การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

การถ่ายทอด และเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์

TEC TEAM

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

สารบัญ

บทที่ 1 ทรัพยากรพลังงานแสงอาทิตย์ 1
1.1 ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน 1
1.1.1 ข้อดีของพลังงานแสงอาทิตย์ 1
1.1.2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์ 2
1.2 การประมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ 4
1.2.1 รังสีและการฉายรังสี 4
1.3 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 6
1.3.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) 6
1.3.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (PV grid connected system) 7
1.3.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) 7
บทที่ 2 ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 8
2.1 หลักการพื้นฐานของไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 8
2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 9
2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ 11
2.3 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 17
2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ 20
2.5 ป้ายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Nameplate) 22
บทที่ 3 ส่วนประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ 24
3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 24
3.1.1 ชนิดและเทคโนโลยี 26
3.1.2 พิกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 26
3.1.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์ 28
3.2 อินเวอร์เตอร์ 30
3.2.1 การแบ่งชนิดของอินเวอร์เตอร์ 30
3.3 แบตเตอรี่ 31

3.3.1 ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่ 33
3.3.2 ระดับการชาร์จแบตเตอรี่ 33
3.3.3 ระดับการคายประจุ 34
3.3.4 อายุแบตเตอรี่ 34
3.3.5 การต่อแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ 35
3.4 ตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Charger controllers) 38
3.5 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า 39
3.5.1 สวิตช์ตัดตอน 39
3.5.2 ฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ 40
3.6 สายดิน 41
บทที่ 4 รูปแบบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ 42
4.1 ระบบที่เชื่อมต่อกับกริด (On-Grid System) 42
4.2 ระบบอิสระ (Stand Alone System) 42
4.3 ระบบไฮบริด (Hybrid System) 44
บทที่ 5 ขนาดของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 45
5.1 โหลดไฟฟ้า 45
5.1.1 โหลดไฟฟ้ากระแสสลับ 45
5.1.2 โหลดไฟฟ้ากระแสตรง 45
5.2 การคำนวณระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 46
5.2.1 การประเมินความต้องการพลังงาน 46
5.2.2 การหาขนาดแบตเตอรี่แบงก์ 49
5.2.3 การประมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่หาได้ 51
5.2.4 กำหนดขนาดของอาร์เรย์แสงอาทิตย์ 51
5.2.5 กำหนดขนาดตัวควบคุมการชาร์จ 52
5.2.6 การเลือกอินเวอร์เตอร์ 53
บทที่ 6 การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 kW_p 55
6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งระบบ 55
6.2 พื้นที่ติดตั้งที่เหมาะสม 57

6.2.1 เสาเดี่ยว 57
6.2.2 บนหลังคา 57
6.2.3 บนพื้นผิวเรียบหรือพื้นดิน 58
6.3 การติดตั้งแบตเตอรี่ 58
6.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 60
6.5 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา 71
6.5.1 เตรียมหลังคาสำหรับการติดตั้ง 71
6.5.2 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่แหลม 74
6.5.3 การติดตั้งชุดตัวเลื่อนมาตรฐาน 75
6.6 การเชื่อมต่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ 76
6.6.1 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 76
6.6.2 การติดตั้งตัวควบคุมการชาร์จ 78
6.6.3 วงจรระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 79
6.6.4 ประเภทของสายไฟและสายเคเบิล 79
6.7 ขั้นตอนการติดตั้ง 81
บทที่ 7 การบำรุงรักษาและการแก้ไขปัญหา 88
7.1 การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ 88
7.2 การบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 91
7.3 การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์และเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 92
7.4 การบำรุงรักษาสายเคเบิลและจุดต่อต่าง ๆ 93
7.5 ปัญหาที่พบและการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น 93
บทที่ 8 ความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน 97
8.1 ความเสี่ยงและอันตราย 97
8.1.1 การลดอันตรายจากไฟฟ้า 98
8.2 ความปลอดภัยส่วนบุคคล 98
8.3 การปฏิบัติงานบนพื้นที่สูง 99
8.4 ประเภทของไฟและเครื่องดับเพลิง 100
ภาคผนวก 103

ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง 103
ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจำหน่าย 104

สารบัญรูป

รูปที่ 1 พลังงานจากดวงอาทิตย์ 1
รูปที่ 2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์ 2
รูปที่ 3 รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ 3
รูปที่ 4 รังสีแสงอาทิตย์ 4
รูปที่ 5 เปรียบเทียบรังสีอาทิตย์กับพื้นที่รับรังสี 5
รูปที่ 6 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง 6
รูปที่ 7 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระทำงานร่วมกับแบตเตอรี่ 6
รูปที่ 8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 7
รูปที่ 9 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 7
รูปที่ 10 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ 8
รูปที่ 11 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสง 9
รูปที่ 12 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสง 9
รูปที่ 13 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า 9
รูปที่ 14 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ 10
รูปที่ 15 Crystalline silicon 10
รูปที่ 16 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ 11
รูปที่ 17 ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์ 12
รูปที่ 18 แนวเลื่อยแท่งผลึก 12
รูปที่ 19 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ 12
รูปที่ 20 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ 12
รูปที่ 21 ก้อนโพลีคริสตัลไลน์และการเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม 14
รูปที่ 22 การหั่นก้อนโพลีคริสตัลไลน์เป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส และการสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ 14
รูปที่ 23 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์และลักษณะที่ติดตั้ง 14
รูปที่ 24 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film) 15
รูปที่ 25 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยด้านซ้ายคือแผงแบบฟิล์มบางและด้านขวาคือแบบโมโนคริสตัลไลน์ 16
รูปที่ 26 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย 18
รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงค่าต่าง ๆ 18
รูปที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 19
รูปที่ 29 การทำงานของระบบ Passive Trackers 20
รูปที่ 30 การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนเอียง 21
รูปที่ 31 การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนนอน 21

รูปที่ 32 การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนตั้ง 21
รูปที่ 33 การติดตามแบบสองแกน 21
รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า 22
รูปที่ 35 ตัวควบคุมการติดตามกำลังสูงสุด 22
รูปที่ 36 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 23
รูปที่ 37 การประกอบเซลล์จนเป็นอาร์เรย์ 24
รูปที่ 38 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 24
รูปที่ 39 อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25
รูปที่ 40 อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มากกว่าหนึ่งอาร์เรย์ 25
รูปที่ 41 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25
รูปที่ 42 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 26
รูปที่ 43 ฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 85 วัตต์สูงสุด (Wp) 26
รูปที่ 44 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: กระแสไฟฟ้าลัดวงจร 27
รูปที่ 45 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร 27
รูปที่ 46 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์ 28
รูปที่ 47 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบอนุกรม 28
รูปที่ 48 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน 29
รูปที่ 49 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบอนุกรม 29
รูปที่ 50 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบขนาน 30
รูปที่ 51 สัญลักษณ์อินเวอร์เตอร์ในวงจรไฟฟ้า 30
รูปที่ 52 อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่ 3.5 กิโลวัตต์โวลต์แอมป์ทั่วไป 31
รูปที่ 53 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 32
รูปที่ 54 แบตเตอรี่เซลล์เปียกแบบทั่วไป 6 โวลต์และ 12 โวลต์ 32
รูปที่ 55 แบตเตอรี่แบบแห้ง 12 โวลต์ 33
รูปที่ 56 ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่ 33
รูปที่ 57 สถานะการชาร์จประจุแบตเตอรี่ 34
รูปที่ 58 ความลึกของการคายประจุ 34
รูปที่ 59 อายุการใช้งานแบตเตอรี่ 35
รูปที่ 60 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม 35
รูปที่ 61 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน 36
รูปที่ 62 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดความจุต่างกัน 37
รูปที่ 63 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดแรงดันต่างกัน 37
รูปที่ 64 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดความจุต่างกัน 37
รูปที่ 65 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดแรงดันต่างกัน 38
รูปที่ 66 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ PWM ยี่ห้อ Victron 12 โวลต์ 10 แอมป์ 39

รูปที่ 67 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ยี่ห้อ Victron 12/24 โวลต์ 20 แอมป์ 39
รูปที่ 68 สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อทั่วไปที่ใช้เพื่อแยกอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์จากตัวควบคุมการชาร์จ 39
รูปที่ 69 ฟิวส์รถยนต์, ฟิวส์กระแสตรง, เบรกเกอร์กระแสตรง 40
รูปที่ 70 กล่องต่อสายร่วมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 4 กิโลวัตต์ รวม 10 แผง 40
รูปที่ 71 กล่องแยก (Junction Box) 41
รูปที่ 72 การต่อสายดิน 41
รูปที่ 73 แผนผังระบบเชื่อมต่อกับกริด 42
รูปที่ 74 ส่วนประกอบของระบบอิสระ 42
รูปที่ 75 ผังวงจรระบบ Off-grid ที่ไม่มีแบตเตอรี่แต่มีโหลด DC 43
รูปที่ 76 วัวดื่มน้ำจากรางน้ำจากระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 43
รูปที่ 77 ผังวงจรระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และโหลด DC 43
รูปที่ 78 แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง 44
รูปที่ 79 ผังวงจรระบบ Off-grid ที่มีโหลด AC 44
รูปที่ 80 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับโหลดไฟฟ้า AC ของเสาโทรคมนาคม 44
รูปที่ 81 ผังวงจรระบบไฮบริด 44
รูปที่ 82 โทรทัศน์ที่ใช้ไฟกระแสสลับ 45
รูปที่ 83 หลอด LED ขั้ว E27 และ หลอด LED T8 45
รูปที่ 84 ตู้แช่เซลล์แสงอาทิตย์ DC ทั่วไป 45
รูปที่ 85 หลอด LED ขั้ว E27 12 โวลต์ 46
รูปที่ 86 การประเมินความต้องการพลังงานด้วยการอ่านโดยตรงบนป้ายชื่อ 46
รูปที่ 87 การประเมินความต้องการพลังงานด้วยการวัดแรงดันและกระแสโดยตรงโดยใช้มัลติมิเตอร์ 47
รูปที่ 88 การประเมินความต้องการพลังงานโดยตรงที่ใช้ด้วยเครื่องวัดพลังงาน 47
รูปที่ 89 ระดับความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องการต่อวัน 49
รูปที่ 90 การเชื่อมต่อระบบแบตเตอรี่ขนาด 600 แอมแปร์-ชั่วโมง 50
รูปที่ 91 แผนผังการคำนวณ 51
รูปที่ 92 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้ง 52
รูปที่ 93 ผังระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 54
รูปที่ 94 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 55
รูปที่ 95 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ) 56
รูปที่ 96 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนเสาเดี่ยว 57
รูปที่ 97 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่บนหลังคาแหลม 57
รูปที่ 98 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน 58
รูปที่ 99 การตัดวงจรออกจากแบตเตอรี่แบงก์ 24 โวลต์ 58
รูปที่ 100 สถานที่ติดตั้งควรมีอากาศถ่ายเทสะดวก 59
รูปที่ 101 ถอดแหวนออกก่อนปฏิบัติงาน 59

รูปที่ 102 ปกป้องดวงตาด้วยการสวมแว่นตานิรภัย 59
รูปที่ 103 การเชื่อมต่อไม่ดี (ซ้าย), การเชื่อมต่อที่ดี (ขวา) ที่บริเวณขั้วต่อของแบตเตอรี่ 60
รูปที่ 104 แบตเตอรี่ที่ได้รับการป้องกันในช่องใส่แบตเตอรี่ 60
รูปที่ 105 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีเงาบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 61
รูปที่ 106 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมชิ้นส่วนต่าง ๆ 61
รูปที่ 107 ขนส่งโมดูลในบรรจุภัณฑ์เดิมเสมอ 62
รูปที่ 108 การขนส่งและการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้โมดูลเสียหาย 62
รูปที่ 109 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตก ไม่ควรนำมาติดตั้งในระบบ 62
รูปที่ 110 อย่าวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้โดยไม่มีการป้องกันที่ขอบ 63
รูปที่ 111 ห้ามเคลื่อนย้ายหรือยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สายเคเบิลจากกล่องต่อสาย 63
รูปที่ 112 อย่าวางคว่ำหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงบนพื้นผิวใด ๆ 63
รูปที่ 113 อย่ายืนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 64
รูปที่ 114 อย่าให้ของตกใส่ หรือวางวัตถุบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 64
รูปที่ 115 อย่าให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกสารเคมี 64
รูปที่ 116 อย่าติดตั้งโมดูลในขณะฝนตก 65
รูปที่ 117 อย่าเจาะรูในเฟรม อย่าตัดหรือดัดแปลงชิ้นส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 65
รูปที่ 118 คลุมโมดูลพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการติดตั้ง (กลางวัน) ถึง ลดความเสี่ยงของการช็อก 65
รูปที่ 119 นำวัตถุแปลกปลอมให้ห่างจากผิวด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 66
รูปที่ 120 ทิศในการวางแนวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 66
รูปที่ 121 แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้และทำมุมอยู่ที่ 15 องศา 67
รูปที่ 122 วัสดุยึดควรทำจากอลูมิเนียม (โดยเฉพาะ) หรือเคลือบด้วยสีป้องกันสนิม 67
รูปที่ 123 การระบายอากาศด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพียงพอ 67
รูปที่ 124 ชุดป้องกันที่เหมาะสม 68
รูปที่ 125 อุปกรณ์ป้องกัน 68
รูปที่ 126 ตรวจสอบบันไดเสมอและใช้บันไดที่มีขั้นกว้างพอที่จะงานได้อย่างปลอดภัย 69
รูปที่ 127 ติดตั้งราวกันตกบริเวณนั่งร้าน 69
รูปที่ 128 ติดตั้งตาข่ายนิรภัย 70
รูปที่ 129 การใส่สายรัดนิรภัย 70
รูปที่ 130 สายรัดนิรภัยความยาวของสายชูชีพ คือ 2 เมตร หรือน้อยกว่า 71
รูปที่ 131 ค้นหาจันทันหรือโครงถัก 71
รูปที่ 132 หาตำแหน่งติดตั้ง 71
รูปที่ 133 ตรวจสอบหลังคาด้วยเครื่องค้นหาโครงเหล็ก 72
รูปที่ 134 วัดระยะให้ห่างจากชายคาเพื่อกำหนดเป็นแนวเส้นสำหรับแนวขอบล่าง 72
รูปที่ 135 ขีดแนวเส้นใหม่โดยแนวเส้นใหม่นี้เป็นขอบล่างของโมดูล 72
รูปที่ 136 วัดจากขอบล่างของโมดูลไปจนถึงความยาวหรือความสูงของโมดูล เพื่อสร้างแนวอาร์เรย์ 73

รูปที่ 137 ขีดเส้นตามแนวความกว้างตามขนาดของโมดูล 73
รูปที่ 138 ต้องติดตั้งอาร์เรย์ห่างจากขอบชายคา 73
รูปที่ 139 ก่อนการติดตั้งรางเลื่อน ตรวจสอบโครงของรางและตัวต่อต่าง ๆ 74
รูปที่ 140 วางรางเลื่อนทั้งหมดในตำแหน่งที่ต้องการ 74
รูปที่ 141 ประกอบรางและข้อต่อ/ตัวต่อ 74
รูปที่ 142 ย้ายรางอย่าให้มีการทับซ้อนกัน 75
รูปที่ 143 ระยะห่างจากตัวเลื่อนไปที่ขอบของอาเรย์ 75
รูปที่ 144 การติดตั้งชุดตัวเลื่อนมาตรฐาน 76
รูปที่ 145 การสอดสายเคเบิลของโมดูลผ่านแผ่นหลังคา 76
รูปที่ 146 การป้องกันกล่องต่อสายจากฝน 77
รูปที่ 147 การต่อสายดินที่กรอบโลหะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 77
รูปที่ 148 ตัวควบคุมการชาร์จ PWM ทั่วไป 78
รูปที่ 149 การระบายความร้อนของตัวควบคุมการชาร์จประจุ 78
รูปที่ 150 ประเภทของสายไฟและสายเคเบิล 79
รูปที่ 151 อย่าใช้สายยาวเกินความจำเป็นในการเดินสายเคเบิล 80
รูปที่ 152 ห้ามใช้สายไฟที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตรในการเดินสายเคเบิล 80
รูปที่ 153 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายเคเบิลถูกต่ออย่างเหมาะสม 80
รูปที่ 154 อย่าบิดสายเคเบิลเข้าด้วยกัน 80
รูปที่ 155 ใช้ขั้วต่อสายเคเบิลที่เหมาะสม 81
รูปที่ 156 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายเคเบิลทั้งหมดที่ใช้ได้ทำตามการเข้ารหัสสีของสายที่ถูกต้อง 81
รูปที่ 157 ตัวอย่างไดอะแกรมสำหรับการติดตั้ง 82
รูปที่ 158 อุปกรณ์และวัสดุที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อการติดตั้ง 82
รูปที่ 159 อุปกรณ์และวัสดุที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อการติดตั้ง (ต่อ) 82
รูปที่ 160 กำหนดและตัดสินใจเลือกตำแหน่งการติดตั้ง 83
รูปที่ 161 ติดตั้งท่อร้อยสายไฟ 83
รูปที่ 162 ติดตั้งสายเคเบิลในท่อร้อยสาย 83
รูปที่ 163 กำหนดตำแหน่งการติดตั้งของส่วนประกอบต่าง ๆ 84
รูปที่ 164 ติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ในตำแหน่งที่กำหนด 84
รูปที่ 165 ติดตั้งระบบยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 84
รูปที่ 166 ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนโครงสร้างในมุมที่เหมาะสม 84
รูปที่ 167 เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่ออกแบบไว้ 85
รูปที่ 168 เชื่อมต่อแบตเตอรี่ 85
รูปที่ 169 ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าสวิตช์ขาออกอินเวอร์เตอร์อยู่ในตำแหน่ง “ปิด” 85
รูปที่ 170 ใช้ความระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่ามีการเชื่อมต่อวงจรที่เกี่ยวข้องเท่านั้น 85
รูปที่ 171 ตรวจสอบว่าเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่งปิด 86

รูปที่ 172 ต่อแบตเตอรี่เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ 86
รูปที่ 173 เชื่อมต่อโหลดเข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ 86
รูปที่ 174 เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ 86
รูปที่ 175 เปิดอินเวอร์เตอร์ 87
รูปที่ 176 เปิดเบรกเกอร์ที่ตู้สวิตช์บอร์ด MDB 87
รูปที่ 177 ขั้วแบตเตอรี่สึกกร่อน (ซ้าย) ระดับสารละลายอิเล็กโทรไลต์(ขวา) 88
รูปที่ 178 สวมแว่นตานิรภัยเสมอและสวมถุงมือเพื่อป้องกัน 88
รูปที่ 179 ใช้ตะไบ/กระดาษทราย ขัดเพื่อกำจัดการกัดกร่อนและความชื้นจากขั้วแบตเตอรี่ 89
รูปที่ 180 ห้ามจุดประกายไฟใกล้แบตเตอรี่ 89
รูปที่ 181 ทำความสะอาดขั้วและตรวจสอบการกัดกร่อนของแบตเตอรี่เซลล์แห้ง 90
รูปที่ 182 กล่องปฐมพยาบาลสำหรับรักษาอาการบาดเจ็บ 90
รูปที่ 183 ตรวจสอบสภาพของโครงสร้างการติดตั้งอาร์เรย์ 91
รูปที่ 184 ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยสายตา 91
รูปที่ 185 ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามสภาพอากาศ 92
รูปที่ 186 ใช้ผ้าแห้งเช็ดสิ่งสกปรกที่สะสมในอินเวอร์เตอร์ 92
รูปที่ 187 ตรวจสอบตัวชี้วัดและจอแสดงผลอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 92
รูปที่ 188 รอยจากการกัดของสัตว์ฟันแทะ 93
รูปที่ 189 ผิวหนังไหม้ 97
รูปที่ 190 การตกลงมาจากบันไดเมื่อทำงานในที่สูง 97
รูปที่ 191 การหมดสติซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการมองเห็น การได้ยินและการพูด 97
รูปที่ 192 การเกิดไฟไหม้ระหว่างการติดตั้ง 98
รูปที่ 193 ผู้ปฏิบัติงานหรือช่างจะต้องสวมหรือมีอุปกรณ์ป้องกันพื้นฐานที่จำเป็นต่อความปลอดภัย 98
รูปที่ 194 อุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ที่จำเป็น 99
รูปที่ 196 การใช้เครื่องดับเพลิง 102
รูปที่ 197 ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง ... 103
รูปที่ 198 ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจำหน่าย 104

สารบัญตาราง

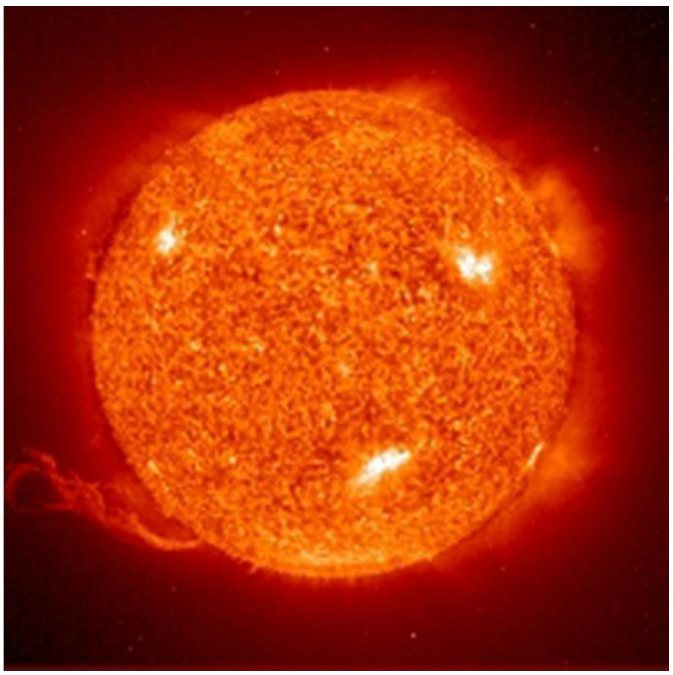
ตารางที่ 1 การคำนวณความต้องการพลังงานของบ้าน 2 ห้องนอน.....48
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน กำลังสูงสุด และแรงดันระบบต่ำสุด.....50
ตารางที่ 3 ค่าในระดับการชาร์จที่แตกต่างกัน.....90
ตารางที่ 4 การบำรุงรักษา.....93
ตารางที่ 5 ปัญหาสถานการณ์ชาร์จของแบตเตอรี่ต่ำ..... 94
ตารางที่ 6 ปัญหาไม่มีการชาร์จประจุจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....95
ตารางที่ 7 ปัญหาไม่มีไฟกระแสสลับ เมื่อเปิดอินเวอร์เตอร์.....96

บทที่ 1
ทรัพยากรพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

เราเรียกพลังงานจากดวงอาทิตย์ว่า “พลังงานทดแทน” เพราะพลังงานจากดวงอาทิตย์นั้นมีปริมาณมากจนเกือบจะไม่มีวันหมด ดวงอาทิตย์ทำให้มีแสงสว่างบนโลกมานานกว่า 4,000 ล้านปี แม้ว่าดวงอาทิตย์จะอยู่ไกลมากแต่ก็มีพลังอย่างไม่น่าเชื่อและเป็นพื้นฐานของชีวิตหรือพลังงานทุกรูปแบบบนโลก

พลังงานแสงอาทิตย์หมายถึง รังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลก พลังงานนี้สามารถแปลงเป็นความร้อนและไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 1 “พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)” เป็นภาษาละตินและแปลว่า “เกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์” หากปราศจากแหล่งพลังงานอันทรงพลังนี้ก็จะไม่มีสิ่งมีชีวิต พลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนเนื่องจากมีปริมาณมาก



รูปที่ 1 พลังงานจากดวงอาทิตย์

1.1.1 ข้อดีของพลังงานแสงอาทิตย์

1) พลังงานแสงอาทิตย์นั้นไร้ขีดจำกัด และจะไม่หมดไป

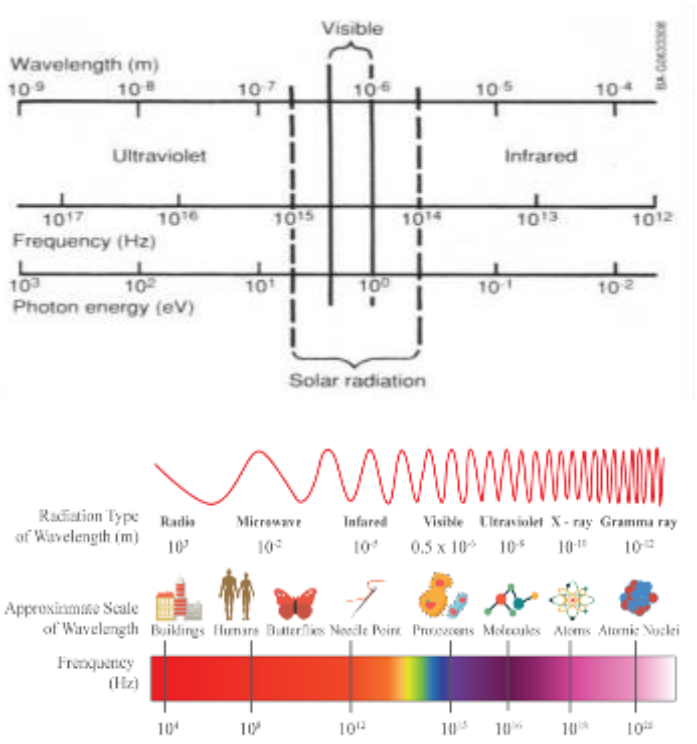
2) เทคโนโลยีที่ใช้แปลงแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าไม่ได้ก่อให้เกิดควัน (คาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษทางอากาศอื่น ๆ)

3) การใช้งานพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

1.1.2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์

ในแต่ละส่วนของสเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์มีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน แสงในส่วนที่มองเห็นได้ของสเปกตรัมแสงสีแดงจะมีพลังงานต่ำสุดและแสงสีม่วงพลังงานสูงสุด ในส่วนของแสงที่มองไม่เห็นของสเปกตรัม โฟตอนในช่วงอัลตราไวโอเลตซึ่งทำให้ผิวเป็นสีแทน มีพลังงานมากกว่าช่วงแสงที่มองเห็นได้ แสงในช่วงที่อินฟราเรดทำในเรารู้สึกร้อน มีพลังงานน้อยกว่าโฟตอนในพื้นที่ที่มองเห็น

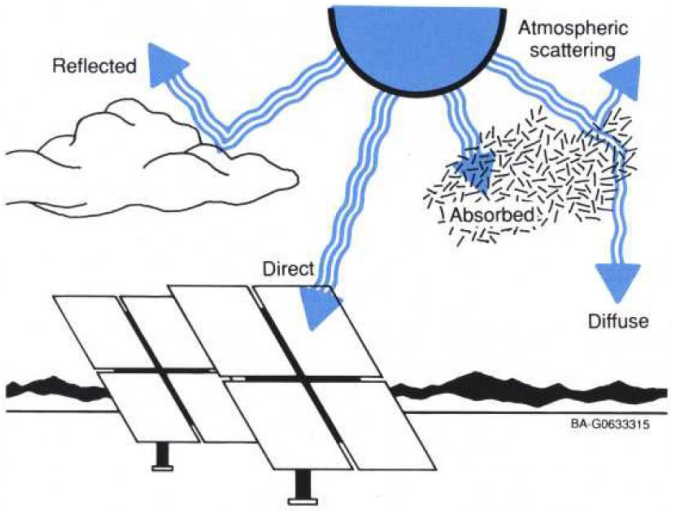
การเคลื่อนที่ของแสงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนั้นสามารถอธิบายได้ดีที่สุดว่าเป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นและชนิดของการแผ่รังสีแต่แบบสามารถอธิบายโดยความยาวคลื่น ความยาวคลื่นคือระยะทางจากจุดสูงสุดของคลื่นหนึ่งไปถึงจุดสูงสุดของคลื่นลูกถัดไป การแสดงการแผ่รังสีปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน ยิ่งความยาวคลื่นมากเท่าไหร่ก็ยิ่งใช้พลังงานน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น แสงสีแดงมีความยาวคลื่นที่ยาวกว่าดังนั้นจะมีพลังงานน้อยกว่าแสงสีม่วง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงานรังสีทั้งหมดออกมาในรูปของสเปกตรัมของความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วงประมาณ $2x10^{-7}$ ถึง $4x10^{-6}$ เมตร พลังงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของแสงที่มองเห็น แต่ละความยาวคลื่นสอดคล้องกับความถี่และพลังงาน โดยที่ความยาวคลื่นสั้น (ความถี่สูง) จะมีพลังงานสูง (แสดงในรูปของ eV หรืออิเล็กตรอนโวลต์; 1 อิเล็กตรอนโวลต์ คือปริมาณของพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นจากการที่อิเล็กตรอนอิสระเดินทางผ่านความต่างศักย์จากไฟฟ้าสถิตขนาด 1 โวลต์ ในสุญญากาศ)

ทุกวินาทีดวงอาทิตย์จะปลดปล่อยพลังงานความร้อนจำนวนมหาศาลออกสู่ระบบสุริยะ โลกได้รับพลังงานนี้เพียงเล็กน้อย มีค่าเฉลี่ย 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ขอบด้านนอกของชั้นบรรยากาศโลก ชั้นบรรยากาศดูดซับและสะท้อนการแผ่รังสีนี้ รังสีนี้ส่วนใหญ่เป็นรังสีเอกซ์และรังสีอัลตราไวโอเลต โดยปริมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบพื้นผิวโลกทุกนาทีนั้นมากกว่าปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ประชากรมนุษย์โลกบริโภคในหนึ่งปี ชั้นบรรยากาศของโลกและก้อนเมฆปกคลุมดูดซับ สะท้อน และกระจาย รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านโดยตรงและแพร่กระจายจำนวนมหาศาลไปถึงพื้นผิวของโลกและสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ

พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่องตรงมาที่ชั้นบรรยากาศนอกโลก แม้ว่าชั้นบรรยากาศจะดูดซับและสะท้อนรังสีเหล่านี้ แต่ก็ยังมีพลังงานจำนวนมหาศาลที่มาถึงพื้นผิวโลก ปริมาณแสงแดดที่กระทบพื้นโลกแตกต่างกันไปตาม ภูมิภาค ฤดูกาล เวลาของวัน สภาพภูมิอากาศ และมลพิษทางอากาศ เมื่อแสงแดดถึงโลกจะมีการกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอในแต่ละภูมิภาค โดยพื้นที่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับรังสีแสงอาทิตย์มากกว่าบริเวณอื่น ๆ แสงแดดจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาลในขณะที่แกนหมุนของโลกที่เปลี่ยนไปจะ ยืดหรือลดระยะเวลาในแต่ละวันเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนแปลง ปริมาณพลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ จะขึ้นอยู่กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ คุณภาพของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นว่าสามารถแปลงแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ซึ่งเรียกว่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ถูกกำหนดด้วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้หารด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาที่แผง นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามในการวิจัยและพัฒนาในช่วงหลายปีที่ผ่านมาในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถแข่งขันกับเทคโนโลยีการผลิตพลังงานแบบเดิมได้มากขึ้น

1.2 การประมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่

1.2.1 รังสีและการฉายรังสี

รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation)

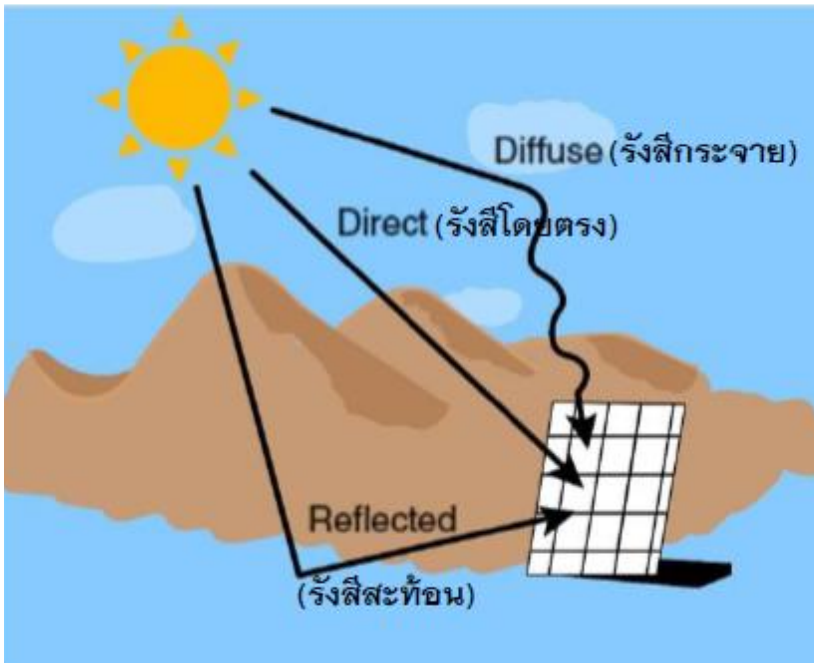
คำว่ารังสีแสงอาทิตย์ หมายถึง พลังงานที่ปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 4 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยพลังงานกัมมันตภาพรังสีและแสง

- การแผ่รังสีที่ไม่สะท้อนหรือกระจัดกระจาย แต่ถึงพื้นผิวโลกโดยตรงเรียกว่ารังสีโดยตรง (Direct radiation) GB
- รังสีที่กระจัดกระจายที่มาถึงพื้นผิวโลกเรียกว่ารังสีกระจาย (Diffuse radiation) GD
- รังสีสะท้อน (Reflected radiation) GR คือ รังสีสะท้อนกลับเข้าสู่วงโคจรเมื่อถึงโลก

การแผ่รังสีโลกรวม (G) คือ ผลรวมของสามประเภทข้างต้น:

$$G = GB + GD + GR$$

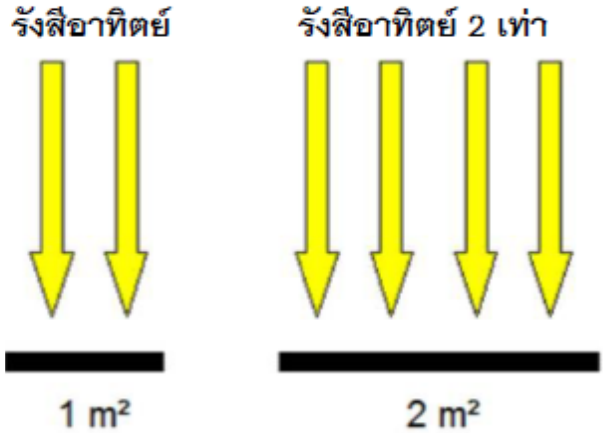
รังสีจากดวงอาทิตย์ไม่สามารถมองเห็นได้ทั้งหมด การแผ่รังสีสามารถมาในรูปของรังสีอินฟราเรดที่มองไม่เห็น หรือรังสีอัลตราไวโอเลต ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ยังสามารถใช้ส่วนของรังสีที่มองไม่เห็นผลิตกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 4 รังสีแสงอาทิตย์

รังสี

การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดพลังงานขึ้นและหน่วยสำหรับการวัดกำลังคือวัตต์ (W) อย่างไรก็ตามปริมาณพลังงานขึ้นอยู่กับความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ และขนาดของพื้นที่ผิวที่รับแสง พื้นผิวที่ใหญ่ขึ้นจะได้รับพลังงานมากขึ้น ดังนั้นการฉายรังสีจึงมีหน่วยวัดเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²) โดยพื้นที่ 2 ตารางเมตร ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ (W) 2 เท่ามากกว่าพื้นที่ 1 ตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบรังสีอาทิตย์กับพื้นที่รับรังสี

การฉายรังสี

การฉายรังสีเป็นมาตรวัดพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งวัดพลังงานเป็น Wh (วัตต์ชั่วโมง) หรือ kWh (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นผลของกำลังงานแสงอาทิตย์และเวลา ซึ่งวัดเป็น Wh/m² (วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร) หรือเป็น kWh/m² (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

ช่างเทคนิคพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องรู้ว่าสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้มากแค่ไหนในหนึ่งวัน ดังนั้นเราจึงวัดพลังงานแสงอาทิตย์ในหน่วย วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน

สรุป

การแผ่รังสีคือแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่มาถึงพื้นผิวโลก มันรวมถึงการแพร่กระจายโดยตรง รังสีสะท้อน และรังสีที่กระจัดกระจาย

Irradiance เป็นการวัดความเข้มของพลังงาน อธิบายถึงพลังงานมาถึงพื้นผิวที่กำหนด

การฉายรังสีคือพลังงานแสงอาทิตย์ที่รวบรวมได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง มันคือผลคูณของการฉายรังสี (กำลังงาน) และเวลา

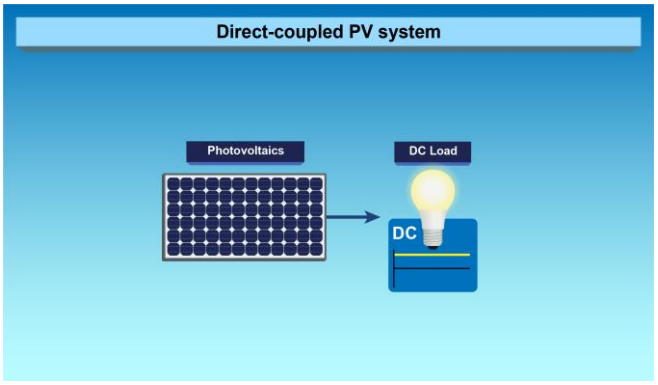
1.3 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

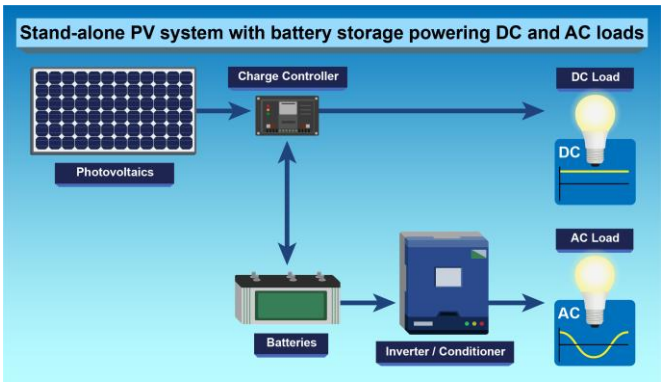
1.3.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system)

ที่มา: https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 6 อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อใช้งานตรงกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรง และอีกรูปแบบหนึ่งคือ นำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar charge controller) ซึ่งต่ออยู่ถัดมาและกำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการใช้งานของโหลด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ควบคุมการประจุสามารถนำได้ใช้งานโดยการต่อกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรงได้เลยและในขณะเดียวกัน ถ้ากำลังไฟฟ้าเหลือก็สามารถนำไปชาร์ตเข้าแบตเตอรี่ (ควรเลือกใช้เป็นแบตเตอรี่แบบ Deep cycle) และถัดมาเป็นอุปกรณ์แปลงผันพลังงานเพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ โดยโหลดที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ ดังแสดงในรูปที่ 7



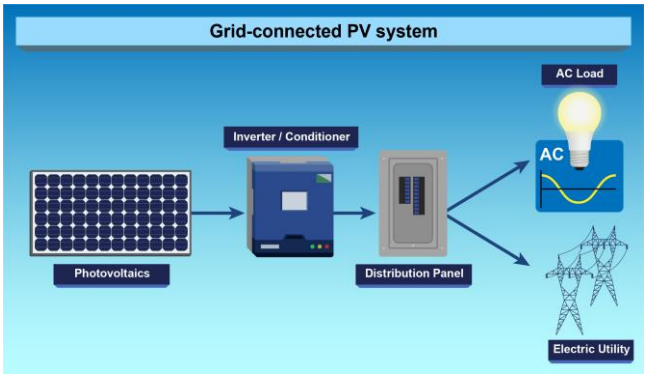
รูปที่ 6 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง



รูปที่ 7 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระทำงานร่วมกับแบตเตอรี่

1.3.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (PV grid connected system)

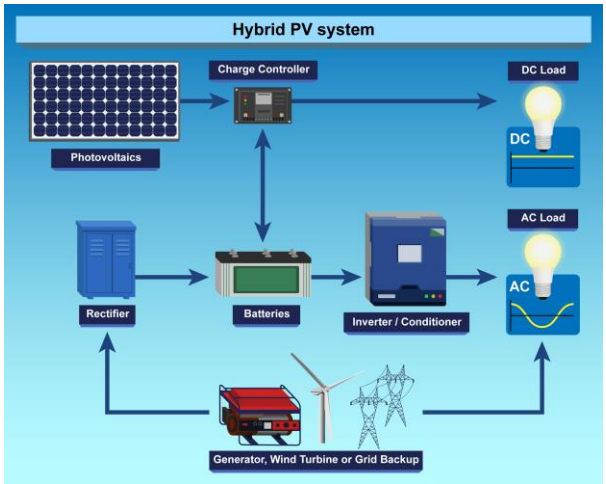
ระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 8 อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งนำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอินเวอร์เตอร์ โดยต่อผ่านกล่องต่อสายและเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการใช้งานของโหลด ซึ่งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรงโดยการต่อกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรง หรือแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับและในขณะเดียวกันก็สามารถต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า ผ่านสวิตช์ตัดตอนและมิเตอร์กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบโครงข่ายไฟฟ้าเข้าถึง



รูปที่ 8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.3.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

ระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งนำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอุปกรณ์แปลงผันพลังงานแบบผสมผสาน (Hybridge inverter) โดยสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันลมผลิตไฟฟ้าและแบตเตอรี่ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้อาจจะนำไปใช้กับซึ่งสามารถนำไปใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ 230 Vac และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า

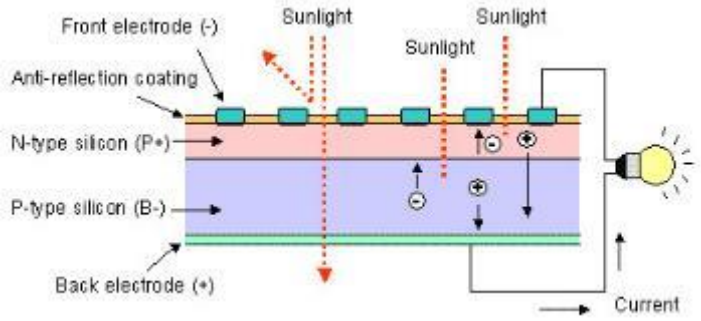


รูปที่ 9 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

บทที่ 2
ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 หลักการพื้นฐานของไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

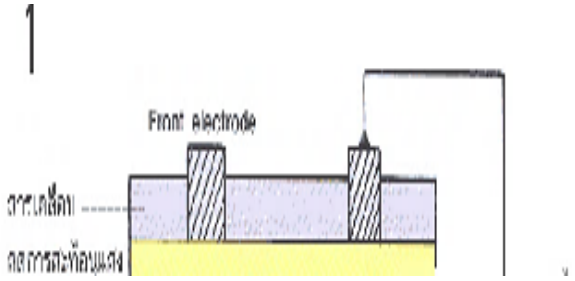
การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงาน กระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งาน



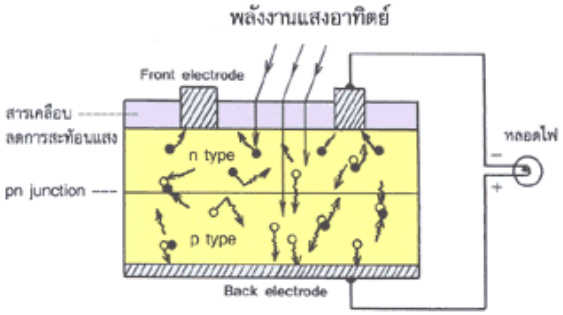
รูปที่ 10 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 10 N-type ซิลิคอน คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสารฟอสฟอรัสทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ติดอยู่ด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์และชั้นถัดมาคือ P-type ซิลิคอนคือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสารโบรอนทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำสารทั้ง 2 ชนิดมาประกบกันด้วย P-N junction จึงทำให้เกิดเป็น "เซลล์แสงอาทิตย์"

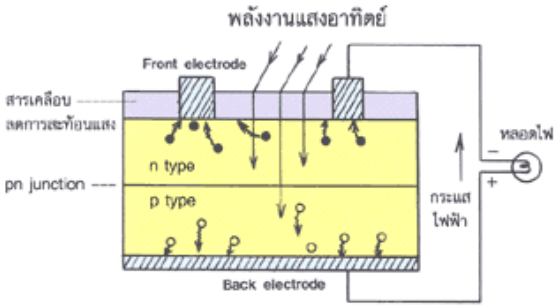
ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด N-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยและบริเวณด้านหน้าของ N-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน P-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านล่างของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮลแต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อยด้านล่างของ P-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่รวบรวมโฮลดังแสดงในรูปที่ 11 เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผง แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กันอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P-type ดังแสดงในรูปที่ 12 อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กันดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 11 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสง



รูปที่ 12 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสง

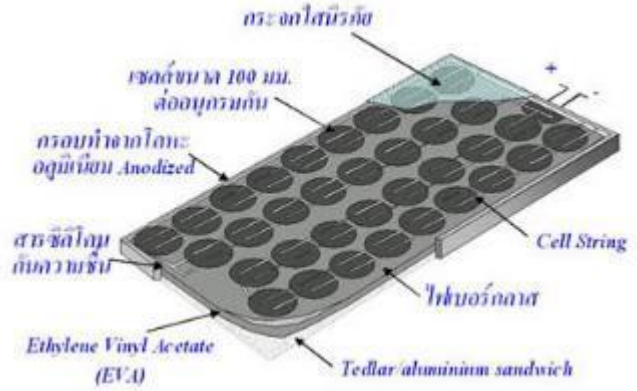


รูปที่ 13 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

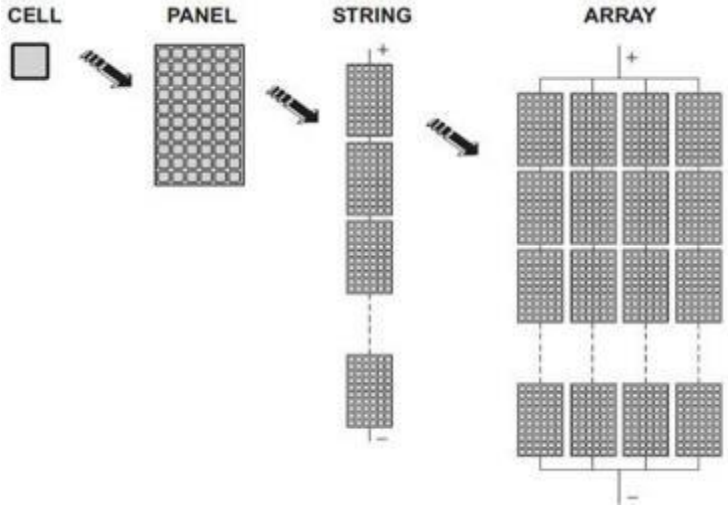
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module หรือ Solar panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดีและยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมากเพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคน และอีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง

แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบซึ่งสะดวกในการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

Crystalline silicon (C-Si) โซล่าเซลล์ถูกเรียกว่าเซลล์ (Cell) ถัดมาคือการนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่ออนุกรมกันจะเรียกว่า พาเนล (Panel) ถัดมาคือการนำพาเนลหลาย ๆ พาเนล มาต่ออนุกรมกันเรียกว่า สตริง (String) และถัดมาคือการนำสตริงหลาย ๆ สตริงมาต่อขนานกันเรียกว่าอาร์เรย์ (Array) ดังแสดงในรูปที่ 15

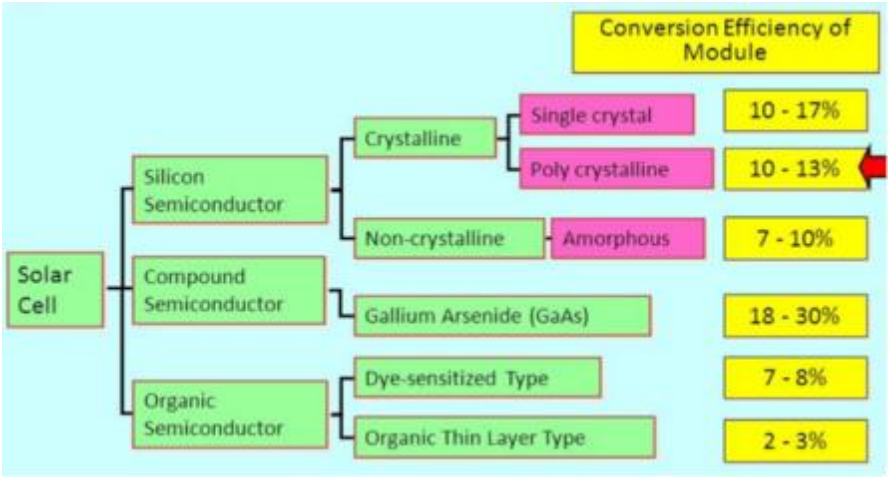


รูปที่ 15 Crystalline silicon

2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: https://www.solarquotes.com.au/panels/photovoltaic/

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิกอน (Silicon Semiconductor) และชนิดหนึ่งที่ใช้สารกึ่งตัวนำแบบผสม (Compound Semiconductor) ดังแสดงในรูปที่ 16



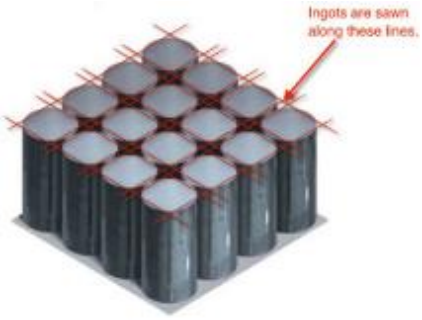
รูปที่ 16 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอนจะถูกแบ่งออกเป็นสารกึ่งตัวนำเป็นผลึก (Crystal) และไม่เป็นผลึก (Amorphous) สารกึ่งตัวนำชนิดผลึกซิลิคอนจะใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับอัตราการแปลงสูงและความน่าเชื่อถือติดตาม เซมิคอนดักเตอร์ไม่เป็นผลึกทำงานได้ดีแม้ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นจึงใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องคิดเลขและนาฬิกาข้อมือ ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ องค์ประกอบหลักของระบบคือ “แผงเซลล์แสงอาทิตย์” ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ โฟโตวอลเทอิก โดยในท้องตลาดมีเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ 3 ชนิดหลัก ๆ คือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) และ ฟิล์มบาง (Thin film)

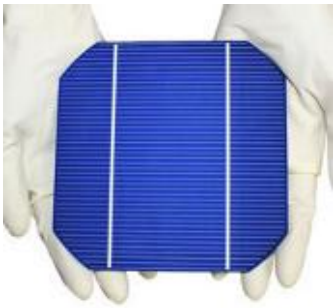
1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

หลายคนคิดว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ เป็นเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และทางเลือกที่ดีที่สุด โมโนคริสตัลไลน์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่สุดและมีราคาแพงกว่า แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปแล้วแผงชนิดนี้มีประสิทธิภาพการแปลงได้ถึงร้อยละ 15-20 นั้นหมายความว่ามันสามารถแปลงร้อยละ 15-20 ของพลังงานในแสงอาทิตย์ที่กระทบกับพวกมันเป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ทำจากผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์พิเศษขนาดประมาณขวดไวน์ ดังแสดงในรูปที่ 17 และหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ เพื่อให้เวเฟอร์ ดังแสดงในรูปที่ 18 เวเฟอร์วงกลมเหล่านี้ถูกตัดด้านข้างออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น "เซลล์แสงอาทิตย์" แบบโมโนคริสตัลไลน์ที่มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 19

รูปที่ 17 ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์



รูปที่ 18 แนวเลื่อยแท่งผลึก



รูปที่ 19 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

เส้นสีเงินเป็นลวดตัวนำซึ่งทำหน้าที่รวบรวมกระแสไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อแสงกระทบกับเซลล์ย่อย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยเมทริกซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์วางต่อกันในแนวราบในลักษณะเหมือนกระเบื้องปูพื้นห้องน้ำ โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีประสิทธิภาพสูง แต่จะเสียพื้นที่บางส่วนระหว่างเซลล์เมื่อถูกนำมาประกอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (เพชรสีขาวเล็ก ๆ ดังแสดงในรูปที่ 20) ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานใกล้เคียงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

รูปที่ 20 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

ผู้ผลิตบางรายจะใช้เทคนิคพิเศษ เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ประสิทธิภาพสูงพิเศษ เทคนิคพิเศษเหล่านี้ เช่น "สร้างสนามที่พื้นผิวด้านหลังหรือใช้เลเซอร์เซาะร่อง" และเทคโนโลยีไฮบริด แผงโมโนคริสตัลไลน์ประสิทธิภาพสูงพิเศษเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าร้อยละ 20 แต่ราคาจะสูงขึ้นประมาณร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทั่วไป

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

ที่มา: https://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/#crystalline-silicon

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากทำจากซิลิคอนเกรดสูงสุด ประสิทธิภาพของแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์ โดยทั่วไปจะมีประมาณร้อยละ 15-20 บริษัทซันเพาว์เวอร์ ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในตลาดสหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน ซีรี่ส์ E20 ให้ประสิทธิภาพการแปลงแบบพาเนลสูงถึงร้อยละ 20.1 และได้เปิดตัวซีรี่ส์ X ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นประวัติการณ์ถึงร้อยละ 21.5
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ประหยัดพื้นที่ เนื่องจากแผงชนิดนี้ผลิตพลังงานสูงสุดจึงใช้พื้นที่จำนวนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 4 เท่าของปริมาณการผลิตไฟฟ้าเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (พื้นที่เท่ากัน)
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีอายุการใช้งานนานที่สุด ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่รับประกัน 25 ปีสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ ที่มีพิกัดเดียวกันในสภาพแสงน้อย

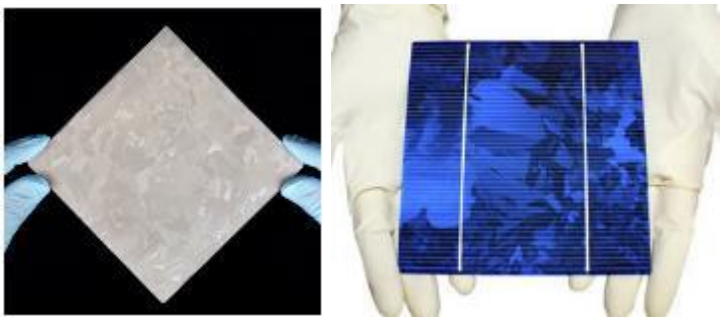
ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์นั้นมีราคาแพงที่สุด จากมุมมองทางการเงิน แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (และในบางกรณีฟิล์มบาง) อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับเจ้าของบ้านบางคน
- หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกปกคลุมด้วยร่มเงา ฝุ่น หรือหิมะ บางส่วน วงจรทั้งหมดอาจเสียหายได้ ถ้าใช้ไมโครอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็ก (ใช้ติดเฉพาะแผง) แทนอินเวอร์เตอร์ขนาดใหญ่ก็จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ ไมโครอินเวอร์เตอร์จะทำให้แน่ใจว่าจะไม่ได้รับผลกระทบทั้งหมดจากอาเรย์แสงอาทิตย์เนื่องจากปัญหาการเงาบดบัง จะได้รับผลกระทบกับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงเดียวเท่านั้น
- กระบวนการดึงผลึกซิลิกอน (Czochralski) ในการผลิตโมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอน ส่งผลให้ได้แท่งทรงกระบอกขนาดใหญ่ ด้านทั้งสี่ถูกตัดออกจากแท่งเพื่อสร้างแผ่นเวเฟอร์ซิลิคอน ซิลิคอนที่เหลือจากการตัดจำนวนมากจะกลายเป็นขยะ
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นในสภาพอากาศเย็น ประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (เรียกอีกอย่างว่า Multicrystalline)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนเช่นกัน แต่ชนิดของซิลิคอนที่ใช้นั้นบริสุทธิ์น้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อย และถูกหล่อเป็นบล็อกแทนที่จะเป็นรูปผลึกเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 21 ความจริงที่ว่าผลึกถูกจัดเรียงแบบสุ่มหมายความว่าจะมองเห็นเป็นผลึกย่อย ๆ เมื่อก้อนโพลีคริสตัลไลน์ถูกหล่อมันจะถูกเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม จากนั้นหั่นเป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 22 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์คล้ายกับแบบโมโนคริสตัลไลน์ ในด้านประสิทธิภาพและการเสื่อมสภาพ ยกเว้นเซลล์โพลีคริสตัลไลน์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าไม่มีการเสียพื้นที่ระหว่างมุมของเซลล์สี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งหมายความว่าเมื่อนำมาสร้างเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำให้มีพื้นที่เพิ่มเติมเล็กน้อยเพื่อดูดซับแสงแดด ดังแสดงในรูปที่ 23 ผลที่ได้คือประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์นั้นเกือบจะเหมือนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

รูปที่ 21 ก้อนโพลีคริสตัลไลน์และการเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม



รูปที่ 22 การหั่นก้อนโพลีคริสตัลไลน์เป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส และการสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

รูปที่ 23 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์และลักษณะที่ติดตั้ง

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

- กระบวนการที่ใช้ในผลิตโพลีคริสตัลไลน์ซิลิคอนนั้นง่ายกว่าและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ปริมาณของเสียซิลิคอนจะน้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ มีแนวโน้มที่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากความร้อนต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ในทางเทคนิคหมายความว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำงานได้แย่น้อยกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ในอุณหภูมิสูง ความร้อนสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งานสั้นลง อย่างไรก็ตามผลกระทบนี้มีเพียงเล็กน้อย

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

- ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์อยู่ที่ร้อยละ 13-16 เนื่องจากความบริสุทธิ์ของซิลิกอนที่ต่ำกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์จึงไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์
- ใช้พื้นที่มากกว่า โดยทั่วไปต้องใช้พื้นที่มากกว่าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนโมโนคริสตัลไลน์

3) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์และแบบโพลีคริสตัลไลน์ถูกผลิตขึ้นในลักษณะที่คล้ายกันมาก แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางใช้วิธีการผลิตที่แตกต่างอย่างสิ้นเชิง แทนที่จะสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการเลื่อยซิลิคอนก้อนใหญ่ ๆ ฟิล์มที่มีซิลิคอนผสมอยู่จะถูก "พ่น" ไปยังพื้นผิวซึ่งจะทำให้กลายเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 24 แม้ว่ากระบวนการเหล่านี้จะมีมาระยะหนึ่งแล้ว กระบวนการผลิตฟิล์มบางเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่ โดยได้มีการประมาณอายุการใช้งานของแผงชนิดนี้ประมาณ 20 ปี ซึ่งฟิล์มบาง เป็นคำทั่วไปสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากวัสดุเหล่านี้คือ ซิลิคอนที่ไม่เป็นรูปผลึก (a-Si) แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIGS)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง มีใช้อยู่ประมาณร้อยละ 5 ในตลาด แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางได้รับความนิยมในโซล่าฟาร์มขนาดใหญ่ แต่ค่อนข้างหายากในตลาดที่อยู่อาศัย

รูปที่ 24 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film)

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

ถึงแม้ว่าขั้นตอนการผลิตจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นแต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางก็มีประสิทธิภาพร้อยละ 8-10 ซึ่งหมายความว่ามันจะมีขนาดใหญ่เป็นสองเท่าของแบบโมโนคริสตัลไลน์และแบบโพลีคริสตัลไลน์ที่ผลิตพลังงานได้เท่ากันและมีน้ำหนักมาก ดังนั้นต้องมีหลังคาที่ใหญ่และแข็งแรงกว่า และอุปกรณ์สำหรับติดตั้งต้องใหญ่และแข็งแรงกว่า สิ่งที่ควรระวังอีกประการคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง สามารถเสื่อมสภาพลงได้ถึงร้อยละ 20 ในช่วงปีแรกของการติดตั้งก่อนที่จะคงตัวสู่ระดับการผลิตพลังงานที่กำหนด โดยปกติเราสามารถมองเห็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางเพราะไม่มีรูปแบบเมทริกซ์ของแผงผลึก แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางมีเพียงสีเดียวซึ่งมักจะเป็นสีน้ำเงิน สีดำหรือสีน้ำตาล และจะเป็นอาร์เรย์ขนาดใหญ่เพื่อชดเชยประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งรูปที่ 25 คือหลังคาที่มีแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ชนิด คือ แผงฟิล์มบางอยู่ทางด้านซ้ายและแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์ทางด้านขวา อาร์เรย์แบบฟิล์มบางผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์เพียงประมาณร้อยละ 20 แม้จะใช้พื้นที่ใหญ่กว่าประมาณร้อยละ 300

รูปที่ 25 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยด้านซ้ายคือแผงแบบฟิล์มบางและด้านขวาคือแบบโมโนคริสตัลไลน์

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

- การผลิตจำนวนมากนั้นทำได้ง่าย ทำให้มีราคาถูกกว่าการผลิตกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ผลึก
- กำลังไฟฟ้าได้รับผลกระทบน้อยกว่าจากอุณหภูมิสูง
- ใช้วัสดุน้อยลงในการผลิตแผง
- ดูสะอาดมากและสามารถโค้งงอเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้
- ทำงานได้ดีในสภาพแสงน้อย
- หากมีเงาบดบังโมดูลบางส่วนพลังงานที่ผลิตได้จะลดลงน้อยกว่าแผงผลึก

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

- มีประสิทธิภาพเพียงครึ่งหนึ่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก (ใช้พื้นที่บนหลังคาเป็นสองเท่า)
- ใช้เวลาหกเดือนถึงหนึ่งปีก่อนที่กำลังการผลิตจะมีเสถียรภาพ
- ใช้เวลานานกว่าในการติดตั้ง
- มีข้อจำกัด ในการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์
- ใช้กระบวนการผลิตที่เป็นพิษมากขึ้น

กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบซิลิคอน (Compound Silicon Semiconductor) ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 25 ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมากไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก นิยมใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียงร้อยละ 7 ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด) ซึ่งกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาเพื่อลดต้นทุนต่อไป

2.3 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: https://energyinformative.org/solar-panel-efficiency/

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรืออัตราการแปลงผัน หมายถึงจำนวนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาจะถูกแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์จะอยู่ในช่วงร้อยละ 11-15

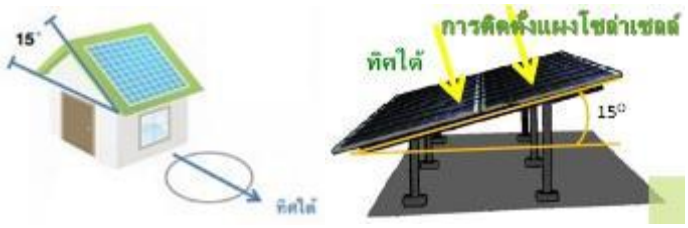
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในปัจจุบัน ใช้การตัวรวบรวมหลายจุดต่อ (multi-junction concentrator) และแปลงผันพลังงานได้ร้อยละ 44.0 ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาเป็นพลังงานไฟฟ้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในตลาดสหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน คือ รุ่น SunPower SPR-327NE-WHT-D ที่มีประสิทธิภาพโมดูลร้อยละ 20.1 และรุ่น SunPower SPR-343J-WHT-D ซึ่งในเดือนมิถุนายน ปี 2556 แผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SunPower X21-345 ที่เพิ่งเปิดตัวใหม่ทำสถิติสูงสุดร้อยละ 21.5 ซึ่งประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรทั้งหมดดังต่อไปนี้

1) ประเภทแผงพลังงานแสงอาทิตย์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด ทำให้เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพที่สุด
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ซิลิคอนโพลีคริสตัลไลน์นั้นมักจะไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ แต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางในปัจจุบันค่อนข้างมีประสิทธิภาพต่ำแต่ก็มีราคาต่ำกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางใช้พื้นที่มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนหรือโพลี-คริสตัลซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม่เหมาะสำหรับครัวเรือนส่วนใหญ่

2) การยึดและการติดตั้งแผง

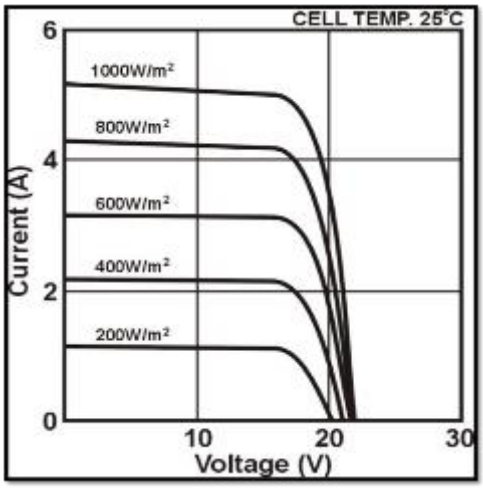
การยึดและติดตั้งแผงก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ การติดตั้งแผงจะต้องคำนวณว่าแผงควรจะติดตั้งให้มีความชันและความลาดเอียงจากพื้นกี่องศาและหันหน้าไปทางทิศใด (โดยทั่วไปในประเทศไทยจะติดตั้งให้ระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ โดยมีความชันประมาณ 15 องศาจากพื้นดิน) ดังแสดงในรูปที่ 26 การยึดและติดตั้งแผงนั้นมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพโดยรวมของแผงหรือทั้งระบบ ถ้าติดตั้งไปผิดทิศหรือความชันแผงจากพื้นไม่เหมาะสม กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะลดลงไปอย่างมาก



รูปที่ 26 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

3) ความเข้มของแสง

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้นหรืออีกนัยหนึ่งจะกล่าวว่า *กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้นแต่แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก* ดังแสดงในรูปที่ 27 ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ตัวอย่างเช่น ความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 100 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

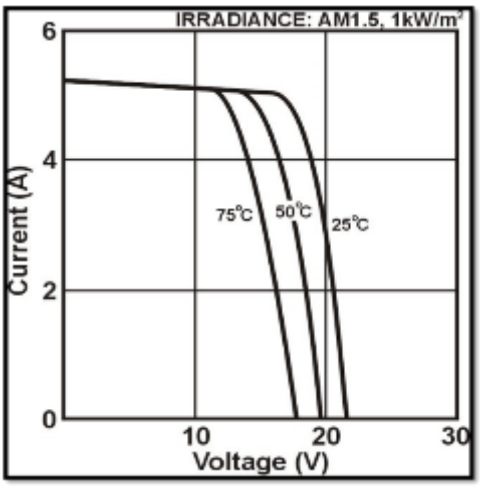


รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงค่าต่าง ๆ

4) อุณหภูมิ

กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 ดังแสดงในรูปที่ 28 และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 โวลต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 โวลต์ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส

เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลงร้อยละ 2.5 (ร้อยละ 0.5 x 5 องศาเซลเซียส) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 โวลต์ (21 โวลต์ x ร้อยละ 2.5) เหลือเพียง 20.475 โวลต์ (21 โวลต์ – 0.525 โวลต์) สรุปได้ว่า *เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง* ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย



รูปที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

5) วัสดุประกอบแผง

วัสดุที่นำมาประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น กระจกก็มีผลต่อประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน กระจกที่ใช้จะต้องลดการสะท้อนของแสงให้น้อยที่สุดก่อนที่แสงจะผ่านไปถึงเซลล์ด้านใน

6) เงาบดบังแสง

นอกเหนือจากการติดตั้งแผงที่เหมาะสมแล้วเงาที่บดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบางส่วนก็มีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งระบบด้วยเพราะโดยส่วนมากแล้วระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต่อวงจรเป็นแบบอนุกรมแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้แรงดันที่ออกแบบไว้ เมื่อมีเงาบางส่วนบดบังแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงแค่หนึ่งแผงก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าในระบบหยุดไหลได้ ดังนั้นควรมั่นใจว่าการติดตั้งแผงต้องไม่มีร่มเงามาบดบังการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ไมโครอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเงาบดบังจะใช้ไม่ได้เพียงแผงเดียวเท่านั้นแต่แผงอื่นจะยังสามารถใช้งานได้อยู่ ดังนั้นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องทำการวิเคราะห์ร่มเงาในสถานที่ที่จะทำการติดตั้ง

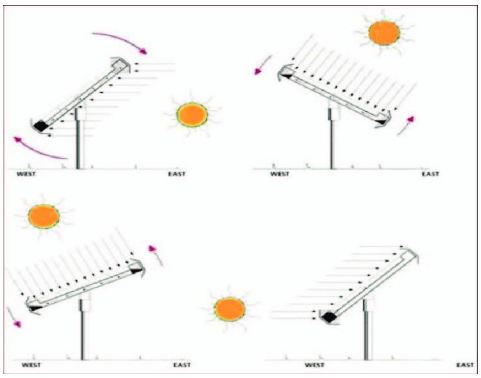
7) อายุการใช้งาน

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะค่อย ๆ ลดลงตามอายุการใช้งาน โดยทั่วไปแล้วแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 ทุก ๆ ปี ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักเสนอการรับประกันว่าการจ่ายพลังงานจะสูงกว่าร้อยละ 80 หลังจาก 25 ปี

2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

ช่วงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เกินร้อยละ 85 อยู่ในช่วงประมาณ 11.00 นาฬิกา ถึง 16.00 นาฬิกา ซึ่งหมายความว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพที่ดีได้ 5 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น จากปัญหาในข้างต้นจึงได้มีการคิดวิธีการที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยระบบการติดตามดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น

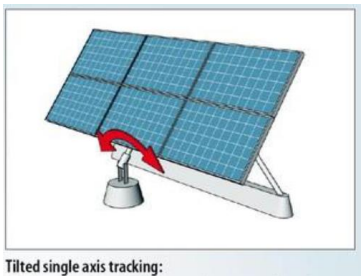
1) Passive Trackers องศาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด ณ ช่วงเวลาหนึ่ง โดยไม่ใช้มอเตอร์เกียร์และตัวควบคุมในการทำงาน แต่จะใช้แสงแดดที่ให้ความร้อนกับน้ำจนน้ำระเหยไปอีกทาง จนทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หมุนตามทิศของดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 29



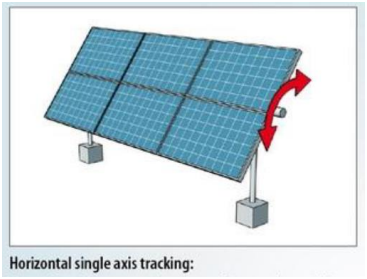
รูปที่ 29 การทำงานของระบบ Passive Trackers

2) Active Trackers คือการใช้อุปกรณ์เซนต์เซอร์และมอเตอร์หรือตัวขับเคลื่อน เพื่อทำการปรับทิศทางและองศาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด ณ ช่วงเวลาหนึ่ง กล่าวคือหลักการง่ายๆ ของการติดตามนั้นก็คือทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอย่างเต็มที่ (ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์) Active Trackers สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ได้ คือ การติดตามแบบแกนเดียว (Single Axis Trackers; SAT) และการติดตามแบบสองแกน (Dual Axis Tracker; DAT)

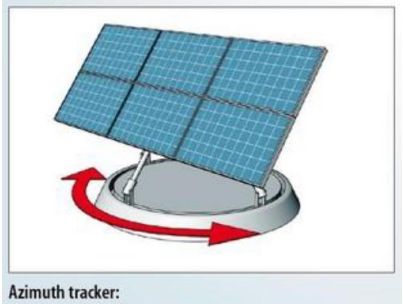
การติดตามแบบแกนเดียว ระบบติดตามดวงอาทิตย์จะสามารถเลือกหมุนได้แค่ทิศทางเดียว (แนวนอนหรือแนวตั้ง) โดยการหมุนแบบแนวนอนจะเหมาะกับการใช้ในในภูมิประเทศที่มีความเข้มแสงเยอะช่วงกลางวัน แต่ช่วงอื่นจะมีค่าน้อย แต่การหมุนแบบแนวตั้งจะเหมาะกับภูมิประเทศที่ความเข้มแสงไม่เยอะมาก แต่มีระยะเวลานานสามารถแบ่งออก ๆ ได้เป็น การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนเอียง (Tilted Single-Axis Trackers) ดังแสดงในรูปที่ 30 การติดตามแบบแกนเดียวแกนนอน (Horizontal Single-Axis Trackers) ดังแสดงในรูปที่ 31 และการติดตามแบบแกนเดียวแกนตั้ง (Azimuth Single-Axis Trackers) ดังแสดงในรูปที่ 32



รูปที่ 30 การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนเอียง

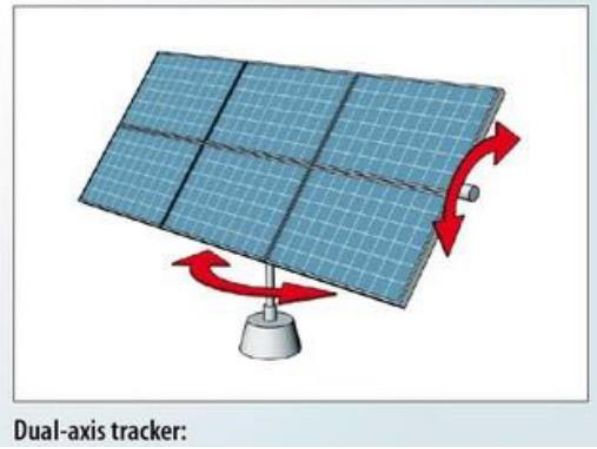


รูปที่ 31 การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนนอน



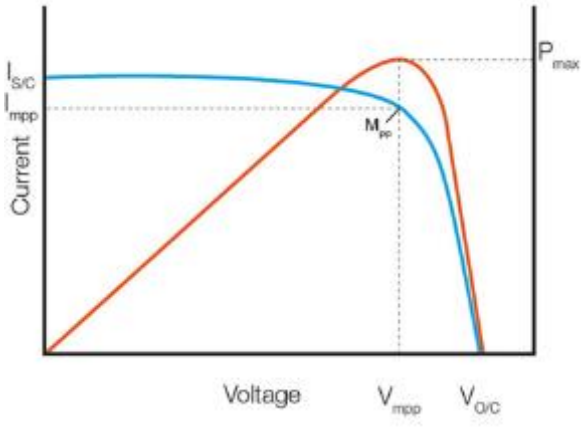
รูปที่ 32 การติดตามแบบแกนเดียวแบบแกนตั้ง

การติดตามแบบสองแกน จะมีการหมุนสองทางนั้นคือแนวนอนและแนวตั้ง โดยระบบควบคุมจะมีซอฟทแวร์จำนวนมากเพื่อที่จะควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับรู้ทิศของแสงแดดและขยับหน้าเข้าหาแสง ดังแสดงในรูปที่ 33



รูปที่ 33 การติดตามแบบสองแกน

3) Maximum Power Point Tracking; MPPT ระบบควบคุมแบบ MPPT ได้รับการออกแบบให้ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์สำหรับทำการตรวจสอบกำลังไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ค่ากำลังผลิตสูงสุดในแต่ละเวลาตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ได้รับในรูปของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 34 ด้วยขั้นตอนวิธีของ MPPT ที่จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น หากตรวจสอบพบว่ากลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกสูงกว่า จะย้ายจุดควบคุมไปยังแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกของกลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น MPPT ทำงานโดยการตรวจสอบที่เอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในระบบ จากนั้นกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายออกเพื่อทำการประจุลงในแบตเตอรี่ และทำการแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการประจุแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 35



รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 35 ตัวควบคุมการติดตามกำลังสูงสุด

2.5 ป้ายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Nameplate)

ปัจจุบันมีหลายบริษัทเป็นผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกมาหลายยี่ห้อ บางโรงงานผลิตออกมาเป็น 10 ยี่ห้อก็มี เพื่อการเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับความต้องการ จึงมีการติดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Electrical Characteristics Solar Module) หรือเรียกง่ายๆ ว่า “สเปคของแผงเซลล์แสงอาทิตย์” แนบมากับตัวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย เพื่อจะทำให้รู้ว่าสเปคแต่ละแผงเป็นอย่างไร จะเลือกได้ถูกเวลานำไปออกแบบและใช้งานจริงได้ โดยค่าต่าง ๆ ส่วนใหญ่ทุกบริษัทจะแสดงมีข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้ ตัวอย่างของคุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 36

รูปที่ 36 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

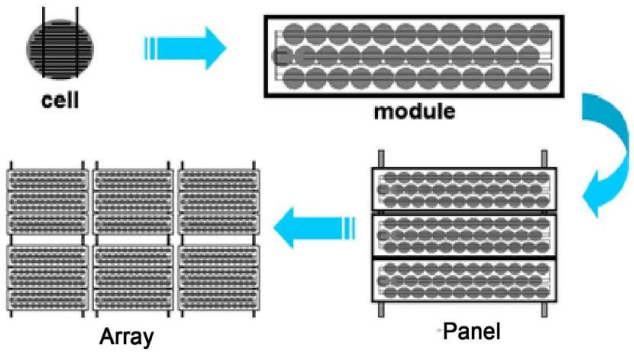
โดยคุณลักษณะดังกล่าวจะติดอยู่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถอธิบายความหมายของสเปค ได้ดังต่อไปนี้

SHARP	หมายถึง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ SHARP
SOLAR MODULE	หมายถึง แผงเซลล์แสงอาทิตย์
ND-L3E6ET	หมายถึง รุ่นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ND-L3E6ET
NOMINAL RATINGS	หมายถึง พิกัดทั่วไปคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จริง
MAXIMUM POWER (Pmax)	หมายถึง ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ 123.0 วัตต์
OPEN CIRCUIT VOLTAGE (Voc)	หมายถึง ค่าแรงดันเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อวัดโดยไม่ได้ต่อภาระระหว่างขั้วบวกและลบคือ 21.3 โวลต์
SHORT CIRCUIT CURRENT (Isc)	หมายถึง ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อวัดโดยการลัดวงจรขั้วบวกและลบเข้าหากัน คือ 7.90 แอมป์
MAXIMUM POWER VOLTAGE (Vmpp)	หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้า ขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงนี้เท่ากับ 17.2 โวลต์
MAXIMUM POWER CURRENT (Impp)	หมายถึง ค่ากระแส ขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงนี้เท่ากับแผงนี้เท่ากับ 7.16 แอมป์
MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE	หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต่อในระบบได้ (หมายถึงต่อพ่วงกันได้หลายๆ แผง) แผงนี้เท่ากับ 540 โวลต์
IRRADIANCE	หมายถึง ที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard Test Condition, STC) ขณะพลังงานแสงที่ตกกระทบ 1,000 W/m2 สเปกตรัมของแสงที่ผ่านชั้นบรรยากาศหนา 1.5 เท่า (Air mass = 1.5) และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
Ser. No.	ย่อมาจาก Serial Number สำหรับแผงนี้คือ 050608379 ซึ่งเลขนี้จะมีแผงเดียวเนื่องจากบริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ ในระบบ DATA ของบริษัทสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ในกรณีที่มีปัญหาหรือกรณีอื่น ๆ
ASSEMBLED IN THAILAND	แผงนี้ประกอบในประเทศไทย

บทที่ 3
ส่วนประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

การประกอบเซลล์ (Cell) จนเป็นอาร์เรย์ (Array) ดังแสดงในรูปที่ 37



รูปที่ 37 การประกอบเซลล์จนเป็นอาร์เรย์

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ ตัวควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ สายเคเบิล และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์ ประกอบเข้าด้วยกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 38 โดยลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับขนาดแผงและปริมาณพลังงานที่ต้องการ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพื้นฐานของทุกระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ ระบบ ซึ่งซิลิคอนถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ และต่อร่วมกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 38 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array) อาร์เรย์ คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงมาเชื่อมต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 39 ในระบบที่ใหญ่ขึ้นต้องการอาร์เรย์เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ ซึ่งในบางกรณีจำเป็นต้องมีอาร์เรย์มากกว่าหนึ่งอาร์เรย์ ดังแสดงในรูปที่ 40

รูปที่ 39 อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 40 อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มากกว่าหนึ่งอาร์เรย์

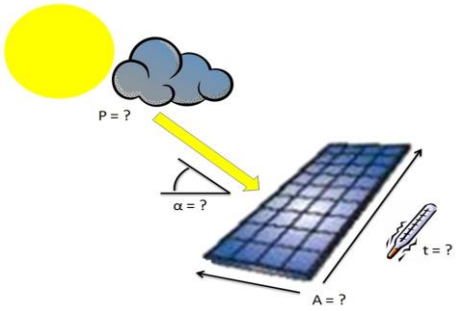
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 41 ได้แก่

1) พื้นที่รับแสงของแผง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น ถ้าเพิ่มพื้นที่ผิวของแผงเป็นสองเท่าเราก็จะเพิ่มกำลังไฟฟ้าเป็นสองเท่า

2) ทิศทางแผง เพื่อให้ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะต้องหันหน้าเข้าหาแสงอาทิตย์ในทิศทางตามดวงอาทิตย์

3) ความร้อน การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้ตัวแผงและเซลล์ที่อยู่ในแผงเกิดการเสื่อมสภาพทำให้รับพลังงานความเข้มจากแสงอาทิตย์ได้ลดลง

4) ความสว่าง ยิ่งมีแสงแดดตกกระทบมากขึ้น แผงยิ่งมีการผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น หากมีการบังแดดหรือเงา บนแผง แผงจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ลดลงอย่างมาก



รูปที่ 41 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ปัญหาที่สำคัญในการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ ปริมาณแสงอาทิตย์ใน 1 วัน ไม่ได้มีตลอด 24 ชั่วโมง และปริมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้นั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเวลาในแต่ละวัน เวลาของแต่ละปี ตำแหน่งที่ตั้งแผง และสภาพอากาศ

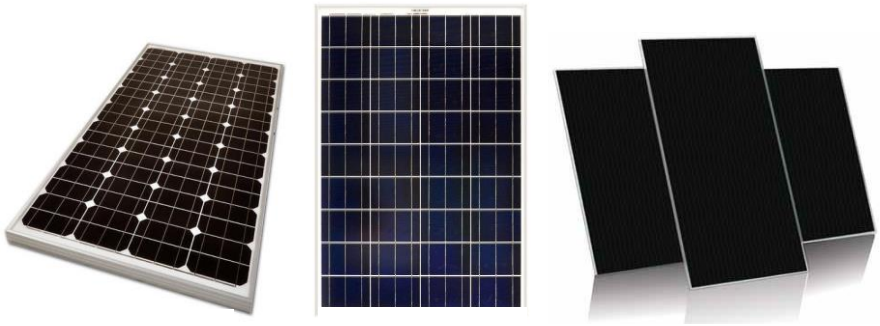
3.1.1 ชนิดและเทคโนโลยี

ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอนมีใช้อยู่ 3 ประเภทซึ่งใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่

1) โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) ดังแสดงในรูปที่ 42-a

2) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) ดังแสดงในรูปที่ 42-b

3) อะมอร์ฟัส (Amorphous) ดังแสดงในรูปที่ 42-c



a แบบโมโนคริสตัลไลน์ b แบบโพลีคริสตัลไลน์ c แบบอะมอร์ฟัส

รูปที่ 42 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โดยแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์ จะมีสีดำและมีลักษณะเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส แผงแบบโพลีคริสตัลไลน์มีสีน้ำเงินและมีลักษณะเป็นคริสตัลสีรุ้ง และแผงแบบอะมอร์ฟัสมีลักษณะสีดำซึ่งบางครั้งก็มีเส้นที่มองเห็นได้ราง ๆ แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายขนาดตามกำลังไฟฟ้าขาออก โดยฉลากที่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะระบุกำลังเอาต์พุตหรือกำลังไฟฟ้าขาออกซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม นั่นคือ เมื่อดวงอาทิตย์มีพลังงานรังสี 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (ตอนเที่ยงไม่มีเมฆ) และที่อุณหภูมิแผง 25 องศาเซลเซียส ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพดีสามารถใช้งานได้นานกว่า 20 ปี

3.1.2 พิกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวอย่างฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปที่ 43 แสดงค่าดังนี้

รูปที่ 43 ฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 85 วัตต์สูงสุด (Wp)

1) กำลังไฟ Pmax 85 วัตต์

2) กระแสขณะเกิดกำลังสูงสุด (Pmax) Imp 4.98 แอมป์

3) แรงดันไฟฟ้าขณะเกิดกำลังสูงสุด (Pmax) Vmp 17.1 โวลต์

4) แรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด Voc 21.5 โวลต์

5) Isc กระแสไฟฟ้าลัดวงจร 5.57 แอมป์

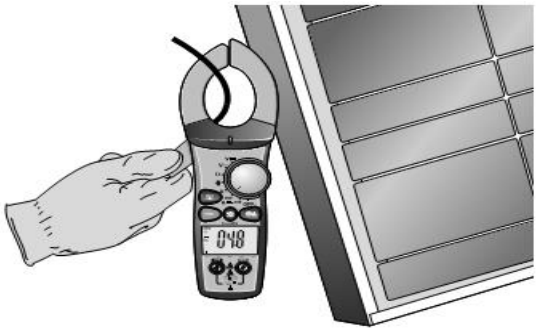
กำลังไฟฟ้า แรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ระบุไว้ที่ฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น เป็นค่าที่ได้รับการทดสอบที่ความเข้มแสง 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นพิกัดกำลังมักจะกำหนดที่ "วัตต์สูงสุด" (Wp) โมดูลที่มีพิกัด 85 วัตต์สูงสุด (Wp) คือ โมดูลที่สามารถจ่ายกำลังได้สูงสุดที่ 85 วัตต์ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด หากความเข้มแสงน้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร หรืออุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส แสดงว่าโมดูลนั้นจะจ่ายพลังงานได้น้อยกว่าพิกัด

วิธีการวัดพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

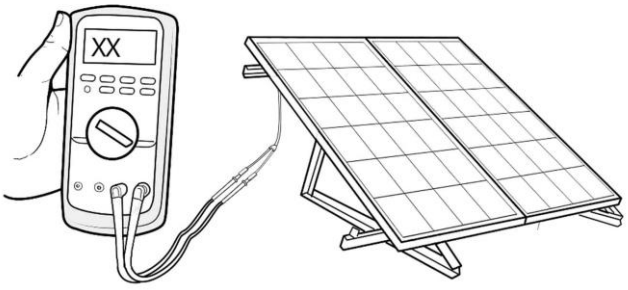
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกผลิตขึ้นจะมีการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าตรงตามมาตรฐานที่กำหนด มีพารามิเตอร์ที่สำคัญสองตัวที่ต้องพิจารณาระหว่างการทดสอบ

1) กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Isc) เป็นกระแสที่วัดได้เมื่อขั้วของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ขั้วบวกและขั้วลบ) ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันและไม่มีโหลด ดังแสดงในรูปที่ 44

2) แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (Voc) คือแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วบวกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อไม่ได้ต่อกับโหลดใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 45



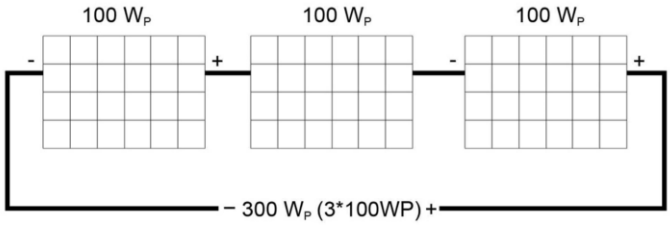
รูปที่ 44 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: กระแสไฟฟ้าลัดวงจร



รูปที่ 45 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร

3.1.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์

เมื่อเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างอาร์เรย์ พลังงานทั้งหมดจากอาเรย์ คือผลรวมของพลังงานของแต่ละแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวอย่างเช่น มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามแผงขนาด 100 วัตต์สูงสุด และจะต้องเชื่อมต่อทั้งแบบอนุกรมหรือแบบขนานกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากอาร์เรย์จะเท่ากับ 300 วัตต์สูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 46



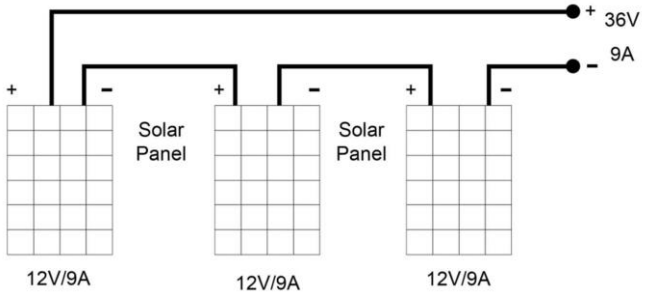
รูปที่ 46 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์

การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างอาร์เรย์สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1) การต่อแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2) การต่อแบบขนาน เพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3) การต่อแบบผสม เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การต่อแบบอนุกรม

เมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกัน (มีพารามิเตอร์เดียวกัน) แบบอนุกรม จะได้แรงดันไฟฟ้าขาออกที่สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง และกระแสไฟฟ้าขาออกของแต่ละแผงจะมีค่าเท่ากัน ในการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ขั้วบวก (+) ของแผงจะต้องต่อกับขั้วลบ (-) ของแผงถัดไปในอาร์เรย์ ดังแสดงในรูปที่ 47 ตัวอย่างเช่น มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แผง แต่ละแผงมีขนาด 12 โวลต์ และ 9 แอมป์ ต่อแบบอนุกรม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟขาออกของอาร์เรย์นั้น 36 โวลต์ / 9 แอมป์ ตามลำดับ

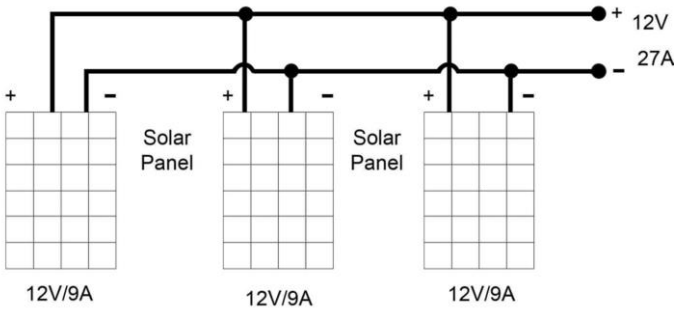


รูปที่ 47 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบอนุกรม

การต่อแบบขนาน

การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน กระแสไฟฟ้าขาออกจะสูงขึ้น กระแสไฟฟ้าขาออกจะเพิ่มขึ้นเท่ากับผลรวมของกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง และแรงดันไฟฟ้าขาออกของแต่ละแผงจะมีค่าเท่ากัน ในการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน ขั้วบวก (+) ของแต่ละแผงจะต่อเข้าด้วยกัน และขั้วลบ (+) ของแต่ละแผงก็จะต่อเข้าด้วยกันในอาร์เรย์ ดังแสดงในรูปที่ 48 ตัวอย่างเช่น มีแผงเซลล์

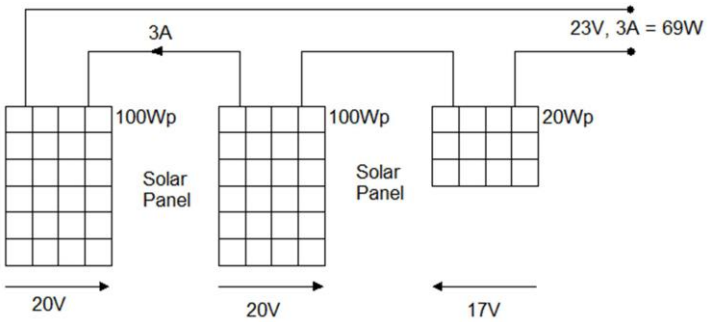
แสงอาทิตย์ 3 แผง แต่ละแผงมีขนาด 12 โวลต์ และ 9 แอมป์ ต่อแบบขนาน แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟขาออกของอาร์เรย์นั้น 12 โวลต์ / 27 แอมป์ ตามลำดับ



รูปที่ 48 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน

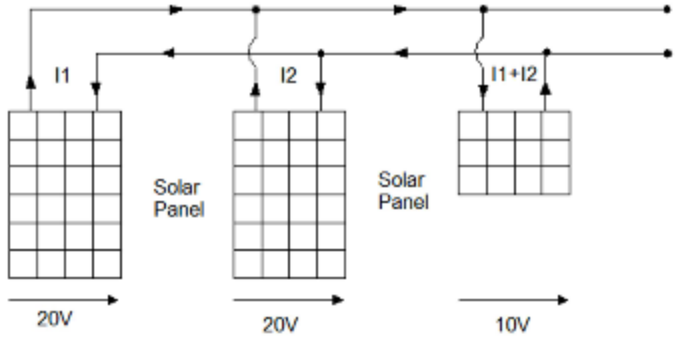
การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์ในกรณีแผงมีกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน

ถ้าต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าต่างกันกำลังไฟฟ้าขาออกจากอาร์เรย์จะได้น้อยกว่าผลรวมของกำลังไฟฟ้าของแต่ละโมดูล กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปนั้นขึ้นอยู่กับแบบของการต่อ ความแตกต่างระหว่างโมดูล และโหมดการทำงาน เมื่อต่อโมดูลที่มีกระแสต่างกันแบบอนุกรมกับโหลด (ตัวควบคุมการประจุและแบตเตอรี่) ดังแสดงในรูปที่ 49 โมดูลที่มีกระแสไฟต่ำจะกลายเป็นตัวต้านทานหรือโหลดในวงจร โมดูลที่มีกระแสสูงจะสร้างกระแสที่ไหลผ่านวงจร กระแสจะลดลงเนื่องจากความต้านทานของโมดูลกระแสต่ำและสร้างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโมดูลกระแสต่ำ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้มีขั้วไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้ามดังนั้นจึงลดแรงดันไฟฟ้ารวมของการเชื่อมต่ออนุกรมของโมดูลทั้งหมด นอกจากนี้ยังใช้พลังงานของโมดูลอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น แรงดันตกคร่อมโมดูลกระแสต่ำปรับตัวลดลงคือ 17 โวลต์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้ารวมของวงจรคือ (2x20) โวลต์ - 17 โวลต์ = 23 โวลต์ กำลังทั้งหมดนั้นน้อยกว่ากำลังของโมดูลที่กระแสสูงรวมกัน



รูปที่ 49 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบอนุกรม

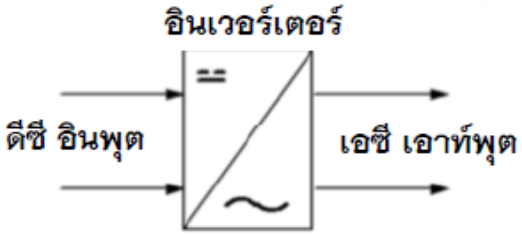
หรือหากนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เหมือนกัน แต่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันต่อขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 50 กำลังไฟฟ้ารวมจะเท่ากับผลรวมของกำลังไฟฟ้าของแต่ละโมดูลซึ่งจะไม่มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้า แต่เมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เหมือนกัน มีแรงดันเอาต์พุตต่างกันต่อขนานกัน โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าจะทำหน้าที่เป็นโหลดในวงจร หากไม่มีการเชื่อมต่อโหลดเข้ากับวงจรดังนั้นกระแสของโมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าจะไหลเข้าสู่โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ ถ้ากระแสที่ไหลสูงอาจทำให้โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเสียหายได้



รูปที่ 50 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบขนาน

3.2 อินเวอร์เตอร์

ฟังก์ชั่นการทำงานของอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนหรือสำนักงานใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังแสดงในรูปที่ 51 โดยด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์นั้นเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC เช่น ต่อตรงกับแบตเตอรี่ หรืออาร์เรย์เซลล์แสงอาทิตย์ด้านขาออกจ่ายไฟ AC ให้กับผู้บริโภค (ปกติ 220 ถึง 240 โวลต์)



รูปที่ 51 สัญลักษณ์อินเวอร์เตอร์ในวงจรไฟฟ้า

3.2.1 การแบ่งชนิดของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์จะแบ่งด้วยเกณฑ์กว้าง ๆ ได้ 2 อย่าง คือ

1) อินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบแรงดันไฟฟ้าขาเข้า ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

- **กริดไทร์อินเวอร์เตอร์** เป็นอุปกรณ์ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับในระบบออนกริด (On-Grid System) โดยมีขนาดต่าง ๆ ในพิกัดเป็นกิโลวัตต์ (kW) เพื่อให้ตรงกับกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้โดยตรง และไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ และไม่สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์อิสระได้โดยจำเป็นต้องต้องเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า
- **อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่** ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นระบบที่แยกตัวอิสระจากกริด (Stand Alone System) สามารถใช้กับเครื่องใช้ในบ้านทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 52 อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่มีหลายขนาดให้เลือกในกิโลวัตต์โวลต์แอมป์ (kVA) ตามค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของระบบ (แรงดันระบบ) อินเวอร์เตอร์ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า (เช่นต่ำกว่า 1 กิโลวัตต์โวลต์แอมป์) โดยปกติใช้แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำกว่า (24 โวลต์ หรือต่ำกว่า)

ในขณะที่อินเวอร์เตอร์ พิกัดกำลังไฟฟ้าสูง มักต้องการแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่สูงขึ้น เช่น อินเวอร์เตอร์ขนาด 0.8 kVA ควรมีแรงดันระบบที่ 12 V อินเวอร์เตอร์ขนาด 1.5 หรือ 2.0 kVA ควรมีแรงดันระบบที่ 24 V อินเวอร์เตอร์ขนาด 3.0 หรือ 3.5 kVA ควรมีแรงดันระบบ 48 V และอินเวอร์เตอร์ขนาด 5.0 kVA ควรมีแรงดันระบบ 60-96 V

รูปที่ 52 อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่ 3.5 กิโลวัตต์โวลต์แอมป์ทั่วไป

2) อินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบรูปคลื่นสัญญาณขาออก รูปแบบของสัญญาณเอาต์พุตมี 3 แบบ ที่พบในอินเวอร์เตอร์ส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 53

- **รูปแบบคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave)** คลื่นสัญญาณมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ส่วนใหญ่จะพบในอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาถูกที่หาซื้อได้ทั่วไป โดยส่วนใหญ่เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทหลอดไฟ
- **รูปแบบคลื่นไซน์ (Pure sine wave)** ให้รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าขาออกที่คล้ายกับรูปคลื่นของเอาต์พุตจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า รองรับกับการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้จะมีราคาสูงที่สุด
- **รูปแบบคลื่นไซน์ดัดแปลง (Modified sine wave)** เป็นคลื่นไซน์ที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได โดยอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ไม่สามารถใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกประเภทแต่มีข้อดี คือ ราคาถูก

3.3 แบตเตอรี่

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลากลางวันเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสง ไม่สามารถเก็บพลังงานได้ แต่เมื่อต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางคืนจะต้องมีการใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน แบตเตอรี่ที่เหมาะสำหรับใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่

1) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) เป็นเทคโนโลยีล่าสุดในตลาด มักพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระดับสูง เช่น โทรศัพท์มือถือและ แล็ปท็อป ดังแสดงในรูปที่ 53 แบตเตอรี่ Li-ion ไม่ได้ถูกใช้ในแอพพลิเคชั่นโซล่าร์ PV ในบ้านเนื่องจากมีราคาสูง และเมื่อเทียบกับขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ Li-ion มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและความจุพลังงานสูง โดยเฉลี่ยแบตเตอรี่ Li-ion สามารถใช้งานได้นานถึง 5 ปีนับจากวันผลิตขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน

รูปที่ 53 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด อายุการใช้งานตั้งแต่ 2 ถึง 10 ปี แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถพบได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2 โวลต์ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าที่สุดในตลาด การติดตั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้ต้องติดตั้งในสถานที่มีการระบายอากาศเพียงพอ แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- **ประเภทลักษณะการใช้งาน** ได้แก่ แบตเตอรี่แบบสตาร์ทเตอร์ มักใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์รถยนต์ ถูกออกแบบมาให้มีความสามารถจ่ายกระแสได้สูงในระยะเวลาสั้น ๆ ไม่เหมาะสำหรับการใช้เก็บพลังงานแสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่แบบดีพไซเคิล (Deep cycle Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการจ่ายพลังงานได้ลึกหรือมากกว่าแบตเตอรี่แบบธรรมดา มักจะใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานทางเลือกอื่น ๆ

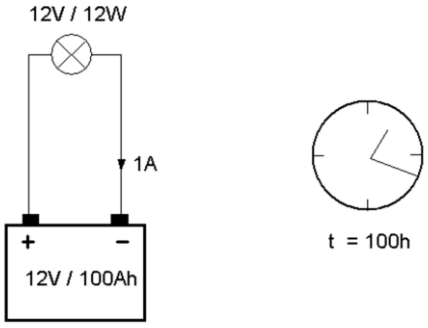
- **ประเภทของเซลล์** ได้แก่ แบตเตอรี่เซลล์เปียก (Flooded) เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่มีอยู่ทั่วไป กรดแบตเตอรี่ในแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นของเหลว ดังแสดงในรูปที่ 54 ซึ่งแบตเตอรี่เซลล์เปียกจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาเป็นประจำ และแบตเตอรี่แห้ง (Sealed) ซึ่งมี 2 แบบ ตามลักษณะของกรดที่บรรจุในแบตเตอรี่ คือ กรดแบบเจล (Gel) และกรดแบบ Absorbed Glass Mat (AGM) เป็นวัสดุพิเศษลักษณะคล้ายฟองน้ำดูดซับกรดไว้ แบตเตอรี่แห้งเป็นแบตเตอรี่ที่ถูกปิดผนึกโดยสนิทไม่ต้องบำรุงรักษา ดังแสดงในรูปที่ 55

รูปที่ 54 แบตเตอรี่เซลล์เปียกแบบทั่วไป 6 โวลต์และ 12 โวลต์

รูปที่ 55 แบตเตอรี่แบบแห้ง 12 โวลต์

3.3.1 ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เก็บสำหรับพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็น วัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ขนาดใหญ่สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ขนาดของแบตเตอรี่แสดงเป็นความจุ (C) หน่วยเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) โดยแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ความจุ C = 100 แอมแปร์-ชั่วโมง สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้ 1,200 วัตต์ชั่วโมง (12 โวลต์ × 100 แอมแปร์-ชั่วโมง = 1,200 วัตต์ชั่วโมง) ซึ่งหมายความว่าจะดึงกระแส 1 แอมแปร์ แบตเตอรี่จะสามารถจ่ายกระแสได้นาน 100 ชั่วโมงเมื่อชาร์จเต็ม ดังแสดงในรูปที่ 56

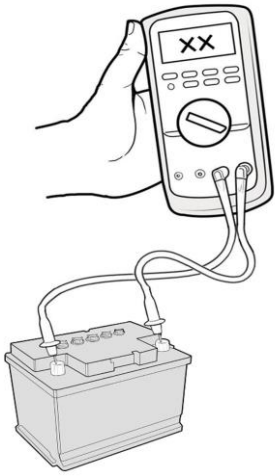


รูปที่ 56 ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่

3.3.2 ระดับการชาร์จแบตเตอรี่

สถานะการชาร์จประจุแบตเตอรี่ (Stage of Charge, SoC) จะใช้อธิบายระดับประจุในแบตเตอรี่ นั่นคือประจุเต็มหรือประจุหมด หน่วยการวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ดังแสดงในรูปที่ 57 เช่น แบตเตอรี่ที่ชาร์จเต็มมี SoC 100% หรือแบตเตอรี่ที่ว่างเปล่ามี 0% SoC ค่า SoC สามารถกำหนดโดยการวัดแรงดันไฟฟ้าแต่ไม่น่าเชื่อถือเสมอไป ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาอย่างอื่นประกอบด้วย เช่น แบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ เมื่อเราวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ จะมีค่าดังนี้

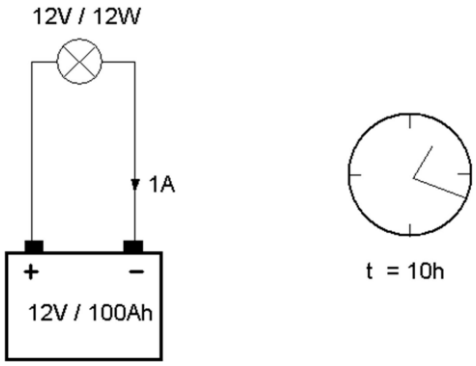
- แรงดัน 12.9 โวลต์ ค่า SoC เท่ากับ 100%
- แรงดัน 12.7 โวลต์ ค่า SoC เท่ากับ 75%
- แรงดัน 12.5 โวลต์ ค่า SoC เท่ากับ 50%
- แรงดัน 12.3 โวลต์ ค่า SoC เท่ากับ 25%
- แรงดัน 12.1 โวลต์ ค่า SoC เท่ากับ 0%



รูปที่ 57 สถานะการชาร์จประจุแบตเตอรี่

3.3.3 ระดับการคายประจุ

ความลึกของการคายประจุ (Depth of Discharge, DoD) คือ ค่าที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของความจุแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานไปหรือคายประจุออกไปเปรียบเทียบกับความจุทั้งหมด ตัวอย่างเช่น หากหลอดไฟ DC 12 วัตต์ เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ดังแสดงในรูปที่ 58 แบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์ หากหลอดไฟทำงาน 10 ชั่วโมง แบตเตอรี่จะคายประจุ 10 แอมแปร์-ชั่วโมง ถ้าแบตเตอรี่มีขนาด 100 แอมแปร์-ชั่วโมง จะมีการคายประจุ 10% ของความจุของแบตเตอรี่ ค่า DoD จะเป็น 10% ซึ่งหากใช้งานหลอดเดียวกัน 50 ชั่วโมงค่า DoD จะเป็น 50%

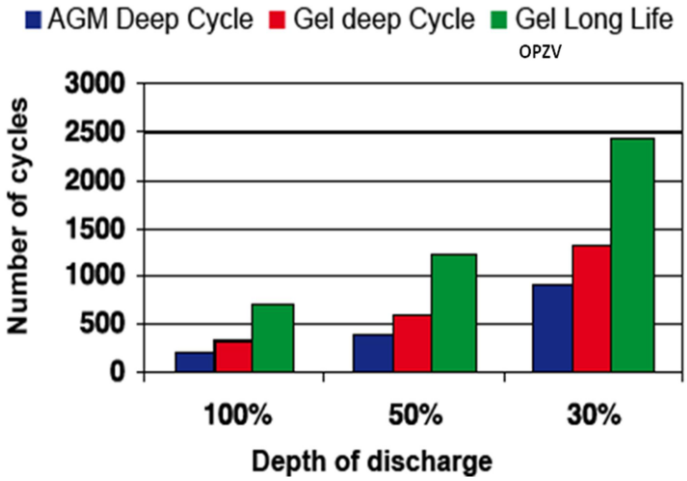


รูปที่ 58 ความลึกของการคายประจุ

3.3.4 อายุแบตเตอรี่

อายุการใช้งานแบตเตอรี่ (Battery Lifetime) จะถูกกำหนดเป็นรอบ (cycle) หมายความว่าแบตเตอรี่สามารถใช้ได้ในจำนวนรอบที่กำหนดเท่านั้น หลังจากนั้นมันก็จะเริ่มเสื่อมและสูญเสียความสามารถในการเก็บประจุลง ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ที่มีความจุ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งใช้งานมาหลายรอบอาจมีความจุเหลือเพียง 50 แอมแปร์-ชั่วโมง เท่านั้น ซึ่งหมายความว่ามันได้กลายเป็นแบตเตอรี่ “เล็กกว่า” ยิ่งคายประจุแบตเตอรี่มากเท่าไหร่ก็จะยิ่งมีรอบเวลาที่สั้นลงเท่านั้น แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานนานเท่าไหร่

นั้นขึ้นอยู่กับว่ามีการใช้แบตเตอรี่บ่อยแค่ไหน ความลึกของการคายประจุ (DoD) และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเก็บรักษา ซึ่งทุกครั้งที่คายประจุแบตเตอรี่ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะลดลงเรื่อย ๆ กระบวนการในการคายประจุและการชาร์จประจุใหม่เรียกว่า “รอบ” การคายประจุเพียง 10% ของความจุ (DoD = 10%) เป็นแบบรอบตื้น การคายประจุ 100% ของความจุ (DoD = 100%) เป็นรอบลึก ซึ่งการคายประจุแบบรอบลึกเป็นอันตรายมาก จะทำให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่สั้นลงกว่ารอบตื้น ดังแสดงในรูปที่ 59



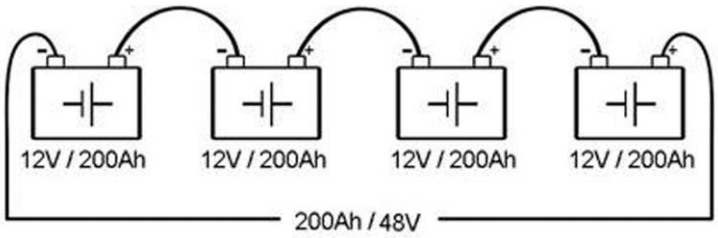
รูปที่ 59 อายุการใช้งานแบตเตอรี่

อายุการใช้งานของแบตเตอรี่เมื่อถูกเก็บไว้ในสภาพที่ไม่ได้ใช้งานจะเรียกว่า Shelf life หรือ Float life โดยอายุการใช้งาน (Shelf life) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่จัดเก็บแบตเตอรี่และสถานะของประจุ (SoC) แบตเตอรี่ แบบเจลคุณภาพดีสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 10 ปี ที่ 20 องศาเซลเซียส แต่มีอายุเพียง 6 ปี ที่ 30 องศาเซลเซียส SoC จะต้องได้รับการบำรุง รักษาที่ 100% เสมอเมื่อจัดเก็บ ซึ่งต้องมีการชาร์จใหม่ทุก 3 ถึง 4 เดือน

3.3.5 การต่อแบตเตอรี่ขนาดใหญ่

1) การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

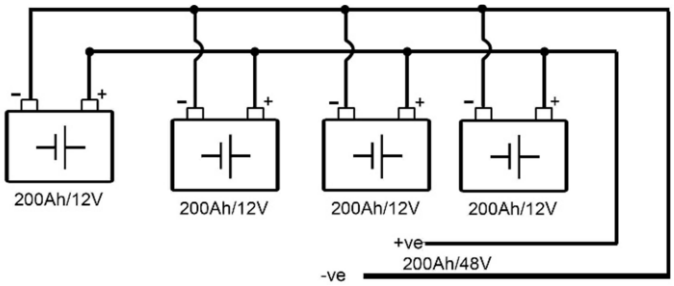
ตัวอย่างเช่น ถ้ามีแบตเตอรี่ 4 ก้อนขนาดพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ และต่อแบบอนุกรม กำลังไฟฟ้ารวมจากแบตเตอรี่จะเท่ากับ 48 โวลต์, 200 แอมแปร์-ชั่วโมง สำหรับการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ขั้วลบของแบตเตอรี่จะต้องต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ก้อนถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 60



รูปที่ 60 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

2) การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

ตัวอย่างเช่นหากมีแบตเตอรี่สี่ก้อนขนาดพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ และมีการต่อแบบขนานพลังงานขาออกทั้งหมดจากแบตเตอรี่แบงก์ (Battery bank) จะเป็น 12 โวลต์, 200 แอมแปร์-ชั่วโมง ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนานขั้วลบของแบตเตอรี่จะต้องเชื่อมต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ตัวถัดไปและขั้วบวกจะต้องเชื่อมต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ตัวถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 61



รูปที่ 61 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

3) การต่อแบตเตอรี่แบงก์

เมื่อแบตเตอรี่ต่อกันเพื่อสร้างแบตเตอรี่แบงก์ แรงดันทั้งหมดและความจุของแบตเตอรี่แบงก์ จะขึ้นอยู่กับลักษณะการเชื่อมต่อ และต้องไปเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่มีชนิดและขนาดที่แตกต่างกัน แบตเตอรี่ในแบตเตอรี่แบงก์จะต้องเป็นประเภทเดียวกันและขนาดความจุเท่ากัน ซึ่งมีการต่ออยู่ 3 ประเภท ได้แก่

- การต่อแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขาออกของแบตเตอรี่แบงก์
- การต่อแบบขนานเพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แบงก์
- การต่อแบบผสมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขาออกและความจุของแบตเตอรี่แบงก์และต้องเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่มีชนิดหรือประเภทเดียวกันและมีขนาดความจุเท่ากัน

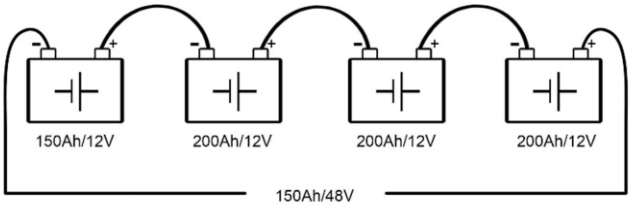
การเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่ไม่เหมาะสมในแบตเตอรี่แบงก์ เมื่อนำแบตเตอรี่ต่างชนิดกันมาต่ออนุกรมกันจะเกิดปัญหาการใช้งานดังนี้

- แบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยกว่า (หรือเก่ากว่า) จะคายประจุเร็วขึ้นและลึกขึ้น และจะเสียเร็วขึ้น
- แบตเตอรี่ที่มีความจุมากกว่า (หรือใหม่กว่า) จะไม่ได้รับการชาร์จประจุจนเต็ม เนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ความจุน้อยที่ถูกชาร์จประจุเต็มก่อนเป็นสัญญาณที่บ่งบอกให้ตัวควบคุมการชาร์จหยุดกระบวนการชาร์จ ซึ่งทำให้อายุการใช้งานจะสั้นลงเช่นกัน
- ถ้านำแบตเตอรี่ต่างชนิดกันขนานกัน จะเกิดปัญหา คือ แบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยกว่า (หรือเก่ากว่า) จะคายประจุเร็วขึ้นและลึกขึ้นทำให้เสียเร็วขึ้น ส่วนแบตเตอรี่ที่มีความจุมากกว่าจะคายประจุไปยังแบตเตอรี่ที่ความจุน้อยกว่า (หรือเก่ากว่า) ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

<u>การต่อแบบอนุกรม - แบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีความจุแตกต่างกัน</u>

ในกรณีที่แบตเตอรี่เก่าสูญเสียความจุบางส่วนไป ทำให้กลายเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยลง ซึ่งทำให้แบตเตอรี่แบงก์ที่มีการเชื่อมต่อแบบอนุกรมที่ใช้งานแบตเตอรี่ทั้งใหม่และเก่าร่วมกันมีค่าความจุลดลงด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น เราอาจพบกับแบตเตอรี่แบงก์ 4 ก้อน โดยที่แบตเตอรี่ก้อนหนึ่งมีพิกัด 150 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ และอีก 3 ก้อนมีพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ ทั้งหมดต่ออนุกรม ดังแสดงในรูปที่ 62

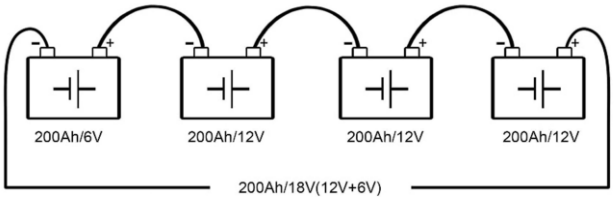
แรงดันไฟฟ้าขาออกจากแบตเตอรี่แบงก์คือ 48 โวลต์ แต่ค่าความจุจะถูกควบคุมโดยแบตเตอรี่ที่มีความจุต่ำสุด ในกรณีนี้คือ แบตเตอรี่ 12 โวลต์ / 150 แอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 62 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดความจุต่างกัน

<u>การต่อแบบอนุกรม - แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากัน แต่มีแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน</u>

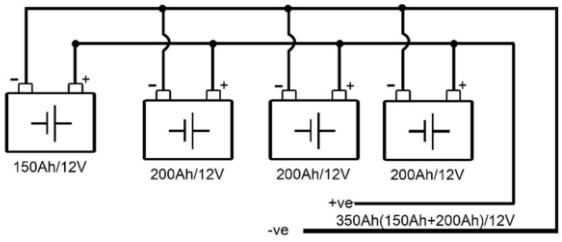
ในการต่อแบตเตอรี่ที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าต่างกัน ตัวควบคุมการประจุจะไม่รู้ว่ามีแบตเตอรี่แรงดันไฟฟ้า 6 โวลต์ อยู่ในแบตเตอรี่แบงก์ที่เราเชื่อมต่อ ตัวควบคุมจะชาร์จแบตเตอรี่แบงก์เป็นแบตเตอรี่ 48 โวลต์ ซึ่งแบตเตอรี่แต่ละก้อนจะได้รับแรงดันไฟฟ้าในการชาร์จประจุเท่ากับ 12 โวลต์ ซึ่งสิ่งนี้นำไปสู่การชาร์จประจุเกินและเป็นการทำลายแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่แบตเตอรี่แบงก์จำนวน 4 ก้อน โดยก้อนหนึ่งมีพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 6 โวลต์ และอีกสามก้อนมีพิกัดอยู่ที่ 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ และต่อแบบอนุกรมด้วยแบตเตอรี่ทั้ง 4 ก้อน ดังแสดงในรูปที่ 63 ขนาดแรงดันไฟฟ้ารวมของแบตเตอรี่จะกลายเป็น 42 โวลต์ ((3 × 12 โวลต์) + 6 โวลต์) ในขณะที่ความจุยังคงอยู่ที่ 200 แอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 63 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดแรงดันต่างกัน

<u>การต่อแบบขนาน - แบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีความจุแตกต่างกัน</u>

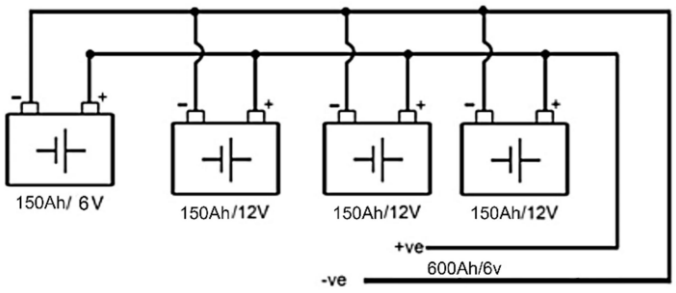
ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่แบงก์ 4 ก้อนที่มีก้อนหนึ่งมีพิกัด 150 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ และอีก 3 ก้อนมีพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ ทั้งหมดต่อแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 64 แรงดันไฟฟ้าขาออกจากแบตเตอรี่แบงก์ คือ 12 โวลต์ในขณะที่ความจุเอาต์พุตคือ 750 แอมแปร์-ชั่วโมง (150 แอมแปร์-ชั่วโมง + 3×200 แอมแปร์-ชั่วโมง)



รูปที่ 64 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดความจุต่างกัน

<u>การต่อแบบขนาน - แบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน</u>

ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่แบงก์ประกอบด้วยแบตเตอรี่ 4 ก้อน ก้อนหนึ่งมีพิกัด 150 แอมแปร์-ชั่วโมง / 6 โวลต์ และอีก 3 ก้อนมีพิกัด 150 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ ทั้งหมดต่อแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 65 แบตเตอรี่ 12 โวลต์จะคายประจุลงในแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ ทันที เนื่องจากแรงดันแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่ทั้งหมดต้องอยู่ในระดับเดียวกัน แบตเตอรี่ 6 โวลต์ จะถูกยกแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นมาใกล้กับ 12 โวลต์และถูกอัดประจุมากเกินไปซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้



รูปที่ 65 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดแรงดันต่างกัน

3.4 ตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Charger controllers)

เครื่องควบคุมการชาร์จประจุจะควบคุมการจ่ายพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ ทำได้โดยการรับแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่

ตัวควบคุมการชาร์จมีหน้าที่หลัก ๆ 4 ประการ ดังนี้

1) ควบคุมให้การชาร์จประจุแบตเตอรี่เป็นไปอย่างปลอดภัย รวดเร็ว และสมบูรณ์

2) ตัวควบคุมการชาร์จที่มีฟังก์ชันโหลดคอนโทรลเลอร์ จะช่วยป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุที่ลึกได้

3) เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จประจุมากเกินไป

4) เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับจากแบตเตอรี่ไปยังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวควบคุมการชาร์จประจุส่วนใหญ่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมโหลดได้ สำหรับโหลด DC ควรมีการปลดวงจรเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำ (LVD) เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุลึกเกินไป ตัวควบคุมการชาร์จจะมีฟังก์ชันบางอย่าง สามารถกำหนดให้มีการยกเลิกการเชื่อมต่อตามกำหนดเวลาและฟังก์ชันเปิด /ปิด ได้ตามระดับความเข้มแสง ฟังก์ชันก์นี้สามารถใช้สำหรับเป็นสวิตช์อัตโนมัติสำหรับความเข้มแสงที่ปลอดภัยในตอนเย็นที่มีความเข้มแสงน้อยได้ ตัวควบคุมการชาร์จประจุขั้นสูงจะกำหนดเวลาการ equalization ของแบตเตอรี่ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นมาตรการบำรุงรักษาเพื่อยืดอายุแบตเตอรี่ เทคโนโลยีสำหรับตัวควบคุมการชาร์จประจุมี 2 แบบ ได้แก่

- **การปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM)** ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมการชาร์จที่พบมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 66 แรงดันไฟฟ้าในการชาร์จประจุของแบตเตอรี่จะถูกกำหนดให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยการสลับการเปิด/ปิด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยความถี่สูง

- **การติดตามกำลังสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPP หรือ MPPT)** ตัวควบคุม MPPT จะควบคุมให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุดในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ตัวควบคุมชนิดนี้มีราคาแพงกว่า และส่วนใหญ่ใช้สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 67

รูปที่ 66 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ PWM ยี่ห้อ Victron 12 โวลต์ 10 แอมป์

รูปที่ 67 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ยี่ห้อ Victron 12/24 โวลต์ 20 แอมป์

3.5 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า

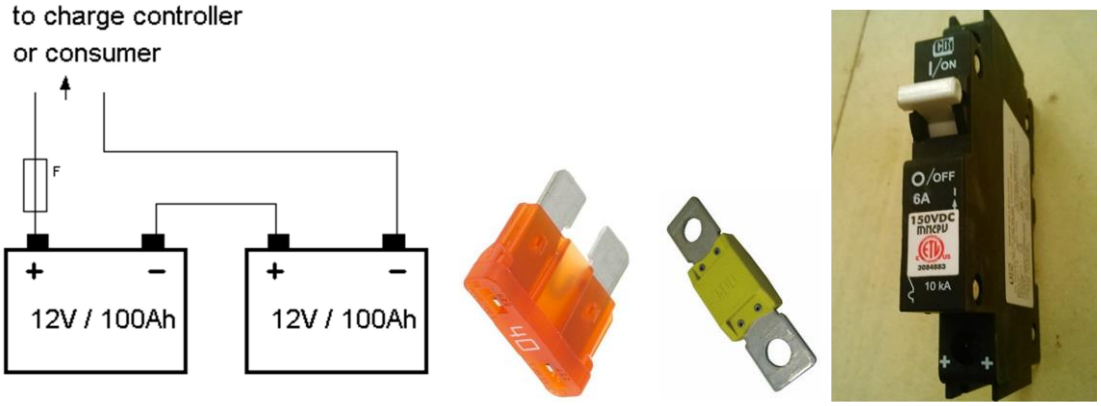
3.5.1 สวิตช์ตัดตอน

เพื่อความปลอดภัยสำหรับ บุคลากร ระบบและการบำรุงรักษาเราอาจติดตั้งสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อเพื่อแยกส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบได้ สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อ ถูกติดตั้งระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ ดังแสดงในรูปที่ 68 โดยแนะนำให้ใช้ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 60 โวลต์ขึ้นไป เพื่อให้แน่ใจว่าการติดตั้งและการบำรุงรักษาจะปลอดภัยสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อจะต้องใช้สำหรับการตัดต่อไฟฟ้ากระแสตรงและมีพิกัดกระแสเท่ากับกระแสสูงสุดของอาร์เรย์แสงอาทิตย์ โดยห้ามใช้สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อที่ใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป เพราะทุกครั้งที่ทำการตัดการเชื่อมต่อในขณะจ่ายโหลดจะเกิดประกายไฟ ประกายไฟจากไฟฟ้ากระแสตรงนั้นทำให้เกิดความเสียหายมากกว่าประกายไฟฟ้ากระแสสลับและสามารถทำลายอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อที่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อจัดการกับประกายไฟจากไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 68 สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อทั่วไปที่ใช้เพื่อแยกอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์จากตัวควบคุมการชาร์จ

3.5.2 ฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์

การลัดวงจรระหว่างขั้วแบตเตอรี่ทั้งสองขั้วจะปล่อยกระแสสูงมาก ยิ่งแบตเตอรี่มีความจุมากเท่าไหร่ กระแสก็ยิ่งสูง สำหรับแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ กระแสนี้สามารถละลายสายไฟและก่อให้เกิดไฟไหม้ได้ง่าย ดังนั้น แบตเตอรี่หรือแบตเตอรี่แบงก์ควรมีการป้องกันด้วยฟิวส์กระแสตรง (DC) หรือเบรกเกอร์กระแสตรงด้วยขนาดของอุปกรณ์ที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 69 โดยที่ฟิวส์กระแสสลับ (AC) ไม่สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้ สำหรับแบตเตอรี่ขนาดเล็กและกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กสามารถใช้ฟิวส์รถยนต์ได้ แต่ถ้ากระแสสูงมาก และแบตเตอรี่แบงก์จำเป็นต้องใช้ฟิวส์กระแสตรงที่มีพิกัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นการต่อวงจรให้เดินสายระหว่างแบตเตอรี่และเครื่องควบคุมการชาร์จประจุต้องใส่เบรกเกอร์กระแสตรง หรือฟิวส์กระแสตรง และระหว่างขาออกของอินเวอร์เตอร์และผู้ใช้ไฟฟ้า ต้องใส่เบรกเกอร์กระแสสลับ



รูปที่ 69 ฟิวส์รถยนต์, ฟิวส์กระแสตรง, เบรกเกอร์กระแสตรง

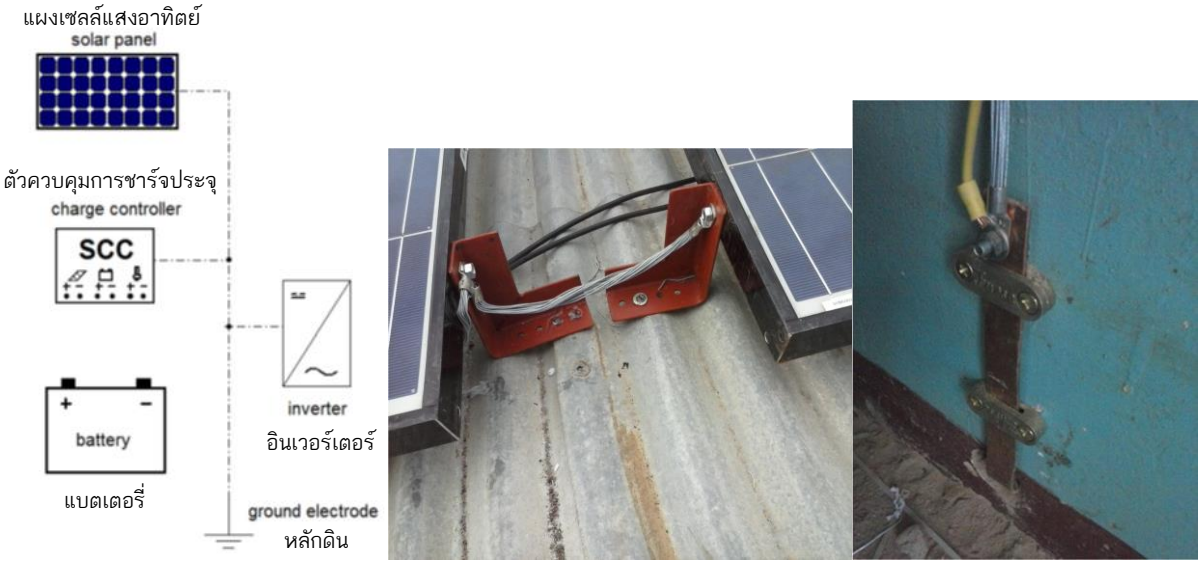
สำหรับระบบขนาดใหญ่จะใช้กล่องต่อสายร่วม (Combiner Box) เป็นกล่องที่รวมจุดต่อวงจรของการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างเป็นอาร์เรย์ ดังแสดงในรูปที่ 70 ในการต่อวงจรขาออกของกล่องต่อสายร่วม มักจะเป็นสายเคเบิลสองเส้นซึ่งเชื่อมต่อกับตัวควบคุมการชาร์จประจุ กล่องต่อสายร่วมจะประกอบด้วยสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อหรือเบรกเกอร์ตัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับวงจรแสงอาทิตย์แต่ละอาร์เรย์ และกล่องแยก (Junction Box) หรือกล่องรวมสัญญาณใช้เป็นกล่องหุ้มที่สายไฟและสายเคเบิลของวงจรต่าง ๆ เชื่อมต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 71

รูปที่ 70 กล่องต่อสายร่วมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 4 กิโลวัตต์ รวม 10 แผง
เพื่อป้อนในสายเคเบิลเดี่ยวไปยังตัวควบคุมการชาร์จ

รูปที่ 71 กล่องแยก (Junction Box)

3.6 สายดิน

การต่อลงดินของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถป้องกันแรงดันไฟฟ้าที่เป็นอันตราย เนื่องจากการทำงาน ที่ผิดพลาดของอุปกรณ์นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันอุปกรณ์จากแรงดันไฟฟ้าที่เป็นอันตรายในกรณีที่เกิดฟ้าผ่า การต่อลงดินของอุปกรณ์หมายถึงการเชื่อมต่อตัวโลหะและโครงโลหะทั้งหมดของอุปกรณ์เข้าด้วยกันและต่อเข้ากับขั้วสายดิน โครงโลหะเหล่านี้ประกอบด้วย กรอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์, อินเวอร์เตอร์, กล่องของตัวควบคุมชาร์จประจุ, กล่องแยกสายที่เป็นโลหะ รวมถึงตัวนำอิเล็กโทรด (PE) ที่ด้านกระแสสลับ ดังแสดงในรูปที่ 72 การต่อสายดินทำให้มั่นใจได้ว่าชิ้นส่วนโลหะของส่วนประกอบทั้งหมดของระบบอยู่ในแรงดันไฟฟ้าเท่ากันและมีศักย์เป็นศูนย์เมื่อเทียบกับโลก ดังนั้นเมื่อเกิดฟ้าผ่า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์ จะไม่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายหรือการบาดเจ็บได้ การต่อสายดินของระบบจำเป็นต่อการทำงานของอุปกรณ์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ บางประเภทจะต้องต่อสายดิน ไม่เช่นนั้นจะสูญเสียพลังงานเนื่องจากการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิต นอกจากนี้จำเป็นต้องต่อสายดินกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลบางอย่าง เช่น DC RCDs ไม่เช่นนั้นอุปกรณ์จะไม่ทำงานหากไม่มีระบบกราวด์ การต่อสายดินเพียงขั้วเดียวจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดไฟฟ้าช็อต ในระหว่างการติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบพลังงานแสงอาทิตย์



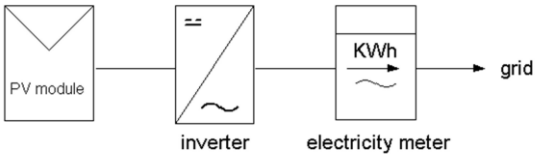
รูปที่ 72 การต่อสายดิน

บทที่ 4
รูปแบบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

4.1 ระบบที่เชื่อมต่อกับกริด (On-Grid System)

เป็นระบบที่ทำงานโดยเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 73 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบต่อไปนี้

- โมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอาร์เรย์
- อินเวอร์เตอร์
- โหลด (เช่น หลอดไฟ พัดลม ปั๊ม)
- อุปกรณ์ไฟฟ้า (เช่นสวิตช์ ซ็อกเก็ตสายเคเบิล ฯลฯ)
- ระบบโครงข่ายไฟฟ้า

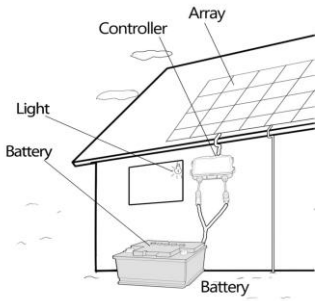


รูปที่ 73 แผนผังระบบเชื่อมต่อกับกริด

4.2 ระบบอิสระ (Stand Alone System)

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (หรือที่เรียกว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Stand Alone) ได้รับการออกแบบให้ทำงานโดยไม่ขึ้นกับโครงข่ายไฟฟ้าและได้รับการออกแบบให้จ่ายพลังงานให้กับโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า DC หรือ AC หรือทั้งสองอย่างพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 74 ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระประกอบด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- โมดูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอาร์เรย์
- แบตเตอรี่
- ตัวควบคุมการชาร์จ
- อินเวอร์เตอร์
- โหลด (เช่น หลอดไฟ พัดลม ปั๊ม)
- อุปกรณ์ไฟฟ้า (เช่นสวิตช์ ซ็อกเก็ตสายเคเบิล ฯลฯ)



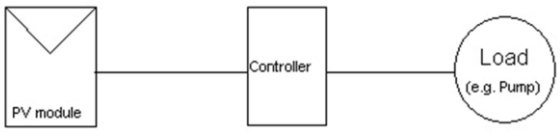
รูปที่ 74 ส่วนประกอบของระบบอิสระ

รูปแบบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

1) ระบบ Off-grid ที่ไม่มีแบตเตอรี่แต่มีโหลด DC ดังแสดงในรูปที่ 75 ระบบประเภทนี้มักใช้กับระบบที่ไม่สำคัญ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืน ระบบเช่นนี้ตัวควบคุมจะมีฟังก์ชั่นหลากหลาย เช่น

- รักษาแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ ให้ต่ำกว่าค่า ค่าหนึ่ง
- ตัดการเชื่อมต่อโหลดเมื่อแรงดัน ไฟฟ้าต่ำเกินไป (แสงแดดไม่พอ)
- ตัวอย่าง เช่น หยุดการทำงานของปั๊มเมื่อน้ำเต็มถังโดยใช้สวิตช์ลูกลอย
- การแปลง DC เป็น AC สำหรับปั๊ม AC

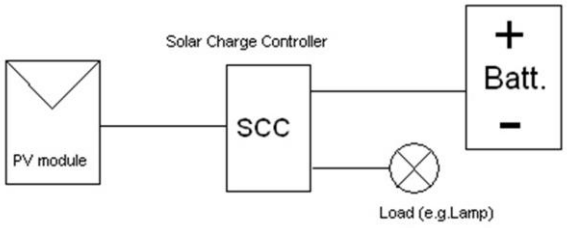
ระบบ Off-grid ประเภทนี้ มีการประยุกต์ใช้งานในสูบน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 76 น้ำจะถูกสูบตราบเท่าที่ดวงอาทิตย์ส่องแสง น้ำส่วนเกินสามารถเก็บไว้ในถัง สวิตช์ลอยในถังสามารถปลดปั๊มเมื่อถังเต็ม



รูปที่ 75 ผังวงจรระบบ Off-grid ที่ไม่มีแบตเตอรี่แต่มีโหลด DC

รูปที่ 76 วัวดื่มน้ำจากรางน้ำจากระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

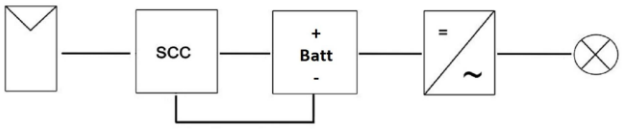
2) ระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และโหลด DC ระบบประเภทนี้มักใช้กับระบบที่ไม่วิกฤตมาก ซึ่งต้องการไฟฟ้าในเวลากลางคืน เป็นระบบที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ เป็นระบบที่ไม่จำเป็นต้องมีการแปลงเป็นไฟฟ้า AC ใช้กับโหลดเฉพาะ DC ดังแสดงในรูปที่ 77 ส่วนใหญ่เป็นหลอดไฟ 12 โวลต์ ตู้เย็น DC การชาร์จโทรศัพท์ และอุปกรณ์ที่ใช้แรงดัน ไฟฟ้า 24 โวลต์ ตัวอย่างการใช้งานระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และโหลด DC ได้แก่ การจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 78



รูปที่ 77 ผังวงจรระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และโหลด DC

รูปที่ 78 แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง

3) ระบบ Off-grid ที่มีโหลด AC ระบบชนิดนี้มักใช้ในสถานการณ์ที่ ต้องมีการใช้ไฟฟ้าทั้งกลางวันและกลางคืน โดยการที่ใช้โหลด DC ซึ่งรับไฟฟ้าโดยตรงจากแบตเตอรี่หรือตัวควบคุมการชาร์จ ดังแสดงในรูปที่ 79 ตัวอย่างระบบ Off-grid ที่มีโหลด AC ได้แก่ ระบบผลิตและจ่ายไฟในสถานีโทรคมนาคม ดังแสดงในรูปที่ 80

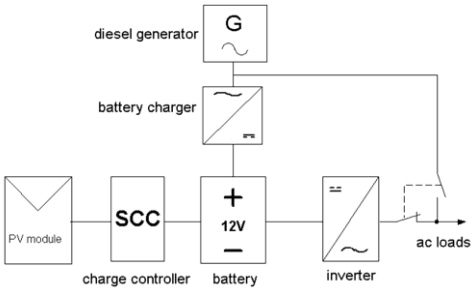


รูปที่ 79 ผังวงจรระบบ Off-grid ที่มีโหลด AC

รูปที่ 80 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับโหลดไฟฟ้า AC ของเสาโทรคมนาคม

4.3 ระบบไฮบริด (Hybrid System)

ระบบไฮบริดเป็นระบบจ่ายไฟฟ้า ซึ่งมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งเครื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำงานสลับกันหรือพร้อมกัน มีแหล่งพลังงานอยู่หลายแบบ เช่น การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล/เบนซิน ร่วมกับกังหันลมขนาดเล็กและมีหลายวิธีที่สามารถเชื่อมต่อเป็นระบบไฮบริด ดังแสดงในรูปที่ 81



รูปที่ 81 ผังวงจรระบบไฮบริด

บทที่ 5
ขนาดของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

5.1 โหลดไฟฟ้า

5.1.1 โหลดไฟฟ้ากระแสสลับ

ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป ซึ่งเราใช้ทุกวัน เช่น โทรทัศน์ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ และตู้เย็น เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 82 และรูปที่ 83 โหลดไฟฟ้ากระแสสลับที่ออกแบบมาสำหรับตลาดใช้งานจะอยู่ในช่วง 220 โวลต์ ถึง 240 โวลต์

รูปที่ 82 โทรทัศน์ที่ใช้ไฟกระแสสลับ

รูปที่ 83 หลอด LED ขั้ว E27 และ หลอด LED T8

5.1.2 โหลดไฟฟ้ากระแสตรง

โหลดไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยไฟฟ้ากระแสตรงอุปกรณ์นี้ไม่สามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับได้ โหลดกระแสตรงประกอบด้วยโทรทัศน์ ตู้เย็น หลอดไฟ ปั๊มพัดลมและอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 84 และรูปที่ 85 โหลดกระแสตรงส่วนใหญ่ทำงานด้วยแรงดัน 12 โวลต์ แต่ก็มีส่วนน้อย เช่น หลอดไฟและตู้เย็นที่ทำงานด้วยแรงดัน 24 โวลต์

รูปที่ 84 ตู้แช่เซลล์แสงอาทิตย์ DC ทั่วไป

รูปที่ 85 หลอด LED ขั้ว E27 12 โวลต์

5.2 การคำนวณระบบพลังงานแสงอาทิตย์

5.2.1 การประเมินความต้องการพลังงาน

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในการติดตั้งระบบ off-grid หรือไฮบริด มีขั้นตอน ดังนี้

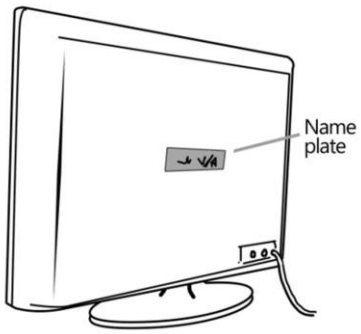
- ประเมินความต้องการพลังงาน (การประเมินโหลด)
- ประเมินขนาดของแบตเตอรี่แบงก์
- ประเมินพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่
- กำหนดขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- กำหนดขนาดตัวควบคุมการชาร์จ
- กำหนดขนาดอินเวอร์เตอร์
- ปรับระบบให้เหมาะสม
- กำหนดขนาดสายเคเบิล

ในการประเมินความต้องการพลังงานอย่างเพียงพอ โหลดทั้งหมดภายในระบบ ต้องพิจารณาทั้งในส่วนที่จำเป็นและไม่จำเป็น โดยมีวิธีในการพิจารณาระดับกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า 3 วิธี ดังนี้

1) การอ่านโดยตรงบนป้ายชื่อ ซึ่งมักจะมีความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 86

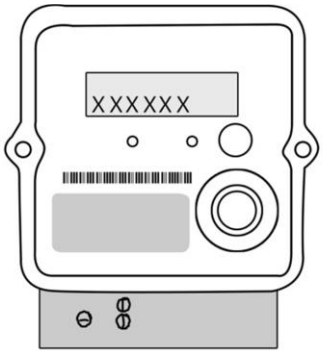
2) การวัดแรงดันและกระแสโดยตรงโดยใช้มัลติมิเตอร์เพื่อตรวจสอบกำลังไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 87

3) การวัดพลังงานไฟฟ้าโดยตรงที่ใช้ด้วยเครื่องวัดพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 88



รูปที่ 86 การประเมินความต้องการพลังงานด้วยการอ่านโดยตรงบนป้ายชื่อ

รูปที่ 87 การประเมินความต้องการพลังงานด้วยการวัดแรงดันและกระแสโดยตรงโดยใช้มัลติมิเตอร์



รูปที่ 88 การประเมินความต้องการพลังงานโดยตรงที่ใช้ด้วยเครื่องวัดพลังงาน

ความต้องการพลังงานของระบบไฟฟ้าขึ้นอยู่กับโหลดภายในระบบโหลด คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าใด ๆ ที่ใช้ในบ้านหรือสำนักงาน ในการกำหนดขนาดแบตเตอรี่ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ สิ่งสำคัญที่ต้องรู้คือโหลดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ และกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์บางอย่าง เช่น ปั๊มน้ำและเครื่องปรับอากาศจะดึงกระแสเริ่มต้นสูงมาก ซึ่งอาจสูงถึง 5 เท่าของกระแสขณะใช้งาน อย่างไรก็ตามกระแสเริ่มต้นที่สูงนี้จะเกิดเพียง 0.5 วินาทีเท่านั้น โหลดอื่น ๆ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เตารีดไฟฟ้า และกาต้มน้ำ มักจะมีใช้กำลังไฟฟ้าสูงคงที่ ซึ่งโหลดบางอย่างเหมาะสำหรับใช้งานในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ตัวอย่าง เช่น หลอดไฟ LED และ CFL (หลอดประหยัดพลังงาน) ตัวอย่างการคำนวณความต้องการพลังงานของบ้าน 2 ห้องนอน ดังแสดงในตารางที่ 1

โหลดไฟฟ้ากระแสสลับบางชนิด เช่น หลอดไฟและมอเตอร์ (เช่น ในตู้เย็น) มีตัวประกอบกำลังที่ต่ำมาก ซึ่งหมายความว่าโหลดจะดึงกำลังรีแอคทีฟ (Reactive) จำนวนมากจากแหล่งพลังงาน (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอินเวอร์เตอร์) เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าที่พิกัด ตัวอย่างเช่น หลอดประหยัดไฟทั่วไปมีตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.6 จากมุมมองของแหล่งพลังงาน หลอดประหยัดไฟขนาด 10 วัตต์ กินไฟ 10 วัตต์ / 0.6 = 16.7 โวลต์แอมป์ มอเตอร์กำลังไฟ 120 วัตต์ ในตู้เย็นที่มีตัวประกอบกำลังต่ำเท่ากันจะกินไฟ 120 วัตต์ / 0.6 = 200 โวลต์แอมป์

โหลดที่ผิดปกติ แต่มีความสำคัญ คือ โหลดที่เกิดขึ้นเมื่ออุปกรณ์อยู่ในโหมดสแตนด์บาย เช่น เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมใช้พลังงานไฟฟ้าขณะอยู่ในโหมดสแตนด์บาย

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบระบบอีกอย่าง คือ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ซึ่งตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหมายถึงไฟฟ้าจริงที่สามารถใช้จาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น อินเวอร์เตอร์ นอกจากนี้ยังหมายถึงปริมาณพลังงานที่จำเป็นสำหรับการใช้งานโหลดเช่นหลอดไฟ CFL

ตารางที่ 1 การคำนวณความต้องการพลังงานของบ้าน 2 ห้องนอน

โหลด	กำลังไฟฟ้า	จำนวน	กำลังรวม (W)	เวลาใช้งาน	พลังงานแต่ละวัน
1.เครื่องปรับอากาศ	1,200	3	3,600	6	21,600
2.หลอดไฟ	20	10	200	8	1,600
3.ตู้เย็น	120	1	120	8	960
4.ไมโครเวฟ	1,000	1	1,000	0.1	100
5.กาต้มน้ำ	2,000	1	2,000	0.1	200
6.เตารีด	1,500	1	1,500	0.5	750
7.โทรทัศน์ (on)	68	1	68	3	204
พลังงานสแตนด์บาย	5.1	1	5.1	21	107
8.เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (on)	17	1	17	3	51
พลังงานสแตนด์บาย	16	1	16	21	336
9.เครื่องเล่นดีวีดี	15	1	15	2	30
10. โฮมเธียเตอร์	150	1	150	4	600
11.ไดร์เป่าผม	250	1	250	0.2	50
12.พัดลม	70	2	140	4	640
13.หลอดฟลูออเรสเซนต์	30	6	180	5	900
14. คอมพิวเตอร์	20	1	20	5	100
15.เครื่องทำน้ำอุ่น	1,200	2	2,400	0.25	600
รวม					28,953

ตัวอย่าง การคำนวณความต้องการพลังงานรายวันสำหรับโทรทัศน์ สามารถคำนวณได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1) ตรวจสอบการใช้กำลังไฟฟ้าของทีวี (โดยปกติจะอยู่ในแผ่นป้ายที่ด้านหลังของทีวี) ตัวอย่างเช่น อ่านได้ 68 วัตต์

2) สอบถามผู้ใช้งานระบบว่าเขาใช้ทีวีกี่ชั่วโมงต่อวัน ในตัวอย่างของเรานี่คือ 3 ชั่วโมง

3) ความต้องการพลังงานรายวัน (E_{daily}) สำหรับทีวีคือ 68 วัตต์ x 3 ชั่วโมง = 204 วัตต์ชั่วโมง

4) คำนวณพลังงานที่ถูกใช้ในขณะสแตนด์บายของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วย การใช้งานในขณะสแตนด์บายสำหรับทีวีคือ 5.1 วัตต์ เนื่องจากใช้งานได้ 3 ชั่วโมงต่อวัน และเปิดใช้งานสแตนด์บายนาน 21 ชั่วโมงต่อวัน

5.1 วัตต์ × 21 ชั่วโมง = 107.1 วัตต์ชั่วโมง

การใช้พลังงานต่อวันรวมของทีวีคือ 204 วัตต์ชั่วโมง + 107.1 วัตต์ชั่วโมง = 311.1 วัตต์ชั่วโมง

5) ทำซ้ำกับเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภท

5.2.2 การหาขนาดแบตเตอรี่แบงก์

พลังงานทั้งหมดที่ต้องการ จะถูกคำนวณเพื่อคำนวณพลังงานที่จะต้องเก็บไว้ในแบตเตอรี่ แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานเมื่อต้องการ การกำหนดความจุของแบตเตอรี่แบงก์ มีขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดความต้องการพลังงานรายวันของโหลดในระบบ ตัวอย่าง เช่น สำหรับบ้าน 2 ห้องนอน ไม่รวมโหลดมาก ๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ ไมโครเวฟ กาต้มน้ำไฟฟ้า เตารีด และเครื่องทำน้ำอุ่น ตัวอย่างเช่น ค่าความต้องการใช้พลังงานรายวันอยู่ที่ 7,498 วัตต์ชั่วโมง

2) ค่าความต้องการใช้พลังงานรายวันหารด้วยค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์คุณภาพดีอยู่ที่ประมาณร้อยละ 90

$$= \frac{E_{daily}}{0.9}$$

= 7,498 วัตต์ชั่วโมง ÷ 0.9 = 8,331 วัตต์ชั่วโมง

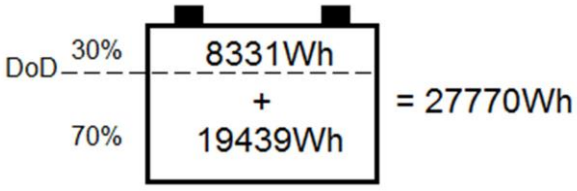
ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (η_{inv}) โดยทั่วไปจะสมมติว่าอินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพ 90 ดังนั้น แบตเตอรี่ที่จะนำมาใช้งานจะต้องให้พลังงานไม่น้อยกว่า 8,331 วัตต์ชั่วโมง

3) การกำหนดความจุพลังงานแบตเตอรี่ หากมีการคายประจุของแบตเตอรี่ร้อยละ 100 ทุกวัน จะส่งผลให้อายุของแบตเตอรี่นั้นสั้นลง เพื่อให้อายุการใช้งานนานขึ้นควรมีการคายประจุแบบลึก (DoD) ไม่เกินร้อยละ 30 ดังนั้นจึงสามารถหาค่าความจุของแบตเตอรี่ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องการ} = \frac{E_{demand}}{0.3}$$

8,331 วัตต์ชั่วโมง ÷ 0.3 = 27,770 วัตต์ชั่วโมง นี่คือ ความจุพลังงานของแบตเตอรี่ ถ้าเราปลดปล่อยความต้องการพลังงานรายวัน 8,331 วัตต์ชั่วโมง จากแบตเตอรี่ นี้แสดงว่า DoD ไม่เกินร้อยละ 30 และเราสามารถใช้งานได้นานถึง 2 ถึง 5 ปีขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 89

ระดับความลึกของคายประจุของแบตเตอรี่ (DoD) เพื่ออายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่ดี อย่าปล่อยให้มีการคายประจุมากกว่าร้อยละ 30 ทุกวัน กล่าวอีกนัยหนึ่งควรมีแบตเตอรี่ไว้อย่างน้อยร้อยละ 70 ของการชาร์จ



รูปที่ 89 ระดับความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องการต่อวัน

ทั้งการออกแบบแรงดันไฟฟ้าของระบบ จะต้องเลือกให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ (ด้าน DC) โดยเราถือว่าระบบแรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ หมายความว่าจะต้องมีแบตเตอรี่ แรงดัน 12 โวลต์ อย่างน้อย 4 ก้อน

การเลือกแรงดันไฟฟ้าของระบบ

ถ้ามีความต้องการพลังงานสูง เรียกว่าอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ กระแสที่ไหลผ่านตัวควบคุมการชาร์จประจุอาจสูงมาก จะเป็นการดีกว่าที่จะปรับแรงดันไฟฟ้าของระบบให้สูงขึ้นเพื่อลดกระแสการชาร์จประจุและค่าใช้จ่ายสำหรับตัวควบคุมการประจุ ดังแสดงในตารางที่ 2 เพื่อตัดสินใจเลือกแรงดันไฟฟ้าของระบบที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน กำลังสูงสุด และแรงดันระบบต่ำสุด

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (kWh/d)	กำลังสูงสุด (kW)	แรงดันระบบต่ำสุด (V)
0-4	0-1	12
2-6	1-2	24
4-12	2-4	48
8+	4-8	60+

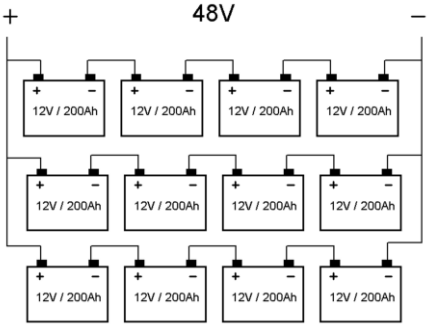
ขนาดแบตเตอรี่ เป็นสิ่งสำคัญที่จะติดตั้งให้มีขนาดใหญ่พอที่จะใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงโดยไม่ต้องชาร์จ ซึ่งในสภาพอากาศที่มีเมฆมากเป็นระยะเวลานานแบตเตอรี่อาจจะจำเป็นที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น และในการเลือกซื้อแบตเตอรี่ ต้องรู้พิกัดแรงดันไฟฟ้าและแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) ของแบตเตอรี่ สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในบ้านแรงดันไฟฟ้ามักจะเป็น 12 โวลต์ 24 โวลต์ หรือ 48 โวลต์

4) ในการกำหนดความจุของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับความต้องการพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าพิกัดของแบตเตอรี่ผู้ผลิตกำหนดในหน่วย แอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) ไม่ใช่วัตต์-ชั่วโมงในการแปลง วัตต์-ชั่วโมงเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง ทำได้โดยการหารค่าวัตต์-ชั่วโมง ด้วยค่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ (ระบบ) แบตเตอรี่แบงก์ที่มีแรงดันไฟฟ้าระบบ 48 โวลต์ ต้องการความจุแบตเตอรี่ 579 แอมแปร์-ชั่วโมง

$$\text{ความจุแบตเตอรี่} = \frac{\text{ความจุพลังงานของแบตเตอรี่ที่ต้องการ}}{\text{แรงดันไฟฟ้าของระบบ}}$$

$$C = \frac{27{,}770\ Wh}{48V} = 579\text{Ah}$$

ซึ่งแบตเตอรี่ที่มีในตลาดมีพิกัดเป็น 12 โวลต์, 200 แอมแปร์-ชั่วโมง ดังนั้นเราต้องใช้แบตเตอรี่ 4 ก้อนเชื่อมต่อแบบอนุกรม (12 โวลต์ × 4 = 48 โวลต์) และขนานกัน 3 กิ่ง (200 แอมแปร์-ชั่วโมง × 3 = 600 แอมแปร์-ชั่วโมง) ดังแสดงในรูปที่ 90



รูปที่ 90 การเชื่อมต่อระบบแบตเตอรี่ขนาด 600 แอมแปร์-ชั่วโมง

5.2.3 การประมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่หาได้

การคำนวณพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ ณ สถานที่ใด ๆ จะอ้างจากชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak Sun Hour, PSH) จะแสดงถึงจำนวนชั่วโมงที่มีค่าแสงแดดดีมากและไม่มีเมฆต่อหนึ่งวัน เช่น 5 PSH คือ โดยเฉลี่ยแล้วพื้นที่นั้นจะมีชั่วโมงที่แดดดีและไม่มีเมฆบดบังเป็นเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน

5.2.4 กำหนดขนาดของอาร์เรย์แสงอาทิตย์

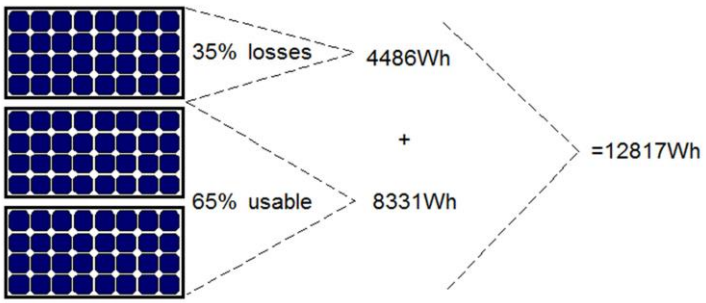
เมื่อทราบถึงความจุพลังงานของแบตเตอรี่ที่ต้องการแล้วจะต้องพิจารณาแผงอาร์เรย์แสงอาทิตย์ให้สามารถชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ได้ที่ SoC 100% ได้ตลอดทั้งวัน ดังนั้นเพื่อกำหนดขนาดที่ต้องการของอาร์เรย์แสงอาทิตย์ สามารถทำตามขั้นตอนได้ ดังนี้

1) แบ่งความต้องการพลังงานรายวันตามอัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ความต้องการพลังงาน คือ ความต้องการใช้พลังงานของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายรวมถึงประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

ตัวอย่างเช่น บ้าน 2 ห้องนอน คือ 8,331 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน และมีอัตราส่วนสรรถนะเป็นร้อยละ 65

จะได้ 8,331 วัตต์ชั่วโมง ÷ 0.65 = 12,817 วัตต์ชั่วโมง

12,817 วัตต์ชั่วโมง เป็นความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์ นี่คือพลังงานที่แสงอาทิตย์ต้องผลิตภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 91 อัตราส่วนสมรรถนะ ในความเป็นจริง พิกัดต่าง ๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตกำหนด พลังงานที่ผลิตได้อาจจะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่ร้อน และฝุ่นบนแผงและเนื่องจากความต้านทานสายไฟ ภายใต้เงื่อนไขที่เกิดขึ้นจริงแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานออกมาประมาณร้อยละ 65 เท่านั้น แผนผังการคำนวณ



รูปที่ 91 แผนผังการคำนวณ

2) หาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการหารค่าพลังงานข้างต้นด้วยค่า PSH ที่เหมาะสมสำหรับตำแหน่งที่ติดตั้งแผง

ตัวอย่าง บ้านแบบ 2 ห้องนอนและสมมติว่าตำแหน่งสำหรับการติดตั้งอยู่ในที่ที่มีค่า PSH = 4.5

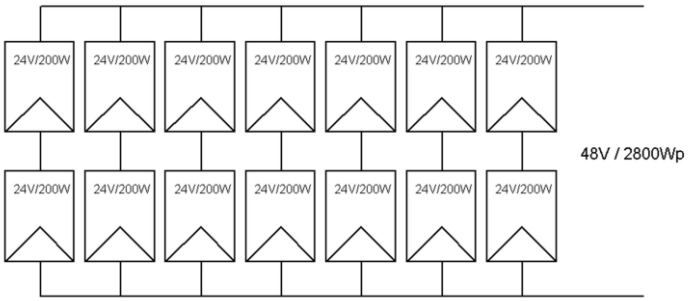
$$\text{ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์} = \frac{12{,}817\ Wh}{4.5\ h}$$

$$= 2{,}848\ W_p$$

3) การเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อรู้ขนาดที่ต้องการของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ต้องกำหนดจำนวนและประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการ ในตัวอย่าง ถ้าเรามีแบตเตอรี่แบงก์ขนาด 48 โวลต์ เราต้องการแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แผง ที่มีแรงดัน 24 โวลต์ ต่ออนุกรม สมมติว่ามีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 200 W_P แต่ละแผงที่มีแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ ดังนั้นสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{แผงเซลล์แสงอาทิตย์} = \frac{2{,}848\ Wh}{200\ W_p} = 14.24 \text{ แผง}$$

การปัดเศษเป็นจำนวนเต็มที่ใกล้ที่สุดคุณจะต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 200 W_P จำนวน 14 แผง สำหรับระบบนี้ เซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 92



รูปที่ 92 จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้ง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี 36 เซลล์ มีแรงดันไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 17 โวลต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เหล่านี้สามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าระบุของแผงประเภทนี้ คือ 12 โวลต์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี 72 เซลล์ มีแรงดันไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 34 โวลต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เหล่านี้สามารถใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ 24 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของแผงประเภทนี้ คือ 24 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดหมายถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่จะนำมาใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ผลิตขึ้นในแรงดันไฟฟ้าปกติทั้ง 12 โวลต์ หรือ 24 โวลต์ วิธีที่ง่ายที่สุดในการกำหนดแรงดัน ไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ ดูที่ฉลากด้านหลังของแผงหากแรงดัน ไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{OC}) มากกว่า 12 โวลต์ แต่น้อยกว่า 24 โวลต์ แรงดันที่กำหนดคือ 12 โวลต์ ในทำนองเดียวกันหากแรงดัน ไฟฟ้าวงจร (V_{OC}) มากกว่า 24 โวลต์ แต่น้อยกว่า 48 โวลต์ แรงดันไฟฟ้า ที่กำหนด คือ 24 โวลต์

5.2.5 กำหนดขนาดตัวควบคุมการชาร์จ

ตัวควบคุมการชาร์จประจุติดตั้งอยู่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับโหลด และเนื่องจากแสงแดดที่แรงในช่วงเวลาสั้นๆ จึงจำเป็นต้องมีระบบการจัดการกระแสสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอาจทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตเอาต์พุตได้มากกว่าร้อยละ 20 จากระดับพลังงานสูงสุด ในการกำหนดขนาดของตัวควบคุมการชาร์จประจุสำหรับระบบ ต้องตรวจสอบพิกัดกระแสสูงสุดตามแผ่นข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือใช้การคำนวณ ดังนี้

$$\text{ขนาดของตัวควบคุมการชาร์จประจุ} = \frac{\text{ขนาดอาร์เรย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)}}{\text{แรงดันที่ทำให้เกิดกำลังสูงสุดของอาร์เรย์}} \times 1.2$$

เช่น แรงดันที่ทำให้เกิดกำลังสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 24 โวลต์ มีค่าประมาณ 35 โวลต์ ข้อมูลนี้กำหนดอยู่ในฉลากหรือเขียนไว้ในแผ่นข้อมูล แรงดันที่ทำให้เกิดกำลังสูงสุดของอาร์เรย์ คือผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดกำลังสูงสุดที่ต่ออนุกรมกันอยู่

ตัวอย่างเช่นระบบเรามีแผงขนาด 24 โวลต์ จำนวน 2 แผงต่อแบบอนุกรมดังนั้นแรงดันทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด = 2×35 โวลต์ = 70 โวลต์

ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W_p) = 14 x 200 W_p

= 2800 W_p

ดังนั้น ขนาดตัวควบคุมชาร์จประจุที่ต้องการ = (2,800 W_p) / 70 V x 1.2

= 48 A

จะต้องเลือกตัวควบคุมการชาร์จประจุที่มีพิกัด 48 แอมป์ ขนาดที่ใกล้เคียงที่สุดในตลาดคือตัวควบคุมการชาร์จประจุ 50 แอมป์

ในกำหนดขนาดตัวควบคุมการชาร์จประจุปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาคือพิกัดกระแส ตัวควบคุมการชาร์จประจุจะถูกกำหนดพิกัด ตามกระแสไฟฟ้าขาเข้าสูงสุดขนาด 10 แอมป์ 20 แอมป์ 30 แอมป์ และ 40 แอมป์ ฯลฯ ตัวควบคุมการชาร์จประจุอาจจะทำงานที่แรงดันไฟฟ้าหลายตัว (12 โวลต์ และ 24 โวลต์) แต่กระแสไฟฟ้าสูงสุดจะถูกกำหนดและไม่ขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า

5.2.6 การเลือกอินเวอร์เตอร์

การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ให้พิจารณา ดังต่อไปนี้

1) แรงดันขาออก ตรวจสอบให้แน่ใจว่าแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ที่เลือกนั้นเหมาะสมกับการใช้งานตามมาตรฐานที่ 220 โวลต์ ถึง 240 โวลต์

2) สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องตามความต้องการพลังงาน ที่คำนวณได้ พิจารณาว่าโหลดใดจะทำงานพร้อมกัน ควรพิจารณาเกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้และตรวจสอบให้แน่ใจว่าอินเวอร์เตอร์ที่เลือกสามารถตอบสนองความต้องการเหล่านั้นได้

3) มีความสามารถในการจัดการการเกิดไฟฟ้ากระชากของโหลด เช่น ตู้เย็นจะสร้างกระแสไฟกระชากในระหว่างการใช้งาน ต้องพิจารณาสิ่งนี้เมื่อเลือกอินเวอร์เตอร์ อย่างไรก็ตามอินเวอร์เตอร์ส่วนใหญ่สามารถรองรับกำลังไฟที่สูงกว่า 2 ถึง 3 เท่าของพิกัดกำลังหากไม่เกิน 0.5 ถึง 2 วินาที

4) เมื่อเลือกอินเวอร์เตอร์ให้พิจารณาเสมอว่าอาจจะมีการเพิ่มโหลดใหม่เข้าสู่ระบบ โดยสมมติว่ามีการดึงพลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 20

ตัวอย่างเช่น บ้าน 2 ห้องนอน มีกำลังไฟทั้งหมดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ไม่รวมเครื่องปรับอากาศ ไมโครเวฟ เครื่องทำน้ำอุ่น กาต้มน้ำไฟฟ้าและเตารีดไฟฟ้า คือ 1,181 วัตต์

บนพื้นฐานที่ว่าอินเวอร์เตอร์ไม่ควรทำงานอย่างต่อเนื่องตามขีดจำกัด ดังนั้นควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่สามารถรองรับการจ่ายพลังงานอย่างต่อเนื่อง ควรมีพิกัดของพลังงานมากกว่าที่ต้องการร้อยละ 120 สามารถคำนวณได้จาก

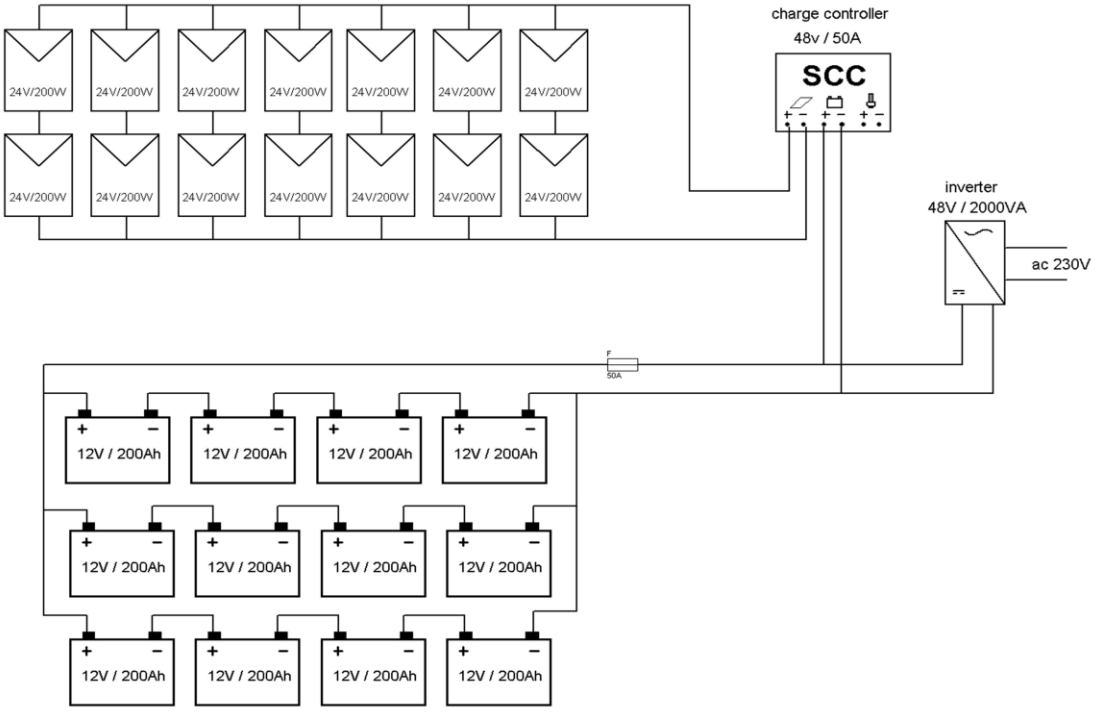
กำลังไฟฟ้าทั้งหมด = 1,181 W x 1.2

= 1,417 W

ไม่ควรใช้อินเวอร์เตอร์ที่มีขนาดใหญ่เกินไป เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะทำงานที่จุดต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของมัน ดังนั้นอินเวอร์เตอร์จะทำงานด้วยประสิทธิภาพต่ำมากและจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นด้วย เมื่อเลือกอินเวอร์เตอร์โปรดจำไว้ว่าอินเวอร์เตอร์กำหนดพิกัดเป็น โวลต์-แอมป์ (VA) และควรแปลงพิกัดเป็นวัตต์ (W) ทำได้โดยการหารพิกัดกำลังเนื่องด้วยร้อยละ 80 ดังนั้นสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{ขนาดอินเวอร์เตอร์ที่ต้องการ} = \frac{1{,}417\ \text{W}}{0.8} = 1{,}772\ \text{VA}$$

ดังนั้น เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีพิกัดใกล้เคียงที่สุดนี่จะเป็นอินเวอร์เตอร์ 2 กิโลวัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 93



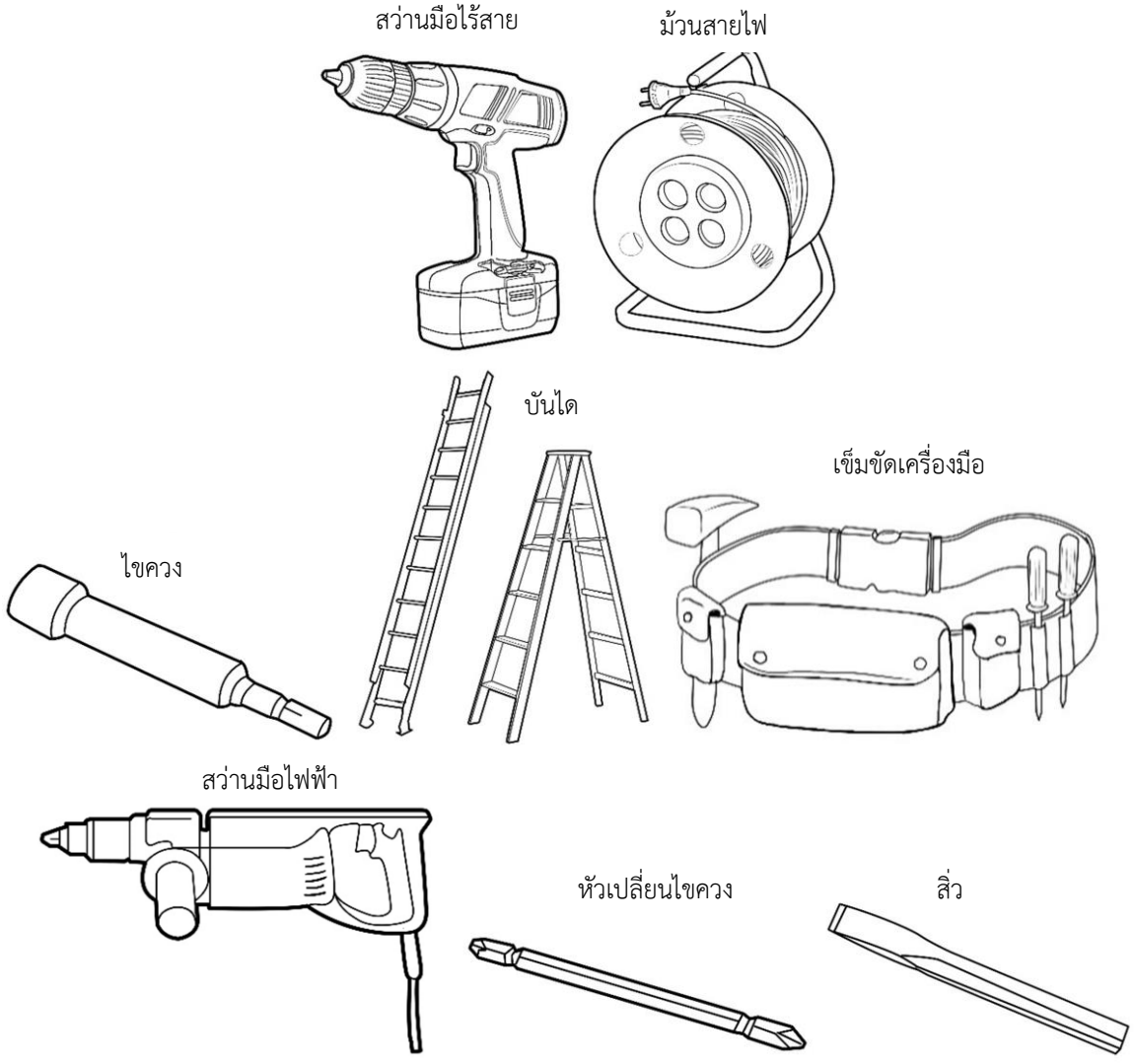
รูปที่ 93 ผังระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

บทที่ 6
การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 kW_p

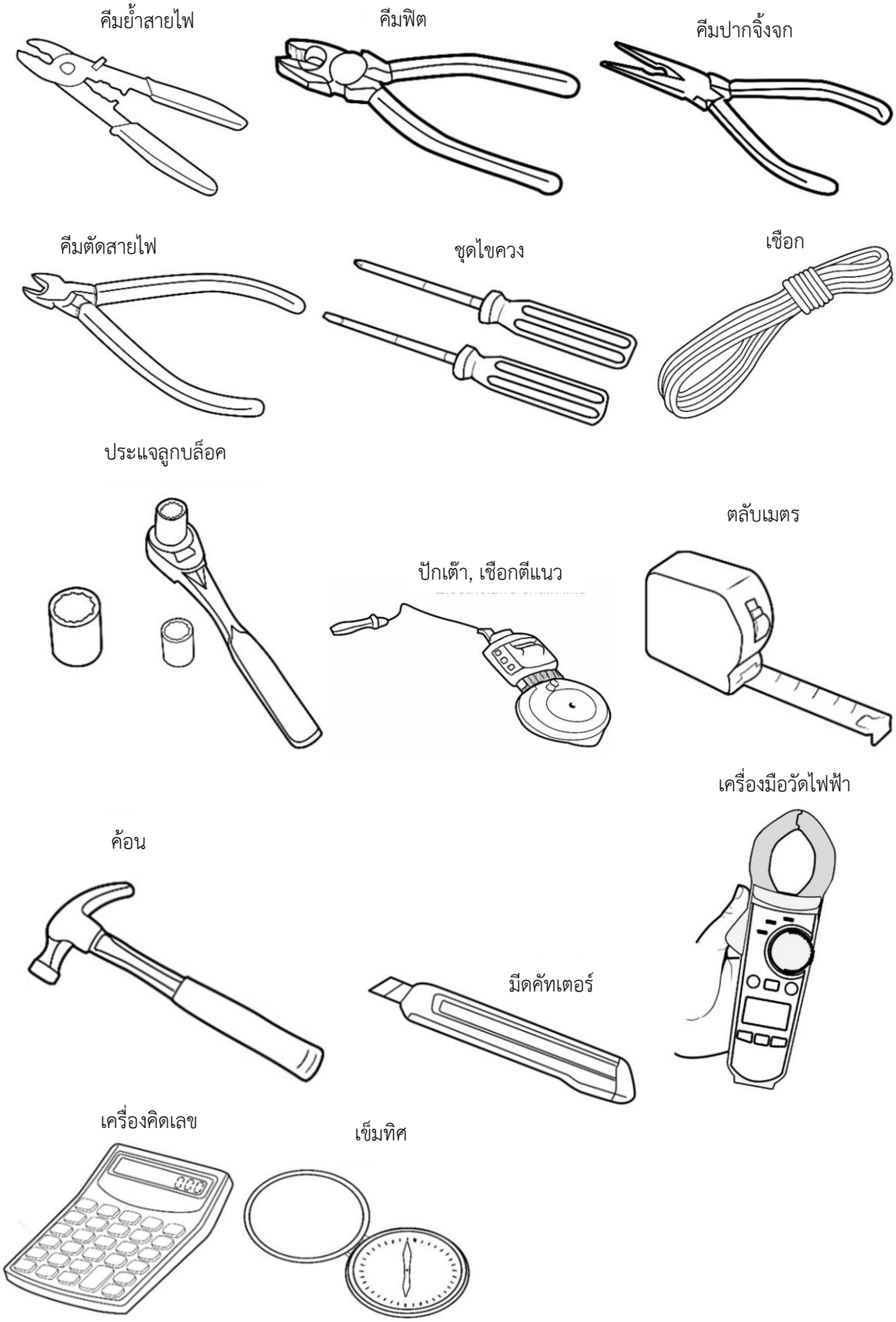
ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องอ่านคู่มือก่อนปฏิบัติงานเสมอ ความเสียหายส่วนใหญ่ที่เกิดกับอุปกรณ์ในระหว่างการติดตั้งหรือการใช้งาน อาจจะเกิดขึ้นเพราะช่างหรือผู้ปฏิบัติงานอ่านคู่มือไม่เข้าใจ เครื่องควบคุมการชาร์จประจุและอินเวอร์เตอร์ทุกตัวมีฟังก์ชั่นการทำงานที่ต่างกัน สวิตช์ ไฟแสดงสถานะ และขั้วต่อที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะต้องศึกษาก่อนที่จะเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะตัวควบคุมการชาร์จประจุนั้นจำเป็นต้องใช้ขั้นตอนการตั้งค่าเฉพาะเพื่อประสิทธิภาพของระบบที่ดีที่สุด ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งระบบ

ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีเครื่องมือต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือสำหรับช่างทั่วไป เช่น ไขควง ประแจ และสว่าน เป็นต้น อุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ เช่น มัลติมิเตอร์ และเข็มทิศ เป็นต้น และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ในการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 94 และ 95



รูปที่ 94 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 95 อุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ)

6.2 พื้นที่ติดตั้งที่เหมาะสม

แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งบนพื้นที่ที่แตกต่างและหลากหลาย อย่างไรก็ตามโดยส่วนใหญ่ระบบจะถูกติดตั้งบนเสา หลังคา หรือพื้นดิน

6.2.1 เสาเดี่ยว

การติดตั้งแบบเสาเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 96 ปกติจะเลือกสำหรับระบบขนาดเล็ก เช่น ระบบถนนและสัญญาณไฟจราจร

ข้อดี ป้องกันการโจรกรรมได้ดี

ข้อเสีย ทำความสะอาดยาก

รูปที่ 96 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนเสาเดี่ยว

6.2.2 บนหลังคา

การติดตั้งบนหลังคามักใช้ในกรณีเมื่อมีพื้นที่จำกัด ดังแสดงในรูปที่ 97 โดยทางเลือกนี้เป็นการประหยัดพื้นที่ติดตั้ง ป้องกันการโจรกรรมที่ดี แต่อย่างไรก็ตามในการดูแลรักษาและทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำได้ยาก

ข้อดี ประหยัดพื้นที่และป้องกันการโจรกรรมได้ดี

ข้อเสีย ขึ้นอยู่กับการออกแบบหลังคา และยากที่จะติดตั้งและทำความสะอาด

รูปที่ 97 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่บนหลังคาแหลม

6.2.3 บนพื้นผิวเรียบหรือพื้นดิน

การติดตั้งบนพื้นดินมักจะใช้เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่มาก และมีพื้นที่ในการติดตั้งมาก ดังแสดงในรูปที่ 98 เทคนิคการติดตั้งบนพื้นสามารถใช้เมื่อติดตั้งบนพื้นราบ ผิวคอนกรีตที่เรียบ

รูปที่ 98 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนพื้นดิน

ข้อดี ติดตั้งและทำความสะอาดง่าย

ข้อเสีย ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากและการป้องกันการโจรกรรมไม่ดี

6.3 การติดตั้งแบตเตอรี่

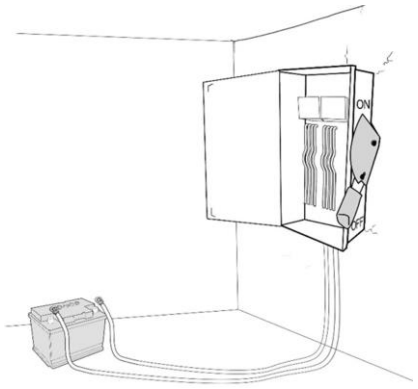
ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่อันตายที่สุด คือ การติดตั้งระบบแบตเตอรี่ ผู้ปฏิบัติงานหรือช่างควรต้องใช้ความระมัดระวัง และข้อควรพิจารณา ในการติดตั้งแบตเตอรี่ ดังต่อไปนี้

1) ควรใช้ความระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดประกายไฟที่บริเวณใกล้กับขั้วแบตเตอรี่

2) เปิดวงจรสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อกระแสตรงหลักจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เสมอ เพื่อตัดการเชื่อมต่อระหว่างแบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์ก่อนที่จะปฏิบัติงานกับแบตเตอรี่แบงก์ ดังแสดงในรูปที่ 99

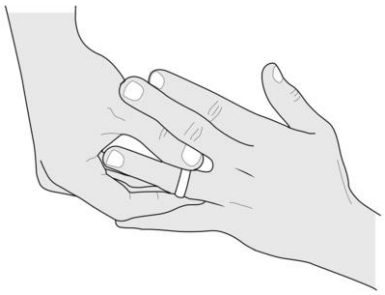
รูปที่ 99 การตัดวงจรออกจากแบตเตอรี่แบงก์ 24 โวลต์

3) สถานที่ติดตั้งแบตเตอรี่แบงก์ควรมีการการระบายอากาศสำหรับแบตเตอรี่แบงก์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้แบตเตอรี่ชนิดน้ำแบบตะกั่วกรด ดังแสดงในรูปที่ 100



รูปที่ 100 สถานที่ติดตั้งควรมีอากาศถ่ายเทสะดวก

4) แบตเตอรี่แบงก์สามารถมีแรงดันและกระแสไฟฟ้าสูงมาก เครื่องมือ และเครื่องประดับที่เป็นโลหะสามารถทำให้เกิดการอาร์คที่แบตเตอรี่ได้และอาจนำไปสู่การเกิดไฟไหม้รุนแรงหรือการระเบิดของแบตเตอรี่ได้ ผู้ปฏิบัติงานควรถอดเครื่องประดับออกและใช้เครื่องมือที่เหมาะสมเมื่อทำงานกับแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 101



รูปที่ 101 ถอดแหวนออกก่อนปฏิบัติงาน

5) สวมอุปกรณ์ป้องกันดวงตาเสมอเมื่อทำงานกับแบตเตอรี่กรด-ตะกั่ว ดังแสดงในรูปที่ 102

รูปที่ 102 ปกป้องดวงตาด้วยการสวมแว่นตานิรภัย

6) กระแสที่สายไฟของแบตเตอรี่อาจสูงมากในระหว่างการทำงานปกติ ควรเลือกขนาดสายไฟและขั้วต่อให้ถูกต้องเพื่อเชื่อมต่อแบตเตอรี่ แนะนำให้ใช้สายเคเบิลที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 16 ตารางมิลลิเมตร เพื่อเชื่อมต่อแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 103 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่ไม่ดี ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม เกิดความร้อนและประกายไฟ ประกายไฟจะทำลายขั้วต่อแบตเตอรี่อย่างรวดเร็ว

รูปที่ 103 การเชื่อมต่อไม่ดี (ซ้าย), การเชื่อมต่อที่ดี (ขวา) ที่บริเวณขั้วต่อของแบตเตอรี่

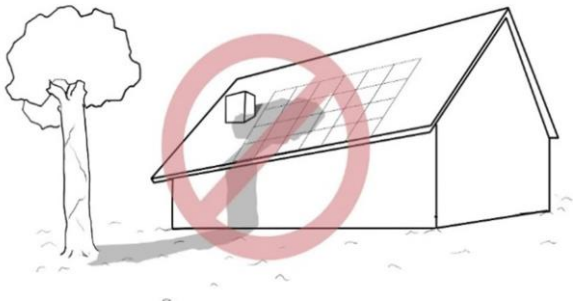
7) การลัดวงจรที่ขั้วแบตเตอรี่อาจส่งผลอย่างมาก แบตเตอรี่จะปล่อยพลังงานออกมาจำนวนมาก ทำให้เกิดประกายไฟที่รุนแรง แบตเตอรี่จะต้องมีการปกป้องจากการตกหล่นและผลกระทบทางกลอื่น ๆ สถานที่ติดตั้งจะต้องทำให้มีอากาศไหลเวียนเนื่องจากแบตเตอรี่จะอุ่นขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 104

รูปที่ 104 แบตเตอรี่ที่ได้รับการป้องกันในช่องใส่แบตเตอรี่

6.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

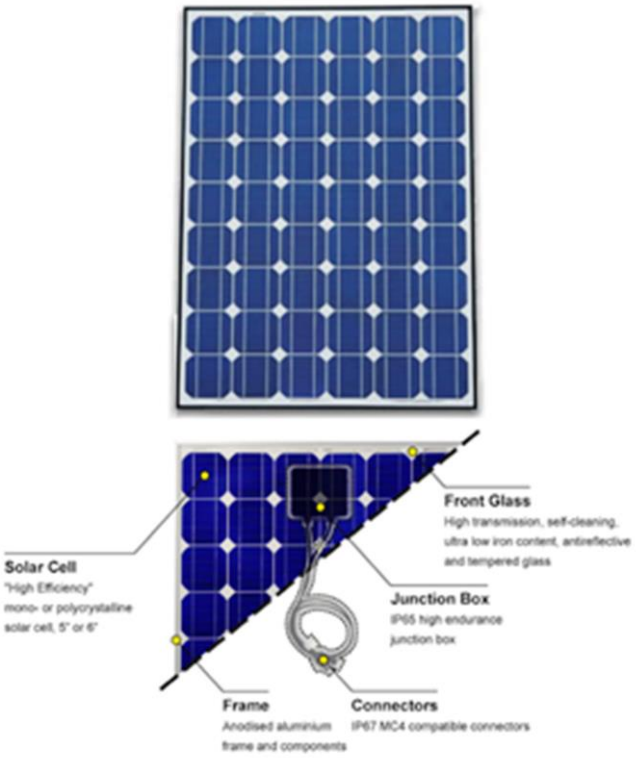
ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีข้อควรพิจารณา ดังนี้

1) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีต้นไม้ เสา อาคารสูง ปล่องไฟ หรือโครงสร้างทางธรรมชาติ หรือสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้นทำเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แม้แต่เงาเล็กเพียงเล็กน้อย ก็อาจเกิดผลกระทบต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงอย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 105 ดังนั้นจึงต้องติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบริเวณที่ได้รับปริมาณแสงแดดเท่ากันตลอดทั้งวัน และต้องไม่มีสิ่งกีดขวางตามแนวการติดตั้ง (ธรรมชาติ หรือที่มนุษย์สร้างขึ้น) ที่จะทำให้เกิดเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 105 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีเงาบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2) การเคลื่อนย้ายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 106 ต้องใช้ความระมัดระวัง เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักจะมีกรอบอลูมิเนียมและถูกปิดด้วยกระจกที่แข็งแกร่งและสามารถทนต่อผลการตกของลูกเห็บได้ อย่างไรก็ตามต้องใช้ความระมัดระวังเมื่อมีการเคลื่อนย้ายหรือยกโมดูล โดยปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้



รูปที่ 106 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมชิ้นส่วนต่าง ๆ

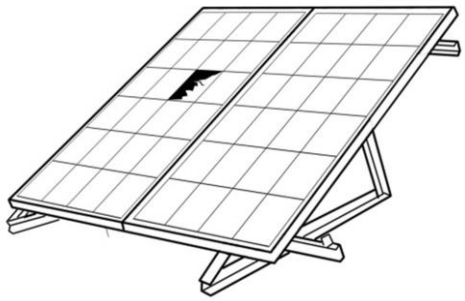
- ควรขนย้ายโมดูลในบรรจุภัณฑ์เดิมจนกว่าจะทำการติดตั้ง เพื่อป้องกันความเสียหายต่อโมดูล ดังแสดงในรูปที่ 107

รูปที่ 107 ขนส่งโมดูลในบรรจุภัณฑ์เดิมเสมอ

- เลือกรูปแบบการขนส่งและการติดตั้งที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้โมดูลเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 108

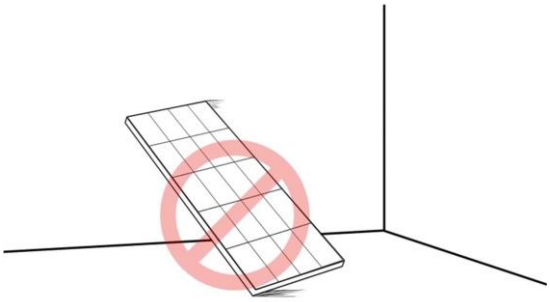
รูปที่ 108 การขนส่งและการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้โมดูลเสียหาย

- ห่อหุ้มโมดูลด้วยวัสดุที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายจากการกระแทกหรือกระทบที่ด้านหลังของของโมดูล
- เมื่อเซลล์หนึ่งเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดจะไม่สามารถใช้งานได้ และไม่ควรนำมาติดตั้งในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 109



รูปที่ 109 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตก ไม่ควรนำมาติดตั้งในระบบ

- เก็บแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในที่แห้งและเย็น
- ปกป้องแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากทำให้เกิดรอยขีดข่วน
- อย่าวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้โดยไม่มีการป้องกันที่ขอบแผง เนื่องจากอาจทำให้กรอบเสียหายได้ ดังแสดงในรูปที่ 110

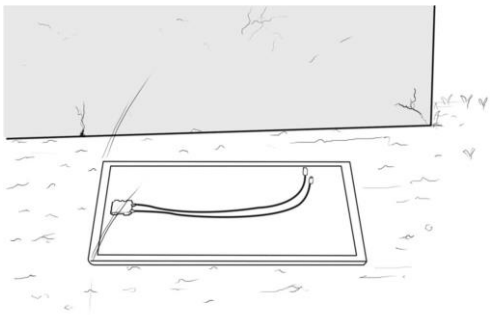


รูปที่ 110 อย่าวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้โดยไม่มีการป้องกันที่ขอบ

- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้เกิดการโค้งงอตามน้ำหนักของตัวเอง
- ห้ามเคลื่อนย้ายหรือยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สายเคเบิลผูกกับกล่องต่อสาย ดังแสดงในรูปที่ 111

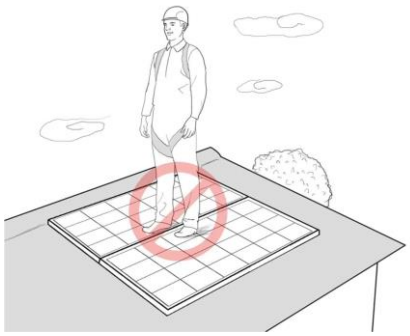
รูปที่ 111 ห้ามเคลื่อนย้ายหรือยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สายเคเบิลจากกล่องต่อสาย

- อย่าวางคว่ำด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงบนพื้นผิวใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 112



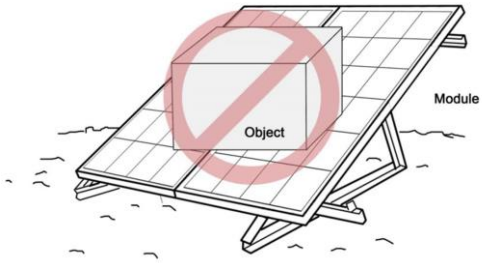
รูปที่ 112 อย่าวางคว่ำหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงบนพื้นผิวใด ๆ

- อย่าให้หน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดความเครียดทางกล (ความเครียดทางกล เกิดจากแรงมากระทำต่อเนื้อวัสดุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดและรูปร่าง)
- อย่ายืนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 113



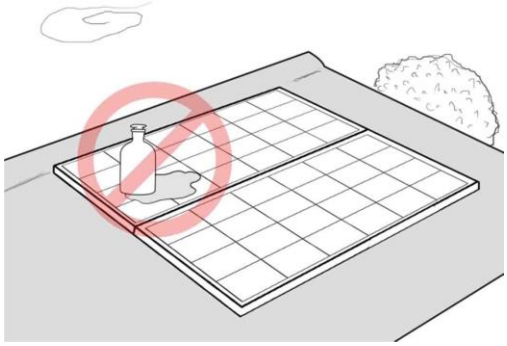
รูปที่ 113 อย่ายืนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- อย่าให้ของตกใส่ หรือวางวัตถุบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 114



รูปที่ 114 อย่าให้ของตกใส่ หรือวางวัตถุบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- อย่าให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกสารเคมี ดังแสดงในรูปที่ 115

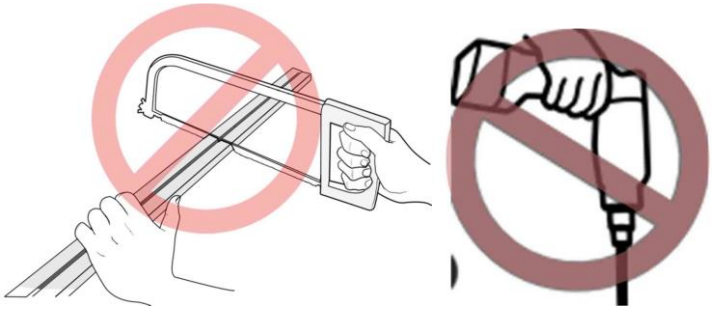


รูปที่ 115 อย่าให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกสารเคมี

- ห้ามนำหรือทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แช่ในของเหลว
- อย่าติดตั้งโมดูลในขณะฝนตก ดังแสดงในรูปที่ 116

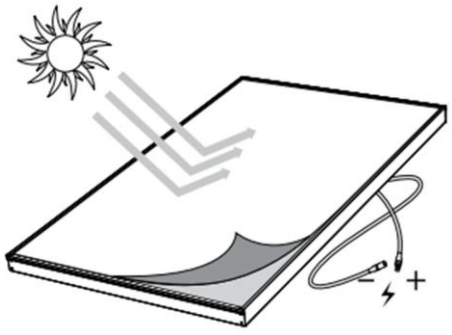
รูปที่ 116 อย่าติดตั้งโมดูลในขณะฝนตก

- อย่าเจาะรูในเฟรม อย่าตัดหรือดัดแปลงชิ้นส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่มีความจำเป็น ดังแสดงในรูปที่ 117



รูปที่ 117 อย่าเจาะรูในเฟรม อย่าตัดหรือดัดแปลงชิ้นส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

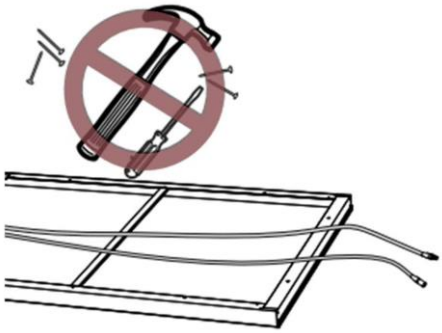
- คลุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวัสดุทึบแสงเมื่อปฏิบัติงานติดตั้งหรือเดินสายไฟเพื่อหยุดการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 118



รูปที่ 118 คลุมโมดูลพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างการติดตั้ง (กลางวัน) ถึง ลดความเสี่ยงของการช็อก

- อย่าใช้สารเคมีทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- อย่าสวมใส่เครื่องประดับที่เป็นโลหะซึ่งอาจทำให้เกิดไฟฟ้าช็อตได้

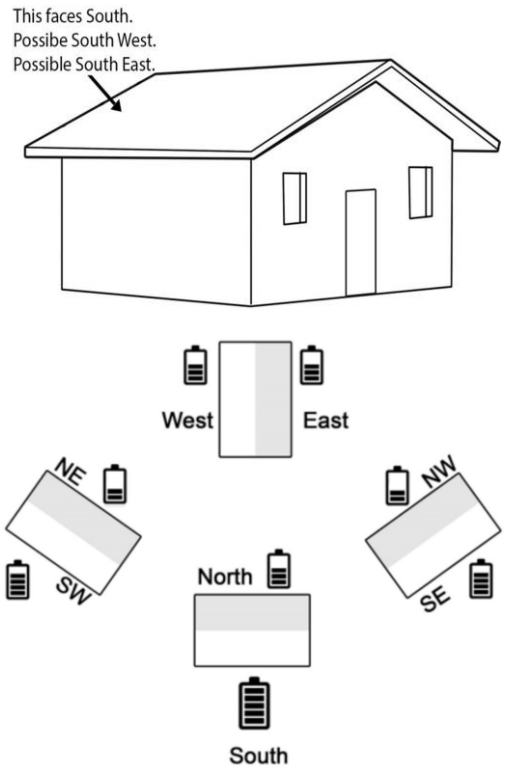
- อย่าสัมผัสหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าของสายเคเบิล ดังแสดงในรูปที่ 119



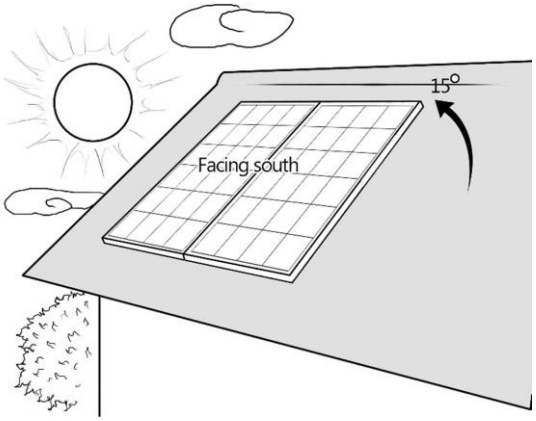
รูปที่ 119 นำวัตถุแปลกปลอมให้ห่างจากผิวด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3) การวางตำแหน่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้ปฏิบัติงานหรือช่างจะต้องพิจารณา ดังต่อไปนี้

ทิศทางการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าขาออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดเมื่อแผงหันเข้าหาดวงอาทิตย์โดยตรง และเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทยให้วางแผงหันไปทางทิศใต้เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 120 โดยมุมเอียงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ 15 องศา ดังแสดงในรูปที่ 121 ทิศทางการวางแนวแผงที่ไม่เหมาะสม (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก) ส่งผลให้ลดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากถึงร้อยละ 35



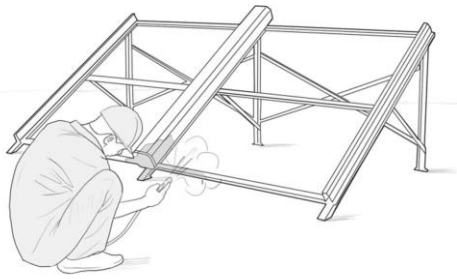
รูปที่ 120 ทิศในการวางแนวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 121 แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้และทำมุมอยู่ที่ 15 องศา

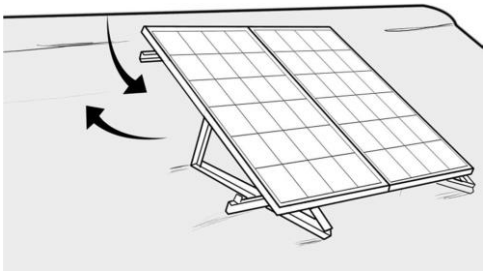
4) การติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการใช้วัสดุยึดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ปฏิบัติตามกฎ ดังนี้

- เลือกวัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อน และทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (UV)
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าวัสดุที่ติดตั้ง มีการเคลือบสีป้องกันสนิม หรือชุบสังกะสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิม ดังแสดงในรูปที่ 122



รูปที่ 122 วัสดุยึดควรทำจากอลูมิเนียม (โดยเฉพาะ) หรือเคลือบด้วยสีป้องกันสนิม

- เมื่อทำการติดตั้งแผง ตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีที่ระบายอากาศด้านหลังเพียงพอ ในระหว่างการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะร้อนมาก ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องมีพื้นที่สำหรับอากาศไหลเวียนใต้แผง ดังแสดงในรูปที่ 123



รูปที่ 123 การระบายอากาศด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพียงพอ

- เลือกวัสดุยึดที่สามารถขยายตัวและหดตัวโดยปราศจากความเครียดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมตามธรรมชาติ

นอกจากนี้ ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำตามคำแนะนำด้านความปลอดภัย ดังนี้

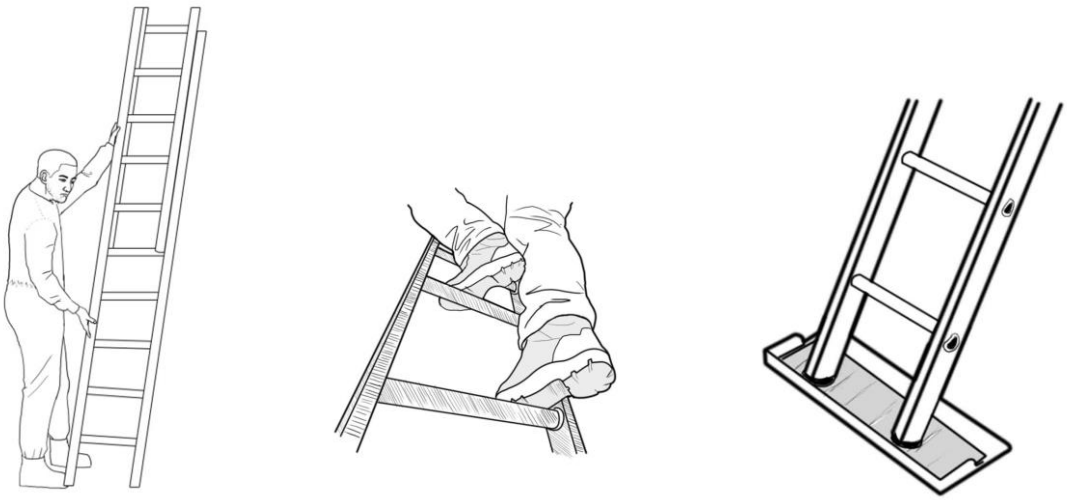
- สวมใส่ชุดทำงานและอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม โดยเป็นชุดทำงานสำหรับร่างกายส่วนบนและส่วนล่างควรพอดีและช่วยให้คุณเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 124

รูปที่ 124 ชุดป้องกันที่เหมาะสม

- สวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 125 ตัวอย่างเช่น
  - ใส่หมวกป้องกันการกระแทกเมื่อทำงานในพื้นที่ที่อาจจะมีวัตถุตก
  - ใส่ถุงมือหุ้มฉนวนสำหรับทำงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า
  - ใส่รองเท้าบูทหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันจากการถูกไฟฟ้าช็อต
  - แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อมีแสงอาทิตย์ ดังนั้น จะต้องสวมถุงมือฉนวนเมื่อทำงานกับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า

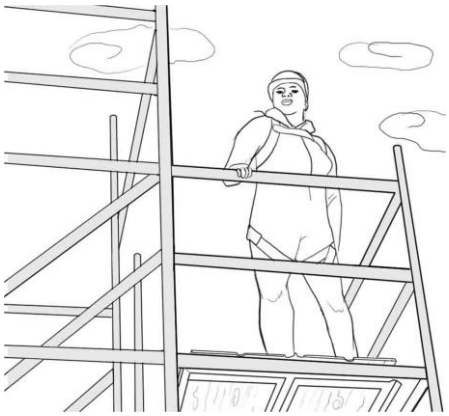
รูปที่ 125 อุปกรณ์ป้องกัน

- ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในการปีนขึ้นและลงบันไดและบันได ดังแสดงในรูปที่ 126
  - ก่อนใช้ควรตรวจสอบบันไดเพื่อให้แน่ใจว่าอยู่ในสภาพดี
  - ใช้บันไดด้วยขั้นบันไดที่กว้างพอที่จะงานได้อย่างปลอดภัย
  - เลือกจุดที่ปลอดภัยเพื่อยึดเป็นหลักบันได
  - ทำงานกับเพื่อนร่วมงานเสมอ คนหนึ่งควรจับบันไดให้มั่นคง
  - เมื่อใช้บันไดแบบ 2 ท่อนให้ยึดด้วยเชือกเพื่อป้องกันจากการเลื่อนด้านข้าง

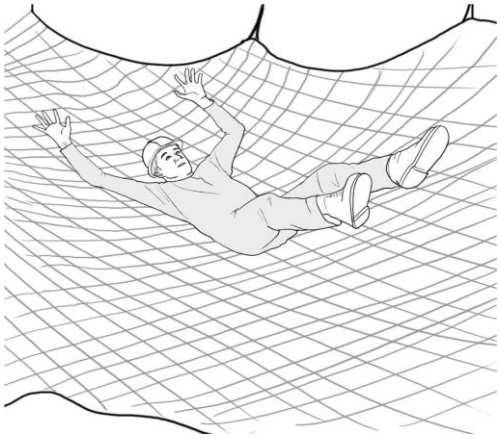


รูปที่ 126 ตรวจสอบบันไดเสมอและใช้บันไดที่มีขั้นกว้างพอที่จะงานได้อย่างปลอดภัย

- เมื่อทำงานในที่สูง ควรสวมสายรัดนิรภัยและใช้นั่งร้าน
  - เมื่อทำงานบนพื้นที่ที่มีความสูง 2 เมตรขึ้นไป ให้ใช้นั่งร้านหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าแท่นที่ปฏิบัติมีเสถียรภาพ
  - นั่งร้านที่ใช้ปฏิบัติงานควรได้รับการออกแบบและสร้างโดยผู้ผลิตอย่างมีมาตรฐาน
  - กรณีที่ไม่สามารถสร้างแท่นทำงานที่มั่นคงได้ ให้ติดตั้งตาข่ายนิรภัยหรือสวมสายรัดนิรภัยและใช้มาตรการป้องกันอื่น ๆ เพื่อป้องกันการตกจากที่สูง
  - ยึดสายรัดนิรภัยอย่างแน่นหนาและตรวจสอบว่าความยาวของสายควรยาวอย่างน้อย 2 เมตร
- ติดตั้งราวกันตกและสิ่งปกปิด
  - ที่บริเวณทำงานที่มีช่องเปิดและที่อื่น ๆ ที่เป็นอันตราย ให้ติดตั้งราวกันตกหรือฝาปิดที่มีความสูง 3 เมตรหรือสูงกว่าจากพื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 127
  - เมื่อยากที่จะติดตั้งราวกันตกหรือฝาครอบ หรือเมื่อต้องถอดออกเพื่อทำงานในสถานที่นั้น ให้ติดตั้งตาข่ายนิรภัย สวมสายรัดและใช้มาตรการอื่น ๆ เพื่อป้องกันการตก ดังแสดงในรูปที่ 128



รูปที่ 127 ติดตั้งราวกันตกบริเวณนั่งร้าน

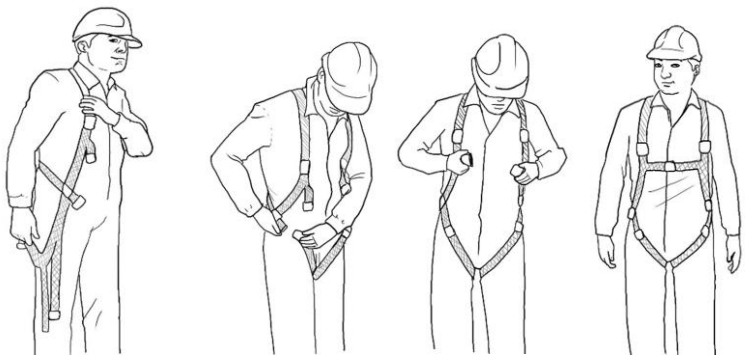


รูปที่ 128 ติดตั้งตาข่ายนิรภัย

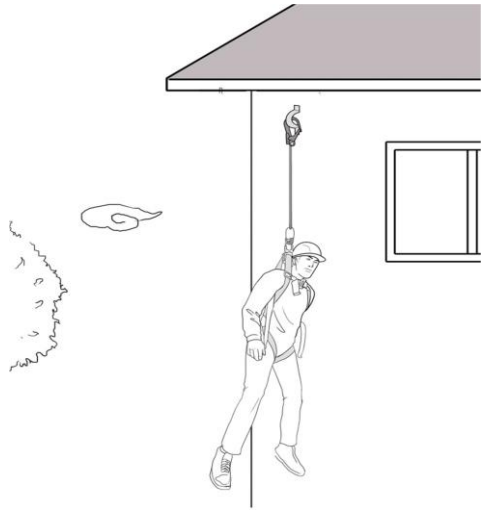
- การป้องกันวัตถุตก

  - ในกรณีที่มีการโยนวัตถุมาจากระดับความสูง 1.8 เมตร หรือมากกว่า ให้มีบุคคลที่ทำหน้าที่ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีใครได้รับอันตรายและเตือนผู้อื่นเกี่ยวกับวัตถุที่ตกลงมา
  - ป้องกันบุคคลที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานเข้ามาในพื้นที่ทำงาน
  - จัดเก็บเครื่องมือและวัสดุอย่างเรียบร้อยและปลอดภัยด้วยเชือกหรือใช้ถุงหรือมาตรการอื่น ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้วัตถุตกลงมา
  - สายรัดร่างกายใช้สำหรับป้องกัน การตกหล่นขณะทำงานในที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 129 และรูปที่ 130 เมื่อใช้สายรัดร่างกายจะต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

  1. สายรัดต้องยึดให้แน่นกับตะขอ ซึ่งยึดไว้กับพื้นผิวที่มั่นคง เช่น ผนังคอนกรีต หรือเพดาน
  2. ตรวจสอบว่าตะขอทั้งหมดทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และไม่มีสนิมบนชิ้นส่วนโลหะใด ๆ
  3. สายชูชีพที่เชื่อมต่อกับสายรัดร่างกายต้องมั่นใจว่า ในกรณีที่เกิดการตก ผู้สวมใส่สายรัดร่างกาย จะได้รับการป้องกันอย่างจากการกระแทกกับพื้น
  4. ถ้าสายรัดนิรภัยชำรุด ควรเปลี่ยนด้วยสายรัดใหม่



รูปที่ 129 การใส่สายรัดนิรภัย



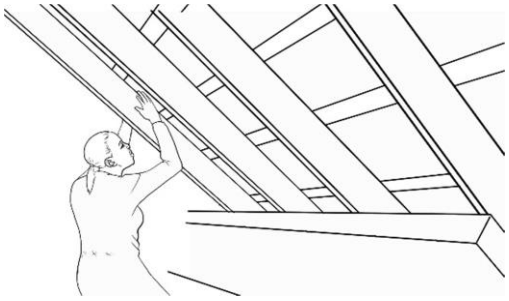
รูปที่ 130 สายรัดนิรภัยความยาวของสายชูชีพ คือ 2 เมตร หรือน้อยกว่า

6.5 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

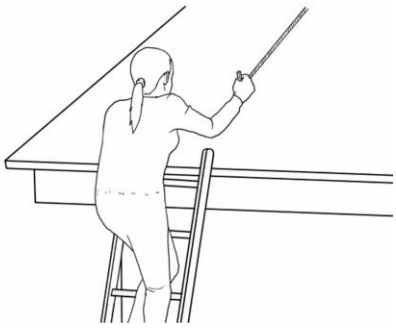
6.5.1 เตรียมหลังคาสำหรับการติดตั้ง

1) ค้นหาจันทันหรือโครงถักที่ด้านในของหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 131



รูปที่ 131 ค้นหาจันทันหรือโครงถัก

2) หาตำแหน่งติดตั้งและวัดตำแหน่งของจันทันในห้องใต้หลังคาหรือที่ชายคาด้านนอก และจดจำตำแหน่งเพื่อระบุตำแหน่งไปยังหลังคาด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 132

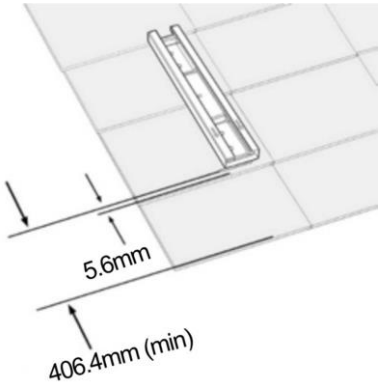


รูปที่ 132 หาตำแหน่งติดตั้ง

3) ตรวจสอบหลังคาด้วยเครื่องค้นหาโครงเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 133

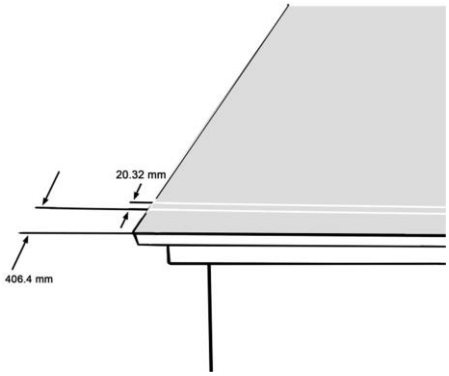
รูปที่ 133 ตรวจสอบหลังคาด้วยเครื่องค้นหาโครงเหล็ก

4) วัดระยะให้ห่างจากชายคาอย่างน้อย 400 มิลลิเมตร จากนั้นทำแนวเส้นด้วยชอล์ก เพื่อกำหนดเป็นแนวเส้นสำหรับแนวขอบล่างของแถบเลื่อนโดยเส้นแนวขอบนี้จะต้องห่างจากห่างจากด้านหน้าของขอบกระเบื้องหลังคาที่ใกล้ที่สุดอย่างน้อย 5.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 134



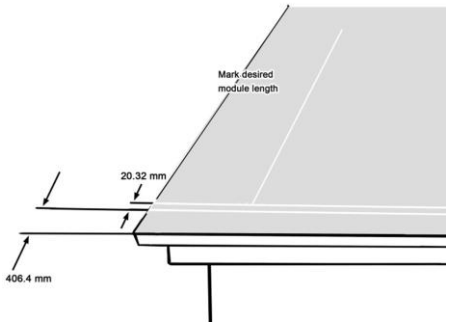
รูปที่ 134 วัดระยะให้ห่างจากชายคาเพื่อกำหนดเป็นแนวเส้นสำหรับแนวขอบล่าง

5) วัดจากแนวเส้นชอล์กขึ้นมา 20 มิลลิเมตร แล้วขีดแนวเส้นใหม่โดยแนวเส้นใหม่นี้เป็นขอบล่างของโมดูล ดังแสดงในรูปที่ 135



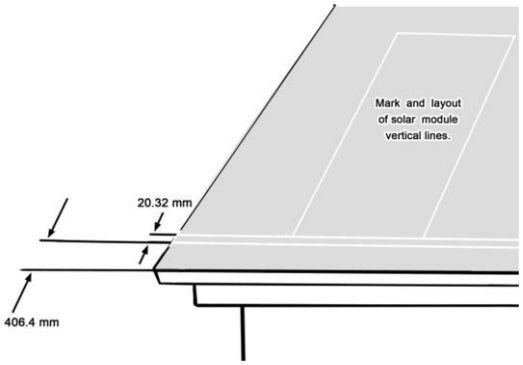
รูปที่ 135 ขีดแนวเส้นใหม่โดยแนวเส้นใหม่นี้เป็นขอบล่างของโมดูล

6) วัดจากเส้นชอล์กขอบล่างของโมดูลไปจนถึงความยาวหรือความสูงของโมดูล เพื่อสร้างแนวอาร์เรย์ จากนั้นขีดเส้นแนวนอนตามแนวที่วัดได้ ดังแสดงในรูปที่ 136



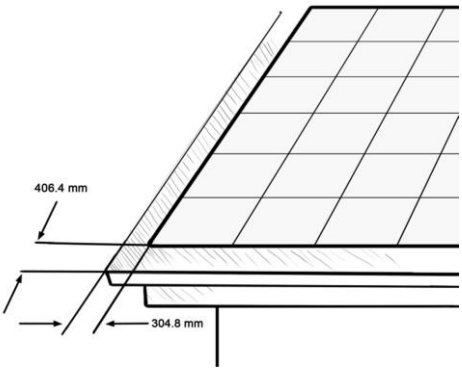
รูปที่ 136 วัดจากขอบล่างของโมดูลไปจนถึงความยาวหรือความสูงของโมดูล เพื่อสร้างแนวอาร์เรย์

7) ขีดเส้นตามแนวความกว้างตามขนาดของโมดูล ดังแสดงในรูปที่ 137



รูปที่ 137 ขีดเส้นตามแนวความกว้างตามขนาดของโมดูล

8) ต้องติดตั้งอาร์เรย์ห่างจากขอบชายคาหลังคาอย่างน้อย 400 มิลลิเมตร และจากด้านข้างของหลังคา 300 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 138

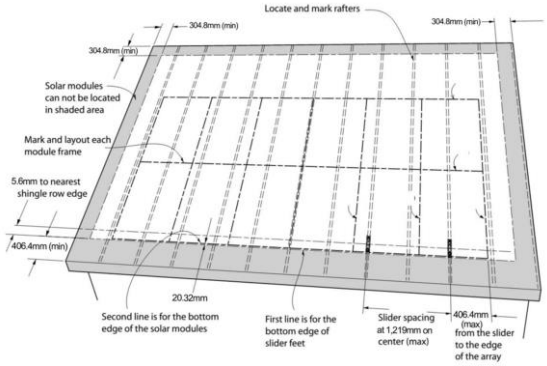


รูปที่ 138 ต้องติดตั้งอาร์เรย์ห่างจากขอบชายคา

6.5.2 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่แหลม

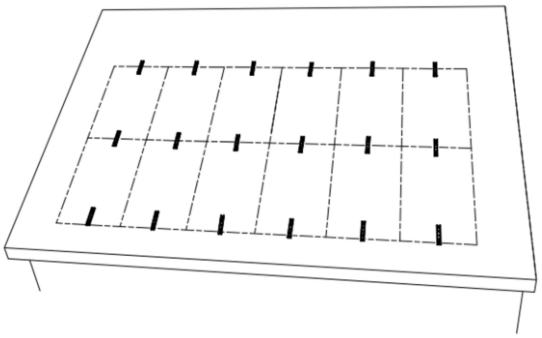
สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่แหลม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ก่อนที่จะติดตั้งรางเลื่อน ตรวจสอบโครงของรางและตัวต่อต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 139

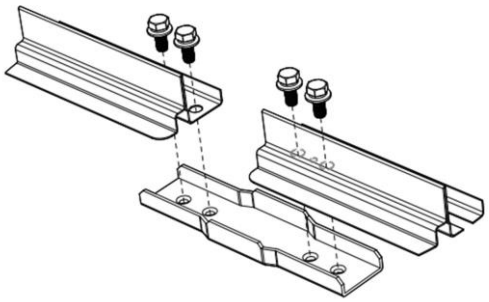


รูปที่ 139 ก่อนการติดตั้งรางเลื่อน ตรวจสอบโครงของรางและตัวต่อต่าง ๆ

2) วางรางเลื่อนทั้งหมดในตำแหน่งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 140 และประกอบรางและข้อต่อ/ตัวต่อไว้ก่อน ดังแสดงในรูปที่ 141

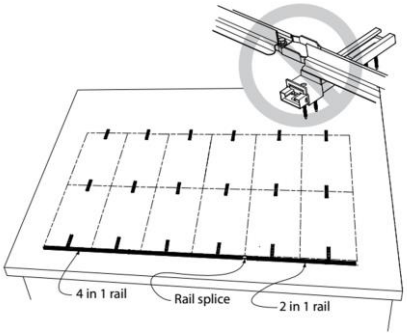


รูปที่ 140 วางรางเลื่อนทั้งหมดในตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 141 ประกอบรางและข้อต่อ/ตัวต่อ

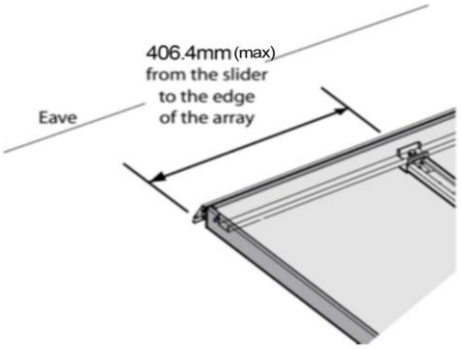
3) ย้ายรางพร้อมกับตัวต่อ/ข้อต่อ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีการซ้อนทับกัน ระหว่างตำแหน่งของตัวเลื่อนและตัวต่อ ดังแสดงในรูปที่ 142



รูปที่ 142 ย้ายรางอย่าให้มีการทับซ้อนกัน

4) หากเหลื่อมกันหรือใกล้กันเกินไป

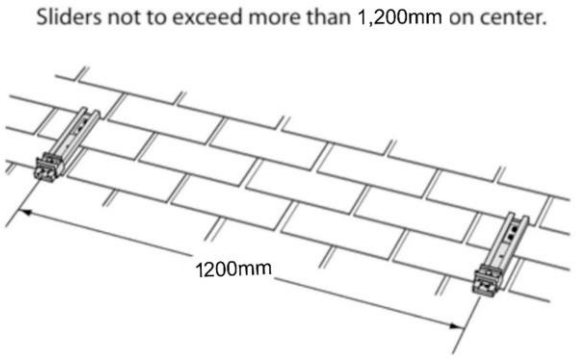
- เลื่อนรางในแนวนอน
- เลื่อนแถบเลื่อนไปที่ช่องถัดไปหรือย้ายการเชื่อมต่อไปที่ด้านตรงข้าม
- หลังจากสลับรางแล้วตรวจสอบการซ้อนทับอีกครั้ง
- ระยะห่างมากที่สุดจากตัวเลื่อนไปที่ขอบของอาเรย์ คือ 400 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 143



รูปที่ 143 ระยะห่างจากตัวเลื่อนไปที่ขอบของอาเรย์

6.5.3 การติดตั้งชุดตัวเลื่อนมาตรฐาน

ในการติดตั้งชุดตัวเลื่อนให้ติดตั้งตัวเลื่อนที่ปรับได้แต่ละตัวจะติดตั้งแผ่นกันหลุดแบบบิวทิลที่ติดตั้งไว้ก่อน โดยต้องถอดฝาครอบป้องกันออก ก่อนการติดตั้งบนหลังคา รูที่อยู่ที่จุดกึ่งกลางของตัวเลื่อน ใช้เป็นช่องสำหรับดูตำแหน่งบนเส้นชอล์ก ที่ขีดไว้ก่อนหน้านี้ ดังแสดงในรูปที่ 144 มีลูกศร 2 ตัว ที่ปลายด้านหนึ่งของตัวเลื่อน ลูกศรจะต้องชี้ไปทางชายคาของหลังคา ลูกศรระบุตำแหน่งของการเยื้องบนตัวเลื่อนที่ป้องกันไม่ให้ตัวยึดด้านล่างของตัวเลื่อนมาตรฐานหลุดออกมา วางชุดตัวเลื่อนในตำแหน่งที่วัดได้และติดตั้งสกรูเจาะตนเองที่ตำแหน่งด้านบนและด้านล่างลูกศรบนชุดประกอบตัวเลื่อนมาตรฐานชี้ไปที่ชายคา



รูปที่ 144 การติดตั้งชุดตัวเลื่อนมาตรฐาน

6.6 การเชื่อมต่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ

6.6.1 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ปฏิบัติดังนี้

- โปรดระมัดระวังว่าแม้มีแสงจากดวงอาทิตย์เพียงเล็กน้อยก็ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สร้างแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ปลายสายได้เต็มพิกัดแล้ว
- เลือกสายไฟหลักจากอาร์เรย์ไปยังตัวควบคุมการชาร์จประจุ ที่มีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวสายไฟเองต่ำกว่าร้อยละ 3
- สำหรับระบบ 1 kW_P 48 โวลต์ ต้องใช้สายเคเบิลขนาด 25 ตารางมิลลิเมตร สำหรับการเดินสายเคเบิลยาวสูงสุด 30 เมตร ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และตัวควบคุมการชาร์จประจุ
- หลีกเลี่ยงการใช้สายเคเบิลที่ยาวเกินความจำเป็น
- ใช้ขั้วต่อสกรูสำหรับการเชื่อมต่อทั้งหมด
- เชื่อมต่อสายเคเบิลของโมดูลพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุ ภายในกล่องรวมสาย หรือกล่องรวมสายกระแสตรง (DC combiner) ดังแสดงในรูปที่ 145

รูปที่ 145 การสอดสายเคเบิลของโมดูลผ่านแผ่นหลังคา

- สังเกตรหัสสี ขั้วบวก = สีแดง และขั้วลบ = สีดำ
- กล่องต่อสายต้องได้รับการป้องกันจากฝนโดยควรอยู่ภายในหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 146

รูปที่ 146 การป้องกันกล่องต่อสายจากฝน

- สายเคเบิลที่ปลอดภัย จะต้องได้รับการปกป้องจากความเครียดทางกลและผลกระทบจากการกระแทก

ในสถานที่ที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจจะมีความไวต่อการเหนี่ยวนำให้เกิดฟ้าผ่า เพื่อป้องกันไม่ให้ฟ้าผ่าบนอาร์เรย์ ควรต่อสายดินโดยเชื่อมต่อขั้วลบกับสายดินแม้ในระบบขนาดเล็ก เช่น ตัวอย่างที่กล่าวต้นควรใช้สายเคเบิลทองแดงเปลือยขนาดต่ำสุด 10 ตารางมิลลิเมตร เพื่อเชื่อมต่อโครงโลหะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับขั้วสายดิน ดังแสดงในรูปที่ 147

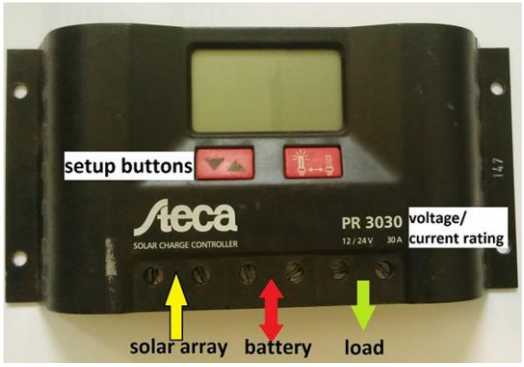
รูปที่ 147 การต่อสายดินที่กรอบโลหะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในกรณีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่บนหลังคาของอาคาร ที่มีตัวป้องกันฟ้าผ่าอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องต่อสายดินที่รอบโลหะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

6.6.2 การติดตั้งตัวควบคุมการชาร์จ

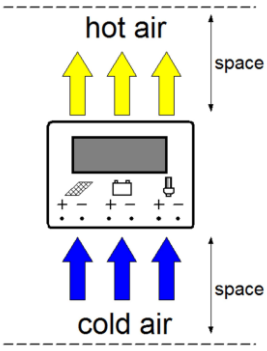
ในติดตั้งตัวควบคุมการชาร์จ ให้ปฏิบัติดังนี้

- อ่านคู่มือและทำความเข้าใจฟังก์ชันของตัวควบคุมการชาร์จ ดังแสดงในรูปที่ 148



รูปที่ 148 ตัวควบคุมการชาร์จ PWM ทั่วไป

- ตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าแรงดันไฟฟ้า และพิกัดกระแสเหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- คำนึงถึงพื้นที่ระบายอากาศรอบ ๆ เครื่องควบคุมการชาร์จประจุตามที่ระบุไว้ในคู่มือ ตัวควบคุมการชาร์จประจุจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการใช้งาน จึงต้องมีพื้นว่างที่พอสำหรับให้อากาศถ่ายเท ดังแสดงในรูปที่ 149 ตัวควบคุมการการชาร์จประจุอาจเสียหายหากเชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนที่จะเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ เนื่องจากเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน
- เลือกการตั้งค่าที่เหมาะสมสำหรับกับแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 149 การระบายความร้อนของตัวควบคุมการชาร์จประจุ

ขั้นตอนการเชื่อมต่อตัวควบคุมการชาร์จประจุ มีดังนี้

- ขั้นแรก เชื่อมต่อแบตเตอรี่
- ขั้นที่สอง เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าจุดเชื่อมต่อทั้งหมด เชื่อมต่อกันแน่นสนิทด้วยการขันน๊อต

ตัวควบคุมการชาร์จประจุส่วนใหญ่จะสามารถทำงานที่แรงดันไฟฟ้าของระบบที่แตกต่างกันได้เช่น 12 โวลต์ และ 24 โวลต์ ซึ่งตัวควบคุมจะตรวจสอบพบระดับแรงดันไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติทันทีที่เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่

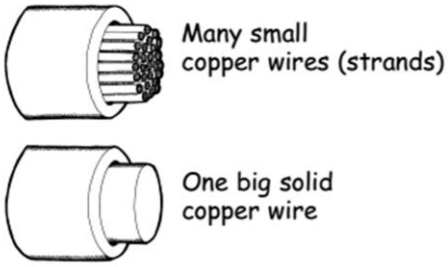
6.6.3 วงจรระบบพลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปวงจรของระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- วงจรแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ส่วนวงจรที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาที่กล่องรวมสาย (Combiner box)
- วงจรขาออกพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ส่วนวงจรระหว่างกล่องรวมสายและตัวตัดการเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งใช้เพื่อแยกอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ออกจากส่วนที่เหลือของระบบ
- วงจรขาเข้าตัวควบคุมการชาร์จประจุ คือ การเชื่อมต่อระหว่าง ตัวตัดการเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสตรงและตัวควบคุมการชาร์จประจุ (แผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบงก์)
- วงจรขาออกของตัวควบคุมการชาร์จประจุ คือ การเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมการชาร์จประจุกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรง
- วงจรขาออกของอินเวอร์เตอร์ เชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์และตู้สวิตช์บอร์ด (Main Distribution Board, MDB)

6.6.4 ประเภทของสายไฟและสายเคเบิล

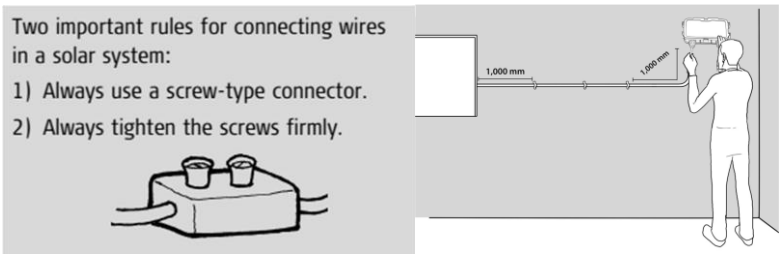
สำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ควรใช้สายเคเบิลทองแดงที่หุ้มฉนวนอย่างดี ซึ่งสายเคเบิลมีทั้งแบบที่มีสายทองแดงขนาดเล็กจำนวนมากและแบบเป็นแกนเดียวขนากใหญ่สามารถใช้งานได้ทั้ง 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 150



รูปที่ 150 ประเภทของสายไฟและสายเคเบิล

ข้อควรปฏิบัติในการเดินสายเคเบิล มีดังนี้

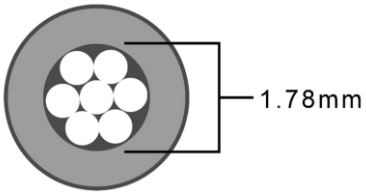
1) อย่าใช้สายยาวเกินความจำเป็นควรใช้สายไฟให้สั้นที่สุด หากเป็นไปได้ให้เหลือปลายสายทั้งสองด้านไว้ประมาณ 1 เมตร เพื่อให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อวงจรต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 151



รูปที่ 151 อย่าใช้สายยาวเกินความจำเป็นในการเดินสายเคเบิล

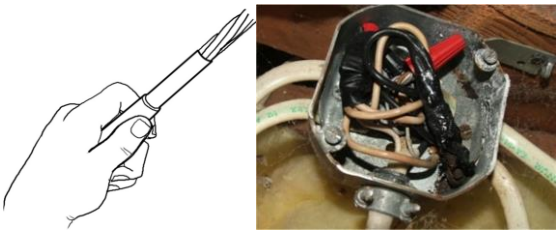
2) ใช้สายเคเบิลที่เหมาะสมกับงานเสมอ

3) ห้ามใช้สายไฟที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตร เมื่อเดินสายไฟระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 152



รูปที่ 152 ห้ามใช้สายไฟที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตรในการเดินสายเคเบิล

4) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายเคเบิลถูกต่ออย่างเหมาะสมและมีการหุ้มฉนวนอย่างดี ดังแสดงในรูปที่ 153



รูปที่ 153 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายเคเบิลถูกต่ออย่างเหมาะสม

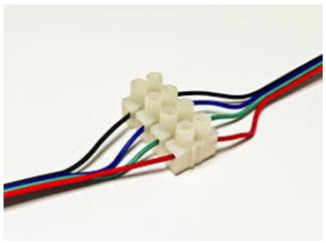
5) อย่าบิดสายเคเบิลเข้าด้วยกันให้ใช้ตัวเชื่อมต่อเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 154

รูปที่ 154 อย่าบิดสายเคเบิลเข้าด้วยกัน

6) ใช้ขั้วต่อสายที่เหมาะสม อย่าใช้ wire nut ให้ใช้ขั้วต่อชนิดสกรูแทน ดังแสดงในรูปที่ 155

รูปที่ 155 ใช้ขั้วต่อสายเคเบิลที่เหมาะสม

7) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายเคเบิลทั้งหมดที่ใช้ได้ทำตามการเข้ารหัสสีของสายที่ถูกต้อง เพื่อแยกประเภทสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 156



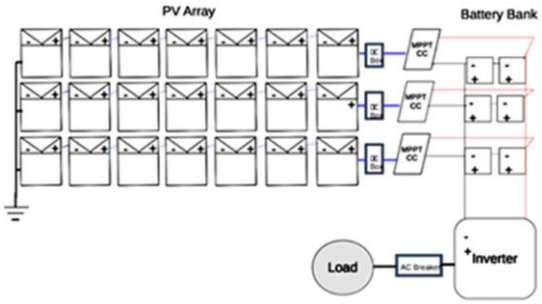
รูปที่ 156 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายเคเบิลทั้งหมดที่ใช้ได้ทำตามการเข้ารหัสสีของสายที่ถูกต้อง

การเลือกขนาดของสายเคเบิลในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ 3 ประการ ได้แก่ กำลังสูญเสียสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ ความยาวของสายเคเบิลที่ใช้งาน และพิกัดกระแสสูงสุด

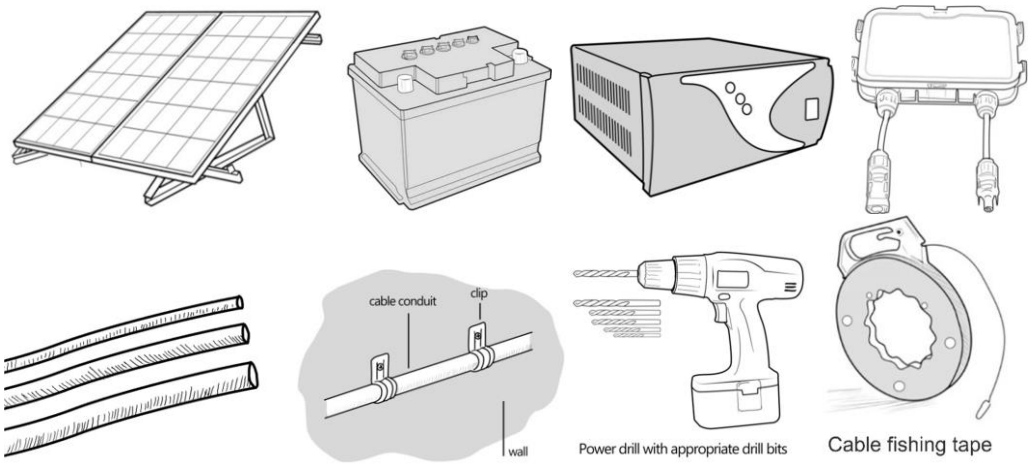
6.7 ขั้นตอนการติดตั้ง

ก่อนที่จะเริ่มต้นการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากได้พิจารณาด้านสถานที่ที่จะติดตั้งระบบแล้ว อาจจะต้องมีการตรวจสอบยืนยันตำแหน่งที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยืนยันว่าไม่มีสิ่งบดบังหรือเงา ซึ่งอาจรบกวนการรับรังสีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอาจเป็น ต้นไม้ อาคาร หรือสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ในพื้นที่ เช่น เสาไฟฟ้า และปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ระยะระหว่างพื้นดิน (หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะติดตั้งบนพื้นดิน) และความลาดชันของพื้นดินก็ต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ จากนั้นผู้ปฏิบัติงานหรือช่างจะต้องเตรียมไดอะแกรมสำหรับการติดตั้ง อาจเป็นไดอะแกรมแบบ Single-line ที่แสดงการเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 157 จากนั้นทำการเตรียมอุปกรณ์และวัสดุที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 158 และรูปที่ 159 ประกอบด้วย

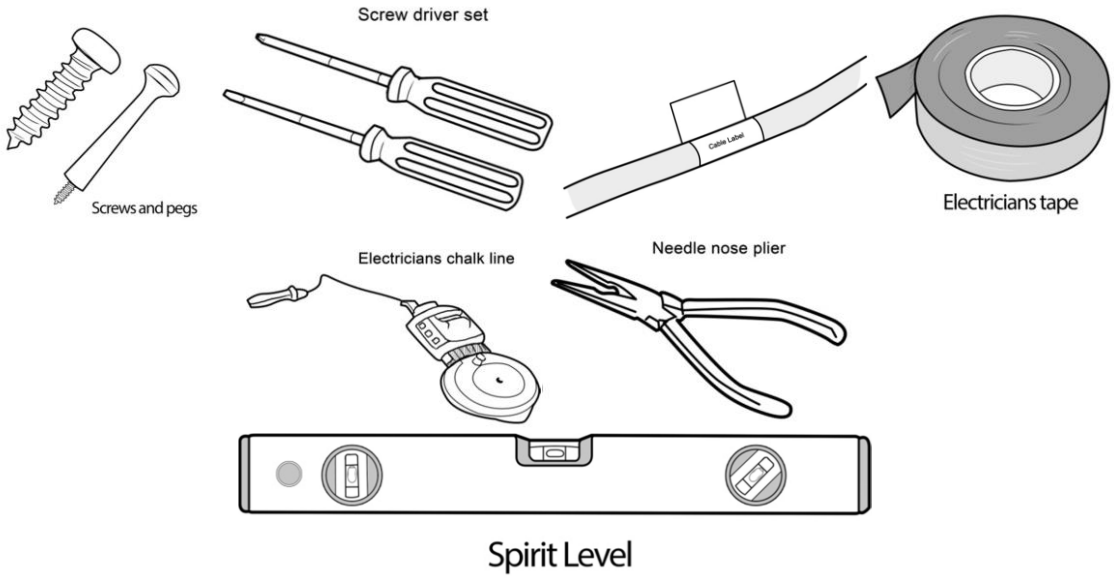
1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์	2. แบตเตอรี่
3. อินเวอร์เตอร์	4. ตัวควบคุมการชาร์จประจุ
5. สายเคเบิลขนาดต่าง ๆ	6. ท่อร้อยสายไฟ/ เดินสายไฟและคลิปล็อคต่าง ๆ
7. เทปดึงสายไฟ	8. สว่านไฟฟ้าพร้อมดอกสว่านที่ขนาดต่าง ๆ
9. สกรูและหมุด	10. ไขควง
11. ฉลากสาย	12. เทปไฟฟ้า
13. เส้นชอล์ก	14. คีม
15. เครื่องตัดลวด	16. ระดับน้ำ (อุปกรณ์วัดระดับความเอียงของระนาบ)



รูปที่ 157 ตัวอย่างไดอะแกรมสำหรับการติดตั้ง



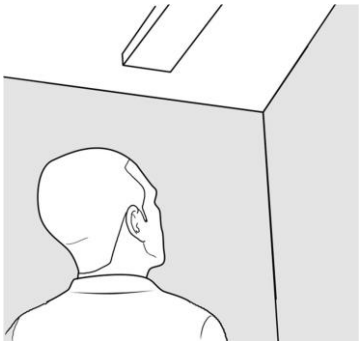
รูปที่ 158 อุปกรณ์และวัสดุที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อการติดตั้ง



รูปที่ 159 อุปกรณ์และวัสดุที่จำเป็นทั้งหมดเพื่อการติดตั้ง (ต่อ)

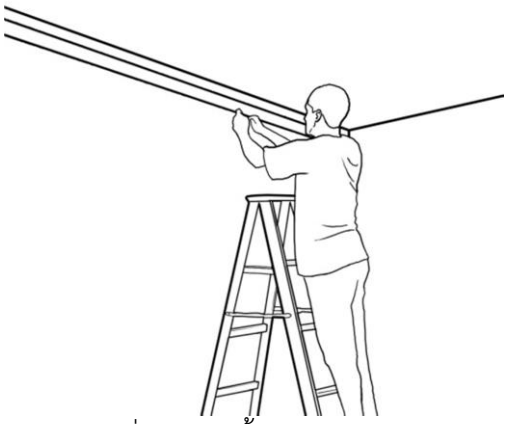
ขั้นตอนการติดตั้ง ผู้ปฏิบัติงานหรือช่าง ให้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดและตัดสินใจเลือกตำแหน่งการติดตั้งส่วนประกอบของระบบและเส้นทางดินสายเคเบิล ดังแสดงในรูปที่ 160



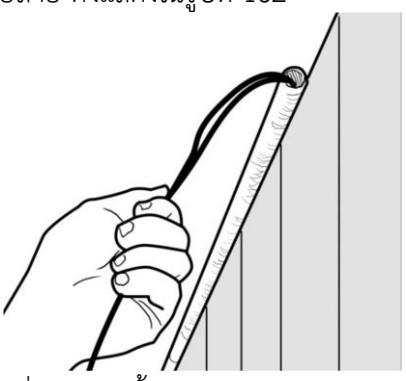
รูปที่ 160 กำหนดและตัดสินใจเลือกตำแหน่งการติดตั้ง

2) ติดตั้งท่อร้อยสายไฟ (ท่อและราง) ตามเส้นทางเดินสายที่วางแผนไว้ ดังแสดงในรูปที่ 161



รูปที่ 161 ติดตั้งท่อร้อยสายไฟ

3) ติดตั้งสายเคเบิลในท่อร้อยสาย ดังแสดงในรูปที่ 162



รูปที่ 162 ติดตั้งสายเคเบิลในท่อร้อยสาย

4) กำหนดตำแหน่งการติดตั้งของส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบและเส้นทางเดินสายเคเบิล ดังแสดงในรูปที่ 163

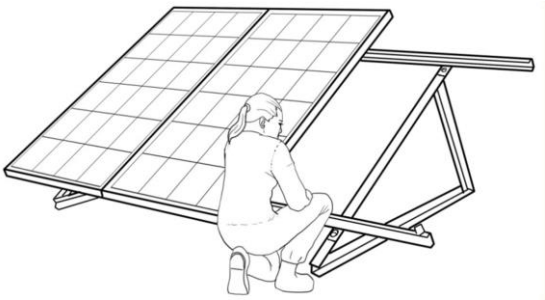
รูปที่ 163 กำหนดตำแหน่งการติดตั้งของส่วนประกอบต่าง ๆ

5) เหลือความยาวที่ปลายสายเคเบิลทุกเส้นไว้หนึ่งเมตรเสมอ เพื่อทำการเชื่อมต่อ

6) ติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ในตำแหน่งที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 164

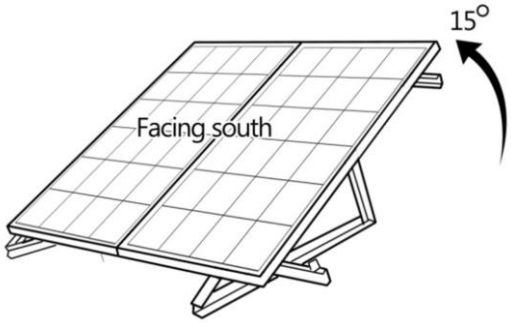
รูปที่ 164 ติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ในตำแหน่งที่กำหนด

7) ติดตั้งระบบยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 165



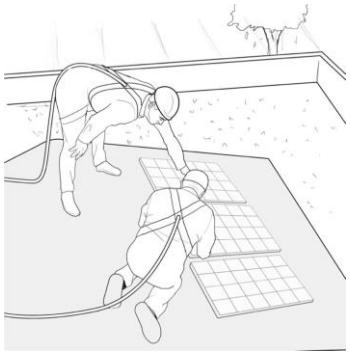
รูปที่ 165 ติดตั้งระบบยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

8) ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนโครงสร้างในมุมที่เหมาะสม (15 องศา) และทิศทาง (โดยหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้) ดังแสดงในรูปที่ 166



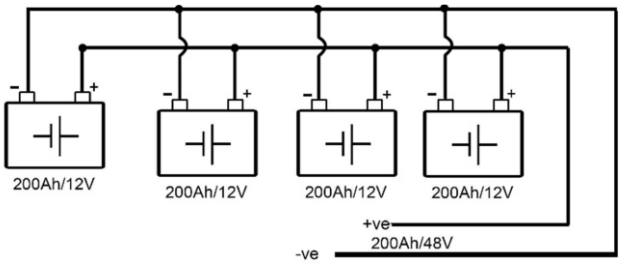
รูปที่ 166 ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนโครงสร้างในมุมที่เหมาะสม

9) เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบอนุกรมหรือขนาน ตามที่ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 167



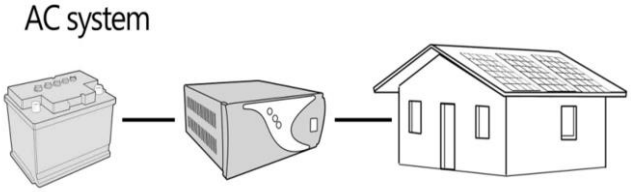
รูปที่ 167 เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่ออกแบบไว้

10) เชื่อมต่อแบตเตอรี่ตามการเชื่อมต่อแบบอนุกรม/ขนานที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 168



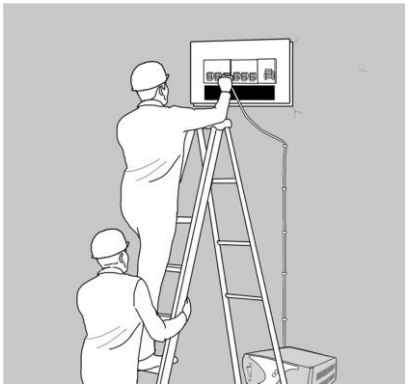
รูปที่ 168 เชื่อมต่อแบตเตอรี่

11) ถ้าเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ การเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับอินเวอร์เตอร์ ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าสวิตช์ขาออกอินเวอร์เตอร์อยู่ในตำแหน่ง “ปิด” ดังแสดงในรูปที่ 169



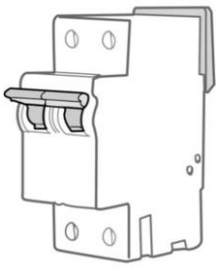
รูปที่ 169 ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าสวิตช์ขาออกอินเวอร์เตอร์อยู่ในตำแหน่ง “ปิด”

12) ถ้าเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ต่อขาออกของอินเวอร์เตอร์เข้ากับบอร์ดจ่ายไฟบ้าน ใช้ความระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่ามีการเชื่อมต่อวงจรที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 170



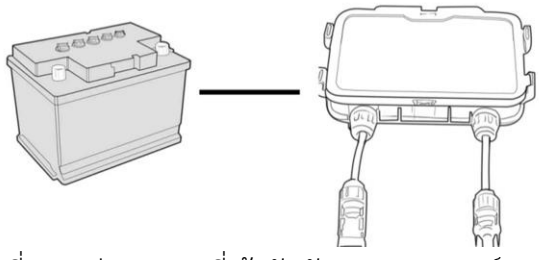
รูปที่ 170 ใช้ความระมัดระวังเพื่อให้แน่ใจว่ามีการเชื่อมต่อวงจรที่เกี่ยวข้องเท่านั้น

13) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่ง “ปิด” ดังแสดงในรูปที่ 171



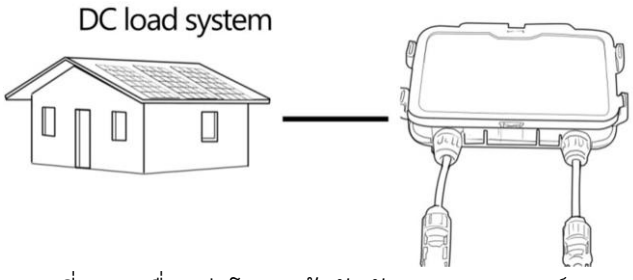
รูปที่ 171 ตรวจสอบว่าเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่งปิด

14) ต่อแบตเตอรี่เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ ดังแสดงในรูปที่ 172



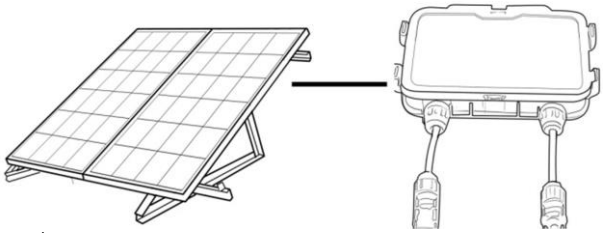
รูปที่ 172 ต่อแบตเตอรี่เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ

15) หากระบบประกอบด้วยโหลดไฟฟ้ากระแสตรงให้เชื่อมต่อโหลดดังกล่าวเข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ ดังแสดงในรูปที่ 173



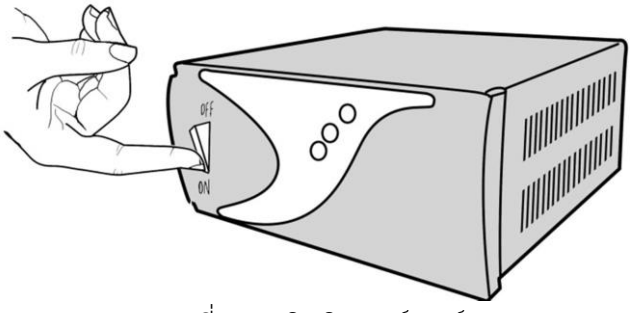
รูปที่ 173 เชื่อมต่อโหลดเข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ

16) เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ ดังแสดงในรูปที่ 174



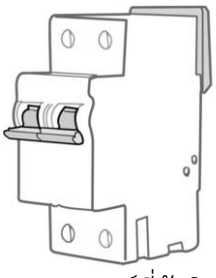
รูปที่ 174 เชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับตัวควบคุมการชาร์จประจุ

17) เปิดอินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 175



รูปที่ 175 เปิดอินเวอร์เตอร์

18) เปิดเบรกเกอร์ที่ตู้สวิตช์บอร์ด MDB ดังแสดงในรูปที่ 176



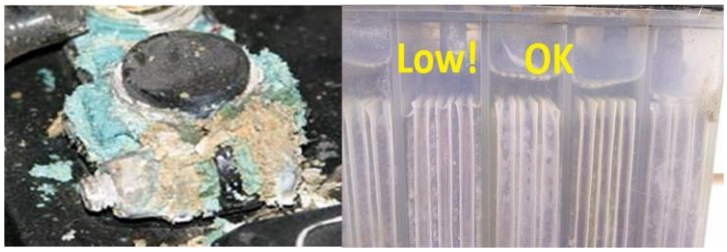
รูปที่ 176 เปิดเบรกเกอร์ที่ตู้สวิตช์บอร์ด MDB

บทที่ 7
การบำรุงรักษาและการแก้ไขปัญหา

7.1 การบำรุงรักษาแบตเตอรี่

เพื่อยืดอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เราต้องทำการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน/ดีเซล ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องการการบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อยซึ่งการบำรุงรักษาแบตเตอรี่เป็นสิ่งสำคัญที่สุด สำหรับการบำรุงรักษาระบบทั้งหมด การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ไม่ดีอาจทำให้ระบบเกิดข้อผิดพลาดจนอาจเกิดอันตรายกับร่างกายหรือในบางกรณีอาจเสียชีวิตได้ ควรตรวจสอบและทำความสะอาดแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอและควรทำการตรวจสอบด้วยสายตาเดือนละครั้ง เพื่อประเมินสภาพทั่วไปของแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 177 โดยพิจารณา

- การกัดกร่อนที่ขั้วแบตเตอรี่
- การละลายที่เปลือกแบตเตอรี่
- สัญญาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์
- ระดับอิเล็กโทรไลต์ (ในแบตเตอรี่ชนิดน้ำ)

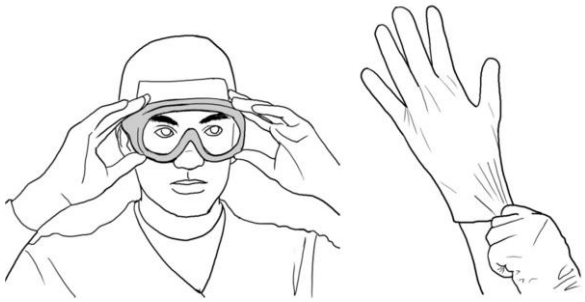


รูปที่ 177 ขั้วแบตเตอรี่สึกกร่อน (ซ้าย) ระดับสารละลายอิเล็กโทรไลต์(ขวา)

สำหรับแบตเตอรี่ชนิดน้ำ สามารถตรวจสอบระดับ อิเล็กโทรไลต์ได้โดยการเปิดฝาปิด หรือมองจากด้านข้าง ถ้าตัวถังโปร่งใส ระดับสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะต้องท่วมแผ่นธาตุ แต่ยังคงอยู่ใต้ขอบของฝาครอบ (อ่านคู่มือแบตเตอรี่) แผ่นธาตุไม่ควรสัมผัสกับอากาศหรือแห้ง หากจำเป็นต้องเพิ่มระดับน้ำให้ใช้น้ำกลั่นเท่านั้น

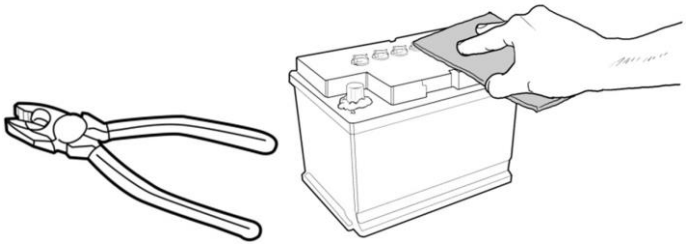
การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ควรทำทุกเดือน และควรมีอุปกรณ์ป้องกันการบำรุงรักษาแบตเตอรี่ มีขั้นตอนดังนี้

1) สวมแว่นตานิรภัยเสมอและสวมถุงมือเพื่อป้องกันการสัมผัสกับกรดในแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 178



รูปที่ 178 สวมแว่นตานิรภัยเสมอและสวมถุงมือเพื่อป้องกัน

2) ใช้เครื่องมือที่มีด้ามจับหุ้มฉนวนเสมอ และใช้ตะไบ/กระดาษทราย ขัดเพื่อกำจัดการกัดกร่อนและความชื้นจากขั้วแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 179



รูปที่ 179 ใช้ตะไบ/กระดาษทราย ขัดเพื่อกำจัดการกัดกร่อนและความชื้นจากขั้วแบตเตอรี่

3) ตรวจสอบจุดต่อต่าง ๆ ว่าขันแน่น

4) ทำความสะอาดพื้นผิวแบตเตอรี่โดยกำจัดสิ่งสกปรกและความชื้นทั้งหมด

5) ตรวจสอบระดับสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ในแบตเตอรี่

6) ทำการ Equalize แบตเตอรี่เป็นประจำรายเดือน ซึ่งตัวควบคุมการชาร์จประจุส่วนใหญ่จะทำโดยอัตโนมัติ ต้องระวังแรงดันไฟฟ้า Equalize ตามแต่ละประเภทของแบตเตอรี่

7) นำแบตเตอรี่เก่าไปรีไซเคิล อย่าทิ้งในถังขยะธรรมดาทั่วไป และห้ามจุดประกายไฟใกล้แบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 180

รูปที่ 180 ห้ามจุดประกายไฟใกล้แบตเตอรี่

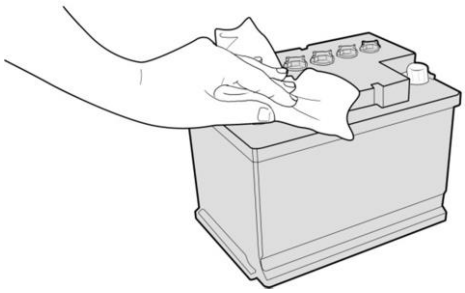
8) ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ ซึ่งส่วนใหญ่จะตรวจสอบเฉพาะแบตเตอรี่แห้ง (ไม่ต้องบำรุงรักษา) เป็นวิธีที่สะดวกที่สุดในการกำหนดสถานะการประจุ (SoC) และสภาพของแบตเตอรี่ โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ การตรวจแรงดันไฟฟ้าสามารถทำได้โดยใช้โวลต์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ควรต่อขั้วสายวัดให้ตรงตามขั้วของแบตเตอรี่ โดยตรวจสอบจากสถานะการชาร์จหรือค่า SoC หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของความจุของแบตเตอรี่ที่ยังไม่ได้ใช้ สำหรับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ที่ใช้ในแบตเตอรี่แบงก์ 48 โวลต์ ที่มีค่า SoC 100% ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้จะอยู่ที่ 51.6 โวลต์ ค่า SoC สามารถตรวจวัดได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งสามารถตรวจจับความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ แบตเตอรี่ที่พบมากที่สุดในตลาด คือแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ขนาด 12 โวลต์ และ 6 โวลต์ ซึ่งตารางที่ 3 แสดงค่าในระดับการชาร์จที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ค่าในระดับการชาร์จที่แตกต่างกัน

สถานการณ์ชาร์จ	แบตเตอรี่ 12V	แบตเตอรี่ 6V
100%	12.9	6.45
75%	12.7	6.35
50%	12.5	6.25
25%	12.3	6.15
0%	12.0	6.0

ก่อนการตรวจสอบและบำรุงรักษาแบตเตอรี่ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเตรียมการ ดังนี้

- แยกแบตเตอรี่แบงก์ออกโดยตัดการเชื่อมต่อแหล่งจ่าย ออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และโหลด
- แบตเตอรี่เซลล์แห้งควรทำความสะอาดขั้วและตรวจสอบการกัดกร่อน ดังแสดงในรูปที่ 181



รูปที่ 181 ทำความสะอาดขั้วและตรวจสอบการกัดกร่อนของแบตเตอรี่เซลล์แห้ง

- มีชุดปฐมพยาบาลเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 182

รูปที่ 182 กล่องปฐมพยาบาลสำหรับรักษาอาการบาดเจ็บ

- ใช้เบกกิ้งโซดาและน้ำล้างทำความสะอาดในกรณีที่มีกรดหก

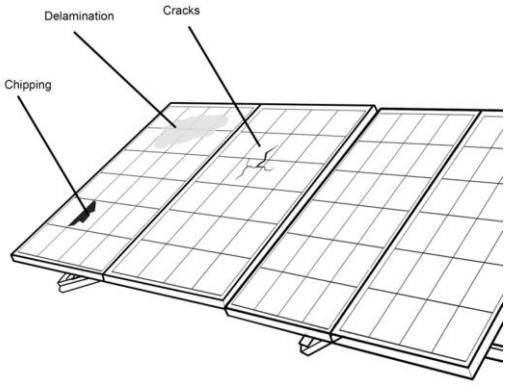
7.2 การบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์

มีความเข้าใจผิดที่ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ต้องการการบำรุงรักษา ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอย่างน้อยที่สุดก็เพื่อให้แน่ใจว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานเต็มประสิทธิภาพ การตรวจสอบและบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) ตรวจสอบสภาพของโครงสร้างการติดตั้งอาร์เรย์ทุกปี ควรตรวจสอบสลักเกลียวและเฟรมที่ใช้ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และตรวจสอบการเกิดสนิม ดังแสดงในรูปที่ 183

รูปที่ 183 ตรวจสอบสภาพของโครงสร้างการติดตั้งอาร์เรย์

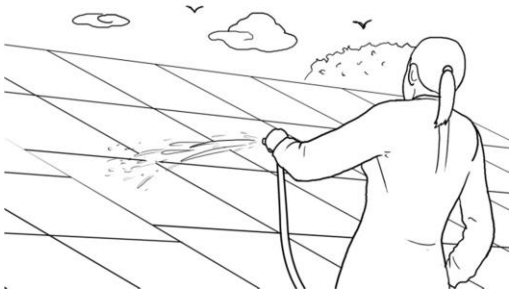
2) ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยสายตาเพื่อดูสัญญาณของความเสียหายทางกล เช่น รอยแตก การปนเปื้อน รอยบิ่นหรือหัก การกัดกร่อน การเปลี่ยนสี ข้อบกพร่องทางกลใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 184



รูปที่ 184 ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยสายตา

3) ตรวจสอบพลังงานขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หากมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของพลังงานขาออกของอาร์เรย์เซลล์แสงอาทิตย์ ควรทำการเปลี่ยนด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพิกัดใกล้เคียงกัน

4) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรทำความสะอาดตามสภาพอากาศ ในฤดูกาลที่มีฝุ่นจำนวนมากอาจต้องทำความสะอาดทุก 2 ถึง 3 วัน ในฤดูกาลที่มีฝนตกทุกวันอาจไม่จำเป็นต้องทำความสะอาด การทำความสะอาดแผงเพียงแค่ล้างด้วยการฉีดน้ำล้าง หากแผงควบคุมมีสิ่งสกปรกผงฝุ่น หรือมูลนกใช้ฟองน้ำนุ่ม ๆ เช็ด อย่าใช้แปรงแข็งหรืออุปกรณ์ในการขัดเพื่อทำความสะอาดพื้นผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ห้ามใช้สบู่หรือผงซักฟอกในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 185



รูปที่ 185 ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามสภาพอากาศ

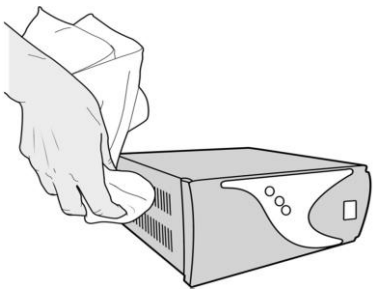
5) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีต้นไม้รกหรือพุ่มไม้บังแสงบนพื้นผิวโมดูลซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง

7.3 การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์และเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ

การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์และเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ ควรดำเนินการเมื่อมีการตรวจสอบแบตเตอรี่แบงก์ ควรทำเดือนละครั้ง เนื่องจากส่วนประกอบเหล่านี้แทบไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวและไม่ได้สัมผัสกับสารเคมีหรือสิ่งแวดล้อม จึงง่ายในการบำรุงรักษา

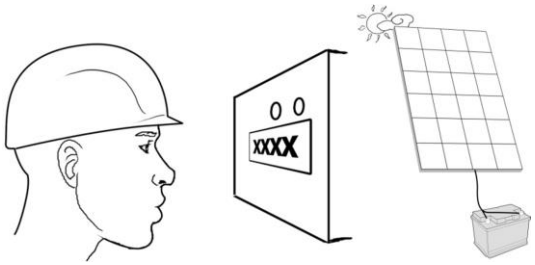
การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์และเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ ให้ดำเนินการดังนี้

1) ตรวจสอบการเชื่อมต่อว่าแน่นดีหรือไม่ ใช้ผ้าแห้งเช็ดสิ่งสกปรก และฝุ่นละอองที่สะสมอยู่จากช่องระบายอากาศและพื้นผิวทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 186



รูปที่ 186 ใช้ผ้าแห้งเช็ดสิ่งสกปรกที่สะสมในอินเวอร์เตอร์

2) ตรวจสอบตัวชี้วัดและจอแสดงผลทั้งหมดด้วยสายตาเพื่อให้แน่ใจว่าอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์กำลังชาร์จประจุแบตเตอรี่แบงก์ ดังแสดงในรูปที่ 187



รูปที่ 187 ตรวจสอบตัวชี้วัดและจอแสดงผลอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์

7.4 การบำรุงรักษาสายเคเบิลและจุดต่อต่าง ๆ

การบำรุงรักษาสายเคเบิลและสายไฟที่ใช้เชื่อมต่อส่วนประกอบของระบบ สามารถตรวจสอบและบำรุงรักษา ดังนี้

1) ตรวจแผงและกล่องทั้งหมด ตรวจการเชื่อมต่อว่าแน่นดี และตรวจสอบการกันน้ำ

2) ตรวจสวิตช์และเบรกเกอร์ทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสวิตช์เปิดและปิด ไม่ควรมีประกายไฟในระหว่างการสับสวิตช์

3) ตรวจสัญญาณการกัดกร่อน หรือไฟไหม้ที่สายเคเบิลและจุดเชื่อมต่อ

4) ตรวจสอบสายเคเบิลว่ามีรอยจากการกัดของสัตว์ฟันแทะหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 188

รูปที่ 188 รอยจากการกัดของสัตว์ฟันแทะ

7.5 ปัญหาที่พบและการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ผู้ปฏิบัติงานหรือช่างสามารถพบจุดผิดพลาดได้จากการตรวจสอบระบบตามตารางการบำรุงรักษาดังแสดงในตารางที่ 4 และสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้

ตารางที่ 4 การบำรุงรักษา

งานการบำรุงรักษา	วัน	สัปดาห์	เดือน	ทุก 3 เดือน	ทุก 6 เดือน
แบตเตอรี่			1 ครั้ง		
อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์			1 ครั้ง		
อินเวอร์เตอร์			1 ครั้ง		
ตัวควบคุมการชาร์จประจุ			1 ครั้ง		
เคเบิลและสาย (ตรวจสอบโดยการดู)			1 ครั้ง		

ตารางการบำรุงรักษา สามารถช่วยในการตรวจหาจุดผิดพลาดหรือปัญหาในระบบได้ง่ายขึ้น โดยระบุหัวข้อหรือ Check list ด้วยคำถามดังนี้

- เมื่อเร็วๆ นี้ สภาพอากาศมีเมฆมากหรือไม่ เพราะหากแสงแดดที่น้อยลงหมายถึงระบบจะผลิตพลังงานได้น้อยกว่าที่โหลดใช้งาน

- ระบบเป็นการติดตั้งใหม่หรือไม่ อาจเกิดจากส่วนประกอบที่ผิดพลาดหรือการติดตั้งที่ไม่เหมาะสม
- เคยมีการดัดแปลงใด ๆ กับการเดินสายไฟระบบหรือไม่
- มีการเพิ่มโหลดใหม่ที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบระบบเดิมหรือไม่
- แบตเตอรี่มีอายุเท่าไหร่ แบตเตอรี่ยังสามารถเก็บรักษาประจุได้หรือไม่
- ฟิวส์และเบรกเกอร์ในวงจรทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่หากฟิวส์ขาดให้ตรวจสอบสาเหตุ (เช่น เกิดการลัดวงจร) ก่อนเปลี่ยนฟิวส์
- สายไฟทั้งหมดเชื่อมต่ออย่างปลอดภัยหรือไม่ มีการกัดกร่อนที่มองเห็นได้หรือมีสายที่หลุดจากการเชื่อมต่อหรือไม่
- โมดูลมีฝุ่นหรือเงาบดบังหรือไม่

ปัญหาที่พบบ่อยครั้งในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังนี้

1) ปัญหา สถานการณ์ชาร์จของแบตเตอรี่ต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 5

อาการ

- แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำ
- ไฟแสดงสถานะ “แบตเตอรี่อ่อน” ของตัวควบคุมการชาร์จประจุทำงาน
- อินเวอร์เตอร์ไม่ทำงาน (ตัดการเชื่อมต่อเมื่อแรงดันไฟฟ้าลดต่ำลงอัตโนมัติ)

ตารางที่ 5 ปัญหาสถานการณ์ชาร์จของแบตเตอรี่ต่ำ

สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางการแก้ไข
การเชื่อมต่อที่ผิดพลาดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และตัวควบคุมการชาร์จประจุ	ตรวจสอบและแก้ไขการเชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตรวจสอบเบรกเกอร์และสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อ
การเชื่อมต่อที่ผิดพลาดระหว่างตัวควบคุมการชาร์จประจุและแบตเตอรี่	ตรวจสอบสายไฟที่ขาดหรือการเชื่อมต่อที่หลวม
ตัดการเชื่อมต่อระหว่างโมดูลในอาร์เรย์ ตัดการเชื่อมต่อในกล่องต่อสาย	ตรวจสอบสายไฟระหว่างโมดูล ตรวจสอบเบรกเกอร์และสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อ
พลังงานไม่เพียงพอจากโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์	ตรวจสอบให้แน่ใจว่าโมดูลสะอาด ตรวจสอบการเงาตกกระทบ ตรวจสอบสายไฟเชื่อมต่อระหว่างโมดูลทั้งหมด
สารละลายอิเล็กโทรไลต์ในแบตเตอรี่ต่ำ	เติมน้ำกลั่นลงในเซลล์
แบตเตอรี่หรือเซลล์ชำรุด	ตรวจสอบสถานะการชาร์จของแต่ละเซลล์ หากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (> 0.5 V) ระหว่างเซลล์ จำเป็นต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ (ทำได้เฉพาะกับแบตเตอรี่เซลล์เดียว)
ขั้วแบตเตอรี่หลวมหรือสึกกร่อน	ทำความสะอาดหรือขันขั้วแบตเตอรี่ให้แน่น

สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางการแก้ไข
ฟิวส์แบตเตอรี่ขาด	ตรวจสอบว่าพิกัดกระแสของฟิวส์ถูกต้องหรือไม่ ตรวจสอบการลัดวงจร เปลี่ยนฟิวส์
ใช้งานระบบมากเกินไป	ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและหลอดไฟ เพื่อให้แบตเตอรี่ชาร์จประจุหรือชาร์จประจุแบตเตอรี่ด้วยวิธีอื่น ตรวจสอบและสอบถามเกี่ยวกับโหลดที่เชื่อมต่อและระยะเวลาการใช้งาน
แบตเตอรี่ไม่ได้รับการชาร์จประจุ	พิจารณาอายุแบตเตอรี่และประวัติการใช้งาน เปลี่ยนแบตเตอรี่ถ้าเก่าหรือชำรุด
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่างโมดูลและแบตเตอรี่สูงเกินไป	คำนวณแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม เปลี่ยนสายเคเบิลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าถ้าจำเป็น
การตั้งค่าตัวควบคุมการชาร์จไม่ถูกต้อง	ศึกษาคู่มือ เปลี่ยนการตั้งค่าให้สอดคล้อง
ตัวควบคุมการชาร์จที่ชำรุด	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุมการชาร์จ วัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า ตัดการเชื่อมต่อและเชื่อมต่อใหม่ เปลี่ยนตัวควบคุมการชาร์จ

2) ปัญหา ไม่มีการชาร์จประจุจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในตารางที่ 6

อาการ

- แรงดันไฟฟ้าต่ำ
- ไฟแสดงการชาร์จของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุดับลง ในขณะที่ดวงอาทิตย์ส่องแสง
- ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในสายเคเบิลจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 6 ปัญหาไม่มีการชาร์จประจุจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางการแก้ไข
การเชื่อมต่อที่ผิดพลาดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และตัวควบคุมการชาร์จประจุ	ตรวจสอบและแก้ไขการเชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตรวจสอบเบรกเกอร์และสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อ
การเชื่อมต่อที่ผิดพลาดระหว่างตัวควบคุมการชาร์จประจุและแบตเตอรี่	ตรวจสอบว่ามีสายไฟขาดหรือการเชื่อมต่อหลวมหรือไม่
ตัดการเชื่อมต่อระหว่างโมดูลในอาร์เรย์ ตัดการเชื่อมต่อในกล่องต่อสาย	ตรวจสอบสายไฟเชื่อมต่อระหว่างโมดูลกับโมดูล ตรวจสอบเบรกเกอร์และสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อ
การเขม่าเคลือบหรือฝุ่นหนาบนโมดูล	ทำความสะอาดโมดูลด้วยน้ำและผ้านุ่ม
โมดูลที่ใช้งานไม่ได้	ตรวจสอบเซลล์ที่แตกหัก กระจกแตก หรือการเชื่อมต่อที่ไม่ดีภายในโมดูล เปลี่ยนโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์

3) ปัญหา ไม่มีไฟกระแสสลับ เมื่อเปิดอินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 7

อาการ

- เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ทำงาน
- ไฟแสดงสถานะพลังงานของอินเวอร์เตอร์ยังคงปิดอยู่
- ไฟแสดงสถานะความผิดปกติของอินเวอร์เตอร์เปิดอยู่

ตารางที่ 7 ปัญหาไม่มีไฟกระแสสลับ เมื่อเปิดอินเวอร์เตอร์

สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางการแก้ไข
อินเวอร์เตอร์ปิดอยู่	หาสวิตช์เปิด/ปิด; เปิดสวิตช์
เกิดการลัดวงจรในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับหรือโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ	ตัดการเชื่อมต่อวงจรและโหลดทั้งหมดจากอินเวอร์เตอร์ ตัดการเชื่อมต่อขาเข้าของไฟฟ้ากระแสตรงออกจากอินเวอร์เตอร์ เชื่อมต่อขาเข้าของไฟฟ้ากระแสตรงอีกครั้ง ตรวจสอบขาออก ตรวจสอบโหลดและวงจรโหลด เชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสสลับใหม่แล้วเปิดโหลดทีละตัว
อินเวอร์เตอร์โอเวอร์โหลด	ตัดการเชื่อมต่อวงจร และโหลดทั้งหมดออกจากอินเวอร์เตอร์ ตัดการเชื่อมต่อขาเข้าของไฟฟ้ากระแสตรงจากอินเวอร์เตอร์ เชื่อมต่อขาเข้าของไฟฟ้ากระแสตรงอีกครั้ง ตรวจสอบเอาต์พุต ตรวจสอบพิกัดกำลังของโหลดไฟฟ้ากระแสสลับทั้งหมด เชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสสลับของโหลดใหม่แล้วเปิดทีละตัว
อินเวอร์เตอร์มีความร้อนมากเกินไป	ตัดการเชื่อมต่อโหลดทั้งหมดจากอินเวอร์เตอร์เอาต์พุต แล้วปล่อยให้เย็นลง ตรวจสอบการระบายอากาศ ตรวจสอบพิกัดกำลังของโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ เชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสสลับใหม่แล้วเปิดโหลดทีละตัว
แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ต่ำ	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่และทำตามขั้นตอนในส่วนการแก้ไขปัญหา “สถานะแบตเตอรี่ต่ำ”

บทที่ 8
ความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน

8.1 ความเสี่ยงและอันตราย

เมื่อทำงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันและชัดเจนที่สุด คือการถูกไฟฟ้าช๊อต โดยการเกิดกระแสไฟฟ้าช๊อตคือการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายเรา เนื่องจากร่างกายเราเชื่อมต่ออยู่กับพื้นดิน (กราวด์) และมีความต้านทานเพียงเล็กน้อย ไฟฟ้าช๊อตเกิดขึ้นเมื่อทำงานกับวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าอยู่ การช๊อตอาจจะส่งผลน้อย (เมื่อทำงานกับแรงดันไฟฟ้าต่ำ) แต่อาจนำไปสู่การบาดเจ็บสาหัสอื่น ๆ เช่น ผิวหนังไหม้บริเวณที่โดนไฟฟ้าช๊อต ดังแสดงในรูปที่ 189 การตกลงมาจากบันไดเมื่อทำงานในที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 190 การหมดสติซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านการมองเห็น การได้ยินและการพูด ดังแสดงในรูปที่ 191

รูปที่ 189 ผิวหนังไหม้

รูปที่ 190 การตกลงมาจากบันไดเมื่อทำงานในที่สูง

รูปที่ 191 การหมดสติซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการมองเห็น การได้ยินและการพูด

ความเสี่ยงที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบไฟฟ้าคือการเกิดไฟไหม้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้หากมีกระแสไฟฟ้า และเกิดประกายไฟใกล้สารไวไฟ ตัวอย่างเช่น การเกิดประกายไฟใกล้กับถังบรรจุน้ำมันซึ่งอาจนำไปสู่การระเบิดและไฟไหม้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 192

รูปที่ 192 การเกิดไฟไหม้ระหว่างการติดตั้ง

8.1.1 การลดอันตรายจากไฟฟ้า

เพื่อลดความเป็นไปได้ของการเกิดไฟฟ้าดูดหรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งก่อนการติดตั้งและระหว่างการติดตั้ง มีดังนี้

1. ประเมินและระบุอันตรายจากไฟฟ้า

2. กำจัดอันตรายจากไฟฟ้า

3. ตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่ควบคุม/สถานที่ที่ไม่สามารถขจัดอันตรายได้เพื่อลดความเสี่ยง

4. ทบทวนตัวเอง คือ จะทำขั้นตอนใดบ้างในกรณีที่เกิดอันตราย

8.2 ความปลอดภัยส่วนบุคคล

ผู้ปฏิบัติงานหรือช่างจะต้องสวมหรือมีอุปกรณ์ป้องกันพื้นฐานที่จำเป็นต่อความปลอดภัยในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 193 เช่น หมวกแข็ง แว่นตา ที่ปิดหู ถุงมือ รองเท้านิรภัย และเข็มขัดนิรภัยเต็มตัว เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีอุปกรณ์เตรียมพร้อมสำหรับกรณีฉุกเฉิน เช่น ชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น และเครื่องดับเพลิง เป็นต้น

รูปที่ 193 ผู้ปฏิบัติงานหรือช่างจะต้องสวมหรือมีอุปกรณ์ป้องกันพื้นฐานที่จำเป็นต่อความปลอดภัย

อุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ที่จำเป็น ดังแสดงในรูปที่ 194 มีดังนี้

1) หมวกกันน็อก / หมวกแข็ง สำหรับป้องกันวัตถุหล่นใส่ ถุงมือเพื่อป้องกันมือจากบาดแผลและเป็นฉนวน

2) สายรัดนิรภัย เพื่อป้องกันการตกเมื่อทำงานในที่สูง

3) แว่นตานิรภัย สำหรับปกป้องดวงตาจากประกายไฟและเศษเหล็ก

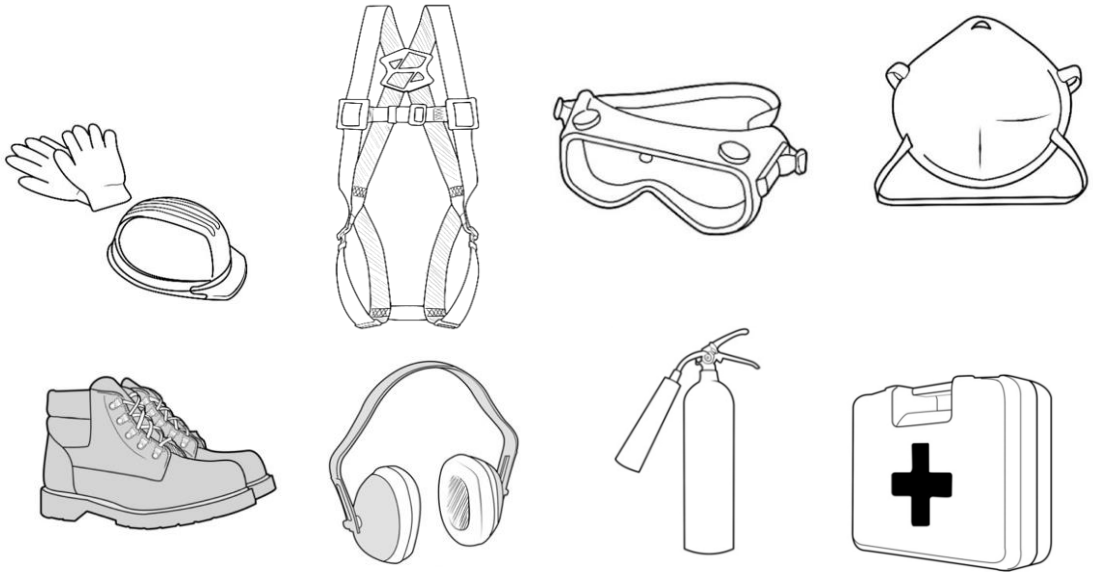
4) หน้ากากกรองอากาศ เพื่อป้อง กันควันและฝุ่นละออง

5) รองเท้านิรภัย เพื่อป้องกันเท้าจากแรงกระแทกและเป็นฉนวนสวมใส่เสมอเมื่อทำงานในไซต์

6) ที่ปิดหู เพื่อป้องกันเสียงดัง

7) เครื่องดับเพลิง Class E เพื่อดับเพลิง

8) ชุดปฐมพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อรักษาอาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นขณะทำงาน



รูปที่ 194 อุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ที่จำเป็น

8.3 การปฏิบัติงานบนพื้นที่สูง

เมื่อทำงานบนหลังคาและอาคารสิ่งสำคัญคือ ความระมัดระวังสูงสุดเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุ เมื่อใดก็ตามที่ทำงานที่มีความสูงมากกว่า 2 เมตรเหนือพื้นดิน คุณต้องใช้เครื่องป้องกันการตกเช่นเข็มขัดนิรภัยรัดร่างกาย ได้แก่

การใช้บันไดในการปฏิบัติงาน ต้องปฏิบัติดังนี้

1.ตรวจสอบให้แน่ใจว่าบันไดที่ใช้เป็นบันไดแบบที่ไม่นำไฟฟ้า และมีฐานกันลื่น

2.ตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีพื้นที่เพียงพอในการติดตั้งบันได

3.ให้แน่ใจว่าคุณมีบันไดอยู่ในสภาพดีและมีคนอื่นช่วยคุณ

4.ยึดบันไดให้มั่นคงเสมอก่อนที่จะปีน ถ้าไม่มีคนช่วยจับบันได

5.ควรมีคนหนึ่งคนกับบันไดหนึ่งในเวลาใด ๆ ก็ตาม

6.ต้องหันหน้าเข้าหาบันไดเสมอ อย่าปีนขึ้นหรือลงโดยหันหน้าออกจากบันได

7. ใช้มือทั้งสองข้างเสมอเมื่อปีนขึ้นและลงบันได

8. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าบันไดวางอยู่บนฐานที่มั่นคง

9. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าบันไดยาวพอที่จะให้คุณไปถึงระดับที่คุณต้องการทำงาน

10. อย่าทำงานขณะอยู่บนบันไดที่ขั้นสูงสุด

11. ห่างจากสายไฟอย่างน้อย 3 เมตร

12. หากคุณใช้บันไดเสริม ต้องปฏิบัติดังนี้

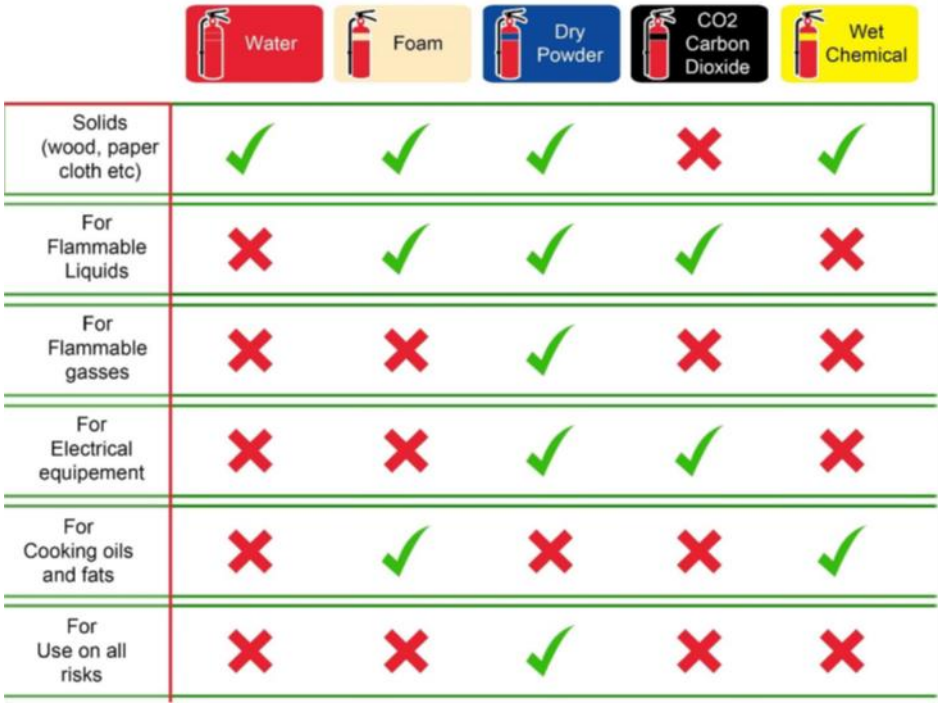
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าด้านบนสุดของบันไดยาวเกิน 900 มม. เหนือระดับจุดรองรับบันได
- ให้แน่ใจว่าด้านล่างของการทับซ้อนอย่างน้อยสามขั้น

8.4 ประเภทของไฟและเครื่องดับเพลิง

นอกจากอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ แล้ว ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์หรือป้ายสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ป้องกันการเกิดเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งประเภทของไฟและเครื่องดับเพลิงต่าง ๆ มีสัญลักษณ์และความหมายดังนี้

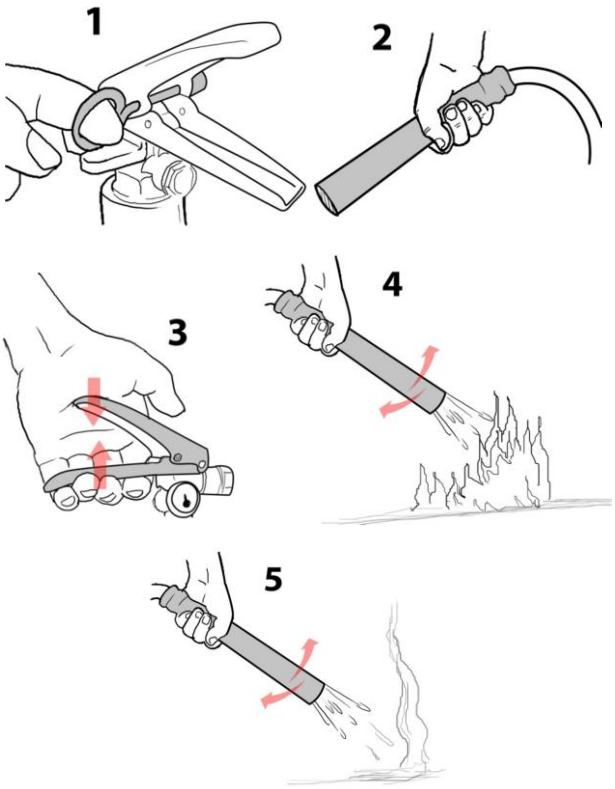
ประเภทและชนิด	สัญลักษณ์	ชนิดสารดับเพลิง
ไฟ Class A ไฟทั่วไป เช่น ไม้, กระดาษ, ผ้า, พลาสติก, ฯลฯ		น้ำและโฟม
ไฟ Class B ไฟไหม้ในของเหลวไวไฟเช่น เป็นน้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันก๊าด		คาร์บอนไดออกไซด์, เคมีแห้ง
ไฟ Class C ไฟไหม้ในแก๊สที่ติดไฟได้เช่น แก๊สหุงต้ม		คาร์บอนไดออกไซด์, เคมีแห้ง

ประเภทและชนิด	สัญลักษณ์	ชนิดสารดับเพลิง
ไฟ Class D ไฟไหม้ในโลหะที่ติดไฟได้		ผงแห้ง
ไฟ Class E ไฟไหม้จากไฟฟ้า		คาร์บอนไดออกไซด์, เคมีแห้ง
ไฟ Class F ไฟในน้ำมันปรุงอาหารและจาระบี		สารเคมีเปียก



การใช้เครื่องดับเพลิง มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังแสดงในรูปที่ 196 ซึ่งประกอบด้วย

1) ดึงหมุดออก
2) เล็งหัวฉีดที่ฐานของไฟ
3) บีบคันโยกเพื่อคลายสารดับไฟ
4) กวาดย้ายท่อจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งจนกว่าไฟจะดับอย่างสมบูรณ์

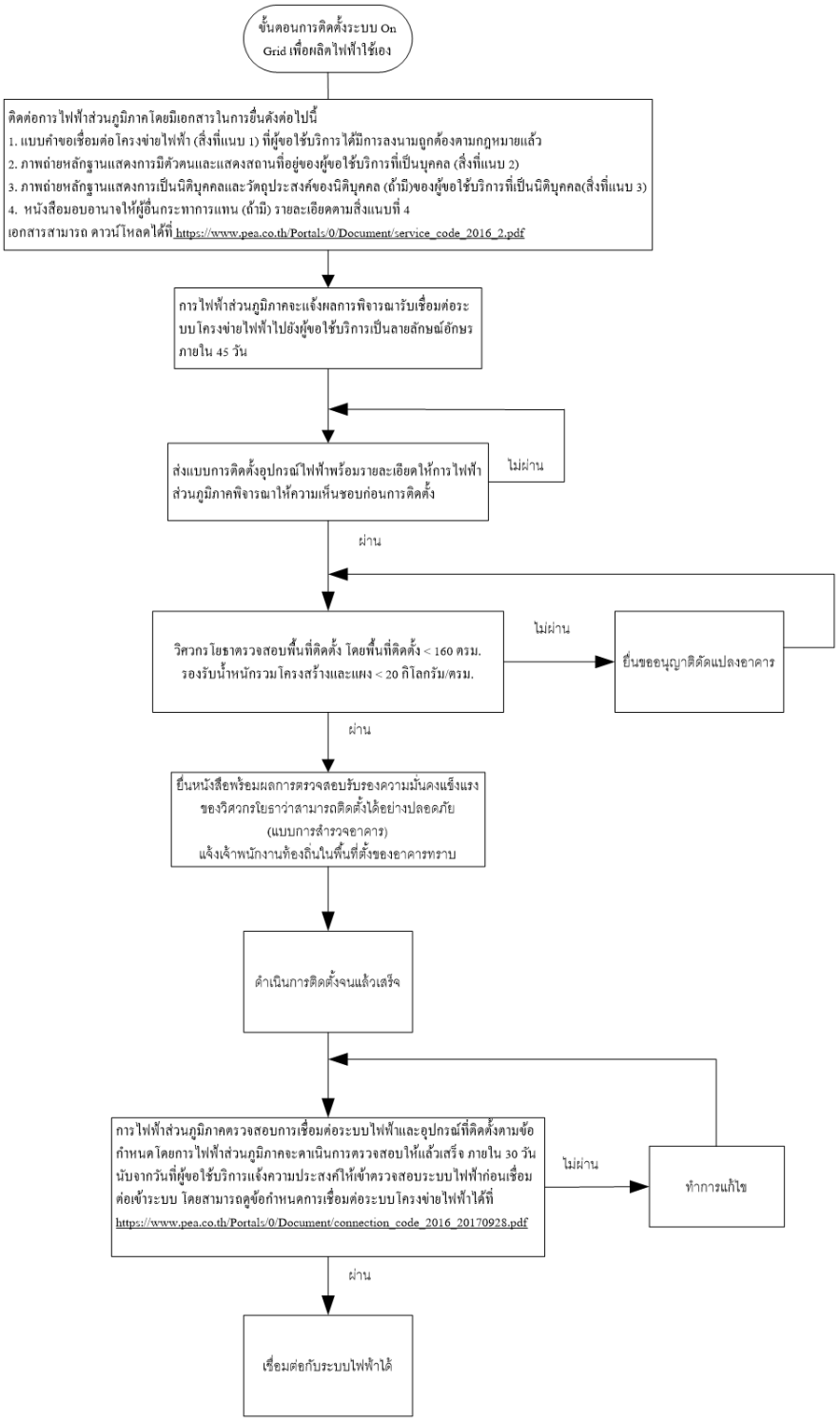


รูปที่ 195 การใช้เครื่องดับเพลิง

ภาคผนวก

ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง

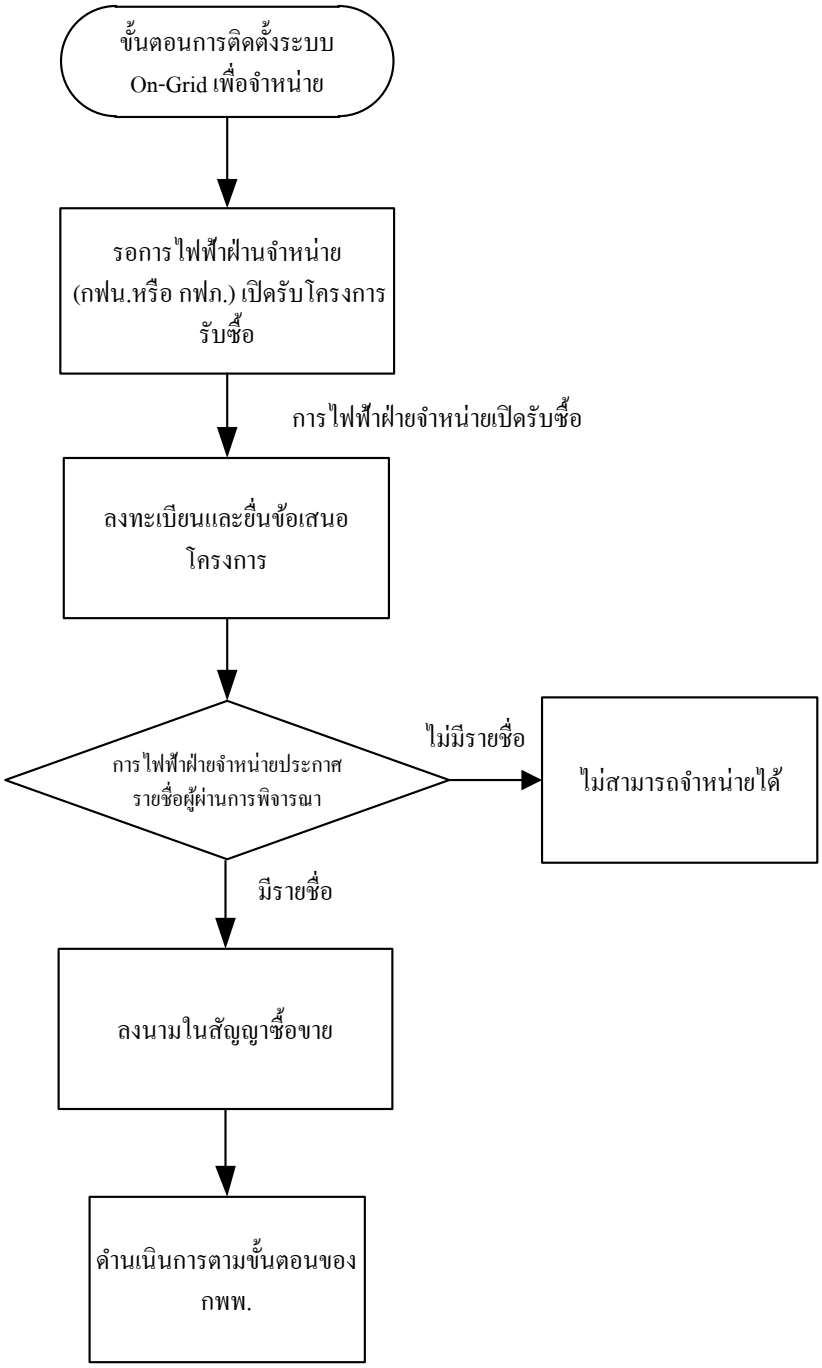
ซึ่งการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 197



รูปที่ 196 ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง

ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจำหน่าย

ซึ่งการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจำหน่าย มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 198



- วันที่ 18 มี.ค.-1 เม.ย. 2562 กกพ.จะเปิดรับฟังความเห็นโซลาร์ภาคประชาชน
- ภายในเดือน มี.ค.-เม.ย. 2562 จะจัดประชาสัมพันธ์ชี้แจงการเข้าร่วมโครงการ
- ตั้งแต่ พ.ค.-ก.ค. 2562 การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะเปิดลงทะเบียนและรับข้อเสนอโครงการ
- ตั้งแต่ มิ.ย.-ส.ค.2562 การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายประกาศรายชื่อผู้ที่ผ่านการพิจารณา
- ภายใน ต.ค. 2562 ลงนามในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

รูปที่ 197 ขั้นตอนการขออนุญาตติดตั้งระบบ On-Grid ในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจำหน่าย

จัดทำโดย

กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง

เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์: 0-2223-0021-9 โทรสาร: 0-2225-7325

http://www.dede.go.th