

คู่มือ ระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์



- ความรู้พื้นฐานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
- การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
- การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
- การบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
- ระเบียบการขอรื้อบใบอนุญาตฯ ประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์



วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	1
1.1 ความรู้พื้นฐานด้านไฟฟ้า	1
1.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์	3
1.2.1 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	3
1.2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	5
1.2.3 รูปแบบการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์	6
1.2.4 คุณสมบัติและตัวแปรสำคัญของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	9
1.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	11
1.4 รูปแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	14
บทที่ 2 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	16
2.1 การสำรวจสถานที่สำหรับก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	16
2.2 การคำนวณและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	23
2.2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ	23
2.2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า	26
2.3 อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	28
บทที่ 3 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	40
3.1 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา	40
3.2 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน	43
บทที่ 4 การบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	50
บทที่ 5 ระเบียบการขอรับใบอนุญาตฯ ประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์	53
5.1 ใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์	53
5.2 ขั้นตอนการขอรับใบอนุญาต	54
5.3 ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	57
ภาคผนวก	62

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 ความรู้พื้นฐานด้านไฟฟ้า

1.1.1 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

เป็นกฎที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) กับแรงดันไฟฟ้า (V) หรือความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน (R) ซึ่งเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$V = IR$$

กำหนดให้	V	คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt : V)
	I	คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมป์ (Amp : A)
	R	คือ ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm : Ω)

1.1.2 กำลังไฟฟ้า (Power : P)

คืออัตราของงานที่ถูกระทำในวงจร ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า โดยเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$P = IV$$

กำหนดให้	P	คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt : W)
	I	คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมป์ (Amp : A)
	V	คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt : V)

1.1.3 พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy)

คือพลังงานที่ใช้ไปหรือถูกสร้างขึ้นจากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป แต่มีความสัมพันธ์กับเวลา โดยเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$E = P \times T$$

กำหนดให้	E	คือ พลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kilowatt-hour : kWh)
	P	คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt : W)
	T	คือ เวลา มีหน่วยเป็นชั่วโมง (hour)

*หน่วยพลังงานไฟฟ้าที่นิยมใช้ในระบบไฟฟ้าคือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ซึ่งหมายความว่า ใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ เป็นเวลาต่อเนื่องใน 1 ชั่วโมง

1.1.4 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current)

เป็นระบบไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียว โดยการไหลของกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ต่างจากอิเล็กตรอนที่ไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ถ่านไฟฉาย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ฯลฯ

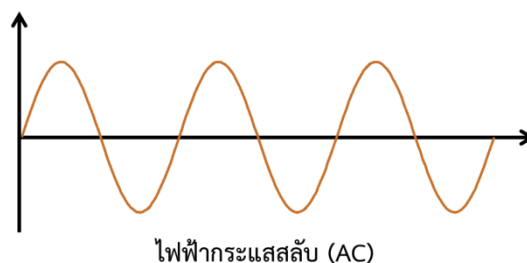


รูปภาพ 1 กราฟแสดงคุณลักษณะของไฟฟ้ากระแสตรง

1.1.5 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current)

เป็นระบบไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าสลับกันไปมาระหว่างขั้วบวกและขั้วลบตลอดเวลา โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ภายในอาคารและบ้านเรือน นิยมใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น ทีวี ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า ฯลฯ ซึ่งประเทศไทยใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220/380 V ความถี่ 50 Hz ซึ่งตามอาคารต่างๆ ไปสามารถแบ่งระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

- 1) ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส เป็นระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟจำนวน 2 เส้น โดยแบ่งเป็นสายที่มีไฟ (Line) และสายที่ไม่มีไฟ (Neutral) ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายทั้งสองเท่ากับ 220 โวลต์ (สำหรับประเทศไทย)
- 2) ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส เป็นระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟจำนวน 4 เส้น โดยแบ่งเป็นสายที่มีไฟ 3 เส้น และสายที่ไม่มีไฟ 1 เส้น หรือเป็นระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟจำนวน 3 เส้น โดยสายไฟทั้งหมดเป็นสายที่มีไฟทั้งหมด ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสด้วยกันเท่ากับ 380 (สำหรับประเทศไทย)



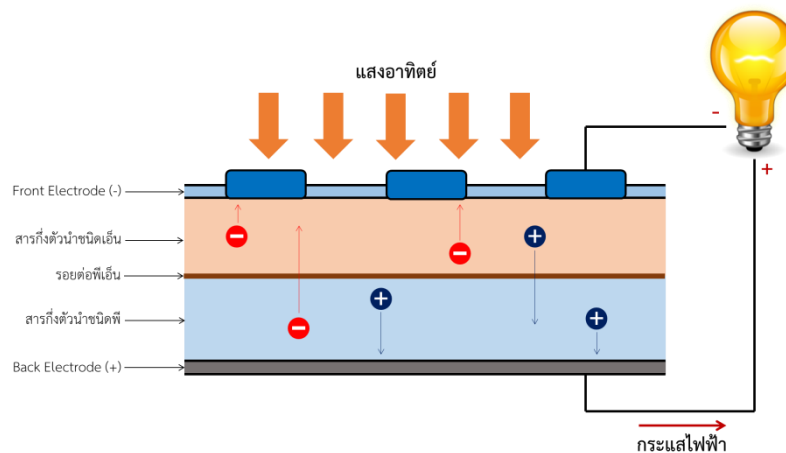
รูปภาพ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะของไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยอาศัยกระบวนการโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic) ในสารกึ่งตัวนำ ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-Type) และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type)

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์จะเกิดการถ่ายเทพลังงาน ก่อให้เกิดพาหะทางไฟฟ้า (อิเล็กตรอนกับโฮล) โดยรอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดพีกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เรียกว่ารอยต่อพีเอ็น) จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อให้ อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าในรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทน แทนการใช้เชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน ในอวกาศ เสาไฟตามท้องถนน ปั๊มน้ำ เครื่องคิดเลข นาฬิกา ฯลฯ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ยิ่งไปกว่านั้นพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้มาเปล่าๆ และไม่มีวันหมด



รูปภาพ 3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

1.2.1 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่นิยมทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน เนื่องจากเป็นสารกึ่งตัวนำที่พบได้มากที่สุด และมีราคาค่อนข้างถูกกว่าสารกึ่งตัวนำชนิดอื่นๆ โดยเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกและเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง ซึ่งรายละเอียดของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท มีดังนี้

1.2.1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก (Crystalline)

เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากผลึกสารกึ่งตัวนำซิลิกอนที่ถูกละลายจากหินและทรายที่มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง ทำให้กำลังผลิตไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง แต่ในสถานะที่มีแสงน้อยหรืออุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกจะต่ำกว่าแบบฟิล์มบาง โดยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline Solar Cell)

เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยการนำซิลิกอนไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง $1,500^{\circ}\text{C}$ จึงทำให้เกิดแท่งซิลิกอนทรงกระบอกที่มีผลึกเกาะที่แกนกลาง หลังจากนั้นนำมาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมเล็กๆและตัดมุมทั้งสี่ออก ทำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าค่อนข้างสูงเนื่องจากการเรียงตัวของผลึกซิลิกอนในแต่ละเซลล์ค่อนข้างดี โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพประมาณ 10 - 16 % หรือเทียบเป็นพื้นที่ในการติดตั้งเท่ากับ 7 - 9 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์



รูปภาพ 4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอน

2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Poly Crystalline Solar Cell)

เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว โดยมีกระบวนการผลิตที่ง่ายกว่าและใช้ซิลิกอนในปริมาณน้อยกว่าชนิดผลึกเดี่ยว แต่มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าชนิดผลึกเดี่ยว โดยมีค่าประมาณ 10 - 14.5 % หรือเทียบเป็นพื้นที่ในการติดตั้งเท่ากับ 7.5 - 10 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์ เนื่องจากหลอมละลายซิลิกอนจะเจือปนสารโบรอน (Boron) ลงไปด้วย ก่อนเทลงในแม่พิมพ์แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้าๆ จนได้แผ่นซิลิกอนที่มีลักษณะแข็งและบาง ซึ่งกระบวนการนี้สามารถลดต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมจึงนิยมใช้งานมากที่สุดในโลก



รูปภาพ 5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมซิลิกอน

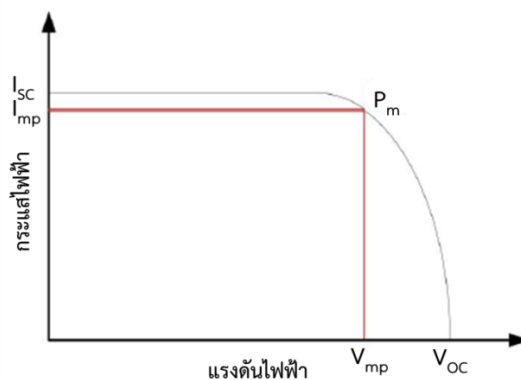
1.2.1.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film)

เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ น้ำหนักเบา จึงทำให้ต้นทุนการผลิตค่อนข้างต่ำ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีความไวแสงมากที่สุด ซึ่งหมายความว่าสามารถรับแสงที่มีความยาวคลื่นในย่านต่ำๆ ได้ดี สามารถทำงานได้ในพื้นที่ที่มีเมฆหมอกหรือฝุ่นควันในปริมาณมากได้ ส่วนมากนิยมใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กๆ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา ฯลฯ ส่วนข้อเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้คือประสิทธิภาพต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่สำหรับติดตั้งมาก โดยประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 4 – 9 % หรือเทียบเป็นพื้นที่ในการติดตั้งเท่ากับ 14 – 20 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์



รูปภาพ 6 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

1.2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปภาพ 7 กราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปภาพ 7 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะทำการเชื่อมต่อกับภาระทางไฟฟ้า โดยกราฟในแกนตั้งแสดงถึงค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current : I_{sc}) ขณะที่แรงดันไฟฟ้าของแผงมีค่าเป็นศูนย์ ส่วนกราฟในแกนนอนแสดงถึงแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร (Open Circuit Voltage : V_{oc}) ซึ่งจะเห็นว่ากระแสไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนี้มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่าไม่มีการเชื่อมต่อกับภาระทางไฟฟ้าหรือเปรียบเสมือนการเปิดวงจร

เมื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าคูณกับกระแสไฟฟ้าก็จะได้กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจุด P_m แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power) ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ โดยกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนี้ เรียกว่า กระแสไฟฟ้าที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Current) และแรงดันไฟฟ้าที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Voltage) ตามลำดับ

การระบุค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากการทดสอบในสภาวะเปิดวงจร สภาวะลัดวงจร และสภาวะเชื่อมต่อภาระทางไฟฟ้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยควบคุมสภาพแวดล้อมตามสภาวะมาตรฐานการทดสอบ (Standard Test Condition : STC) ซึ่งหมายความว่ามีการควบคุมให้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิด้านหลังแผง มีค่าเป็น 25 °C และค่ามวลอากาศมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.5 นอกจากนี้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอุณหภูมิที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อองศาเซลเซียส (%/°C) โดยเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละยี่ห้อ

240W/245W/250W/255W/260W/265W Multicrystalline Silicon Solar Module		Electrical Characteristics					
STC Performance		SP240	SP245	SP250	SP255	SP260	SP265
Rated Power, P _m (W)		240	245	250	255	260	265
Open Circuit Voltage, Voc (V)		37.00	37.50	37.67	37.70	37.74	37.78
Short Circuit Current, Isc (A)		8.75	8.78	8.89	9.00	9.05	9.09
Maximum Power Voltage, V _{mp} (V)		29.42	29.56	30.01	30.40	30.70	31.00
Maximum Power Current, Imp (A)		8.17	8.29	8.34	8.40	8.47	8.55
Module Efficiency (%)		14.54	14.84	15.15	15.45	15.75	16.06
Maximum Power Tolerance (W)		±3					
Maximum System Voltage, IEC (V)		1000					
Maximum System Voltage, UL (V)		600					
Maximum Rated Current Series (A)		15					
Temperature coefficients of P _{max}		-0.42 % / °C					
Temperature coefficients of Voc		-0.31 % / °C					
Temperature coefficients of Isc		0.04 % / °C					
Nominal operating cell temperature (NOCT)		45.0 °C (±2 °C)					

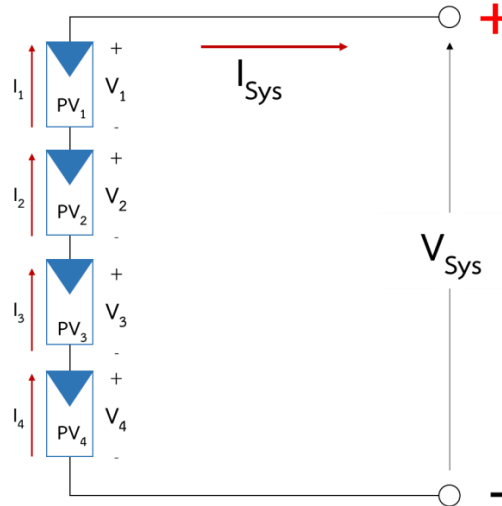
รูปภาพ 8 แสดงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Solartron แบบผลิกรวมซิลิกอน

1.2.3 รูปแบบการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถนำแผงมาต่อกันได้ทั้งแบบอนุกรมหรือแบบขนาน หรือแบบผสมผสานระหว่างแบบอนุกรมกับแบบขนานเพื่อให้ได้กำลังผลิตไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าตามที่ต้องการ โดยวิธีการต่อแผงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงแต่ละแผง เพื่อให้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

1) การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม (Series Connection)

เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ตามจำนวนของแผงที่นำมาต่ออนุกรมกัน ส่วนกระแสไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับแผงที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยที่สุด



รูปภาพ 9 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมจำนวน 4 แผง

จากรูปภาพ 9 เป็นการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 4 แผงมาต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$V_{\text{Sys}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

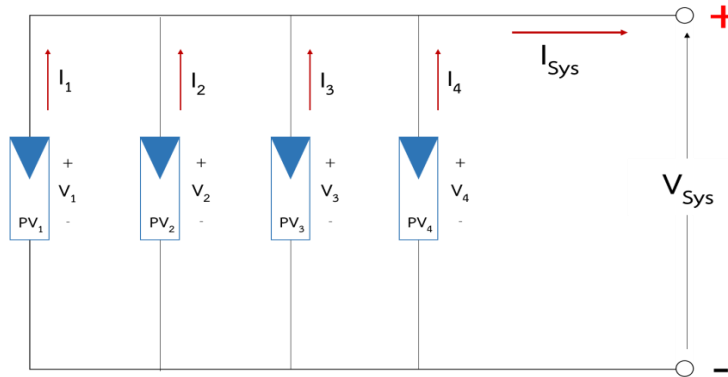
$$I_{\text{Sys}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

ตัวอย่างการคำนวณ นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 250 W ที่แรงดันไฟฟ้า 30 V กระแสไฟฟ้า 8.34 A มาต่อกันแบบอนุกรมจำนวน 4 แผง จะทำให้กำลังไฟฟ้าทั้งระบบมีค่าเป็น 1,000 W แรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าเป็น 120 V ส่วนกระแสไฟฟ้าของระบบ มีค่าเป็น 8.34 A ดังเดิม

2) การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน (Parallel Connection)

เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มปริมาณกระแสไฟฟ้าให้กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามจำนวนของแผงที่นำมาต่อขนานกัน ซึ่งแรงดันไฟฟ้าของระบบจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 1 แผงเท่านั้น

การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงควรมีค่าเท่ากัน มิฉะนั้น แผงที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงสุดจะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังแผงที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า ทำให้กำลังผลิตไฟฟ้าของระบบลดลง เนื่องจากแผงที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำทำหน้าที่เป็นภาระทางไฟฟ้า



รูปภาพ 10 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนานจำนวน 4 แผง

จากรูปภาพ 10 เป็นการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 4 แผงมาต่อกันแบบขนานกัน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

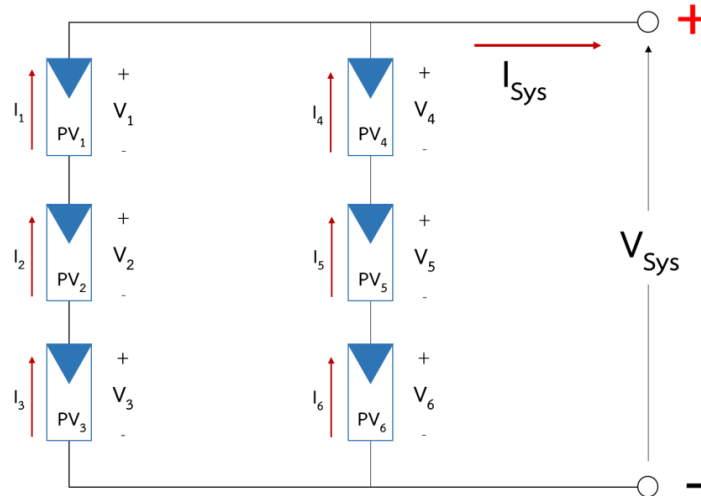
$$V_{Sys} = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$$

$$I_{Sys} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

ตัวอย่างการคำนวณ นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 250 W ที่แรงดันไฟฟ้า 30 V กระแสไฟฟ้า 8.34 A มาต่อกันแบบขนานจำนวน 4 แผง จะทำให้กำลังไฟฟ้าทั้งระบบมีค่าเพิ่มเป็น 1,000 W แรงดันไฟฟ้าของระบบ มีค่าเป็น 30 V ดังเดิม ส่วนกระแสไฟฟ้าของระบบเพิ่มขึ้นเป็น 33.36 A

3) การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Mix Connection)

เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกันระหว่างแบบอนุกรมและแบบขนาน เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จนได้กำลังผลิตไฟฟ้าตามความต้องการ ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ล้วนต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานหรือที่เรียกว่า อะเรย์ (Array)



รูปภาพ 11 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมกันจำนวน 3 แผง และขนานกัน 2 ชุด

จากรูปภาพ 11 เป็นการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดจำนวน 3 แผงมาต่อกันแบบอนุกรม และขนานกันจำนวน 2 ชุด รวมทั้งหมด 6 แผง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$V_{Sys} = V_1 + V_2 + V_3 = V_4 + V_5 + V_6$$

$$I_{Sys} = I_1 + I_4 = I_2 + I_5 = I_3 + I_6$$

ก็ต่อเมื่อ $I_1 = I_2 = I_3$ และ $I_4 = I_5 = I_6$

ตัวอย่างการคำนวณ นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 250 W ที่แรงดันไฟฟ้า 30 V กระแสไฟฟ้า 8.34 A ต่อขนานกันจำนวน 2 ชุด ในแต่ละชุดต่อกันแบบอนุกรมจำนวน 3 แผง รวมทั้งหมด 6 แผง จะทำให้กำลังไฟฟ้าทั้งระบบมีค่าเพิ่มเป็น 1,500 W แรงดันไฟฟ้าของระบบจึงมีค่าเป็น 90 V ส่วนกระแสไฟฟ้าของระบบเพิ่มขึ้นเป็น 16.68 A

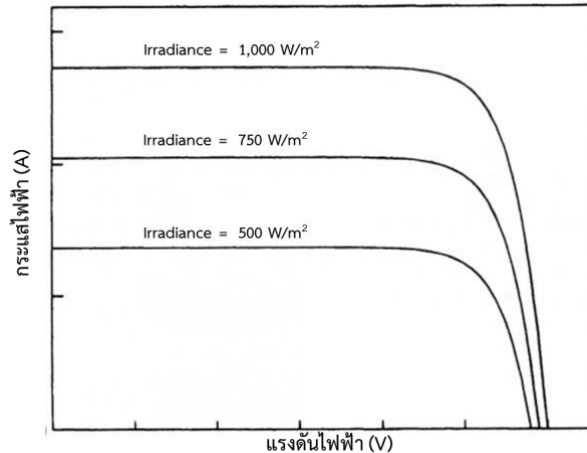
1.2.4 คุณสมบัติและตัวแปรสำคัญของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่มีส่วนทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงเดียวกันมีประสิทธิภาพการทำงานแตกต่างกัน ได้แก่ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิโดยรอบ ดังนั้นการพิจารณาพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีความสำคัญค่อนข้างมาก รวมถึงการออกแบบและการคำนวณจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้สำหรับการติดตั้งในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

1) ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (Irradiance)

เป็นปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงในพื้นที่บริเวณนั้นๆ ซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) โดยปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่

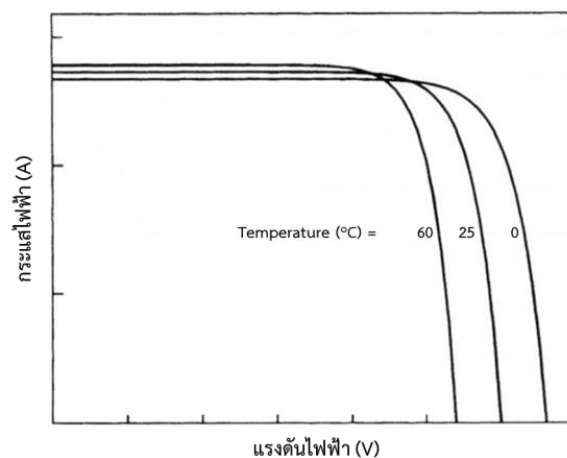
ผลิตได้จากแผง ถ้าปริมาณความเข้มแสงรังสีแสงอาทิตย์มีมาก แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก แต่หากถ้าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์น้อย แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ลดลง โดยที่แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย



รูปภาพ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

2) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิแวดล้อมในแต่ละวันจะมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงลดลง โดยที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ลดลงประมาณ 0.5% จากแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง ยกตัวอย่างเช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้า 30 V อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 40 °C (อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 25 °C) จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงลดลง 2.25 V (แรงดันไฟฟ้าลดลง 7.5 %) เหลือเพียง 27.75 V เท่านั้น



รูปภาพ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิ

3) ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

นอกจากความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิโดยรอบของพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ยังคงมีปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลง ซึ่งประกอบไปด้วย

- การบังแสง (Shading) การเลือกพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า ควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่ใกล้ต้นไม้หรืออาคารที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดเงาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของวัน ดังนั้นการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าไม่ควรให้เกิดเงาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์แม้แต่ช่วงเวลาสั้นๆ เพราะเงาขนาดเล็กสามารถทำให้สมรรถนะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าลดลงได้ ตัวอย่างของเงาขนาดเล็กๆ เช่น เงาของสายไฟ เงาของเสาอากาศโทรศัพท์ เงาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงอื่น
- อุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจากการการระบายอากาศไม่เพียงพอจะทำให้สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าลดลง ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการถ่ายเทอากาศที่ดี เพื่อป้องกันมิให้อุณหภูมิด้านหลังแผงสูงมากเกินไป
- แรงดันตกในสายเคเบิล ในการออกแบบขั้นตอนการกำหนดขนาดของสายเคเบิลที่เชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังอุปกรณ์อื่นๆ จะมีผลกระทบต่อแรงดันตกในเคเบิลในขณะต่อโหลด โดยเฉพาะในกรณีที่ออกแบบให้ระบบมีแรงดันไฟฟ้าต่ำและกระแสไฟฟ้าสูงจะส่งผลต่อแรงดันตกภายในสายเคเบิลค่อนข้างมาก ดังนั้นควรออกแบบให้แรงดันตกในสายเคเบิลที่ไกลจากเครื่องแปลงกระแสที่ถูกต้องไม่เกิน 3% ของแรงดันไฟฟ้าทดสอบที่สภาวะมาตรฐาน
- ความสกปรกที่ผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อาจเกิดจาก ฝุ่น มูลนก คาบสกปรก เป็นต้น ซึ่งทำให้สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงจำเป็นต้องมีการทำความสะอาดเป็นประจำเพื่อลดปัญหาดังกล่าว
- มุมองศาการติดตั้ง หรือมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแนวระดับและทิศทางการติดตั้งแผงจะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
- การเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของแผงจะส่งผลให้สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าลดลง ซึ่งการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงอาจจะไม่เท่ากัน

1.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1.3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยเซลล์ (Solar Cell) แผ่นเล็กๆ หลายๆ

เซลล์มาต่อรวมกัน จึงเรียกว่าโมดูล (Module) แต่ถ้าหากต้องการกำลังผลิตไฟฟ้าสูงๆ ก็เพียงแค่นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ แผงมาต่อกันเป็นแถว (String) หรือเป็นชุด (Array)



รูปภาพ 14 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน

1.3.2 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge Controller) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ประจุลงในแบตเตอรี่ เพื่อไม่ให้เกิดการประจุเกิน (Over Charge) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็ว และยังควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในปริมาณที่เหมาะสม โดยหลักๆ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

- 1) **เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่แบบ PWM (Pulse Width Modulation)** ใช้หลักการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสวิตช์เป็นจังหวะ หรือเรียกว่าพัลส์ (Pulse) โดยกระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่สามารถใช้กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแผงได้ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุชนิดนี้จึงมีราคาค่อนข้างถูก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง แต่มีประสิทธิภาพในการประจุพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ จึงเหมาะกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีกำลังผลิตติดตั้งไม่สูงมากนัก
- 2) **เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่แบบ MPPT (Maximum Power Point Tracking)** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีชุดควบคุม (Controller) สำหรับปรับแรงดันขาเข้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้จุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด และเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าง่ายๆ เป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อประจุลงในแบตเตอรี่ เพราะฉะนั้นกระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องควบคุมการประจุแบบ PWM ประมาณ 10–20% แต่ราคาค่อนข้างสูง จึงเหมาะกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีกำลังผลิตติดตั้งในปริมาณมาก



(ก) เครื่องควบคุมการประจุแบบ (ข) เครื่องควบคุมการประจุแบบ MPPT

รูปภาพ 15 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่

1.3.3 แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการ โดยทั่วไประบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะเลือกใช้แบตเตอรี่แบบ Deep Cycle ซึ่งถูกออกแบบให้แผ่นตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษจึงทำให้จ่ายกระแสไฟฟ้าในปริมาณน้อย แต่มีระยะเวลายาว อีกทั้งยังสามารถจ่ายประจุไฟฟ้าได้มากถึง 60 – 80 % ของประจุไฟฟ้าทั้งหมดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่รถยนต์ (Vehicle Battery) ที่ถูกออกแบบให้จ่ายประจุไฟฟ้าได้เพียง 10 – 20 % ของประจุไฟฟ้าทั้งหมด ดังนั้นแบตเตอรี่แบบ Deep Cycle จึงมีราคาสูงกว่าแบตเตอรี่รถยนต์ค่อนข้างมาก แต่จะมีความคุ้มค่าระยะยาวมากกว่า



รูปภาพ 16 แบตเตอรี่แบบ Deep Cycle

1.3.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ระดับแรงดัน 220 V, 50 Hz โดยใช้หลักการทำงานวงจร Switching Transistor เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป โดยลักษณะของสัญญาณขาออกมีให้เลือก 3 รูปแบบ คือ Pure Sine Wave, Modified Sine Wave และ Square Wave โดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพประมาณ 80–85%

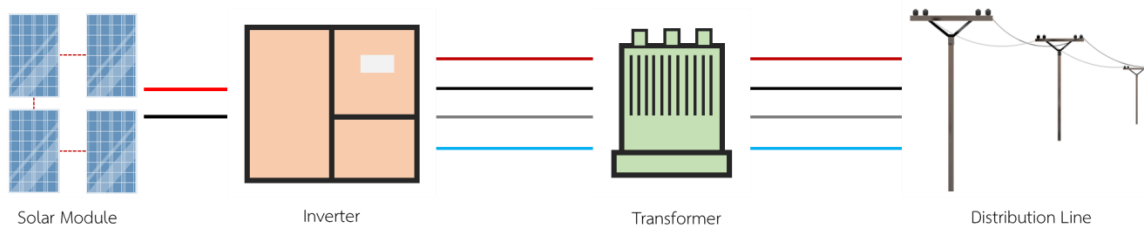


รูปภาพ 17 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

1.4 รูปแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Type of PV System)

1.4.1 แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (Grid Connected System)

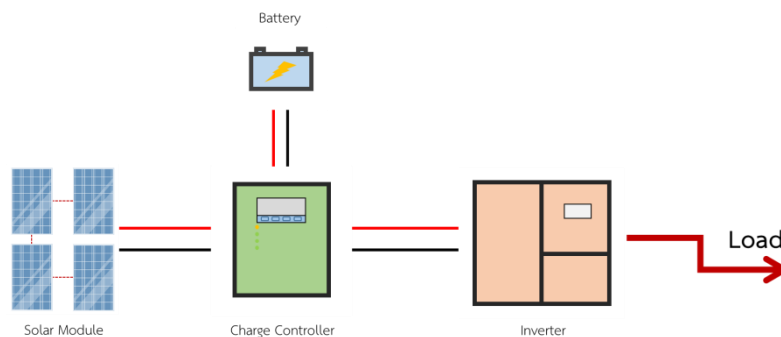
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยการทำงานเริ่มจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แล้วส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้ารูปแบบนี้เหมาะสำหรับชุมชนที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง ที่ต้องการลดภาระค่าไฟฟ้า



รูปภาพ 18 การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.4.2 แบบอิสระ (Stand-alone System)

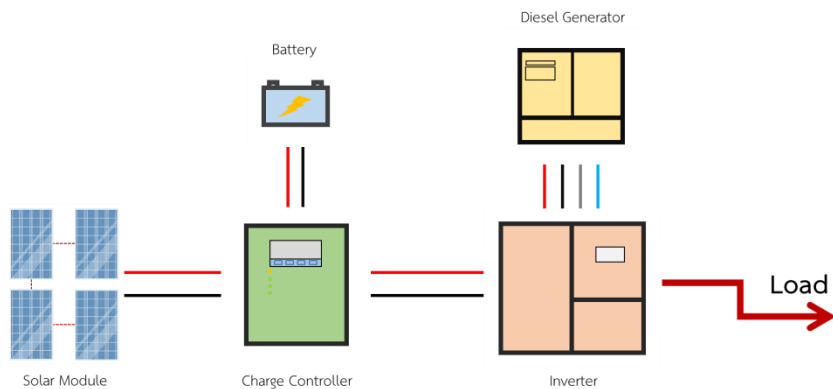
เป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในพื้นที่ชนบท จึงเป็นระบบปิดที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งหลักการทำงานของระบบฯ แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลาคือ (1) ช่วงเวลากลางวัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ทำหน้าที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และประจุพลังงานไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ ก่อนส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร และ (2) ช่วงเวลากลางคืนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นพลังงานที่ถูกกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่จะถูกจ่ายไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารแทน



รูปภาพ 19 การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ

1.4.3 แบบผสมผสาน (Hybrid System)

เป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการรวบรวมข้อดีของสองระบบเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถลดภาระค่าไฟฟ้า และมีไฟฟ้าสำรองใช้เมื่อไฟดับ เนื่องจากมีแหล่งกักเก็บพลังงาน หรือมีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 1 ทางเลือก โดยการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าร่วมกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ได้ เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับกังหันลม หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ฯลฯ



รูปภาพ 20 การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

บทที่ 2

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 การสำรวจสถานที่สำหรับก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นควรพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ในการติดตั้งเป็นหลัก โดยการคำนึงถึงสถานที่ที่จะทำการก่อสร้างเป็นอันดับแรก เนื่องจากสภาพแวดล้อมในแต่ละบริเวณค่อนข้างแตกต่างกัน ซึ่งถ้าหากเลือกพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจะมีผลต่อสมรรถนะการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ยังส่งผลให้ต้นทุนการก่อสร้างเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการสำรวจพื้นที่จึงค่อนข้างสำคัญสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เมื่อเห็นว่าพื้นที่นั้นๆ มีความเหมาะสมถึงจะทำการสำรวจพื้นที่จริงโดยการเก็บข้อมูลสถานะแวดล้อม พร้อมทั้งประเมินศักยภาพสภาพแวดล้อมจริงที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นควรเป็นพื้นราบ ตั้งอยู่ในที่โล่งแจ้ง ไม่มีน้ำท่วมขัง และไม่ควรรอยุ่ห่างจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าเกิน 1 กิโลเมตร เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟค่อนข้างสูง หลังจากการสำรวจพื้นที่จริงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเสร็จ ควรจัดทำแผนผังระบบผลิตไฟฟ้า โดยการป้อนตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ติดตั้งทางเว็บไซต์ www.google.co.th/maps เพื่อทำการวัดระยะในการก่อสร้างและออกแบบตำแหน่งติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเบื้องต้น

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานบนหลังคาหรือบนพื้นดินสามารถทดลองวางแผนผังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านโปรแกรมจำลองในคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม Sketch Up และโปรแกรม PVsyst ฯลฯ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังต่อไปนี้

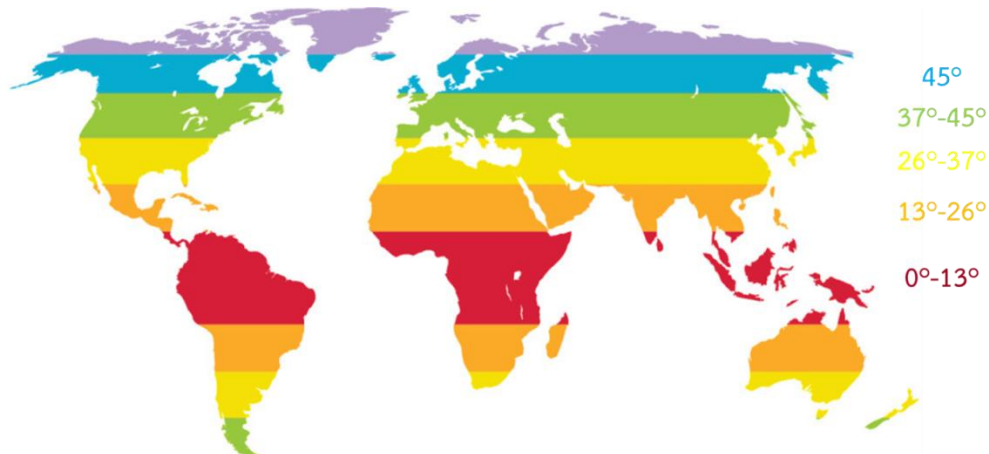
2.1.1 พื้นที่ติดตั้งหรือสถานที่ตั้งของอาคารและสิ่งปลูกสร้างรอบๆ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งได้ทั้งบนหลังคาบ้าน หลังคาโรงจอดรถ ศาลาและบนพื้นดิน โดยตำแหน่งที่ติดตั้งแผงควรได้รับแสงอาทิตย์ตลอดเวลาในช่วงกลางวัน และบริเวณรอบๆ ต้องไม่มีสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งของต่างๆ มาบดบังแสงอาทิตย์ รวมถึงสถานที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ควรมีฝุ่นหรือละออง

น้ำมากเกินไป เนื่องจากเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าลดลง รวมถึงสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการทำ ความสะอาดเพิ่มขึ้น

2.1.2 ทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และมุมเงยของแผง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อระนาบของแผงตั้งฉากกับรังสีดวงอาทิตย์พอดี ดังนั้นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องทราบถึงทิศทางการหันของแผงและมุมเอียงของแผงที่เหมาะสม ตามแต่ ละพื้นที่ ซึ่งการติดตั้งบนหลังนั้นควรคำนึงถึงความลาดชันของหลังคาด้วย



รูปภาพ 21 มุมเงยที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่
(อ้างอิงจากเว็บไซต์ <http://solarpanelsphotovoltaic.net>)

จากการศึกษาข้อมูลจากรูปภาพ 21 พบว่าที่ตั้งของประเทศไทยตั้งอยู่ทางเหนือของเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น การหันทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรหันไปทางทิศใต้ โดยมีมุมเอียงที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 15-20 องศา กับระดับพื้นดิน

2.1.3 ลักษณะโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.3.1 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาควรคำนึงถึงลักษณะของหลังคา ประเภทของหลังคา และความแข็งแรงของหลังคาเพื่อสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมต่อหลังคาในลักษณะนั้นๆ ได้ โดย อุปกรณ์จับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Mounting) ล้วนทำจากวัสดุอลูมิเนียมและเหล็กชุบกัลวานิซึม (Hot Dip Galvanize) เพื่อให้เกิดความแข็งแรง ทนทาน มีน้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิมตลอดอายุการใช้งาน รวมถึงง่าย ต่อการประกอบ จับยึด และติดตั้ง โดยอุปกรณ์สำหรับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา มีดังนี้

- รางอลูมิเนียม (Aluminium Rail) ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และส่งผ่านน้ำหนักไปยังหลังคา



รูปภาพ 22 รางอลูมิเนียมสำหรับรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- ตัวเชื่อมต่อรางอลูมิเนียม (Rail Splice) ทำหน้าที่เชื่อมต่อรางอลูมิเนียมจำนวน 2 ท่อนเข้าด้วยกัน



รูปภาพ 23 ตัวเชื่อมต่อรางอลูมิเนียม

- ตัวยึดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Middle Clamp) ทำหน้าที่ยึดกึ่งกลางระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แผง เข้าไว้กับรางอลูมิเนียม



รูปภาพ 24 ตัวยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Middle Clamp

- ตัวยึดข้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (End Clamp) ทำหน้าที่ยึดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ด้านนอกสุดกับรางอลูมิเนียม



รูปภาพ 25 ตัวยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ End Clamp

- ขายึดรางอลูมิเนียมกับหลังคา (Hook) ทำหน้าที่เป็นตัวยึดรางอลูมิเนียมเข้ากับหลังคา

1) ขายึดโครงหลังคา L-Foot ใช้สำหรับยึดรางอลูมิเนียมกับหลังคากระเบื้องลอนเล็ก หรือหลังคาเมทัลชีท



รูปภาพ 26 ขายึดโครงหลังคาแบบ L-Foot

2) ขายึดโครงหลังคา Hanger Bolt ใช้สำหรับยึดรางอลูมิเนียมกับหลังคากระเบื้องลอนคู่



รูปภาพ 27 ขายึดโครงหลังคาแบบ Hanger Bolt

3) ขายึดโครงหลังคา CPAC (Tile Hook) ใช้สำหรับยึดรางอลูมิเนียมกับหลังคากระเบื้องซีแพค หรือหลังคาแบบเรียบ



รูปภาพ 28 ขายึดโครงหลังคาแบบ Tile Hook

4) ขายึดโครงหลังคาแบบหนีบ (Clip Lock) ใช้สำหรับยึดรางอลูมิเนียมกับหลังคาเมทัลชีท โดยที่ไม่ต้องเจาะหลังคา



รูปภาพ 29 ขายึดโครงหลังคาแบบหนีบ

หากต้องการให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปรับมุมเอียงได้ ให้ทำการติดตั้งขาตั้งแบบปรับองศาเข้ากับขายึดโครงหลังคา โดยขาตั้งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ ขาตั้งด้านหน้าแบบปรับองศา (Adjust Front Leg) และขาตั้งด้านหลังแบบปรับองศา (Adjust Rare Leg)



(ก) ขาตั้งด้านหน้าแบบปรับองศา (ข) ขาตั้งด้านหลังแบบปรับองศา

รูปภาพ 30 ขาตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปรับองศา

2.1.3.2 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินจะมีอุปกรณ์ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา แต่วางกันที่ตัวจับยึดเท่านั้น โดยส่วนประกอบของชุดโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินนั้นจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- 1) เสารับน้ำหนัก มีหน้าที่รับน้ำหนักชุดโครงสร้างและแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- 2) ข้อต่อเสา (Post Pivot) มีหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างโครงถักและเสาของชุดโครงสร้างจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีจุดหมุนเพื่อปรับองศาของชุดโครงสร้างได้
- 3) โครงถัก (Truss) มีหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างรางอลูมิเนียมและข้อต่อเสา โดยทำหน้าที่ส่งผ่านแรงที่เป็นน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และชุดโครงสร้างจับยึดแผง

- 4) ตัวจับยึดระหว่างรางอลูมิเนียมและโครงถัก (Batten Clamp)
- 5) รางอลูมิเนียม (Aluminium Rail) ทำหน้าที่เป็นตัวรับน้ำหนัก และส่งผ่านแรงไปยังชุดโครงถัก
- 6) ตัวยึดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Middle Clamp)
- 7) ตัวยึดข้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (End Clamp)



รูปภาพ 31 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน

การเลือกใช้ฐานรากสำหรับโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินควรทำการสำรวจลักษณะของดินดินเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของดิน ได้แก่ ความชื้นของดิน ชีตจำกัดเหลว ชีตจำกัดพลาสติก หน่วยรับน้ำหนัก และการจัดเรียงตัวของดิน โดยใช้วิธีการเจาะดิน (Wash Boring) ซึ่งหมายความว่า การใช้แท่งเหล็กที่เป็นตัวกระทุ้งดินและใช้น้ำช่วยในการนำเศษดินขึ้นมาทำให้สามารถขุดเจาะลึกได้ แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยค่าที่แนะนำสำหรับเก็บตัวอย่างดินคือ 1 MW ต่อ 5 – 10 จุด เพื่อนำไปทดลองถึงจะสามารถจำแนกชนิดของดินและหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินได้ เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจดินแล้วจึงจะสามารถตัดสินใจเลือกชนิดของชุดโครงสร้างรองรับแผงแบบติดตั้งบนพื้นดิน ซึ่งโครงสร้างรองรับแผงมีหน้าที่เป็นตัวถ่ายเทน้ำหนักจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สู่พื้นดิน โดยฐานรากของโครงสร้างรองรับแผงสามารถแบ่งตามลักษณะของดินได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) ฐานรากแบบตื้น

คือฐานรากแบบแผ่ โดยการเทคอนกรีตที่ฐานให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม ใช้ก็เมื่อดินแน่นหรือแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกของชุดโครงสร้างรองรับแผงและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการทรุดตัวไม่เกินกว่าข้อกำหนดทางวิศวกรรม หรือเป็นบริเวณที่มีดินเป็นหินจนไม่สามารถตอกเสาเข็มได้ การทำฐานรากแบบแผ่จึงไม่จำเป็นต้องใช้เสาเข็มทำให้มีต้นทุนต่ำและสามารถรื้อถอนได้ง่าย อีกทั้งยังมีความต้านทานการป้องกันสนิมสูง เนื่องจากโครงสร้างรองรับแผงไม่มีการสัมผัสดินโดยตรง

การทำฐานรากแบบแผ่นนี้ต้องมีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน (Plate Bearing Test) ก่อนเพื่อทดสอบการทรุดตัวของดิน

2) ฐานรากแบบเสาเข็ม

เสาเข็มมีหลักการทำงานคือ ถ่ายทอดน้ำหนักจากชุดโครงสร้างรองรับแผงทั้งหมดลงสู่ชั้นดินลึก โดยอาศัยแรงเสียดทานของผิวดิน (Skin Friction) ซึ่งก็คือแรงยึดเกาะระหว่างเสาเข็มกับดินตลอดความยาวของเสาเข็ม และแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม (End Bearing) เสาเข็มจึงเป็นฐานรากที่สำคัญเพื่อสร้างความมั่นคงและแข็งแรง จึงเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีเนื้อดินอ่อนเกินไปจนไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เพียงพอ ซึ่งเสาเข็มที่นิยมใช้งานควรจะเป็นเหล็กชุบ Galvanized ได้แก่ เสาเข็มตอกที่ใช้เหล็ก H-beam หรือ I-beam เหล็กเชื่อมพิต และเหล็กเชื่อมกลวง แต่ในปัจจุบันนิยมใช้เหล็กเชื่อมพิตในการทำฐานรากแบบเสาเข็ม เนื่องจากมีราคาถูกและสามารถทนต่อการโก่งงอได้ดี ทั้งนี้ในปัจจุบันยังมีเสาเข็มแบบเกลียว ซึ่งเป็นการติดตั้งเสาเข็มคล้ายคลึงกับการเจาะสว่านลงบนพื้นดิน โดยจะมีการสั่นสะเทือนน้อยมาก เนื่องจากไม่มีการตอกจึงเหมาะสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าในบริเวณชุมชน เพราะกระบวนการติดตั้งเกิดเสียงรบกวนค่อนข้างน้อย อีกทั้งเสาเข็มแบบเกลียวยังรองรับได้ทั้งแรงดึง (Tension) และแรงบีบอัด (Compression)

นอกจากการพิจารณาเลือกรูปแบบของโครงสร้างตามลักษณะของดินแล้ว ควรจะมีการพิจารณาถึงแรงลม (Wind Load) เพิ่มเติมเพราะแรงลมจะเกิดผลกระทบเพียงบางครั้งบางคราว ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งการพิจารณาแรงลม สามารถใช้คำนวณหาขนาดและความลึกขงรากฐานได้

2.1.4 แนวทางเดินสายไฟและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรออกแบบแนวทางเดินสายไฟทั้งทางด้านไฟฟ้า กระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ และตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีความจำเป็นต่อระบบผลิตไฟฟ้า เช่น กล่องรวมสาย ตู้เบรกเกอร์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ฯลฯ เพื่อให้ง่ายต่อการก่อสร้างและการซ่อมบำรุงในภายหลัง

2.1.5 จุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า

จุดเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และระบบไฟฟ้าภายในอาคารที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบการเชื่อมต่อออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- 1) การเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบไฟฟ้าภายในอาคารนั้นๆ เพื่อใช้ลดภาระค่าไฟฟ้า ซึ่งจุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจะถูกติดตั้งภายในอาคาร
- 2) การเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับสายจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือเชื่อมต่อกับสายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต โดยอาจใช้หม้อแปลงเปลี่ยนพิกัดแรงดันไฟฟ้าตามความ

เหมาะสมของพิกัดที่การไฟฟ้ากำหนด ซึ่งวัตถุประสงค์ของการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ารูปแบบนี้ เพื่อขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยส่วนมากจุดเชื่อมต่อจะอยู่นอกอาคารที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากต้องมีการติดตั้งมิเตอร์สำหรับขายไฟฟ้าโดยเฉพาะ

2.2 การคำนวณและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรทราบถึงรูปแบบของระบบผลิตไฟฟ้าที่จะใช้งานและวัตถุประสงค์ของการติดตั้งก่อน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าและคำนวณปริมาณความต้องการไฟฟ้าได้ตามความเหมาะสม โดยจะแบ่งรูปแบบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand-alone PV System)

หรือที่เรียกว่า “ระบบผลิตไฟฟ้าแบบออฟกริด (Off-Grid)” เป็นระบบที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพราะฉะนั้นผู้ที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าแบบอิสระต้องสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองได้ ซึ่งระบบรูปแบบนี้เหมาะสำหรับชุมชนที่เข้าไม่ถึงระบบโครงข่ายของการไฟฟ้า โดยระบบนี้จะประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและแบตเตอรี่ ซึ่งมีวิธีการคำนวณเบื้องต้นสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบอิสระ ดังต่อไปนี้

1.2.1.1 การหาค่ากำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ที่ใช้งาน

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องคำนึงถึงกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะใช้งาน เพื่อใช้ในการคำนวณหาพิกัดของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบผลิตไฟฟ้า ได้แก่ เครื่องแปลงกระแส แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุ และแบตเตอรี่ โดยมีวิธีการคำนวณ มีดังนี้

- 1) หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ต้องการใช้งาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากกำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดภายในอาคาร
- 2) หาค่าพลังงานไฟฟ้าจากผลคูณระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้ากับจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด

ตาราง 1 ตัวอย่างตารางภาระทางไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน	จำนวนชั่วโมงใช้งาน	สัดส่วนการทำงาน (%)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
หลอด T5	28(31)	4	6	100	0.75
หลอด Downlight	12	2	2	100	0.05
เครื่องปรับอากาศ	1,500	1	6	50	4.50
คอมพิวเตอร์	250	1	2	100	0.0
เครื่องทำน้ำอุ่น	3,500	1	1/2	100	1.75
ตู้เย็น	100	1	24	50	1.20
รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด					8.75

1.2.1.2 การเลือกขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- 1) ระบุตำแหน่งที่ตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วหาค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ (Panel Generation Factor) โดยดูจากแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์จากเว็บไซต์ แล้วนำค่า 1.3 คูณตลอดสมการ เพื่อทดแทนกำลังสูญเสียภายในระบบผลิตไฟฟ้า (Safety Margin)

$$PV = 1.3 \times \frac{E}{\eta_{inv} \times PSH}$$

- กำหนดให้
- PV คือ กำลังไฟฟ้าทั้งหมดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (W)
 - E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 วัน (kWh)
 - η_{inv} คือ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (%)
 - PSH คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานจริง (Peak Sun Hours) หาได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ต่อค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

- 2) เลือกพิกัดกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามความเหมาะสม
- 3) คำนวณหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของระบบผลิตไฟฟ้าต่อพิกัดกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้งาน

1.2.1.3 การเลือกพิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ล้วนใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องแปลงกระแสในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อนนำไปใช้งาน โดยวิธีการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ มีดังนี้

- 1) เลือกพิกัดกำลังไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ให้สูงกว่ากำลังไฟฟ้าของโหลดที่ใช้งานทั้งหมด โดยเผื่อค่ากำลังสูญเสียภายในเครื่องแปลงกระแสประมาณ 15 – 20 %
- 2) เลือกเครื่องแปลงกระแสที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าขาเข้า ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่
- 3) ควรคำนึงถึงผลกระทบที่มีผลต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ฮาร์ดมอนิก การควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2.1.4 การเลือกพิกัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องควบคุมการประจุ

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บางระบบจะประกอบไปด้วยแบตเตอรี่สำหรับการกักเก็บพลังงาน ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องควบคุมควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่โดยตรง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการประจุพลังงานไฟฟ้า ตามกำลังผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวิธีการเลือกเครื่องควบคุมการประจุ มีดังนี้

- 1) เลือกเครื่องควบคุมการประจุที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่ากระแสไฟฟ้ารวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- 2) คำนวณหาพิกัดกระแสของเครื่องควบคุมการประจุ โดยการคูณ 1.25 เข้าไปในกระแสไฟฟ้าของระบบเพื่อชดเชยกำลังสูญเสียภายในระบบ ตามสมการ

$$I_{CC} = 1.25 \times \frac{W_{sys}}{V_{sys}}$$

กำหนดให้ I_{CC} คือ พิกัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (A)

W_{sys} คือ กำลังไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (W)

V_{sys} คือ แรงดันไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (V)

1.2.1.5 การเลือกขนาดความจุแบตเตอรี่สำหรับสำหรับกักเก็บพลังงานไฟฟ้า

การใช้งานระบบไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ จะทำให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางคืนได้ โดยวิธีการคำนวณหาขนาดความจุและจำนวนของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับความต้องการไฟฟ้า มีดังนี้

- 1) คำนวณหาปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและจำนวนวันที่ต้องการเพื่อในวันที่ไม่มีแสงอาทิตย์1) เพื่อที่จะมีพลังงานสำรองในแบตเตอรี่
- 2) เลือกความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และชนิดของแบตเตอรี่ตามที่ต้องการ (ควรคำนึงถึงค่าความลึกของการคายประจุและอายุการใช้งานเป็นหลัก)
- 3) คูณ 1.25 เข้าไปในสมการเพื่อชดเชยกำลังสูญเสียภายในแบตเตอรี่และผลกระทบจากความร้อน

$$Ah = 1.25 \times \frac{E \times N}{\%DOD \times \eta_{inv} \times V_{Batt}}$$

กำหนดให้ Ah คือ ความจุไฟฟ้าทั้งหมดของแบตเตอรี่ (Ah)

E คือ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการใช้ใน 1 วัน (kWh)

N คือ จำนวนวันที่ต้องการเมื่อในวันที่ไม่มีแสงอาทิตย์

%DOD คือ ค่าความลึกของการคายประจุ (%) โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 40 – 60 %

η_{inv} คือ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแส (%)

V_{Batt} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ (V)

- 4) คำนวณหาจำนวนของแบตเตอรี่ได้จากการนำค่าความจุไฟฟ้าทั้งหมดหารค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่จำนวน 1 ลูก ตามขนาดที่เลือกใช้งาน ยกตัวอย่างเช่นเลือกแบตเตอรี่ขนาด 200 Ah และต้องการเก็บความจุไฟฟ้าทั้งหมดใน 1 วันเท่ากับ 2,000 Ah จึงต้องใช้แบตเตอรี่ทั้งหมด 10 ลูก (คำนวณได้จากการนำ 2,000 หารด้วย 200)

2.2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า (Grid-connected PV System)

หรือที่เรียกว่า “ระบบแบบออนกริด (On-Grid)” ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยระบบแบบนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อการไฟฟ้า (Grid Tie Inverter)

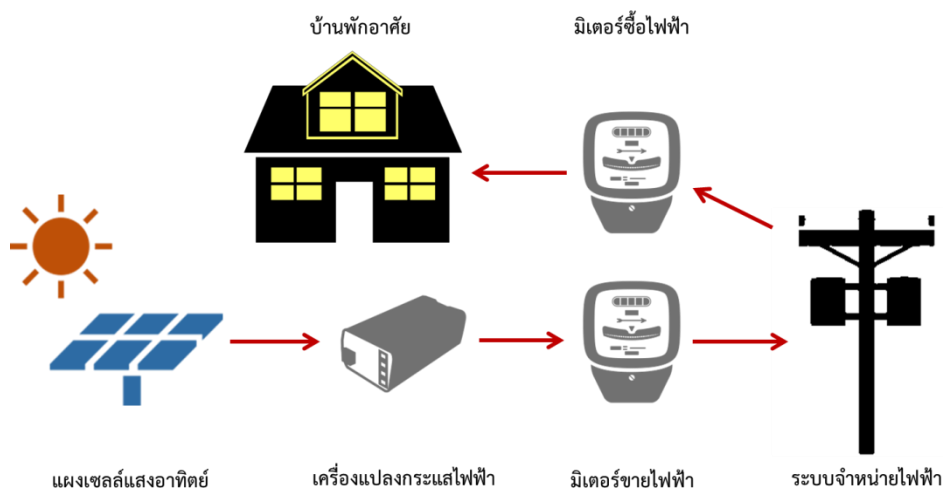
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าอยู่ 2 ทาง คือ (1) พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าและ (2) พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยระบบผลิตไฟฟ้าจะสามารถเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันไฟฟ้า ความถี่ และลำดับเฟสเดียวกับการไฟฟ้า ประกอบด้วยระบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่สำหรับกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นการลดต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าได้ ส่วนข้อเสียของระบบผลิตไฟฟ้าแบบนี้คือ เมื่อเกิดเหตุระบบจำหน่ายไฟฟ้าขัดข้อง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายจะหยุดการทำงานเองโดยอัตโนมัติเพื่อป้องกันมิให้กระแสไฟฟ้าไหลย้อนไปยังเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าที่กำลังปฏิบัติการซ่อมแซม

วิธีการคำนวณระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าไม่ต้องคำนึงว่าภายในอาคารใช้ไฟจำนวนเท่าไร ระยะเวลาที่ชั่วโมง เพราะการติดตั้งระบบแบบนี้เป็นการช่วยลดค่าไฟเพียงบางส่วนหรือขายไฟเท่านั้น โดยการออกแบบและติดตั้งระบบแบบนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณที่มี พื้นที่สำหรับติดตั้ง หรือกำลังผลิตติดตั้งตามที่ต้องการ โดยสามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์ในการติดตั้งได้ 2 ข้อ ดังต่อไปนี้

- 1) การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟให้การไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกส่งไปยังระบบจำหน่ายไฟฟ้าทั้งหมด โดยประเทศไทยนั้นมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ดังนั้นสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) จึง

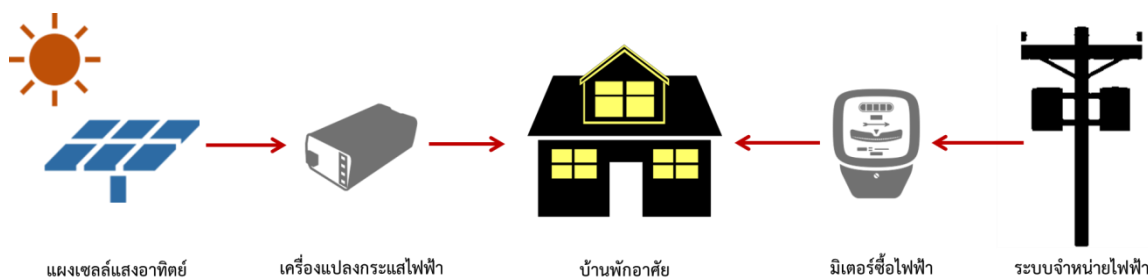
ต้องมีการวางแผน ออกนโยบาย วิเคราะห์และติดตามผลการผลิตไฟฟ้าเพื่อพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าให้สอดคล้องตามความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันพบว่ากำลังการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมีส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นทุกๆ ปีทำให้เกิดโอกาสทางธุรกิจสำหรับผู้สนใจทางด้านการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากชีวมวล ฯลฯ



รูปภาพ 32 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อขายไฟให้กับการไฟฟ้า

2) การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟ

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าไฟฟ้า ส่วนใหญ่จะนิยมติดตั้งบนหลังคาของอาคาร โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นจะถูกใช้ภายในอาคารเป็นอันดับแรก หากมีไฟฟ้ามากเกินไปความต้องการไฟฟ้าที่เหลือจะไหลเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า แต่จะไม่ได้รับเงินเนื่องจากไม่ได้ทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า ดังนั้นการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟเป็นแนวคิดที่น่าสนใจสำหรับสถานประกอบการที่ไม่ประสงค์จะขายไฟฟ้า แต่ต้องการลดภาระค่าไฟฟ้าลงเนื่องจากแนวโน้มอัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นประมาณ 4% ของทุกปี ซึ่งสถานประกอบการในบางแห่งมีต้นทุนหลักคือ ค่าไฟฟ้า เพราะฉะนั้นการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าทำให้ต้นทุนของสถานประกอบการลดลงได้



รูปภาพ 33 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าไฟ

2.3 อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควรพิจารณาถึงเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นผู้ที่ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่างๆ ในระบบไฟฟ้า รวมถึงระบบป้องกันต่างๆ อาทิเช่น ระบบสายดินและระบบป้องกันฟ้าผ่า เป็นต้น เพื่อสร้างความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานและป้องกันความเสียหายแก่อุปกรณ์ภายในระบบผลิตไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ตู้จ่ายไฟหลัก (Main Distribution Board ; MDB)

เป็นแผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ที่นิยมใช้ในอาคารขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก โดยรับพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงจำหน่าย เพื่อจ่ายไปยังภาระทางไฟฟ้า เช่น ตู้จ่ายไฟรอง มอเตอร์ ฯลฯ แผงจ่ายไฟหลักส่วนมากมีขนาดใหญ่จึงมักวางบนพื้น ซึ่งมีทั้งแบบติดตั้งภายนอกอาคารและภายในอาคาร ทั้งนี้การเลือกใช้งานตู้จ่ายไฟหลักควรพิจารณาถึงระดับแรงดันไฟฟ้า พิกัดกระแสไฟฟ้าและพิกัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60439-1



รูปภาพ 34 ตู้จ่ายไฟหลักหรือตู้ MDB

2.3.2 ตู้จ่ายไฟรอง (Distribution Board : DB)

เป็นแผงไฟย่อยที่คอยรับไฟจากตู้จ่ายไฟหลักเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ตู้จ่ายไฟย่อย หรือโหลดบางส่วนภายในอาคาร ซึ่งลักษณะการใช้งานและการจัดวางอุปกรณ์มีลักษณะคล้ายกับตู้จ่ายไฟหลัก แต่รายละเอียดของอุปกรณ์จะน้อยกว่าและขนาดของตู้จะเล็กกว่าทำให้ขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าของเบรกเกอร์น้อยกว่าเบรกเกอร์ในตู้จ่ายไฟหลักด้วย



รูปภาพ 35 ตู้จ่ายไฟรองหรือตู้ DB

2.3.3 ตู้จ่ายไฟย่อยย่อย (Load Panel)

เป็นตู้ควบคุมย่อยที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังโหลดต่างๆ ภายในอาคาร โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

- 1) Load center ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคารขนาดกลางและใหญ่ หรือโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อส่ง จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลดใช้งานต่างๆ ซึ่งอาคารขนาดใหญ่จะใช้ไฟฟ้าระบบ 3 เฟส 4 สาย โดย Load center สามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ประเภท คือ

- แบบ Main Lugs เป็นตู้ควบคุมที่มีเฉพาะขั้วต่อสายและบัสบาร์ แต่ไม่มีเบรกเกอร์หลัก (Main Circuit Breaker) ติดตั้งภายในตู้ การจ่ายกระแสไฟฟ้าของตู้ประเภทนี้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านบัสบาร์ไปยังเบรกเกอร์ย่อย (Branch Circuit Breaker) ภายในตู้จะมีวงจรย่อยมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการทนกระแสไฟฟ้าของบัสบาร์ โดยกระแสใช้งานทั้งหมดของวงจรย่อยไม่ควรเกิน 80% ของพิกัดกระแสไฟฟ้าของบัสบาร์ เช่น บัสบาร์พิกัด 100 A กระแสไฟฟ้าที่ใช้งานไม่ควรเกิน 80 A เนื่องจากตู้ชนิดนี้ไม่มีเมนเบรกเกอร์ การใช้งานจึงมักใช้คู่กับ Safety Switch หรือติดตั้งไว้ใกล้กับตู้ MDB, DB ที่มี MCCB เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับตู้

- แบบ Main Circuit Breaker เป็นตู้ควบคุมที่มีขั้วต่อสาย บัสบาร์ และเมนเบรกเกอร์ชนิด MCCB ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลักในการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านบัสบาร์ไปยังเบรกเกอร์ย่อย โดยพิกัดทนกระแสไฟฟ้าสูงสุดของเมนเบรกเกอร์ต้องไม่เกินพิกัดการทนกระแสไฟฟ้าของบัสบาร์ เช่น บัสบาร์พิกัด 100 A เมนเบรกเกอร์จะต้องทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่เกิน 100 A เป็นต้น การเลือกใช้งานนอกจากจะพิจารณาจำนวนวงจรย่อยเหมือนแบบ Main Lugs แล้วต้องเลือก MCCB ให้เหมาะสมกับการใช้งานด้วย



รูปภาพ 36 ตู้ Load Center

- 2) Consumer Units มีลักษณะคล้ายกับตู้ Load center แต่มีขนาดเล็กกว่า สามารถติดตั้งและใช้งานได้ง่าย สะดวก แต่มีขนาดพิกัดทนกระแสไฟฟ้าไม่สูงมากนัก ส่วนใหญ่ใช้สำหรับไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 2 สาย จึงนิยมใช้เป็นชุดจ่ายไฟในบ้านพักอาศัยทั่วไป



รูปภาพ 37 ตู้ Consumer Unit

2.3.4 ตู้ ATS (Automatic Transfer Switch)

เป็นตู้ควบคุมที่ทำหน้าที่สั่งงานให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติในช่วงที่เกิดไฟดับ โดยเมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเกิดดับหรือเกิดเหตุขัดข้องจนไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ไปยังอาคารได้ ตู้ ATS จะทำการส่งสัญญาณให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มทำงานจนได้ความถี่และแรงดันไฟฟ้าตามที่กำหนด แล้วจึงสับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยทันที และเมื่อระบบจำหน่ายไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ ตู้ ATS จะสั่งให้เปลี่ยนมาใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าตามปกติ และสั่งดับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ตู้ ATS ยังมีระบบ Manual Switch คือเมื่อไฟดับต้องทำการสับ MCCB ด้วยตนเองเพื่อเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟจากการไฟฟ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแทน

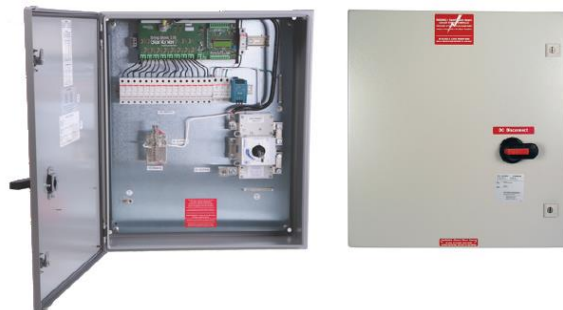


รูปภาพ 38 ตู้ ATS

2.3.5 กล่องรวมสายไฟ (Combiner Box)

เป็นจุดเชื่อมต่อสายไฟฟ้าในแต่ละสตริงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องรวมแผงในแต่ละสตริงให้เป็นอะเรย์ก่อนแล้วจึงส่งกระแสไฟฟ้าไปยังเครื่องแปลงกระแสหรือเครื่องควบคุมการประจุ โดยภายในกล่องรวมสายจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ คือฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือสวิตช์ปลดวงจร

และอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ากระชอกด้านไฟฟ้ากระแสตรง โดยการเลือกกล่องรวมสายไฟควรเลือกระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำอย่างน้อยในระดับ IP55 เนื่องจากกล่องรวมสายถูกติดตั้งภายนอกอาคารจึงอาจจะโดนละอองน้ำจากฝนหรือฝุ่นควันได้



รูปภาพ 39 กล่องรวมสายไฟ

2.3.6 ท่อร้อยสาย (Conduit)

ท่อร้อยสายมีวัตถุประสงค์เพื่อปกปิดและป้องกันสายไฟจากสภาพแวดล้อม สัตว์และแมลง โดยจำนวนสายไฟในท่อร้อยสายต้องมีพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดท่อเพื่อให้เกิดพื้นที่ในการระบายความร้อน รวมถึงการเดินสายไฟวงจรเดียวกันต้องใช้ท่อร้อยสายเดียวกัน โดยท่อร้อยสายที่ใช้นิยามงานในระบบไฟฟ้าทั่วไปควรมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ท่อโลหะหนา (Rigid Steel Conduit : RSC) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งภายนอกและภายในทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายในและภายนอก ส่วนปลายท่อจะมีการทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ด้าน ท่อร้อยสายชนิดนี้จึงมีความแข็งแรงและทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ท่อร้อยสายแบบโลหะหนาจึงสามารถใช้งานได้ทั้งภายนอกอาคารหรือฝังในผนังและพื้นคอนกรีต รวมถึงฝังใต้ดินได้ ส่วนขนาดท่อโลหะหนาที่มีขายในท้องตลาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ - 6 นิ้ว ยาวท่อละ 3 เมตร



รูปภาพ 40 ท่อโลหะหนา

- 2) ท่อโลหะหนานปานกลาง (Intermediate Metal Conduit : IMC) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วย Hot Dip Galvanized หรือ Enamel ทำให้ผิวเรียบมีความมันวาวปลายท่อ โดยจะทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ด้านเช่นเดียวกับท่อโลหะหนา ดังนั้น

สถานที่ใช้งานจึงเหมือนกับท่อโลหะหนา แต่วกกันที่ขนาดของท่อโลหะหนากกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 - 4 นิ้ว ยาวท่อนละ 3 เมตร



รูปภาพ 41 ท่อโลหะหนากกลาง

- 3) ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing : EMT) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วย Hot Dip Galvanized หรือ Enamel ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายในและภายนอกและมีความมันวาว ปลายท่อเรียบทั้ง 2 ด้าน ไม่สามารถทำเกลียวได้เนื่องจากเป็นท่อที่มีลักษณะบาง จึงใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น เช่น เดินลอยตามผนัง ฝ้าเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีต โดยขนาดของท่อโลหะบางที่ขายตามท้องตลาดจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1/2 - 2 นิ้ว ยาวท่อนละ 3 เมตร



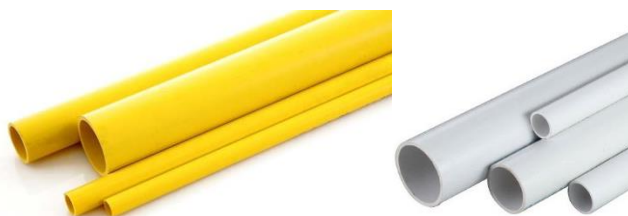
รูปภาพ 42 ท่อโลหะบาง

- 4) ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metallic Conduit) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งภายนอกและภายใน จึงเป็นท่อที่มีความอ่อนตัว โค้งงอไปมาได้โดยท่อโลหะอ่อนเหมาะสำหรับการต่อเข้ากับบริเวณที่ไฟฟ้า เช่น ดวงโคม มอเตอร์ เครื่องจักร เป็นต้น โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขายตามท้องตลาดมีขนาดตั้งแต่ 1/2 - 3 นิ้ว



รูปภาพ 43 ท่อโลหะอ่อน

- 5) ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride : PVC) เป็นท่อร้อยสายไฟที่ใช้เดินสายไฟฟ้าทั่วไป ทำด้วยพลาสติกพีวีซีที่มีคุณสมบัติต้านทานเปลวไฟ แต่ข้อเสียคือ ขณะที่เกิดไฟไหม้จะเกิดก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และไม่ทนต่อแสงแดดทำให้ท่อพีวีซีกรอบและแตกหักง่าย ส่วนใหญ่จะใช้เดินลอยในอากาศหรือฝังในผนังคอนกรีต ห้ามใช้ในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพและเดินสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดนแดดเป็นเวลานาน ทำให้อายุการใช้งานของท่อสั้นลง โดยท่อพีวีซีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ ½ - 4 นิ้ว และแบ่งออกเป็น 2 สีตามลักษณะการใช้งาน โดยท่อสีเหลืองใช้สำหรับเดินสายไฟฝังในผนัง ส่วนสีขาวใช้เดินบนผนังหรือเดินลอยในอากาศ



รูปภาพ 44 ท่อพีวีซี

- 6) ท่อ HDPE (High Density Polyethylene Conduit) ผลิตจากวัตถุดิบโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จึงต้านเปลวไฟได้ดี มีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่นตัวได้ดี ทนต่อแรงกดอัดได้ดี น้ำหนักเบา ง่ายต่อการขนส่งและไม่เป็นสนิมหรือผุกร่อน ซึ่งเหมาะสำหรับร้อยสายไฟในที่โล่ง บนพื้นดิน ฝังใต้ดิน หรือบนฝัาอาคาร ไม่เพียงแต่ร้อยสายไฟเท่านั้น ในปัจจุบันยังมีการนำท่อ HDPE สำหรับร้อยสายเคเบิลสายโทรศัพท์ และสายไฟเบอร์ออฟติกอีกด้วย โดยท่อ HDPE มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ ½ - 6 นิ้ว ยาว 6 หรือ 12 เมตร หรือถ้าหากเป็นม้วนยาวม้วนละ 50 หรือ 100 เมตร (ท่อขนาดไม่เกิน 110 มม. สามารถผลิตเป็นม้วนได้)



รูปภาพ 45 ท่อโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

2.3.7 สายไฟ (Wire)

สายไฟสำหรับระบบไฟฟ้าทั่วไปเป็นไปตาม มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของสายไฟตามลักษณะของฉนวนได้เป็น 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.3.7.1 สายไฟตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี เป็นสายไฟมีตัวนำเป็นทองแดงหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุดต่อเนื่องได้ 70 °C ตามมาตรฐาน มอก.11-2553 โดยตัวอย่างสายไฟที่ใช้งานทั่วไปในประเทศไทย ได้แก่ สาย IEC 01 (THW), IEC 10, NYY, NYY-G, VAF, VAF-G, VCT และสาย VCT-G ซึ่งสายไฟที่นิยมใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือสาย THW ซึ่งสามารถใช้งานได้หลากหลายด้วยวิธีการเดินสายไฟในช่องเดินสาย เดินเกาะผนังในอากาศ หรือเดินบนลูกถ้วยในอากาศ แต่ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง ส่วนสายไฟอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้งานคือสาย NYY ซึ่งสามารถใช้ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง หรือวางบนรางเคเบิลได้

ตาราง 2 ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพีวีซี ตาม มอก.11-2553

รหัสชนิด เคเบิล/ชื่อเรียก	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ลักษณะตัวนำ	จำนวนแกน	เปลือก นอก	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	การใช้งาน
60227 IEC 01	1.5 - 400	เดี่ยวแข็ง (Solid) หรือตีเกลียว (Stranded)	แกนเดี่ยว	ไม่มี	450/750	- ใช้งานทั่วไป - เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย - ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
60227 IEC 10	1.5 - 35	ตีเกลียว (Stranded)	หลายแกน	มี	300/500	- ใช้งานทั่วไป - เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย - วางบนรางเคเบิล - ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
NYN	1 - 500	ตีเกลียว (Stranded)	แกนเดี่ยว	มี	450/750	- ใช้งานทั่วไป - วางบนรางเคเบิล - ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
	50 - 300		หลายแกน			
NYN-G	25 - 300		หลายแกนมี สายดิน	มี	450/750	
VAF VAF-G	1 - 16	เดี่ยวแข็ง (Solid) หรือตีเกลียว (Stranded)	2 แกน 2 แกนมีสาย ดิน	มี	300/500	- เดินเกาะผนัง - เดินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อ - ห้ามฝังดิน
VCT VCT-G	4 - 35	ฝอย (Flexible)	แกนเดี่ยว หลายแกน และหลาย แกนมีสาย ดิน	มี	450/750	- ใช้งานทั่วไป - ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า - วางบนรางเคเบิล - ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

2.3.7.2 สายไฟตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงค์พอลิเอทิลีน (หรือเรียกว่าสายไฟหุ้มฉนวน XLPE) สามารถทนอุณหภูมิสูงสุดต่อเนื่องได้ 90 °C ดังนั้นสายไฟทองแดงหุ้มฉนวน XLPE สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าสายไฟทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีในขณะที่ขนาดของตัวนำเท่ากัน โดยสายไฟทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ที่นิยมงานคือ สาย CV ซึ่งการติดตั้งกำหนดให้สาย CV ต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด เช่น ท่อร้อยสาย หรือรางเดินสาย (Wire way) แต่ถ้าหากต้องการเดินสาย CV ในรางเคเบิลต้องใช้สายที่มีคุณสมบัติไม่ลามไฟ (Flame Retardant) ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน IEC 60332-3 Category C นอกจากนี้ยังมีสาย PV-1F ซึ่งเป็นสายที่ใช้สำหรับต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉพาะ โดยสายไฟชนิดนี้จะใช้ฉนวนแบบ XLPE ตามมาตรฐานของสถาบันรับรองความปลอดภัยของประเทศเยอรมัน (TUV) ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะเลือกใช้สาย PV1-F เป็นสายไฟที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอินเวอร์เตอร์หรือชาร์จเจอร์ ซึ่งสายไฟชนิดนี้จะประกอบด้วยสายทองแดงเส้นเล็กๆจำนวนหลายเส้น โดยผิวของทองแดงเคลือบด้วยดีบุกจึงทำให้ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถไหลผ่านสายชนิดนี้ได้ดีกว่าสายชนิดอื่น ซึ่งขนาดกระแสไฟฟ้าของสาย PV1-F ในกรณีที่เดินลอยในอากาศหรือเกาะพื้นผิวทั่วไป (ไม่ผ่านท่อร้อยสายไฟ)

สามารถพิจารณาได้จากตาราง 2

ตาราง 3 ขนาดกระแสของสายไฟ PV1-F ที่เดินลอยในอากาศหรือเกาะพื้นผิวทั่วไป

ขนาดสายตัวนำ (ตารางมิลลิเมตร)	ขนาดกระแส (แอมป์)	รองรับแรงดันไฟฟ้า	ความต้านทานของตัวนำ (โอห์มต่อกิโลเมตร)
PV1-F 1*1.5	30	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	13.7
PV1-F 1*2.5	41	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	8.21
PV1-F 1*4.0	55	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	5.09
PV1-F 1*6.0	70	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	3.39
PV1-F 1*10	98	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	1.95
PV1-F 1*16	132	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	1.24
PV1-F 1*25	176	AC 0.6/1 kV; DC 1.8 kV	0.795

2.3.8 บัสบาร์ (Bus bar)

ทำหน้าที่เชื่อมต่อไฟฟ้าระหว่างสายประธานและสายป้อน โดยส่วนมากบัสบาร์ทำจากทองแดงที่มีความบริสุทธิ์สูงมากๆ เนื่องจากต้องนำกระแสในปริมาณมาก อีกทั้งการติดตั้งบัสบาร์ยังสามารถใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ในระบบ โดยการเลือกใช้บัสบาร์สามารถพิจารณาได้จากกระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง ซึ่งขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าของบัสบาร์ต้องมากกว่าหรือเท่ากับพิกัดกระแสไฟฟ้าของเบรกเกอร์หลัก

ตาราง 4 ขนาดกระแสไฟฟ้าของบัสบาร์

ขนาดบัสบาร์ (กว้าง×หนา)	พิกัดกระแสต่อเนื่อง (Continuous Current)					
	บัสบาร์แบบชุบสี (Coated)			บัสบาร์แบบเปลือย (Uncoated)		
	1	2	3	1	2	3
12 × 2 มม.	123	202	228	108	182	216
15 × 2 มม.	148	240	261	128	212	247
15 × 3 มม.	187	316	381	162	282	361
20 × 2 มม.	189	302	313	162	264	298
20 × 3 มม.	237	394	454	204	348	431
20 × 5 มม.	319	560	728	274	500	690
20 × 10 มม.	497	924	1,320	427	825	1,180

2.3.9 อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้า

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ควรติดตั้งระบบป้องกันกระแสไฟฟ้าในส่วนไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินและกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีความสำคัญอย่างมากในการป้องกันทางไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้ การเกิดกระแสเกิน (Over Load) มีสาเหตุมาจากความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่ากำลังผลิตไฟฟ้าที่ออกแบบทำให้มีปริมาณกระแสไฟฟ้าไหลในระบบไฟฟ้ามากกว่าพิกัดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องของสายไฟ ส่วนการเกิดกระแสลัดวงจร (Short Circuit) มีสาเหตุมาจากการเสื่อมสภาพของฉนวนไฟฟ้าหรือการสัมผัสกันระหว่างตัวนำไฟฟ้าในวงจรเดียวกัน โดยพื้นที่ทั่วไปมีระดับกระแสลัดวงจรประมาณ 10 kA ส่วนพื้นที่เขตวงจรตายจะมีระดับกระแสลัดวงจรประมาณ 50 kA ซึ่งในอุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะมีการระบุค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity : IC) ซึ่งหมายถึงกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นชั่วขณะแล้วเซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถตัดวงจรออกได้ โดยไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งการป้องกันกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันกระแส ได้ดังนี้

- 1) ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์นิรภัยชนิดหนึ่งที่อยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อป้องกันการใช้กระแสไฟฟ้าเกินและกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจนเป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเกิดความเสียหาย โดยใช้หลักการหลอมละลายและตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจร ฟิวส์ทำจากเส้นลวดเล็กๆ ที่ทำจากตะกั่วผสมดีบุกทำให้มีจุดหลอมเหลวต่ำ ฟิวส์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีหลากหลายขนาด อาทิเช่น 10 15 และ 30 A ซึ่งหมายถึงกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ฟิวส์สามารถทนได้ ถ้าหากกระแสที่ไหลผ่านมีค่ามากกว่าพิกัดของฟิวส์ ฟิวส์จะเกิดการหลอมละลายทันทีทำให้วงจรของฟิวส์ขาด ดังนั้นควรเลือกใช้ฟิวส์ตามความเหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน



รูปภาพ 46 ฟิวส์

2) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ทำหน้าที่ตัดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อเกิดไฟฟ้ากระแสเกินหรือกระแสไฟฟ้าลัดวงจร เซอร์กิตเบรกเกอร์จึงช่วยป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น สายไฟ เครื่องแปลงกระแส ฯลฯ โดยการใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์แทนฟิวส์จะช่วยลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุง เนื่องจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานต่อได้ทันทีหลังจากทำการตัดวงจร แต่ฟิวส์นั้นจำเป็นต้องเปลี่ยนตัวใหม่ อีกทั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ยังทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าได้อีกด้วย

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Circuit Breaker) เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นควรเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสตรงที่มีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของพิกัดกระแสลัดวงจร (I_{sc}) ที่สภาวะ STC ส่วนพิกัดแรงดันไฟฟ้าควรมากกว่าแรงดันเปิดวงจร (V_{oc}) อย่างน้อย 1.25 เท่า แต่ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าน้อยกว่า 120 VDC สามารถเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสสลับแทนได้เลย

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Circuit Breaker) การเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสสลับ ควรมีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.25 ของพิกัดกระแสต่อเนื่องของโหลด และพิกัดแรงดันไฟฟ้าควรสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานอย่างน้อย 1.25 เท่า



(ก) เซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสตรง

(ข) เซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสสลับ

รูปภาพ 47 เซอร์กิตเบรกเกอร์

* ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์

- Ampere Trip (AT) คือ พิกัดการทนต่อกระแสไฟฟ้าในสภาวะปกติ โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำการปลดวงจร เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดที่ตั้งไว้ มีหน่วยเป็น AT
- Ampere Frame (AF) คือ พิกัดการทนกระแสไฟฟ้าสูงสุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นๆ มีหน่วยเป็น A
- Interrupting Capacity (IC) คือ พิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดของเบรกเกอร์ มีหน่วยเป็น kA

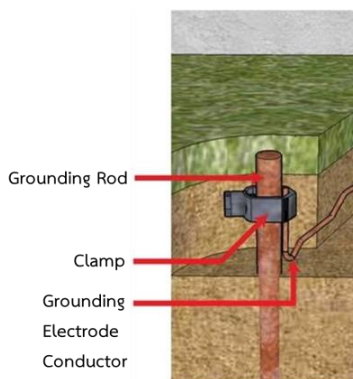
3) สวิตช์ตัดตอน (Disconnections Switch) เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้าได้ เพื่อให้สามารถซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างปลอดภัย อีกทั้งยังสามารถตัดต่อวงจรไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินได้ โดยสวิตช์ปลดวงจรมีให้เลือกทั้งแบบที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะนำสวิตช์ตัดต่อวงจรต่อร่วมกับฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้ในกล่องรวมสาย



รูปภาพ 48 สวิตช์ตัดตอน

2.3.10 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าดูด

การป้องกันไฟฟ้าดูดจากกระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลนั้น สามารถทำได้โดยการติดตั้งสายดิน ซึ่งระบบสายดิน (Grounding System) ที่ติดตั้งภายในบ้านพักอาศัยหรือสำนักงานต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยที่ทางการไฟฟ้าได้ออกข้อบังคับให้ปฏิบัติตามเพื่อป้องกันอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูด โดยหลักการติดตั้งระบบสายดินแสดง ดังรูปภาพ 49



รูปภาพ 49 ระบบสายดิน

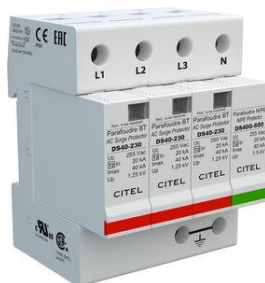
2.3.10.1 หลักดิน (Grounding Rod) เป็นแท่งโลหะตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ถ่ายเทประจุไฟฟ้าให้กระจายลงสู่พื้นดิน เมื่อกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการต่อสายดิน กระแสไฟฟ้าที่รั่วจะไหลจากเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายดินลงมาสู่หลักดิน โดยหลักดินที่ใช้ในระบบสายดินจะมีลักษณะเป็นแท่งโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแท่งเหล็กชุบทองแดง เพื่อป้องกันสนิมและการกัดกร่อน โดยหลักการต่อหลักดินนั้นต้องมีความต้านทานดินไม่เกิน 5 โอห์ม ซึ่งถ้าหากมีความต้านทานดินสูงกว่า 5 โอห์ม จำเป็นต้องตอกหลักดินเพิ่มให้ขนานกับแท่งแรกที่ตอกลงไป แล้วใช้สายต่อฝาก (Bonding Jumper) ต่อหลักดินเข้าด้วยกันเพื่อไม่ให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างหลักดิน

2.3.10.2 สายดิน (Grounding Electrode Conductor) สายไฟที่นิยมใช้สำหรับระบบสายดินโดยทั่วไปจะเป็นสายไฟฟ้าชนิดแกนเดียวที่ประกอบด้วยลวดตัวนำที่ทำมาจากทองแดงและหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี โดยมาตรฐานกำหนดให้สายไฟมีฉนวนสีเขียวหรือสีเขียวสลับแถบเหลือง ซึ่งเป็นสีเฉพาะของสายดิน สายดินยังสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ

- 1) สายดินสำหรับต่อหลักดินจะเป็นสายทองแดงขนาดใหญ่ที่จะรวมสายดินจากวงจรย่อยต่างๆ เข้าด้วยกัน แล้วจึงต่อไปยังหลักดิน โดยขนาดสายดินที่ใช้งานไม่น้อยกว่า ตารางมิลลิเมตร
- 2) สายดินที่ใช้ในวงจรย่อยจะเป็นสายดินที่ต่อมาจากตู้ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.3.11 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันกระชอกจากฟ้าผ่า

การป้องกันแรงดันกระชอกจากฟ้าผ่านั้นสามารถทำการติดตั้งกับดักฟ้าผ่า (Surge Arrester : SPD) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่า โดยการทำงานของกับดักฟ้าผ่าในสภาวะปกติจะมีความต้านทานสูงมาก แต่ถ้าหากมีแรงดันไฟฟ้าเกินเกิดขึ้นภายในระบบผลิตไฟฟ้า ความต้านทานของกับดักฟ้าผ่าจะลดลงอย่างรวดเร็วทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไหลลงดินผ่านสายดินทันทีเพื่อลดความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งการติดตั้งกับดักฟ้าผ่าควรติดตั้งทั้งทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง (DC-SPD) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC-SPD) เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งอยู่ในที่โล่งจึงมีโอกาที่จะโดนผลกระทบที่เกิดจากฟ้าผ่าทั้งทางตรงและทางอ้อม



รูปภาพ 50 กับดักฟ้าผ่าทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ

บทที่ 3

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถติดตั้งได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่และลักษณะการออกแบบ อาทิเช่น การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลัง การติดตั้งแผงบนดาดฟ้าของอาคาร หรือการติดตั้งแผงบนพื้นดิน

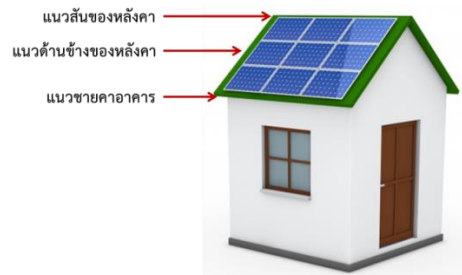
3.1 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop)

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ต้องมั่นใจก่อนว่าหลังคาหลังคาของอาคารสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่าไร โดยทั่วไปหลังคาสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 10 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์ (สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม) เช่น หลังคามีสี่เหลี่ยมที่ทั้งหมด 20 ตารางเมตร แสดงว่าหลังคานั้นสามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ประมาณ 2 กิโลวัตต์ โดยการติดตั้งจริงอาจติดตั้งกำลังการผลิตได้มากกว่าหรือน้อยกว่าขึ้นอยู่กับโครงสร้างของหลังคาและชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกที

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยทั่วไปจะต้องคำนวณน้ำหนักรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โครงสร้างรองรับแผง สายไฟและรางเดินสาย ซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หากต้องการเพื่อค่าความปลอดภัยให้ทำการคูณ 1.25 เข้าไป โดยน้ำหนักที่หาได้ใช้ในการประเมินผลว่าโครงสร้างของหลังคาสามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้หรือไม่ ซึ่งส่วนใหญ่หลังคาบ้านสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่า 50 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ข้อกำหนดตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522) โดยมีขั้นตอนการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา มีดังต่อไปนี้

3.1.1 การเตรียมพื้นที่

การเตรียมพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรทำการกำหนดตำแหน่งการติดตั้งของแผงก่อน โดยการทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งติดตั้งด้วยชอล์กหรือเทปสี ซึ่งการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรเว้นระยะห่างจากแนวสันของหลังคาและแนวด้านข้างของหลังคาอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ส่วนระยะห่างจากแนวชายคาอาคารจนถึงแผงไม่ควรน้อยกว่า 40 เซนติเมตร



รูปภาพ 51 โครงสร้างของหลังคาบ้านพักอาศัย

3.1.2 การติดตั้งขายึดโครงหลังคา

การติดตั้งขายึดโครงหลังคามีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบจะเลือกใช้ขายึดแบบไหนให้เหมาะสมกับชนิดของหลังคา โดยขายึดโครงหลังคาพื้นฐานที่นิยมใช้งานจะต้องเป็นวัสดุที่ผลิตจากอลูมิเนียม ซึ่งมีคุณสมบัติน้ำหนักเบาและไม่เป็นสนิม อีกทั้งการบำรุงรักษาค่อนข้างง่าย

การติดตั้งขายึดโครงหลังคาต้องมีระยะห่างระหว่างตัวยึดโครงหลังคาไม่เกิน 1.20 เมตร แต่ถ้าหากหลังคามีความชันมากควรลดระยะห่างระหว่างตัวยึดโครงหลังคาและเพิ่มจำนวนขายึดโครงหลังคาตามความเหมาะสม

3.1.3 การติดตั้งรางอลูมิเนียม

เมื่อทำการติดตั้งตัวยึดโครงหลังคาเสร็จแล้วจะเริ่มวางรางอลูมิเนียมเข้ากับขายึดโครงหลังคา โดยโครงสร้างรองรับแผงเซลล์อาทิตย์จะต้องติดตั้งระบบสายดินเพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งขนาดสายไฟที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างรางอลูมิเนียมลงดินควรมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 6 ตารางมิลลิเมตร และขนาดสายไฟต่อฝากของระบบสายดินที่เชื่อมต่อระหว่างรางอลูมิเนียมกับระบบสายดินของอาคารต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 16 ตารางมิลลิเมตร สำหรับการติดตั้งระบบล่อฟ้าบนหลังคาของอาคาร ควรแยกระบบสายดินของระบบล่อฟ้าออกจากระบบสายดินของอาคาร โดยการปักหลักดินแยกกันแล้วต่อฝากซึ่งกันและกัน



รูปภาพ 52 การติดตั้งรางอลูมิเนียมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อทำการติดตั้งระบบสายดินเข้ากับรางอลูมิเนียมเสร็จให้ทำการติดตั้งฝาปิดรางอลูมิเนียมด้านข้างในแต่ละแถวเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในราง โดยเพื่อให้ปลายรางด้านข้างโผล่ออกมา 2.5 -3 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการแก้ไขและปฏิบัติงาน ซึ่งการติดตั้งรางอลูมิเนียมบนหลังคามีทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่

- (1) วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวตั้งและวางรางอลูมิเนียมในแนวนอน (นิยมใช้ในการติดตั้งมากที่สุด)
- (2) วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวนอนและวางรางอลูมิเนียมในแนวตั้ง (รูปแบบนี้จะเหมาะสมกับพื้นที่ของหลังคาที่ถูกจำกัดเพราะการติดตั้งรางในแนวนอนอาจไม่สะดวกเท่ากับในแนวตั้ง)
- (3) วางรางอลูมิเนียมไขว้กัน ซึ่งเหมาะสมกับหลังคาที่ไม่อยู่บนระนาบเดียวกัน โดยการติดตั้งรางไขว้กันรางอลูมิเนียมด้านบนสุดจะทำให้เกิดระนาบเดียวกัน (การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะง่ายขึ้น)
- (4) วางรางอลูมิเนียมไขว้กันแบบมีตัวกันข้างหน้า มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนแถวของรางอลูมิเนียมหากทำการไขว้กัน

3.1.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

หลังจากทำการติดตั้งรางอลูมิเนียมเสร็จสิ้นก็สามารถวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยึดติดกับรางอลูมิเนียม โดยเริ่มจากการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ริมสุดของรางอลูมิเนียม โดยใช้ตัวยึดแบบ End Clamp จับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับรางอลูมิเนียม หลังจากนั้นติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปเรื่อยๆ โดยใช้ตัวจับยึดแบบ Middle Clamp จับยึดระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไว้ด้วยกัน โดยเลือกขนาดของตัวจับยึด ตามความหนาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ระหว่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงควรต่อสายไฟระหว่างแถวเข้าหากันก่อนเพื่อป้องกันการต่อสายไฟในพื้นที่เข้าไม่ถึง แล้วถึงติดตั้งแผงในแถวถัดไป โดยใช้ขั้วต่อสายไฟ MC4 สำหรับต่อระหว่างแผง ซึ่งประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ และการเดินสายไฟควรใช้คลิปหนีบเพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบ เมื่อต่อสายเสร็จควรตรวจสอบขั้วต่อว่าแน่นหรือไม่ เพราะถ้าหากขั้วต่อหลวมจะส่งผลให้เกิดความร้อนบริเวณขั้ว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของไฟไหม้ได้



รูปภาพ 53 ขั้วต่อสาย MC4

3.1.5 ทดสอบการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

เมื่อทำการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดเสร็จสิ้นให้ทำการตรวจวัดระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถใช้งานได้ตามกำลังผลิตที่ออกแบบหรือไม่ โดยการติดตั้งควรคำนึงถึงเงาโดยรอบที่อาจเกิดขึ้นเพื่อที่ว่าจะได้ประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งควรทำหมายเลขระบุลำดับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงทั้งในแบบแปลนและหน้างานจริง เพื่อง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษา

สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้ทำการเชื่อมต่อเครื่องแปลงกระแสเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับภายในอาคารที่เบรกเกอร์หลักของอาคาร โดยการเชื่อมต่อต้องทำการปิดระบบไฟฟ้าภายในอาคารก่อน แล้วจึงเชื่อมต่อสายไฟระหว่างอินเวอร์เตอร์กับเบรกเกอร์หลัก ถ้าหากต้องการเปิดระบบควรทำการเปิดเบรกเกอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงก่อน แล้วจึงปิดระบบไฟฟ้าทางด้านกระแสสลับ ส่วนการซ่อมบำรุงควรทำการปิดระบบไฟฟ้าก่อน โดยเริ่มจากการปิดเบรกเกอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วจึงปิดเบรกเกอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

3.2 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน (Solar Farm)

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินส่วนใหญ่จะนิยมทำเป็นโซล่าฟาร์ม (Solar Farm) โดยจะมีความแตกต่างจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาตรงชุดโครงสร้างจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปชุดโครงสร้างจับยึดแผงจะใช้เป็นฐานรากเพื่อถ่ายเทน้ำหนักลงดิน ซึ่งขั้นตอนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดิน มีดังต่อไปนี้

3.2.1 การเตรียมพื้นที่

โดยปกติการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดิน สิ่งแรกที่ต้องทำคือการจัดเตรียมพื้นที่ อาทิเช่น การบดอัดดิน ขุด และถมพื้นที่เพื่อให้มีระดับพื้นดินเท่ากัน ทำให้ง่ายต่อการติดตั้งเสาเข็มหรือการวางฐานรากคอนกรีต หากไม่มีการปรับระดับพื้นดินในพื้นที่หน้างานอาจมีเนินหรือหลุม ซึ่งเป็นอุปสรรคในการติดตั้งเสาเข็ม เนื่องจากการกำหนดขนาดความสูงจากพื้นดินของเสาเข็มในแต่ละแถวแตกต่างกัน



รูปภาพ 54 การเตรียมพื้นที่สำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.2 การวางฐานรากหรือเสาเข็ม

หลังจากทำการปรับระดับพื้นดินเรียบร้อยแล้วควรทำการทดสอบดินโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบว่าเนื้อดินได้คุณสมบัติตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้าค่าดินได้ตามมาตรฐานที่ต้องการก็สามารถวางหมุดปักเพื่อแสดงจุดติดตั้งฐานรากหรือเสาเข็มของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีที่มีการเลือกใช้ฐานรากแบบคอนกรีตให้ทำการขุดพื้นดินบางจุดเพื่อใช้ในการหล่อตอม่อ หรือถ้าไม่ต้องการหล่อฐานคอนกรีตเองก็สามารถเลือกใช้ฐานคอนกรีตสำเร็จรูปจากผู้ผลิตได้ แต่ถ้าเลือกใช้เสาเข็มในการทำฐานรากจะใช้รถตอกเสาเข็มช่วยในการตอกเสาเข็มลงในพื้นที่ดิน



รูปภาพ 55 การก่อสร้างฐานรากโดยการหล่อตอม่อ

3.2.3 การวางระบบสายไฟสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อทำการติดตั้งฐานรากเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปจะทำการวางระบบสายไฟ โดยการเดินสายไฟมีทั้งการเดินสายไฟลอยในอากาศหรือเดินสายไฟใต้ดิน ซึ่งการเดินสายไฟใต้ดินควรร้อยสายผ่านท่อ HDPE และจัดทำหมายเลขหรือสัญลักษณ์กำกับหัวและปลายท่อเพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและซ่อมบำรุง

ระดับความลึกในการวางท่อร้อยสายฝังดินควรอยู่ในระยะ 0.15 เมตรจากระดับผิวดิน หากมีจุดเชื่อมต่อสายหรือจุดแยกสายไฟควรใช้บ่อพักสายไฟ Hand Hole (บ่อขนาดเล็ก คนไม่สามารถลงไปได้) เป็นระยะๆ หรือ

Man Hole (บ่อขนาดใหญ่ คนลงไปได้) เมื่อทำการวางท่อร้อยสายไฟเสร็จสิ้นก็ทำการกลบดิน โดยให้ระดับพื้นดินใกล้เคียงกับระดับเดิม กรณีที่ไม่วางท่อร้อยสายไฟก่อนการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจเกิดปัญหาจากเศษวัสดุในการเดินสายไฟหรือเศษฝุ่นจากการขุดเจาะไปตกกระทบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งทำให้แผงเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นควรเดินสายไฟพร้อมกับติดตั้งฐานรากให้เสร็จก่อนแล้วจึงติดตั้งแผง บางโครงการอาจนิยมใช้รางเดินสายไฟที่ได้จากการหล่อคอนกรีต ซึ่งสะดวกในการเดินสายไฟและแก้ไขสายไฟในอนาคต



รูปภาพ 56 บ่อพักสายไฟ

3.2.4 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับชุดจับยึดโครงสร้าง

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับชุดโครงสร้างจับยึดแผงบนพื้นดิน โดยส่วนมากที่วางขายในท้องตลาดนั้นมีหลากหลายรูปแบบให้เลือกใช้งานขึ้นอยู่กับทางผู้ผลิต ดังนั้นควรทำการปรึกษาวิธีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากผู้ผลิตก่อน โดยทั่วไปขั้นตอนการติดตั้งจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ ทำการติดตั้งโครงถักเข้ากับตัวเสาผ่านข้อต่อ หลังจากนั้นจะทำการติดตั้งรางอลูมิเนียมเข้ากับโครงถักผ่านตัวยึด เมื่อทำการติดตั้งรางอลูมิเนียมเสร็จสิ้น จึงจะสามารถยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับรางอลูมิเนียมโดยใช้ Mid Clamp และ End Clamp ซึ่งการติดตั้งแผงควรยกกล่องบรรจุแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาไว้กับกับชุดโครงสร้างที่จะติดตั้งในแต่ละแถวเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง

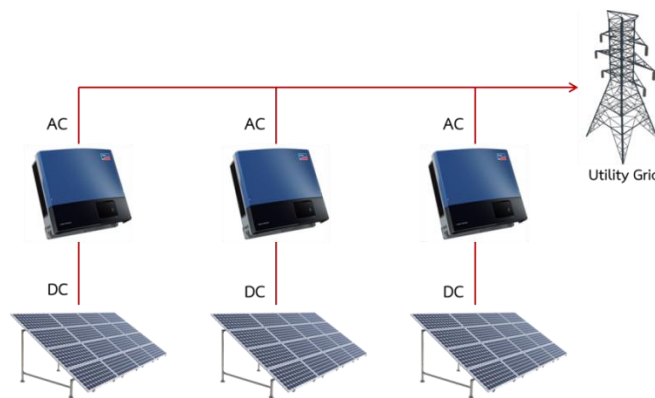


รูปภาพ 57 การติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.5 การติดตั้งเครื่องแปลงกระแส

การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดินจะนิยมติดตั้งภายในอาคารมากกว่า แล้วทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศหรือพัดลมระบายอากาศเพื่อทำการลดความร้อนของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้า เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสนอกอาคาร อีกทั้งยังเป็นการป้องกันสัตว์หรือแมลงเข้าไปอยู่อาศัยภายในเครื่องแปลงกระแสได้ การติดตั้งระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศควรติดตั้งระบบไฟฟ้าที่จ่ายมาจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อสามารถใช้ในเวลากลางวันได้ รวมถึงถ้าหากมีการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า อัตราค่าขายไฟฟ้าจะมีราคาที่สูงกว่าอัตรารับซื้อไฟฟ้า ดังนั้นจึงทำให้ได้กำไรมากกว่า โดยการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสสามารถแบ่งรูปแบบตามตำแหน่งการติดตั้งได้ 2 ประเภท ดังนี้

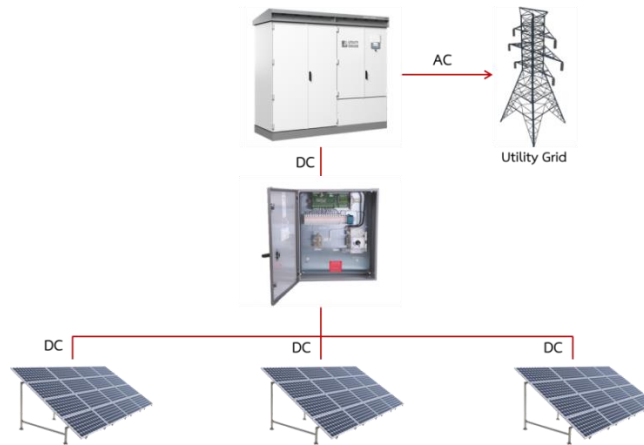
- 1) การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบสตริง (String Inverter) โดยทั่วไปแล้วจะติดตั้งโดยยึดกับชุดโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโครงถัก ซึ่งจะเป็นการติดตั้งภายนอกอาคารทำให้เครื่องแปลงกระแสอาจมีโอกาสโดนฝุ่นและน้ำได้ ดังนั้นควรเลือกเครื่องแปลงกระแสที่ได้รับมาตรฐานระดับ IP55 ขึ้นไป เพื่อป้องกันน้ำและฝุ่นเข้าไปยังวงจรภายในเครื่อง โดยตำแหน่งการติดตั้งนิยมติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหลีกเลี่ยงการโดนแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะความร้อนจากแสงอาทิตย์มีผลต่อการระบายความร้อน ซึ่งทำให้อายุการใช้งานและประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสลดลง



รูปภาพ 58 การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบสตริง

- 2) การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบรวมศูนย์ (Central Inverter) โดยทั่วไปจะถูกออกแบบให้สามารถใช้งานภายนอกอาคารได้เพื่อติดตั้งในบริเวณหน้างานได้เลย โดยทำการก่อสร้างฐานรากเพื่อใช้ในการวางเครื่องแปลงกระแส ซึ่งบางพื้นที่อาจมีการก่อสร้างฐานรากให้สูงขึ้นเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง หรือจะติดตั้งเครื่องแปลงกระแสนอกอาคาร โดยต้องทำการเดินท่อร้อยสายใต้ดินและฐานรากให้เสร็จก่อน หลังจากนั้นจึงใช้รถ

เครนทำการยกเครื่องแปลงกระแสมาติดตั้งบนฐานราก เนื่องจากเครื่องแปลงกระแสมีน้ำหนักค่อนข้างมาก แล้วถึงทำการก่อสร้างอาคารและมุงหลังคา ซึ่งในระหว่างการติดตั้งควรทำการคลุมเครื่องแปลงกระแสเสียก่อนเพื่อป้องกันฝุ่นจากการก่อสร้างที่ตกลงมา ส่วนระยะห่างจากกำแพงสำหรับติดตั้งอินเวอร์เตอร์ สามารถสอบถามได้จากผู้ผลิตหรือคู่มือของเครื่องแปลงกระแสยี่ห้อนั้นๆ



รูปภาพ 59 การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบรวมศูนย์

โดยปกติแล้วการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบรวมศูนย์นิยมใช้กล่องรวมสายไฟเพื่อรวบรวมสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละสตริง แล้วทำการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 อาเรย์ต่อดู ซึ่งในแต่ละอาเรย์มีได้ตั้งแต่ 1 สตริงขึ้นไป การติดตั้งกล่องรวมสายไฟมีวิธีการติดตั้งได้เช่นเดียวกับการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบสตริง โดยทำการยึดตู้รวมสายกับโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปภาพ 60 กล่องรวมสายไฟ

ตาราง 5 การเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบสตริงและแบบรวมศูนย์

ตำแหน่งติดตั้ง	ข้อดี	ข้อเสีย
การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบสตริง	● ใช้พื้นที่การติดตั้งต่อตัวเครื่องน้อย ● ค่าใช้การในการบำรุงรักษาเครื่องน้อย เนื่องจากไม่มีพัดลมหรือกรองอากาศ ● เหมาะกับระบบที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และทางกายภาพของแต่ละสตริงที่แตกต่างกัน เช่น แรงดันไฟฟ้า มุมเงย เป็นต้น ● มีความเชื่อมั่นในระบบสูง เนื่องจากถ้าหากมีอินเวอร์เตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเสีย จะส่งผลต่อให้กำลังผลิตไฟฟ้าลดลงเพียงบางส่วน	● ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งตัวเครื่องสูงกว่า ● ต้องมีจุดเชื่อมต่อเครื่องแปลงกระแสที่หลากหลาย ● ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสทั้งหมดมากกว่า ● จำนวนเครื่องแปลงกระแสที่มากจึงจำเป็นต้องตรวจสอบและบำรุงรักษามากกว่า
การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสแบบรวมศูนย์	● ค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่าอินเวอร์เตอร์ต่ำกว่า ● ใช้อุปกรณ์น้อยขึ้นในการเชื่อมต่อ ● เหมาะกับระบบขนาดใหญ่ที่แต่ละสตริง ต้องมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน	● ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงกว่า เช่น งานทำฐานรากวางเครื่องแปลงกระแส ● ค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟและกล่องรวมสายไฟสูงกว่า ● หากเกิดเงาบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในบางส่วน ทำให้คุณสมบัติในแต่ละอาร์เรย์แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดกำลังสูญเสียค่อนข้างมาก ● ความเชื่อมั่นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากถ้าหากเครื่องแปลงกระแสเกิดความเสียหายหรือต้องการซ่อมบำรุง ระบบผลิตไฟฟ้าจะไม่สามารถใช้งานได้เลย

3.2.6 การติดตั้งสถานีจ่ายไฟฟ้า

การติดตั้งสถานีจ่ายไฟฟ้าจะสามารถใช้สถานีแบบสำเร็จรูปได้ ถ้าหากกำลังผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าไม่สูงนัก พื้นที่ติดตั้งมีจำกัด และต้องการความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง โดยภายในสถานีจ่ายไฟฟ้าประกอบไปด้วย หม้อแปลงไฟฟ้า ตู้สวิตช์เกียร์ และระบบป้องกันต่างๆ กรณีที่ต้องการติดตั้งหม้อแปลงแยกก็สามารถทำได้เช่นกันแต่ควรวางหม้อแปลงใกล้กับเครื่องแปลงกระแสเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟในด้านแรงต่ำ

3.2.7 การเดินสายไฟ

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเดินสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังอินเวอร์เตอร์ โดยการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต้องทำการตัดระบบไฟฟ้าด้วยสวิตช์ตัดวงจรให้เรียบร้อยก่อนเพื่อป้องกันการจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้

ติดตั้งได้ ดังนั้นผู้ติดตั้งควรใส่ถุงมือป้องกันและแว่นตาเพื่อสร้างความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน โดยการเดินสายไฟไปยังเครื่องแปลงกระแสควรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อในกล่องรวมสาย และเครื่องแปลงกระแสเป็นจุดๆ ไป เมื่อทำการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องแปลงกระแสก็ทำการเชื่อมต่อสายไฟทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ อาทิเช่น เครื่องแปลงกระแสกับตู้จ่ายไฟหลัก เครื่องแปลงกระแสกับหม้อแปลง เป็นต้น โดยต้องตรวจสอบความถูกต้องในการเชื่อมต่อเป็นจุดๆ หลังจากเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากระแสสลับในด้านแรงต่ำเสร็จสิ้น ก็ทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าในด้านแรงสูงกับหม้อแปลงไฟฟ้า

บทที่ 4

การบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เครื่องควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ สายไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและด้านไฟฟ้ากระแสสลับ ตู้รวมสายไฟและโครงสร้างรองรับแผง โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ภายในระบบผลิตไฟฟ้ามีความคงทน ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่อยู่กับที่ทำให้ไม่เกิดการสึกหรอจากการเคลื่อนไหว

ตาราง 6 ระยะเวลาการตรวจสอบอุปกรณ์ภายในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์	รายละเอียด	ระยะเวลา		
		รายวัน	รายสัปดาห์	รายเดือน
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	ตรวจสอบความเสียหายของแผงด้วยสายตา			✓
	ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อของแผง (ขั้วต่อสายไฟ MC4)			✓
เครื่องแปลงกระแสและเครื่องควบคุมการประจุ	ตรวจสอบไฟแสดงสถานะของเครื่องแปลงกระแสและเครื่องควบคุมการประจุ	✓		
	ตรวจสอบความเสียหายภายในตู้		✓	
	ตรวจสอบขั้วสายไฟและจุดเชื่อมต่อสาย			✓
	ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง	✓		
แบตเตอรี่	ตรวจสอบความเสียหายหรือความผิดปกติของรูปร่างแบตเตอรี่		✓	
	ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่		✓	
	ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อสายบริเวณขั้วของแบตเตอรี่			✓
สายไฟฟ้า	ตรวจสอบความเสียหายของสายไฟ			✓
	ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อสายไฟ			✓
	ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของสายไฟ			✓
กล่องรวมสายไฟ	ตรวจสอบความเสียหายภายในตู้			✓
	ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อสายไฟ			✓
โครงสร้างรองรับแผง	ตรวจสอบความเป็นสนิมของโครงสร้าง			✓
	ตรวจสอบรูปแบบการจัดวางของโครงสร้างและแผง			✓

4.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

- ตรวจสอบสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ถ้าหากพบว่าการแตกหัก รอยร้าว รอยรั่วของน้ำหรือสีของแผงเปลี่ยนไป ให้ทำการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใหม่ในทันที

- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าจุดเชื่อมต่อสายไฟไม่เกิดการหลุดหรือหลวม ถ้าหากพบว่ามีให้ทำการเชื่อมต่อสายไฟอีกครั้งให้แน่นสนิท
- ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยน้ำเปล่าและไม่ถูพื้นหรือฟองน้ำ เพื่อกำจัดคราบสกปรกและฝุ่นละอองที่ตกค้างบนหน้าแผง โดยทำความสะอาดอย่างน้อยปีละ 3 ครั้ง

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- ใช้น้ำสะอาด ที่ปราศจากเศษฝุ่นหรือสิ่งสกปรก
- ห้ามใช้แปรงที่มีขนเป็นโลหะ เนื่องจากจะเกิดรอยขีดที่พื้นผิวของกระจก
- อย่าใช้น้ำที่มีแรงดันมากเกินไปแรงดัน (แรงดันประมาณ 50 – 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
- ควรล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลากลางคืน เพื่อป้องกันอันตรายจากการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า

4.2 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่

- ถ้าหากพบว่าเครื่องแปลงกระแสหรือเครื่องควบคุมการประจุไม่ทำงาน หรือแสดงไฟสถานะที่บ่งบอกว่า error ให้ทำการแก้ไขตามเอกสารคู่มือของอุปกรณ์ยี่ห้อนั้นๆ
- ตรวจสอบความเสียหายที่แผงควบคุมของอุปกรณ์ทั้งสอง หากเกิดความเสียหายให้ทำการซ่อมหรือเปลี่ยนส่วนที่เสียหาย
- ตรวจสอบขั้วของสายไฟที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทั้งสองแน่นพอหรือไม่
- ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องให้แน่ใจว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมตามข้อกำหนดคุณลักษณะการทำงานของเครื่องแปลงกระแสและเครื่องควบคุมการประจุหรือไม่
- หากพบว่ามีฝุ่นเกาะที่อุปกรณ์ทั้งสอง หรือมีแมลงและสัตว์มาทำรังให้ทำความสะอาดทันที โดยการนำผ้าแห้งเช็ดทำความสะอาด ซึ่งควรทำในเวลากลางคืนเพื่อความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้า

4.3 แบตเตอรี่

- ตรวจสอบรอยแตกร้าวของแบตเตอรี่ หรือรอยกัดกร่อนบริเวณขั้วของแบตเตอรี่ หรือการรั่วไหลของสารละลายอิเล็กโทรไลต์
- ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ เมื่อพบว่าเกิดความผิดปกติให้ทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ในทันที
- ตรวจสอบสายไฟที่เชื่อมต่อระหว่างขั้วของแบตเตอรี่แต่ละลูกว่าแน่นพอหรือไม่
- ทำความสะอาดแบตเตอรี่ประมาณเดือนละ 1 ครั้ง โดยใช้ผ้าสะอาดเช็ดบริเวณขั้วต่อของแบตเตอรี่

4.4 สายไฟ

- ตรวจสอบความเสื่อมสภาพของฉนวนสายไฟหรือรอยไหม้บริเวณสายไฟ ถ้าหากพบว่าสายไฟเกิดความเสียหายให้ทำการเปลี่ยนสายไฟใหม่ในทันทีเพื่อป้องกันความบกพร่องของฉนวนไฟฟ้า
- ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของสายไฟทั้งสายไฟฟ้ากระแสตรงและสายไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าหากมีค่าน้อยกว่า 1 เมกะโอห์ม ให้ทำการเปลี่ยนสายไฟใหม่ทันที

4.5 กล่องรวมสายไฟ

- ตรวจสอบสภาพภายในกล่องรวมสาย ถ้าหากพบว่ามียอยไหม้หรือคราบเขม่าให้ทำการปิดระบบผลิตไฟฟ้าและหาสาเหตุของรอยไหม้หรือคราบเขม่า
- ทำความสะอาดทันทีเมื่อพบว่ามีแมลงหรือสัตว์เข้าไปทำรังภายในกล่อง และควรทำความสะอาดเป็นประจำเนื่องจากความสกปรกจากฝุ่นละออง

4.6 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

- ตรวจสอบสภาพของโครงสร้างว่ามีสนิมหรือรูปแบบผิดเพี้ยนไปจากเดิมหรือไม่ เพราะอาจมีผลกระทบจากภัยธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว พายุ

บทที่ 5

ระเบียบการขอรับใบอนุญาตฯ ประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์

5.1 ใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์

การประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องได้รับใบอนุญาตทั้งหมด 4 ประเภทได้แก่ ใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ใบอนุญาตก่อสร้างอาคารควบคุมและ ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม ซึ่งใบอนุญาต 3 ประเภทหลัง (ตามมาตรา 48) ทางกกพ. ต้องขอความเห็น ประกอบจากหน่วยงานเจ้าของกฎหมายนั้นๆ ถึงจะสามารถออกใบอนุญาตครบทั้ง 4 ประเภทได้ โดยใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการพลังงาน มีดังนี้

- 1) ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า ออกโดยสำนัก กกพ.

เพื่อกำหนดประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าและคุณภาพการบริการตามแนวนโยบายหรือตามระเบียบของ กกพ. โดยมีข้อกำหนดการขออนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า มีดังนี้

ถ้าหากกำลังผลิตติดตั้งมากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 kVA ต้องขอใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า แต่ถ้าหากกำลังผลิตไฟฟ้าน้อยกว่า 1,000 kVA ให้ทำการแจ้งให้ กกพ. รับทราบ

ตาราง 7 อัตราค่าธรรมเนียมที่ กกพ. กำหนดตามมาตรา 47

	ค่าธรรมเนียมใบอนุญาต	ค่าธรรมเนียมการประกอบกิจการรายปี
การผลิตไฟฟ้า		
- น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 MW	5,000 บาท	3 บาท/kVA
- มากกว่า 10 MW แต่ไม่เกิน 150 MW	10,000 บาท	4 บาท/kVA
- มากกว่า 150 MW	50,000 บาท	5 บาท/kVA
ระบบส่งไฟฟ้า	50,000 บาท	2,500 บาท/กิโลเมตร
ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	50,000 บาท	1 บาท/kW
จำหน่ายไฟฟ้า	50,000 บาท	0.1 สตางค์/kWh
ควบคุมระบบไฟฟ้า	50,000 บาท	20 ล้านบาท/ปี

*อ้างอิงตามระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการอนุญาตและการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2551

- 2) ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4) ออกโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมและสำนักงาน กกพ.

เพื่อรับรองความปลอดภัย ปัญหาสิ่งแวดล้อม และผลกระทบชุมชน ตามกฎกระทรวง โดยมีข้อกำหนดว่า การขอใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรมากกว่า 5 แรงม้าขึ้นไป

3) ใบอนุญาตก่อสร้างอาคารควบคุม (อ.1) ออกโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและสำนักงาน กกพ.

เพื่อความปลอดภัยในการก่อสร้างอาคาร โดยข้อกำหนดของการขออนุญาตก่อสร้างอาคารควบคุม ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในแต่ละพื้นที่และกฎกระทรวง

4) ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พ.ค.2) ออกโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) และสำนักงาน กกพ.

เพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามกฎกระทรวงที่ออกโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยข้อกำหนดของการขออนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม โรงไฟฟ้าต้องมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดมากกว่า 200 kVA ขึ้นไป

ตาราง 8 อายุใบอนุญาตและอัตราค่าธรรมเนียมการอนุญาตตาม มาตรา 48

ประเภทใบอนุญาต	อายุใบอนุญาต	ค่าธรรมเนียมใบอนุญาต	ค่าธรรมเนียมรายปี
ใบอนุญาต ร.ง.4	5 ปี (นับแต่ปีที่เริ่มประกอบกิจการ)	ตั้งแต่ 500 บาท จนถึง 60,000 บาท (แปรผันตามขนาดกำลังแรงม้าของเครื่องจักรรวม)	ตั้งแต่ 150 บาท/ปี จนถึง 18,000 บาท/ปี
ใบอนุญาต อ.1	สูงสุดไม่เกิน 3 ปี (ขึ้นกับขนาดพื้นที่อาคาร)	20 บาท/ฉบับ (การตรวจแบบขึ้นกับขนาดของอาคาร)	ไม่คิดค่าธรรมเนียม
ใบอนุญาต พ.ค.2	ไม่เกิน 4 ปี	ไม่คิดค่าธรรมเนียม	ไม่คิดค่าธรรมเนียม

5.2 ขั้นตอนการขอใบอนุญาต

ขั้นตอนการขออนุญาตใบอนุญาตสำหรับการจัดสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกฎหมายและกฎระเบียบอื่นๆ โดยแต่ละขั้นตอนมีวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ดำเนินงานควรทราบถึงขั้นตอนการติดต่อขอใบอนุญาตและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการเตรียมเอกสารเพื่อประกอบการยื่นขอ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการขอใบอนุญาต ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมเอกสารและการขออนุญาตก่อนเริ่มดำเนินโครงการ (ระยะเวลา 120 – 180 วัน)

1. ศึกษาความเหมาะสมของโรงไฟฟ้า พร้อมทั้งออกแบบเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าและขอจดทะเบียนนิติบุคคลหรือบริษัทจำกัด
2. ขออนุญาตตั้งโรงไฟฟ้า (ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ร.ง.4)
3. ตรวจสอบการใช้ประโยชน์จากที่ดินและการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร (ใบตรวจสอบใช้ประโยชน์ที่ดินและใบอนุญาตปลูกสร้างอาคารในที่ดิน)

4. ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า (ใบแจ้งผลการพิจารณารับซื้อไฟฟ้า)
5. ทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้า (สัญญาซื้อขายไฟฟ้า)

ขั้นตอนที่ 2 ก่อสร้างโรงไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องจักร (60 – 90 วัน)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ระยะเวลา 15 วัน)

1. ขออนุญาตผลิตพลังงานควบคุม (ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม พค.2)
2. ขออนุญาตประกอบกิจการพลังงาน (ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า)
3. ยื่นใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน

ขั้นตอนที่ 4 การไฟฟ้ารับรองคุณภาพไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ (ระยะเวลา 60 วัน)

การไฟฟ้าตรวจสอบจุดเชื่อมต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า พร้อมทั้งออกใบรับรองการตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้า
ผลรับรองการตรวจคุณภาพไฟฟ้า (PQ)

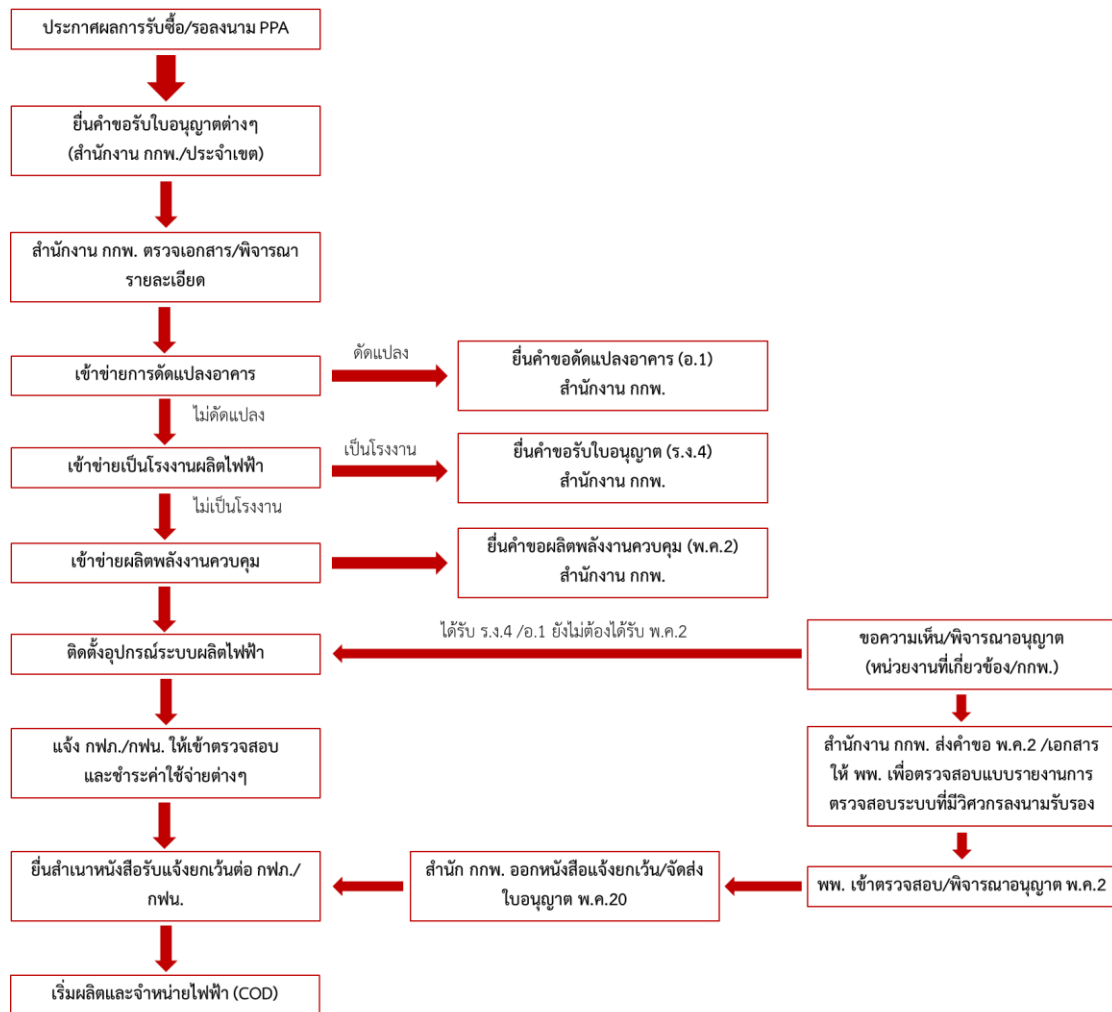
ขั้นตอนที่ 5 เริ่มดำเนินงานและจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ (ระยะเวลา 90 วัน)

1. การซื้อขายไฟฟ้าครั้งแรก COD (ใบจัดการซื้อขายไฟฟ้าเป็นครั้งแรก)
2. รับเงินค่าขายกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

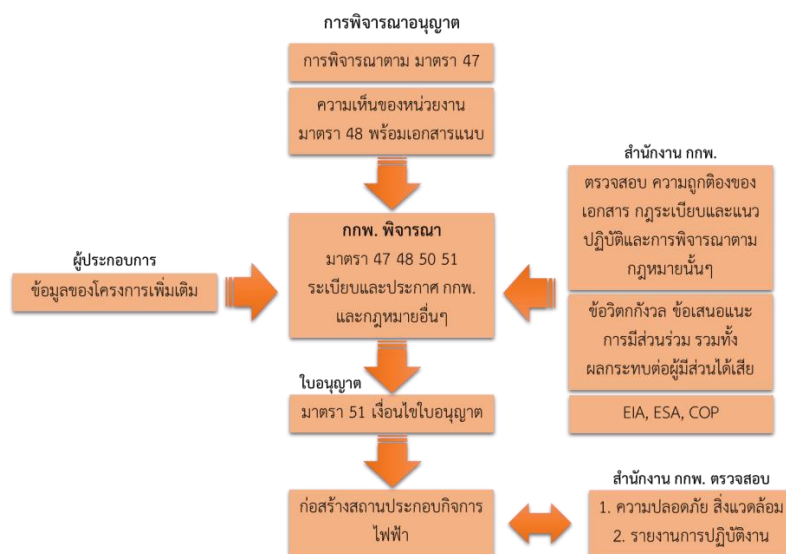


รูปภาพ 61 ขั้นตอนการรับซื้อไฟฟ้า

บทที่ 5 ระเบียบการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์



รูปภาพ 62 ขั้นตอนการขอยื่นใบอนุญาต



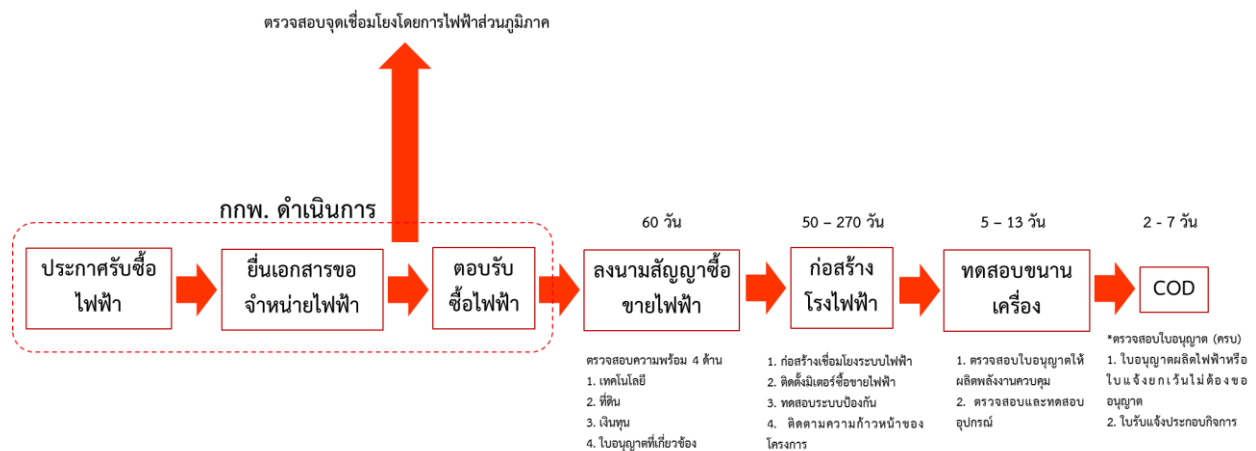
รูปภาพ 63 แนวปฏิบัติในการพิจารณาใบอนุญาต

ตาราง 9 ข้อสรุปการขอรับใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องตามกำลังผลิตติดตั้ง

กำลังผลิตติดตั้ง (บนพื้นดิน)	ใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า	ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน	ใบอนุญาตก่อสร้างอาคารควบคุม	ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม
PV < 200 kW _p Inverter < 200 kVA Inverter ≤ 200 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	มี มี	มี มี	ไม่มี มี
PV ≥ 200 kW _p , <1,000 kW _p Inverter <200 kVA Inverter ≥ 200 kVA, < 1,000 kVA Inverter ≥ 1,000 kVA	แจ้งยกเว้นฯ	มี มี มี	มี มี มี	มี มี มี
PV ≥ 1,000 kW _p Inverter <1,000 kVA Inverter ≥ 1,000 kVA	มี มี	มี มี	มี มี	มี มี

5.3 ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

5.3.1 กรณีผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก VSPP มีการรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff เช่น โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่พักอาศัย โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดินสำหรับหน่วยงานราชการและสหกรณ์เกษตร



รูปภาพ 64 ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อขายไฟ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกที่ดีในอนาคต เนื่องจากบ้านเรือนหรืออาคารอุตสาหกรรมสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองได้ การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานที่สะอาดและมีอยู่อย่างไม่จำกัด ซึ่งกระทรวงพลังงานมีนโยบายส่งเสริม และได้ปรับแผนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในแผนพัฒนา

บทที่ 5 ระเบียบการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2555 -2564) จาก 2,000 MW เป็น 3,000 MW เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมาย สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้มีการสนับสนุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนโรงไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peaking Plant) ซึ่งเป็นการลดต้นทุนของภาครัฐ และเป็น การสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ โดยการส่งเสริมโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบน หลังคาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มบ้านที่อยู่อาศัย กลุ่มอาคารธุรกิจขนาดเล็กและกลุ่มอาคารธุรกิจขนาดกลาง หรือใหญ่ ซึ่งจะกำหนดให้ขายไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff โดยมีระยะเวลาในการสนับสนุน 25 ปี ส่วนกลุ่มที่มี ขนาดใหญ่กว่า 1 MW ยังไม่มีการพิจารณา

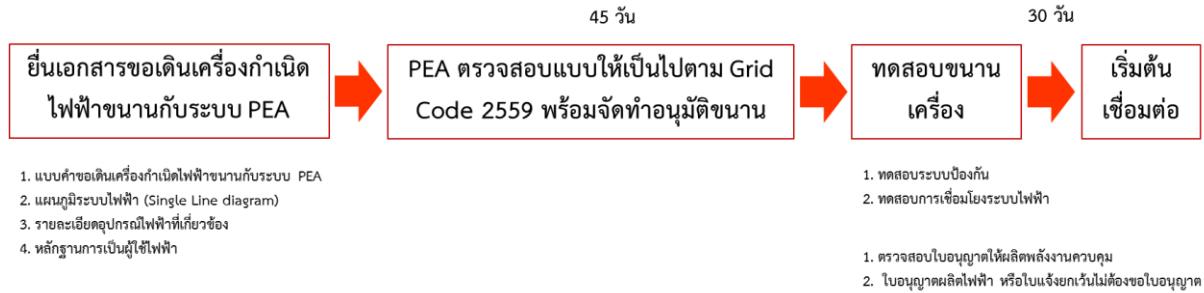
ตาราง 10 อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff สำหรับโครงการ Solar PV Rooftop

กำลังผลิต (MW _p)	อัตรา Adder และ FIT เดิม		อัตรา FIT ใหม่	
	อัตรา Adder/FIT (บาท/หน่วย)	ระยะเวลา สนับสนุน	อัตรา FIT (บาท/ หน่วย)	ระยะเวลา สนับสนุน
แบบติดตั้งบนหลังคา (บ้านอยู่อาศัย)				
≤ 10 kW _p	FIT 6.96	25 ปี	6.85	25 ปี
แบบติดตั้งบนหลังคา (อาคารธุรกิจ/โรงงาน)				
10 - 250 kW _p	FIT 6.55	25 ปี	6.40	25 ปี
250 – 1,000 kW _p	FIT 6.16	25 ปี	6.01	25 ปี

ตาราง 11 อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff สำหรับโครงการ Solar ราชการและสหกรณ์การเกษตร

กำลังผลิต (MW _p)	อัตรา Adder และ FIT เดิม		อัตรา FIT ใหม่	
	อัตรา Adder/FIT (บาท/หน่วย)	ระยะเวลา สนับสนุน	อัตรา FIT (บาท/ หน่วย)	ระยะเวลา สนับสนุน
แบบติดตั้งบนพื้นดิน ขนาดไม่เกิน 5 MW	FIT 9.75 (ปีที่ 1-3) FIT 6.50 (ปีที่ 4-10) FIT 4.50 ปีที่ (11-25)	25 ปี	5.66	25 ปี

5.3.2 กรณีผู้ใช้ไฟฟ้ามีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตใช้เองและขอเชื่อมต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



รูปภาพ 65 ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อผลิตใช้เอง

5.3.3 เอกสารประกอบการขออนุญาตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

- 1) หนังสือนำเสนอแจ้งความประสงค์ขอเชื่อมต่อบริการโครงข่ายไฟฟ้าของ PEA โดยมีวัตถุประสงค์ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในกิจการภายในเท่านั้น
- 2) แบบคำขอเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของ PEA
- 3) แผนที่เดินทางไปยังสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า พร้อมระบุพิกัด x-y coordinate
- 4) แผนภูมิระบบไฟฟ้า (Single Line Diagram) และระบบป้องกันรูปแบบการเชื่อมโยงตามข้อกำหนดฯ พ.ศ. 2559
- 5) ข้อมูลเบื้องต้นลักษณะกระบวนการผลิต
- 6) รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง อุปกรณ์ป้องกัน และอุปกรณ์อื่นๆ คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีรายละเอียด ดังนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module)

- 1.1) กรณีเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก ควรเป็นยี่ห้อและรุ่นที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 1843 หรือได้รับการรับรองมาตรฐาน IEC 61215
- 1.2) กรณีเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ควรเป็นยี่ห้อและรุ่นที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 2210 หรือได้รับการรับรองมาตรฐาน IEC 61646
- 1.3) ควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 2580 หรือได้รับมาตรฐาน IEC 61730 โดยมีรายงานผลการทดสอบที่ออกโดยห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 17025 หรือได้รับมาตรฐาน ISO/IEC 17025

1.4) ควรมีสำเนารับรอง (Certificate) ระบุการได้รับมาตรฐานตามข้อ 6.1 และข้อ 6.2 ที่ออกโดย Certification Body (CB.)

2. โครงสร้างรองรับแผง (Solar PV Mounting)

2.1) วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างควรเป็นเหล็กเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Hot Dip Galvanizing) ตามมาตรฐาน ASTM หรือเป็นโลหะปลอดสนิม

2.2) ส่วนประกอบของโครงสร้าง ควรถอดออกเป็นชิ้นส่วน และประกอบได้อย่างสะดวก

2.3) วัสดุอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับโครงสร้างรองรับแผง ควรมีขนาดที่เหมาะสม และเป็นวัสดุที่ทำจาก Stainless Steel หรือโลหะปลอดสนิม

2.4) โครงสร้างต้องติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มั่นคง แข็งแรง สามารถรับน้ำหนักและต้านทานแรงลมปะทะไม่น้อยกว่าความเร็วสูงสุดของพายุโซนร้อน (Tropical Storm) หรือสามารถต้านแรงลมปะทะตามข้อกำหนดของเทศบัญญัติหรือตามระเบียบที่เกี่ยวข้องของหน่วยงานในพื้นที่ (ถ้ามี)

3. อุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (Grid-Connected Inverter)

3.1) เป็นยี่ห้อและรุ่นที่ได้รับการรับรองหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐาน IEC 61727 และมาตรฐาน IEC 62116 IEC โดยมีรายงานผลการทดสอบแสดงประกอบ

3.2) ควรมีสำเนาใบรับรองการได้รับมาตรฐานตามข้อ 3.1 หรือมีรายงานผลการทดสอบ (Test Report) ที่แสดงคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานดังกล่าวที่ออกโดยห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 17025 หรือได้รับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025

3.3) มีคุณสมบัติเฉพาะทางไฟฟ้า (Electrical Specification) เป็นไปตามระเบียบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551 หรือระเบียบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยให้มีรายงานผลการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวที่ออกให้โดยหน่วยงานทดสอบที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายยอมรับ

4. วัสดุอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

4.1) อุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อวงจรด้านไฟฟ้ากระแสตรง

กรณีที่เป็น Safety Switch ควรเป็นแบบ Fusible Type 1 Phase 2 Wires หรือชนิดอื่นที่ดีกว่า ซึ่งโครงสร้างเป็นโลหะที่มีฝาปิดป้องกันการเปิดเมื่อคันโยกสวิตช์อยู่ตำแหน่ง on ส่วนการติดตั้งฟิวส์ชนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Fuse) ต้องมีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของพิกัดกระแสลัดวงจรที่สถานะ STC ของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนกรณีใช้เบรกเกอร์ในการตัดต่อวงจรควรเป็นชนิด

MCCB (Molded Case Circuit Breaker) และเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEC 60898 หรือ IEC 60947-2 หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่เทียบเท่าหรือดีกว่า โดยพิกัดกระแส (Ampere Trip) ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของพิกัดกระแสลัดวงจรที่สภาวะ STC ของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.2) กล่องรวมสายไฟ (Combiner Box)

เป็นกล่องโลหะหรือพลาสติกแข็ง ชนิดที่สามารถใช้งานกลางแจ้ง (Outdoor Type) สามารถป้องกันน้ำและฝุ่นที่ระดับ IP 45 ขึ้นไป การติดตั้งขั้วต่อสายไฟภายในกล่องรวมสายควรทำตามหลักวิชาการ เป็นระเบียบ คงทน และปลอดภัย

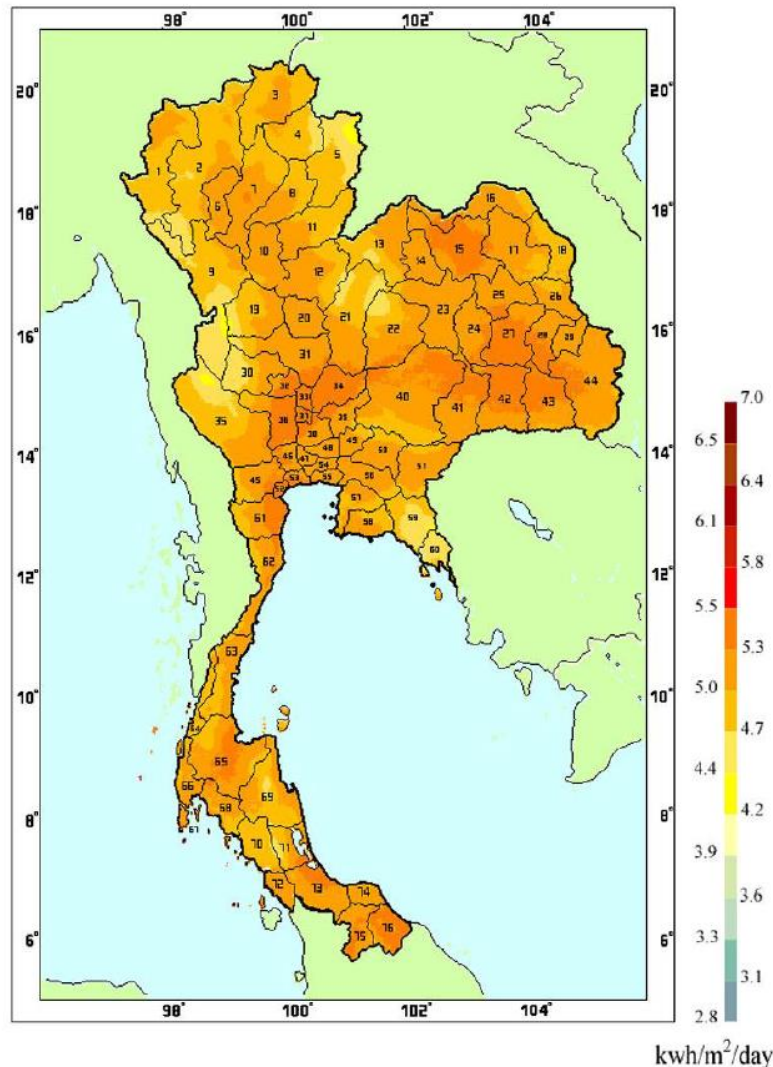
4.3) ท่อร้อยสายไฟ กรณีเป็นท่อ PE (Polyethylene) ควรเป็นท่อชนิดที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene Pipe : HDPE) ชั้นคุณภาพ PN8 หรือดีกว่า และต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 982 ส่วนกรณีที่ใช้ท่อโลหะ ควรเป็นท่อโลหะบาง (EMT) หรือที่ดีกว่า

4.4) สายไฟชนิด Photovoltaic wire ต้องทนอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า 90 °C หรือเป็นสายไฟชนิด 0.6/1 kV CV ตามมาตรฐาน IEC 60502 หรือสายอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติดีกว่า โดยด้านไฟฟ้ากระแสตรง สายไฟควรมีขนาดทนกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของกระแสลัดวงจรที่สภาวะ STC ของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนด้านไฟฟ้ากระแสสลับ ควรมีขนาดทนกระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของกระแสจ่ายออกที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์

- 7) รายละเอียดแผนการดำเนินโครงการ
- 8) หลักฐานการเป็นผู้ใช้ไฟฟ้า (ใบแจ้งหนี้ค่าไฟ/ใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า)
- 9) เอกสารของผู้มีอำนาจลงนาม
- 10) หนังสือรับรองการจดทะเบียนเป็นนิติบุคคลที่มีวัตถุประสงค์เกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้า
- 11) หนังสือยินยอมรับภาระค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อรองรับการขนาน
- 12) ใบแจ้งการประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องรับใบอนุญาตจาก กกพ. หรือใบอนุญาตอื่นๆ ตามที่กฎหมายกำหนด

ภาคผนวก

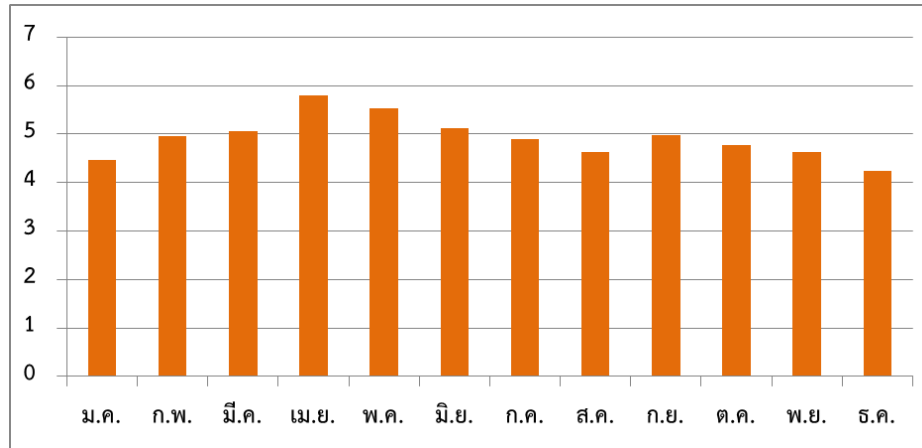
ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย



รูปภาพ 66 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2542

โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในพื้นที่นั้นๆ ดังนั้นการศึกษาปริมาณรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นโลกจึงเป็นแนวทางการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการศึกษาถูกนำเสนอในรูปแบบแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย ที่ถูกจัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในแต่ละเดือนนั้นจะมีการกระจายความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ที่แตกต่างกัน เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ

ไทยได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.54 – 6.65 kWh/m²/day และผลจากการคำนวณรังสีรวมของพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันทั้งปี เท่ากับ 5.04 kWh/m²/day ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง



รูปภาพ 67 ค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือน ภายในจังหวัดเชียงใหม่ (เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2553)

จากรูปภาพ 67 แสดงถึงผลการตรวจวัดข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จากศูนย์พัฒนาและเผยแพร่พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีเท่ากับ 4.92 kWh/m²/day

ตัวอย่างการคำนวณขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Off-Grid PV System)

จากข้อมูลในตาราง 1 ตัวอย่างตารางภาระทางไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (W)	จำนวน	จำนวนชั่วโมงใช้งาน	สัดส่วนการทำงาน (%)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
หลอด T5	28(31)	4	6	100	0.75
หลอด Downlight	12	2	2	100	0.05
เครื่องปรับอากาศ	1,500	1	6	50	4.50
คอมพิวเตอร์	250	1	2	100	0.0
เครื่องทำน้ำอุ่น	3,500	1	1/2	100	1.75
ตู้เย็น	100	1	24	50	1.20
รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด					8.75

วิธีการคำนวณ

- หากำลังผลิตติดตั้งทั้งหมดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแทนค่าลงในสมการ ()

$$PV = 1.3 \times \frac{8.75}{0.95 \times \frac{4.92}{1}} = 2.43 \text{ kW}$$

เพราะฉะนั้น ควรติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีกำลังผลิตไฟฟารวมอย่างน้อย 2.43 kW

ถ้าหากเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกขนาด 250 W แรงดันไฟฟ้า 30.01 V กระแสไฟฟ้า 8.34 A มีขนาด (ยาว*กว้าง*หนา) 1662.7*992.7*40 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 1.65 ตารางเมตรต่อแผง น้ำหนักต่อแผง 18 กิโลกรัม

ดังนั้น จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ = กำลังผลิตติดตั้ง/กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผง

$$= (2,430 \text{ W}) / (250 \text{ W})$$

$$= 9.72 \text{ แผง (ปัดขึ้นเป็น 10 แผง)}$$

พื้นที่สำหรับการติดตั้ง = พื้นที่ของแผง × จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$= (1.65 \text{ m}^2) \times 10$$

$$= 16.5 \text{ ตารางเมตร}$$

กำลังผลิตติดตั้งจริง = จำนวนแผง × กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผง

$$= 10 \times (250 \text{ W})$$

$$= 2.50 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned}
 \text{เพราะฉะนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} &= \text{กำลังผลิตติดตั้ง} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานจริง} \\
 &= 2.50 \times 5.05 \\
 &= 12.3 \text{ kWh/วัน หรือ } 369 \text{ kWh/เดือน}
 \end{aligned}$$

2. หากำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้า

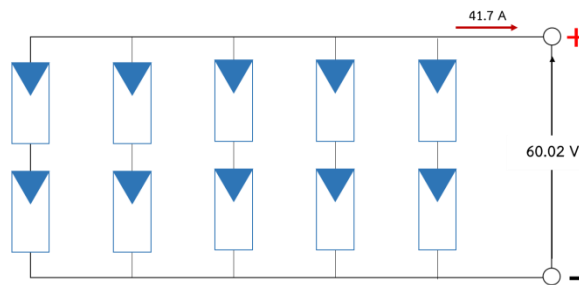
$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ว่า กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้า} &= (31 \times 4) + (12 \times 2) + 1,500 + 250 + 3,500 + 100 \\
 &= 5,498 \text{ W}
 \end{aligned}$$

3. หาขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจากกำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยชดเชยค่ากำลังสูญเสียประมาณ 20% ของกำลังไฟฟ้ารวม

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ว่า ขนาดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า} &= 1.20 \times \text{กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้า} \\
 &= 1.20 \times (5,498 \text{ W}) \\
 &= 6,597.60 \text{ W}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ควรเลือกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 8 kW ขึ้นไป (โดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าทางด้านกระแสตรงด้วย)

4. หาขนาดเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ โดยหาจากกระแสไฟฟ้าของระบบทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งตัวอย่างการคำนวณจะนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 10 แผง ต่ออนุกรมกันจำนวน 2 แผง ขนานกัน 5 ชุด ดังรูปภาพ 68 แล้วทำการหาค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งระบบ



รูปภาพ 68 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์อนุกรมกัน 2 แผง และขนานกัน 2 ชุด

แทนค่ากำลังผลิตติดตั้งจริงและแรงดันไฟฟ้ารวมทั้งระบบลงใน สมการ ()

$$I_{CC} = 1.25 \times \frac{2500}{60.02} = 52.07 \text{ A}$$

เพราะฉะนั้น ควรเลือกเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ที่มีขนาดมากกว่า 60 A (โดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้ารวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแรงดันไฟฟ้ารวมของแบตเตอรี่ด้วย)

5. หาขนาดความจุพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด โดยการแทนค่าลงในสมการ () ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้งานทุกๆ ไปมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12 V

$$Ah = 1.25 \times \frac{8.75 \times 1,000 \times 2}{0.6 \times 0.95 \times 12} = 3,198.10 \text{ Ah}$$

เพราะฉะนั้น ต้องใช้ระบบกักเก็บพลังงานที่มีความจุไม่น้อยกว่า 3,198.10 Ah

ถ้าหากเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีความจุไฟฟ้า 200 Ah จะสามารถคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ได้จากความจุไฟฟ้าทั้งหมดหารด้วยความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่จำนวน 1 ลูก

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า} \quad \text{จำนวนแบตเตอรี่} &= 3,198.01 / 200 \\ &= 15.99 \text{ ลูก (ปัดขึ้นเป็น 16 ลูก)} \end{aligned}$$

ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดิน (Solar Farm) ขนาด 1 MW_p

สมมติฐานการคำนวณ

- อัตราารับซื้อไฟฟ้าที่ 5.66 บาท/kWh ระยะเวลาสนับสนุน 25 ปี
- จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานจริง (Peak Sun Hours : PSH) 5.04 ชั่วโมง/วัน
- ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (Energy yield derating factor : EF) 0.7
- อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย 4.15 บาท/kWh (อ้างอิงจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟ)
- ใช้เงินลงทุนทั้งหมดเท่ากับ 50 ล้านบาท (ไม่รวมค่าที่ดิน)



รูปภาพ 69 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดิน

วิธีการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} &= \text{กำลังผลิตติดตั้ง} \times \text{PSH} \times \text{EF} \\
 &= (1,000 \text{ kW}_p) \times (5.04 \text{ h}) \times (0.7) \\
 &= 3,528 \text{ kWh/วัน หรือ } 105,840 \text{ kWh/เดือน}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 1 ผลิตไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟ

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าไฟที่ประหยัดได้} &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้า} \\
 &= (3,528 \text{ kWh/วัน}) \times (4.15 \text{ บาท/kWh}) \\
 &= 14,641.20 \text{ บาท/วัน หรือ } 439,236 \text{ บาท/เดือน} \\
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุนทั้งหมด/ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี} \\
 &= (50,000,000 \text{ บาท}) / (439,236 \times 12 \text{ บาท/ปี}) \\
 &= 9.49 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟ

$$\begin{aligned}
 \text{รายได้จากการขายไฟ} &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} \times \text{อัตรารับซื้อไฟฟ้า} \\
 &= (3,528 \text{ kWh/วัน}) \times (5.66 \text{ บาท/kWh}) \\
 &= 19,968.48 \text{ บาท/วัน หรือ } 599,054.40 \text{ บาท/เดือน}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุนทั้งหมด/รายได้สุทธิต่อปี} \\
 &= (50,000,000 \text{ บาท}) / (599,054.40 \times 12 \text{ บาท/ปี}) \\
 &= 6.96 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

2. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) ขนาด 5 kW_p

สมมติฐานการคำนวณ

- อัตราารับซื้อไฟฟ้าที่ 6.96 บาท/kWh ระยะเวลาคืนทุน 25 ปี
- จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานจริง (Peak Sun Hours : PSH) 5.04 ชั่วโมง/วัน
- ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (Energy yield derating factor : EF) 0.7
- อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย 4.15 บาท/kWh
- ใช้เงินลงทุนทั้งหมดเท่ากับ 350,000 บาท

*ราคาประมาณการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (อ้างอิงราคาจากเว็บไซต์ <http://www.solarhub.co.th>)

- กำลังผลิตติดตั้งขนาด 1-10 kW ใช้เงินลงทุนประมาณ 70 บาท/วัตต์
- กำลังผลิตติดตั้งขนาด 10-250 kW ใช้เงินลงทุนประมาณ 60 บาท/วัตต์
- กำลังผลิตติดตั้งขนาด 250-1,000 kW ใช้เงินลงทุนประมาณ 50 บาท/วัตต์
- ใช้พื้นที่สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างน้อย 35 ตารางเมตร



รูปภาพ 70 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

วิธีการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} &= \text{กำลังผลิตติดตั้ง} \times \text{PSH} \times \text{EF} \\
 &= (5 \text{ kW}_p) \times (5.04 \text{ h}) \times (0.7) \\
 &= 17.64 \text{ kWh/วัน หรือ } 529.20 \text{ kWh/เดือน}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 1 ผลิตไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟ

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าไฟที่ประหยัดได้} &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้า} \\
 &= (17.64 \text{ kWh/วัน}) \times (4.15 \text{ บาท/kWh}) \\
 &= 73.21 \text{ บาท/วัน หรือ } 2,196.18 \text{ บาท/เดือน}
 \end{aligned}$$

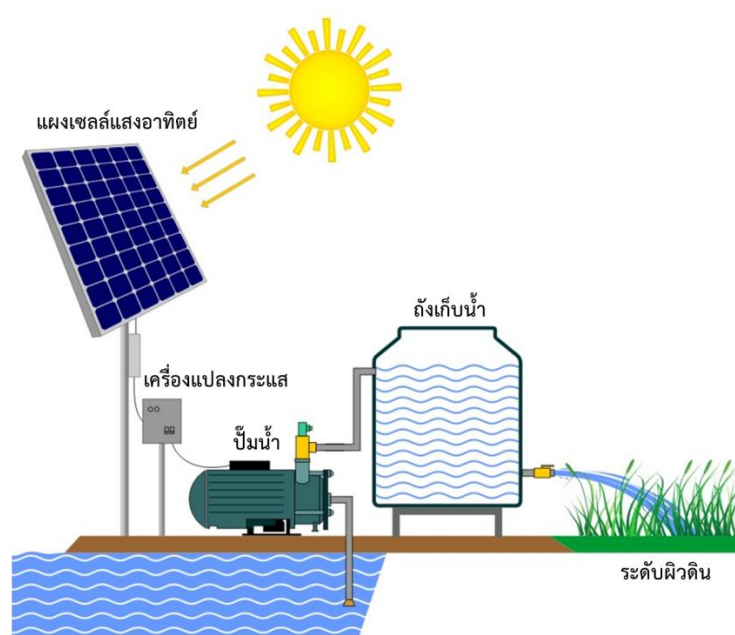
$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุนทั้งหมด/ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี} \\
 &= (350,000 \text{ บาท}) / (2,196.18 * 12 \text{ บาท/ปี}) \\
 &= 13.28 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าเพื่อขายไฟ

$$\begin{aligned}
 \text{รายได้จากการขายไฟ} &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้} \times \text{อัตราซื้อไฟฟ้า} \\
 &= (17.64 \text{ kWh/วัน}) \times (6.96 \text{ บาท/kWh}) \\
 &= 122.77 \text{ บาท/วัน หรือ } 3,683.23 \text{ บาท/เดือน} \\
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุนทั้งหมด/รายได้สุทธิต่อปี} \\
 &= (350,000 \text{ บาท}) / (3,683.23 * 12 \text{ บาท/ปี}) \\
 &= 7.92 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

3. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับสูบน้ำ (Solar Pumping)

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าไม่ถึง แต่ต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อุปโภคและบริโภค โดยอุปกรณ์หลักๆ ที่ต้องใช้งานประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและปั้มน้ำ



รูปภาพ 71 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการสูบน้ำ

สิ่งที่ควรทราบก่อนการติดตั้งระบบสูบน้ำ

- รูปแบบของแหล่งน้ำ เช่น น้ำบาดาล น้ำบ่อ คลอง แม่น้ำ
- ความลึกของน้ำจากระดับผิวดิน
- ความสูงของถังเก็บน้ำจากระดับผิวดิน

- ระยะทางในแนวราบจากแหล่งน้ำถึงจุดที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- ปริมาณน้ำที่ต้องการใน 1 วัน

สมมติฐานการคำนวณ

- ราคาติดตั้งชุดสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ (อ้างอิงจากเว็บไซต์ <http://baanna-shopping.com>)
 - ขนาด 1 แรงม้า ใช้เงินลงทุนประมาณ 105,000 บาท
 - ขนาด 1.5 แรงม้า ใช้เงินลงทุนประมาณ 130,000 บาท
 - ขนาด 2 แรงม้า ใช้เงินลงทุนประมาณ 170,000 บาท
 - ขนาด 3 แรงม้า ใช้เงินลงทุนประมาณ 240,000 บาท
 - ขนาด 5 แรงม้า ใช้เงินลงทุนประมาณ 380,000 บาท
- การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบสูบน้ำบาดาลต้องมีความสัมพันธ์กับอัตราการสูบน้ำ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

ตาราง 12 การเปรียบเทียบอัตราการสูบน้ำกับกำลังผลิตติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขนาดเครื่องสูบน้ำ (HP)	กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ (W)	กำลังไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W)	ปริมาณน้ำได้ใน 1 วัน* (ลบ.ม.)
1	750	1,300	12.5
1.5	1,100	1,850	17.5
2	1,500	2,600	25
3	2,220	4,000	37.5
5	3,700	6,300	45

*ปริมาณน้ำที่ได้อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ความลึกแหล่งน้ำ ความเข้มแสงอาทิตย์ ฯลฯ
(อ้างอิงจากเว็บไซต์ <http://www.tistr.or.th>)

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ความปลอดภัยในการผลิตและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, คู่มือเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับชุมชน
4. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559
5. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, การรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และระเบียบที่เกี่ยวข้อง
6. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, ขั้นตอนการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า และแจ้งประกอบกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาต และการรายงานข้อมูลผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ของสำนักงาน กกพ.
7. นครินทร์ รินพล, คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น
8. นครินทร์ รินพล, คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขั้นประยุกต์
9. นกตล รุ่งสวาท วิศวกรไฟฟ้าชำนาญการ ส่วนวิชาการวิศวกรรม สำนักส่งเสริมและพัฒนางานเทคนิค กปส., การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
10. ผศ.บรรจบ สุขประภากรณ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์
11. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556
12. สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
13. สำนักงานโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, การขอจำหน่ายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
14. เอกสารการสัมมนาเชิงวิชาการสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ : ข้อกำหนด การออกแบบ ติดตั้ง ควบคุมและบำรุงรักษา

