บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีของแสง [1]

2.1.1 สเปคตรัมของแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยโฟรตรอนที่มีพลังงานต่างๆกันและมีการกระจายของโฟตรอนเหล่านี้ ตั้งแต่ช่วงคลื่นอุลตร้าไวโอเลตถึงอินฟาเรด แสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในอวกาศจะมีสเปคตรัมใกล้เคียงกับวัตถุดำ แต่เมื่อแสงอาทิตย์ผ่านทะลุเข้ามาในชั้นบรรยากาศของโลก โฟตรอนบางส่วนจะถูกดูดกลืนหายไปเนื่องจากก๊าซและไอน้ำที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจายในบรรยากาศโลก ดังนั้นสเปคตรัมของแสงอาทิตย์ที่วัดได้บนพื้นผิวโลกจึงมีลักษณะที่ผิดแผกไปจากสเปคตรัมของแสงอาทิตย์ในอวกาศและมีปริมาณรูปร่างที่แปรเปลี่ยนไปตามความหนาแน่นของชั้นบรรยากาศของโลกนั้นจึงเรียกสเปคตรัมของแสงอาทิตย์นั้นว่าเป็นสเปคตรัมแบบ AM 0 (AIR MASS ZERO) ส่วนสเปคตรัมของแสงอาทิตย์ของพื้นโลกวัดที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรที่ระดับน้ำทะเลที่มีอากาศแจ่มใสและดวงอาทิตย์อยู่ตรงเหนือศีรษะเรียกว่า สเปคตรัมแบบ AM 1(AIR MASS ONE) หากเป็นการสัดในสภาพแบบอื่นๆ แล้วแต่ปริมาณของแสงอาทิตย์และสภาพของบรรยากาศที่แสงเดินทางผ่านตลอดจนตำแหน่งการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก

2.1.2 ปริมาณเชิงความเข้มของแสงอาทิตย์

ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่วัดได้ในอวกาศ AM 0 (AIR MASS ZERO) มีค่าประมาณ 1367w/m^2 แต่เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านชั้นบรรยากาศโลกเข้ามาจะทำให้ปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลงซึ่งเมื่อทำการวัดค่าจะมีค่าเหลือประมาณ 1000 w/m^2 แต่กรณีของ AM 1(AIR MASS ONE) นี้ปริมาณความเข้มแสงจะน้อยกว่า 1000 w/m^2 แต่อย่างไรก็ดีค่าความเข้มแสงที่ได้รับจริงนั้นโดยเฉพาะกรุงเทพฯ นั้นตั้งอยู่พิกัดที่เส้นรุ้ง 14 องศาเหนือและเป็นบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงและทำการวัดที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะได้รับความเข้มของแสงอาทิตย์สูงสุดประมาณ 800 w/m^2 และค่าที่ต่ำสุดประมาณ 600 w/m^2 ในเดือนกุมภาพันธ์ในด้านรูปแบบของสเปคตรัมของแสงอาทิตย์ที่กรุงเทพฯ จะได้รูปแบบ AM 1.5ในช่วงเวลา 12.00 น. ตามแต่ฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศนั้นๆ ปริมาณความเข้ม

และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการที่จะนำมาประกอบพิจารณาในการกำหนดขนาดของอุปกรณ์หรือระบบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ดังนั้นความถูกต้องของข้อมูลจึงมีอิทธิพลอย่างสูงต่อความเชื่อถือได้ของระบบ

แต่อย่างไรก็ตามความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศอาจเกิดขึ้นเมื่อใดก็ได้ ดังนั้นในการออกแบบระบบจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก โดยต้องคำนึงถึงการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศด้วย

2.1.3 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

เมื่อแสงอาทิตย์ส่องมายังพื้นโลกซึ่งแสงจะต้องส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลกส่วนหนึ่งของสเปคตรัมของแสงอาทิตย์จะถูกดูดไป จะทำให้เหลือแสงอุลตร้าไวโอเลตและแสงอินฟาเรดน้อย นอกจากนั้นอนุภาคต่างๆ ในขั้นบรรยากาศทำให้เกิดการกระจายของแสงอาทิตย์จึงสามารถแบ่งแสงอาทิตย์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่แสงตรง ส่วนที่แสงกระจายอัตราส่วนของแสงทั้งสองประเภทนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของบรรยากาศและสถานที่เช่น ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงย่อมได้รับแสงส่วนที่เป็นแสงกระจายมาก แต่ตรงกันข้ามในที่ที่มีอากาศแห้งแล้งเช่น ในทะเลทรายจะได้รับแสงในส่วนที่เป็นแสงตรงมากกว่า แสงอาทิตย์ในฤดูฝนจะมีแสงกระจายมากกว่าในฤดูหนาว เป็นต้น แสงกระจายจะไม่ขึ้นกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เพราะว่าแสงกระจายเป็นแสงที่สะท้อนมาจากท้องฟ้าแต่แสงตรงจะเป็นแสงที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากตำแหน่งและทางโคจรของดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา ฤดูกาล ดังนั้นเราจึงควรทราบตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อให้สามารถเลือกทิศทางในการจัดวางตำแหน่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้รับแสงมากที่สุดและมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.1 แสดงความเข้มและสเปคตรัมของแสงอาทิตย์ [3]

สเปคตรัม	ความเข้มของแสง(w/m^2)	หมายเหตุ
AM 0	1367	อวกาศ
AM 1	1000	เส้นศูนย์สูตร
AM 1.5	875	กรุงเทพมหานคร

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

ความหมายของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell or Photovoltaic) ซึ่งคำว่า (Photovoltaic) สามารถแยกออกเป็น Photo หมายถึงแสงและ Volt หมายถึงแรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึงกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุ ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมาจนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon) แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหนะนำไฟฟ้าและจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้นทำให้สามารถทำงานได้

2.2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆคือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono Crystalline Silicon Solar-Cell ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมากดังแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว[1]

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามากและประสิทธิภาพเพียง 5-10 % ดังแสดงในภาพที่ 2.2

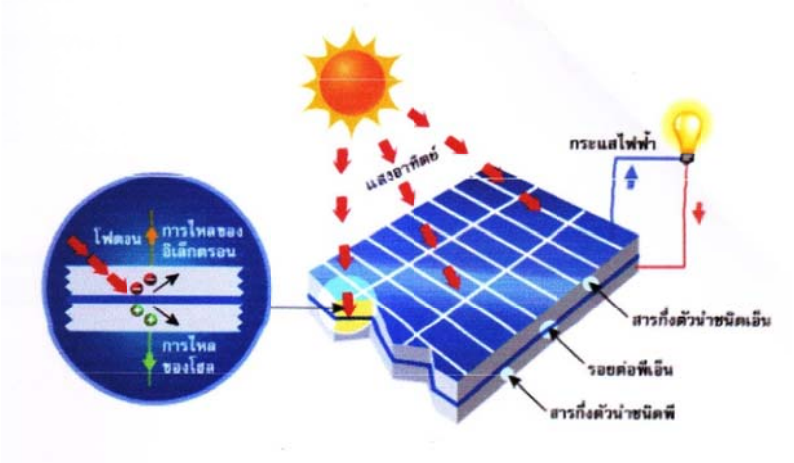
ภาพที่ 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน[1]

3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25 %ดังแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์[1]

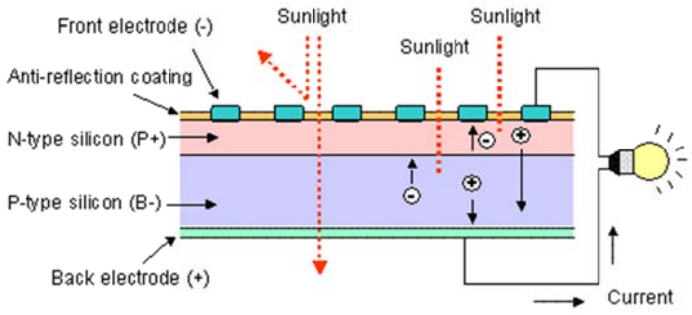
2.2.2 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ [2]

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้นได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮลโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะให้สารกึ่งตัวนำชนิดพีขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงให้สสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์[2]

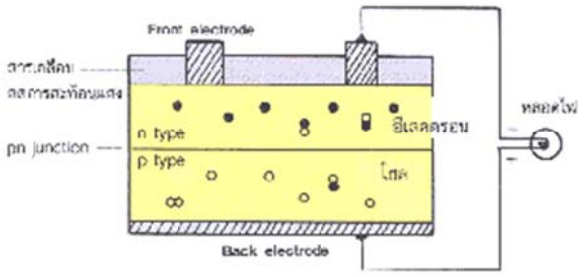
การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงโดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็คตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงหลักการทำงาน “เซลล์แสงอาทิตย์”[2]

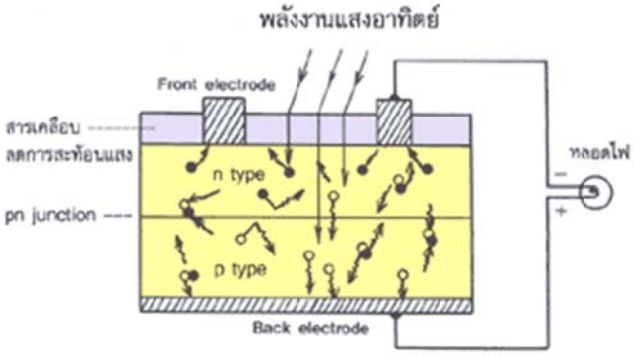
n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัสมีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p- type ซิลิคอนคือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปปิ้งด้วยสารโบรอนทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนเมื่อนำซิลิคอนทั้งสองชนิดมาประกบต่อกันด้วย p-n junction จึงทำให้เกิดเป็น"เซลล์แสงอาทิตย์"ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยด้านหน้าของ n-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับ

อิเล็กตรอนส่วน p-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮลแต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮลดังแสดงในภาพที่ 2.6



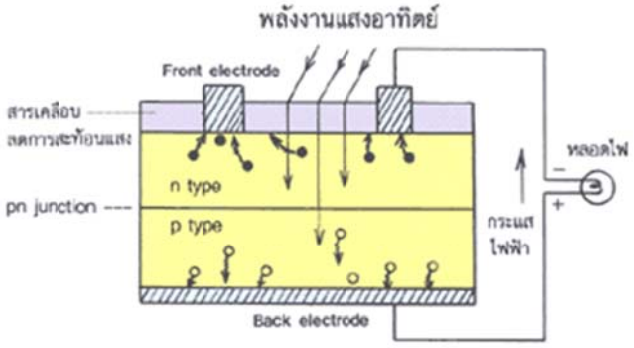
ภาพที่ 2.6 แสดงส่วนที่เป็นสารกึ่งตัวนำและส่วนที่เป็นโลหะ[2]

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กันอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p- type ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงภาพเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ[2]

อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กันดังแสดงในภาพที่ 2.8



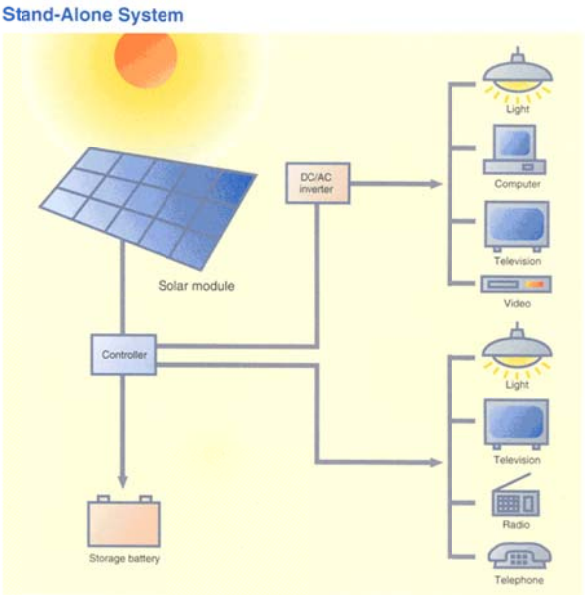
ภาพที่ 2.8 แสดงภาพการที่อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode[2]

2.2.3 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

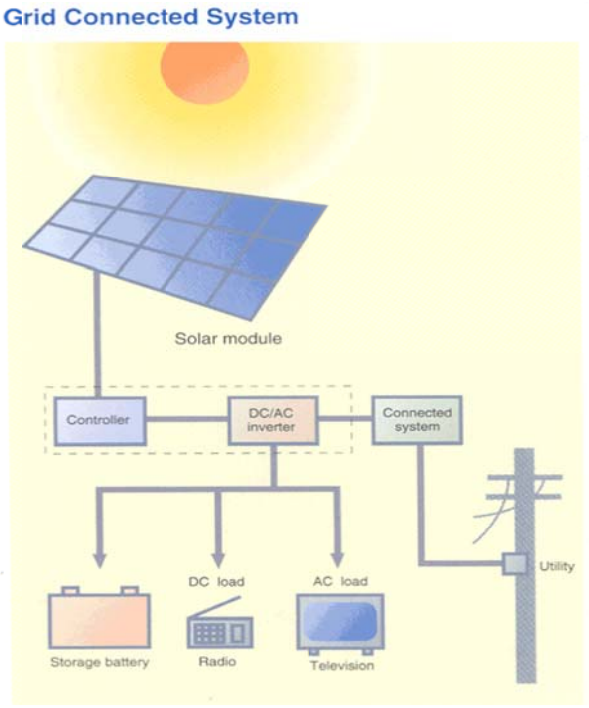
- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone System)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระดังแสดงในภาพที่ 2.9



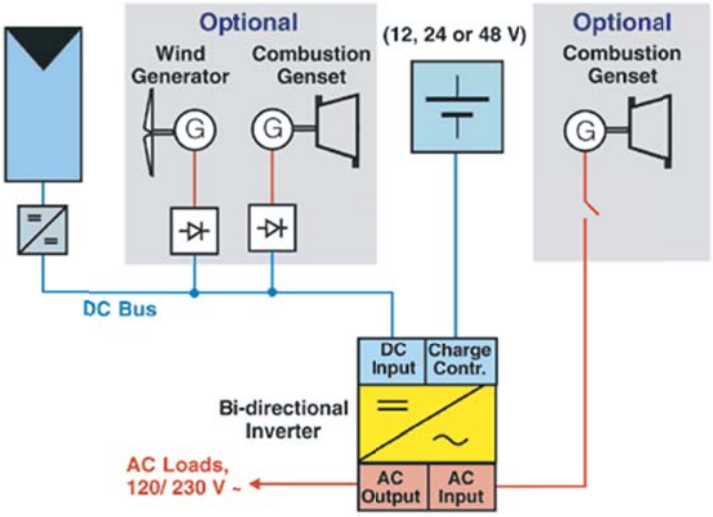
ภาพที่ 2.9 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ[2]

- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรงหรือใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย[2]

- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆเช่นระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมหรือเครื่องยนต์ดีเซลดังแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน[2]

2.2.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุดได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลกคือซิลิคอนจึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์โดยนำซิลิคอนมาถลุงและผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นโดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น(เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอนจะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้นเมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกันจะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุดส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.2.5 หลักการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถต่อได้ 2 แบบคือ

- การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนานจะทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น
- การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วจะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งานจึงมีการ

นำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆเซลล์มาต่อกันเป็นเรียกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่ว่าต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า

2.2.6 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีส่วนสำคัญที่จะทำให้การผลิตไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอาจจะใช้ประโยชน์ได้น้อยหรือไม่ได้ตามที่ต้องการสิ่งที่ต้องคำนึงในเรื่องการติดตั้งมีดังต่อไปนี้

- การเลือกสถานที่ติดตั้งสำหรับประเทศไทยซึ่งที่ตั้งของประเทศไทยอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ประมาณ 7-20 องศาเหนือเพราะฉะนั้นในทางทฤษฎีแล้วมุมยกของเซลล์แสงอาทิตย์จึงควรอยู่ระหว่าง 7-20 องศาแต่เนื่องจากการยกมุงแผงน้อยเกินไปแม้จะถูกหลักทฤษฎีจากการยกมุมแผงน้อยเกินไปจะทำให้ฝนไม่สามารถชะล้างหรือทำความสะอาดฝุ่นละอองที่ติดบนแผงได้อันจะทำให้การทำงานของแผงมีประสิทธิภาพน้อยลงหรือต้องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บ่อยเกินไป ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลเสียดังกล่าวแล้วการติดตั้งแผลเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยจึงควรทำการติดตั้งให้แผงทำมุมประมาณ 15 องศาเป็นอย่างน้อยและสูงสุดไม่ควรเกิน 20 องศา ในส่วนของการหันทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องติดตั้งโดยหันแผงด้านหน้าหรือด้านรับแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และที่สำคัญอีกประมาณการหนึ่งคือ ต้องแน่ใจว่าสถานที่ติดตั้งนั้นจะต้องไม่มีเงาไม้หรือเงาอาคารสิ่งปลูกสร้างมาบดบังในระหว่างวัน

ระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (Grid Connected System)

เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน การลงทุนไม่สูงมาก แต่ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีระบบสายส่งไฟฟ้าอยู่แล้วระบบนี้จะไม่มีการเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์จะถูกจ่ายเข้าสู่ระบบโดยตรง ทำให้ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการดูแลรักษาแบตเตอรี่ แต่หากระบบไฟฟ้าหลักขัดข้องระบบนี้ก็จะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบด้วย เนื่องจากเป็นมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับช่างไฟฟ้าที่จะซ่อมบำรุงระบบซึ่งเป็นมาตรฐานที่บังคับใช้ทั่วโลก

2.3 ผลกระทบของระบบผลิตพลังงานด้วยแสงอาทิตย์ในระบบจำหน่ายแบบมัลติเฟส[4]

- **ผลกระทบต่อระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส**

ในระบบสามเฟสสมดุลการแสดงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัสมักจะถูกพล็อตโดยใช้ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอส (RMS Voltage) แต่สำหรับระบบมัลติเฟสในบทความนี้จะพล็อตระดับ

แรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสอยู่ในขอบเขตของแรงดันไฟฟ้า 0.95-1.05 เปอร์ยูนิต เพื่อใช้ดูว่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสอยู่ในขอบเขตของแรงดันไฟฟ้าหรือไม่

- ผลกระทบต่อความสูญเสียทางกริด

ในการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลง (Active Power Loss Reduction: ALR) เนื่องจากการเชื่อมต่อระบบผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์นั้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.1)

$$\text{ALR} = \frac{\text{Ploss} - \text{P}^{\text{pv}}\text{loss}}{\text{Ploss}} \text{x } 100\% \qquad (2.1)$$

Ploss คือ ค่ากำลังงานจริงสูญเสียรวมขณะไม่มี PV

$\text{P}^{\text{pv}}\text{loss}$ คือ ค่ากำลังงานจริงสูญเสียรวมขณะที่มี PV

- ผลกระทบต่อขอบเขตของเสถียรภาพแรงดัน

ขอบเขตเสถียรภาพของแรงดันหรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โหลดดิ่งแฟคเตอร์สูงสุด (Maximum Loading Factor : MLF) สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดที่เพิ่มขึ้นได้ก่อนที่ระบบจะสูญเสียเสถียรภาพ Pmaxload ต่อค่ากำลังไฟฟ้าฐาน Pbaseload แสดงดังในสมการที่ (2.2)

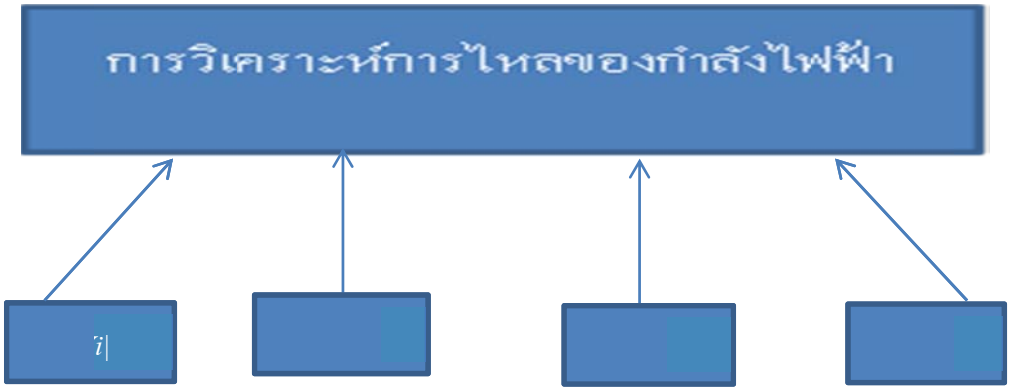
$$\text{MLF} = \frac{\text{Pmaxload}}{\text{Pbaseload}} \qquad (2.2)$$

- ผลกระทบต่อแฟคเตอร์ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า

ผลกระทบต่อแฟคเตอร์ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Unbalance Factor: VUF)นิยามจากอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าลำดับลบต่อแรงดันไฟฟ้าลำดับบวก ซึ่งเปอร์เซ็นแฟคเตอร์ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.3)

$$\%\text{VUF} = \frac{\text{Negative} - \text{SequenceVoltage}}{\text{Positive} - \text{SequenceVoltage}} \text{x } 100\% \qquad (2.3)$$

2.4 การไหลของกำลังไฟฟ้า (Power Flow) [5]



ภาพที่ 2.12 แสดงการไหลของกำลังไฟฟ้า

การไหลของกำลังไฟฟ้าหรือการไหลของโหลด (Load Flow) ก็เป็นขั้นตอนหนึ่งของการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง โดยการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่แต่ละบัส และกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งแต่ละเส้นว่ามีขนาดเท่าใด เพื่อดูว่าแรงดันไฟฟ้าที่แต่ละบัสของระบบมีค่าสูงเกินหรือต่ำเกินไปจนทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย และกำลังไฟฟ้าที่ไหลมีขนาดเกินกว่าอัตราของแต่ละอุปกรณ์ในระบบหรือไม่ ดังนั้นการศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าจึงมีประโยชน์ในด้านดำเนินงาน การวางแผนก่อสร้าง และการเปลี่ยนแปลงแก้ไขระบบเช่น เมื่อมีผู้ใช้ไฟมากขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งในระบบก็ต้องทำการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าถ้าผลการวิเคราะห์ออกมาแล้วปรากฏว่าสายที่มีอยู่ไม่สามารถรับกำลังไฟฟ้าได้ก็ต้องเพิ่มจำนวนสายส่ง หรือเมื่อผลการวิเคราะห์ออกมาว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัสนั้นตกลงมากก็ต้องทำการติดตั้งคาปาซิเตอร์ เพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาการการไหลของกำลังไฟฟ้าซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปว่าเป็นการศึกษาโหลดโฟลว์ (Load Flow) เพื่อให้ระบบไฟฟ้ากำลังระบบเดิม ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือระบบที่มีการสร้างใหม่ให้มีการทำงานสมบูรณ์ การศึกษาโหลดโฟลว์นั้นเป็นการศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะการทำงานปกติ (Normal Operation) ผลที่ได้จากศึกษาก็คือ ค่าขนาดและมุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัสแต่ละบัสค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่ไหลในสายแต่ละเส้นแล้วนำมาพิจารณาว่าค่าแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่