

คู่มือฝึกสอน ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์



กรีน เอ็มเพาเวอร์เมนต์



พลังไท

และด้วยความร่วมมือกับ

Karen Health and Welfare Department

Taipei Overseas Peace Service, Thailand

Zoa Refugee Care

สารบัญ

1.0 บทนำ	4
1.1 เกี่ยวกับเรา	5
1.2 ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์	8
2.0 การทำงานของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์	9
3.0 พื้นฐานความรู้ทางไฟฟ้า	8
3.1 ความแตกต่างระหว่างไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ	10
3.2 ไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้	11
3.3 วัตต์ และ วัตต์-ชั่วโมง	12
4.0 แสงจากดวงอาทิตย์	11
4.1 ชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (Perfect Sun Hour)	13
4.2 การวางแผนโซลาร์เซลล์	16
5.0 การผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์	17
5.1 กราฟ IV	18
5.2 การเปลี่ยนแปลงในกราฟ IV	19
6.0 ตัวควบคุมการเก็บประจุ	20
7.0 การเดินสายไฟ	21
7.1 จุดเชื่อมต่อ Terminations	21
7.2 การคำนวณขนาดสาย Wire Sizing	21
8.0 แบตเตอรี่	24
8.1 ชนิดของแบตเตอรี่	25
8.2 ระดับของการถ่ายประจุออก	26
8.3 ระดับของการเก็บประจุ	26
8.4 ความปลอดภัยในการใช้แบตเตอรี่	27
9.0 อินเวอร์เตอร์	28

10.0 การออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์-----	29
10.1 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน-----	30
10.2 ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์-----	31
10.3 การคำนวณขนาดของแผงโซลาร์เซลล์-----	34
10.4 การคำนวณขนาดของแบตเตอรี่-----	36
11.0 การติดตั้งระบบ-----	38
11.1 ขนानและอนุกรม-----	38
11.2 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์-----	40
11.3 การติดตั้งตัวควบคุม-----	43
11.4 การติดตั้งแบตเตอรี่-----	44
11.5 การเดินสายไฟ-----	44
11.6 การติดตั้งสวิตช์ไฟฟ้า-----	45
11.7 การต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า-----	45
12.0 การจัดการความต้องการไฟฟ้า-----	46
13.0 การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา-----	49
13.1 การเชื่อมต่อสายไฟ-----	50
13.2 แบตเตอรี่-----	50
13.3 แผงโซลาร์เซลล์-----	51
13.4 ตรวจสอบจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า-----	51

1.0 บทนำ

คู่มือเล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการฝึกสอนการออกแบบ ติดตั้ง และบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ โดยไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคคลใดๆ ทำการศึกษาด้วยตนเอง นอกจากนี้ เนื้อหาของคู่มือเล่มนี้จะไม่เจาะลึกลงไปในเรื่องละเอียดที่ย่งยากซับซ้อนของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ แต่จะอธิบายให้กับผู้เข้ารับการฝึกสอนให้เข้าใจข้อมูลที่จำเป็นในการปฏิบัติการจริง เพื่อเป้าหมายที่จะให้ผู้เข้ารับการฝึกสอนสามารถที่จะแก้ไขปัญหา และสามารถบำรุงรักษาระบบได้ด้วยตนเองเมื่อจบจากการฝึกสอน ท้ายสุดนี้ พวกเราหวังว่าคู่มือนี้จะเป็นประโยชน์ ทั้งในปัจจุบันและในอนาคตเมื่อผู้เข้ารับการอบรมต้องทำการซ่อมแซ่ แก้ไขปัญหา ออกแบบ และติดตั้งระบบ



1.1 เกี่ยวกับเรา

กรีน เอ็มเพาเวอร์เมนต์

กรีนเอ็มเพาเวอร์เมนต์เป็นองค์กรพัฒนาเอกชนนานาชาติที่ไม่แสวงหากำไร โดยตั้งอยู่ในเมืองพอร์ตแลนด์ รัฐโอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา กรีนเอ็มเพาเวอร์เมนต์ได้รับการสนับสนุนจากผู้ร่วมบริจาค, มูลนิธิ, ภาครัฐกิจ, และภาครัฐกิจ และองค์กรนานาชาติต่างๆ วัตถุประสงค์ของเรา คือการพัฒนาโครงการพลังงานหมุนเวียนของชุมชนในระดับนานาชาติ เพื่อสร้างการพัฒนาทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่องค์กรก่อตั้งเมื่อปี 1997 เราได้พัฒนาองค์กรและปรับปรุงโครงสร้างการบริหารขององค์กรให้มีความเข้มแข็ง มีสาขาทำการที่ให้การสนับสนุนทางการเงินในโครงการต่างๆ มีพันธมิตรที่สำคัญทั้งระดับประเทศและระดับนานาชาติ และองค์กรยังมีระบบการเก็บข้อมูลประวัติที่ดีเยี่ยม

โครงการของกรีนเอ็มเพาเวอร์เมนต์จะเกี่ยวข้องกับ:

- ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างของครัวเรือน
- ไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนและคลินิก
- พลังงานสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจ
- การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการป้องกันแหล่งต้นน้ำ
- การป้องกัน พัฒนา และการเข้าถึงแหล่งน้ำสะอาด
- ระบบสูบน้ำสำหรับการบริโภค

กรีนเอ็มเพาเวอร์เมนต์ได้พัฒนาโครงการไฟฟ้าจากระบบพลังงานน้ำขนาดเล็ก, ชีวมวล, ลม, และแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ชุมชน เพื่อส่งเสริมให้เกิดความเจริญทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมในแนวทางที่ขณะเดียวกันก็สามารถรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมได้ด้วย โครงการทั้งหลายนั้นจะมีประโยชน์อย่างมากในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เช่น จะมีการสำรวจและจัดทำแผนที่แหล่งต้นน้ำ กิจกรรมต่างๆ ที่ช่วยฟื้นฟูและรักษาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ

กรีนเอ็มเพาเวอร์เมนต์มุ่งเน้นในการสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน, การสร้างความเป็นผู้นำของคนในท้องถิ่น และสร้างความยั่งยืนของเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว เราได้ประสานความร่วมมือกับองค์กรพัฒนาเอกชนที่เกี่ยวข้องกับด้านพลังงาน โดยจะช่วยเหลือในการศึกษาความเป็นไปได้ การวางแผน การฝึกสอนที่เกี่ยวข้องกับด้านเทคนิค และการหาเงินทุนของโครงการ

กรีนเอ็มเพาเวอร์เมนต์มีคำมั่นสัญญาในการที่จะสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนและยึดมั่นในการพัฒนาอย่างยั่งยืน เราเชื่อว่าการเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าของชุมชนเป็นพื้นฐานของการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เป้าหมายของเราคือการสนับสนุนโครงการพลังงานหมุนเวียนที่ชุมชนมีส่วนร่วมที่มีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสร้างความพอเพียงและการพึ่งพาตนเองได้

ติดต่อ:

Green Empowerment
140 SW Yamhill St. Portland, OR 97204, USA
(tel) 503-284-5774 (fax) 503-460-0450
info@greenempowerment.org

กลุ่มพลังไทย

เป็นกลุ่มองค์กรที่ไม่มุ่งแสวงหากำไรของประเทศไทย ทำงานเพื่อ สนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนที่สะอาด กับชุมชนตั้งแต่ระดับรากหญ้าเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนและมีส่วนร่วมในกิจการไฟฟ้าอย่าง เป็นประชาธิปไตย

ติดต่อ:

พลังไทย

315/247 ถนนสาธุประดิษฐ์ 19, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย 10120

(โทรศัพท์) 662-674-2533 (แฟกซ์) 662-6740-2533

info@palangthai.org

www.palangthai.org

ผู้สนับสนุนอื่นๆ

กรมสุขภาพและสวัสดิการกระเหรี่ยง (Karen Health and Welfare Department, KHWD)

กรมสุขภาพและสวัสดิการกระเหรี่ยง (KHWD) (ไม่เกี่ยวข้องกับรัฐบาลพม่า) ซึ่งก่อตั้งมาหลายปีแล้ว ได้สร้างเครือข่ายของแพทย์และคลินิกในประเทศพม่า โดย KHWD ประกอบด้วยคลินิกกว่า 36 แห่ง และมีศัลยแพทย์ แพทย์และนางพยาบาลกว่า 75 คน ซึ่งจะทำให้การรักษาผู้ประสบภัยจากการทำเหมือง และผู้บาดเจ็บจากความขัดแย้งภายในและการกดขี่ต่างๆ

ข้อมูลเพิ่มเติม: <http://www.greenempowerment.org/burma.htm>

ศูนย์บริการเพื่อสันติสุขไทเปโพ้นทะเล (Taipei Overseas Peace Service, TOPS)

TOPS ในประเทศไทยให้ความช่วยเหลือด้านมนุษยธรรม โดยหลักๆ คือ การให้ความรู้แก่ผู้อพยพและชาวบ้านท้องถิ่นที่ได้รับผลกระทบจากการเข้ามาของผู้ลี้ภัย และผู้ลี้ภัยที่หลบหนีจากการสู้รบโดยเฉพาะในประเทศพม่า TOPS เชื่อว่าโครงการต่างๆ จะสามารถช่วยสร้างความมั่นใจ เพิ่มความสามารถ และสามารถพึ่งตนเองได้ในที่สุด ซึ่งสามารถต่อสู้กับการปัญหาในการดำรงชีพต่อไป

ข้อมูลเพิ่มเติม: <http://thailand.tops.org.tw/ENG.HTM>

ติดต่อ: topsth@loxinfo.co.th

ศูนย์บรรเทาทุกข์ผู้ลี้ภัย Zoa

ศูนย์บรรเทาทุกข์ผู้ลี้ภัย ZOA (ZOA) เป็นองค์กรพัฒนาเอกชนระหว่างประเทศไทย ดำเนินการในประเทศต่างๆ กว่า 10 ประเทศทั่วโลก ZOA ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ลี้ภัย คนพลัดถิ่น และผู้ที่ได้รับความเดือดร้อนจากภัยธรรมชาติ

ข้อมูลเพิ่มเติม: <http://www.zoaweb.or>

ติดต่อ: info@ZOAwab.org

ผู้ฝึกสอน

วอลท์ รัตเตอร์แมน ผู้อำนวยการภาคสนามของกรีน เอ็มเพาเวอร์เมนต์ มีประสบการณ์กว่า 30 ปีเกี่ยวกับการติดตั้งระบบไฟฟ้า เขาเป็นผู้ติดตั้งระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่ได้รับการรับรองจาก NABCEP วอลท์จบการศึกษาปริญญาโทด้านพลังงานหมุนเวียนจากมหาวิทยาลัยเมอร์ดอค ประเทศออสเตรเลียในปี 2002 โดยเชี่ยวชาญด้านระบบพลังงานหมุนเวียนในประเทศกำลังพัฒนา วอลท์ในปัจจุบันยังดำรงตำแหน่งรองประธานขององค์กรไนท์บริดจ์ (Knightsbridge) ซึ่งเป็นองค์กรไม่แสวงหากำไรนานาชาติ ซึ่งในการทำงานกับองค์กรไนท์บริดจ์ เขาได้ทำงานในหลายๆ โครงการในหลายประเทศ ได้แก่ ไทย, กัมพูชา, พม่า, มองโกเลีย, นิการากัว, ฟิลิปปินส์, อัฟกานิสถาน, เอกวาดอร์ และนิการากัว
ติดต่อ: walt@greenempowerment.org

คริส กริเซน คริสทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและนโยบายของพลังงานหมุนเวียนในหลายๆ ที่ทั้งในอเมริกา เกาหลีเหนือ พม่าและในแคลิฟอร์เนีย เขาจบปริญญาเอกในด้านพลังงานและทรัพยากร ที่มหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ งานวิจัยของคริสมุ่งเป้าไปที่การจัดการระบบไฟฟ้าโดยใช้พลังงานน้ำขนาดเล็กในชุมชนของประเทศไทย คริสได้อาศัยอยู่ในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2000 คริสจบปริญญาตรีมาจากวิทยาลัยริด และปริญญาโทด้านพลังงานและทรัพยากรที่มหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ มีผลงานตีพิมพ์เกี่ยวกับไฟฟ้าหมุนเวียนมาแล้วมากกว่า 40 บทความ
ติดต่อ: chris@palangthai.org

ผู้ประพันธ์หนังสือ

วอลท์ รัตเตอร์แมน
เสธ คาสเซลล์
ดิพทิ วาเกลา
สิริกุล ประสิทธิ์เพียรชัย (ไทย)
อนันตกร สงาราศรี (ไทย)

1.2 ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์

- A. แผงโซลาร์เซลล์ – แปลงแสงอาทิตย์ไปเป็นกระแสไฟฟ้า
- B. แบตเตอรี่ – เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า
- C. ตัวควบคุมการเก็บประจุ – ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างแผงโซลาร์เซลล์, แบตเตอรี่, และโหลดไฟฟ้า (เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ)
- D. อินเวอร์เตอร์ – แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) อินเวอร์เตอร์ในบางระบบเช่น ในระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพียงอย่างเดียว ไม่จำเป็นต้องใช้ และอินเวอร์เตอร์สามารถรวมเข้ากับตัวควบคุมการเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ตัวเดียวกันได้
- E. โหลด – การใช้ไฟฟ้าซึ่งมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟ คอมพิวเตอร์ วิทยุ
- F. สายไฟ – ต่อเชื่อมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกัน

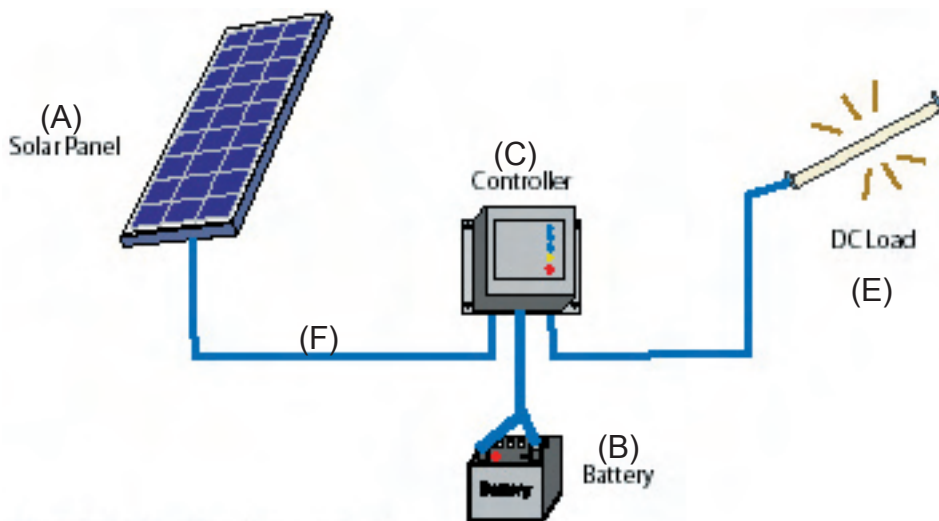


Figure 1. Typical DC system.

รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้ากระแสตรงทั่วไป

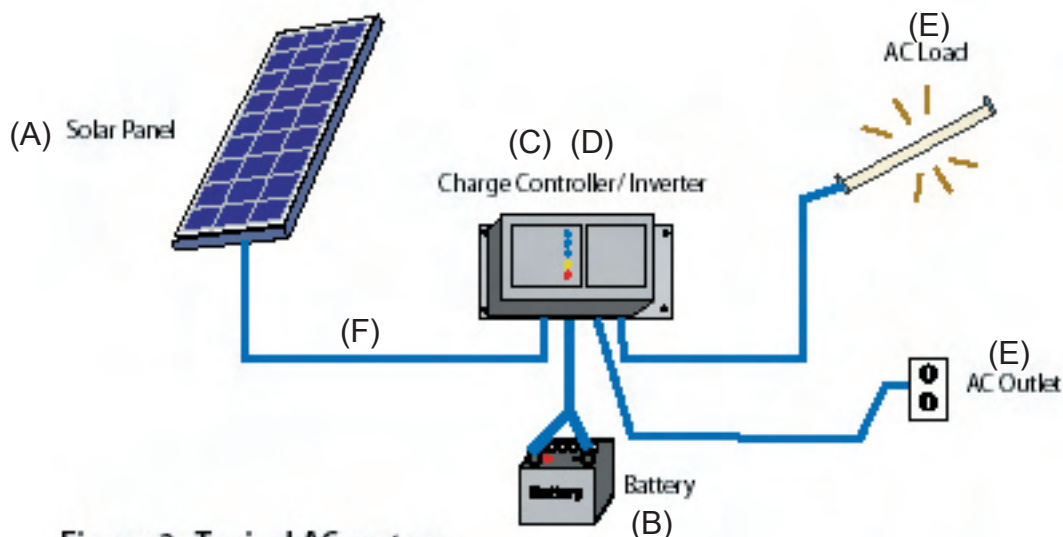


Figure 2. Typical AC system.

รูปที่ 2 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป

2.0 การทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น รูปข้างล่างแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีแสงแดดตกกระทบลงบนแผงโซลาร์เซลล์ จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมาและทำให้หลอดไฟสว่างได้ แต่เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ แผงโซลาร์เซลล์ ก็จะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ และหลอดไฟก็จะไม่ติด

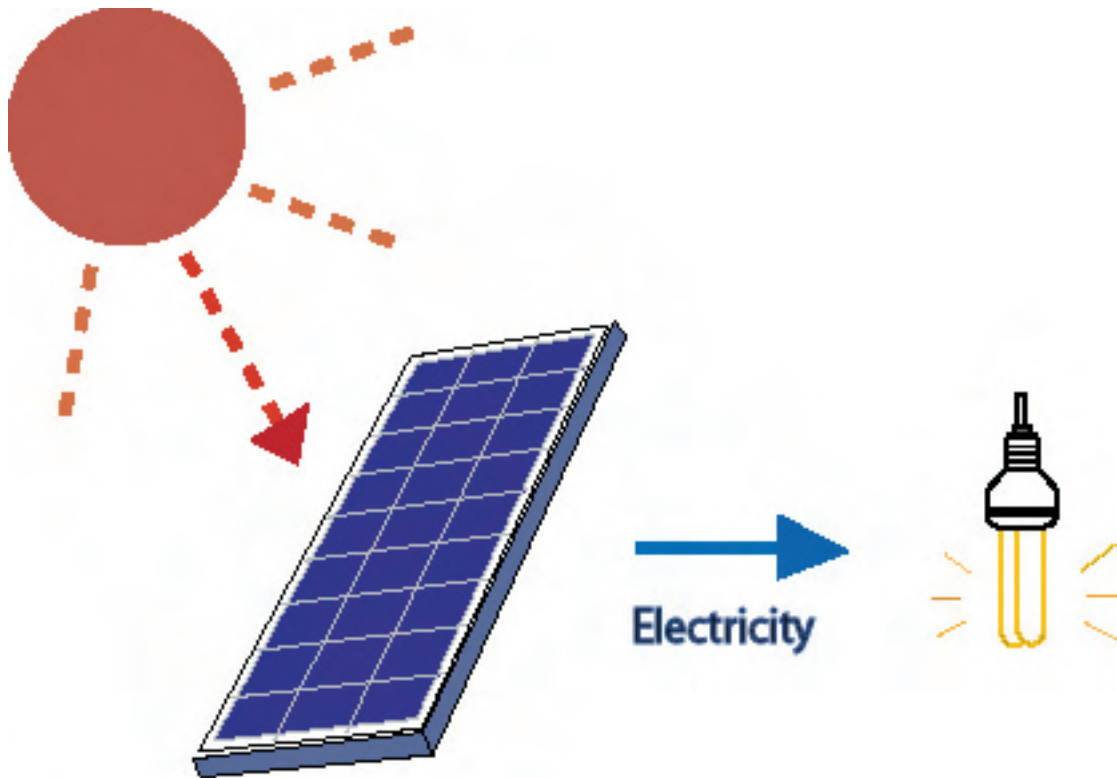


Figure 3. A solar panel and its load.

รูปที่ 3 แผงโซลาร์เซลล์และหลอดไฟฟ้า

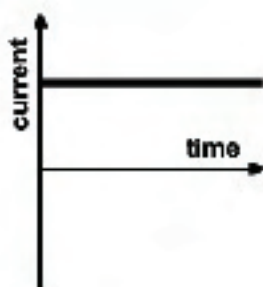
รูปข้างบนเป็นตัวอย่างระบบที่ง่ายที่สุดของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ในรูปที่ 3 ไฟฟ้าจะสว่าง (ทำงาน) เมื่อมีแสงสว่างเพียงพอสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ในการผลิตไฟฟ้า

โหลดไฟฟ้า หมายถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น หลอดไฟเมื่อเปิดก็ถือว่าเป็นโหลดไฟฟ้าเพราะว่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไฟฟ้าไหลมาผ่านสายไฟ

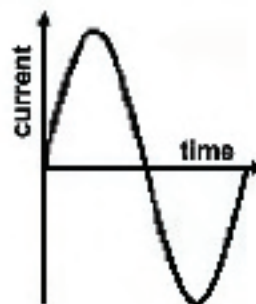
3.1 ความแตกต่างระหว่างไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

กระแสไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไปตามบ้านเรือนในเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างเช่น วิทยุ โทรทัศน์ ตู้เย็น และหลอดไฟ คือ ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต่อผ่านระบบเครือข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าเข้ามในบ้าน

ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่จะใช้ในบ้านที่ไม่ต่อกับระบบเครือข่ายไฟฟ้า และการใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยตรง



(ก) กระแสตรง



(ข) กระแสสลับ

(WWF - Energy & Galapagos)

รูปที่ 4 ไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง

แผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงและแบตเตอรี่จะทำการกักเก็บพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้ ในรูปที่ 4 ก. แสดงรูปของไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งขนาดกระแสจะไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับกระแสสลับจะเปลี่ยนค่าขึ้นลงดังรูป 4 ข. โดยจะเปลี่ยนแปลง 60 รอบใน 1 วินาที (ขึ้นและลงกลับมาที่จุดเดิมนับเป็นหนึ่งรอบ)

กระแสไฟฟ้า คือ การไหลของไฟฟ้าผ่านสายไฟ

3.2 กำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้

แผงโซลาร์เซลล์ทุกแผงสามารถผลิตไฟฟ้าได้จำกัด พิกัดกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์สามารถคำนวณได้จากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่แผงสามารถผลิตได้ โดยทั่วไป แผงจะผลิตไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้า 12 หรือ 14 โวลต์ ดังนั้น ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จะเป็นตัวกำหนดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ จากสมการข้างล่าง เราสามารถคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้หรือไฟฟ้าที่เราต้องใช้

$$\text{กำลังไฟฟ้า} = \text{กระแสไฟฟ้า} * \text{แรงดัน} = \text{วัตต์}$$

หน่วยของกำลังไฟฟ้า คือ วัตต์

หน่วยของแรงดันไฟฟ้า คือ โวลต์

หน่วยของกระแสไฟฟ้า คือ แอมแปร์

ถ้าแผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้า 3 แอมป์ ที่แรงดัน 12 โวลต์ ปริมาณกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถผลิตได้ คือ 36 วัตต์

$$\begin{array}{ccc} 3 \text{ แอมป์} & * & 12 \text{ โวลต์} \\ (\text{กระแส}) & & (\text{แรงดัน}) \end{array} = 36 \text{ วัตต์} \quad (\text{กำลังไฟฟ้า})$$

ถ้าคุณมีแผงโซลาร์เซลล์ 2 แผงที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์ ที่ 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้คือ 72 วัตต์:

$$3 \text{ แอมป์} * 12 \text{ โวลต์} = 36 \text{ วัตต์} * 2 \text{ แผง} = 72 \text{ วัตต์}$$

ถ้าในกรณีแผงโซลาร์เซลล์ขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 6 แอมแปร์ ที่ 12 โวลต์ แล้วไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 72 วัตต์:

$$6 \text{ แอมแปร์} * 12 \text{ โวลต์} = 72 \text{ วัตต์}$$

ทุกๆ แผงโซลาร์เซลล์ มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่แผงผลิตได้ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์และปัจจัยอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงในภายหลัง

3.3 วัตต์ และ วัตต์-ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้า = วัตต์

วัตต์ (Watt, W) เป็นกำลังไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตได้หรือกำลังไฟฟ้าที่หลอดไฟต้องการ

พลังงาน = วัตต์-ชั่วโมง

วัตต์-ชั่วโมงเป็นพลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตหรือพลังงานที่หลอดไฟต้องการในช่วงเวลาหนึ่ง

วัตต์-ชั่วโมง = วัตต์ x จำนวนชั่วโมง

ตัวอย่างเช่น หลอดไฟขนาด 13 วัตต์ 1 ดวงต้องการกำลังไฟฟ้า 13 วัตต์ สำหรับเปิดไฟดวงนี้

ถ้าหลอดไฟดวงนี้เปิดไว้ 3 โมง หลอดไฟนี้จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 13 วัตต์ x 3 ชั่วโมง หรือ 39 วัตต์-ชั่วโมง

13 วัตต์ X 3 ชั่วโมง = 39 วัตต์-ชั่วโมง

4.0 แสงจากดวงอาทิตย์

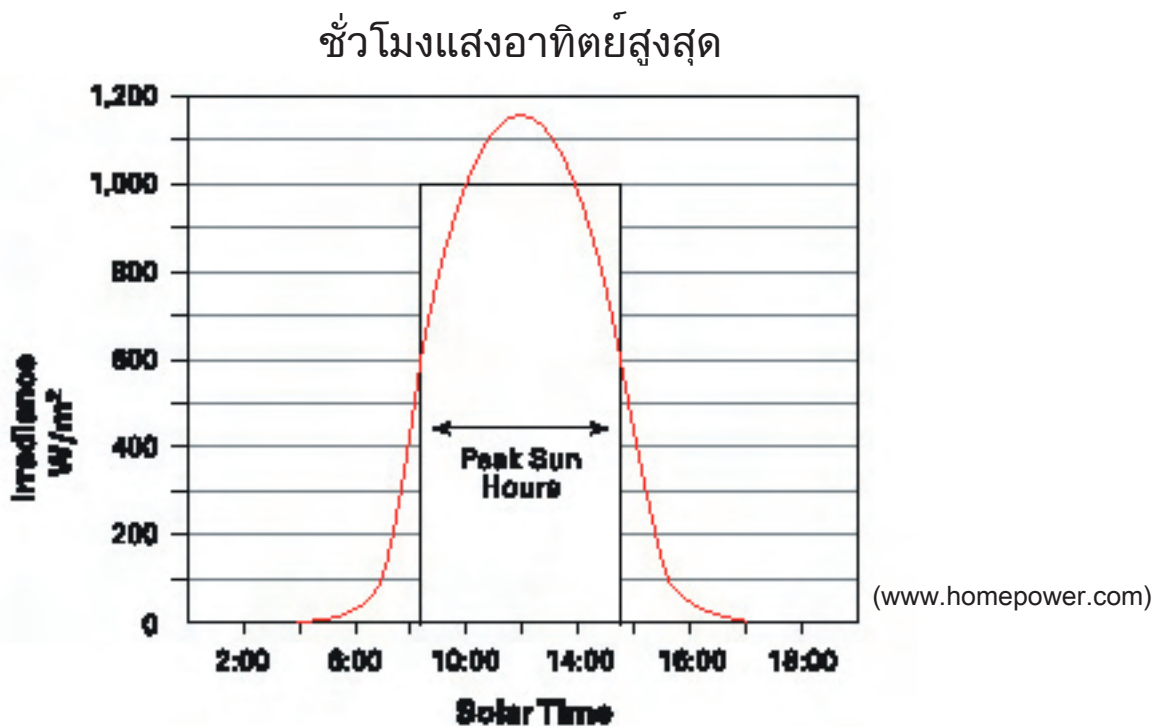
ความรู้ความเข้าใจเรื่องแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ในบทนี้จะอธิบายพื้นฐานการส่องแสงของดวงอาทิตย์และวิธีการวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่

4.1 ชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak Sun Hour)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ เราต้องรู้ปริมาณแสงอาทิตย์ในพื้นที่ซึ่งระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์จะสามารถรับแสงและผลิตไฟฟ้าได้ สำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลกนั้น ค่าเฉลี่ยของปริมาณแสงอาทิตย์ได้มีการสำรวจแล้ว โดยค่าเฉลี่ยปริมาณของแสงอาทิตย์จะอยู่ในหน่วยชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (Peak Sun Hour, PSH)

ชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (PSH) เท่ากับ 1 แสดงถึงชั่วโมงหนึ่งชั่วโมงที่มีค่าแสงแดดดีมากและไม่มีเมฆ ดังนั้นถ้าในพื้นที่มีค่า PSH เท่ากับ 4 จะหมายความว่า โดยเฉลี่ยแล้ว พื้นที่นั้นจะมีจำนวนชั่วโมงที่แดดดีมาก 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยแสงแดดดีมากหรือแสงอาทิตย์สูงสุดจะนิยามโดยเท่ากับการที่แสงแดดที่มีความเข้มแสง 1,000 วัตต์/ตารางเมตรสม่ำเสมอตลอด 1 ชั่วโมง

เราสามารถคำนวณค่า PSH ได้โดยการหาผลรวมของปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับทุกชั่วโมงตลอดวัน และนำผลรวมที่ได้ไปหารด้วยค่า 1,000 วัตต์/ตารางเมตร ในรูปที่ 5 กราฟรูปประฆังคว่ำแสดงถึงปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละชั่วโมงของวัน และรูปสี่เหลี่ยมแสดงถึงจำนวนของชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุดของวัน ในตารางที่ 1



รูปที่ 5 แผนภาพของชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด

ในแต่ละชั่วโมงของวันดวงอาทิตย์จะให้แสงที่มีค่าความเข้มแสง (หน่วย วัตต์/ตารางเมตร) ต่างๆ กัน ในการที่จะหาจำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุดของวัน เราจะต้องทราบผลบวกของความเข้มแสงในแต่ละชั่วโมงและนำผลรวมไปหารด้วย 1,000 วัตต์/ตารางเมตร

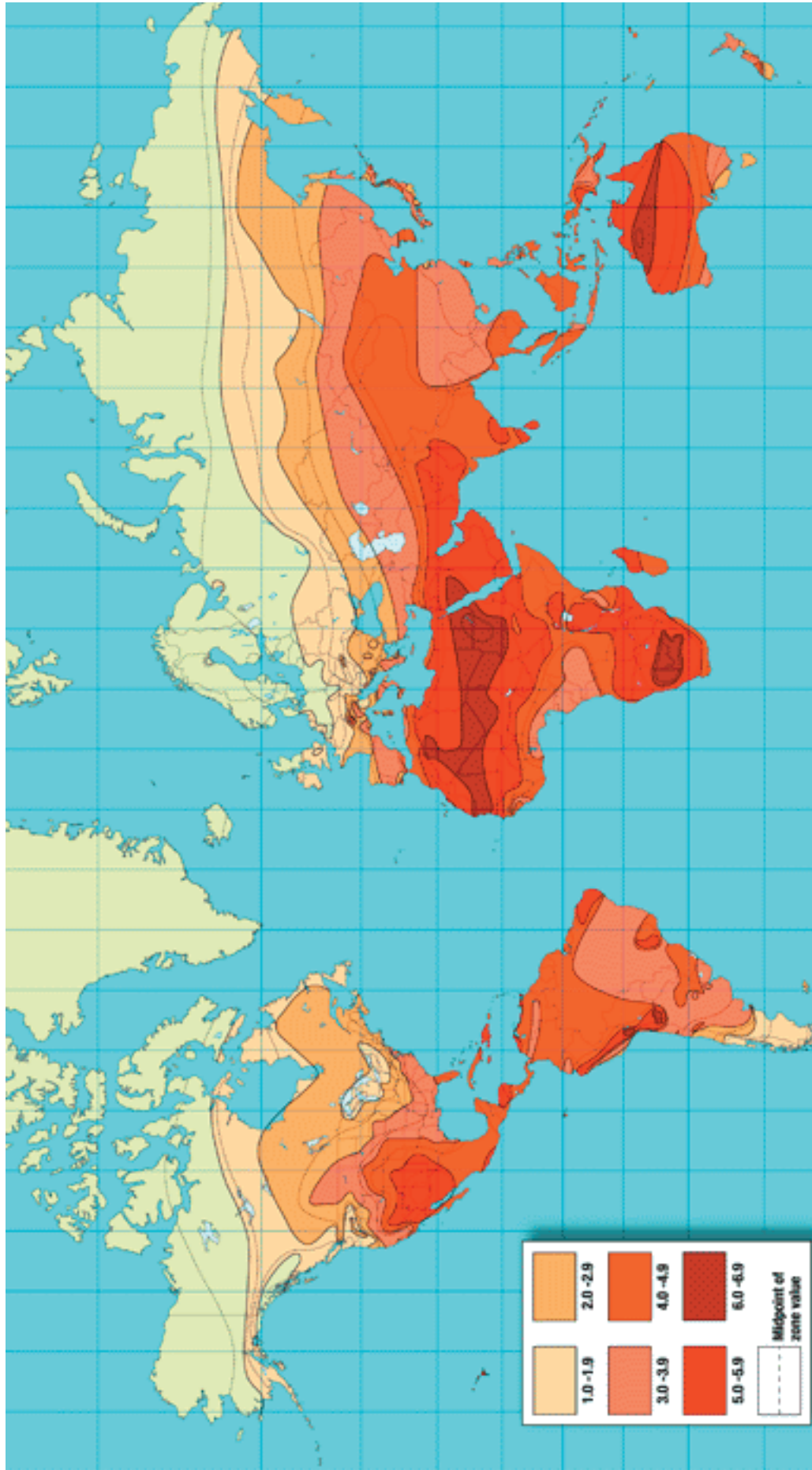
ชั่วโมง	วัตต์ / ตร.ม.	วัตต์-ชั่วโมง / ตร.ม.
5.00 - 6.00	0	0
6.00 - 7.00	25	25
7.00 - 8.00	25	25
8.00 - 9.00	50	50
9.00 - 10.00	300	300
10.00 - 11.00	1000	1000
11.00 - 12.00	1200	1200
12.00 - 13.00	1000	1000
13.00 - 14.00	300	300
14.00 - 15.00	50	50
16.00 - 17.00	25	25
17.00 - 18.00	25	25
18.00 - 19.00	0	0
รวม วัตต์-ชั่วโมง/ตร.ม.ทั้งหมด		4000

ตาราง 1

$\frac{\text{วัตต์-ชั่วโมง / ตร.ม. / วัน}}{1000 \text{ วัตต์ / ตร.ม.}}$	= จำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด
$\frac{4000 \text{ วัตต์-ชั่วโมง / ตร.ม. / วัน}}{1000 \text{ วัตต์ / ตร.ม.}}$	= 4 PSH

อย่างไรก็ตาม แสงอาทิตย์ในแต่ละวันจะมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งจะให้ค่า PSH ที่ต่างๆ กันด้วย ดังนั้นถ้าเราต้องการทราบค่า PSH เฉลี่ยของพื้นที่หนึ่ง เราจำเป็นต้องทำการคำนวณตามที่แสดงข้างบนในทุกๆ วันตลอดหนึ่งปี และคำนวณค่าเฉลี่ยออกมา ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ป่าเมซอนของประเทศเอกวาดอร์ มีค่า PSH เท่ากับ 3 แม้ว่าบางวันจะมีค่า PSH เท่ากับ 5 และบางวันมีค่า PSH เพียง 1 แต่เมื่อเฉลี่ยทั้งปีแล้วจะได้ค่า PSH เท่ากับ 3 แต่พวกเราไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลและคำนวณดังกล่าว เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการเก็บข้อมูลเหล่านี้แล้วหลายปีที่ผ่านมา และได้สร้างแผนที่แสงอาทิตย์ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 6 ในหน้าถัดไป แม้ว่าแผนที่แสงอาทิตย์จะถูกสร้างขึ้นสำหรับฤดูกาลหนึ่งๆ ไม่ตรงกับฤดูกาลจริงปริมาณแสงแดดจะไม่เท่ากัน และค่าเฉลี่ยที่ได้จะหายากเกินไปสำหรับการออกแบบระบบจริง แต่แผนที่นี้ก็ให้ภาพคร่าวๆ ที่ดีเกี่ยวกับค่า PSH ของทั่วทั้งโลก

แผนที่แสดงอาทิตย์แสดงค่า PSH ของทุกส่วนในโลก



(http://www.sunwize.com/info_center/insolmap.htm)
รูปที่ 6 แผนที่แสดงอาทิตย์แสดงค่า PSH

4.2 การวางแผงโซลาร์เซลล์

เมื่อรู้จักดวงอาทิตย์ดีแล้ว เราก็ต้องศึกษาการตั้งแผงโซลาร์เซลล์ให้ถูกต้องเพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดเมื่อวางแผงตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ตลอดทั้งวัน แต่ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถที่จะเคลื่อนแผงเพื่อให้วางตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา

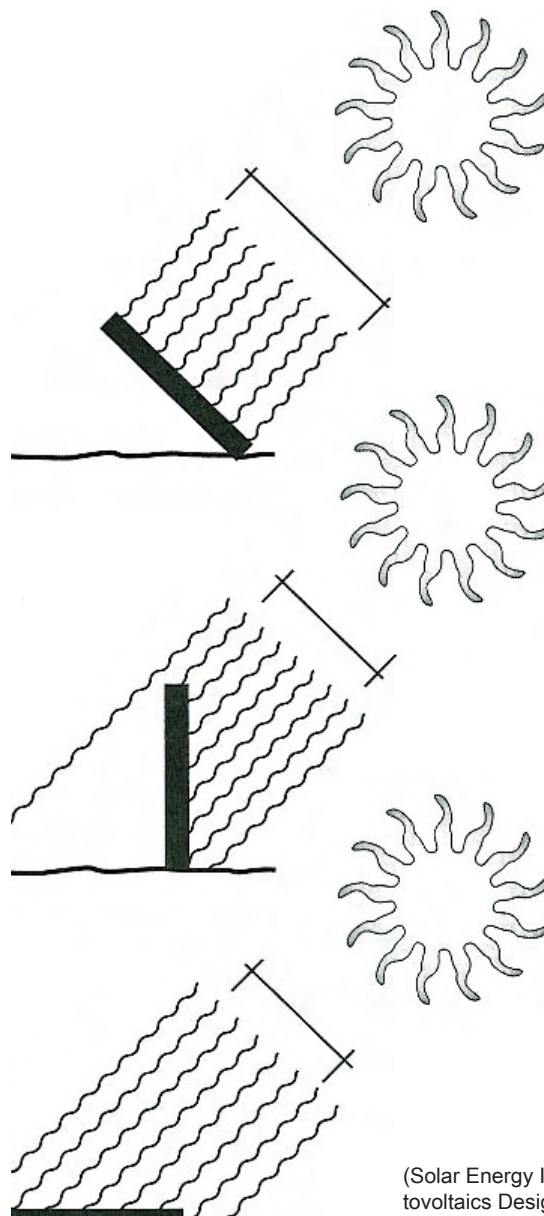
โดยทั่วๆ ไป ตำแหน่งเฉลี่ยดีที่สุดสำหรับการวางแผงโซลาร์เซลล์คือให้วางเอียงหันหน้าไปยังเส้นศูนย์สูตรโดยทำมุมเอียงกับพื้นราบโดยประมาณเท่ากับละติจูดของพื้นที่นั้น ดังนั้น สำหรับพื้นที่ที่อยู่บนเส้นศูนย์สูตร มุมที่เหมาะสมที่สุดคือวางราบกับพื้น แต่ว่าเราจะต้องเอียงแผงโซลาร์เซลล์เล็กน้อยเพื่อให้น้ำฝนสามารถล้างสิ่งสกปรกออกไปได้

รูปข้างล่างแสดงการวางแผงโซลาร์เซลล์สำหรับพื้นที่ประมาณ 30 องศาเหนือ หรือใต้ ของเส้นศูนย์สูตร

แสงอาทิตย์ปริมาณมากกว่าตกลงบนพื้นผิวที่วางเอียงตั้งฉากกับแสง

แสงอาทิตย์ที่น้อยกว่าตกลงบนพื้นผิวที่วางตั้ง

แสงอาทิตย์ที่น้อยกว่าตกลงบนพื้นผิวที่วางราบ



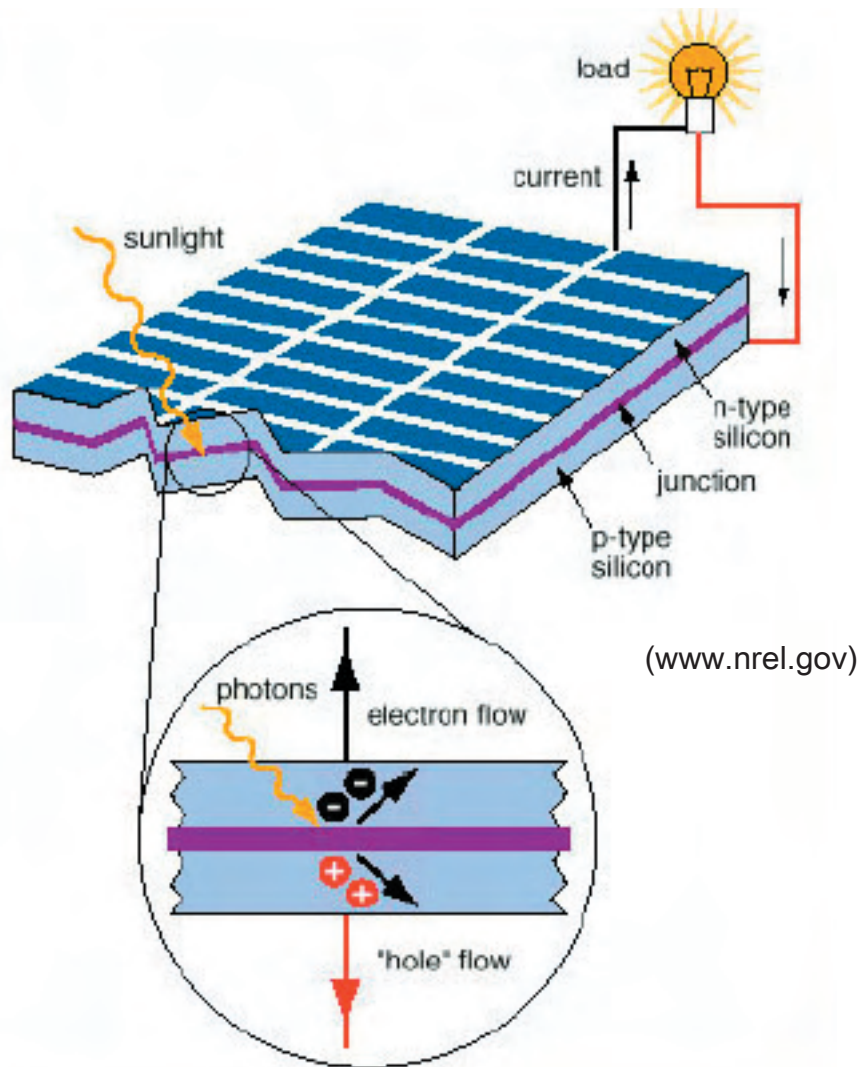
(Solar Energy International - Photovoltaics Design and Installation)

รูปที่ 7 การวางแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่างกัน

5.0 การผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์จะแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยในแผงจะประกอบด้วยโซลาร์เซลล์หลายๆ เซลล์

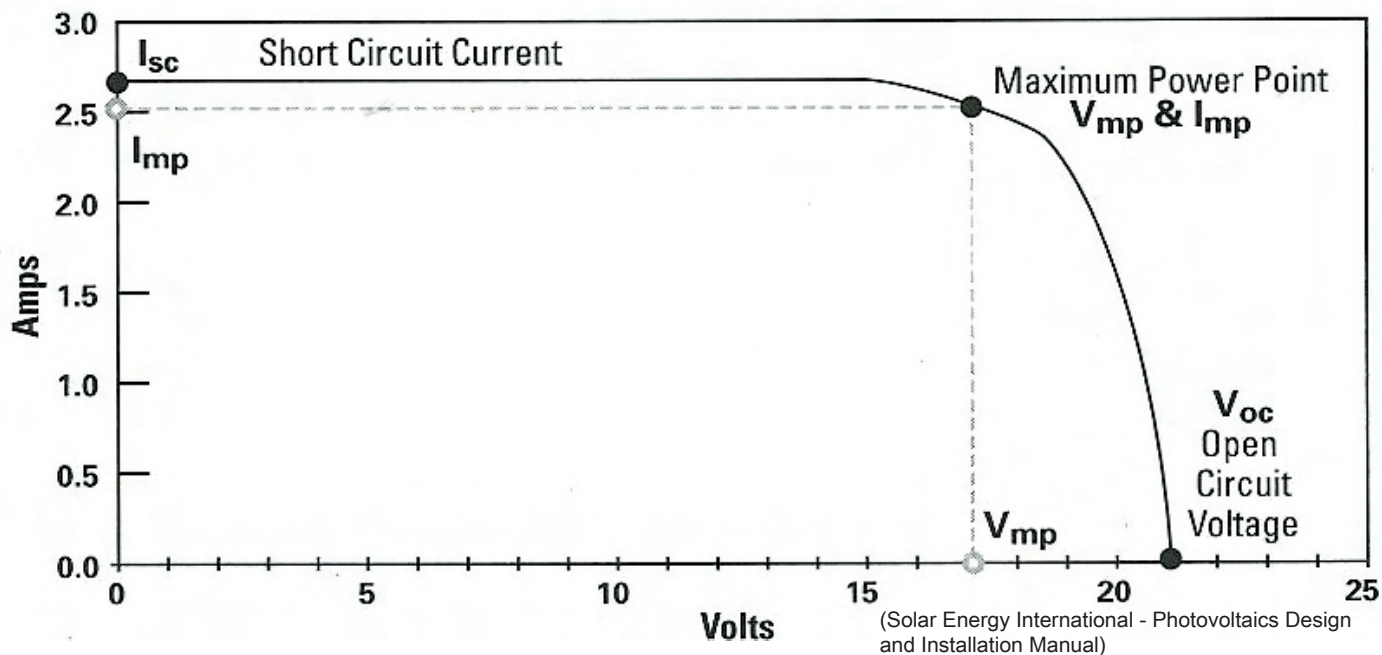
แผงโซลาร์เซลล์ทำงานโดยการรวบรวมพลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งพลังงานของแสงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของโฟตอน เมื่อโฟตอนเข้ามาตกกระทบบนโซลาร์เซลล์ พลังงานของโฟตอนจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ ซึ่งก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในที่สุด



รูปที่ 8 การผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

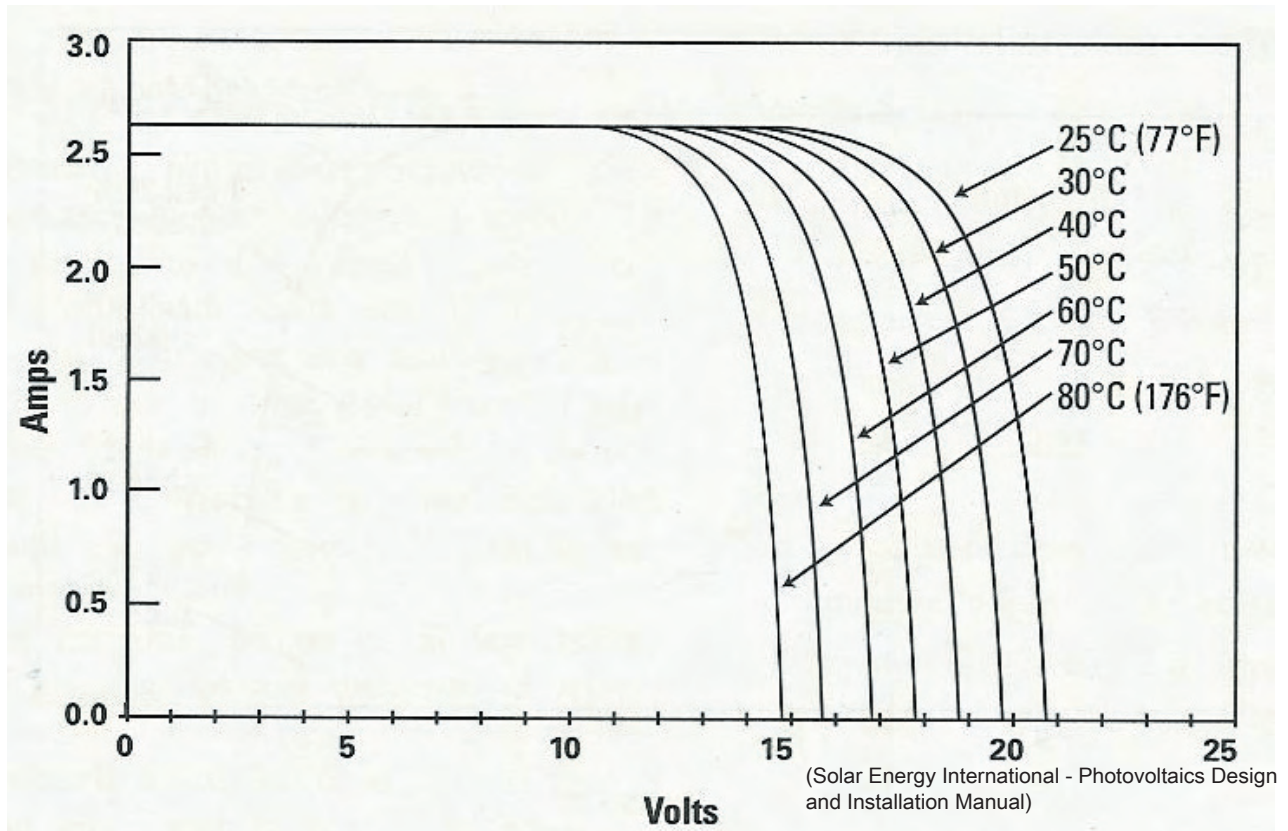
5.1 กราฟ I-V

กำลังไฟฟ้า = กระแส * แรงดัน

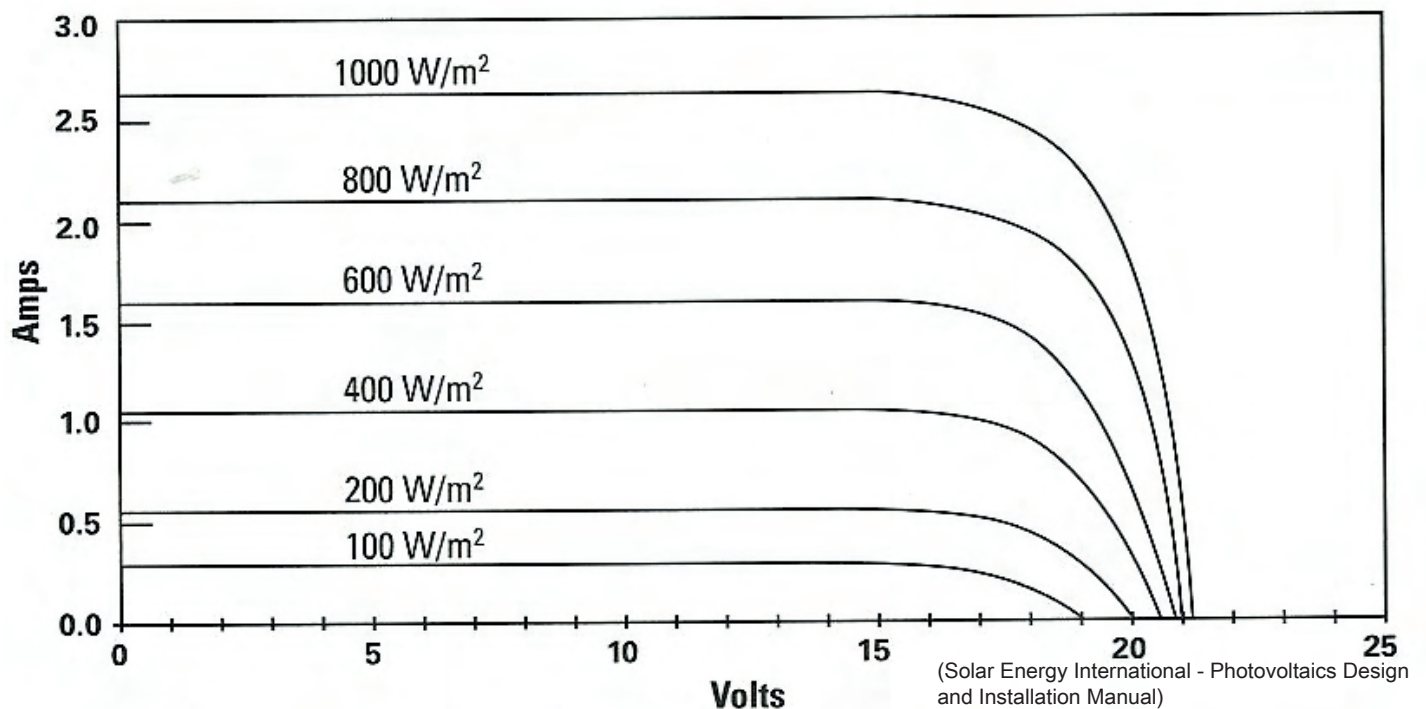


รูปที่ 9 กราฟ I-V

5.2 การเปลี่ยนแปลงในกราฟ I-V



รูปที่ 10 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกราฟ I-V



รูปที่ 11 ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีต่อกราฟ I-V

6.0 ตัวควบคุมการเก็บประจุ

ตัวควบคุมการเก็บประจุถือว่าเป็นส่วนมันสมองของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ เราจะต้องเดินสายเชื่อมโยงทั้งจากแผงโซลาร์เซลล์, แบตเตอรี่, และอุปกรณ์ไฟฟ้า ไปรวมกันที่ตัวควบคุมการเก็บประจุนี้ ตัวควบคุมฯ จะควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ไหลเข้าไปและออกจากแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งเราอาจจะแบ่งการทำงานของตัวควบคุมการเก็บประจุออกเป็น 3 ส่วน คือ

- ป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จไฟที่มากเกินไป โดยควบคุมการชาร์จไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ไปยังแบตเตอรี่
- ป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุออก (ดิสชาร์จ) มากเกินไป โดยจะตัดโหลดหรือการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าออกไปเมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำเกินไป
- แสดงข้อมูลสถานะทำงานของตัวควบคุมการเก็บประจุ



รูปที่ 12 ตัวควบคุมการเก็บประจุ ยี่ห้อ สเตกา (Steca) (ซ้าย) และ มอร์นิง สตาร์ (Morning Star) (ขวา)

7.0 การเดินสายไฟ

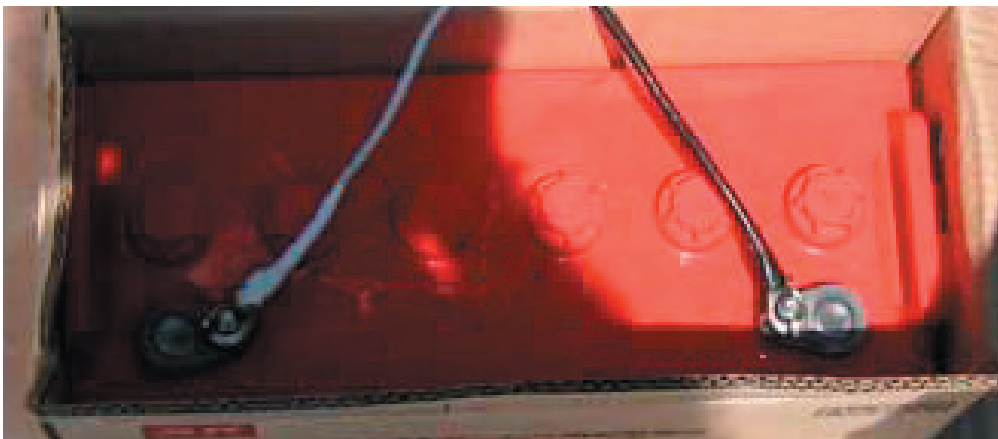
เราจะต้องเดินสายไฟเพื่อนำกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ผ่านตัวควบคุมการเก็บประจุไปยังแบตเตอรี่ และเราต้องต่อสายไฟเพื่อนำไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยผ่านตัวควบคุม การเก็บประจุก่อน กระแสไฟฟ้าก็มีลักษณะเช่นเดียวกับกระแสน้ำ ถ้าท่อน้ำมีขนาดเล็กเกินไป น้ำก็จะไหลผ่านท่อน้ำไม่คล่อง ซึ่งก็เพราะว่าท่อที่เล็กเกินไปจะมีความต้านทานมากนั่นเอง

ในระบบไฟฟ้าก็เช่นเดียวกัน ถ้าเราเดินสายไฟที่ขนาดไม่เหมาะสมหรือติดตั้งไม่ถูกต้อง ไฟฟ้าก็จะไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ไม่เต็มที่ เช่น ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้ามีค่าลดลง เป็นต้น ซึ่งการเดินสายไฟนั้นมี 2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ขนาดของสายไฟ และ จุดเชื่อมต่อไฟฟ้า

ถ้าสายไฟมีขนาดเล็กมากเกินไป หรือถ้าเราเชื่อมต่อส่วนประกอบไฟฟ้าไม่ดี ก็จะทำให้เกิดค่าความต้านทานมากซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลง หรืออาจจะทำให้ระบบทำงานไม่ได้ตามที่ต้องการ

7.1 จุดเชื่อมต่อไฟฟ้า

เพื่อให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นไปอย่างสมบูรณ์ จุดเชื่อมต่อไฟฟ้าทุกๆ จุดต้องอยู่ในสภาพที่สะอาด และเป็นระเบียบ จุดเชื่อมต่อต้องต่อให้แน่นสนิท ซึ่งถ้าทำอย่างหลวมๆ แล้วจะทำให้เกิดความต้านทานมาก และสายไฟอาจจะหลุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อไฟฟ้าต้องมีความเหมาะสมทั้งเรื่องรูปร่างและวัสดุที่ใช้ต้องนำไฟฟ้าได้ดี



รูปที่ 13 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่

7.3 การคำนวณขนาดสายไฟ

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟ แรงดันไฟฟ้าจะสูญเสียไปบางส่วนเนื่องจากความต้านทานของสายไฟ ความต้านทานนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในระบบไฟฟ้าทุกระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ เช่น ระบบไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าไป 2 โวลต์ ในระบบไฟฟ้า 240 โวลต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนแล้วจะพบว่าสูญเสียแรงดันไปเพียง 1%

แต่ถ้าสูญเสียแรงดันไป 2 โวลต์ ในระบบไฟฟ้า 12 โวลต์ ก็จะเท่ากับสูญเสียแรงดันไปถึง 17% ที่เดียว ดังนั้น ในระบบที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำเรื่องการสูญเสียแรงดันจากความต้านทานในสายไฟเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมาก

ปริมาณแรงดันที่สูญเสียในสายไฟขนาดหนึ่งๆ นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของสายไฟ และความยาวของสายไฟ

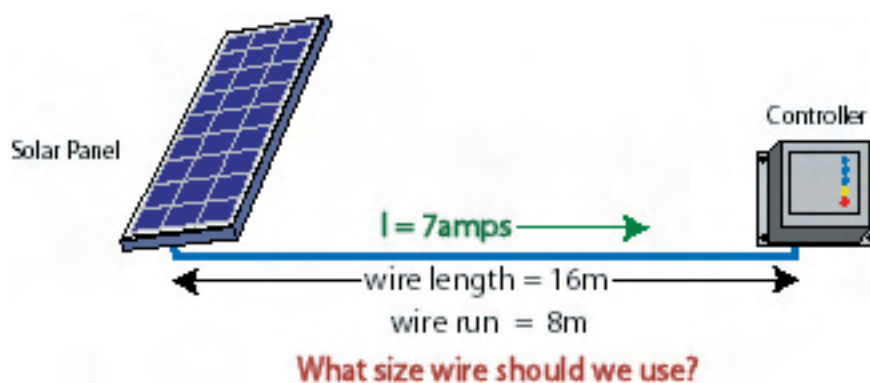
โดยทั่วไปแล้ว เราไม่ต้องการให้เกิดความสูญเสียแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 5% ดังนั้นในระบบไฟฟ้า 12 โวลต์ เราจะต้องไม่ให้ไฟฟ้าตกมากกว่า 0.6 โวลต์ ตาราง 2 ในหน้าถัดไป จะให้ข้อมูลขนาดของสายไฟที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 ขนาดสายไฟที่เหมาะสม

The voltage losses in the chart below were calculated using Ohm's Law, and are theoretical. Safety margin should be built into the design to take into consideration deterioration of wire splices, power brownouts, etc.

VOLTAGE LOSS PER 100m OF WIRE RUN (VOLTS PER 200m OF WIRE)			
FLOW (AMPS)	WIRE SIZE (mm ²)		
	1.5	2.5	4.0
0.1	0.21	0.14	0.08
0.2	0.43	0.27	0.17
0.3	0.64	0.41	0.25
0.4	0.86	0.54	0.34
0.5	1.07	0.68	0.42
0.6	1.29	0.81	0.51
0.7	1.50	0.95	0.59
0.8	1.72	1.08	0.68
0.9	1.93	1.22	0.76
1.0	2.15	1.35	0.85
2.0	4.29	2.70	1.69
3.0	6.44	4.05	2.54
4.0	8.58	5.41	3.38
5.0	10.73	6.76	4.23
6.0	12.87	8.11	5.08
7.0	15.02	9.46	5.92
8.0	17.16	10.81	6.77
9.0	19.31	12.16	7.62
10.0	21.45	13.51	8.46

ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 14 การคำนวณขนาดของสายไฟ

ในรูปที่ 14 แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 7 แอมแปร์ที่แรงดัน 12 โวลต์ ในช่วงที่แสงแดดดี สายไฟที่เชื่อมจากแผงโซลาร์เซลล์ไปยังตัวควบคุมตัวเก็บประจุมีความยาว 8 เมตร

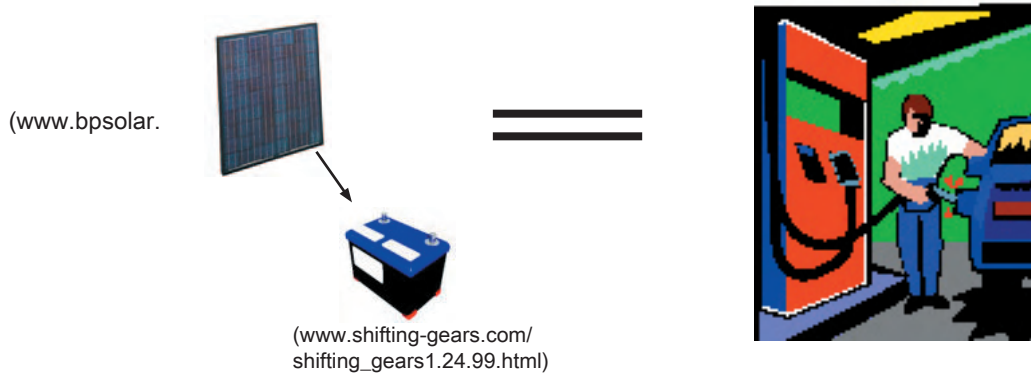
เมื่อดูจากตารางในหน้าที่ผ่านมาจะพบว่า เมื่อเราใช้สายไฟทองแดงขนาด 1.5 ตารางมิลลิเมตร แรงดันไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟระยะ 100 เมตร เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 7 แอมแปร์ คือ ประมาณ 15 โวลต์ แต่เราต้องการเดินสายไฟเพียงแค่ 8 เมตร ดังนั้นระบบของเราจะมีแรงดันสูญเสียคือ $8/100 * 15 = 1.2$ โวลต์ ซึ่งมากกว่าค่าแรงดันสูญเสียที่เราต้องการ (0.6 โวลต์) ถึง 2 เท่า อย่างไรก็ตามเราจะพบว่ามีการใช้สายไฟชนิดนี้บ่อยครั้ง

จากตารางถ้าเราใช้สายไฟขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร แรงดันสูญเสียในระบบจะเท่ากับ $8/100 * 9.46$ หรือ 0.8 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่เราต้องการและอาจจะสามารถเลือกใช้ได้ แต่มีข้อแม้ว่าเราต้องไม่เดินสายในระยะที่ไกลมากขึ้น

ถ้าเราใช้สายไฟขนาด 4 ตารางมิลลิเมตร แรงดันสูญเสียจะเท่ากับ $8/100 * 6 = 0.48$ โวลต์ ซึ่งน้อยกว่าค่า 0.6 โวลต์ที่เราตั้งไว้ ดังนั้นตัวเลือกที่ดีที่สุดในที่นี้ก็คือสายขนาด 4 ตารางมิลลิเมตร

8.0 แบตเตอรี่

ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์อาจจะถือว่าเป็นระบบไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่มีแผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวจ่ายไฟเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ แบตเตอรี่จะสะสมพลังงาน (วัตต์-ชั่วโมง) เหมือนถังน้ำมันที่กักเก็บน้ำมันไว้

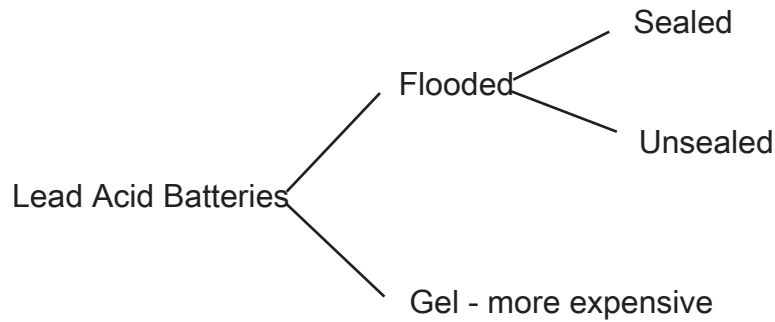


รูปที่ 15 เปรียบเทียบระหว่างแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่กับน้ำมันและถังเก็บน้ำมัน

ในรถยนต์เมื่อน้ำมันหมดเราก็ไปเติมน้ำมันที่ปั้มน้ำมัน ซึ่งการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ก็เช่นเดียวกัน ในระหว่างวันแผงโซลาร์เซลล์จะเติมประจุให้กับแบตเตอรี่และปล่อยประจุในตอนกลางคืนเพื่อจ่ายไฟฟ้าแก่หลอดไฟและวิทยุ

8.1 ชนิดของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่มีหลายชนิดโดยทั่วไปแบตเตอรี่ที่เรารู้จักจะเป็นแบบกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery) โดยในรูปข้างล่างจะแบ่งชนิดของแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วเอาไว้ ซึ่งแบตเตอรี่ที่เราใช้จะเป็นชนิด ฟลัด (Flooded)



รูปที่ 16 ชนิดของแบตเตอรี่กรดตะกั่ว

แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วผลิตขึ้นสำหรับใช้กับรถยนต์หรือระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์จะเรียกว่าแบตเตอรี่แบบรอบลึก (Deep Cycle Battery)



แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์- แบตเตอรี่จุดติดเร็ว



(www.absak.com/catalog/default.php/cPath/1_86_88)

แบตเตอรี่สำหรับระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์
- แบตเตอรี่แบบรอบลึก

ออกแบบเพื่อจ่ายกำลังสูงในช่วงเวลาสั้นๆ
สามารถชาร์จในอัตราที่ช้าหรือเร็วก็ได้

ออกแบบมาเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าจำนวนไม่มากต่อ
เนื่องในช่วงเวลายาวนาน

และออกแบบให้ทำการชาร์จไฟฟ้าในอัตราที่ช้า
ด้วย

8.2 ระดับของการถ่ายประจุออก

“ระดับของการถ่ายประจุออก (Depth of Discharge)” หมายถึง พลังงานไฟฟ้ามากเท่าใดในแบตเตอรี่ที่เราจะนำมาใช้ในแต่ละคืน

ยิ่งเราใช้พลังงานจากแบตเตอรี่น้อยเท่าใดในแต่ละคืน แบตเตอรี่ก็จะมีอายุการใช้งานที่ยาวมากขึ้นเท่านั้น

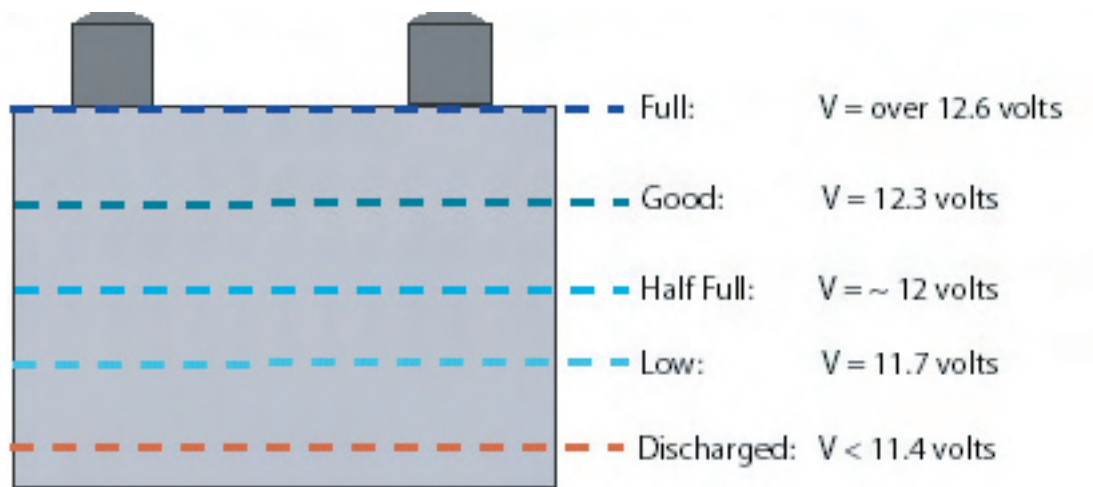
แบตเตอรี่ที่ถูกถ่ายประจุออก 50% อาจจะมีอายุการใช้งานเป็นสองเท่าของแบตเตอรี่ที่ถูกถ่ายเทประจุออก 80% ในแต่ละคืน

ดังนั้นเมื่อเราคำนวณขนาดของแบตเตอรี่เราต้องคำนึงถึงผลข้างต้นเอาไว้ เช่น ถ้าเราต้องการใช้ไฟฟ้า 100 วัตต์-ชั่วโมงจากแบตเตอรี่ในแต่ละคืน เราก็ควรจะเลือกแบตเตอรี่ที่มีขนาดสองเท่า ($2 \times 100 = 200$ วัตต์-ชั่วโมง) เพื่อให้แบตเตอรี่มีอายุยาวนานขึ้น

8.3 ระดับของการเก็บประจุ

เราจะรู้ได้อย่างไรว่าแบตเตอรี่ของเรามีระดับการเก็บประจุหรือไฟฟ้าสะสมอยู่เท่าใด วิธีหนึ่งที่จะรู้ได้ก็คือ การวัดความต่างศักย์โดยใช้เครื่องวัดดิจิตอล อย่างไรก็ตาม เราจะวัดความต่างศักย์ได้ก็ต่อเมื่อ

1. จุดเชื่อมต่อแบตเตอรี่กับตัวควบคุมการเก็บประจุถูกถอดออกแล้ว
2. ได้พักแบตเตอรี่เอาไว้หลังจากถอดออกจากระบบแล้ว 30 นาที



รูปที่ 17 ระดับของการเก็บประจุ

8.4 ความปลอดภัยในการใช้แบตเตอรี่

แบตเตอรี่อาจก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้ ซึ่งอันตรายที่เกิดจากแบตเตอรี่มี 3 ประเภท คือ สารเคมี ก๊าซติดไฟ และไฟฟ้าดูด

1.) สารเคมี – กรดที่อยู่ในแบตเตอรี่เป็นอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม



ถ้ากรดจากแบตเตอรี่หกรดบนผิวหนังจะสามารถเผาไหม้ผิวหนังได้ ซึ่งในกรณีที่เกิดกรดหกรดบนผิวหนังให้รีบนำโซดาไฟราดบนผิวหนังนั้นเพื่อหยุดการเผาไหม้



การทิ้งแบตเตอรี่เก่าในป่าจะทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม กรดในแบตเตอรี่เก่านั้นอาจจะปนเปื้อนในน้ำทำให้พืชและสัตว์ตายได้ ดังนั้นเราต้องนำแบตเตอรี่เก่ากลับไปคืนในร้านที่เราจะไปซื้อแบตเตอรี่ลูกใหม่มาแทนที่



สวมแว่นตาและถุงมือเมื่อทำงานที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่เพื่อป้องกันตัวจากสารเคมี

2.) ก๊าซติดไฟ– แบตเตอรี่จะปล่อยก๊าซที่ติดไฟได้ดีมากออกมา



ห้ามเก็บแบตเตอรี่ในพื้นที่ปิด ต้องให้อากาศถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา และห้ามจุดไฟหรือสูบบุหรี่ในบริเวณใกล้เคียงกับแบตเตอรี่



3.) ไฟฟ้าดูด – แบตเตอรี่เก็บพลังงานไฟฟ้าไว้จำนวนมากและสามารถช็อตคนตายได้



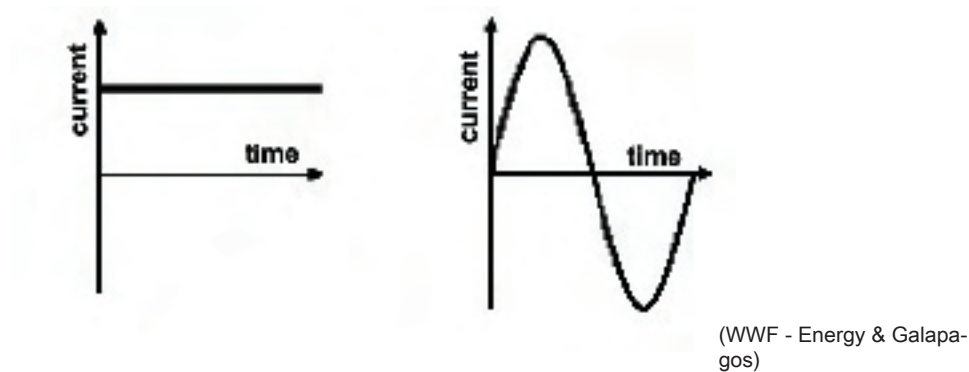
ใช้ไม้ทำกล่องหรือหิ้งสำหรับวางแบตเตอรี่ไว้ซึ่งถ้าใช้โลหะอาจจะนำไฟฟ้ามาเข้าสู่ผู้ปฏิบัติงานได้



เครื่องมือที่ใช้ต้องมีการพันเทปไว้ที่ปลายโดยเหลือส่วนที่จะใช้งานเท่านั้น

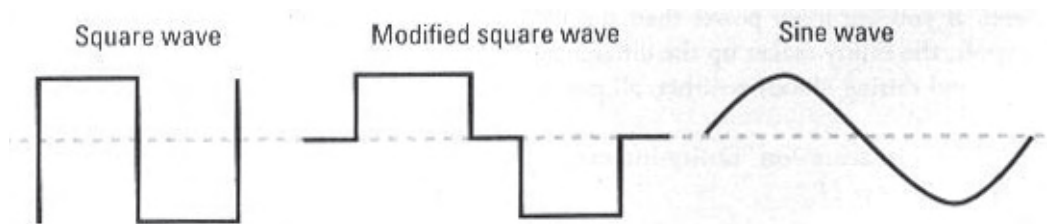
9.0 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งทำให้เราสามารถใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้แม้ว่าไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 18 ไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ

อินเวอร์เตอร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ อินเวอร์เตอร์คลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave), อินเวอร์เตอร์คลื่นกึ่งสี่เหลี่ยม (Modified (quasi)-square wave) และอินเวอร์เตอร์คลื่นไซน์ อินเวอร์เตอร์ที่ให้รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับต่างกันก็เหมาะที่จะกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่างกัน

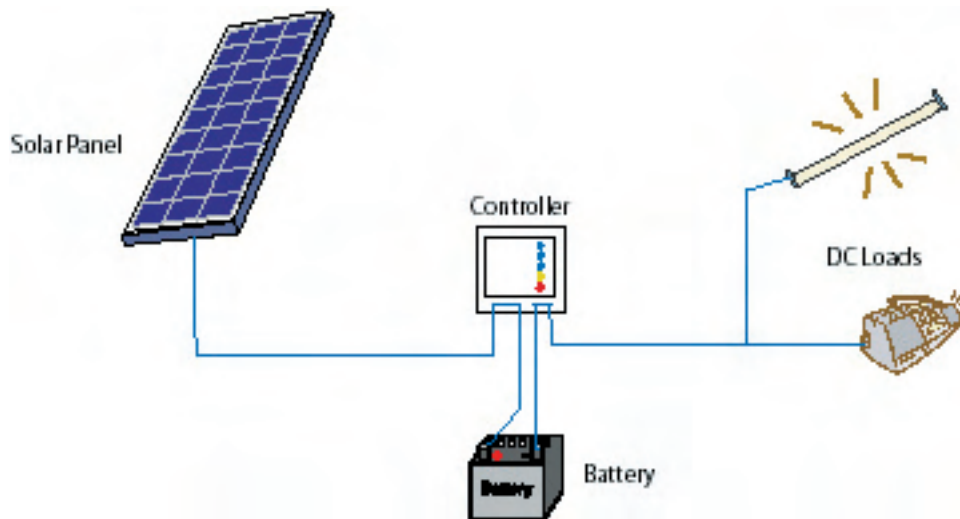


รูปที่ 19 ลักษณะของรูปคลื่นที่ออกมาจากอินเวอร์เตอร์แต่ละประเภท

ถ้าเราต้องการใช้คอมพิวเตอร์หรือต้องการชาร์จแบตเตอรี่ เราจะต้องเลือกใช้อินเวอร์เตอร์แบบคลื่นไซน์

10.0 การออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์

รูปที่ 14 แสดงให้เห็นถึงระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งระบบประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ตัวควบคุมการเก็บประจุ และอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 20 ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง

10.1 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน

ขั้นตอนแรกในการออกแบบระบบคือการหาข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ ซึ่งเมื่อเราทราบปริมาณโหลดการใช้ไฟฟ้า เราก็จะสามารถออกแบบระบบที่เหมาะสมกับความต้องการได้ ตารางแรกแสดงตัวอย่างการหาความต้องการไฟฟ้า ซึ่งกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปๆ สามารถประมาณได้ตามตารางในบทที่ 12.0

โหลดไฟฟ้า	จำนวน	วัตต์	ชั่วโมง/วัน	วัตต์-ชม./วัน
หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	2	20	4	160
หลอดไฟ LED	1	1	6	6
เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสดตรง (คอมพิวเตอร์ แท่นชาร์จถ่าน)	1	70	1	70
รวม				236

โหลดไฟฟ้า	จำนวน	วัตต์	ชั่วโมง/วัน	วัตต์-ชม./วัน
รวม				

10.2 ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์

ในขั้นที่ผ่านมาเราทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าแล้ว ขั้นตอนต่อไปในการออกแบบก็คือ การหาขนาดที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่างๆ ในระบบ ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ตัวควบคุมการเก็บประจุ และการเดินสายไฟ

เราต้องการให้ระบบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อโหลดการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด แต่อย่าลืมว่าเมื่อใดก็ตามที่มีกำลังไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไหลผ่านจากที่หนึ่งไปที่หนึ่งจะต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเกิดขึ้น ดังนั้นเราต้องออกแบบให้แผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ใหญ่เพียงพอเพื่อชดเชยกำลังสูญเสียด้วย และมีกำลังเหลือเพียงพอที่จะจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า

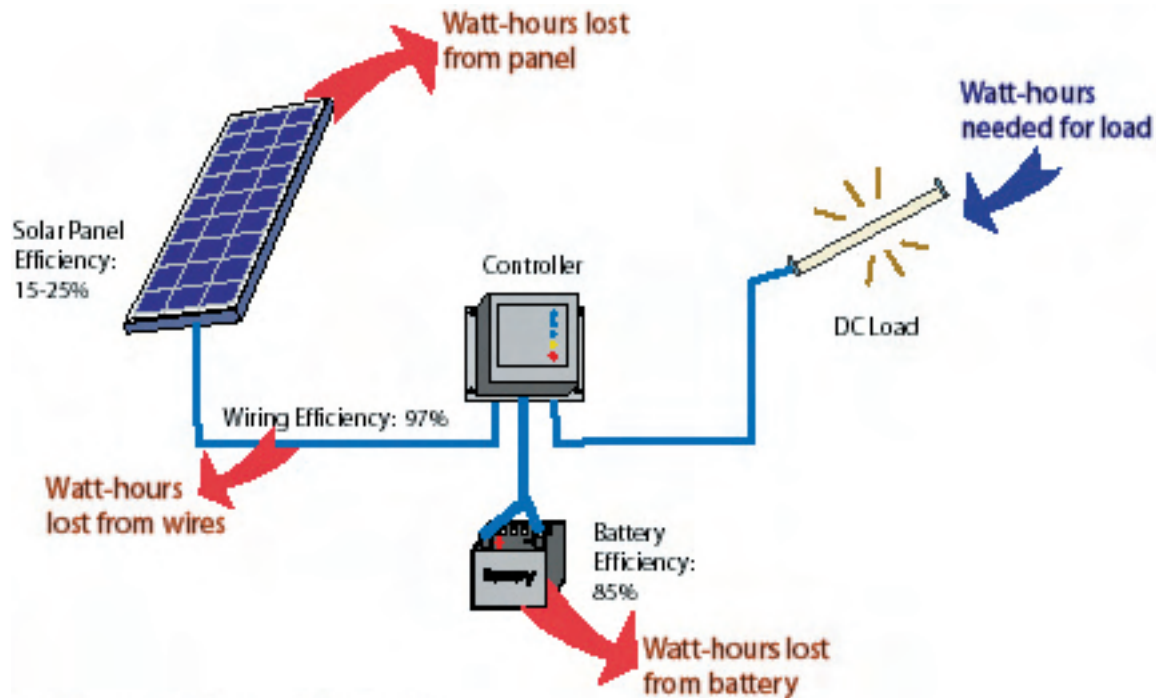


Figure 1. System Efficiency

รูปที่ 21 ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า

แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 1,000 วัตต์ จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 1,000 วัตต์ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงบนแผง แต่ในความเป็นจริงแล้ว แผงโซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้าได้ต่ำกว่าที่ค่าพิกัดโดยทฤษฎีไว้ดังต่อไปนี้

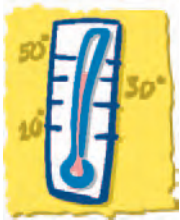
- แสงแดดที่ตกลงบนแผงต้องดีเพียงพอ (มีค่าความเข้มแสง 1,000 วัตต์/ตารางเมตร) และต้องตกตั้งฉาก
- พื้นผิวของแผงโซลาร์เซลล์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เมื่อแสงแดดมีความเข้มไม่เท่ากันตลอดวัน

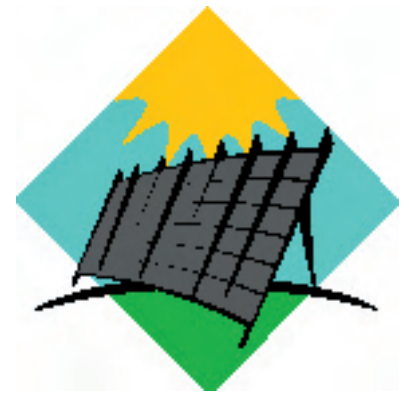
เราจะจัดการกับปัญหานี้โดยใช้จำนวนชั่วโมง PSH ตามที่อธิบายในบทที่ 4.1 เป็นตัวแทนของจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดจริงๆ ถึงแม้ว่าเราจะพบว่าเวลาที่มีแสงแดดนานถึง 6-8 ชั่วโมงใน 1 วัน แต่ว่าค่า PSH จะเป็นตัวแทนได้ดีกว่าในการคำนวณจำนวนวัตต์-ชั่วโมงที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ ตัวอย่างเช่น บางคนอาจจะคิดว่าแผงขนาด พิกัด 100 วัตต์ น่าจะผลิตไฟฟ้าได้ 600 – 800 วัตต์-ชั่วโมง ในหนึ่งวัน เพราะว่าในวันนั้นมีแสงสว่างตลอดวัน 6-8 ชั่วโมง แต่ในความเป็นจริงแล้ว ค่า PSH ในพื้นที่นั้นมีค่าเพียง 3 ซึ่งเราถือว่าแผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ต่ำกว่าพิกัดได้เพียง 3 ชั่วโมง คือ เท่ากับ 3 ชั่วโมง * 100 วัตต์ หรือ 300 วัตต์-ชั่วโมง

เมื่ออุณหภูมิไม่เท่าค่ามาตรฐาน

ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น แผงโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้าพิกัดได้เมื่ออุณหภูมิของแผงเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิของแผงที่เราใช้จริงนั้นไม่เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส เราต้องทำการปรับค่าประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป



แม้ว่าแผงต้องการแสงแดดมากๆ ในการผลิตไฟฟ้า แต่ในอากาศร้อน แผงจะไม่สามารถทำงานได้ดีเท่ากับที่อากาศเย็นที่ความเข้มแสงแดดเท่ากัน แผงจะทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส แผงจะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามค่าพิกัดได้



สำหรับทุกๆ องศาที่มากกว่า 25 องศา กำลังไฟฟ้าที่ได้จะลดลง 0.5% ซึ่งเป็นไปตามการคำนวณข้างล่าง

$$\text{อุณหภูมิอากาศ} + 15 \text{ องศา} = \text{อุณหภูมิของแผง}$$

$$\text{ถ้าอุณหภูมิอากาศ} = 30^\circ \text{C},$$

$$30^\circ \text{C} + 15^\circ \text{C} = 45^\circ \text{C}$$

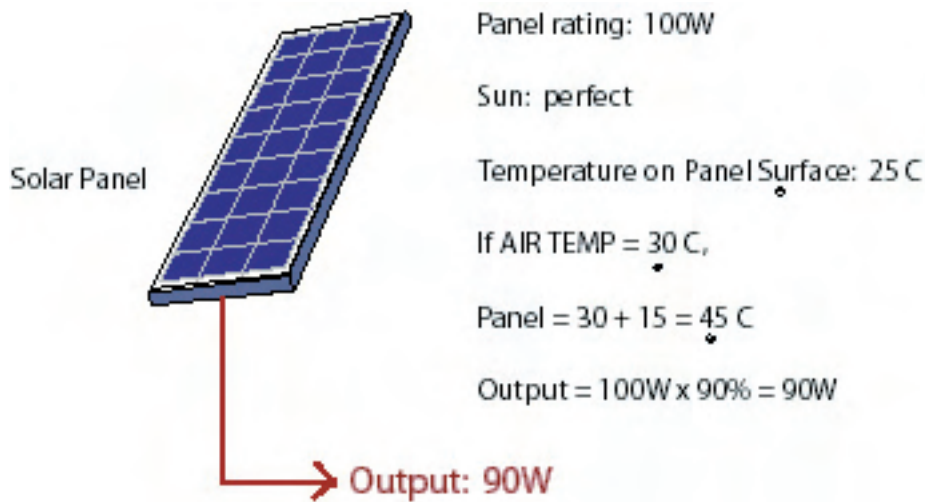
$$45^\circ \text{C} = \text{อุณหภูมิของแผง}$$

$$\text{อุณหภูมิที่แผงสามารถผลิตไฟฟ้าที่ค่าพิกัด} = 25^\circ \text{C}$$

$$45^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C} = 20^\circ \text{C} \text{ (คือ อุณหภูมิที่สูงกว่า 25 องศา ซึ่งแผงผลิตไฟฟ้าได้ที่ค่าพิกัด)}$$

$$20^\circ \text{C} * 0.5\% \text{ ต่อองศา} = 10\% \text{ ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงจะประมาณ 90\% ที่อุณหภูมิประมาณ 30^\circ \text{C}}$$

ในตัวอย่างนี้จะสูญเสียในแผงโซลาร์เซลล์ประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าพิกัด เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่สูง



รูปที่ 22 กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์

ถ้าเราติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 100 วัตต์ในพื้นที่ที่มีค่า PSH เท่ากับ 3 และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส เราสามารถประมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์นี้คือ

$$100\text{W จากแผง} \times 90\% \text{ (สูญเสียจากอุณหภูมิสูง)} \times 3 \text{ PSH ต่อวัน} \\ = 270 \text{ วัตต์-ชม.ต่อวัน}$$

แต่พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้นี้เป็นไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ไม่ใช่พลังงานไฟฟ้าที่เข้าสู่โหลด เราจะต้องทำการคำนวณพลังงานสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในสายไฟและแบตเตอรี่ด้วย

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 85% ซึ่งหมายความว่าพลังงานที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ จะสูญเสียไปในแบตเตอรี่ 15%

$$\text{ประสิทธิภาพแบตเตอรี่ เท่ากับ } 85\% \text{ หรือ } 0.85$$

ประสิทธิภาพของการเดินสายไฟ

ตามที่กล่าวไปในตอนต้นว่า เราต้องใช้สายไฟที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อที่จะลดปริมาณแรงดันสูญเสีย ซึ่งเราไม่ต้องการให้แรงดันตกลงมากกว่า 5%

เมื่อเราใช้สายไฟขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้แรงดันตกลงมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เราต้องเสียพลังงานในสายมากขึ้น เนื่องจากพลังงานเท่ากับกระแสไฟฟ้าคูณด้วยแรงดันไฟฟ้า

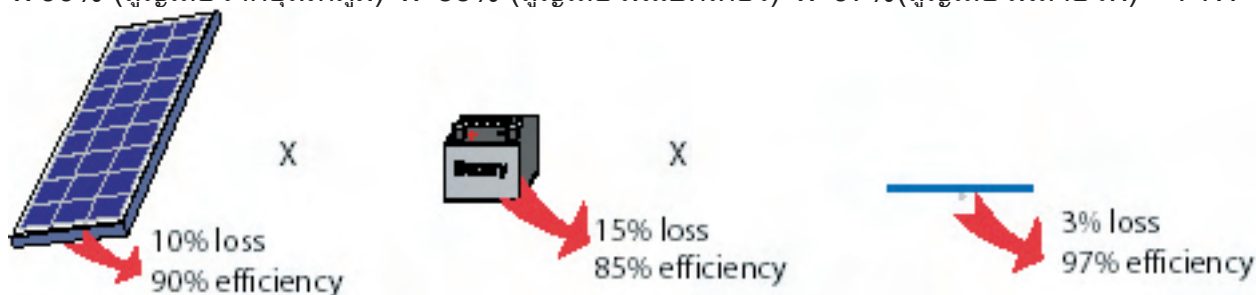
$$\text{การออกแบบการเดินสายไฟที่ดีจะทำให้ประสิทธิภาพอยู่ที่ค่า } 97\% \text{ หรือ } 0.97$$

ดังนั้นในการคำนวณกำลังไฟฟ้า เราต้องนำค่าการสูญเสียในสายไฟ ซึ่งถ้าเราเดินสายได้ถูกต้องแล้ว ค่าสูญเสียในสายจะประมาณ 3% เท่านั้น หรือถ้าเราต้องเดินสายระยะทางไกลๆ ค่าสูญเสียนี้อาจจะมากกว่า 10% ได้ ซึ่งเป็นค่าสูญเสียที่มากเกินไป

10.3 การคำนวณขนาดของแผงโซลาร์เซลล์

เมื่อพิจารณากำลังสูญเสียทั้งหมดแล้ว ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์สามารถคำนวณได้โดยนำจำนวนวัตต์-ชั่วโมงทั้งหมดหารด้วยผลคูณของประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ (จากผลของอุณหภูมิ) ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ และ ประสิทธิภาพการเดินสายไฟ ตัวอย่างเช่น ถ้าในที่ติดตั้งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส เรามีแบตเตอรี่ และการเดินสายไฟเป็นไปอย่างเรียบร้อยแล้ว กำลังไฟฟ้าที่เข้าสู่โหลดจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 100 วัตต์ จะได้ดังข้างล่าง

$$100\text{W} \times 90\% (\text{สูญเสียจากอุณหภูมิ}) \times 85\% (\text{สูญเสียในแบตเตอรี่}) \times 97\% (\text{สูญเสียในสายไฟ}) = 74\text{W}$$



ในขั้นต่อไป นำค่า 74 W ไปคูณกับจำนวนชั่วโมง PSH ซึ่งในพื้นที่นี้มีค่า PSH เท่ากับ 3 ดังนั้น พลังงานในหน่วยวัตต์-ชั่วโมงจากแผงโซลาร์เซลล์ที่มีพิกัด 100 W เมื่อจ่ายไปถึงโหลดมีค่าเท่ากับ

$$74 \text{ วัตต์} \times 3 \text{ PSH} = 223 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$$

เราจะเห็นว่าค่าที่ได้แตกต่างจากการที่เราสมมติว่าระบบไม่มีความสูญเสียที่จะทำให้เราได้ค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 300 วัตต์-ชั่วโมง ซึ่งจะพบว่ามีความแตกต่างมากถึง 77 W ชั่วโมง และยังถ้าเราคิดว่าแผงขนาด 100 W นี้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอด 6 ชั่วโมงที่มีแสงแดดในหนึ่งวันด้วยแล้ว ก็ยังจะทำให้การคำนวณผิดพลาดมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในการคำนวณ เราต้องจดจำปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเลือกขนาดแผงที่เหมาะสม มิฉะนั้นเราจะได้แผงที่มีขนาดเล็กเกินไปไม่พอที่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้ และระบบไฟฟ้าก็จะไม่สามารถทำงานได้ในที่สุด

เพื่อให้่ายที่จะหาขนาดของแผงที่เหมาะสม เราจะรวมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มาเป็นค่าเดียวเรียกว่า ค่าปัจจัยของแผง ซึ่งถ้าเราทราบค่าปัจจัยของแผงแล้ว เราก็สามารถนำค่าโหลดที่ต้องการมาหาขนาดของแผงที่เหมาะสมได้ทันที ตัวอย่างเช่น ค่าปัจจัยของแผง คือ 74% หรือ 0.74 เพราะว่าเราคาดว่าเราจะได้กำลังไฟฟ้า 74% หรือ 74 W จากค่าพิกัดของแผง 100 W หรือเราอาจจะประมาณเป็นค่า 75%

ถ้าสมมติเราต้องการโหลด 230 W ชั่วโมง ต่อวัน ดังเช่นในตัวอย่างที่ผ่านมาแล้ว เราสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจากแผง โดยการนำค่าปัจจัยของแผงไปหาร 230 W ชั่วโมง ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าพลังงานที่ได้ชดเชยค่าพลังงานสูญเสียทั้งหมดแล้ว

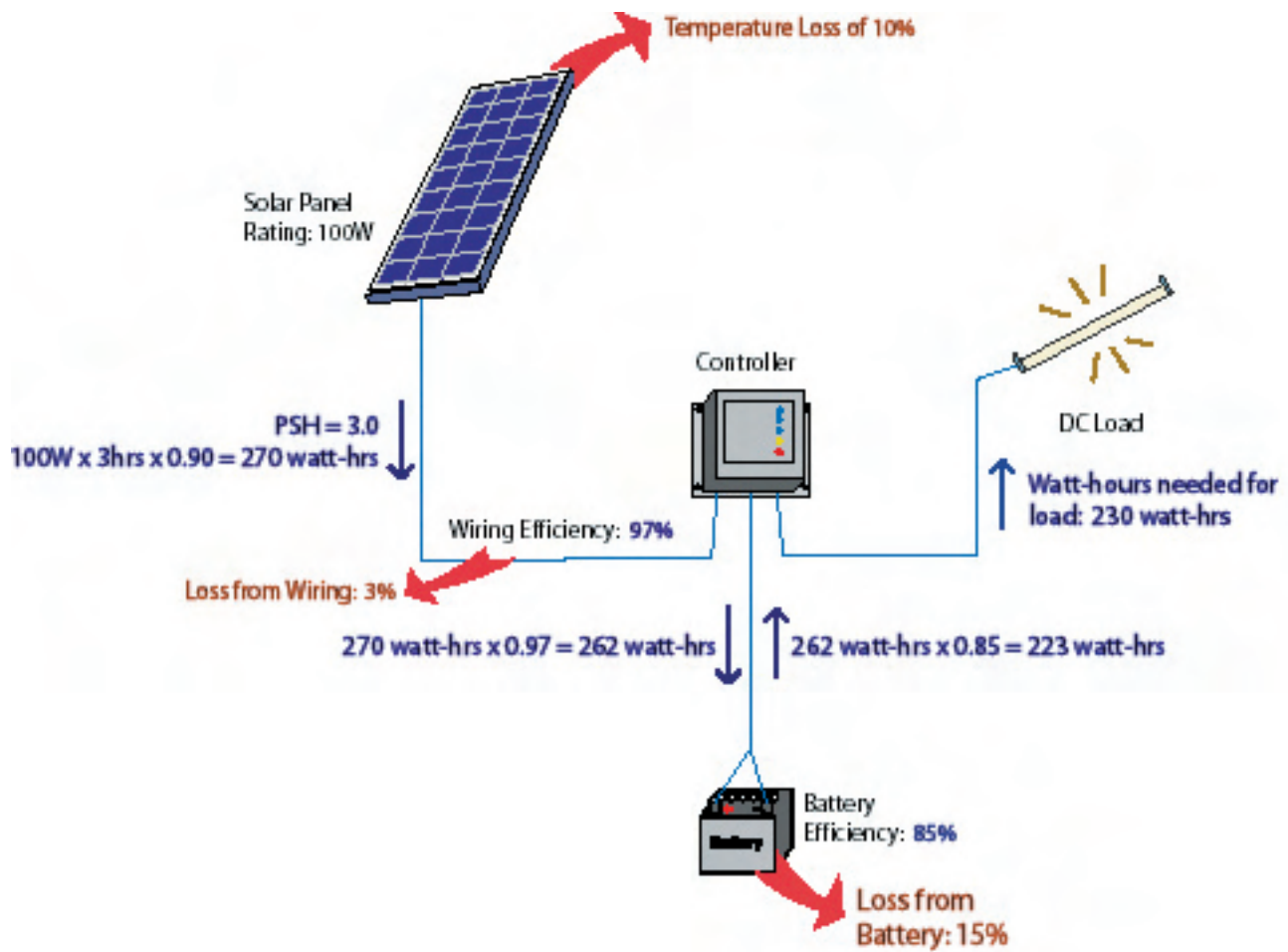
$$230 \text{ วัตต์-ชั่วโมง} / 0.75 = 307 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$$

ในพื้นที่ของเรามีค่า PSH เท่ากับ 3 ดังนั้นขนาดของแผงที่เราต้องการ คือ

$$307 \text{ วัตต์-ชั่วโมง} / 3 \text{ ชั่วโมง} = 102 \text{ วัตต์}$$

ขนาดของแผงที่เราควรจะใช้ไม่ควรมีขนาดต่ำกว่า 100 W อย่างไรก็ตามแผงที่มีขนาดใหญ่กว่าจะสามารถที่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้เร็วมากขึ้นเพื่อเผื่อไฟสำรองไว้สำหรับวันไม่มีแสงแดด

ตัวอย่างที่ผ่านมาเป็นการคำนวณสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่มีอินเวอร์เตอร์ ตัวควบคุมประจุค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพสูงในการส่งผ่านไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆ แต่ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จะมีความสูญเสียกำลังไฟฟ้าในอินเวอร์เตอร์ส่วนหนึ่ง ซึ่งอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพ 85-90% ดังนั้นถ้ามีอินเวอร์เตอร์ในระบบไฟฟ้าแล้ว ขนาดของแผงและแบตเตอรี่จะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 23 การหาขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ในระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์

10.4 การหาขนาดของแบตเตอรี่

การออกแบบขั้นตอนต่อไป ก็คือการหาขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสม ในบทที่ผ่านมาได้อธิบายไปแล้วว่าแบตเตอรี่เก็บพลังงานในหน่วยวัตต์-ชั่วโมงเหมือนกับถังน้ำมันเก็บน้ำมันไว้ภายใน และแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพ 85% ซึ่งหมายถึงมีการสูญเสียพลังงาน 15% ภายในแบตเตอรี่ ถ้าเราใช้ตัวอย่างที่มีค่าโหลด 230 วัตต์-ชั่วโมงแล้ว จะต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดเท่ากับ

$$230 \text{ วัตต์-ชม.} / .85 (\text{ประสิทธิภาพแบตเตอรี่}) = 271 \text{ วัตต์-ชม.}$$

แต่ถ้าเราเลือกแบตเตอรี่ที่มีขนาด 271 W ชั่วโมง ตามที่คำนวณไว้แล้วจะหมายถึงว่า

- เราจะไม่มีการสูญเสียในแบตเตอรี่สำหรับวันอื่นๆ ที่ไม่มีแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าเพื่อชาร์จไฟฟ้าคืนกลับไปให้แบตเตอรี่
- แบตเตอรี่ของเราจะถูกถ่ายเทประจุออกจนหมดทุกๆ วัน ซึ่งจะไม่เป็นผลดีต่อแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่อายุสั้นลง

เราคงไม่ต้องการให้เกิดเหตุการณ์ทั้งสองขึ้น ดังนั้นในการออกแบบ เราต้องพิจารณาเงื่อนไขทั้งสองด้วย

วันที่ไม่มีแสงแดด

เราต้องเผื่อจำนวนวันที่เรายังต้องการใช้ไฟฟ้าแม้ว่าจะไม่มีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาดังกล่าว การสำรองไฟวันเดียวคงไม่เพียงพอ แต่ถ้าเราเผื่อสำรองแบตเตอรี่ไว้หลายวันมากเกินไป ก็จะเสียค่าใช้จ่ายสูงและได้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่เกินไป

ในระบบไฟฟ้าที่ดี โดยทั่วไปจะมีการเผื่อพลังงานไฟฟ้าสำรองไว้สำหรับ 3 วัน

ดังนั้นถ้าเราจะสำรองไฟฟ้าไว้ 3 วัน เราต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดตามที่คำนวณข้างล่างเพื่อสำรองไฟ

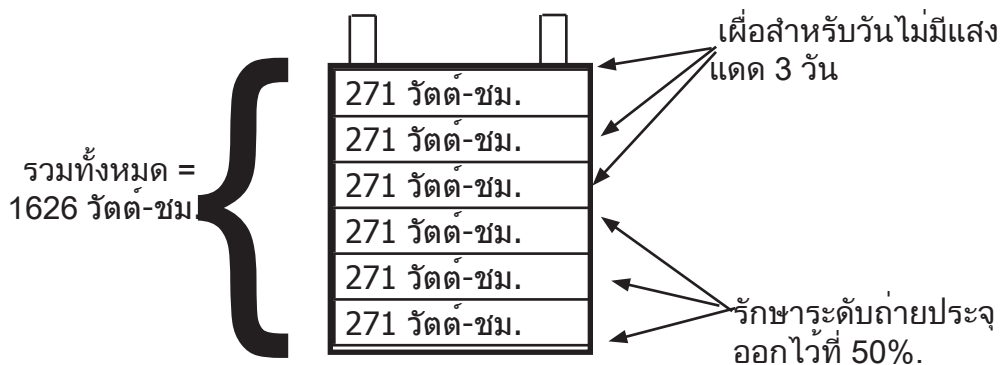
$$271 \text{ วัตต์-ชม.} \times 3 \text{ วันเผื่อไฟสำรอง} = 813 \text{ วัตต์-ชม.}$$

ป้องกันแบตเตอรี่จากการถูกถ่ายเทประจุออกมากกว่า 50%

ถ้าเกิดเหตุการณ์ไม่มีแสงแดดตลอด 3 วัน แบตเตอรี่ที่คำนวณตามข้างต้นจะต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกไปจนหมด แต่เราได้อธิบายไปแล้วว่า เราไม่ต้องการให้แบตเตอรี่ถูกถ่ายเทประจุออกไปมากกว่าครึ่งหนึ่ง ดังนั้นเราต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดมากกว่าที่คำนวณไว้ 2 เท่า คือ มีขนาด

$$813 \text{ วัตต์-ชม.} \times 2 \text{ เพื่อให้รักษาระดับการถ่ายประจุออก} = 1626 \text{ วัตต์-ชม.}$$

ดังนั้น ขนาดที่เราออกแบบได้จริงๆ แล้ว เหมือนกับเรานำพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการของแต่ละวันมาคูณด้วย 6 ซึ่งมาจากการที่เราเผื่อไฟฟ้าไว้ 3 วัน และคูณอีก 2 สำหรับระดับการถ่ายเทประจุออกไม่ให้เกินระดับ 50%



อย่างไรก็ตาม ในการซื้อขายแบตเตอรี่เราไม่ได้เรียกขนาดของแบตเตอรี่ในหน่วย วัตต์-ชั่วโมง แต่จะเรียกว่า แอมแปร์-ชั่วโมง ดังนั้น เราต้องทำการคำนวณอีกขั้นหนึ่งเพื่อเปลี่ยนหน่วยจาก วัตต์-ชั่วโมง เป็นหน่วย แอมแปร์-ชั่วโมง โดยใช้สมการข้างล่าง

$$\frac{\text{วัตต์ ชั่วโมง}}{\text{โวลต์}} = \text{แอมแปร์ ชั่วโมง}$$

ในตัวอย่างของเรา ใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดัน 12 โวลต์ ซึ่งเราจะได้ขนาดของแบตเตอรี่คือ

$$\frac{1626 \text{ วัตต์ ชั่วโมง}}{12 \text{ โวลต์}} = 136 \text{ แอมแปร์ ชั่วโมง}$$

การเปลี่ยนจำนวนวันเพื่อสำรองไฟฟ้า และระดับของการถ่ายเทประจุออกที่ยอมรับได้จะทำให้ขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงไปมาก

ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการเพื่อไฟฟ้าสำรองไว้เพียง 2 วันเมื่อไม่มีแสงแดด และเราสามารถถ่ายประจุออกได้มากถึงระดับ 55% แล้ว ขนาดของแบตเตอรี่ที่เราต้องการ คือ

$$230 \text{ วัตต์-ชม.} / 0.85 \text{ (สำหรับค่าสูญเสียในแบตเตอรี่)} = 271 \text{ วัตต์-ชม.}$$

$$271 \text{ วัตต์-ชม.} \times 2 \text{ วันเพื่อไฟฟ้าสำรอง} = 542 \text{ วัตต์-ชม.}$$

$$542 \text{ วัตต์-ชม.} / .55 \text{ (ระดับการถ่ายประจุออก)} = 985 \text{ วัตต์-ชม.}$$

$$985 \text{ วัตต์-ชม.} / 12 \text{ โวลต์} = 82 \text{ แอมแปร์-ชม.}$$

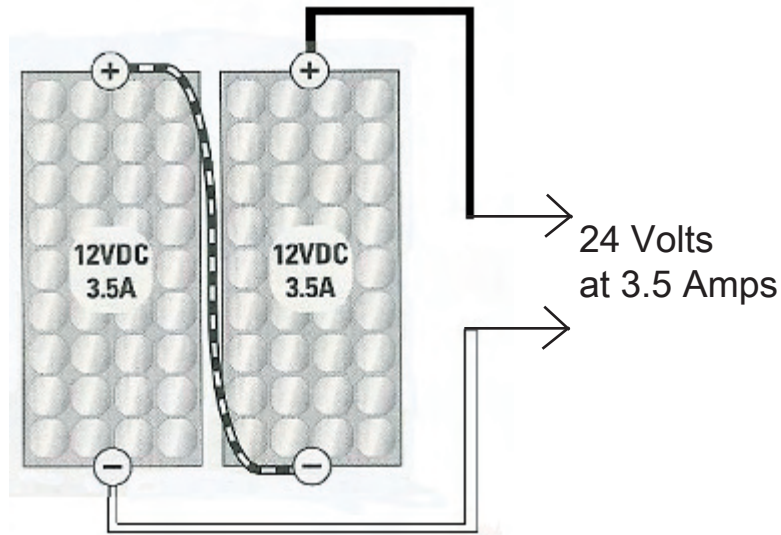
ดังนั้น เราต้องรู้เงื่อนไขหรือความต้องการใช้ไฟฟ้าของพื้นที่ที่เราจะไปติดตั้งก่อนที่จะคำนวณขนาดและซื้อแบตเตอรี่มา เราอาจจะต้องการประหยัดต้นทุนหรือต้องการระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยตัดสินใจเลือกซื้อแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กลง แต่เราก็ต้องรู้ด้วยว่าการใช้แบตเตอรี่ที่เล็กนั้นจะทำให้เรามีไฟฟ้าสำรองเมื่อไม่มีแสงแดดน้อยลงเช่นอาจเหลือเพียงวันเดียวเท่านั้น

11.0 การติดตั้งระบบ

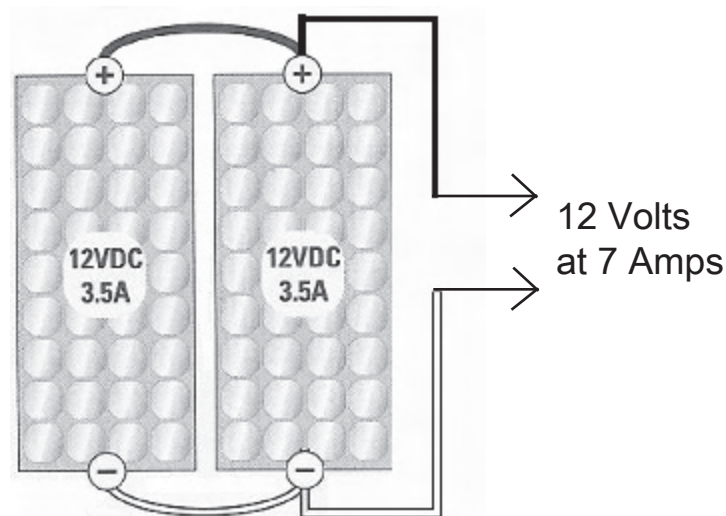
แม้ว่าเราจะออกแบบระบบไฟฟ้าได้ดีเพียงไร แต่ถ้การติดตั้งทำได้ไม่ดี ระบบก็ไม่สามารถทำงานได้ดี เราต้องใส่ใจในการติดตั้งทุกๆ ส่วนประกอบของระบบเพื่อให้ได้ระบบที่ทำงานได้ดีมีอายุยาวนาน

11.1 การต่อแผงโซลาร์เซลล์แบบขนานและอนุกรม

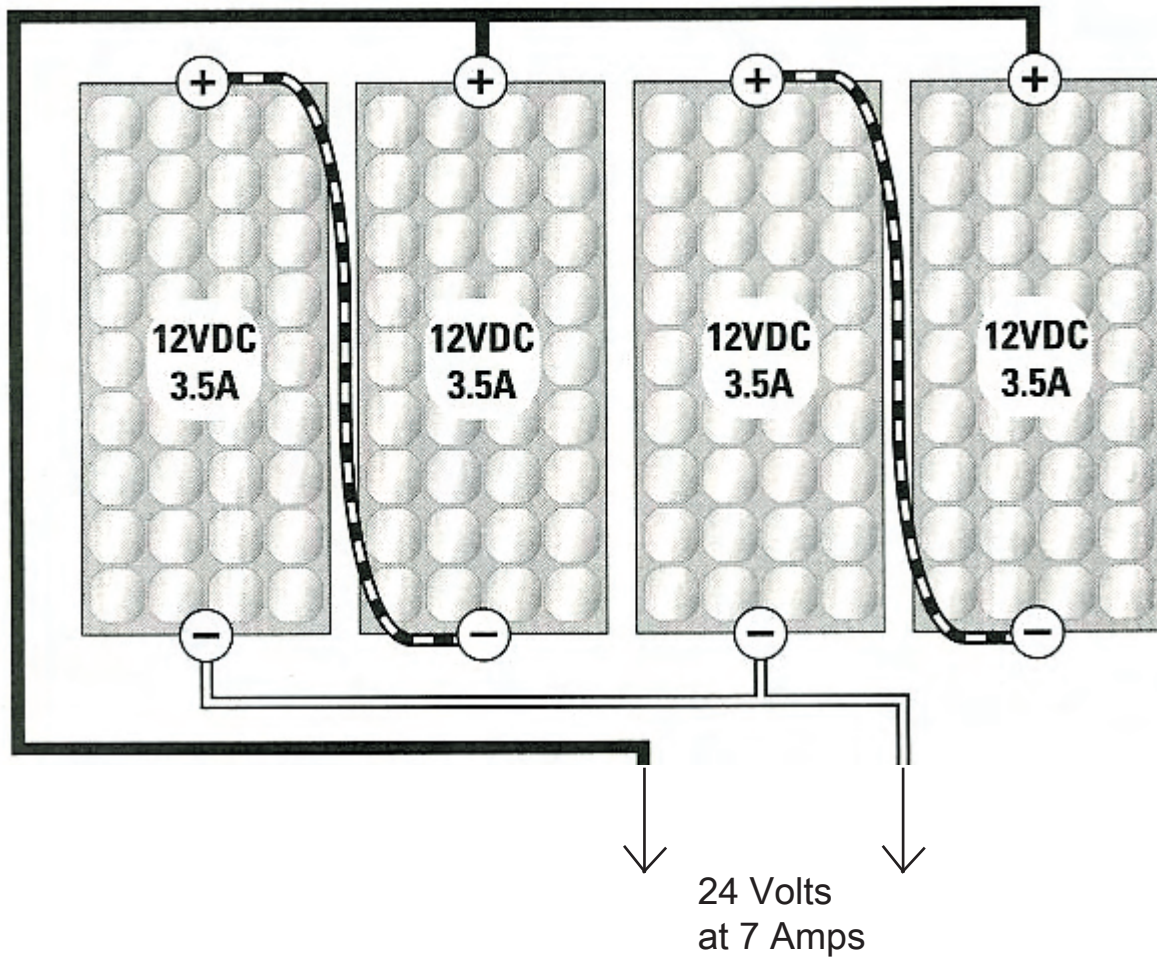
มี 2 วิธีในการต่อแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ คือ แบบขนานและแบบอนุกรม เมื่อต่อแบบอนุกรม แรงดันก็จะเพิ่มขึ้นเท่ากับนำแรงดันทั้งสองมารวมกัน แต่กระแสจะคงเดิม เมื่อต่อแบบขนานแรงดันจะคงที่แต่กระแสจะเพิ่มขึ้นเท่ากับกระแสทั้งสองมารวมกัน รูปข้างล่างเป็นตัวอย่างของการต่อแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งการต่อแบตเตอรี่ก็เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน



รูปที่ 24 การต่อแบบอนุกรม



รูปที่ 25 การต่อแบบขนาน



รูปที่ 26 การต่อแบบผสมทั้งอนุกรมและขนาน

ข้อควรจำ เราไม่สามารถต่อแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่างประเภทกันหรือแบตเตอรี่ที่มีขนาดต่างกันทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน

11.2 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

ในบทที่ผ่านมาเกี่ยวกับการออกแบบแสดงให้เห็นว่า เพื่อให้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าสูงสุด เราจำเป็นต้องให้แผงโซลาร์เซลล์หันหน้าเข้าหาแสงอาทิตย์ในตำแหน่งที่เหมาะสม

แผงควรตั้งอยู่บนมุมที่เท่ากับละติจูดของพื้นที่โดยประมาณและหันแผงไปยังเส้นศูนย์สูตร (ถ้าเราอยู่ในฝั่งขั้วโลกใต้ ให้หันแผงไปยังทิศเหนือ แต่ถ้าเราอยู่ในทางฝั่งขั้วโลกใต้ ให้หันแผงไปยังทิศใต้)

ตัวอย่างเช่น แม่สอดอยู่ในตำแหน่ง 17 องศาเหนือของเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น การจัดวางแผงที่เหมาะสมก็คือให้เอียงแผงลงทำมุมกับพื้น 15-20 องศา หันไปทางทิศใต้ ไปยังเส้นศูนย์สูตร

ถ้าเราอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมากๆ ละติจูดจะใกล้เคียง 0 องศา ดังนั้นในพื้นที่นี้ มุมที่เหมาะสมที่สุด ก็คือให้วางราบไปกับพื้น แต่เราควรระวังให้ทำมุมเอียงประมาณ 5-10 องศา เพื่อที่ให้น้ำฝนที่ตกลงมาช่วยล้างฝุ่นและสิ่งสกปรกออกจากแผงโซลาร์เซลล์ได้

ร่มเงา

ถ้ามีส่วนใดส่วนหนึ่งของแผงโซลาร์เซลล์เกิดร่มเงาขึ้นจะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงนั้นตกลงอย่างมาก บ่อยๆ ครั้งที่แผงได้ถูกติดตั้งไว้ในบริเวณที่ไม่มีเงาในขณะติดตั้ง แต่เมื่อเวลาผ่านไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง อาจจะมีต้นไม้ที่โตขึ้นมาบังแสงแดดและเกิดร่มเงาบนแผงได้ ดังนั้นเราควรจะต้องตรวจสอบอยู่เสมอว่ามีสิ่งใดมาบังแสงอาทิตย์หรือไม่



ความคงทนของฐานรองแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์ต้องถูกติดตั้งบนฐานรองที่คงทนเพื่อที่จะรักษาตำแหน่งการจัดวางแผงโซลาร์เซลล์ให้คงเดิมเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ตั้งแต่เริ่มต้น และไม่เกิดกรณีที่ฐานรองนั้นล้มหรือพังลงมา

บ่อยครั้งการวางแผงบนหลังคาเป็นทางเลือกที่ดีมาก แต่เราต้องพิจารณาก่อนว่าหลังคามีความคงทนพอและทิศของหลังคาหันไปยังทิศที่ถูกต้อง ถ้าไม่แล้ว เราก็ควรจะสร้างฐานรองแยกต่างหาก



การเดินสายจากแผงโซลาร์เซลล์ไปยังตัวควบคุมการเก็บประจุ

สายไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ไปยังตัวควบคุมควรจะมีขนาดใหญ่พอและให้มีระยะสั้นเท่าที่จะเป็นไปได้ และอยู่ในตำแหน่งที่สายไฟจะไม่เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ไฟ หรือสายไฟจะถูกดึงลงมาได้ง่าย

การเดินสายไฟที่ตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์และการเดินสายในตัวอาคารต้องยึดสายไฟให้แน่นเพื่อที่จะ

- ไม่ให้สายไฟในกล่องเชื่อมสายของแผงเกิดความเครียดจากแรงดึง
- ไม่ให้สายไฟหักมุมเวลาเดินสายเข้าในตัวอาคาร

11.3 การติดตั้งตัวควบคุม

ตัวควบคุมต้องแขวนไว้ในบริเวณที่ไม่มีการทำงานหรือกิจกรรมใดๆ ที่อาจทำให้กล่องควบคุมหลุดหล่นลงมาได้ ซึ่งเราต้องแขวนติดไว้กับกำแพงให้มั่นคงและอยู่ในที่สายไฟเดินเข้ามาและเดินสายออกไปได้ง่าย



11.4 การติดตั้งแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ควรอยู่ใกล้กับตัวควบคุมเพื่อจำกัดระยะของสายไฟและลดกำลังสูญเสียในสาย กล่องที่ใส่แบตเตอรี่ควรจะเป็นกล่องไม้หรือพลาสติกและมีช่องระบายอากาศเข้าออก (หรือเปิดฝาด้านบนไว้) หรือถ้าปิดฝา ฝาที่นำมาปิดห้ามทำมาจากโลหะ



11.5 การเดินสายไฟ

สายไฟควรเดินสายให้เรียบร้อยโดยเดินติดไปกับกำแพงและยึดแน่นจุดเชื่อมต่อทุกๆ ตำแหน่ง ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบเมื่อระบบทำงานผิดพลาด และสามารถป้องกันปัญหาการนำสิ่งของมาแขวนบนสายไฟ

สายไฟที่เลือกใช้ต้องมีขนาดใหญ่พอที่แก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าสูญเสีย

ต้องมีตัวป้องกันการดึงสาย (Strain Relief) ทุกๆ จุดเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อทุกจุดต้องต่อด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อที่เหมาะสม (เช่น ปลอกครอบสาย (Wire Nut) แถบเทอร์มินัล (Terminal Strip)) หลีกเลี่ยงการทำเพียงแค่ออกสาย บิดเกลียวทองแดง และพันเทปสายสำหรับการเชื่อมต่อ ซึ่งจะทำให้เกิดการชำรุดได้ง่าย

11.6 การติดตั้งสวิตช์หลอดไฟ

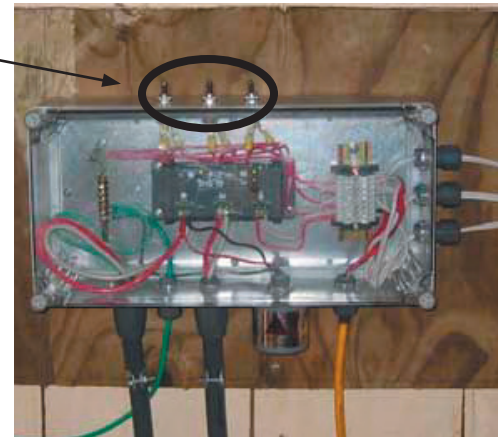
ควรใส่ใจกับการเลือกตำแหน่งสวิตช์ไฟให้เหมาะสม

พยายามติดตั้งสวิตช์ 1 สวิตช์ต่อหลอดไฟ 1 ดวง โดยมีข้อแม้ว่าเมื่อหลอดไฟเปิด 1 ดวง หลอดไฟดวงอื่นสามารถปิดได้หรือไม่จำเป็นต้องเปิดได้

เราควรติดตั้งสวิตช์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งควบคุมเนื่องจากจะทำให้ลดจำนวนของจุดเชื่อมต่อได้และลดจำนวนของจุดที่อาจเกิดปัญหาได้ง่ายในอนาคต สายไฟทั้งหมดควรจะเดินตรงจากตัวควบคุมไปยังหลอดไฟ ถ้ามีความจำเป็นที่ต้องแยกสวิตช์ห่างจากตัวควบคุมและติดตั้งใกล้กับหลอดไฟ เราก็ควรจะทำจุดเชื่อมต่อให้อยู่ที่หลอดไฟหรือในสวิตช์



สวิตช์



11.7 การเชื่อมต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า

สายไฟไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องผ่านตัวควบคุมการเก็บประจุ ไม่ควรต่อสายไฟเชื่อมโดยตรงจากแบตเตอรี่ ถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อสายโดยตรงเข้ากับแบตเตอรี่แล้ว เมื่อแบตเตอรี่มีพลังงานสะสมในระดับต่ำ และตัวควบคุมการเก็บประจุสั่งตัดแบตเตอรี่ออกจากระบบ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อตรงกับแบตเตอรี่นั้นก็ยังคงใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ต่อไป ซึ่งทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่สั้นลง เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าที่มากเกินไปในระดับที่เหมาะสม



โปรดจำไว้ว่าแบตเตอรี่ก็เหมือนถังน้ำมันที่กักเก็บพลังงานในหน่วยวัตต์-ชั่วโมงแทนน้ำมัน ดังนั้นแบตเตอรี่จะไม่ทำงานถ้าไม่มีน้ำมันอยู่ในน้ำมัน ถ้าเราใช้พลังงานสะสมจนหมด แบตเตอรี่ก็ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ เราสามารถวาดกราฟการใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ได้ในกราฟข้างล่าง โดยเราสามารถประมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 โหลดทั่วไป

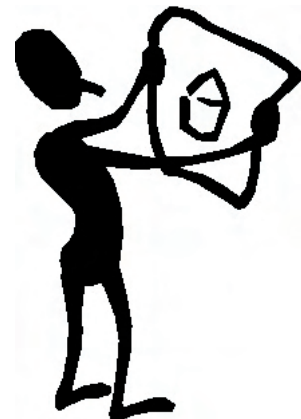
ชนิด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
เครื่องปรับอากาศ	1500
เครื่องเป่าลม	1000
พัดลมแขวนเพดาน	10 - 50
วิทยุนาฬิกา	5
เครื่องซักผ้า	1450
นาฬิกาไฟฟ้า	4
เตารีด	1500
เครื่องเย็บผ้า	100
พัดลมตั้งโต๊ะ	10-25
ตู้เย็น (19 Cu Ft.)	1000 วัตต์-ชม. / วัน
ตู้เย็น (16 Cu Ft.)	700 วัตต์-ชม. / วัน
ตู้เย็น (12 Cu Ft.)	470 วัตต์-ชม. / วัน
ตู้เย็น (10 Cu Ft.)	280 วัตต์-ชม. / วัน
ตู้เย็น (4 Cu Ft.)	210 วัตต์-ชม. / วัน
เครื่องผสมอาหาร	350
หม้อกาแฟ	1200
เตาไมโครเวฟ (.5 Cu. Ft.)	750
หม้อต้มน้ำไฟฟ้า	2100
หลอดไฟ Incandescent (100 W)	100
หลอดไฟ Incandescent (60 W)	60
หลอดไฟ Compact Fluorescent (60W เทียบเท่า)	16
หลอดไฟ Incandescent (40 W)	40
หลอดไฟ Compact Fluorescent (40W เทียบเท่า)	11
วิทยุ CB	10
เครื่องเล่น CD	35
โทรศัพท์เคลื่อนที่	24
เครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์	100
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	80-150
คอมพิวเตอร์โน้ตบุค	20-50
สเตริโอ (กำลังธรรมดา)	15
สเตริโอ (กำลังสูง)	150
ทีวี (12 นิ้ว ขาวดำ)	15
ทีวี (19-นิ้ว สี)	60
เครื่องเล่นเทปวิดีโอ	40
เสื่อไฟฟ้าแบบสายพาน (14")	1100
เสื่อไฟฟ้าวงเดือน (7.25")	900
เครื่องเจียร 9"	1200
สว่าน (1/4")	250
สว่าน (1/2")	750
สว่าน (1")	1000

เพื่อให้สามารถจัดการกับความต้องการไฟฟ้าได้ดีเราจำเป็นต้อง

1.) ใส่ใจอย่างจริงจังในการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้เป็นไปตามที่เราได้ออกแบบเอาไว้



2.) ถ้าพบว่าไม่มีแสงแดดแม้เพียงแค่วันเดียว ก็ควรจะลดการไฟฟ้าลงในวันนั้น



3.) ถ้าเป็นไปได้ ออกแบบระบบไฟฟ้าให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้มากกว่าความต้องการไฟฟ้าที่คำนวณไว้ประมาณสัก 20-50%

เมื่อตัวควบคุมการเก็บประจุตัดโหลดออกจากระบบ หมายความว่าแบตเตอรี่ได้ถูกใช้จนหมด พลังงานสะสมที่เราได้สำรองเอาไว้ถึง 3 วันแล้ว และในทางเดียวกันเราก็ต้องใช้เวลา 3 วันที่มีแสงแดดดี และไม่มีการใช้ไฟฟ้าเลย เพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์ทำการชาร์จไฟคืนให้แบตเตอรี่ได้เต็มดังเดิม

13.0 การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา

ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์จะทำงานได้ตามปกติ ถ้าทุกๆ ส่วนประกอบของระบบทำงานได้ดี ดังนั้นเมื่อเรา “เปิดไฟไม่ติด” ก็หมายความว่าอุปกรณ์อย่างน้อยหนึ่งอุปกรณ์ที่ทำงานไม่ปกติ ซึ่งเราต้องหาว่าปัญหาเกิดจากอุปกรณ์ชนิดใด โดยเริ่มต้นตรวจสอบจากส่วนที่ง่ายที่สุดก่อน

ขั้นแรกตรวจสอบจากตัวควบคุม ในบางครั้งจะมีการแสดงไฟที่หมายถึงระบบมีการทำงานผิดพลาด และอาจจะบอกด้วยว่ามีการผิดพลาดที่ส่วนใด ดังนั้นเราควรตรวจสอบดูจากไฟที่ตัวควบคุมก่อน

ตัวอย่างเช่น ตัวควบคุมอาจจะแสดงไฟกระพริบเมื่อสายไฟเกิดการลัดวงจร ดังนั้นเราจะรู้ได้ทันทีเมื่อเกิดไฟกระพริบขึ้น

หรือถ้าตัวควบคุมไม่แสดงสัญญาณใดๆ แต่ก็ยังเปิดไฟก็ยังไม่ติด ก็ให้เราตรวจสอบหลอดไฟว่าเสียหรือไส้หลอดไฟขาดหรือไม่

ถ้ามีปัญหากับอุปกรณ์ที่ยังอยู่ระยะเวลานาน เช่น ตัวควบคุมหรือแผงโซลาร์เซลล์ เราควรจะทำตามคำแนะนำจากผู้จำหน่ายอุปกรณ์หรือผู้ติดตั้งให้มา เพื่อที่จะได้นัดหมายมาทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ตามเงื่อนไขในสัญญา

ถ้าไม่พบปัญหาหรือสัญญาณไฟใดๆ ปรากฏบนตัวควบคุม อุปกรณ์ข้างล่างเหล่านี้น่าจะเป็นส่วนที่ทำให้ระบบผิดปกติ ซึ่งเรียงตามความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะเกิดการ ทำงานผิดพลาด

- การต่อสายไฟ
- แบตเตอรี่
- แผงโซลาร์เซลล์

เพื่อทำการแก้ปัญหา อุปกรณ์ข้างบนควรต้องตรวจสอบว่าปัญหาเกิดจากอุปกรณ์ใด

13.1 การต่อสายไฟ

ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อสายไฟทุกจุดว่าต่อเชื่อมแน่นหรือไม่ และไม่มีสิ่งสกปรกหรือสึกหรอไป บ่อยครั้งที่เราจะพบจุดเชื่อมต่อสายไฟที่ต่อเชื่อมไม่แน่น

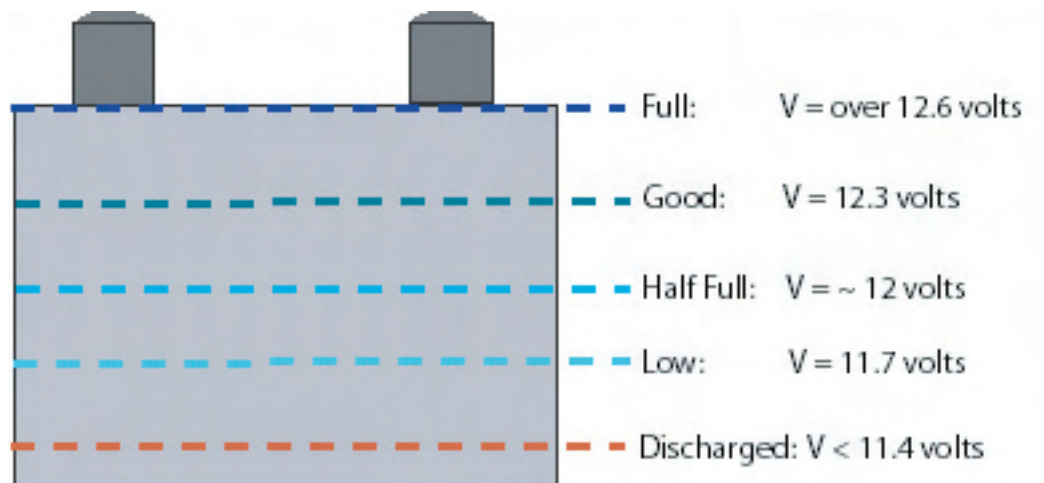
ถ้าจุดเชื่อมต่อสายไฟที่แบตเตอรี่กำลังสึกหรอและถ้าแบตเตอรี่สกปรกให้ปลดแบตเตอรี่ออกจากวงจรก่อน แล้วทำความสะอาด เสร็จแล้วให้ต่อเชื่อมใหม่แน่น

13.2 แบตเตอรี่

เราต้องตรวจสอบระดับการชาร์จของแบตเตอรี่ โดยการตรวจสอบให้ถอดแบตเตอรี่ออกจากระบบก่อนและให้พักแบตเตอรี่ไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง หลังจากนั้นใช้มัลติมิเตอร์วัดระดับแรงดัน

ในบทที่ 8.3 ได้แสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันกับระดับการชาร์จแบตเตอรี่ไปแล้ว ดังรูป

:



ถ้าแบตเตอรี่มีพลังงานไฟฟ้าสะสมอยู่ต่ำ ซึ่งจริงๆ แล้วน่าจะมีพลังงานสะสมในระดับสูง เช่น อาจจะมีวันที่มีแสงแดดติดต่อกันหลายวัน เป็นต้น ปัญหาที่เกิดขึ้นอาจมาสาเหตุ คือ

- แบตเตอรี่ไม่ได้ถูกชาร์จอย่างเหมาะสม (ซึ่งอาจเกิดจากแผงโซลาร์เซลล์ไม่ทำงาน หรือตัวควบคุมการเก็บประจุเสีย)
- แบตเตอรี่ถูกถ่ายเทประจุออกมากเกินไป จนแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำเกินไปที่แผงโซลาร์เซลล์จะสามารถชาร์จไฟฟ้าเข้าไปได้ ซึ่งกรณีจะเกิดขึ้นได้เมื่อเราต่อโหลดเข้ากับแบตเตอรี่โดยตรง โดยไม่ผ่านตัวควบคุมการเก็บประจุก่อน

ในการตรวจสอบว่า ตัวควบคุมการเก็บประจุกำลังชาร์จแบตเตอรี่อยู่หรือไม่ เมื่อมีแสงแดดสามารถตรวจได้โดย

ถอดแบตเตอรี่ออก วัดความต่างศักย์ระหว่างสายไฟที่ออกมาจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่อเข้ากับตัวควบคุมการเก็บประจุ ความต่างศักย์แบบเปิดวงจรที่วัดได้ควรจะอยู่ระหว่าง 17-20 โวลต์

หลังจากนั้นนำแบตเตอรี่ต่อเข้ากับตัวควบคุมการเก็บประจุ และวัดดูว่ากระแสไฟฟ้าได้ถูกจ่ายไปยังแบตเตอรี่หรือไม่ ซึ่งระดับความต่างศักย์ที่วัดได้ควรจะอยู่ประมาณ 14 โวลต์

13.3 แผงโซลาร์เซลล์

ถ้าเรารู้สึกว่าแผงจะไม่ทำการผลิตไฟฟ้าเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ เราก็สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดแรงดันเปิดวงจรและกระแสลัดวงจรได้

เราควรจะวัดเมื่อเราถอดถอดสายไฟเชื่อมวงจรระหว่างแผงและตัวควบคุมการเก็บประจุออกจากกันแล้ว ก่อนที่จะตรวจสอบแรงดันและกระแส

13.4 ตรวจสอบตัวควบคุมการเก็บประจุ

ถ้าแรงดันระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่อกับตัวควบคุมการเก็บประจุปกติ และไม่มีแรงดันไฟฟ้าจ่ายไปยังแบตเตอรี่หรือไปโหลดแล้ว ตัวควบคุมการเก็บประจุอาจจะเสีย

อย่างไรก็ตาม ตัวควบคุมการเก็บประจุบางตัวจะทำงานถ้ามีแรงดันมากกว่าค่าแรงดันต่ำสุดค่าหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น ถ้าแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำมากเกินไปจนต่ำกว่าค่าต่ำสุดของตัวควบคุมการเก็บประจุแล้ว ตัวควบคุมการเก็บประจุก็จะไม่ทำงาน ทั้งที่ตัวควบคุมไม่ได้เสีย ในกรณีเราต้องทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่โดยนำแบตเตอรี่ตัวใหม่มาแทนที่และทดสอบอีกครั้ง



สัญญาจ้างเลขที่ จ.98/2547

ผู้ว่าจ้างตกลงจ้างและผู้รับจ้างตกลงรับจ้างสร้างและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Home System) ขนาดไม่น้อยกว่า 120 (หนึ่งร้อยยี่สิบ) วัตต์ต่อครัวเรือน พร้อมเดินสายไฟฟ้าและติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในครัวเรือนให้ถูกต้องเรียบร้อยตามหลักวิชาการ และมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและตามรายละเอียดแนบท้ายสัญญาในผนวก 1 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้ จะเรียกว่า "ระบบ" จำนวน 33,547 (สามหมื่นสามพันห้าร้อยสี่สิบเจ็ด) ครัวเรือน ในพื้นที่ปฏิบัติการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 (ภาคเหนือ) จังหวัดพิษณุโลก และ เขต 3 (ภาคเหนือ) จังหวัดลพบุรี โดยมีจำนวนและรายชื่อครัวเรือนเบื้องต้นแยกเป็นรายจังหวัดตาม ตารางแนบรายละเอียดแนบท้ายสัญญาในผนวก 2 และผู้ว่าจ้างจะแจ้งบัญชีรายชื่อครัวเรือน ที่ดำเนินการจริงให้ผู้รับจ้างภายใน 60 (หกสิบ) วัน นับจากวันลงนามในสัญญาจ้าง



ในกรณี
ของ...



โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน ๑๖ เครื่อง ณ บก. นวท. ๒๐๐ ต. จันทวน อ. จันทวน จ. ชลบุรี ๒๐๑๐๐

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

- 6 -

เลขที่ จ.98/2547

เพิกเฉยไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของคณะกรรมการตรวจรับงานจ้าง หรือผู้ควบคุมงานซึ่งได้รับมอบอำนาจจากผู้ว่าจ้างแล้ว ผู้ว่าจ้างมีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้และมีสิทธิจ้างผู้รับจ้างรายใหม่เข้าทำงานของผู้รับจ้างให้ลุ่ส่วงไปด้วย

การที่ผู้ว่าจ้างไม่ใช้สิทธิบอกเลิกสัญญาดังกล่าวข้างต้นนั้น ไม่เป็นเหตุให้ผู้รับจ้างพ้นจากความรับผิดชอบสัญญา

ข้อ 6. ความรับผิดชอบในความชำรุดบกพร่อง

เมื่องานแล้วเสร็จบริบูรณ์และผู้ว่าจ้างได้รับมอบงานจากผู้รับจ้างหรือจากผู้รับจ้างรายใหม่ ในกรณีที่มีการบอกเลิกสัญญาตามข้อ 5 ผู้รับจ้างตกลงรับประกันความชำรุดบกพร่องหรือเสียหายของงานจ้างและอุปกรณ์ต่างๆ ทุกรายการภายในกำหนดเวลาดังต่อไปนี้ นับถัดจากวันที่ได้รับมอบงาน

6.1 งานจ้างและอุปกรณ์อื่นที่มีใช้กรณีตาม 6.2, 6.3 และ 6.4 รับประกันความชำรุดบกพร่อง 2 (สอง) ปี

6.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์และโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์รับประกันความชำรุดบกพร่อง 5 (ห้า) ปี

6.3 อินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ รับประกันความชำรุดบกพร่อง 3 (สาม) ปี

6.4 แบตเตอรี่ รับประกันความชำรุดบกพร่อง 2 (สอง) ปี

หากมีเหตุชำรุดบกพร่องหรือเสียหายเกิดขึ้นจากงานจ้างนี้ภายในกำหนดเวลาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งความชำรุดบกพร่องหรือเสียหายนั้นเกิดจากความบกพร่องของผู้รับจ้างอันเกิดจากการใช้วัสดุที่มีคุณภาพไม่ถูกต้องหรือทำให้ไม่เรียบร้อยหรือไม่ถูกต้องตามมาตรฐานแห่งหลักวิชา ผู้รับจ้างต้องรับทำการแก้ไขให้เรียบร้อยให้สามารถใช้งานได้ดังเดิมภายในเวลาที่ผู้ว่าจ้างกำหนด โดยผู้ว่าจ้างไม่ต้องออกเงินใดๆในการนี้ทั้งสิ้น หากผู้รับจ้างบิดพลิ้วไม่กระทำการดังกล่าวภายใน 7 (เจ็ด) วัน นับแต่วันที่ได้รับแจ้งเป็นหนังสือจากผู้ว่าจ้าง ผู้รับจ้างต้องชำระค่าปรับเป็นรายวันๆละ 200 (สองร้อย) บาท นับถัดจากวันที่ครบกำหนดจนถึงวันที่ทำการแก้ไขเสร็จ และยินยอมให้ผู้ว่าจ้างหรือผู้ที่ว่าจ้างมอบหมายกระทำการนั้นเองหรือจ้างผู้อื่นให้ทำงานนั้น โดยผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายเองทั้งสิ้น และผู้รับจ้างยังคงต้องรับผิดชอบตามสัญญาต่อไปทุกประการ



ข้อ 7.....

บันทึกข้อความ:

บันทึกข้อความ: