บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) จะทำการศึกษาเฉพาะพื้นที่อาคารสำนักงานเชิงพาณิชย์ โครงการ ซัมเมอร์ ลาซาล ผู้วิจัยขอกล่าวถึงทฤษฎี แนวคิดที่ใช้ในการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาใช้เป็นเกณฑ์ในการนำไปวิเคราะห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1. แนวคิดเรื่องพลังงานแสงอาทิตย์

2.2. แนวคิดการผลิตไฟฟ้าโดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

2.3. หลักเกณฑ์การวิเคราะห์การออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้นที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับอาคารสำนักงานเชิงพาณิชย์

2.4. หลักเกณฑ์การวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าของโครงการ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเรื่อง พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ – การเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงาน

พลังงานแสงอาทิตย์ถูกใช้งานอย่างมากในหลายส่วนของโลก และมีศักยภาพในการผลิตพลังงานมากกว่าการบริโภคพลังงานของโลกในปัจจุบันหลายเท่าหากใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม พลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือสำหรับทำความร้อน หรือแม้แต่ทำความเย็น ศักยภาพในอนาคตของพลังงานแสงอาทิตย์นั้น มีวิธีการมากมายที่สามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้งานได้ พืชเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเคมีโดยใช้การสังเคราะห์แสง "พลังงานแสงอาทิตย์" หมายถึงการเปลี่ยนแสงอาทิตย์โดยตรงมากกว่าเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้งาน ประเภทพื้นฐานของพลังงานแสงอาทิตย์ คือ "พลังความร้อนแสงอาทิตย์" และ "เซลล์แสงอาทิตย์"พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายหลายรูปแบบ เช่น

- เพื่อเพิ่มสุขอนามัยในพื้นที่ห่างไกล เช่น การฆ่าเชื้อโรคที่มากับน้ำโดยการให้น้ำสัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรง การเลี้ยงสาหร่ายในการปรับสภาพน้ำโดยการเพิ่มอ๊อกซิเจน การติดตั้งเครื่องสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์เพื่อแจกจ่ายน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค
- การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือก เช่น การเลี้ยงสาหร่ายบางชนิดเพื่อนำมาสกัดเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างพลังงานให้รถไฟฟ้า

- การพัฒนาการเกษตร เช่น การปลูกต้นไม้เช่นพืชผักสวนครัวดอกไม้ในเรือนกระจกในประเทศหนาวเป็นต้น เรือนกระจกจะป้องกันอากาศหนาวจากภายนอกและเก็บกักความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ การติดตั้งไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ในพื้นที่ห่างไกลเพื่อสูบน้ำเข้าไร่นาเพื่อการเกษตร

- การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านทั่วไปแล้วต่อเข้ากับสายส่งของผู้ผลิตไฟฟ้ากลาง เพื่อใช้เองและขายส่วนเกินให้ผู้ผลิตกลาง

- การผลิตน้ำร้อนจากพลังแสงอาทิตย์เพื่อการพานิชย์

- การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ส่งผลให้การจัดการบริหารพลังงานไฟฟ้าของช่องทางการสื่อสารมวลชน เช่น รถตู้ OB (รถถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์นอกสถานที่) ที่มีการนำ solar cell มาใช้ในการทำงาน

พลังงานแสงอาทิตย์ (วรนุช แจ้งสว่าง,2553)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานของพลังงานรูปแบบต่างๆ บนโลก เช่นพลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น และพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ พลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวโลกมีค่ามหาศาล จากค่าคงที่สุริยะ (solar constant) ประมาณว่าบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 1,000 วัตต์ ถ้าประมาณว่าในแต่ละวันพื้นที่ต่างๆ บนโลก ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 4-5 ชั่วโมง ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับมีค่า 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อวัน

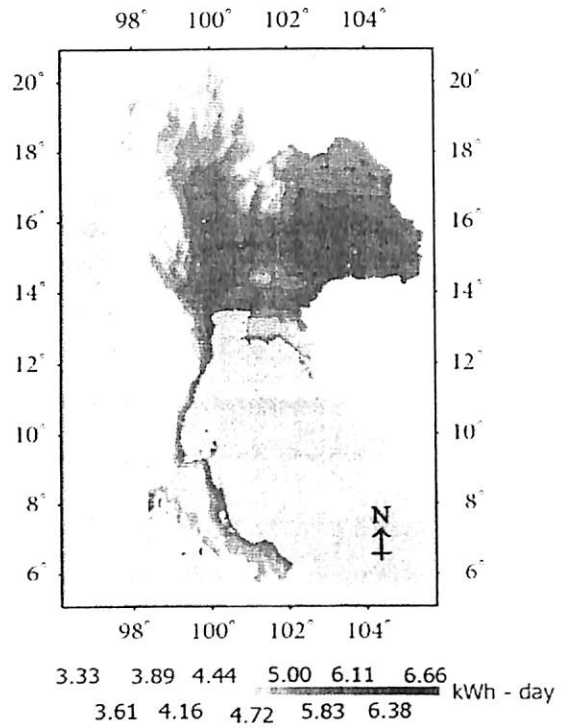
พลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับมีค่าประมาณ 1.7×10^5 เทอราวัตต์ หรือเทียบเท่ากับการใช้น้ำมัน 2.5×10^6 ล้านบาร์เรลต่อวัน (1 ล้านตันน้ำมันดิบ เท่ากับ 12 เทอราวัตต์-ชั่วโมง หรือเท่ากับ 7.3 ล้านบาร์เรล) ซึ่งมีค่ามากกว่า 10,000 เท่าของพลังงานที่มนุษย์บนโลกใช้ (คำนวณเทียบกับพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในโลก ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2551 พลังงานที่บริโภคในโลกเท่ากับ 11,295 ล้านตันน้ำมันดิบ) ดังจะเห็นได้ว่า ถ้ามนุษย์สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนโลกมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นพลังงานหลักของโลกได้

ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือน เมษยน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.56-6.67 kWh/m2 – day และบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 5.28-5.56 kWh/m2 – day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2 เปอร์เซนต์ ของพื้นที่

ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง 5-5.28 kWh/m2 – day และมีเพียง 0.5 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งหมดที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า 4.45 kWh/m2 – day

เมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปี จะได้เท่ากับ 16.05 kWh/m2 – day



รูปที่ 2.1 แผนที่ปริมาณการแพร่รังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน

2.2. แนวคิดการผลิตไฟฟ้าโดยการติดตั้งโซล่าเซลล์

การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง และการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานดังกล่าวโดยเฉพาะ การนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง ได้มีการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมในเชิงพาณิชย์ เช่น การทำน้ำร้อน การอบแห้ง เป็นต้น ส่วนสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์นั้นก็มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็น เพื่อให้ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

1) การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรงเป็นแหล่งพลังงานปฐมภูมิ(primarysource)ถ้าพิจารณาจากผลสุดท้ายที่นำไปใช้ประโยชน์สามารถจาแนกการประยุกต์ได้เป็น 2 แนวทางคือ การประยุกต์ในทางความร้อนและการประยุกต์ในทางไฟฟ้ากระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่นำไปใช้ประโยชน์นั้นเป็นกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 8 กระบวนการดังตารางที่ 3

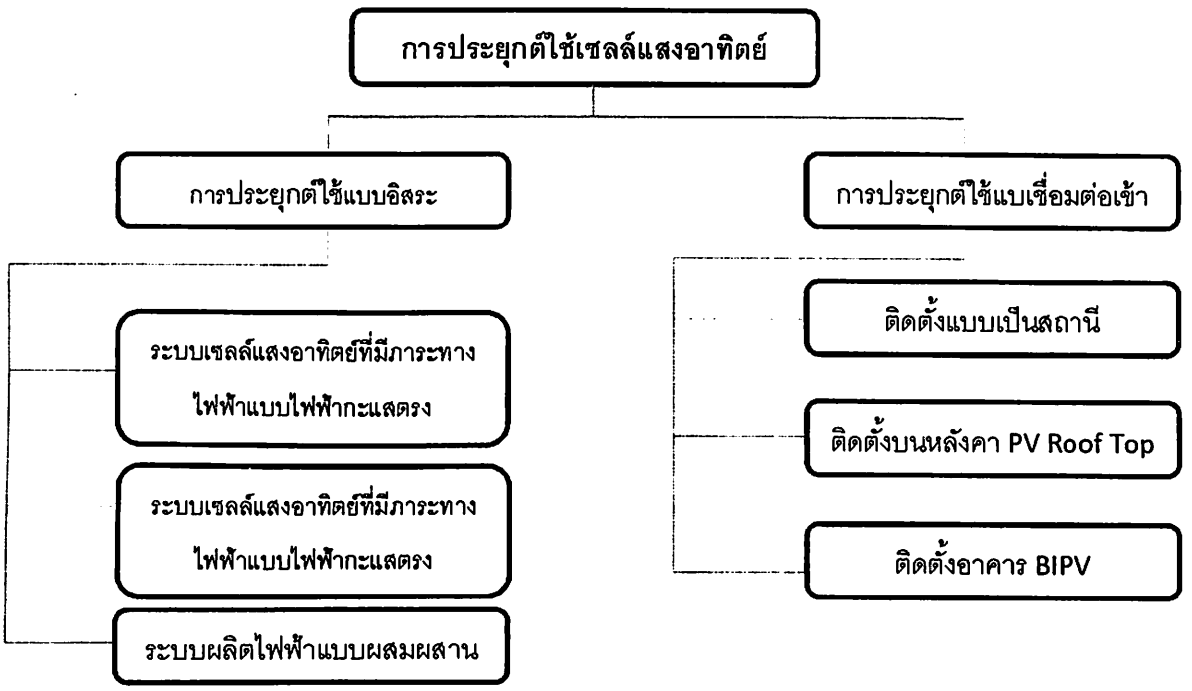
ตารางที่ 3 กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ

กระบวนการ	พลังงานในรูปต่างๆ
1.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน (solar thermal conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน
2.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจลน์ (solar thermomechanical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน -->พลังงานจลน์
3..เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (solar thermal electric conversion; STEC)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน -->พลังงานจลน์ --> พลังงานไฟฟ้า
4.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (STEC + electrolysis)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน -->พลังงานจลน์ --> พลังงานไฟฟ้า-->พลังงานเคมี
5.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar thermochemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน -->พลังงานเคมี
6.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (solar electric conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานไฟฟ้า
7.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar chemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานเคมี
8.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar electrochemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานไฟฟ้า -->พลังงานเคมี

ที่มา: Boyle (1996, p.87)

2) รูปแบบของระบบการประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า จำแนกได้เป็น 2 วิธีคือ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงเรียกว่า กระบวนการโฟโตวอลเทอิก (photo-voltaic conversion)โดยแสงตกกระทบผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (solarcell) ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เพราะการติดตั้งและการดูแลรักษาค่อนข้างสะดวก อีกทั้งอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนานคือประมาณ 25 ปี และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนแล้วเปลี่ยนต่อเป็นไฟฟ้าโดยผ่านกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์เรียกว่ากระบวนการความร้อ(solarthermodynamic conversion system)

รูปแบบของระบบการประยุกต์นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) และระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (PV grid connected system) ตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 จำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า

2.1)ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งเป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจ่ายให้กับระบบสายส่งของการไฟฟ้า ซึ่งการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของการไฟฟ้าต้องมีข้อควรคำนึกหลายอย่าง เช่น ระบบต้องหยุดทำงานเมื่อไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับพนักงานของการไฟฟ้าเข้ามาซ่อมระบบ และพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ระบบผลิตจากระบบจะต้องได้มาตรฐาน เช่น แรงดันไฟฟ้า ความถี่ ความเพี้ยนของรูปคลื่น (harmonic) เป็นต้น

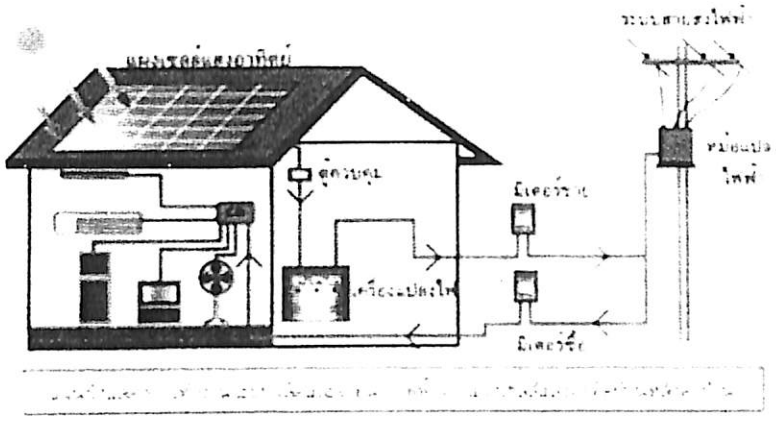
ส่วนประกอบของระบบ

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์
- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบต่อเข้าสายส่ง (grid inverter)
- มิเตอร์ซื้อขายไฟ

หลักการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบคือ เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าในเวลากลางวัน ไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงไฟฟ้า

กระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน กรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากเกินความต้องการของการใช้ภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน ไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะส่งเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าโดยผ่านมิเตอร์ขาย ในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของการใช้ภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน หรือในเวลากลางคืนระบบก็จะนำไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าภายในบ้านอย่างเพียงพอโดยผ่านมิเตอร์ซื้อ ดังรูปที่ 2.3



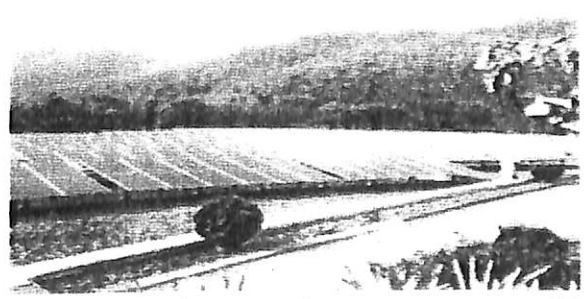
รูปที่ 2.3 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง

ที่มา: http://apem-thermo2.blogspot.com/2009/12/ (3/7/18)

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งยังสามารถแบ่งการประยุกต์ใช้งานได้ออกเป็น 3 แบบตามลักษณะการติดตั้ง ได้แก่

2.1.1) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่เป็นสถานี (PV station)

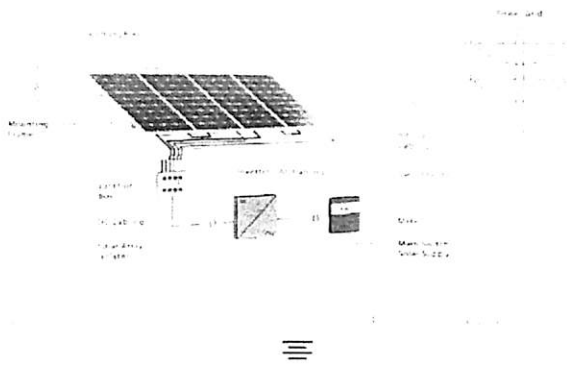
เป็นระบบขนาดใหญ่ที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมาก ซึ่งระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากๆ



รูปที่ 2.4 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง 500kwจังหวัดแม่ฮ่องสอน

2.1.2) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งกับหลังคา (PV roof top)

เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งร่วมกับหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้านและช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน ส่วนประกอบหลักของระบบก็เหมือนกับระบบ PV grid connected ทั่วไป

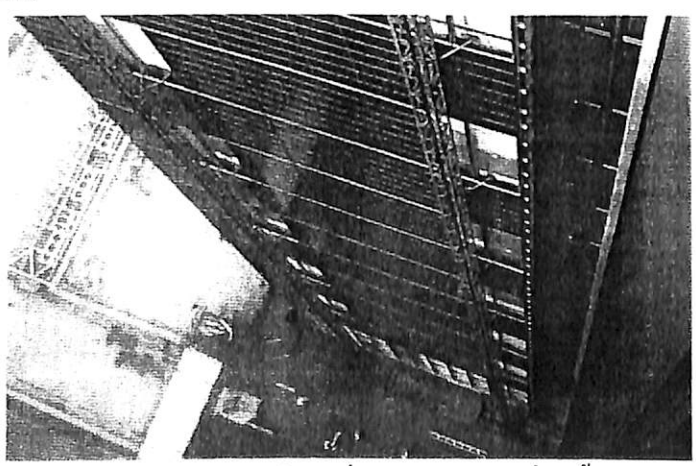


รูปที่ 2.5 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา

ที่มา: http://www.tpsolarcell.com/article/3/ (3/7/18)

2.1.3) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร (building integrated photovoltaic system: BIPV)

เป็นการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเป็นส่วนหนึ่งกับตัวอาคารเพื่อผลิตไฟฟ้า สำหรับเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องมีความรู้หลายศาสตร์เข้ามารวมกัน เช่น การออกแบบ ความรู้ทางด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และความรู้ทางด้านพลังงาน

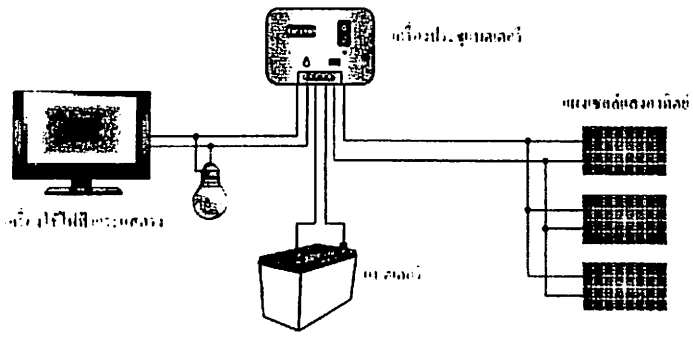


รูปที่ 2.6 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร

ที่มา http://www.techxcite.com//images/whatnew/editor/id_313/1177316307.jpg (3/7/18)

2.2) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) เป็นระบบที่นำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

2.2.1) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง เป็นระบบที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ซึ่งส่วนประกอบของระบบประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ ภาระทางไฟฟ้า

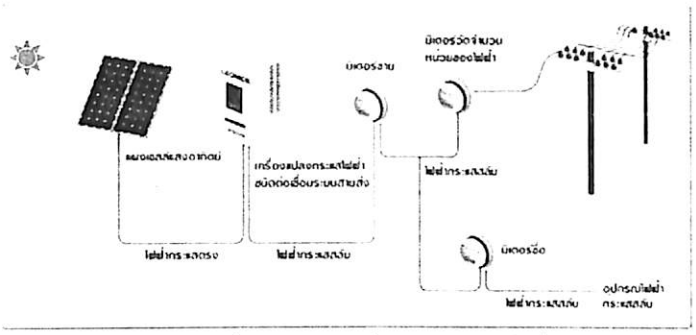


รูปที่ 2.7 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา: http://www.tpc.ac.th/images/Journal/solarcell.pdf (3/7/18)

หลักการทำงานของระบบ

ในเวลากลางวันพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นไฟฟ้าจะถูกประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เป็นตัวควบคุมการประจุไฟฟ้า ในเวลาที่ต้องการใช้งานภาระทางไฟฟ้าแบตเตอรี่จะจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยผ่านเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 2.7

2.2.2) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นระบบที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ส่วนประกอบของระบบจะเหมือนกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง คือมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และภาระทางไฟฟ้า และที่เพิ่มเข้ามาคือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ดังรูปที่ 2.8

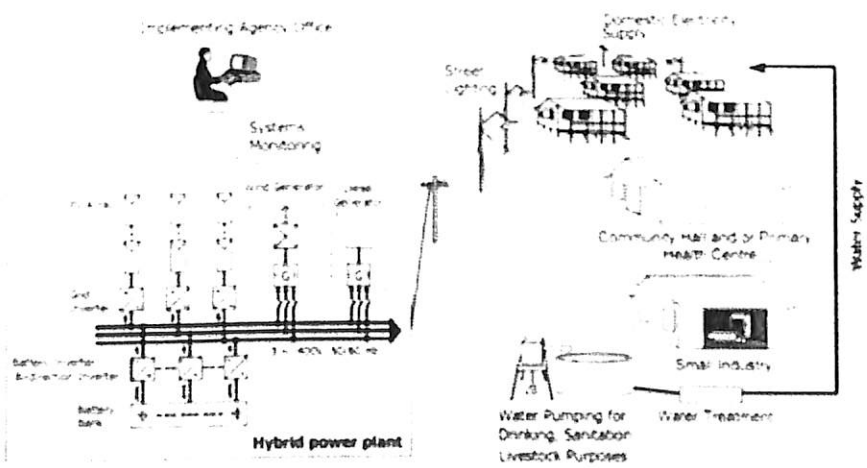


รูปที่ 2.8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่มา: http://baanthaidd.blogspot.com/2012/03/solar-cell.html (5 /7/18)

2.2.3) ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ โดยการผสมผสานแหล่งพลังงานทดแทนหลายๆ มีการผสมผสานแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพในแต่ละช่วงเวลา กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้อาจใช้งานในพื้นที่ที่ไม่มีการปักเสาพาดสายของการไฟฟ้าเข้าไปถึงหรือใช้งานเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง



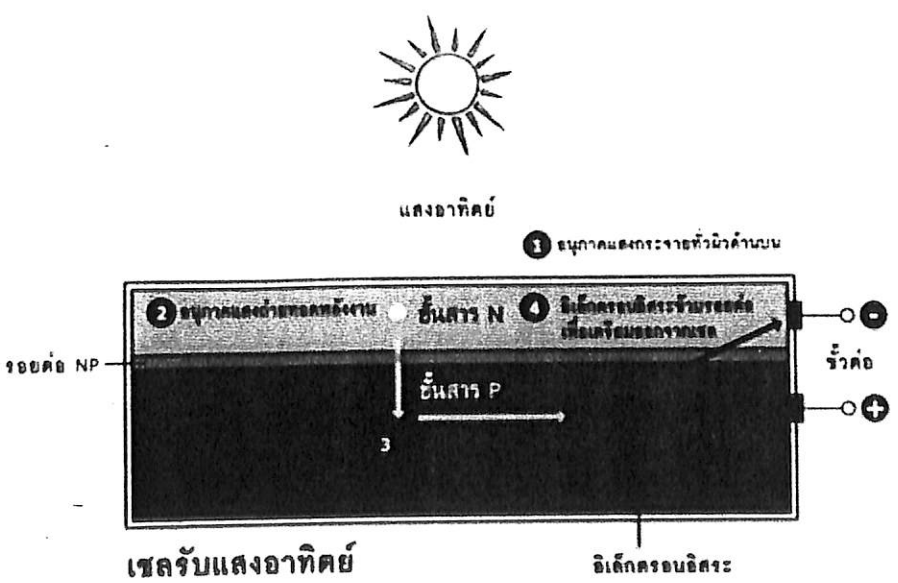
รูปที่ 2.9 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน(PV Hybrid system)

ที่มา: http://baanthaidd.blogspot.com/2012/03/solar-cell.html (5 /7/18)

2.2.4 เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์คือ สิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ ซึ่งวัสดุสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกคือซิลิคอนซึ่งถลุงได้จากควอตไซต์ หรือทรายและผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ตลอดจนการทำให้เป็นผลึกเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งแผ่นอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว) หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ด้านละ 5 นิ้ว) และมีความหนาประมาณ 200 – 400 ไมครอน และต้องนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนในเตาอุณหภูมิสูง เพื่อสร้างรอยต่อ P-N ขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นผิวสัมผัสโลหะเต็มหน้า ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะเป็นลายเส้นคล้ายก้างปลา

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดพาหะทางไฟฟ้าขึ้นสองชนิดคืออิเล็กตรอน (ประจุลบ) และโฮล (ประจุบวก) สนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อพีเอ็น จะแยกอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นให้เคลื่อนที่ไปที่ขั้วลบ และโฮลให้ไปที่ขั้วบวก มีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วทั้งสองดังนั้นเมื่อเราต่อขั้วดังกล่าวเข้ากับภาระทางไฟฟ้า (เครื่องใช้ไฟฟ้ ากระแสตรง) ก็จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในวงจร ดังรูปที่ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะให้แรงดันไฟฟ้ าประมาณ 0.5 โวลต์ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ (พื้นที่หน้าตัด) และยังขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์

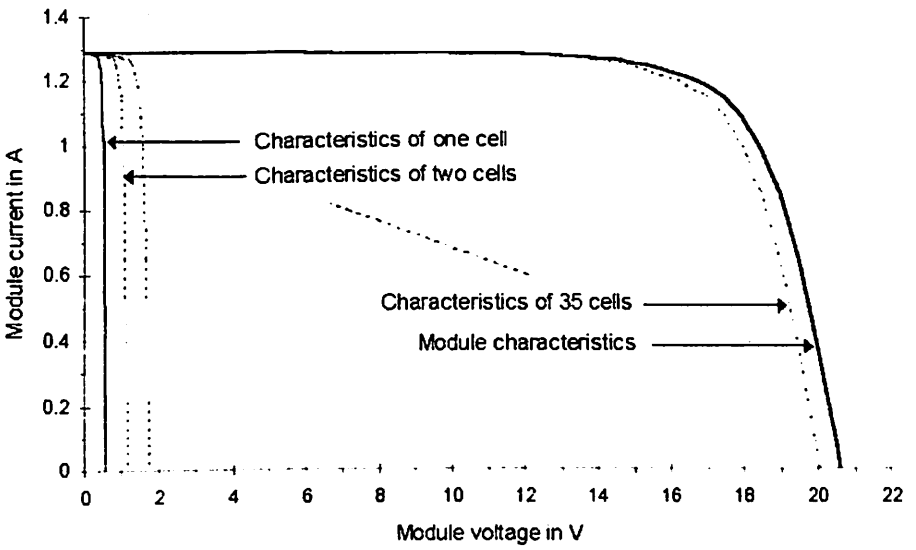


รูปที่ 2.10 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: http://www.diy-solarcell.com (3/7/18)

1) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถอธิบายได้โดยใช้กราฟแสดงคุณสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (I-V curve) โดยลักษณะ I-V curve ของ (cell) โมดูล (module) หรือ แอร์เรย์ (array) จะมีลักษณะที่เหมือนกันแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 กราฟคุณสมบัติกระแส – แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

I-V curve สามารถอธิบายคุณสมบัติต่างๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้

1.1) กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Im) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดกาลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับภาระทางไฟฟ้า

1.2) แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Vm) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดกาลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับภาระทางไฟฟ้า

1.3) กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Isc) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดการลัดวงจร

1.4) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Voc) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้า

1.5) กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Pm) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมาในขณะที่มีภาระทางไฟฟ้า

1.6) ฟิวเฟคเตอร์ (fill factor, F.F) คือค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสามารถเขียนเป็นสมการที่ 2.1

$$F.F = \frac{P_m}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}} \qquad (2.1)$$

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ดีควรมีค่าฟิวเฟคเตอร์มากกว่า 0.7

ที่มา: The Photovoltaic Effect – Introduction. Photovoltaics.sandia.gov (2001-02-01). Retrievedon 2010-12-12.

1.7) ประสิทธิภาพสูงสุด (η_m) คือ ค่าอัตราส่วนกาลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพลังงานที่ได้รับของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ 2.2

$$\eta_m = [P_m / A_m G_T] \times 100\% \qquad (2.2)$$

เมื่อ A_m คือ พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

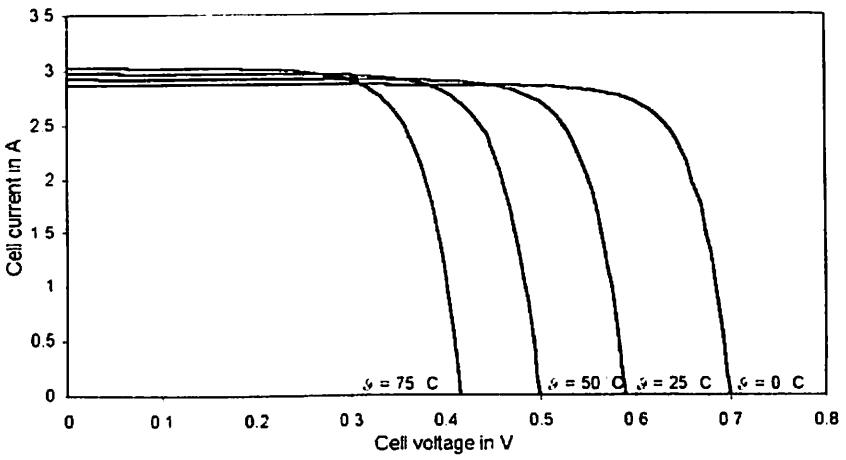
G_T คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)

ที่มา: Survey of Energy Resources 2007, World Energy Council.

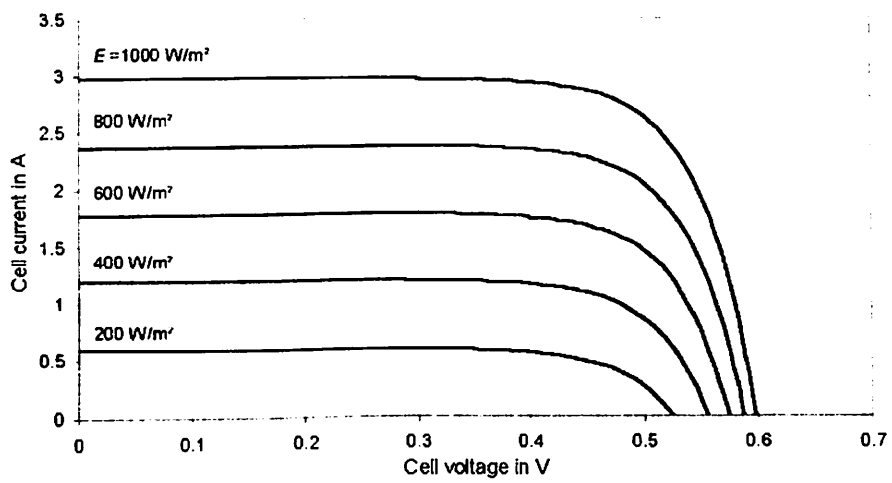
ในกรณีที่รูปกราฟ I-V curve นี้เปลี่ยนแกนไปอยู่ใน quadrant ที่สองหรือสี่ (ค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าเป็นลบ) จะหมายความว่าเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการที่เซลล์มีอุณหภูมิสูงมากและมีเงามาบังตัวเซลล์ ดังนั้นจึงนิยมติดตั้ง bypass diode ไว้ที่แผงเซลล์เพื่อป้องกันการเกิดความต้านทานที่ของตัวเซลล์โดยปกติการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อรับรองคุณภาพจะกระทำที่เงื่อนไขเฉพาะเรียกว่า standard testing condition (STC) ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าจะต้องภายใต้เงื่อนไข ที่ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ 1,000 W/m^2 มวลอากาศ 1.5 และอุณหภูมิเซลล์ 25 °C

สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจะมีลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจคือ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ กับที่สภาวะอุณหภูมิแตกต่างกันแสดงดังรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13 กำลังไฟฟ้า

ที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์จะตกลงเมื่ออุณหภูมิเซลล์สูงขึ้น ส่วนค่ากระแสนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่าแรงดันไฟฟ้าจะตกลงอย่างมาก ซึ่งโดยปกติกำลังไฟฟ้าจะตกลงไปประมาณ 0.4 – 0.6 เปอร์เซ็นต์ต่อองศาเซลเซียส



รูปที่ 2.12 I-V Curve กรณีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ และอุณหภูมิเซลล์เปลี่ยนแปลง
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

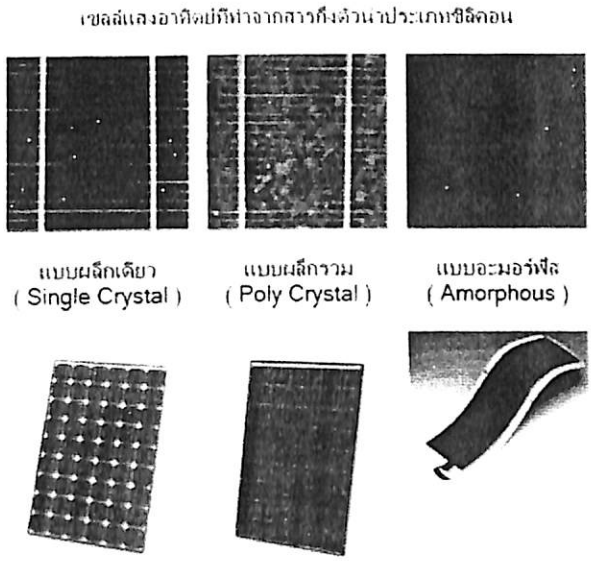


รูปที่ 2.13 I-V Curve กรณีอุณหภูมิเซลล์คงที่ และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลง
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

2) ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์สามารจำแนกตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 2 ประเภทคือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (silicon) กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ

2.1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (silicon) คือเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตมาจากธาตุซิลิคอนแบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (single crystalline) แบบผลึกผสม (poly-crystalline) และแบบอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (thin film solar cell) แสดงดังรูปที่ 2.14



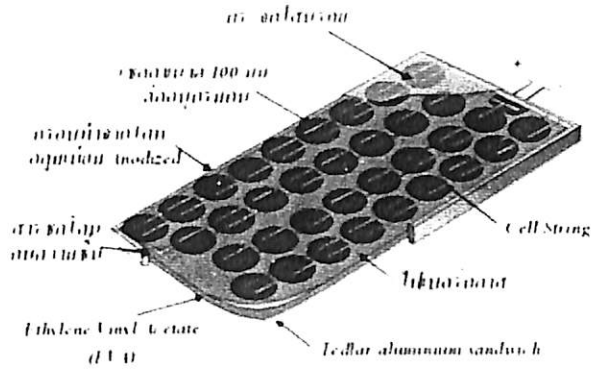
รูปที่ 2.14 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน

ที่มา: เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2561)

2.2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และคาดว่าจะนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7% ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด

การนำแสงอาทิตย์มาทำเป็นไฟฟ้านั้น ถึงแม้เซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถทำได้ แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียว จะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module หรือ Solarpanel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์

จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมากเพราะจะต้องอยู่กลางแดดเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethelele vinyl acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงดังภาพที่ 2.15 แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate)ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,(2552)

วัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ CISและแคดเมียมเทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน ข้อเสียของซิลิคอนคือ การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาแพง และแตกหักง่ายในขบวนการผลิต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2555) กล่าวถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยปัจจุบัน มีดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไวแสงมากที่สุด สามารถรับแสงที่อ่อน ๆ ได้รวมทั้งแสงจากหลอดไฟฟ้าต่าง ๆ จึงทำงานได้ในพื้นที่ที่มีเมฆหมอกฝุ่นละอองมีฝนตกชุก สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงได้ดี แต่ก็มีผลเสียคือ ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำจึงทำให้ต้องใช้พื้นที่มาก แผงนิยมนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆ เป็นต้น

เซลล์แสงอาทิตย์ Crystalline เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของผลึกที่ทำให้เป็นแผนฟิล์มชั้นบาง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบ Mono crystalline หรือแผงชนิดผลึกเดี่ยวและแบบ Poly crystalline หรือผลึกผสมหรืออาจมีชื่อเป็นอย่างอื่น เช่น Single crystalline และMulti crystalline เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานมากที่สุดแผงแบบ Mono crystalline จะมีประสิทธิภาพดีกว่าและราคาแพงกว่าแบบ Poly crystalline เล็กน้อย

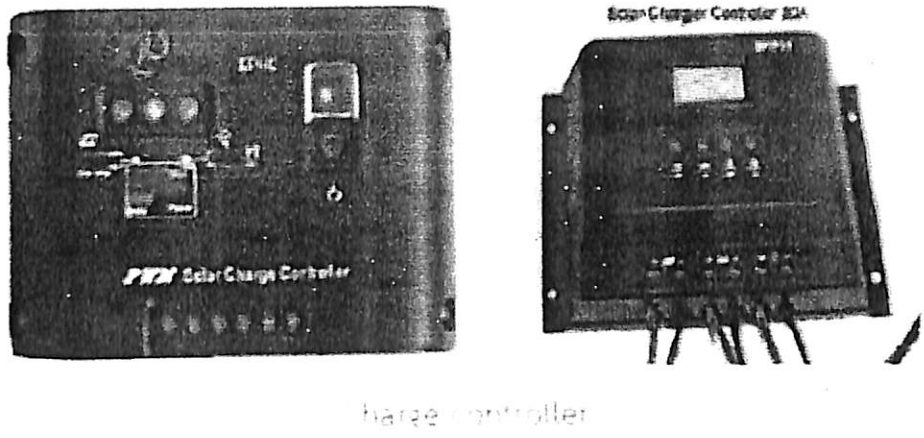
ทั้งสองชนิดมีข้อดีคือ หาอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ง่าย มีราคาถูก อายุการใช้งานยาวกว่า 20 ปีทนทาน ใช้พื้นที่น้อยกว่า มีน้ำหนักเบา

เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super amorphous หรืออาจเรียกว่าเป็นแบบ Amorphous triplejunction แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะรวมเอาข้อดีของทั้ง Amorphous และ Crystalline มาไว้ด้วยกันโดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Amorphous และสามารถใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับแบบ Crystalline บางชนิดยังมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถบิดตัวม้วนได้ เนื่องจากการปลูกเซลล์ทำบนฐานรองประเภทพลาสติก ทำให้มีน้ำหนักเบา การขนส่งสะดวกสามารถติดตั้งตามพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ ได้หลากหลายแต่มีข้อเสียคือมีราคาแพงกว่าชนิดอื่น ๆ 30-40% ในอนาคตเมื่อมีการแข่งขันทางตลาดที่สูงขึ้น ราคาจะถูกลงก็จะได้รับความนิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายต่อไป

2. เครื่องควบคุมการชาร์จ (Charge controller)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุให้กับแบตเตอรี่ซึ่งการประจุนี้จะต้องไม่ให้มีการประจุมากเกินไป (Over charge) ซึ่งจะมีผลทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัดทำให้เสื่อมสภาพเร็วและเมื่อแบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วก็จะต้องตัดการชาร์จทันทีกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีรูปสัญญาณเป็นพัลส์ (Pulse) และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15-20% เนื่องจากมีค่าตัวแปรที่มาเกี่ยวข้องในกระบวนการชาร์จแบตอรี่ ได้แก่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ ความไม่คงที่ของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ป้อนให้ โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากกังหันลมหรืออื่น ๆ จึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผล (Microcontroller) มาทำการประมวลผล

และควบคุมการทำงานวงจรชาร์จประจุและใช้วงจร PWM (Pulse width modulation) มาสร้างรูปสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้การประจุแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 2.16 เครื่องควบคุมการชาร์จ (Charge controller)

ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2555)

3. แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้จัดเก็บพลังงานไฟฟ้ามีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการใช้งานโดยจะออกแบบให้สามารถจัดเก็บประจุได้มาก ๆ และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นาน ๆ ยิ่งขึ้นที่เรียกว่าเป็นแบบ Deep cycle โดยการออกแบบให้แผ่นธาตุตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษ เป็นผลทำให้ค่าความต้านทานภายในสูง สามารถจัดเก็บประจุไฟฟ้าได้สูงแต่จะจ่ายกระแสออกมาได้ไม่สูงมากนัก ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง ๆในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น การใช้กับรถยนต์ แบตเตอรี่แบบ Deep cycle จะเหมาะสำ หรับรถไฟฟ้ารถยกของ (Flock lift) เครื่องสำรองไฟ (Uninterruptible power supply: UPS) หรือการเก็บพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานทดแทนต่าง ๆ รวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วยแบตเตอรี่แบบ Deep cycle นี้จะมีราคาขนาดและน้ำหนักที่ต่างกันกับแบตเตอรี่รถยนต์ (Verhicle battery) มาก ถึงแม้ว่ากำลังวัตต์ต่อชั่งโมง (Watt hour: WH) หรือความจุของกระแสไฟฟ้าจะเท่ากันก็ตาม

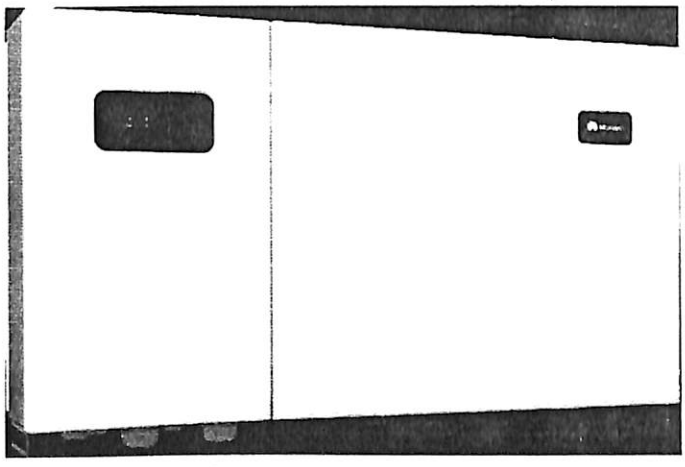
ในการใช้งานแบตเตอรี่ต่าง ๆ ให้ทนทานจะต้องทราบข้อจำกัดทางด้านอุณหภูมิและระดับความลึกในการคายประจุ (Depth of discharge: DOD) ในระหว่างการทำงานด้วยซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่การใช้งานจนพลังงานไฟฟ้าหมดจะเป็นผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงอย่างมาก ๆ ดังนั้น การใช้งานจึงไม่ควรใช้ประจุไฟฟ้าที่ต่ำกว่าระดับ 60% และแบตเตอรี่ควรเก็บไว้ในที่

อากาศเย็นปกติอุณหภูมิไม่เกิน 25°C ในส่วนการประจุไฟฟ้าจะต้องไม่ประจุกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วยิ่งขึ้น

4. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V สำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในบ้านโดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์จะออกแบบวงจรภายในโดยใช้วงจร Switching แปลงระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยมีสัญญาณความถี่ไฟฟ้า 50 Hz ในระบบที่มีขนาดเล็ก ๆ ผู้ผลิตอาจจะรวมวงจรอินเวอร์เตอร์เข้าเป็นชุดเดียวกับวงจรควบคุม

การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Charger and inverter) ในการใช้งานต้องมีค่ากำลังงานที่สูงกว่ากำลังวัตต์ที่ใช้งาน 15-20% ทั้งนี้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณ 80-85% เช่นกำลังวัตต์ที่ต้องการใช้งาน 800 วัตต์ ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ เป็นต้น



รูปที่ 2.17 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) (2552) กล่าวถึงตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่มีดังนี้

1. ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกใน

สภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5)และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลก ความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2. อุณหภูมิ

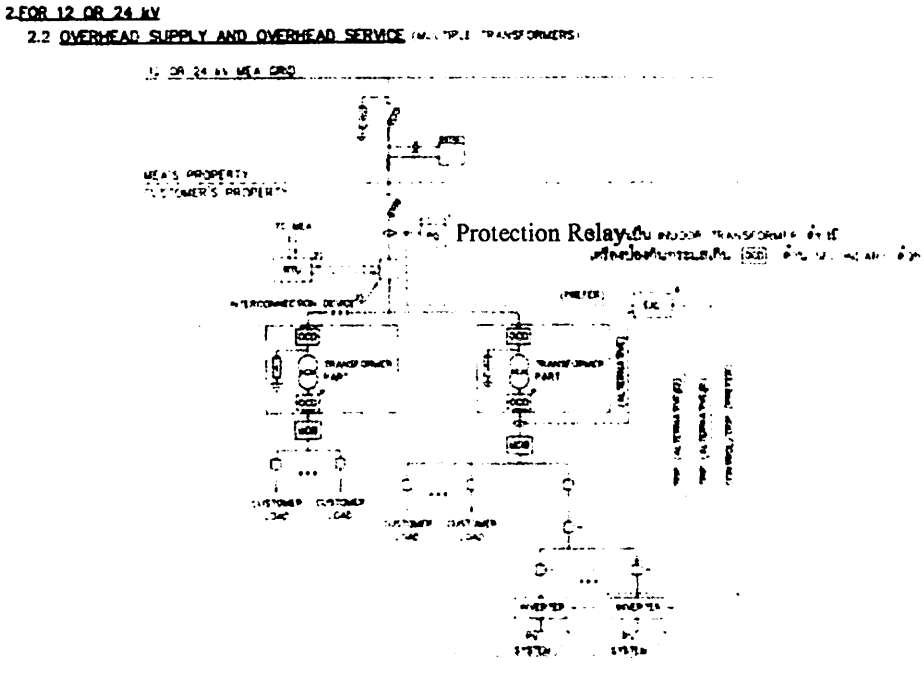
กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า(โวลท์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 °C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Opencircuit voltage หรือ V_{oc}) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 °C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 °C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 °C เช่น อุณหภูมิ 30 °C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% ×5 °C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ V oc จะลดลง 0.525 V (21 V × 2.5%) เหลือเพียง20.475 V (21 V-0.525 V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

5. อุปกรณ์ควบคุมไฟไหลย้อนกลับ (Reverse Power Reley)

อุปกรณ์ควบคุมไฟไหลย้อนกลับ (Reverse Power Reley)อุปกรณ์ควบคุมไฟไหลย้อนกลับแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.Reverse Power Reley ทำงานโดยหาตรวจพบว่าไฟฟ้าไหลย้อนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า จะไปสั่งปลดวงจร Circuit Breaker ของระบบผลิตไฟฟ้า Solar PV

2.Zero Export Controller ทำงานโดยการตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อ และสั่งปรับลดกำลังผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้า Solar PV หากพบว่ากำลังผลิตไฟฟ้าที่ผลิตจาก Solar PV มีแนวโน้มจะมากกว่าการใช้ไฟฟ้าของโหลดภายใน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าไหลย้อนกลับเข้าสูระบบโครงข่าย



รูปที่ 2.18 หลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมไฟไหลย้อนกลับ

2.3. หลักเกณฑ์การวิเคราะห์การออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้นที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับอาคารสำนักงานเชิงพาณิชย์

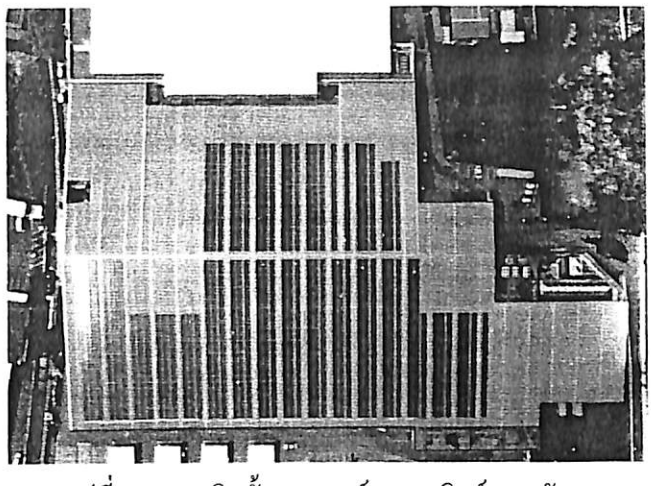
พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ อาทิ การใช้พลังงานความร้อน และการใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ทั้งในระดับอุตสาหกรรม ตลอดจนอาคารบ้านพักอาศัย โดยผ่านอุปกรณ์ Solar Rooftop ซึ่งมีหลักการออกแบบและติดตั้งเบื้องต้นดังนี้

2.3.1.การประเมินพื้นที่ในการติดตั้งและศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2.3.2.ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบ PVs

2.3.3.การคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้และคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์

หลักการออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะขอกล่าวเกี่ยวกับแนวทางในการประเมินพื้นที่ในการติดตั้งและศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบ PVs และการคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้และคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ ก่อนเป็นอันดับแรก รายละเอียดติดตามได้ ดังนี้



รูปที่ 2.19 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

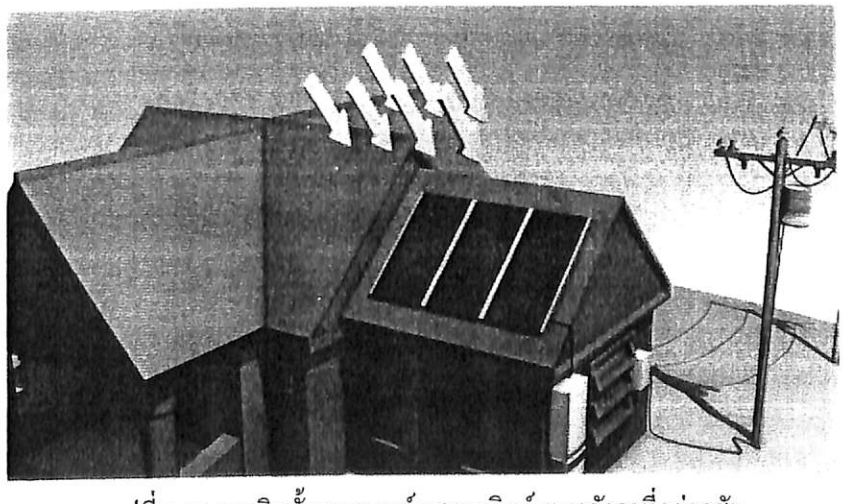
ที่มา :iEnergyGuru.com

1.การประเมินพื้นที่ในการติดตั้งและศักยภาพในการใช้แสงอาทิตย์

การประเมินพื้นที่เบื้องต้นสำหรับผู้ที่สนใจจะติดตั้ง Solar Cell ในบริเวณบ้านเรือน ซึ่งควรศึกษาด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพื้นที่ที่ท่านมีก่อนการติดตั้งดังนี้

ตำแหน่งการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์นี้คือบริเวณหลังคาของที่อยู่อาศัย แต่บางพื้นที่อาจจะมีการติดตั้งบริเวณพื้นที่ว่าง บริเวณผนังหรือแม้แต่บริเวณที่เป็นแผงกั้นแดด เป็นต้น

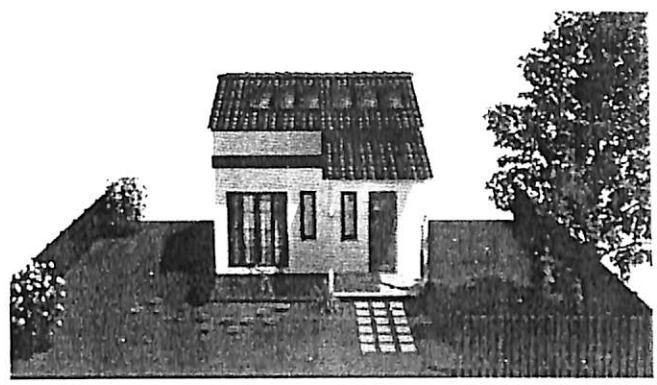


รูปที่ 2.20 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่อยู่อาศัย

ที่มา :iEnergyGuru.com

การอับแสงอาทิตย์

พื้นที่ที่เหมาะสำหรับการติดตั้งควรเป็นบริเวณที่โล่ง ปราศจากเงาของต้นไม้หรือเงาของวัตถุใด ๆ ก็ตามที่สามารถบังแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งการบังแสงแคดจะส่งผลกระทบให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของ PV ลดลง โดยคำแนะนำทั่วไปสำหรับพื้นที่ที่จะติดตั้งแผงนี้ควรเป็นบริเวณที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้โดยไม่มีการบดบังแสงในช่วงเวลา 9 โมงเช้าถึงบ่าย 3 โมงในแต่ละวัน

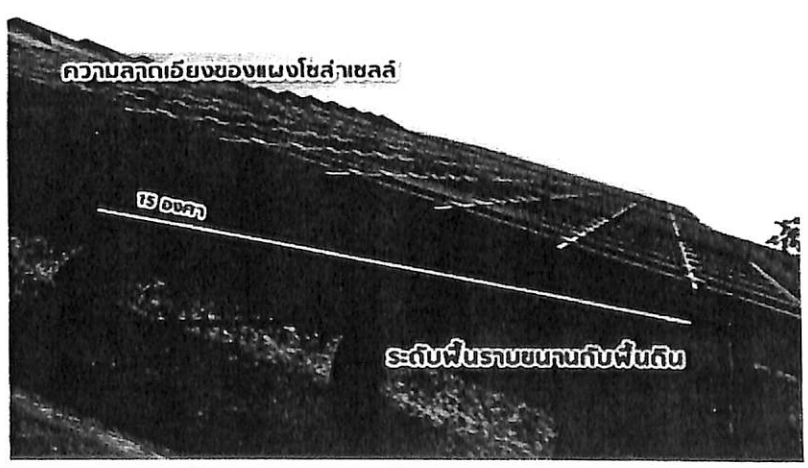


รูปที่ 2.21 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่อยู่อาศัย

ที่มา :iEnergyGuru.com

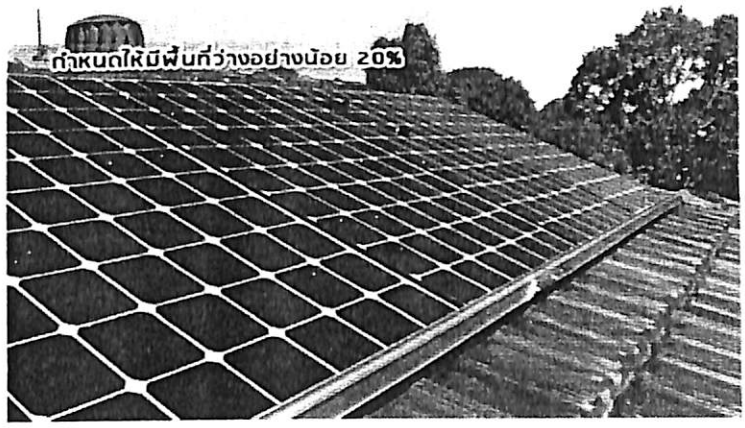
ทิศทางในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ซีกโลกเหนือนั้น ควรหันหน้าของแผงไปทางทิศใต้ โดยดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกโดยเคลื่อนที่อ้อมทิศใต้ นอกจากนี้ความลาดเอียงของแผงควรมีความลาดชันประมาณ 15- 20 องศากับพื้นดินเพื่อทำให้แสงอาทิตย์กระทบตั้งฉากกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้



รูปที่ 2.22 องศาการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้านี้มีการใช้เนื้อที่ในการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างมาก โดยเนื้อที่ที่ต้องการติดตั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการและประสิทธิภาพของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับบ้านเรือนจะมีพื้นที่จำกัดนั้น ถ้าต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีควรเผื่อพื้นที่ว่างไว้ในพื้นที่ที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 20 %ของพื้นที่ที่จะติดตั้ง ในกรณีที่มีการติดตั้งบนหลังคานั้นหากผู้อยู่อาศัยมีแผนที่จะการปรับปรุงหรือรื้อหลังคาเพื่อปรับปรุงในระยะเวลา 5 – 10 ปี ควรติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่มีการปรับปรุงหลังคานั้นเพื่อลดต้นทุนในการรื้อและติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ใหม่



รูปที่ 2.23 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่อยู่อาศัย

2.ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโซล่าเซลล์

ในการเลือกแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นผู้ผลิตแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะแสดงค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยแสดงเป็นค่ามาตรฐานค่าหนึ่ง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)(2552)) ค่าดังกล่าวคือ Standard Test Conditions (STC) ค่า STC นี้เป็นค่ากำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบ 1,000 W/m^2 และที่อุณหภูมิ 25 ^0C ในสภาพอากาศโปร่งและนิ่ง (Clear sky) โดยปกติจะแสดงค่าในรูปแบบดังตัวอย่างนี้ 100 Watts solar module (100 Watts of power output under STC)แต่การติดตั้งเพื่อใช้งานจริงนั้นมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่ทำให้ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จริงน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มา ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานฟ้าของระบบโซล่าเซลล์มีดังนี้

1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำหรับกับประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้า อุณหภูมิของแผงยิ่งสูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าลดลง โดยทั่วไปผลกระทบด้านความร้อนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์นี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 89 % ของค่า STC (f temp = 0.89)

1.2 ฝุ่นและความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อใช้ไประยะหนึ่งจะมีฝุ่นละอองหรือคราบสกปรกมาเปื้อนบนหน้าแผง ซึ่งปัจจัยนี้ส่งผลให้ความสามารถในการรับแสงอาทิตย์ลดลงทำให้ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย โดยทั่วไปผลกระทบที่เกิดจากสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองนี้ทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 93 % ของค่า STC (f dirt = 0.93)

1.3 การต่อของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่สม่ำเสมอและการสูญเสียในสายไฟ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบกันเป็นแถวเทียบกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์เดี่ยว ๆ พบว่าที่จำนวนแผงที่เท่ากันประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงที่ต่อกันเป็นแถวมีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพของแผงเดี่ยว ๆ รวมกัน นอกจากนี้ความต้านทานในสายไฟทำให้เกิดการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าขึ้นได้ โดยทั่วไปการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการต่อแผงที่ไม่สม่ำเสมอและสูญเสียภายในสายไฟทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือ 95 % ของค่า STC (f mis = 0.95)

1.4 การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจาก DC เป็น AC

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แต่อุปกรณ์ที่ใช้ตามบ้านเรือนนั้นส่วนใหญ่พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ฉะนั้นไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงนั้นต้องผ่านตัวแปลงกระแสไฟหรือเรียกว่า Inverter เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อนเสมอ การแปลงกระแสไฟฟ้านี้ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานขึ้นส่วนหนึ่งโดยทั่วไปการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการแปลงกระแสไฟฟ้านี้ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 90 % ของค่า STC (f inv = 0.90)

การประเมินความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้จริงของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตไฟฟ้าจริงของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

$$= \text{Power output of solar module} \times f_{temp} \times f_{dirt} \times f_{mis} \times f_{inv} \qquad (2.3)$$

3. การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

การกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สาหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอกับความต้องการจะต้องคำนวณจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในแต่ละวันผลที่ได้จะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวัน ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยปกติกำหนดค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.8 ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.85 ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องผ่านเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้า โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องแปรงแรงดันไฟฟ้ามีประสิทธิภาพประมาณ 0.85-0.9 ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังสมการที่ 2.4

$$P = \frac{P_L \times D}{Q \times A \times B \times C} \qquad (2.4)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง (วัตต์)

PL คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

Q คือ พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวัน

(สำหรับประเทศไทยมีค่า 4,000 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

A คือ ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์

B คือ ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน

C คือ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดัน

D คือ ค่าความเข้มแสงปกติมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

4. การคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้และคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์

การคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้และการคำนวนจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการติดตั้งสามารถดำเนินการได้ดังนี้

กำลังผลิตติดตั้งได้สูงสุดที่สามารถติดตั้งได้บนหลังคานี้

= (พื้นที่ที่จะติดตั้ง x กำลังไฟฟ้า STC)/ พื้นที่ต่อหนึ่งแผง PVs (2.5)

จะได้กำลังผลิตสูงสุดที่สามารถติดตั้งได้บนหลังคาหน่วยเป็น W

จำนวนแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้

= ขนาดพื้นที่ที่ติดตั้งแผ่น PV/พื้นที่ต่อหนึ่งแผง PVs (2.6)

ระบบPVs สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

= กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้จริง(kW)xชั่วโมงของการผลิตไฟฟ้า (2.7)

5. อัตราค่าไฟฟ้ารายเดือนของการไฟฟ้านครหลวง

การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการคิดค่าไฟฟ้าของ การไฟฟ้านครหลวง (MEA) และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ด้วย เพราะการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ นั้นผลประโยชน์ทางตรงก็คือ ลดค่าพลังงานไฟฟ้า (kW-h) หรือลดจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า เช่น การลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (kW./บาท) , ลดค่าชาร์จค่าเพาเวอร์แฟ็คเตอร์ (kVAR) , ลดค่าโอที พนักงาน , ลดค่า On Peak เป็นต้น

การไฟฟ้านครหลวงได้กำหนดอัตราการคิดไฟฟ้ารายเดือนใหม่โดยได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมกรกำกับกิจการพลังงาน (กกพ) ให้เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนมิถุนายน พ.ศ.2555 โดยมีข้อกำหนดลักษณะการใช้ดังนี้

อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

ตารางที่ 4 ตารางอัตราค่าไฟรายเดือนคิดแบบอัตราปกติ

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
3.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	2.6506	312.24
3.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	196.26	2.6880	312.24
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	221.50	2.7160	312.24

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน15นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ : สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟ เฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ในอัตรากิโลวาร์ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ ให้ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

2. อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

ตารางที่ 5 ตารางอัตราค่าไฟรายเดือนคิดแบบอัตรา TOU

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
3.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	0	3.5982	2.1572	312.24
3.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	132.93	0	3.6796	2.1760	312.24
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	210.00	0	3.8254	2.2092	312.24

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

: เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peakในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ : สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใด ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟ เฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ในอัตรากิโลวาร์ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ให้ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1.ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในอัตราข้อ 3.1 ซึ่งใช้ไฟฟ้าก่อนเดือนตุลาคม 2543 จะยังคงถูกจัดอยู่ในอัตราข้อ 3.1 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 จะถูกจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 3.2 ในเดือนถัดไป หลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU แล้ว

2.ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 หากมีความต้องการพลังไฟฟ้า เฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไปในเดือนใดหรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือนจะถูกจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 อัตราข้อ 4.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU แล้ว

3.ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 3.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 3.2 ได้โดยต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวง และชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU ก่อน ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมไม่ได้

4.ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภท ที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในอัตราข้อ 3.2 เมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์

5.ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าบริการรายเดือนเพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

2.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินและการลงทุนของโครงการ

2.4.1หลักเกณฑ์การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ

ใช้ทฤษฎีด้านการศึกษาความเป็นไปได้ในวิธีต่าง ๆ และเพื่อเป็นเครื่องมือที่สามารถบ่งชี้ว่าโครงการนี้มีเหมาะสมต่อการลงทุนหรือไม่ ซึ่งประกอบด้วยดังนี้

1. การวิเคราะห์ด้านเทคนิค (Technical analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาความเหมาะสมทางเทคนิคของโครงการ ซึ่งต้องพิจารณาถึงเป้าหมายของโครงการโดยมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด และรูปแบบที่เลือกนี้ควรมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมเช่นกันที่สามารถทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดรูปแบบของโครงการต้องมีความยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ในปัจจุบันได้และไม่ควรก่อให้เกิดผลในทางลบต่อสิ่งแวดล้อม

2. การวิเคราะห์ทางด้านสังคม (Social analysis) เป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการต่อสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ในรูปขององค์กรทางสังคมและมีมาตรฐานของการครองชีพรวมทั้งการเข้าใจกระบวนการทางสังคมที่สัมพันธ์กันด้วย ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกสังคมต้องให้ความร่วมมือกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อเป็นประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตของทุกคน

3. การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environment analysis) เป็นการพิจารณาถึงผลกระทบในการปล่อยของเสียจากการทำโครงการ

4. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic analysis) เป็นการช่วยให้การพิจารณาตัดสินใจจะรับหรือปฏิเสธโครงการเพื่อการลงทุนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีการบ่งชี้ถึงความสมเหตุสมผลและความคุ้มค่าในการลงทุนนั้น ๆ

2.4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินและการลงทุนของโครงการ

ในการตัดสินใจว่าจะเลือกลงทุนในโครงการลงทุนใหม่หรือไม่นั้น เราจะเน้นที่กระแสเงินสดของโครงการลงทุน ซึ่งกระแสเงินสดของโครงการลงทุนนั้นจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนนั้น

วิธีการที่นิยมใช้ในการประเมินโครงการลงทุนมี 3 วิธีดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value หรือ NPV)
2. อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน (internal rate of return หรือ IRR)
3. ระยะเวลาคืนทุน (payback period)

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการ คือผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย โดยนำกระเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายมาคิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (Requiredrate of return) ซึ่งหมายถึงต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (Marginal cost of capital) โดยคำนวนได้จากสูตร

$$\text{NPV} = -CF_0 + \frac{CF1}{(1+\text{k})^1} + \ldots\ldots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} \qquad (2.8)$$

กำหนดให้

CFn = กระแสเงินสด ณ ปีที่ n

n = ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

k = ต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน

โดยที่เกณฑ์การยอมรับสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPVAcceptance criterion) กิจการจะยอมรับโครงการลงทุนเมื่อ NPV มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 และจะปฏิเสธโครงการเมื่อมีค่าน้อยกว่า 0

2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) หรือเรียกว่าอัตราผลตอบแทนที่แท้จริง (IRR) ของโครงการ เท่ากับอัตราคิดลด (Discount rate, r) ซึ่งหมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสดของโครงการเท่ากับศูนย์ ดังนั้น อัตราคิดลดซึ่งทำให้NPV เท่ากับศูนย์ คือจุดตัดกับแกนนอน (Horizontal axis) สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{NPV} = 0 = CF_o + \frac{CF1}{(1+\text{k})^1} + \ldots\ldots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} \qquad (2.9)$$

โดยที่เกณฑ์การยอมรับสำหรับวิธีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR Acceptance criterion)แบ่งได้ดังนี้ โครงการปกติ (Conventional project) จะได้รับการยอมรับถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าหรือเท่ากับต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน และจะถูกปฏิเสธเมื่ออัตราผลตอบแทนภายในน้อยกว่าต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุนโครงการกู้ยืมเงิน (Loan project) จะได้รับการยอมรับถ้าอัตราผลตอบแทนภายใน(ต้นทุนที่แท้จริง) น้อยกว่าหรือเท่ากับต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน และจะถูกปฏิเสธเมื่ออัตราผลตอบแทนภายใน (ต้นทุนที่แท้จริง) มากกว่าหรือเท่ากับต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุนกล่าวโดยสรุป

IRR > r คุ้มค่าแก่การลงทุนและยอมรับข้อเสนอโครงการ

IRR < r ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนและไม่ยอมรับข้อเสนอโครงการ

IRR = r เสมอตัว

3. ระยะคืนทุน (Payback period) ระยะเวลาคืนทุน (PB) คือ จำนวนปี ที่กิจการจะได้รับเงินที่ลงทุนเริ่มแรกของโครงการกลับคืนมา กล่าวอีกนัยหนึ่งคือระยะเวลาที่กระแสเงินสดสะสม(Cumulative cash flows) ของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก/ ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี (2.10)

โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาคืนทุนใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจเพื่อชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการเท่านั้นเท่านั้น เพราะไม่ได้มีการคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามระยะเวลา ระหว่างระยะเวลาคืนทุน กระแสเงินสดที่ได้รับเข้ามาในช่วงต้น และกระแสเงินสดที่ได้รับในช่วงหลังดังนั้นโครงการที่ให้ผลประโยชน์คืนเร็วในระยะเวลาอันสั้นก็น่าจะพิจารณามากกว่า เนื่องจากลดความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ในแง่ของเวลา เช่น นโยบายทางการเมือง สิ่งแวดล้อมเศรษฐกิจ เทคโนโลยีที่มีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

4.ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of Energy)การพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินและการลงทุนที่สำคัญอีกตัวชี้วัดหนึ่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยต่อการผลิตไฟฟ้าซึ่งวิเคราะห์จากต้นทุนการผลิตตลอดอายุโครงการ สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการที่ทำการผลิตไฟฟ้าแล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent annual costs, EAC) ซึ่งได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลา และการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้วและคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยโดยหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยสามารถใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าที่การไฟฟ้าภูมิภาครับซื้อ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และมีการวิเคราะห์ผลกรณีที่ปัจจัยด้านอัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

$$COE = \frac{CPV - TIC}{ExNx365} \qquad (2.11)$$

เมื่อ CPV คือ ต้นทุนการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์

N คือ อายุการใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อังสนา พจน์ศิริ (2559) การศึกษาการเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก พิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาระหว่างระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) และระบบโดดเดี่ยว (Off grid system)โดยศึกษาความคุ้มค่าทางด้านการเงินและทางด้านเศรษฐศาสตร์ในโกดังเก็บสินค้ากรณีศึกษาซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะคืนทุน(Payback period) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปีตามอายุของเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินด้วยอัตราดอกเบี้ย 6.75% พบว่าโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system)มีค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 1,694,317.16 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น 13%ระยะคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 7.23 ปี ส่วนกรณีระบบโดดเดี่ยว (Off grid system) พบว่าค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 324,704.04 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น -8% ระยะคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 8.05 ปี จึงสรุปได้ว่ากรณีระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On gridsystem) มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนถ้าเทียบกับระบบโดดเดี่ยว (Off grid system)

จุฬารัตน์ จำปีรัตน์(2558) ศึกษาสภาพทั่วไปของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) ณ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอนในกรณีระยะเวลาของโครงการ 26 ปี โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 25 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2557 ถึงพ.ศ. 2581 ผลการศึกษาพบว่า โครงการคุ้มค่าน่าลงทุน ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 9.303 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 260,637.15 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 13.93 ต่อปีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการที่มีการปรับแล้วเท่ากับร้อยละ 10.69 ต่อปี อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.25 อัตราส่วนระหว่างผลตอบแทนสุทธิต่อการลงทุนเท่ากับ 1.37 มีระยะเวลาคืนทุนของโครงการเท่ากับ 12 ปี ส่วนการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนของการลงทุนพบว่าผลตอบแทนของโครงการสามารถลดลงได้มากที่สุดร้อยละ 20.16 ต้นทุนเงินรวมสามารถเพิ่มขึ้นได้มากที่สุดร้อยละ 25.25 ต้นทุนการลงทุนของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้มากที่สุด ร้อยละ 36.95 ต้นทุนการดำเนินงานของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้มากที่สุดร้อยละ 79.76 แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุน ภายใต้ปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

วุฒิกรณ์ จันทะพันธ์ (2557)ศึกษาต้นทุนค่าใช้จ่าย และรายได้ของโครงการก่อสร้าง เพื่อวิเคราะห์ผลระยะเวลาคืนทุน วิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน(BCR) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ(IRR) และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ การดำเนินการศึกษาประกอบด้วยการเก็บข้อมูลเชิงพรรณนาและเชิงปริมาณ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการลงทุน โดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจแบบที่ไม่มีการปรับค่าของเวลาและแบบที่มีการปรับค่าของเวลา และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 8 ปี 3 เดือน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV)

มีค่าเท่ากับ 67,846,252.64 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน(BCR) มีค่าเท่ากับ 1.4799 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ(IRR) มีค่าเท่ากับ 9.19% ซึ่งมากกว่าอัตราคิดลดที่กำหนดไว้ 3% ผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากการลงทุน มากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป ดังนั้นโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยรวมข้าราชการและพนักงานของมหาวิทยาลัยฯ จึงคุ้มค่าต่อการลงทุน และถึงแม้ว่าต้นทุนรวมจะเพิ่มขึ้นหรือผลตอบแทนรวมจะลดลง 10% โครงการก็ยังคงดำเนินต่อไปได้ และยังคุ้มค่าต่อการลงทุน

สุพจน์ พราหมพยูง(2556)การศึกษาความคุ้มค่าและผลตอบแทนของโครงการติดตั้ง Solar Farm ขนาดกำลังการผลิต 1 MW 30MW และ 50MW เพื่อจำหน่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบสายส่งการของไฟฟ้า ซึ่งรับซื้อกระไฟฟ้าแบบ FIT (Feed In Tariff) ในอัตรา 5.66 บาท/kWh ในภูมิภาคต่างๆของประเทศโดยใช้หลักการต้นทุนและผลตอบแทน(Cost Benefit Analysis: CBA) ช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่าโครงการติดตั้ง Solar Farm ขนาดกำลังการผลิต 1 MW พื้นที่ อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี มีความเหมาะสม มีความคุ้มค่าและผลตอบแทนมากที่สุด

โดยผลการวิเคราะห์ทางด้านการเงินโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 8 พบว่า มีค่าผลรวมของผลตอบแทนสุทธิของโครงการที่ได้มีการปรับค่าเวลาของโครงการแล้ว(NPV)เท่ากับ 43,912,427 บาท อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน (B/C Ratio)เท่ากับ 1.6 อัตราผลตอบแทน(IRR)เท่ากับร้อยละ 8.4 มีค่ามากกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส ค่าระยะเวลาคืนทุน(BP)เท่ากับ 7.2 ปี และผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 10 พบว่ามีผลรวมของผลตอบแทนสุทธิของโครงการที่ได้มีการปรับค่าเวลาของโครงการแล้ว (NPV)เท่ากับ 30,240,541 บาท อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน(B/C Ratio) เท่ากับ 1.4 อัตราผลตอบแทน (EIRR)เท่ากับร้อยละ 5.9 มีค่าน้อยกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.7 ปี

การพิจารณาความอ่อนไหวของโครงการทางด้านการเงิน พบว่าเมื่อรายได้ของโครงการเปลี่ยนแปลงลดลงในปีที่ 3 ร้อยละ 26 และปีที่ 11 ลดลงร้อยละ 52 จากสถานการณ์ปกติทำให้ค่า NPV ลดลงเท่ากับ 13,310,574 บาท และ ค่า IRR ลดลงเท่ากับร้อยละ 3.4 และ เมื่อมูลค่าต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้นในแต่ละปีร้อยละ 6.2 จากสถานการณ์ปกติ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า NPV ลดลงมีค่าเท่ากับ 41,669,173 บาทค่า IRR ลดลงเท่ากับร้อยละ 8.1 ส่วนทางด้านเศรษฐกิจ พบว่าเมื่อรายได้ของโครงการเปลี่ยนแปลงลดลงในปีที่ 3 ร้อยละ 26 และปีที่ 11 ลดลงร้อยละ 52 จากสถานการณ์ปกติทำให้ค่า NPV ลดลงมีค่าเท่ากับ 5,165,594 บาท และ ค่า EIRR ลดลงเท่ากับร้อยละ1.3 และเมื่อมูลค่าต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้นในแต่ละปีร้อยละ 6.2 จากสถานการณ์ปกติส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า NPV ลดลงมีค่าเท่ากับ 29,976,572 บาท และค่า EIRR เท่ากับร้อยละ 5.9

ผลการศึกษาของการช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าโครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดอายุโครงการทางเศรษฐกิจแล้ว ได้จำนวน 22,581.53 tCO_2e คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1,354,892 บาท ถึงแม้ว่าผลการศึกษาจะให้ความคุ้มค่าและผลตอบแทนที่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎี แต่ก็ต้องแลกกับการสูญเสียการใช้ทรัพยากรณ์ เช่น การทำนาข้าว เป็นต้น การติดตั้ง Solar Cell ผลิตพลังงานไฟฟ้า บนพื้นที่ว่างบนหลังคาหรือดาดฟ้าของอาคารหรือบ้านพักอาศัย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่

ภาครัฐควรพิจารณาให้การสนับสนุนทางด้านการลงทุน และปรับปรุงข้อกำหนดต่างๆให้เป็นแรงจูงใจในการดำเนินโครงการ ทั้งในภาครัฐและเอกชน

รัตนา สังข์เจริญ(2559) ศึกษาข้อมูลระบบและศึกษาคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือนที่อยู่ห่างเขตจำหน่ายไฟฟ้า โดยจากกรณีศึกษาข้อมูลครัวเรือนมีผู้อยู่อาศัย 4 คน มีความต้องการใช้ไฟฟ้าวันละ 5,501 วัตต์ และได้ออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1.25 กิโลวัตต์ โดยติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ขนาด 250 วัตต์ จำนวน 5 แผง อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่พิกัด 24 โวลต์ ,60 แอมป์-ชั่วโมง อินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ และแบตเตอรี่ชนิด ดีฟไซเคิล (Deep Cycle) ขนาด 125 แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 6 ลูก ต่อแบบอนุกรม 2 ลูก จำนวน 3 ชุด

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี อัตราดอกเบี้ย 6.51% พบว่า การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีที่มีไฟฟ้าใช้อยู่แล้วจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) เป็น -119,908.88 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) เป็น - 9.6% และมีระยะเวลาคืนทุน 43.7 ปีจึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ถ้าเป็นกรณีที่จะต้องลงทุนขยายเขตไฟฟ้าพบว่าจะมีผลประหยัดจากการหลีกเลี่ยงการลงทนขอขยายเขตไฟฟ้าได้ทำให้มีค่า NPV เป็น 450,962.87 บาท มีระยะเวลาคืนทุนในทันที ซึ่งในกรณีนี้จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนดังนั้น ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีที่นำมาชดเชยค่าขยายเขตไฟฟ้าจึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยสามารถวิเคราะห์ค่าการลงทุนขยายเขตที่ยอมรับได้จากค่า NPV ในกรณีที่ไม่ต้องลงทุนขยายเขตไฟฟ้าได้