

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

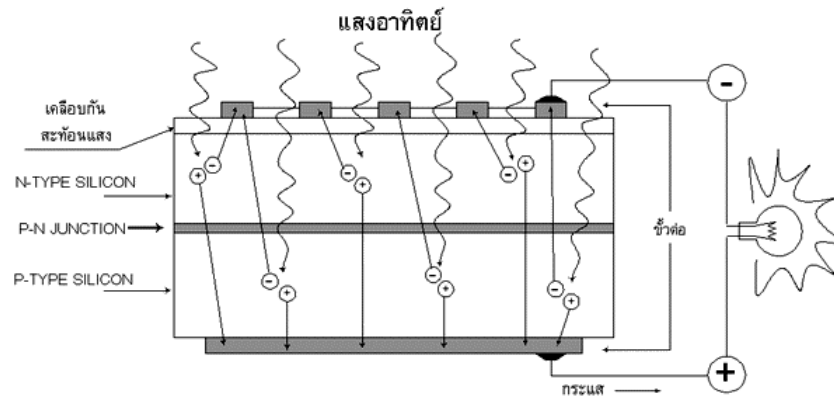
### คำนำ

บทที่ 2 จะกล่าวถึงเรื่องทฤษฎีที่จำเป็นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย และเทคนิคการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การใช้งานอินเวอร์เตอร์ ระบบสื่อสาร รวมทั้งเทคนิคการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม เพื่อให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ การต่อแบบขนานเพื่อให้ได้กระแสตามที่ต้องการ การคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อคำนวณราคาต่อหน่วยของพลังงานแสงอาทิตย์ จุดคุ้มทุนของโครงการฯ โดยผู้ที่ได้ศึกษาจะมีความรู้ความเข้าใจ ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนได้

### 2.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

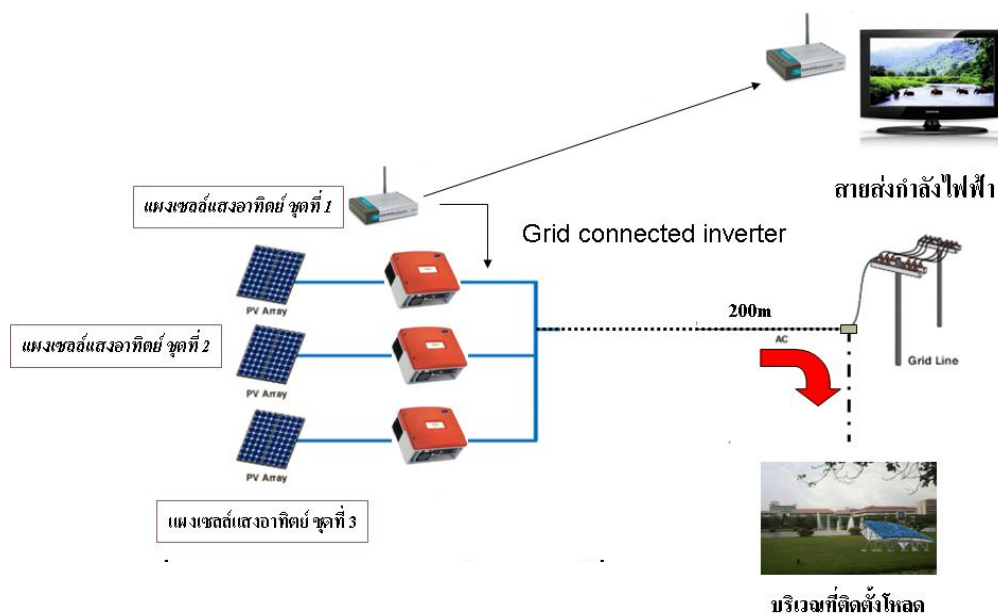
เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็น อุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุบนพื้นโลก นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบ ที่เรียกว่าโฟตอนจะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอมและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อ อิเล็กตรอน มีการเคลื่อนที่ครบวงจร ก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีองค์ประกอบหลักของ “เซลล์แสงอาทิตย์” คือ การนำสารกึ่งตัวนำ (Semi Conductors) 2 ชนิด มาต่อกัน ซึ่งเรียกว่า P-N Junction เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ ก็ถ่ายพลังงานให้อะตอมของสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดอิเล็กตรอนและโฮลอิสระ ไปรออยู่ที่ขั้วต่อดังนั้นเมื่อมีการเชื่อมกับวงจรภายนอก เช่น เอาหลอดไฟฟ้ามาต่อคร่อมที่ขั้วต่อของเซลล์ ก็จะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนและโฮล ที่ให้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงกับวงจรภายนอกได้ และจะให้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ตราบเท่าที่ยังมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที หรือนำไปกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้งานภายหลัง

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้า ผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับและทำการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า เข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าโดยตรง เรียกวิธีการต่อแบบนี้ว่า ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อการไฟฟ้า หรือเรียกว่า PV Grid Connected System



รูปที่ 2.1 หลักการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ [2]

หลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดด สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้า จะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับโดยตรงกับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า หรือบางที่เรียกว่า Grid Connected Inverter



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบโฟโตโวลตาอิกชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้า

## 2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีทฤษฎีที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม เช่น การพิจารณาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถใช้วงจรสมมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาพิจารณาได้ มีส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์และไดโอด อยู่ ซึ่งเมื่อไม่ได้ต่อโหลดไว้ทางด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำให้กระแสไหล ในส่วนของเซลล์โดยไหลผ่านไดโอด แต่เมื่อมีการต่อโหลดทางด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำให้กระแสไหลผ่านโหลด แต่จะเกิดความต้านทานขึ้นในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เรียกว่า ความต้านทานขนาน (Shunt Resister) ซึ่งจะขนานอยู่กับแรงดันทางด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์ อีกส่วนหนึ่งเราเรียกว่า ความต้านทานอนุกรม (Series Resister) ซึ่งจะอยู่ทางด้านออกของแรงดันไฟฟ้าทางด้านออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [ 2 ]

## 2.3 ความรู้เรื่องเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.3.1 ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

การพัฒนาแหล่งพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ เพื่อชดเชยการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า อาจกล่าวได้ว่าโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ เป็นโครงการที่เหมาะสมที่สุดโครงการหนึ่ง เพราะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ปราศจากมลภาวะเป็นพิษ มีแหล่งพลังงานอยู่ทั่วไปและไม่สิ้นสุด ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานขนาดมหึมา พลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นมีประมาณ  $3.8 \times 10^{23}$  กิโลวัตต์ แต่เนื่องจากระยะทางที่ห่างจากโลกมากถึง 93 ล้านไมล์ทำให้พลังงานที่ส่งมายังโลกลดน้อยลงพลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงโลกประมาณ  $1.8 \times 10^{14}$  กิโลวัตต์ ถูกดูดซับโดยบรรยากาศและพื้นโลกประมาณ  $1.25 \times 10^{14}$  กิโลวัตต์ ในขณะที่พลังงานที่มนุษย์ใช้รวมกันทั้งโลกประมาณ  $1 \times 10^{10}$  กิโลวัตต์ จะเห็นได้ว่าพลังงานที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์มีมากกว่าพลังงานมนุษย์ใช้รวมกันทั้งโลกประมาณ 10,000 เท่า [1]

สำหรับประเทศไทยพื้นที่เกือบทั้งหมด สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ เฉลี่ยประมาณ 4.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ดังนั้น ในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 33 เมกะวัตต์ หรือ 165,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อวัน ในปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศประมาณวันละ 250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ถ้าต้องการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดจำเป็นต้องใช้พื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 0.3 ของประเทศเท่านั้น [1]

ในอดีตการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาแพงมาก แต่เนื่องจากปัจจุบันราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงอย่างมาก และมีแนวโน้มว่าจะลดลงอีกเรื่อยๆ เพราะประชาชนโดยทั่วไปได้ตระหนักถึงสถานะแวดล้อมเป็นพิษ เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากซากพืช ซากสัตว์ ในการผลิต

พลังงาน จึงหันมาใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่น [3,4] ที่สำคัญแตกต่างจากวิธีอื่นหลายประการดังต่อไปนี้

- ก. ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะที่ใช้งานจึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง
- ข. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
- ค. ประสิทธิภาพคงที่ไม่ขึ้นกับขนาด
- ง. สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่าง ๆ ได้ง่าย ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก
- จ. ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ
- ฉ. เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด
- ช. ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็ก ๆ กลางทะเล บนยอดภูเขาสูงและในอวกาศ
- ซ. ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้สะดวกที่สุดเพราะ การส่งและการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงเสียง ความร้อน

### 2.3.2 สารกึ่งตัวนำกับไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

Photovoltaic (PV) หมายถึง ขบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยตรง วัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวคือ สารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำเมื่อนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ Solar Cell ได้แก่ ซิลิคอนที่มีรูปผลึก และ ไม่มีรูปผลึก (Crystalline และ Amorphous Silicon) แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide) แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide หรือ CIS) เป็นต้น

การค้นพบการตอบสนองทางไฟฟ้าเมื่อมีแสงตกกระทบบนวัสดุ ถูกค้นพบโดย นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Edmond Becquerel ในปี ค.ศ. 1839 เขาได้สังเกตเห็นว่าเมื่อมีแสงตกกระทบบน ด้านหนึ่งของ Electrochemical Cell แล้วจะมีการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ต่อจากนั้นได้มีการผลิต Selenium Photovoltaic Cell ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1883 ในปี ค.ศ. 1905 มีการพบว่าจำนวนระดับ พลังงานของอิเล็กตรอนของวัสดุที่มีความไวต่อแสงจะเปลี่ยนแปลงไป ตามความเข้มและความยาว คลื่นของแสงที่ตกกระทบบนวัสดุนั้น ๆ

### 2.3.3 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

รังสีของดวงอาทิตย์ประกอบอนุภาค ของพลังงานที่เรียกว่า “โฟตอน” (Photon) โฟตอนจะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน ในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์ จนอยู่ในสถานะ Excited State เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนแล้ว (Excited Electron) จะกระโดดออกมาจากอะตอมและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจร จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ขั้วไฟฟ้า (Electrode) ที่อิเล็กตรอนมารวมกัน และเคลื่อนที่ผ่านเรียกว่า “ขั้วลบ”

และขั้วที่อยู่ตรงข้ามจะเรียกว่า “ขั้วบวก” เมื่อขั้วทั้ง 2 ถูกต่อดัวยลวดไฟฟ้าก็จะทำให้มีแสงสว่างเกิดขึ้น สารกึ่งตัวนำถูกนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันคือ สารซิลิคอน สาเหตุเพราะมีราคาถูก และหาได้ง่ายในธรรมชาติ

#### 2.3.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์เซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมา การนำมาใช้งาน จะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules หรือ Solar Panel)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผง ก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอม ให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้น ที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้ง กลางฝน เป็นเวลานาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการ ป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีเวลาจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้น แผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 0.5 โวลต์ (DC) โดยไม่ขึ้นกับขนาดของเซลล์ ส่วนกระแสที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ เช่น เซลล์ที่มีพื้นที่ 4x4 ตารางนิ้ว จะให้กระแสประมาณ 3 แอมแปร์กำลังผลิตประมาณ 1.5 วัตต์ ในกรณีที่ต้องการให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น ทำได้โดยการต่อเซลล์กันแบบอนุกรม (ขั้วบวกต่อเข้ากับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่ง) แต่ถ้าการเพิ่มกระแสต้องต่อกันแบบขนาน (ขั้วบวกต่อกับขั้วบวกของอีกเซลล์หนึ่ง) เซลล์ภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีขั้วต่อที่เป็นขั้วบวกและขั้วลบต่อกับแบบอนุกรม แล้วต่อรวมออกมาจากแผงเซลล์ โดยทั่วไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขายในท้องตลาดจะมีแรงเคลื่อนสูงสุดประมาณ 21-22 โวลต์

##### 2.3.4.1 ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Array)

สิ่งหนึ่งที่ที่น่าสนใจของเซลล์แสงอาทิตย์ก็คือ กำลังผลิตที่สามารถเพิ่มโดยการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกันเป็นชุด หรือเป็นแถว (Array) ภายในชุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีหลักการต่อ 2 วิธีคือ ต้องการเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้องต่อแบบอนุกรม ต้องการเพิ่มกระแสให้ต่อแบบขนาน

##### 2.3.4.2 รวมจะมีผลอย่างไรต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ก็เหมือนกับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไป กล่าวคือชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงก่อนถูกแปลงให้เป็นกระแสสลับ 220 โวลต์ โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เครื่องแปลงกระแสจะต่อตรงเข้าระบบหลักของบ้าน ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์จึงสามารถใช้ได้ทันที แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งให้กับผู้ร่วมโครงการมีแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง 255 โวลต์ (ชนิดผลึกเดี่ยว), 240 โวลต์ (ชนิดอะมอร์ฟัส) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับเครื่องกระแสไฟฟ้าที่ใช้

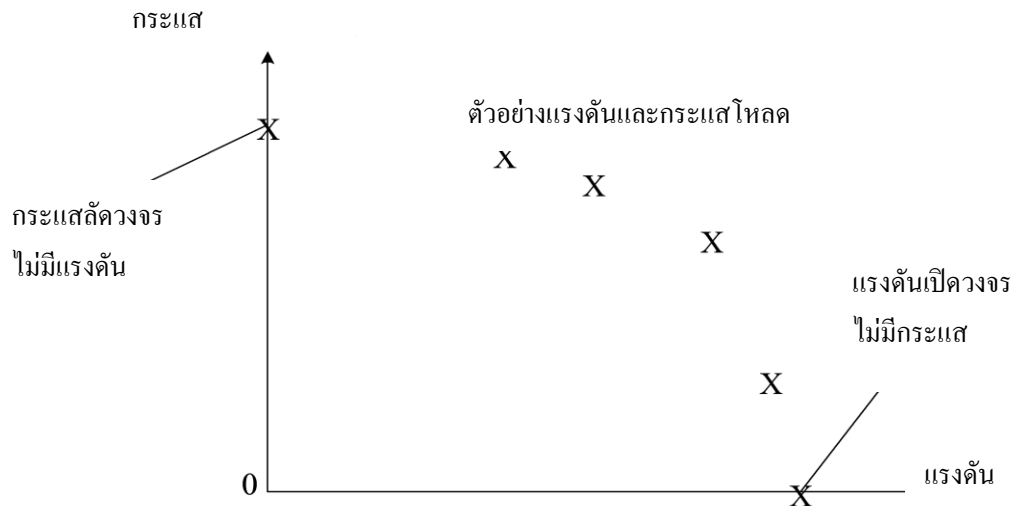
ในบางกรณีในสถานี ที่ไม่ต้องการใช้ไฟฟ้า มานักไฟฟ้าที่ผลิตได้ จะไม่ถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ยังคงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนต่ำ เพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความเหมาะสม พลังงานที่ผลิตได้จะเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะถูกออกแบบให้สามารถประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้โดยตรง ถึงแม้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละแผงประมาณ 21 – 22 โวลต์ แต่เมื่อใช้งานจริงแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะลดลงเหลือ 16 – 17 โวลต์ เท่านั้น ซึ่งเท่ากับกระแสที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ทั่วไป ดังนั้นเมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ชาร์จแบตเตอรี่จึงไม่จำเป็นต้องนำแผงมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่อย่างใด

แผงเซลล์แสงอาทิตย์หากถูกบดบังจากร่มเงา แม้จะเป็นพื้นที่เพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่ก็ส่งผลต่อพลังงานที่ผลิตอย่างมาก การต่อแบบอนุกรมของตัวเซลล์ภายในแผงนั้น หมายถึงการที่เซลล์แต่ละเซลล์ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ แต่เมื่อเซลล์ ๑ หนึ่งถูกบดบังไม่เพียงเซลล์นั้น ๑ จะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แล้ว แต่ยังเป็นอุปสรรคต่อการไหลผ่านของไฟฟ้าในวงจรอีกด้วย (ในขบวนการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เห็นได้ว่าโฟตอน จะทำให้เกิดการพาประจุใน PN Junction ดังนั้นประจุจะไม่สามารถไหลผ่าน PN Junction ได้โดยปราศจากโฟตอน) ดังนั้น การถูกบดบังแม้จะเป็นเซลล์เพียงเซลล์เดียวก็ตาม แต่ก็มีผลเหมือนกับการถูกบดบังทั้งแผงเซลล์เลยทีเดียว ซึ่งผลกระทบนี้สามารถลดได้ถ้ามีการต่อระบบแบบขนาน

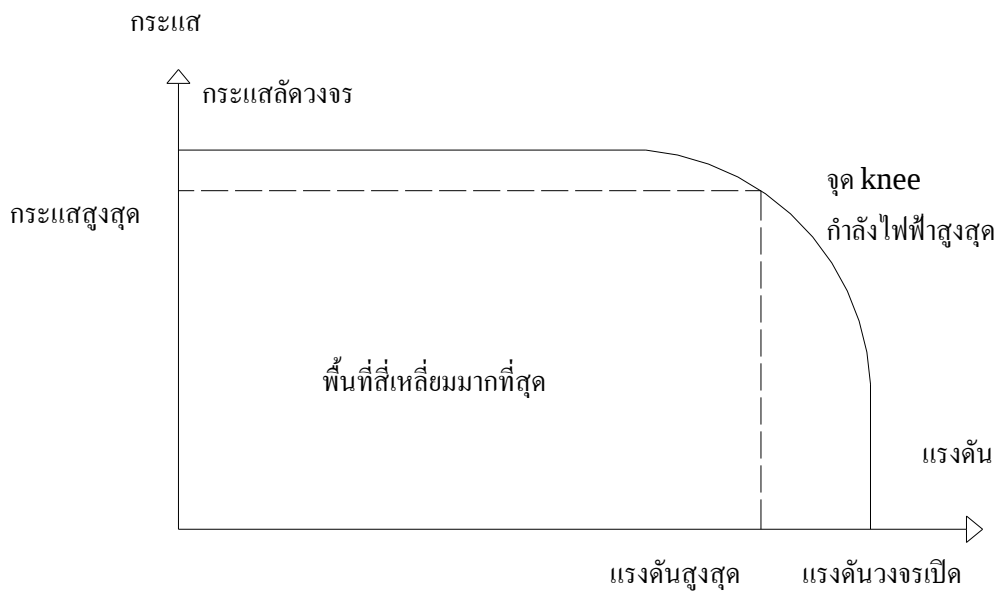
#### 2.3.4.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแสดงได้โดยใช้ I-V Curve ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับใช้ตรวจสอบกำลังผลิตสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ I หมายถึงกระแสไฟฟ้า ซึ่งแทนด้วยเส้นกราฟในแกน Y และ V หมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้า แทนด้วยเส้นกราฟในแกน X

I-V Curve มาตรฐานที่ใช้สำหรับหาลำดับกำลังผลิตสูงสุด หรือ Wp (Peak Watts) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ได้มาจากการทดสอบในสภาวะมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้แสงส่องสว่างมาตรฐาน (Solar Simulator) ที่อุณหภูมิของเซลล์คงที่ 25 องศาเซลเซียส



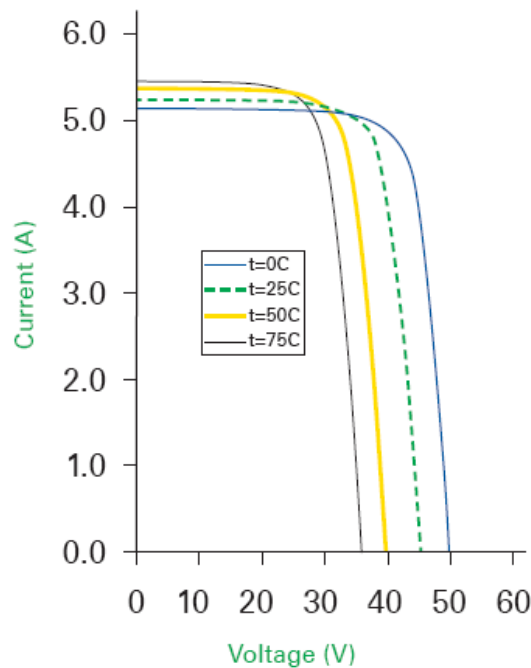
รูปที่ 2.3 การทดสอบเพื่อทำ IV-Curve



รูปที่ 2.4 ผลการทำ I-V Curve เพื่อหา  $P_{max}$

ในการสร้าง I-V Curve สิ่งแรกที่ต้องวัดก็คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V) ที่ไม่มีการต่อโหลด เราเรียกว่า แรงดันวงจรเปิด (Open Circuit Voltage) จะให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าในแกน X(V) เพราะไม่มีกระแสไหลผ่าน (รูปที่ 2.6) เมื่อต่อโหลดที่มีค่าต่าง ๆ กัน ค่าของกระแสและแรงเคลื่อน จะถูกบันทึกเก็บไว้ เมื่อต่อจุดทุกจุดเข้าด้วยกันจะเกิดเป็น I-V curve ภายใต้สภาวะของ Irradiance และอุณหภูมิต่าง ๆ กัน สิ่งที่น่าสนใจที่สุดก็คือกำลังงานสูงสุด (Maximum Power) ที่ได้ในแต่ละภายใต้สภาวะนั้นๆ ในทางไฟฟ้ากำลังงานที่ได้มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ซึ่งเกิดจากแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้า

สำหรับกำลังงานสูงสุดจะถูกแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่มากที่สุดภายใต้เส้น I-V curve โดยจุดสัมผัสที่อยู่บนเส้น Curve เรียกว่า Knee ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์สูงสุด ( $W_p$ ) หรือ Peak Watt ค่านี้จะถูกระบุไว้ในข้อกำหนด (Specification) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 2.5 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงโดยใช้ I – V Curve [10]

#### 2.3.4.4 ข้อกำหนดของกำลังผลิตสูงสุด (The Peak Power Specification)

$W_p$  หมายถึงกำลังผลิตสูงสุด (Peak Watt) ที่ใช้วัดกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์ภายใต้สภาวะมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) กำลังผลิตสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่บริษัทผู้ผลิตแสดงไว้ที่แผงนั้น ได้จาก I-V Curve ที่ทดสอบในสภาวะมาตรฐาน โดยกำหนดความเข้มของแสงตกกระทบที่  $1,000 \text{ W/m}^2$  ณ อุณหภูมิของเซลล์  $25^\circ\text{C}$  องศาเซลเซียส

กำลังผลิตสูงสุดของระบบจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิของแผงเซลล์เป็นสำคัญ ในการใช้งานเพื่อให้เกิดกำลังงานสูงสุด (Maximum Power) จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่อพ่วงกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เรียกว่า Maximum Power Point Tracking (MPPT) คือเป็นตัวที่กำหนดจุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์หรือชุดแผงเซลล์ที่จุดให้กำลังสูงสุดจาก I-V Curve ซึ่งชุด MPPT นี้สามารถใช้งานได้โดยตรงกับปั๊มน้ำ ประจุแบตเตอรี่ และเครื่องแปลงกระแส (Inverter) ซึ่งเครื่องแปลงกระแสที่ออกแบบอย่างดีจะมีอุปกรณ์ MPPT อยู่ในเครื่องแล้ว

## 2.4 สมรรถนะของระบบ

ปริมาณของพลังงานที่ผลิตได้ใน 1 วันจากเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับสถานะอากาศ, ฤดูกาล เพื่อที่จะตัดปัญหาความยุ่งยากต่างๆ ในการคำนวณหาสมรรถนะของระบบนั้นควรใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตในเวลา 1 ปี ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือ หน่วย (Unit) ซึ่งเหมือนกับ การวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป ผลผลิตที่ได้ในรอบปีขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบดังนี้

### 2.4.1 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Insolation)

ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในรอบปี (Annual Insolation) จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ มุมเอียงของแผง และทิศทางที่ เบี่ยงเบนไปจากทิศใต้ ถึงแม้ว่าจำนวนชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ส่องสว่างมายังพื้นโลก จะสามารถหาได้ โดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา แต่ข้อมูลนี้ ไม่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เพราะว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับอัตรา การตกกระทบบนของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งที่เป็นรังสีตรงและรังสีกระจาย (Global Irradiance) ณ ช่วงเวลา ใดเวลาหนึ่ง (Insolation) โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร ( $\text{kWh/m}^2$ ) ข้อสังเกต อัตรา การตกกระทบบนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ถือว่าเป็นมาตรฐาน ที่ใช้สำหรับเป็นตัวกำหนดกำลังงานสูงสุด นั้นมีค่าเท่ากับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร หรือ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในทางกลับกันเราอาจจะ กล่าวถึงพลังงานที่ตกกระทบบนพื้นผิวในแต่ละวัน ในรูปของจำนวนชั่วโมงต่อการได้รับกำลังงานสูงสุด คงที่ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (Peak-Hours Per Day) ซึ่งเท่ากับจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตาราง เมตรต่อวัน ( $\text{kWh/m}^2$  Per Day)

### 2.4.2 อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะทำงาน

อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะทำงานเป็นตัวแปรตัวหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบต่อกำลัง ผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเซลล์จะลดลงร้อยละ 0.5 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา

### 2.4.3 ความลาดเอียงของแผง

ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องติดตั้งให้มีความเอียงเพียงพอ เพื่อที่จะให้ได้รับ แสงแดดมากที่สุด และอีกประการหนึ่งเพื่อให้เกิดการระบายน้ำฝนได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการชำระล้างสิ่งสกปรกที่ติดค้างอยู่บนแผงเซลล์ การเลือกมุมความลาดเอียงและทิศทางของแผงที่ เหมาะสม นั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสถานที่ว่าตั้งอยู่เส้นรุ้งเท่าไร สำหรับประเทศไทยค่าที่ดีที่สุดคือ 15 องศา โดยมีทิศทางหันหน้าไปทางทิศใต้ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปติดบนหลังคาบ้าน มุมเอียงของแผงโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 15 – 45 องศา หรือขึ้นกับความลาดเอียงของหลังคาบ้านเป็น สำคัญ

อีกวิธีหนึ่งที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดก็คือ การปรับแสงให้  
เอียงตามการโคจรของดวงอาทิตย์ (Tracking) แต่วิธีนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นในทางปฏิบัติ  
จึงติดตั้งแสงให้มีความลาดเอียงที่ค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น

## 2.5 ประสิทธิภาพของระบบ (Electrical Conversion Efficiency)

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ต่อเชื่อม และ  
เครื่องแปลงกระแส ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ดังกล่าว พลังงาน  
ที่ผลิตได้ใน 1 ปี (Annual Specific Yield) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบและวัด  
สมรรถนะของระบบ ซึ่งคำนวณได้จากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (Total Electric Output) หาร  
ด้วย กำลังผลิตสูงสุดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Peak Power of Array) จากข้อกำหนดดังกล่าวเรา  
สามารถนำไปคำนวณค่าต่าง ๆ ข้อมูลเฉลี่ยของประเทศไทยจากการรวบรวมเก็บข้อมูลโดย การไฟฟ้า  
ฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แสดงว่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในรอบปีมี  
ค่าประมาณ 1,200 – 1,400 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์สูงสุดต่อปี (ข้อมูลนี้ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์  
รุ่นเก่า) เซลล์แสงอาทิตย์รุ่นใหม่ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า คาดว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ประมาณ  
1,300 – 1,600 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์สูงสุดต่อปี

### 2.5.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์ก็เป็นอีกอุปกรณ์หนึ่งที่มีความแตกต่าง ด้านราคา สูงมากเช่น อินเวอร์เตอร์  
ขนาด 500 วัตต์เท่ากัน จะมีราคาแตกต่างกันมาก เช่น ชนิดคุณภาพไม่ดีอาจมีราคาเพียงตัวละ 3 – 4 พัน  
บาทแต่ชนิดคุณภาพดีอาจมีราคา ระหว่าง 2 – 3 หมื่นบาท ข้อแตกต่างระหว่างชนิดคุณภาพดี กับคุณภาพไม่ดี  
อยู่ที่ว่า ชนิดคุณภาพไม่ดีขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานจะต่ำมาก อาจจะไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เช่น  
อินเวอร์เตอร์ขนาด 500 วัตต์ชนิดคุณภาพไม่ดี อาจจะใช้ไฟได้ไม่ถึง 250 วัตต์ โดยที่กินกระแสไฟ  
เท่ากับ 500 วัตต์ เพราะฉะนั้น เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 500 วัตต์ในระบบ และผ่าน  
อินเวอร์เตอร์คุณภาพต่ำ ไฟที่ได้ออกมาจะเหลือไม่ถึงครึ่ง ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถใช้ไฟตามที่ต้องการ  
ได้ ส่วนอินเวอร์เตอร์ที่มีคุณภาพดี จะมีประสิทธิภาพการทำงานสูง คืออาจจะสูงถึง 90–95 เปอร์เซ็นต์  
ทำให้ไฟที่ออกมาจากอินเวอร์เตอร์ใกล้เคียงกับปริมาณที่ต้องการ ข้อแตกต่างที่สำคัญอีกข้อหนึ่ง คือ  
อินเวอร์เตอร์คุณภาพดีจะมีความสามารถในการรับแรงกระชากในกรณีที่อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นประเภท  
มอเตอร์ที่กินกระแสสูงเวลาเปิด เช่น อินเวอร์เตอร์คุณภาพดีขนาด 500 วัตต์ จะสามารถรับ  
แรงกระชากได้ถึง 2 – 3 เท่าตัว (ในช่วงเวลาสั้น ๆ) ซึ่งก็เพียงพอต่อการเปิดใช้อุปกรณ์ประเภทมอเตอร์  
ที่กินกระแสสูงเวลาเปิดใช้ เช่น ปั๊มน้ำขนาด 150 วัตต์ ซึ่งต้องการแรงกระชาก 1,000 วัตต์ ถ้าใช้  
อินเวอร์เตอร์คุณภาพดี ขนาด 500 วัตต์จะสามารถใช้ได้ แต่ถ้าเป็นอินเวอร์เตอร์คุณภาพไม่ดี ไม่  
สามารถใช้ได้เลย อีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ที่มีคุณภาพดี คือ

ความคงทนของหลอดไฟ โดยเฉพาะอินเวอร์เตอร์ขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ในชุดไฟ เช่น ชุดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 20 วัตต์ ถ้าอินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นแบบคุณภาพไม่ดี แม้ว่าจะมีราคาถูกตัวละไม่กี่สิบบาท แต่ผลเสียที่เกิดขึ้นคือ หลอดไฟจะเสียบ่อยและต้องเปลี่ยนบ่อยมาก ซึ่งเมื่อคิดถึงค่าใช้จ่ายด้านหลอดไฟที่ต้องเปลี่ยนบ่อยแล้ว จะไม่คุ้มกับการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านอินเวอร์เตอร์

### 2.5.2 อุปกรณ์ควบคุมการประจุ (Regulator)

อุปกรณ์ควบคุมการประจุ (Regulator) เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีราคาแตกต่างกันมาก ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ อุปกรณ์ควบคุมที่สามารถควบคุมการประจุหรือชาร์จได้แน่นอน มีระบบที่ควบคุมให้การประจุหรือชาร์จเร็วเมื่อแบตเตอรี่ไม่มีไฟหรือไฟอ่อน (Boost Charge) และตัดการประจุหรือการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่เต็มหรือแรงดันแบตเตอรี่สูงจนถึงระดับที่ตั้งเอาไว้ จากนั้นก็จะควบคุมรักษาระดับการประจุหรือชาร์จให้แรงดันของแบตเตอรี่อยู่คงที่ (Float Charge) ในจุดที่ตั้งเอาไว้ อีกทั้งยังมีการควบคุมอุณหภูมิของแบตเตอรี่ (Temperature Compensation) เพื่อให้แน่ใจว่าแบตเตอรี่เต็มจริงก่อนที่ระบบจะทำการตัดประจุ ซึ่งในอุปกรณ์ควบคุมที่ไม่มีตัวควบคุมอุณหภูมินี้ จะทำการตัดการประจุหรือการชาร์จ เมื่อแรงดัน (โวลต์) ของแบตเตอรี่ขึ้นสูง ซึ่งบ่อยครั้งแรงดันของแบตเตอรี่ขึ้นสูงไม่ใช่เนื่องจากแบตเตอรี่เต็ม แต่เนื่องจากอุณหภูมิของแบตเตอรี่สูง เพราะอากาศร้อนทำให้การประจุหรือชาร์จแบตเตอรี่ไม่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด อุปกรณ์ควบคุมบางชนิดยังมีความสามารถพิเศษสามารถต่อเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ ตามที่ต้องการได้ ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทุกอย่าง ย่อมมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์ควบคุมการประจุธรรมดา ที่ไม่มีระบบดังกล่าวมาก เพราะฉะนั้นแม้ราคาจะแตกต่างกันมาก แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติแล้ว จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันมากเช่นกัน ขึ้นอยู่กับผู้ใช้แต่ละท่านว่าต้องการคุณสมบัติเช่นไร

สำหรับการต่ออุปกรณ์ตัวควบคุมการประจุเข้ากับระบบนั้น จะต้องทำการต่อสายจากแบตเตอรี่เข้าอุปกรณ์ควบคุมการประจุก่อนเสมอ แล้ว จึงต่อสายจากแผงแสงอาทิตย์เข้า เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ควบคุมการประจุนั้นที่ไม่มีตัวป้องกันไปเกินอาจเสียหายได้ เนื่องจากแรงดันหรือโวลต์จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบ 12 โวลต์นั้น จะสูงถึงประมาณ 21 โวลต์ ในขณะที่ยังไม่ต่อไปใช้งาน หรือ ยังไม่ต่อกับแบตเตอรี่ ซึ่งแรงดันสูงขนาดนี้ จะทำให้อุปกรณ์ควบคุมการประจุเสียหายได้ เพราะอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน ส่วนมากจะทนแรงดันได้เพียง 15 โวลต์เท่านั้น ในการถอดสายไฟออกจากตัวแบตเตอรี่เพื่อเปลี่ยนหรือทำความสะอาดแบตเตอรี่ก็เช่นกัน จะต้องถอดสายที่มาจากแผงแสงอาทิตย์ออกก่อนเสมอ แล้วจึงค่อยถอดสายที่มาจากแบตเตอรี่ ถ้าจะให้ง่ายต่อการทำงาน ในการติดตั้งตัวอุปกรณ์ควบคุมการประจุนี้ควรติดตั้งสวิทช์เบรกเกอร์ดีไว้ก่อน เวลาจะถอดแบตเตอรี่ก็ปิดสวิทช์เบรกเกอร์ก่อน เพื่อทำความสะอาด หรือทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่เสร็จแล้ว และต่อสายแบตเตอรี่เข้าตัวควบคุมการประจุแล้วจึงค่อยเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการประจุนี้ ในบางกรณีอาจจะไม่ต้องใช้ก็ได้ เนื่องจากสาเหตุที่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมการประจุก็เนื่องมาจากกลัวว่า

แบตเตอรี่ จะได้รับการประจุเกินทำให้เสียได้ เพราะฉะนั้นในบางระบบที่ไม่ได้ใช้แบตเตอรี่ในระบบเลข ตัวควบคุมนี้ก็ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ หรือแม้แต่ในระบบที่มีแบตเตอรี่อยู่ร่วมในระบบ ถ้าหากผู้ใช้นั้นใจว่ามีการใช้ไฟอย่างสม่ำเสมอ เช่น ใช้ในเวลากลางวันบ้าง หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการประจุในแต่ละวัน ทำการประจุได้พอดีกับการใช้ไฟในแต่ละวัน โอกาสที่จะเกิดกรณีแบตเตอรี่เสียเนื่องจากประจุไฟเกินมีน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้แผงแสงอาทิตย์เพียงไม่กี่แผง ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้น้อย และแบตเตอรี่ที่ใช้ก็มีขนาดใหญ่ เพราะโดยความเป็นจริงแล้ว แสงอาทิตย์ที่มีในเวลากลางวันไม่ได้มีอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา ถูกเมฆบังบ้าง อุณหภูมิสูงบ้าง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้กระแสไฟหรือแรงดันของแผงลดลงทั้งสิ้น ทำให้โอกาสที่จะเกิดปัญหาแบตเตอรี่เสียเนื่องจากการประจุเกินมีน้อยมาก แต่ถ้าเป็นการใช้ในระบบใหญ่ หลาย ๆ แผง นั้นแหละที่ควรจะมีไว้ใช้ เพราะกระแสที่ได้จากแผงค่อนข้างสูง ข้อที่ควรระวัง ถ้าหากไม่ใช่ตัวควบคุมการประจุคือ กรณีที่มีการใช้ไฟจนแบตเตอรี่มีไฟต่ำเกินไป เพราะถ้ามีตัวควบคุมการประจุ ตัวควบคุมการประจุจะทำหน้าที่อีกประการหนึ่งคือ ตัดการใช้ไฟเมื่อแบตเตอรี่อ่อนเกินไป แต่ถ้าผู้มีความระมัดระวังการใช้ไฟ ก็อาจจะใช้วิธีติดมิเตอร์วัดแรงดัน หรือโวลต์แทน เมื่อมิเตอร์แสดงให้เห็นว่าแรงดันหรือโวลต์ของแบตเตอรี่ตกลงมากเกินไป เช่น แรงดันแบตเตอรี่เหลือ 10.8V ในระบบ 12V ก็ให้หยุดการใช้ไฟ ซึ่งถ้าหากทำได้ ก็จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของตัวอุปกรณ์ควบคุมการประจุลงไป เพราะถ้าจะใช้อุปกรณ์ควบคุมการประจุที่มีคุณภาพดี ก็จะมีราคาสูงมาก แต่ถ้าใช้ชนิดคุณภาพไม่ดีก็จะทำการตัดการประจุทั้ง ๆ ที่แบตเตอรี่ยังไม่เต็ม อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น และจากประสบการณ์ที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะพบว่าปัญหาแบตเตอรี่เสียเนื่องจากการมีการประจุเกิน ในการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบเล็ก ไม่กี่แผงนั้น แทบจะกล่าวได้ว่า ไม่เคยปรากฏเลยก็ว่าได้ แต่ปัญหาที่พบมากคือใช้ไฟเกินกำลังของแบตเตอรี่มากกว่า ซึ่งถ้าผู้ใช้ใช้วิธีติดมิเตอร์เพื่อควบคุมการใช้ไฟให้ดีแล้ว ปัญหานี้ก็จะสามารถแก้ไขได้

### 2.5.3 โครงสร้างรองรับแผงแสงอาทิตย์

โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ละชนิดก็มีราคาแตกต่างกันตามคุณภาพ เช่น โครงสร้างที่ใช้เหล็กชุบสังกะสี (Galvanize) กับโครงสร้างเหล็กที่ทาสีกันสนิม จะมีราคาแตกต่างกันมาก แต่ก็มีความคงทนในการใช้งานต่างกันเช่นกัน อีกประการหนึ่งคือ ขนาดเหล็กที่ใช้ทำโครงสร้าง ความกว้าง ความหนา เหล็กเต็มหรือไม่เต็ม มี มอก. หรือไม่ สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีผลทำให้ค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างแตกต่างกันทั้งสิ้น ผู้ใช้จะต้องพิจารณาถึงข้อแตกต่างเหล่านี้ด้วย

#### ลักษณะของโครงสร้างรองรับแผง

โครงสร้างรองรับแผงโดยปกติจะออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ที่จะทำการติดตั้ง ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณาว่าพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งดังกล่าว เป็นพื้นที่ราบลุ่มที่น้ำท่วมถึงหรือไม่ เพื่อจะได้กำหนดความสูงของฐานรองรับแผง แต่ในกรณีที่พื้นที่ราบลุ่มมาก ๆ ก็ควรหลีกเลี่ยง

เนื่องจากแม้จะสามารถออกแบบให้โครงสร้างรองรับแรงสูงขึ้น แต่ก็ก็จะก่อให้เกิดปัญหาในการทำ ความสะอาดแผงในภายหลัง สำหรับวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างนั้น ก็มีหลายชนิด เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ไม้ เนื้อแข็ง ในส่วนที่ว่าโครงสร้างชนิดใดจะเหมาะสมก็ขึ้นอยู่กับจำนวนแผงของระบบ และอีกประการ หนึ่งที่มีมักจะพบปัญหาลด ๆ คือ การขนส่งในบางพื้นที่จะพบว่าโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ ๆ หรือ เสาปูนขนาดใหญ่ แม้ว่าจะมีความแข็งแรงคงทน แต่ก็มีปัญหาว่าไม่สามารถขนส่งเข้าพื้นที่หรือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงมาก ก่อนการออกแบบโครงสร้าง จึงต้องศึกษาความเหมาะสม

## 2.6 การนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งาน

ปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานกันหลายระบบ ซึ่งรายละเอียดจะได้ กล่าวต่อไปในบทความด้วยเรื่องของระบบต่าง ๆ ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึง ลักษณะการติดตั้ง การต่อสายไฟ การเลือกใช้นาขนาดของสายไฟ และอุปกรณ์ที่จะใช้ร่วมกับแผง แสงอาทิตย์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงสุด

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีส่วนสำคัญที่จะทำให้ การผลิตไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ มี ประสิทธิภาพสูงสุด การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างถูกต้อง จึงเป็นขั้นตอนแรกๆ ที่ผู้ที่จะต้อง คำนึงและพิถีพิถัน มิฉะนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอาจจะใช้ประโยชน์ได้น้อยหรือไม่ได้ตามที่ ต้องการ สิ่งที่ต้องคำนึงในเรื่องการติดตั้งมีดังต่อไปนี้

### 2.6.1 การเลือกสถานที่ติดตั้ง

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องคำนึงถึงสถานที่ตั้งของ แต่ละพื้นที่เป็นหลัก ประเทศต่าง ๆ ในส่วนต่าง ๆ ของโลก จึงมีลักษณะของการหันทิศทางและการยก มุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่ที่ประเทศนั้น ๆ ตั้งอยู่ ส่วนไหนของพื้นโลก และ ทำมุมกับดวงอาทิตย์เท่าไร สำหรับในประเทศไทย ซึ่งที่ตั้งของประเทศอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ประมาณ 7 ถึง 20 องศาเหนือ เพราะฉะนั้นในทางทฤษฎีแล้วมุมยกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงควรอยู่ระหว่าง 7 ถึง 20 องศา แต่เนื่องจากการยกมุมแผงน้อยเกินไป แม้จะถูกหลักทางทฤษฎี แต่เนื่องจากการยกมุม แผงน้อยเกินไปจะทำให้ฝนไม่สามารถชะล้าง หรือทำความสะอาดฝุ่นละอองหรือใบไม้ที่ติดบนแผง ได้ อันจะทำให้การทำงานของแผงมีประสิทธิภาพน้อยลง หรือต้องทำความสะอาดแผงเซลล์ แสงอาทิตย์บ่อยเกินไป ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลเสียดังกล่าวแล้ว การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใน ประเทศไทย จึงควรทำการติดตั้งให้แผงทำมุมประมาณ 15 องศาเป็นอย่างน้อย และสูงสุดไม่ควรเกิน 20 องศา ทั้งนี้เพื่อจะได้อาศัยฝนจากธรรมชาติช่วยทำความสะอาดเซลล์แผงแสงอาทิตย์ได้อย่างมี ประสิทธิภาพ จะได้ไม่ต้องคอยล้างแผงบ่อยนัก ในส่วนของการหันทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องติดตั้งโดยหันแผงด้านหน้าหรือด้านรับ แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ สถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงควรเลือกสถานที่ที่

สามารถติดตั้งแผงด้านที่จะรับแสงอาทิตย์ไปในทิศเหนือ-ใต้ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ต้องแน่ใจว่าสถานที่ติดตั้งนั้นจะต้องไม่มีเงาไม้ หรือเงาอาคารสิ่งปลูกสร้างมาบังในระหว่างวัน

### 2.6.2 การต่อสายไฟหลังแผงของเซลล์แสงอาทิตย์

การต่อสายไฟหลังแผงก็มีส่วนสำคัญที่จะทำให้ระบบที่ติดตั้งสามารถทำงานได้บ่อยครั้งที่พบว่าระบบที่ติดตั้งไม่ทำงาน อันเนื่องมาจากสายไฟที่ต่อหลวม หรือใช้ขนาดสายไฟไม่เหมาะสม สำหรับการต่อสายไฟ และการเลือกใช้ขนาดของสายไฟ จะมีรายละเอียดให้พิจารณาและปฏิบัติดังต่อไปนี้

#### ก. การเลือกขนาดของสายไฟ

การเลือกขนาดของสายไฟนับได้ว่าเป็นขั้นตอนแรกที่ใช้ต้องพิจารณา เนื่องจากขนาดสายไฟที่ไม่ถูกต้องจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายไฟให้ได้ตามที่ต้องการได้ เนื่องจากว่าระบบ DC หรือไฟกระแสตรงนั้น แรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีส่วนสัมพันธ์กับขนาดของสายไฟ และระยะความยาวของสายไฟที่ใช้ ขนาดของสายไฟยิ่งเล็ก ก็ยิ่งทำให้แรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูญเสียไปในสายไฟมากยิ่งขึ้น ตารางต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของสายไฟ กับแรงดันที่เปลี่ยนไปดังต่อไปนี้

#### ข. การต่อสายไฟหลังแผง

เมื่อได้เลือกขนาดของสายไฟที่จะใช้ในระบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการนำสายไฟที่ได้เลือกขนาดเอาไว้แล้วไปต่อกับแผงแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ ซึ่งโดยทั่วไปแผงแสงอาทิตย์จะมีกล่องชุมสายหลังแผงซึ่งเตรียมเอาไว้สำหรับการต่อสายไฟ ข้อควรระวังคือ ควรจะต่อสายไฟที่กล่องชุมสายหลังแผงก่อนที่จะนำแผงไปติดตั้งกับโครงสร้าง เนื่องจากบางครั้งเมื่อนำแผงไปติดกับโครงสร้างแล้ว จะไม่สามารถเปิดฝากล่องชุมสายได้ เช่น กรณีที่ติดตั้งบนหลังคา หรือในกรณีที่ลานของโครงสร้างที่เตรียมเอาไว้เกิดไปตรงกับกล่องชุมสายทำให้เปิดฝาไม่ได้ ในกล่องชุมสายหลังแผงจะมีสัญลักษณ์ + และ - เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่า ขั้วไหนเป็นขั้วบวก ขั้วไหนเป็นขั้วลบ ซึ่งผู้ใช้ต้องระมัดระวังอย่าให้เกิดการสลับขั้วเป็นอันขาด เพราะจะทำให้แผงแสงอาทิตย์หรืออุปกรณ์ควบคุม หรืออุปกรณ์ร่วมอื่น ๆ เสียหายได้ วิธีการอย่างหนึ่งที่จะช่วยไม่ให้สับสนคือ การเลือกใช้สีของสายไฟให้ถูกต้อง เช่น สายสีแดง สำหรับต่อขั้วบวก และสายสีดำสำหรับต่อขั้วลบ

## 2.7 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย [1]

ประเทศไทยได้เริ่มมีการใช้งานจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อปี พ.ศ. 2519 โดยหน่วยงานกระทรวงสาธารณสุข และมูลนิธิแพथ้อาสาฯ มีจำนวนประมาณ 300 แผง แต่ละแผงมีขนาด 15/30 วัตต์ และนับเป็นครั้งแรกที่ได้มีนโยบายและแผน ระดับชาติด้าน เซลล์แสงอาทิตย์ บรรจุลงใน แผนพัฒนาฯ

ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ติดตั้ง ใช้งาน อย่าง จริงจัง ในปลายปี ของ แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) โดยมี กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กรมโยธาธิการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เป็นหน่วยงานหลัก ในการนำเซลล์ แสงอาทิตย์ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้งานในด้านแสงสว่าง ระบบโทรคมนาคม และเครื่องสูบน้ำ

ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้งานในประเทศไทยจนถึงปี พ.ศ. 2540 มีหน่วยงาน ต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 3,734 กิโลวัตต์ ลักษณะ การใช้งาน จะเป็นการติดตั้งใช้งานใน พื้นที่ที่ห่างไกล เป็นสถานีเดิม ประจุแบตเตอรี่ 39% ระบบสื่อสารหรือสถานีทวนสัญญาณ ของ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย 28% ระบบสูบน้ำด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ 22% ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล 5% และ สัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งใน โรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และ ไฟสัญญาณไฟกระพริบ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 เพื่อใช้งานในกิจการต่างๆ ของ กฟผ. ปัจจุบันติดตั้งใช้งานไปแล้ว ประมาณ 70 กิโลวัตต์ โดย กฟผ. ได้ทำการสาธิตการผลิตไฟฟ้า โดยใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังน้ำ พลังงานลม แล้วส่งพลังงานที่ผลิตได้เข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าภูมิภาคต่อไป กฟผ. ยังได้สาธิต การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ในระบบ บ้านแสงอาทิตย์ เป็นหลังแรกของ ประเทศไทย ตั้งอยู่ในบริเวณ สถานีพลังงาน แสงอาทิตย์สันกำแพง หมู่บ้านสหกรณ์ 2 อ. สันกำแพง จ.เชียงใหม่ โดยทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 44 แผง รวมกำลังการผลิต 2.5 กิโลวัตต์

## 2.8 การวิเคราะห์ราคาตลอดอายุการใช้งาน(Life Cycle Cost) [1]

การนำเอาหลักทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้กล่าวมาแล้ว ในข้างต้นมาวิเคราะห์ราคาการลงทุนเลือก โครงการต่างๆ ซึ่งในโครงการที่ได้จัดทำขึ้นมานี้จะเป็นการวิเคราะห์หามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันของ การลงทุน (Life Cycle Cost) ระหว่างการลงทุนใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยคิด ระยะเวลาตลอดอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (25ปี) นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์จะได้ พารามิเตอร์ที่สำคัญอีกคือ มูลค่าการลงทุนคิดเป็นรายปี (Annualised Life Cycle Cost) และ มูลค่าของ พลังงานต่อหน่วยที่แต่ละระบบผลิตออกมา ซึ่งหน่วยเป็น Baht/kWh ซึ่งหลักเศรษฐศาสตร์ที่นำมาใช้ ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบนั้นจะใช้วิธีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present Worth)

ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์จำแนกออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ข้อมูลระบบ (Performance Data), ข้อมูลด้านราคา (Cost Data) และพารามิเตอร์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Parameters)ซึ่งพารามิเตอร์ ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้ค่าเหมือนกันทั้งสองระบบซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้คือ

## 2.8.1 พารามิเตอร์ทางด้านเศรษฐศาสตร์(Economic Parameters)

2.8.2.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์(Period of Analysis มีหน่วยเป็น Year)

2.8.2.2 อัตราส่วนลด (Discount Rate)

2.8.2.1 อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate)

2.8.2.1 Discount Factor

2.8.2.1 Annualisation Factor คือแฟกเตอร์ที่ใช้คูณกับค่าใช้จ่ายรายปี เพื่อหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายรายปีทั้ง 25 ปี

## 2.8.2 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่

2.8.2.1 ข้อมูลของระบบ (Performance Data)ซึ่งได้แก่

ก. โหลด

ข. โหลดรายวัน (Daily Load, มีหน่วยเป็น kWh/Day)

ค. โหลดรายปี (Annual Load, มีหน่วยเป็น kWh/Year)

2.7.2.2 แบตเตอรี่

ก. ขนาดของแบตเตอรี่ (Battery Size, มีหน่วยเป็น kWh)

ข. ราคาของแบตเตอรี่ (Battery Unit Price, มีหน่วยเป็น Baht/kWh)

ค. อายุการใช้งาน (Life Time, มีหน่วยเป็น Year)

2.7.2.3 PV SYSTEM

ก. ขนาด  $W_p$  ของแผงที่ต้องใช้ (Array Size, มีหน่วยเป็น  $W_p$ )

ข. ราคาแผงโซลาร์เซลล์ (Module Unit Price, มีหน่วยเป็น Baht/ $W_p$ )

ค. อายุการใช้งาน (Life Time, มีหน่วยเป็น Year)

2.7.2.4 อินเวอร์เตอร์

ก. ขนาดของอินเวอร์เตอร์ (Invert Size , มีหน่วยเป็น kW)

ข. ราคา (Inverter Unit Price, มีหน่วยเป็น Baht/kW)

ค. อายุการใช้งาน (Life Time, มีหน่วยเป็น Year)

2.7.2.5 Charge controller

ก. ขนาด (Charger Size, มีหน่วยเป็น Amp)

ข. ราคา (Charger Unit Price, มีหน่วยเป็น Baht/Amp)

ค. อายุการใช้งาน (Life Time, มีหน่วยเป็น Year)

2.7.2.6 STRUCTURE AND WIRING

ก. ราคาสายไฟและอุปกรณ์ต่อเชื่อม (Support/Wiring, มีหน่วยเป็น Baht/ $W_p$ )

ข. อายุการใช้งาน (Life Time, มีหน่วยเป็น Year)

#### 2.7.2.7 ข้อมูลด้านราคา (Cost Data) แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

##### ก. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น

- ค่าแบตเตอรี่
- ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- ค่าอินเวอร์เตอร์
- ค่า Regulator
- Charge Controller
- ค่าสายไฟและอุปกรณ์ต่อเชื่อม
- ค่าติดตั้ง
- ค่าเครื่องใช้ไฟฟ้า

##### ข. ค่าใช้จ่ายรายปี

- ค่าบำรุงดูแลรักษา

##### ค. ค่าเปลี่ยนอุปกรณ์

- ค่าเปลี่ยนแบตเตอรี่ (5 ปี)
- ค่าเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ (10 ปี)
- ค่าเปลี่ยน Charger (10 ปี)
- ค่าเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้า

## สรุป

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะประกอบไปด้วย ข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจัยสำคัญต่างๆที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า การวิเคราะห์ราคาตลอดอายุการใช้งาน การใช้งานระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย