวลาตามตารางโหลดอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมีค่ากำลังไฟฟ้า (kW) ตามการใช้อุปกรณ์ในตัวอาคาร ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตเช่น สมมติให้โหลดช่วงเวลา 20.00 ถึง 21.00 น. มีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 30 kW ดังนั้นในเวลา 3 ชั่วโมง (21.00 – 24.00 น.) ที่เหลือจะเหลือกำลังให้ใช้ได้ก็เพียง $17.17 + 17.17 + 22.42 + 15.42 + 15.42 + 15.42 - (17.17 + 17.17 + 30.00) = 38.68 \text{ kWh}$ หรือก็คือปริมาณความจุแบตเตอรี่จะเหลืออยู่เพียง 806 Ah เท่านั้น

ตารางที่ 4.10 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.

	ช่วงเวลา (Time)					
	18.00- 19.00 น.	19.00- 20.00 น.	20.00- 21.00 น.	21.00- 22.00 น.	22.00- 23.00 น.	23.00- 24.00 น.
โหลดที่ใช้ (kW)	17.17	17.17	30.00	15.42	15.42	15.42
ความจุ แบตเตอรี่ (Ah)	358	358	625	321	321	321

จากการคำนวณแสดงค่าปริมาณความจุแบตเตอรี่ในระบบ AC-Coupled Battery Charging มีค่าเท่ากับ $\frac{103.02 \text{ kwh}}{48} = 2146.25 \text{ Ah} \approx 2146 \text{ Ah}$ (สมมติให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่อินเวอร์เตอร์และเปอร์เซนต์ความลึกของการคายประจุเป็น 100%) และระดับแรงดันที่ใช้เท่ากับ 48 โวลต์ จำนวนแบตเตอรี่ 144 ลูก ถ้าเลือกใช้ระบบ AC-Coupled Battery Charging จะแสดงความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ได้ว่าเมื่อภาระโหลดมีการเปลี่ยนแปลงไป คาดว่าจะเหลือปริมาณความจุแบตเตอรี่ตามตารางข้างล่างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC-Coupled Battery Charging

ตารางที่ 4.11 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.

	ช่วงเวลา (Time)					
	18.00- 19.00 น.	19.00- 20.00 น.	20.00- 21.00 น.	21.00- 22.00 น.	22.00- 23.00 น.	23.00- 24.00 น.
โหลดที่ใช้ (kW)	17.17	17.17	30.00	15.42	15.42	15.42
ความจุ แบตเตอรี่ (AH)	358	358	625	321	321	321
คงเหลือ (AH)	1,788	1,430	805	484	163	-158
คงเหลือ (%)	83.32	66.64	37.51	22.55	7.6	-7.4

จากตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดในช่วงเวลา 20.00 ถึง 21.00 น. ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 30 kW จะทำให้ปริมาณความจุของแบตเตอรี่จะเหลือความจุ ณ ช่วงเวลา 22.00 ถึง 23.00 น. มีค่าเท่ากับ 163 Ah ถ้าคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของระดับพลังงานในแบตเตอรี่จะเหลือเท่ากับ 7.6 % ของความจุ แต่ในอีกหนึ่งชั่วโมงถัดไปจะไม่พอจ่ายในระบบ คาดว่าอาจจะต้องใช้ไฟจากการไฟฟ้าต่อเข้าระบบ ซึ่งพบว่าเมื่อการออกแบบที่ไม่ได้ชดเชยค่าประสิทธิภาพของแบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์ โดยให้การทำงานเป็น 100% คาดว่าพลังงานจากแบตเตอรี่พอใช้สำหรับในระบบที่ความผิดพลาดจากเดิม แต่ในทางปฏิบัติจริงเราควรจะต้องคิดค่าชดเชยประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ และเปอร์เซ็นต์ความลึกของการคายประจุได้แก่ 80% 85% และ 70% ตามลำดับเพื่อให้ระบบมีความเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีปริมาณความจุของแบตเตอรี่เท่ากับ 4509 Ah สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้จากตารางด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.

	ช่วงเวลา (Time)					
	18.00- 19.00 น.	19.00- 20.00 น.	20.00- 21.00 น.	21.00- 22.00 น.	22.00- 23.00 น.	23.00- 24.00 น.
โหลดที่ใช้ (kW)	17.17	17.17	30.00	15.42	15.42	15.42
ความจุ แบตเตอรี่ (AH)	358	358	625	321	321	321
คงเหลือ (AH)	4,151	3,793	3,168	2,847	2,526	2,205
คงเหลือ (%)	92.06	84.12	70.25	63.14	56.02	48.9

จากตารางจะเห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดในช่วงเวลา 20.00 ถึง 21.00 น. ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด = 30 kW จะทำให้ปริมาณความจุของแบตเตอรี่เหลือความจุ ณ ช่วงเวลา 23.00 ถึง 24.00 น. มีค่าเท่ากับ 2205 Ah ถ้าคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของระดับพลังงานในแบตเตอรี่จะเหลือเท่ากับ 48.9 % ของความจุ แต่ในการคำนวณคิดค่าเปอร์เซ็นต์ความลึกของการคายประจุเท่ากับ 30% แบตเตอรี่จะดิสชาร์จเมื่อปริมาณความจุแบตเตอรี่เหลือ 30% ดังนั้นพลังงานของแบตเตอรี่จะคงเหลือเท่ากับ 18.9 % ซึ่งคิดเป็นกำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) คือ $\frac{18.9 \times 4509 \text{ Ah} \times 48\text{V}}{100} = 40,905.6 \text{ kWh}$ คาดว่าการออกแบบปริมาณความจุแบตเตอรี่ พอใช้ใน ระบบพลังงานที่เหลือนี้อาจจะนำไปใช้ได้ในช่วงเวลาอื่นๆ ที่โหลดต้องการพลังงานจากแบตเตอรี่ เนื่องจากถ้าอยากทราบค่าต่างๆ จะต้องทำการวัดแรงดันและกระแสโดยใช้พาวเวอร์มิเตอร์

ระบบ DC-Coupled Battery Charging

จากการคำนวณแสดงค่าปริมาณความจุแบตเตอรี่ในระบบ DC-Coupled Battery Charging มีค่าเท่ากับ $\frac{103.02kwh}{720} = 143Ah$ (สมมุติให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ และ เพอร์เซ็นต์ความลึกของการคายประจุเป็น 100%) และระดับแรงดันที่ใช้เท่ากับ 720 โวลต์ จำนวนแบตเตอรี่ 120 ลูก ถ้าเลือกใช้ระบบ DC-Coupled Battery Charging จะแสดงความสัมพันธ์ กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ได้ว่า เมื่อภาระโหลดมีการเปลี่ยนแปลงไปคาดว่าจะเหลือปริมาณความจุแบตเตอรี่ตามตารางข้างล่างดังนี้

ตารางที่ 4.13 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.

	ช่วงเวลา (Time)					
	18.00- 19.00 น.	19.00- 20.00 น.	20.00- 21.00 น.	21.00- 22.00 น.	22.00- 23.00 น.	23.00- 24.00 น.
โหลดที่ใช้ (kW)	17.17	17.17	30.00	15.42	15.42	15.42
ความจุ แบตเตอรี่ (AH)	23.85	23.85	41.67	21.42	21.42	21.42
คงเหลือ (AH)	119.15	95.3	53.63	32.21	10.79	10.63
คงเหลือ (%)	83.32	66.64	37.50	22.52	7.54	7.43

จากตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดในช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด = 30 kW จะทำให้ปริมาณความจุของแบตเตอรี่จะเหลือความจุ ณ ช่วงเวลา 22.00-23.00 น. มีค่าเท่ากับ 10.79 Ah หรือ 7,769 kWh ถ้าคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของระดับพลังงานในแบตเตอรี่ จะเหลือเท่ากับ 7.54 % ของความจุ แต่ในอีกหนึ่งชั่วโมงถัดไปจะไม่พอจ่ายในระบบ คาดว่าอาจจะต้องใช้ไฟจากการไฟฟ้าต่อเข้าระบบ ซึ่งพบว่า เมื่อการออกแบบที่ไม่ได้ชดเชยค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์ โดยให้การทำงานเป็น 100% คาดว่าพลังงานจากแบตเตอรี่พอใช้สำหรับในระบบที่ความผิดปกติจากเดิม แต่ในทางปฏิบัติจริงเราควรจะคิดค่าชดเชยประสิทธิภาพของแบตเตอรี่และ %DOD ได้แก่ 80% และ 70% ตามลำดับ (ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ = 85 % ในระบบDC-Coupled Battery Charging จะไม่นำมาคำนวณ เนื่องจากขบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า จะไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์) เพื่อให้ระบบมีความเสถียรภาพและไม่น่าเชื่อถือ ซึ่งมีปริมาณความจุของแบตเตอรี่ เท่ากับ 250 Ah สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้จากตารางข้างล่าง

ตารางที่ 4.14 กำลังไฟฟ้าและปริมาณความจุแบตเตอรี่ที่ใช้ในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงกรณีมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น.

	ช่วงเวลา (Time)					
	18.00-19.00 น.	19.00-20.00 น.	20.00-21.00 น.	21.00-22.00 น.	22.00-23.00 น.	23.00-24.00 น.
โหลดที่ใช้ (kW)	17.17	17.17	30.00	15.42	15.42	15.42
ความจุแบตเตอรี่ (AH)	23.85	23.85	41.67	21.42	21.42	21.42
คงเหลือ (AH)	226.15	202.3	160.63	139.21	117.8	96.37
คงเหลือ (%)	90.46	80.92	64.25	55.68	47.12	38.55

จากตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดในช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด = 30 kW จะทำให้ปริมาณความจุของแบตเตอรี่จะเหลือความจุ ณ ช่วงเวลา 23.00 - 24.00 น. มีค่าเท่ากับ 96.37 Ah หรือ 69,386 kWh ถ้าคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของระดับพลังงานในแบตเตอรี่จะเหลือเท่ากับ 38.55% ของความจุ แต่ในการคำนวณคิดค่าเปอร์เซ็นต์ความลึกของการคายประจุ = 30 % แบตเตอรี่จะดิสชาร์จเมื่อปริมาณความจุแบตเตอรี่เหลือ 30 % ดังนั้นพลังงานของแบตเตอรี่จะคงเหลือเท่ากับ 8.55 % ซึ่งคิดเป็นกำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) คือ $\frac{8.55 \times 250 \text{ Ah} \times 720 \text{ V}}{100} = 15,390 \text{ kWh}$ คาดว่าการออกแบบปริมาณความจุแบตเตอรี่ พอใช้ในระบบพลังงานที่เหลือนี้อาจจะนำไปใช้ได้ในช่วงเวลาอื่นๆที่โหลดต้องการพลังงานจากแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การติดตั้งระบบESS (Energy storage system)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการวางแผนติดตั้งแบตเตอรี่มีดังนี้

4.6.1 อุณหภูมิ

เป็นสิ่งสำคัญมากในการรักษาอุณหภูมิแบตเตอรี่ให้อยู่ในช่วงเหมาะสมที่ 15 – 25 องศาเซลเซียส (60–80 องศาฟาเรนไฮน์) ขณะที่ขีดจำกัดสูงสุดอยู่ที่ 10-35 องศาเซลเซียส (50 – 95 องศาฟาเรนไฮน์)

ในสถานที่ที่มีภูมิอากาศร้อนควรเก็บแบตเตอรี่ให้ห่างจากแสงแดด ให้เย็นเท่าที่จะทำได้ ส่วนสถานที่ที่มีภูมิอากาศเย็นนั้นจะไม่มีปัญหาในเรื่องอุณหภูมิที่ต่ำแต่ควรจะต้องเก็บรักษาแบตเตอรี่ไว้ในบริเวณที่อาศัยเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิต่ำเกินขีดสุดที่รับได้

เพื่อป้องกันค่าความต่างของอุณหภูมิที่จะมีผลต่อแบตเตอรี่ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งให้รับแสงแดดโดยตรง บริเวณที่ใกล้เครื่องกับระบบท่อทำความร้อนแบตเตอรี่สามารถแบ่งเก็บเป็นส่วนได้เพื่อป้องกันปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิ

4.6.2 ระบบระบายอากาศ

ระหว่างการอัดประจุตรงช่องเติมน้ำกลั่นของแบตเตอรี่จะมีการสร้างก๊าซไฮโดรเจนที่มีคุณลักษณะเหมือนกับก๊าซหุงต้มที่สามารถติดไฟได้ง่าย ถ้าหากไม่มีพื้นที่ด้านบนให้ก๊าซไฮโดรเจนไหลออกอาจเกิดการสะสมและทำให้เกิดอันตรายจากการระเบิดได้ ดังนั้นแบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่นจะต้องมีการระบายอากาศที่ดีหมายความว่าจะต้องมีการระบายไปสู่ภายนอกได้ เช่น ผ่านทางช่องระบาย ที่อากาศสามารถไหลเวียนได้

แบตเตอรี่ลูกเดียวที่ใช้จ่ายในระบบที่มีขนาดเล็กมากสามารถเอาไว้ในบริเวณที่อาศัยได้โดยไม่มีอันตราย แบตเตอรี่ที่ไม่เติมน้ำกลั่นจะไม่มีการปล่อยก๊าซในช่วงของการทำงานทำให้ไม่ต้องมีการระบายอากาศเป็นพิเศษ สำหรับชุดแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ควรจะเอาไว้ให้ห่างจากแหล่งที่อยู่อาศัย และก๊าซที่ออกมาจากชุดแบตเตอรี่ไม่ควรปล่อยให้ผ่านไปยังส่วนที่อยู่อาศัยและระบบระบายความร้อน

แม้จะมีการระบายอากาศที่ดี แต่ยังคงจำเป็นต้องเก็บรักษาวัสดุไวไฟให้อยู่ห่างด้วย ห้ามสูบบุหรี่ใกล้กับแบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่น และไม่ควรเก็บแบตเตอรี่ไว้ในที่ก๊าซไวไฟจะสามารถเข้ามาถึงได้ เช่น พาราฟิน(เคโรซีน) ก๊าซหุงต้ม

4.6.3 ระบบความปลอดภัย

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดังนั้นตำแหน่งที่ไว้จะต้องมีการรักษาความปลอดภัยจากการโจรกรรมและควรมีการรักษาให้ปลอดภัยจากผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องและเด็ก

การโจรกรรมแบตเตอรี่ที่จะนำไปใช้กับพาหนะอาจกลายเป็นปัญหาได้ วิธีหนึ่งที่จะสามารถแก้ปัญหาได้คือการเลือกใช้ชุดแบตเตอรี่ที่ต่อขึ้นมาจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ แทนการใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์

4.6.4 ระบบการป้องกัน

แบตเตอรี่ควรมีการป้องกันเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่เป็นโลหะหรือวัตถุที่จะสามารถตกลงมาใส่ที่มาจากความผิดพลาดของบุคคลควรเก็บแบตเตอรี่ไว้ในกล่องบนชั้นวางไม้ที่แข็งแรงหรือมีการอุปกรณ์กันกระแทก ซึ่งเป็นการเก็บแบตเตอรี่ให้ห่างจากพื้นและป้องกันฝาปิด ขั้วต่อ และสายเชื่อมด้านบนของแบตเตอรี่ควรจะทำให้งานต่อการทำงานสะอาด และการวัดสถานะของการอัดประจุ ดังนั้นจึงควรวางในแนวนอน

กล่องและพื้นควรมีการสกัดกั้นการหกของสารอิเล็กโทรไลต์(กรดที่ใช้กับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด และสารอัลคาไลน์ สำหรับแบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียม) กรอบพลาสติกที่มีความแข็งแรงจะสามารถป้องกันการหก และความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ได้ นี่เป็นสิ่งสำคัญต่อแบตเตอรี่ถ้าหากมีความเสี่ยงกับการปนเปื้อนของน้ำที่ใช้เติม

ช่องเติมน้ำจะมีคว้นเล็กน้อย ถ้าหากมีการอัดประจุเกินและไปสะสมที่ผิวใกล้ช่องเติมน้ำซึ่งต้องมีการเคลือบไม้เพื่อป้องกันความเสียหาย การเคลือบทำได้โดยการใช้ยาอีพ็อกซี่ที่ต้องมีการผสมน้ำยาก่อนการเคลือบไม้

4.6.5 พื้นที่บริเวณทางเข้า

ทางเข้าจะต้องสามารถการติดตั้ง และบำรุงรักษาได้ หากแบตเตอรี่มีน้ำหนักมากก็ควรจะมีการวางแผนเกี่ยวกับอุปกรณ์ไว้ก่อนด้วย สถานที่ควรจะมีแสงสว่างที่ดี วงจรหลอดไฟควรจะแยกกับแบตเตอรี่เพื่อการตรวจสอบปัญหาในเวลากลางคืน

4.6.6 ตำแหน่งของแบตเตอรี่

สถานที่ที่แนะนำในบ้านคือห้องเก็บของที่มีการระบายอากาศที่ดีต้องเป็นห้องที่พื้นมีมือเด็กหรือเก็บรักษาแบตเตอรี่ไว้อย่างมิดชิดในโรงเรียนหรือสถาบันต่างๆ ห้องๆ นี้จะต้องล็อกไว้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.7 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมมีบทบาทในด้านควบคุมระหว่างโซล่าเซลล์ แบตเตอรี่ และเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนควบคุมประกอบด้วยสวิตช์หลัก ฟิวส์ ไพบอกสถานะ และมีเตอร์บอกค่าการทำงาน บางกรณีอาจต้องการอุปกรณ์ตั้งเวลาเพื่อการควบคุมวงจรแสงสว่าง การเข้าถึงที่ง่ายจำเป็นจะต้องมีส่วนควบคุมที่สามารถตรวจสอบได้ ดังนั้นส่วนควบคุมควรจะอยู่ติดกำแพง อย่างไรก็ตามการสร้างสรรค์ต่างๆ ในระบบ เช่น สวิตช์ อาจจำเป็นต้องมีการเก็บไว้อย่างมิดชิด ส่วนควบคุมประกอบด้วยสวิตช์ที่ใช้มือควบคุมและสวิตช์อัตโนมัติซึ่งจะสร้างการประกายไฟเมื่อมีการเปิดวงจร ผู้ผลิตส่วนควบคุมแนะนำว่าไม่ควรจะติดตั้งใกล้กับช่องระบายอากาศของแบตเตอรี่ ถ้าแบตเตอรี่อยู่ในกล่องส่วนควบคุมควรจะอยู่ข้างในกล่องเดียวกัน

4.6.8 อินเวอร์เตอร์กำลัง

สำหรับระบบใหญ่ที่มีขนาดอินเวอร์เตอร์มากกว่า 100 วัตต์ขึ้นไปจะมีกระแสจำนวนมากออกจากแบตเตอรี่ ดังนั้นอินเวอร์เตอร์ควรจะติดตั้งใกล้กับแบตเตอรี่เพื่อทำให้ระยะของสายสั้นลง ดังนั้นควรจะใช้เคเบิลขนาดใหญ่เพื่อเป็นการรับประกันว่าจะมีแรงดันตกน้อยกว่า 1 โวลต์การเดินสายขาออกจากอินเวอร์เตอร์ควรเป็นไปตามมาตรฐานและเป็นไปตามแรงดันหลักของระบบ นั้นหมายถึงการใช้งานแรงดันและระบบกราวด์ที่เหมาะสมด้วย ถ้าระบบประกอบด้วยวงจรที่มีช่องสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้กระแสตรงแรงดันต่ำจะต้องมีการออกแบบให้มีความแตกต่างเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนและการเชื่อมต่อกับวงจรของระบบหลัก

4.6.9 ขั้นตอนการติดตั้งแบตเตอรี่

1. การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมนั้นขึ้นอยู่กับระดับแรงดันที่ใช้ในระบบ
2. วัดแรงดันของกลุ่มแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมแต่ละกลุ่ม ถ้ามีแรงดันไม่เท่ากับแรงดันระบบให้ตรวจสอบการต่อสาย แต่ถ้ามีแบตเตอรี่ลูกใดมีแรงดันต่ำกว่าแรงดันระบบมากๆ เราควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกนั้นใหม่
3. เมื่อตรวจสอบแบตเตอรี่หรือชุดแบตเตอรี่ที่ต่ออนุกรมกันด้วยหน่วยควบคุมแบตเตอรี่ ควรระบุได้ว่าแบตเตอรี่นั้นมีความจุเต็ม
4. ทำจุดต่อที่ขั้วบวกและขั้วลบหลักของชุดแบตเตอรี่ไว้สำหรับหน่วยควบคุม (Control Unit)
5. วางสายไฟขั้วบวกให้อยู่ห่างจากขั้วบวกของแบตเตอรี่
6. ต่อสายที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ก่อนโดยต่อสายให้แน่นพอที่จะยึดกับขั้วได้พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำสายไฟขั้วบวกมาสัมผัสเบาๆกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ลูกหนึ่งแล้วจะเกิดประกายไฟเล็กน้อย ถ้าเกิดประกายไฟขนาดใหญ่แสดงว่าเกิดปัญหาในกระบวนการเดินสายไปยังหน่วยควบคุมหรือในหน่วยควบคุมเอง

8. ถ้าไม่เกิดประกายไฟตามขั้นตอนที่7สามารถต่อสายไฟขั้วบวกกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการออกแบบระบบพลังงานสำรองโดยใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานในช่วงเวลา 18.00 – 24.00 น. ซึ่งเวลาขณะนั้นโหลดทั้งหมดภายในโครงการวิจัยต้องการพลังงาน มีค่าเท่ากับ 103.02 kWh โหลดสูงสุดเท่ากับ 22.42 kW ในที่นี้จากการวิเคราะห์ระบบพลังงานสำรองพบว่ามี 2 ระบบคือ AC Coupled Battery Charging และ DC Coupled Battery Charging ที่มีการข้อดีและข้อเสีย , ปริมาณความจุของแบตเตอรี่ , ระดับแรงดัน , ลักษณะการต่อแบตเตอรี่ ดังนี้

AC Coupled Battery Charging

ซึ่งระบบนี้โครงการวิจัยเป็นระบบไฟฟ้าสามเฟส เพื่อความเสถียรภาพของระบบ จากการออกแบบชุดแบตเตอรี่ สามารถจ่ายไฟได้ในช่วงเวลา 18.00– 24.00 น. โหลดที่ใช้มีกำลังเป็น 103.02 kWh โดยจะเลือกใช้ Battery FB 125 Ah , 12 โวลต์ต่อเซลล์ ผลการคำนวณปริมาณความจุแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 4,509 Ah ระดับแรงดันในแบตเตอรี่ 48 V มีลักษณะการต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 4 ลูก และขนานกัน 4 ครั้ง รวมเป็น 1 ชุดทั้งหมด 9 ชุด จึงต้องใช้แบตเตอรี่จำนวน 144 ลูก ซึ่งพลังงานที่ผลิตได้จะผ่าน Inverter Sunny Tripower 15000TL จำนวน 4 เครื่อง ส่วนเครื่องประจุไฟฟ้า (Battery Charger) จึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับระบบ สามเฟส คือ Sunny island 8.0H จำนวนทั้งหมด 9 ชุด ชุดละ 3 เครื่อง และใช้ตู้ Multicluster box เป็นจุดตัวเชื่อมการติดต่อระบบทั้งหมดไม่ว่าเป็น ภาชนะโหลด , แผงโซล่าเซลล์ , กังหันลม , ระบบไฟฟ้า ส่วนกลาง , อินเวอร์เตอร์ , เครื่องประจุไฟฟ้า และชุดแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้สะดวกต่อการบำรุงรักษา และติดตั้งในอนาคตหากระบบต้องการเพิ่มภาชนะโหลด , เพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้า หรือมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ จะสามารถนำเข้าติดตั้งได้ง่าย จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบ AC Coupled Battery Charging พบว่าจะข้อดีได้แก่ แหล่งจ่ายพลังงานที่ได้ถูกแปลงให้เป็นกระแสสลับทันทีและสามารถจ่ายได้ไปยังโหลดได้โดยตรงทำให้มีประสิทธิภาพสูง , อุปกรณ์ระบบส่งไฟฟ้ากระแสสลับที่พิกัดกำลังสูงสามารถหาได้ง่ายและราคาถูกกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง , เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของส่วนกลาง(การไฟฟ้า)ได้ง่ายกว่า และสามารถเพิ่มจำนวนแหล่งผลิตไฟฟ้า(รูปแบบอื่น)และติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้ง่ายแต่มีข้อเสีย คือ พลังงานที่ผลิตได้ จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงอีกครั้งเมื่อนำไปสะสมพลังงานที่แบตเตอรี่ ทำให้เกิดความสูญเสีย , อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับมีขนาดใหญ่และราคาแพงกว่า , จำนวนแบตเตอรี่มาก และระบบมีค่าใช้จ่ายสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC Coupled Battery Charging

ระบบนี้จะมีจะไม่มีการประจุในการชาร์จแบตเตอรี่ จะต้องต่อแผงโซลาร์เซลล์ให้มีแรงดันรวมที่ผลิตออกมาจากแผงมากกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ ประมาณ 1.4 – 1.5 เท่า เพื่อให้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวจำกัดเพื่อการประจุแบตเตอรี่ เช่นแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์/เซลล์จะต้องมีแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์ประมาณ 16.8 - 18 โวลต์ จากการออกแบบชุดแบตเตอรี่ ต้องคำนึงถึงแรงดันรวมแผงโซลาร์เซลล์ที่สูงกว่าแรงดันรวมของแบตเตอรี่ ซึ่งแรงดันรวมจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าเท่ากับ 885.1 โวลต์และระดับแรงดันของแบตเตอรี่เท่ากับ 720 โวลต์ โดยสามารถจ่ายไฟได้ในช่วงเวลา 18.00– 24.00 น. โหลดที่ใช้มีกำลังเป็น 103.02 kWh โดยจะเลือกใช้ Battery FB 125 Ah , 12 โวลต์/เซลล์ ผลการคำนวณปริมาณความจุแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 250 Ah จึงมีลักษณะการต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูกให้ได้แรงดัน 720 โวลต์และขนานกัน 2 ชุด จึงต้องใช้แบตเตอรี่จำนวน 120 ลูก ซึ่งพลังงานที่ผลิตได้จะผ่านอินเวอร์เตอร์ Sunny Tripower 15000TL จำนวน 4 เครื่อง และโวลต์เตจเรกกูเลเตอร์ที่คอยปรับแรงดันให้คงที่เพื่อใช้ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่ ซึ่งในอนาคตหากระบบต้องการเพิ่มภาระโหลด , เพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้า หรือมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ จะสามารถนำเข้าติดตั้งได้ยากกว่าระบบ AC Coupled Battery Charging จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบ DC Coupled Battery Charging พบว่าจะข้อดีได้แก่ เหมาะสำหรับระบบส่งจ่ายระยะไกล ทำให้เกิดความสูญเสียในสายน้อยลง , เหมาะสำหรับระบบไฟฟ้าที่ไม่ได้ต่อกับระบบไฟฟ้าส่วนกลาง(การไฟฟ้า), อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสตรงมีขนาดเล็กและราคาถูกกว่าและ มีประสิทธิภาพสูงเมื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดในตอนกลางคืนแต่มีข้อเสีย คือ อุปกรณ์สำหรับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่พิกัดกำลังสูง หาได้ยากและมีราคาสูง , อาจจะมีกระแสในวงจรที่ไม่คงที่ในการชาร์จแบตเตอรี่เนื่องจากเรกกูเลเตอร์จะพยายามปรับแรงดันให้คงที่ซึ่งจากการสมมติสถานการณ์ที่ผิดปกติไป เมื่อภาระโหลดในตัวอาคารเพิ่มขึ้นในเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคือ ช่วงเวลา 20.00 – 21.00 น. เดิมมีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 22.42 kW แต่เมื่อความต้องการสูงขึ้นถึง 30.00 kW พบว่ากับระบบ AC Coupled Battery Charging พลังงานของแบตเตอรี่จะคงเหลือเท่ากับ 48.9 % จากการใช้งานในช่วงเวลา 18.00 – 24.00 น. แต่แบตเตอรี่จะทำการดีสชาร์จประจุเมื่อระดับแรงดันเหลือ 30 % สุดท้ายจะเหลือพลังงาน 30% ซึ่งคิดเป็นกำลังงานต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 40,905.6 kWh ซึ่งจากการออกแบบแบตเตอรี่คาดว่าปริมาณความจุจะเพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าในระบบ พลังงานที่เหลือนี้อาจจะนำไปใช้ได้ในช่วงเวลาอื่นๆที่โหลดต้องการพลังงานจากแบตเตอรี่ ในทำนองเดียวกัน DC Coupled Battery Charging ในช่วงเวลาเดียวกัน ระดับพลังงานในแบตเตอรี่จะเหลือเท่ากับ 38.55% ของความจุ แบตเตอรี่จะดีสชาร์จเมื่อปริมาณความจุแบตเตอรี่เหลือ 30 % ดังนั้นพลังงานของแบตเตอรี่จะคงเหลือเท่ากับ 8.55 % ซึ่งคิดเป็นกำลังงานต่อชั่วโมงคือ 15,390 kWh ซึ่งจากการออกแบบแบตเตอรี่คาดว่าปริมาณความจุจะเพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าในระบบ พลังงานที่เหลือนี้อาจจะนำไปใช้ได้ในช่วงเวลาอื่นๆที่โหลดต้องการพลังงานจากแบตเตอรี่ได้เช่นกัน

โครงการศูนย์วิจัยพลังงานทดแทนเพื่ออนาคตเป็นระบบค่อนข้างใหญ่สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยเซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม โดยระบบต้องมีความน่าเชื่อถือ มีความเสถียรภาพและความปลอดภัย โดยระบบ AC - Coupled Charging นั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต เนื่องจากเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า สามารถลดปัญหาเกิดการอัดประจุที่มากเกินไป (Over charge) กับการอัดประจุที่ต่ำเกินไป (Under charge) ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ยาวนานขึ้นและมีความยืดหยุ่นในการติดตั้งแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆเพิ่มในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรรัตน์ ดีกระจ่าง.และคณะ, “การแสดงผลของแบตเตอรี่”, **ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541
- [2] วีระยุทธ ส่วนพันธ์ล้อม.และคณะ, “ระบบคอนเวอร์เตอร์สำหรับการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่”,**ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**,สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551
- [3] “แบตเตอรี่”, Leonics [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway14.php>
- [4] วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี. (2011). โหลดและลักษณะการใช้ไฟฟ้า [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.rtc.ac.th/download/v.111150/บทที่%204.pdf
- [5] ข้อแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่รถยนต์และ Deep Cycle Battery [ออนไลน์] แหล่งที่มา:<http://for.um.tarad.in.th/index.php?topic=121.0>
- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, “ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์” [ออนไลน์] แหล่งที่มา:
http://www.ces.kmutt.ac.th/PV_text/Operator_CH1toCH5.pdf
- [7] Northern Arizona Wind & Sun, “Deep Cycle Batteries” [ออนไลน์].แหล่งที่มา:
http://www.lafdacs.org/pdf_files/Batteries.pdf
- [8] “คู่มือฝึกสอนไฟฟ้าโซลาร์เซลล์” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
www.palangthai.org/docs/PVUserManualThai.pdf
- [9] “ระบบชาร์จ battery deep-cycle” [ออนไลน์].แหล่งที่มา:
<http://mechanismsart.blogspot.com/2012/08/battery-deep-cycle-12-v-3-step-pic.html>
- [10] John Wiles, “Batteries in pv system” [ออนไลน์].แหล่งที่มา:
www.nmsu.edu/~tdi/pdf.../IAEI%20Mar-Apr%202013.pdf



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FB BATTERY

เวปบี แบตเตอรี่
ไม่ปิด ไม่มีการดูแล

DEEP CYCLE BATTERY FOR **SOLAR CELL**
NON-SEALED TYPE LEAD ACID BATTERY

Deep Cycle Battery 12V



- FB Deep Cycle Battery was designed for using under severe condition by its superior performance.
- FB Deep Cycle Battery was designed with high quality plates and separators. For deep discharge application, it gives the superior durability.
- Suitable for electric equipments needed high energy efficiency such as solar cell, golf cart etc.

Model	Voltage (V)	Capacity 5 Hrs rate (Ah)	Capacity 20 Hrs rate (Ah)	Battery Weight (Kg)	Electrolyte volume (Liter)	Charging current (Ampere)	Outer Battery Dimension (mm.)		
							Length	Width	Height
EB125	12	100	125	36	7.6	12.5	406	173	212
EB160	12	128	160	44	9.4	16.0	502	180	210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification for Electric Battery (EB125)

1. General Performance

1.1 Battery Capacity	125 Ah (20Hr rate)
1.2 Nominal Open Circuit Voltage	12.7 volts
1.3 Operating Temperature	Up to 60 °C discharge Up to 60 °C charge
1.4 Float charge	30 - 35 °C (recommended operation)
1.5 Equalized Voltage	13.2 V
1.6 Charging Current	14.4 V 20A (maximum)

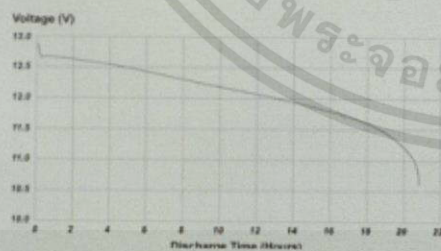
2. Battery characteristics

2.1 Case and cover material	Polypropylene
2.2 Terminal post	Taper terminal
2.3 Vent plug	Individual tone per cell
2.4 Electrolyte	Diluted Sulfuric Acid Specific Gravity 1.290 ± 0.005 @ 25°C
2.5 Separator	Synthetic Pulp with Glass mat
2.6 Overall Dimensions (mm)	L = 406 W = 173 H = 212 TH = 268
2.7 Approx. Weight (without Acid) (Kg.)	26.9
2.8 Approx. Weight with Acid (Kg.)	35.8
2.9 Approx. Volume of Acid (Kg.)	9.9

3. Life Cycle characteristic

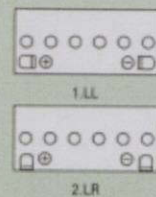
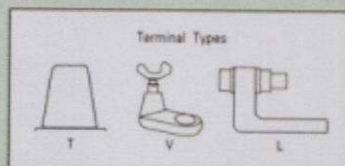
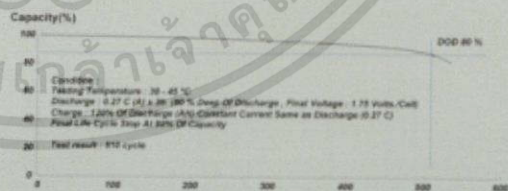
3.1 Life Cycle (Min.)	510 Cycles @ 80% DOD
3.2 Charge rate	120% of Discharge
3.3 Final Life Cycle	Stop at 80% of 20HR Capacity

Graph Of Capacity Test 20 Hour Rate
Model : EB125



Testing Temperature : $27 \pm 3^\circ\text{C}$
Discharge Current : 20HR (6.25 A)
Finished of Test : 10.5 V (Terminal Voltage)
Testing result Of Test : 20.30 Hr (126 Ah / 20HR)

Characteristic Of Life Cycle Test
Model : EB125



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

ข้อมูลของ Battery ChargerSMA:
Sunny Island 8.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SUNNY ISLAND 6.0H / 8.0H



SIMPLE. ROBUST. FLEXIBLE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SYSTEM CONSTELLATIONS UNLIMITED OPTIONS

Why choose Sunny Island? Because it gives you absolute freedom and precision in plant design with 99 system constellations.

For small plants

Our smallest and simplest system is called the single system. It is suitable for powers from 3 to 8 kilowatts. One Sunny Island is connected to the battery in this system. For example, it allows you to supply electricity to an isolated building, which cannot be connected to the power distribution grid.

For medium plants

In the single-cluster system, up to three Sunny Island units are connected to the battery. You can combine both Sunny Island power classes as required, which

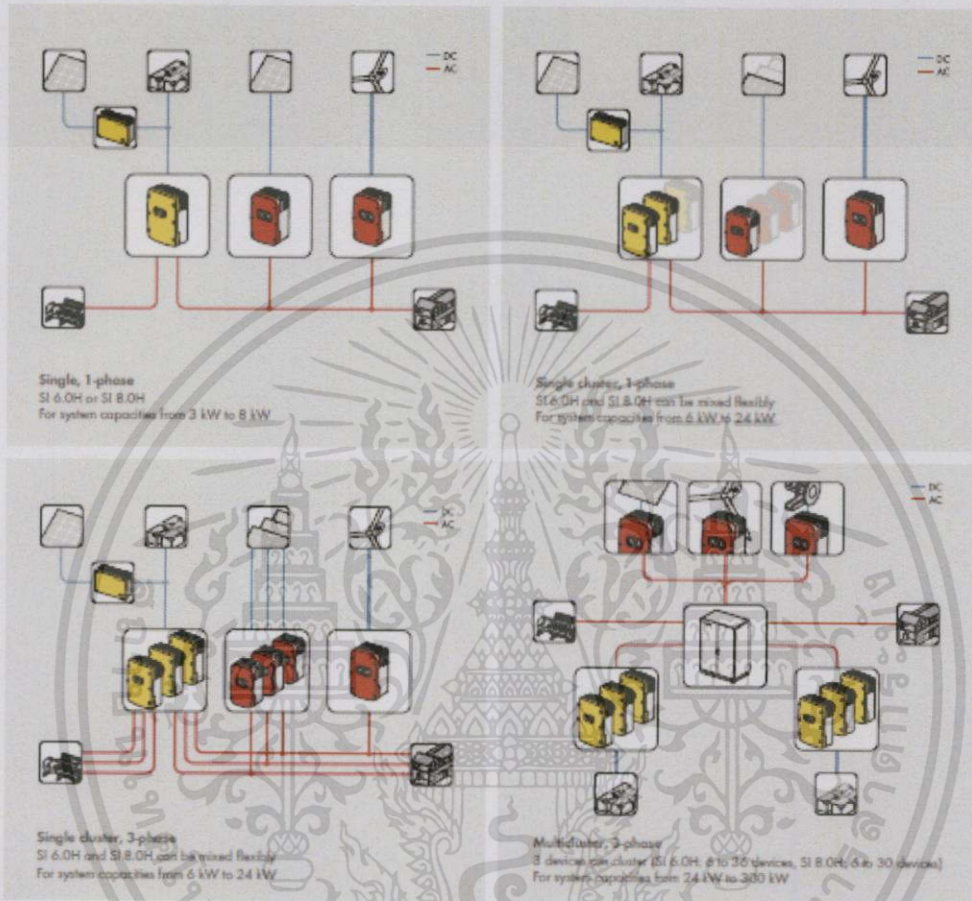
allows you to achieve precision power levels. Systems from 6 to 24 kilowatts can be assembled as required, with one or three phases. You can then operate the entire cluster using the Sunny Remote Control, which is connected to the master device. A simple, reliable and cost-effective solution for farms, remote huts, lodges or workshops which cannot access the power distribution grid.

For very large plants

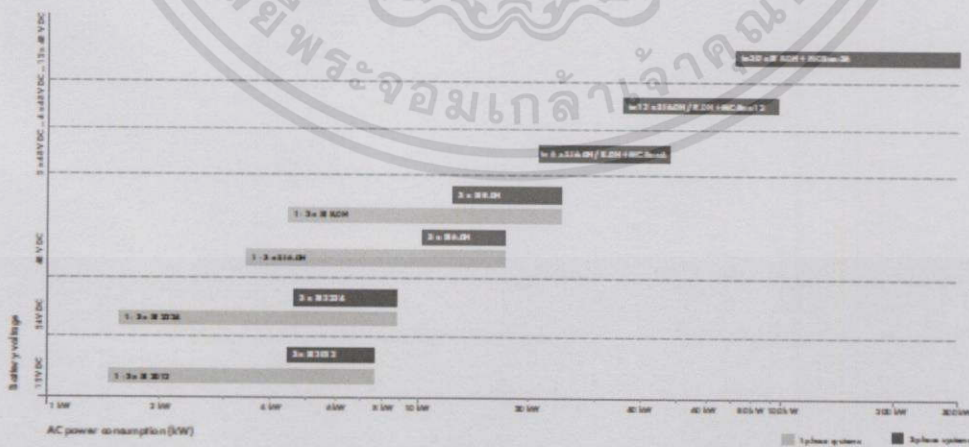
The multicluster system facilitates plant sizes from 24 to 300 kilowatts. Per cluster, you can connect three devices of the same type to the battery. You can combine up to twelve of these clusters in one Multicluster Box. This fully pre-configured AC distribution board makes it much easier to assem-

ble and expand large off-grid and hybrid systems. It guarantees a stable and powerful energy supply for hotels or industrial companies, as well as for entire islands and villages with a weak power distribution grid structure or none at all. If one device or cluster fails, the entire system does not deactivate automatically, allowing the electricity supply to be maintained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DC voltage and power range of Surity Island products



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical Data

Technical data	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
AC output (loads / stand-alone grid)		
Rated grid voltage / AC voltage range	230 V / 202 V ... 253 V	230 V / 202 V ... 253 V
Rated frequency / frequency range (adjustable)	50 Hz / 45 Hz ... 65 Hz	50 Hz / 45 Hz ... 65 Hz
Rated power (for Unom / from / 25 °C / cos φ = 1)	6600 W	6 000 W
AC power at 25 °C for 30 min / 5 min / 3 sec	6 000 W / 6 800 W / 11 000 W	8 000 W / 9 100 W / 11 000 W
Rated current / maximum output current (peak)	20 A / 120 A	26 A / 120 A
Total harmonic factor output voltage / power factor with rated power	< 4 % / -1 ... +1	< 4 % / -1 ... +1
AC input (PV array, grid or MC box)		
Rated input voltage / AC input voltage range	230 V / 172.5 V ... 264.5 V	230 V / 172.5 V ... 264.5 V
Rated input frequency / allowable input frequency range	50 Hz / 40 Hz ... 70 Hz	50 Hz / 40 Hz ... 70 Hz
Maximum AC input current	50 A	50 A
Maximum AC input power	11 500 W	11 500 W
Battery DC input		
Rated input voltage / DC voltage range	48 V / 41 V ... 63 V	48 V / 41 V ... 63 V
Maximum battery charging current	110 A	140 A
Rated DC charging current / DC discharging current	90 A / 103 A	115 A / 136 A
Battery type / battery capacity (range)	FLA, VRLA / 100 Ah ... 10 000 Ah	FLA, VRLA / 100 Ah ... 10 000 Ah
Charge control	U/I charge procedure with automatic full charge and equalization charge	U/I charge procedure with automatic full charge and equalization charge
Efficiency / self-consumption		
Maximum efficiency	95 %	95 %
Self-consumption without load / standby	< 26 W / < 4 W	< 26 W / < 6 W
Protective devices (equipment)		
AC short-circuit / AC overload	● / ●	● / ●
DC reverse polarity protection / DC fuse	- / -	- / -
Overtemperature / battery deep discharge	● / ●	● / ●
Oversvoltage category as per IEC 60964-1	II	III
General data		
Dimensions (width x height x depth)	467 mm x 612 mm x 242 mm	467 mm x 612 mm x 242 mm
Weight	63 kg	63 kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Protection class (according to IEC 62103)	I	I
Climatic category according to IEC 60721	3K6	3K6
Degree of protection according to IEC 60529	IP54	IP54
Features / function		
Operation and display / multifunction relay	External via SIC/20 / 2	External via SIC/20 / 2
Three-phase system / parallel connection	● / ●	● / ●
Integrated bypass / multicluster operation	- / -	- / -
State of charge calculation / full charge / equalization charge	● / ● / ●	● / ● / ●
Integrated soft start / generator support	● / ●	● / ●
Battery temperature sensor / data cables	● / ●	● / ●
Certificates and approvals	www.SMA-Solar.com	www.SMA-Solar.com
Warranty: 5 years	●	●
Accessory		
Battery cable / battery fuse	o / o	o / o
Interface SI-COM SMA (KS485) / SI-SYSCAN (Multicluster)	o / o	o / o
Extended generator start "GenMan"	o	o
Load-shedding contactor / battery current measurement	o / o	o / o
Type designation	SI6.0H-11	SI8.0H-11

● Standard features ○ Optional features – Not available

Data at nominal conditions - provisional data, as of March 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

ข้อมูลของ Multicuster SMA:

MC-BOX 36

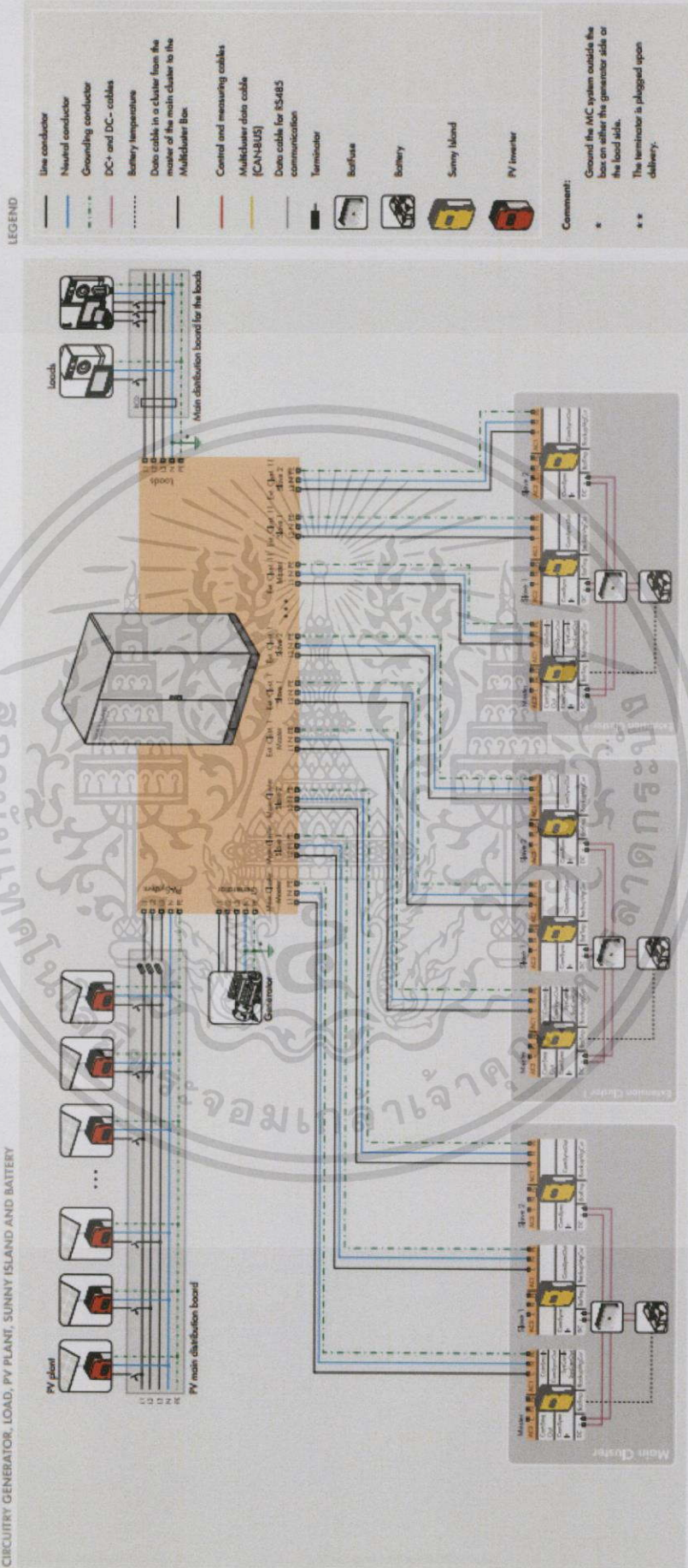
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sunny Island Multicluster System
MULTICLUSTER BOX 36
Installation Guide



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CIRCUITRY GENERATOR, LOAD, PV PLANT, SUNNY ISLAND AND BATTERY



LEGEND

- Line conductor
- Neutral conductor
- Grounding conductor
- DC+ and DC- cables
- Battery temperature
- Data cable in a cluster from the master of the main cluster to the Multiterminal line
- Control and measuring cables
- Multiterminal data cable (CAN-BUS)
- Data cable for RS-485 communication
- Terminator
- Bolt/fuse
- Battery
- Sunny Island
- PV inverter

Comment:

- * Ground the MC system outside the box on either the generator side or the load side.
- ** The terminator is plugged upon delivery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 Technical Data

Connection of Loads

Number	1 x 3-phase
Rated output	300 kW
Rated mains voltage between L and N	230 V
Rated mains voltage between L1 and L2	400 V
AC voltage range between L1 and N	172.5 V ... 250 V
AC voltage range between L1 and L2	300 V ... 433 V
Rated frequency	50 HZ
Frequency range	40 Hz ... 70 Hz
Current at ratings	3 x 435 A
Diameter of bolt clamp for connecting N	16 mm
Diameter of the screws on the fuse-switch-disconnector for connecting L1, L2, and L3	12 mm
Maximum torque of bolt clamp	25 Nm ... 50 Nm
Maximum torque of fuse-switch-disconnector	25 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²
Fuse	NH3
Minimum allowed fuse rating	100 A
Maximum allowed fuse rating	500 A

Connection of Sunny Island

Generator connection

Number	1 x 3-phase
Rated mains input power	300 kW
AC input current	3 x 435 A
Maximum rated short-circuit current	10 kA
Diameter of bolt clamp for connecting N	16 mm
Diameter of the screws on the fuse-switch-disconnector for connecting L1, L2, and L3	12 mm
Maximum torque of bolt clamp	25 Nm ... 50 Nm
Maximum torque of fuse-switch-disconnector	25 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²
Fuse	NH3
Minimum allowed fuse rating	100 A
Maximum allowed fuse rating	500 A

Connection of PV plant

Number	1 x 3-phase
PV rated output	300 kW
AC current at ratings	3 x 435 A
Maximum rated short-circuit current	10 kA
Bolt clamp diameter	16 mm
Maximum torque of bolt clamp	25 Nm ... 50 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²
Fuses	none

Connection to ground

Diameter of the screws on the fuse element for connecting PE	12 mm
Maximum torque	26 Nm
Maximum cable cross-section to be connected	300 mm ²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General data

Number of phases	3
Permitted grid structure	TN
Width x height x depth	1 200 mm x 2 000 mm x 800 mm
Weight	400 kg
Maximum altitude above MSL	2 000 m
Degree of protection provided by enclosure*	IP 54
Degree of protection provided by the inner protective cover*	IP 20
Protection class**	II
Overvoltage category***	UK 3
EMC environment	A
EC Declaration of Conformity	Yes
Operating temperature range	- 25 °C ... +60 °C
Air humidity	0 % ... 100 %

* as per IEC 60529

** as per IEC 417

*** as per EN 60664

Rated insulation voltage:

Switch cabinet wiring	2.5 kV AC
Rated voltage of auxiliary circuits	24 V DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUNNY TRIPOWER

10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL



Economical

- Maximum efficiency of 98.2%
- SMA OptiTrac Global Peak MPP tracking for best MPP tracking efficiency
- Bluetooth® communication

Reliable

- Trip protection with Optiprotect
- Electronic string fuse
- Self-healing string failure detection
- DC surge arrester (Type II) can be integrated

Flexible

- DC input voltage up to 1000 V
- Integrated grid management functions
- Custom plant design with OptiFlex

Simple

- Three-phase leads
- Cable connection without tools
- SUNCLICK DC plug-in system
- Easily accessible connector area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical Data	Sunny Tripower 15000TL
Input (DC)	
Max. DC power (@ cos φ=1)	15340 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	360 V - 800 V / 600 V
Min. input voltage / initial input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A ¹ / input B ²	33 A / 11 A
Max. input current per string input A ² / input B ²	40 A / 12.5 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:5, B:1
Output (AC)	
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	15000 W
Max. apparent AC power	15000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE, 220 / 380 V 3 / N / PE, 230 / 400 V 3 / N / PE, 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 V - 280 V
AC power frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz... +5 Hz
Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current	24 A
Power factor at rated power	1
Adjustable displacement factor	0.8 overexcited... 0.8 underexcited
Phase conductors / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	98.2% / 97.8%
Protection	
Inbuilt disconnection device	•
Ground-fault monitoring / grid monitoring	• / •
DC surge arrester Type II, can be integrated	•
DC reverse-polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	• / • / -
All-pole sensitive residual current monitoring unit	•
Protection class (according to IEC 62103) / over-voltage category (according to IEC 60664-1)	I / III
General Data	
Dimensions (W / H / D)	665 / 690 / 265 mm (26.2 / 27.2 / 10.4 in)
Weight	59 kg (130.07 lb)
Operating temperature range	-25 °C...+60 °C (-13 °F...+140 °F)
Noise emission (typical)	51 dB(A)
Self-consumption at night	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / OptiCool
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %
Features	
DC terminal / AC terminal	SUNCLIX / Spring-type terminal
Display	Graphic
Interface: RS485 / Bluetooth / Speedwire / Webconnect	• / • / • / •
Multifunction relay / Power Control Module	• / •
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	• / • / • / • / •
Certificates and approvals (more available on request)	AS 4777, BDEW 2008, C10/11, IEC61727, PPC, PPDS, RD 1699, RD VDE 0126-1-1,
Type designation	STP 15000TL-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความทางวิชาการ ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต :

การออกแบบระบบประจุไฟฟ้าและเก็บพลังงานส่วนกลาง

Future Center Project: The design of centralized charging and storage system

นายจิตรภานุ อุทัยสวัสดิ์ นายจิรภัทร ยงวงศ์สุนทรนายฉกรรจ์ หิรัญวารากร นายอาทิตย์ ศรีมันทยามาต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยคลองกรุง 1 ลาดกระบังกรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: operation_off@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบประจุและเก็บสะสมพลังงานในโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตซึ่งประกอบไปด้วยแบตเตอรี่, ชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ และวงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นระบบที่จำเป็นในการเก็บพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบควบคุมและโหลดภายในตัวบ้านต้นแบบ โดยระบบประจุและเก็บสะสมพลังงานนี้ออกแบบสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิรซ์ จ่ายให้กับปริมาณการใช้ไฟฟ้า 103.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (เวลา 18.00 ถึง 24.00 นาฬิกา) ในแต่ละวัน โดยการออกแบบระบบเก็บพลังงานและการเลือกขนาดของแบตเตอรี่จะต้องสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟของโหลดวิกฤต มีประสิทธิภาพ และเป็นไปตามหลักเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ: แบตเตอรี่, ระบบเก็บพลังงาน, การออกแบบ

Abstract

This thesis presents about centralized charging and storage system in Future renewable center. Consist of batteries, converters and inverters. It is necessary for storing energy from renewable energy source and be able to distribute enough power to the Future Renewable Center building. The system is designed for 220 volt, 50 hertz, load demands 195.7 kilowatt-hour for 6 hours (18.00 – 24.00) on each day. Energy storage system design and sizing of the devices in the system must be efficiently, economically and according to critical load.

Keyword: battery, energy storage system, design

1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีแนวโน้มสูงขึ้นไม่มีสิ้นสุด ซึ่งต่างจากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดยมีระบบ

แบตเตอรี่ซึ่งเป็นระบบเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนไปใช้ ณ ที่ห่างไกล และสามารถรักษาระบบควบคุมให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2. แบตเตอรี่แบบ Deep Cycle[2]

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแบบ Deep Cycle สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าจนแบตเตอรี่มีความจุถึงร้อยละ 20 ของความจุพิกัดทำให้เหมาะกับการใช้งานกับโหลดในเพราะเป็นการจ่ายกระแสในปริมาณที่ในระยะเวลายาวนาน

2.1 อัตราการคายประจุและอัตราการอัดประจุ[9]

อัตราการคายประจุและอัตราการอัดประจุสัมพันธ์กับความจุพิกัดของแบตเตอรี่ซึ่งมักจะแสดงในหน่วยของ Ah ที่อัตราการคายประจุจำเพาะค่าหนึ่ง

2.2 วิธีการประจุแบตเตอรี่[2]

ก. การประจุแบบกระแสคงที่ จะจำกัดปริมาณกระแสประจุที่เข้าวงจรแบตเตอรี่ทำให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุตามที่กำหนด

ข. การประจุแบบแรงดันคงที่โดยใช้เครื่องประจุเป็นตัวกำหนดแรงดันขึ้นมาแล้วป้อนเข้าแบตเตอรี่จำเป็นต้องมีตัวควบคุมแรงดันให้แรงดันคงที่

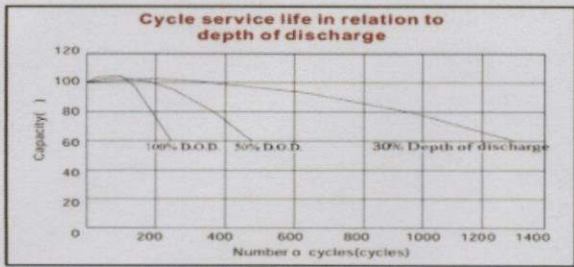
ค. การประจุแบตเตอรี่โดยวิธีร่วมเป็นการใช้สองวิธีข้างต้นเข้าด้วยกันโดยขั้นแรกใช้การอัดประจุด้วยกระแสและขั้นตอนที่สองอัดประจุด้วยแรงดันคงที่

2.2 ความลึกของการคายประจุ[2]

ค่าความลึกของการคายประจุหรือค่าดีโอดีบอดถึงเปอร์เซ็นต์ของความจุของแบตเตอรี่ที่ถูกใช้ไป นอกจากนี้ยังบอกถึงอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแบตเตอรี่ (ปี) โดยขึ้นอยู่กับค่าดีโอดีค่าอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ยิ่งลดลมีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 1



“รูปที่ 1 กราฟแสดงจำนวนครั้งการประจุกับค่าความลึกของกาคายประจุ”

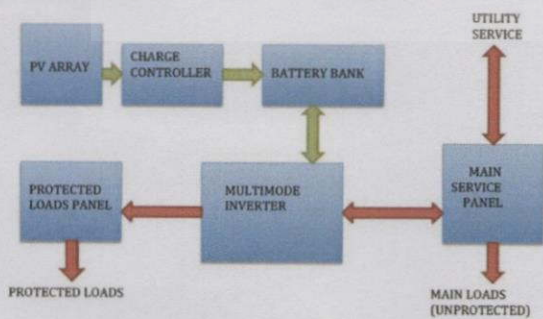
2.5 ลักษณะการต่อแบตเตอรี่[4]

การเชื่อมต่อแบตเตอรี่มีทั้งแบบอนุกรม ขนาน และผสม ซึ่งแบบอนุกรมนั้นจะได้แรงดันเพิ่มขึ้น แบบขนานนั้นจะได้กระแสเพิ่มขึ้น ส่วนแบบผสมจะเป็นการใช้ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานร่วมกันเป็นการเพิ่มทั้งแรงดันและกระแสพร้อมกัน

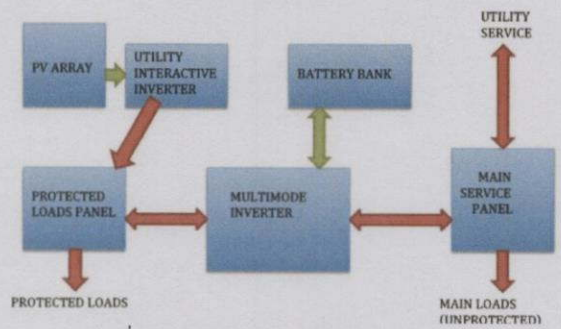
2.6 ระบบสำรองไฟฟ้าที่มีการต่อกับไฟฟ้าส่วนกลาง

1. การประจุแบตเตอรี่ผ่านการคลีปลิงด้วยไฟฟ้ากระแสตรง แสดงในรูปที่ 2 มีการแบ่งโหลดออกเป็นโหลดธรรมดาแลโหลดวิกฤติ เมื่อไฟฟ้าส่วนกลางยังคองทำงาน กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไหลผ่านเครื่องควบคุมการอัดประจุแล้วประจุเข้าแบตเตอรี่และไหลผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับไปยังโหลดในกรณีที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่าความต้องการของโหลด กำลังไฟฟ้าส่วนเกินจะถูกส่งจำหน่ายให้แก่ไฟฟ้าส่วนกลางได้

2. การประจุแบตเตอรี่ผ่านการคลีปลิงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ แสดงในรูปที่ 3 เมื่อมีไฟฟ้าส่วนกลางอยู่ แบตเตอรี่จะถูกประจุให้เต็มอยู่ตลอดและโหลดวิกฤติจะรับกำลังไฟฟ้าจากส่วนกลาง อินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อกับระบบไฟส่วนกลางที่มีหน้าที่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับสำหรับโหลดทั้งหมดและส่วนกลางเมื่อไฟฟ้าส่วนกลางไม่สามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้อินเวอร์เตอร์จะหยุดจ่ายกำลังไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แก่ไฟฟ้าส่วนกลาง แต่จะส่งกำลังไฟให้เพียงโหลดวิกฤติจนกว่าส่วนกลางสามารถจ่ายกำลังไฟใหม่อีกครั้ง



“รูปที่ 2 โครงข่ายระบบ DC-coupled charging”



“รูปที่ 3 โครงข่ายระบบ AC-coupled charging”

3. การออกแบบแบตเตอรี่

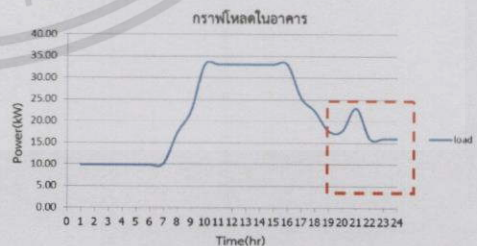
เลือกใช้แบตเตอรี่แบบ Deepcycle ที่สามารถจ่ายกระแสปริมาณเล็กน้อยได้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยเลือกใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่แบบ Deep cycle ขนาด 12 โวลต์ ความจุ 125 Ah

4. การหาความจุของแบตเตอรี่จากกราฟโหลด

การหาความจุของแบตเตอรี่จะต้องคำนวณตามช่วงเวลาของกราฟโหลดตั้งแต่ 18.00 ถึง 24.00 นาฬิกา ดังรูปที่ 4 ซึ่งจะคำนวณได้จาก

$$Q_{batt} = \frac{P_{Load} \times T}{V_{batt} \times eff_{batt} \times eff_{Inv} \times \%DOD}$$

- เมื่อ Q_{batt} = ความจุแบตเตอรี่ (Ah)
- P_{Load} = กำลังวัตต์รวม (W)
- V_{batt} = แรงดันแบตเตอรี่ (V)
- eff_{batt} = ค่าประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (0.8-0.85)
- eff_{Inv} = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (0.8-0.9)
- $\%DOD$ = ร้อยละของความลึกของกาคายประจุ
- T = ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด (h)



“รูปที่ 4 กราฟของโหลดในอาคาร”

จากรูปที่ 4 ชั้นแรกคำนวณพลังงานที่ใช้ใน 1 ชั่วโมงในช่วง 18.00 จนถึง 24.00 นาฬิกาจากกราฟโหลดโดยนำมารวมกัน ได้ดังนี้

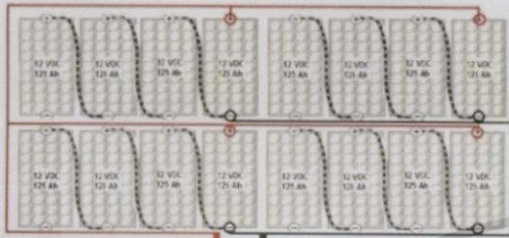
$$17.17+17.17+22.42+15.42+15.42+15.42 = 103.02 \text{ kWh}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 กรณีระบบ AC-Coupled Battery Charging

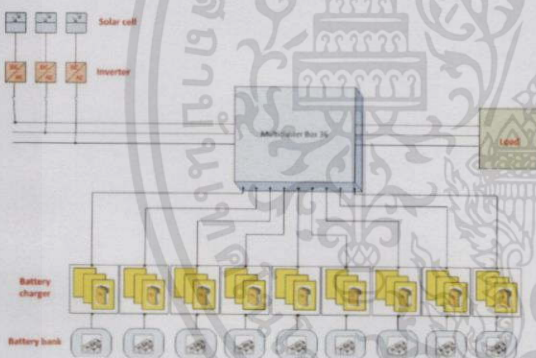
สามารถคำนวณความจุแบตเตอรี่ได้ดังนี้

$$Q_{batt} = \frac{103020}{48 \times 0.80 \times 0.85 \times 0.7} = 4508.93 \text{ Ah}$$



รูปที่ 5 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 4 ลูก และขนานกัน 4 วงจร

ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่คำนวณได้คือ 4509 Ah เลือกแบตเตอรี่ขนาด 125 Ah อนุกรมกัน 4 ลูก แล้วขนานกัน 4 วงจร ทำให้ได้ค่าแรงดัน 48 โวลต์ 500 Ah ต่อ 1 ชุด (หรือ 16 ชุด) ดังนั้นจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบนี้เท่ากับ $4509/500 = 9$ ชุด = 144 ลูก



รูปที่ 6 ระบบ AC-Coupled Battery Charging

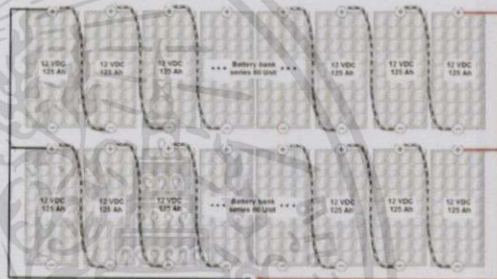
ในระบบนี้จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวแปลงกระแสไฟฟ้า ใช้ตัวมัลติคัลติเตอร์เป็นตัวตัดต่อวงจรโดยรับคำสั่งจาก โหลดหรือประจุเข้าแบตเตอรี่หรือทั้งทั้งสองอย่างพร้อมกันและสามารถเป็นตัวตัดต่อไฟจากการไฟฟ้าได้เมื่อต้องการประจุไฟไปยังแบตเตอรี่ จะต้องวงจรในตัวของตัวมัลติคัลติเตอร์เชื่อมต่อไปยังเครื่องประจุเพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อประจุไฟเข้าไปในแบตเตอรี่ โดยเครื่องอัดประจุในระบบนี้จะใช้ทั้งสิ้น 27 ตัว เนื่องจากในระบบสามเฟสต้องใช้เครื่องอัดประจุ 3 ตัวต่อแบตเตอรี่ 1 ชุด

5.2 กรณีระบบ DC-Coupled Battery Charging

เนื่องจากแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเป็นเท่ากับ 885.1 V ซึ่งต้องให้แรงดันขุดแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าแรงดันที่แผงโซลาร์เซลล์ โดยก่อนประจุไฟเข้าแบตเตอรี่จะใช้วงจรรักษาระดับแรงดันปรับแรงดันให้คงที่ก่อน จ่ายไฟไปยังโหลดจะสามารถจ่ายผ่านแบตเตอรี่ที่ประจุไฟไว้หรือจ่ายโดยตรงผ่านแผงโซลาร์เซลล์โดยแปลงไฟกระแสตรงจากทั้งแบตเตอรี่และแผงโซลาร์เซลล์ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับโหลดต่อไป

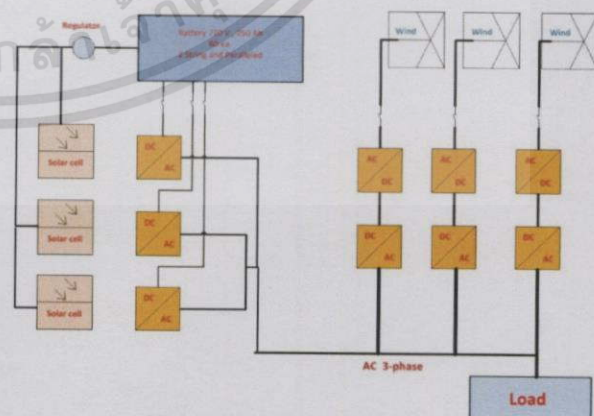
คำนวณค่าความจุแบตเตอรี่ได้ดังนี้

$$Q_{batt} = \frac{103020}{720 \times 0.80 \times 0.7} = 255.51 \text{ Ah}$$



รูปที่ 7 การต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูก และต่อขนาน 2 วงจร

จะได้ค่าความจุของแบตเตอรี่คือ 255.51 Ah โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah ต่อแบบอนุกรม 60 ลูก ได้แรงดัน 720 โวลต์ และได้ค่าความจุของแบตเตอรี่ต่อ 1 ชุดเท่ากับ 250 Ah ดังนั้นจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ทั้งหมดในระบบนี้คือ $255.51/250 = 1$ ชุด = 120 ลูก



รูปที่ 8 ระบบ DC-Coupled Battery Charging

6. เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบทั้งสอง

คุณสมบัติของระบบ	AC coupled battery charging	DC coupled battery charging
ราคา	5,810,560 บาท	1,158,800 บาท
จำนวนแบตเตอรี่ที่ใช้	144 ลูก	120 ลูก
จำนวนอินเวอร์เตอร์ที่ใช้	3	3
จำนวนอินเวอร์เตอร์มัลติโหมบที่ใช้	9×3	-
แรงดันแบตเตอรี่	48 โวลต์	720 โวลต์
ประสิทธิภาพ	0.98	0.83
อายุการใช้งานแบตเตอรี่	ยาวกว่า	สั้นกว่า
ความคุ้มครองอัคคีภัย	อินเวอร์เตอร์มัลติโหมบ	เร็กกูเลเตอร์

7. สรุป

ระบบสำรองพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายกำลังในช่วงเวลา 18.00 ถึง 24.00 นาฬิกาที่มีความต้องการพลังงานเท่ากับ 103.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมงซึ่งมีโหลดสูงสุดเท่ากับ 22.42 กิโลวัตต์สามารถวิเคราะห์ระบบสำรองได้ดังนี้

AC Coupled Battery Charging

จากการออกแบบระบบไฟฟ้าจะเป็น 3 เฟส ชุดแบตเตอรี่จึงสามารถจ่ายไฟได้ในช่วงเวลาข้างต้น โดยเลือกใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่ขนาด 125 Ah 12 โวลต์ ปริมาณความจุแบตเตอรี่เป็น 4,509 Ah แรงดัน 48 โวลต์โดยต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 4 ลูกแล้วนำมาขนานกัน 4 วงจร ใช้ทั้งหมด 9 ชุด จึงต้องใช้แบตเตอรี่ทั้งหมด 144 ลูก ส่วนเครื่องประจุไฟฟ้าต้องใช้จำนวน 9 ชุด ชุดละ 3 เครื่อง

DC Coupled Battery Charging

ระบบนี้จะไม่มีการประจุแบตเตอรี่ จึงต้องต่อแผงโซลาร์เซลล์ให้มีแรงดันรวมที่ผลิตออกมาจากแผงมากกว่าแรงดันของแบตเตอรี่แล้วให้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวจำกัดแรงดันป้อนเข้าแบตเตอรี่ ในการออกแบบเลือกใช้แรงดันแผงโซลาร์เซลล์มีค่าเท่ากับ 885.1 โวลต์และระดับแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 720 โวลต์คำนวณปริมาณความจุแบตเตอรี่ได้เป็น 250 Ah โดยต่อแบตเตอรี่อนุกรมกัน 60 ลูก และขนานกัน 2 วงจร ดังนั้นต้องใช้แบตเตอรี่จำนวน 120 ลูก ซึ่งแรงดันจากแผงโซลาร์

เซลล์จะผ่านเร็กกูเลเตอร์ เพื่อปรับแรงดันให้คงที่แล้วประจุลงแบตเตอรี่ เมื่อโหลดต้องการใช้พลังงานจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ โดยผ่านอินเวอร์เตอร์ไปยังโหลด

โครงการศูนย์วิจัยพลังงานทดแทนเพื่ออนาคตเป็นระบบค่อนข้างใหญ่สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยเซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม โดยระบบต้องมีความน่าเชื่อถือ มีความเสถียรภาพและความปลอดภัย โดยระบบ AC-Coupled Charging นั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต เนื่องจากเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า สามารถลดปัญหาเกิดการอัดประจุที่มากเกินไป (Over charge) กับการอัดประจุที่ต่ำเกินไป (Under charge) ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ยาวนานขึ้นและมีความยืดหยุ่นในการติดตั้งแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆเพิ่มในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] “ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์”, Leonics [ออนไลน์]: www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php
- [2] “แบตเตอรี่”, Leonics [ออนไลน์]: <http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway14.php>
- [3] “คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์”, Goodclick, 2554 [ออนไลน์]: www.goodclick.com/catalog.php?idp=288
- [4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรจบ สุขประภากกรม, “พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์”, [ออนไลน์]: <http://www.ind.cru.in.th/articleind/33.pdf>
- [5] “SUNNY TRIPOWER 1500TL/20000 ECONOMIC EXCELLENCE”, SMA [ออนไลน์]: www.sma.de/en/products/solar-inverter-without-transformer/
- [6] “A NEW CLASS of Sunny Island”, SMA [ออนไลน์]: www.sma.de/en/products/off-grid-inverters/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล จิตรภานุ ฤกษ์สวัสดิ์ (โต้ง)

วัน/เดือน/ปีเกิด 22 กันยายน 2534

ที่อยู่ 841/25 ถ.สุขประยูร ต.บ้านโคก อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี
20000

E-mail : toangii@hotmail.com Tel : 081-6383983



ชื่อ-นามสกุล นายจิรภัทร ยงวงศ์สุนทร (ตัน)

วัน/เดือน/ปีเกิด 6 ตุลาคม 2534

ที่อยู่ 4184(98) ซ.ลาดพร้าว 101 แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ
กทม. 10240

E-mail : ton_ton19582@hotmail.com Tel : 086-6885657



ชื่อ-นามสกุล นาย ฉกรรจ์ ธีรญูวารการ (ออฟ)

วัน/เดือน/ปีเกิด 31 สิงหาคม 2534

ที่อยู่ 329 หมู่ 2 ต.นาแก้ว อ.เกาะคา จ.ลำปาง 52130

E-mail : operation_off@hotmail.com Tel : 087-5423561



ชื่อ-นามสกุล นายอาทิตย์ ศรีมันทยามาต (หนิง)

วัน/เดือน/ปีเกิด 29 ธันวาคม 2534

ที่อยู่ 151/8 ตรอกศิลกุศล ต.สวนดอก อ.เมือง จ.ลำปาง 521000

E-mail : n.artit.sri@gmail.com Tel : 081-1682233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้