บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

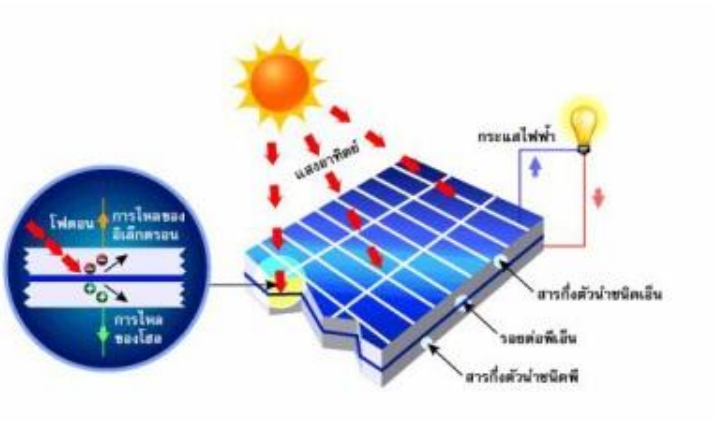
ในบทนี้ จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานของโซล่าเซลล์ ทิศทางและมุมต่างๆของการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ วิธีการใช้เครื่องมือวัด และการติดตั้งบนหลังคา

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโซล่าเซลล์ [1]

โซล่าเซลล์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า พบว่ากำลังไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์จะมีประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำโซล่าเซลล์มาใช้ผลิตกำลังไฟฟ้า

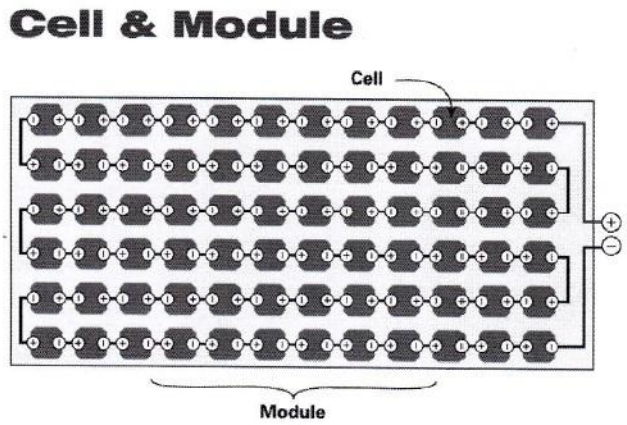
2.1.1 ลักษณะการทำงานของโซล่าเซลล์

โซล่าเซลล์ (Solar Cell) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงองทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการโฟโตโวตาอิก (Photovotataic Effect) ในสารกึ่งตัวนำ โดยโซล่าเซลล์จะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ P และสารกึ่งตัวนำ N เมื่อโซล่าเซลล์ได้รับแสงที่มีพลังงานมากพอจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำ ดังนั้นถ้ามีการเชื่อมต่อระหว่างผิวทั้งสองของ โซล่าเซลล์ จะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนซึ่งทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรง ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงถึงการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์

โดยปกติแล้วในแต่ละเซลล์ (Cell) ซึ่งเป็นตัวแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.6 - 0.7 V ทำให้ในการใช้จริงจะต้องมีการต่ออนุกรมเซลล์หลายๆตัวเข้าด้วยกันทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นและหากต้องการกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นก็สามารถทำได้โดยการต่อขนานกันซึ่งการต่อขนานหรืออนุกรมเข้าด้วยกันนั้นเป็นการเพิ่มกำลังไฟฟ้าในแผงโซล่าเซลล์ในแผงก่อนนำไปใช้งานดังภาพที่ 2.2 ซึ่งการต่อเซลล์หลายๆตัวรวมกันในแผงนั้นเราจะเรียกว่า แผงโซล่าเซลล์ หรือที่เรียกในภาษาอังกฤษอีกชื่อหนึ่งว่า Photovoltaic Module (PV) โดยหน่วยที่ใช้เรียกจำนวนแผงโซล่าเซลล์นั้นคือ แผงหรือโมดูล (Module)

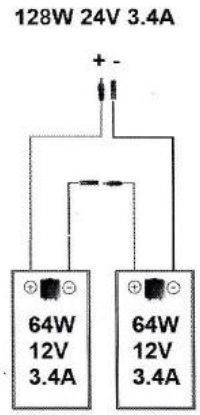


ภาพที่ 2.2 แสดงถึงการนำเซลล์หลายๆตัวมาต่อรวมกันในแผงโซล่าเซลล์

2.1.2 การเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์

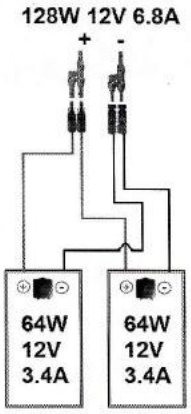
แผงโซล่าเซลล์ในแต่ละแผง (Module) นั้นจะประกอบไปด้วยเซลล์ (Cell) หลายๆตัว อนุกรมหรือขนานกันภายในแผงโซล่าเซลล์ แต่ยังไงก็ตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตด้วยแผงโซล่าเซลล์ 1 แผงอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้งานในระบบเพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำแผงโซล่าเซลล์มาต่อกัน

การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม นั้นจะเป็นการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดโดยกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะมีค่าเท่ากันทั้งวงจร ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงถึงการต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม

การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน นั้นจะเป็นการเพิ่มระดับกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดโดยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะมีค่าเท่ากันทั้งวงจร ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงถึงการต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน

2.1.3 ชนิดของโซล่าเซลล์

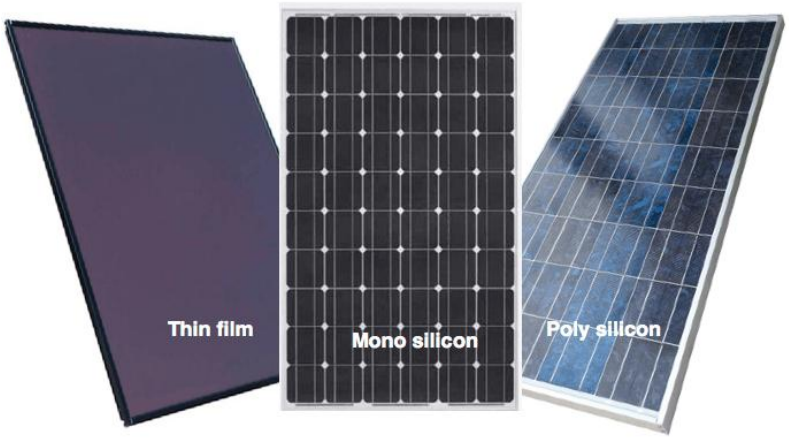
ชนิดของโซล่าเซลล์ที่ว่างขายในท้องตลาดประเทศไทยปี 2558 สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ Crystalline และ Thin-Film โดยมีรายละเอียดดังนี้

แผงโซล่าเซลล์ประเภทแบบคริสตัลไลน์ (Crystalline Solar Cells) เป็นโซล่าเซลล์ที่สร้างจากผลึกสารกึ่งตัวนำอาทิเช่น ซิลิกอน (Si) เป็นต้น ซึ่งให้กำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงกว่าแบบฟิล์มบาง (Thin Film) แต่ประสิทธิภาพลดลงอย่างมากเมื่อทำงานอุณหภูมิสูงและไม่ตอบรับย่านความถี่ทุกย่านของแสงอาทิตย์ ทำให้พลังงานที่ผลิตได้ต่อปีน้อยกว่าแบบฟิล์มบาง โดยแผงโซล่าเซลล์แบบคริสตัลไลน์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

- แบบโมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline) หรือซิงเกิ้ลคริสตัลไลน์ (Single Crystalline) โซล่าเซลล์ชนิดนี้เป็นชนิดผลึกเดี่ยว โดยนำซิลิกอน (Si) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศา เพื่อสร้างแท่งผลึกขนาดใหญ่ก่อนไปตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ โดยแผงแบบผลึกเดี่ยวนั้นจะมีราคาแพงกว่าแบบโพลีคริสตัลไลน์แต่จะให้พลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ติดตั้ง โดยจะมีประสิทธิภาพประมาณ 15-20% เนื่องจากการเรียกตัวในแต่ละเซลล์ โดยจะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงอย่างมากเมื่อทำงานในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงโดยการติดตั้งนั้นจะใช้พื้นที่ประมาณ 7-9 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์
- แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Poly Crystalline) หรือมัลติคริสตัลไลน์ (Muliti Crystalline) หรือแบบผลึกรวมได้ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยว โดยนำซิลิกอนมาหลอมให้เป็นเบ้าให้เป็นแท่งแล้วปล่อยให้เย็นตัวช้าๆก่อนไปตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ โซล่าเซลล์แบบผลึกผสมมีประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่าแบบโมโนคริสตัลเล็กน้อยเพราะการเรียกตัวของผลึกในเซลล์ที่แตกต่างกันโดยแบบผลึกรวมนั้นจะประกอบไปด้วยผลึกเล็กๆ (Grain) เป็นจำนานมากแต่แบบ Mono-Si จะไม่มี Grain โดยเซลล์แบบโพลีคริสตัลไลน์โดยปกติจะมีประสิทธิภาพประมาณ 13-16% โดยในปี 2558 โซล่าเซลล์แบบผลึกผสมนั้นจะมีสัดส่วนบนทั้งตลาดมากที่สุดเพราะมีราคาถูกและกำลังไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับพื้นที่ในการติดตั้งโดยการติดตั้งนั้นใช้พื้นที่ประมาณ 7.5-10 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์

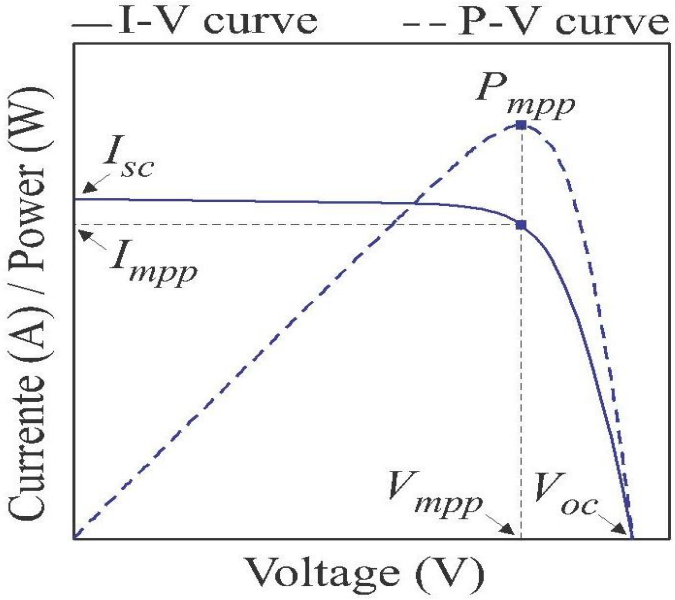
แผงโซล่าเซลล์ประเภทแบบฟิล์มบาง (Thin Film) จะมีความไวแสงมากที่สุดทำให้สามารถรับแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำๆได้ดี ทำให้สามารถรับในพื้นที่ที่มีเมฆหมอกฝุ่นละอองท้องฟ้าคลื้มๆ มีฝนตกชุก หรือแสงจากหลอดไฟฟ้าได้สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงได้ดี นิยมนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆเช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นต้น แต่มีข้อเสียคือให้กำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่ในการติดตั้งไม่สูงมากจึงทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก แต่เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีสูงกว่าแบบคริสตัลไลน์เนื่องจากคุณสมบัติไวแสงและตอบรับความถี่ทุกย่านของแสงอาทิตย์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดดั้งนี้

- อะมอร์ฟัสซิริกอน (Amorphous Silicon) มีประสิทธิภาพประมาณ 9-11% ใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 14-20 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์
- แคดเมี่ยมเทลลูไลนด์ (Cadmium Telluride : CdTc) มีประสิทธิภาพประมาณ 9-11% ใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 12-17 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์
- คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลเนียม (Copper indium Diselenide : CIS) มีประสิทธิภาพประมาณ 10-12% ใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณ 9-11 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์



ภาพที่ 2.5 แสดงถึงแผงโซล่าเซลล์ชนิดต่างๆ [14]

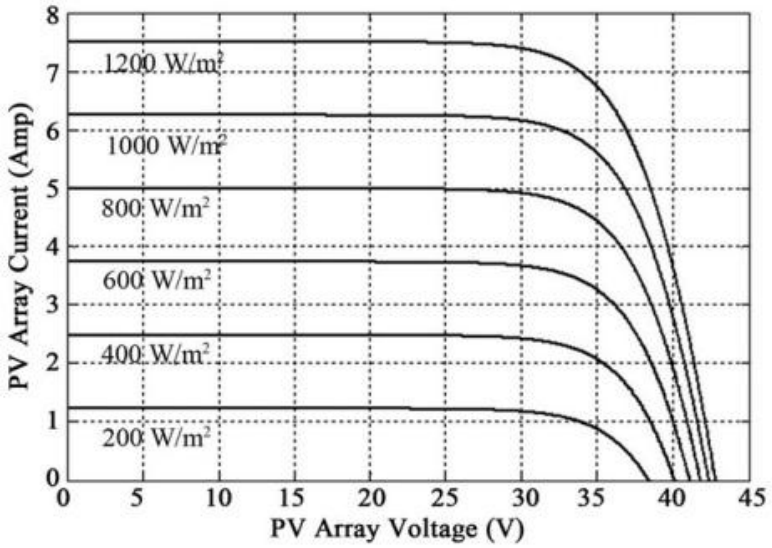
2.1.4 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve & P-V Curve ของโซล่าเซลล์



ภาพที่ 2.6 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve & P-V Curve ของโซล่าเซลล์ [3]

I-V Curve ที่แรงดันเป็นศูนย์จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่สภาวะลัดวงจรค่าๆนึง (Short Circuit Current : Isc) ที่กระแสเป็นศูนย์จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่สภาวะเปิดวงจรค่าๆนึง (Open Circuit Voltage : Voc) หากอุณหภูมิและปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบแผงโซล่าเซลล์มีค่าคงที่จะสามารถสร้าง I-V Curve ได้ดังภาพที่ 2.6 ซึ่งจะมีจุดสำคัญที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซล่าเซลล์ Maximum Power Point (Pmpp) โดยที่จุดนี้จะทำให้ทราบถึงค่ากระแสที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด Current at Maximum Power Point (Impp) กับแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด Voltage at Maximum Power Point (Vmpp) P-V Curve จะทำให้ทราบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซล่าเซลล์ (Pmpp) ซึ่งเกิดจาก I-V Curve นั้นทำให้ทราบถึงค่ากระแส (Impp) กับค่าแรงดัน (Vmpp) เมื่อนำมาคูณกันก็จะทราบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของโซล่าเซลล์ ดังภาพที่ 2.6

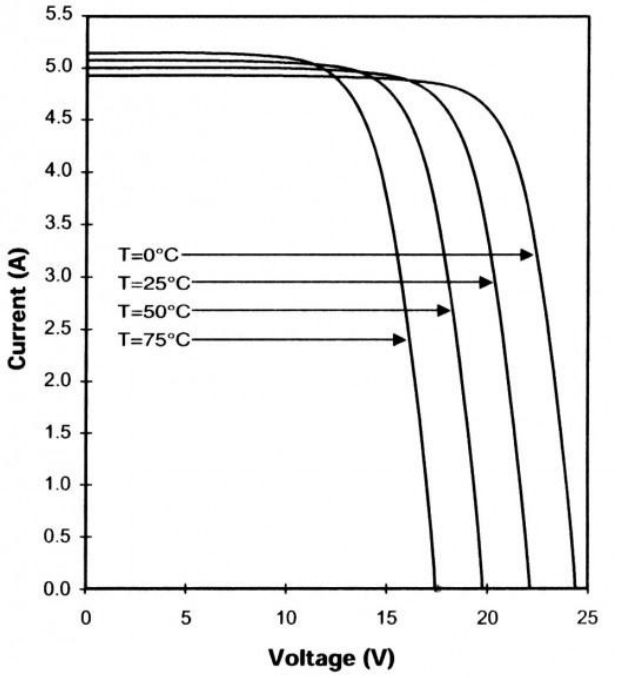
2.1.5 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง



ภาพที่ 2.7 ผลของความเข้มแสงที่มีต่อสมบัติทางไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ [4]

จากภาพที่ 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง สามมารถดูได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันของโซล่าเซลล์ที่ทดลองภายใต้สภาวะการควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มแสงที่ฉายลงบนโซล่าเซลล์ที่ความเข้มต่างๆกัน พบว่าเมื่อปริมาณค่าความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ปริมาณกระแสก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่จะไม่มีผลมากนักต่อค่าแรงดัน ค่าแรงดันจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

2.1.6 กราฟคุณลักษณะ I-V Curve เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



ภาพที่ 2.8 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ [5]

จากภาพที่ 2.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าของโซล่าเซลล์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ สามารถดูได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันของโซล่าเซลล์ที่ทำการทดลองภายใต้สภาวะควบคุม ให้ปริมาณความเข้มแสงที่ฉายลงบนโซล่าเซลล์ที่มีค่าคงที่ ที่ 1000 W/m^2 แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของโซล่าเซลล์ที่อุณหภูมิต่างๆ จะพบว่าค่าแรงดันที่วัดได้จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนค่ากระแสจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.2 ทิศทางและมุมรับแสงของการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

มุมและทิศทางในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ แผงโซล่าเซลล์สามารถติดตั้งได้บนพื้นที่ว่าง ทั้งบนหลังคาบ้าน บนหลังคาโรงจอดรถ บนหลังคาอาคารต่างๆ และบนพื้นดิน ซึ่งตำแหน่งที่ดีในการเลือกติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวันโดยต้องไม่มีสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งของอื่นใด มาบดบังแสงอาทิตย์ และไม่ควรเป็นสถานที่ที่มีฝุ่นหรือไอระเหยจากน้ำมันมากเกินไป การติดตั้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้สูญเสียพลังงานสะสมตลอดทั้งปีไปอย่างน่าเสียดาย โดยปกติการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ในเมืองไทย นิยมที่จะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ และเอียงทำมุมประมาณ 10-18 องศากับพื้นโลก (ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ)

2.2.1 การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

โดยทั่วไปสามารถแบ่งตามชนิดของโครงสร้างรองรับแผงโซล่าเซลล์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ ติดตั้งกับโครงสร้างแบบยึดอยู่กับที่ (Fix System), ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับแกนเดียว (1 Axis) และ ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับสองแกน (2 Axis) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ติดตั้งกับโครงสร้างแบบยึดอยู่กับที่ (Fix System) การติดตั้งโซล่าเซลล์แบบยึดอยู่กับที่จะพบเห็นได้เยอะที่สุดเนื่องจากการติดตั้งที่ง่ายลงทุนน้อยเช่น การติดตั้งบนบ้านเรือน การติดตั้งพื้นดินในโซล่าฟาร์ม เป็นต้น

ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับแกนเดียว (1 Axis) จุดประสงค์ของการติดตั้งคือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของโลกในแต่ละวันในรอบปีทำให้การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนโครงสร้างแบบแกนเดียวนั้นสามารถปรับมุมเอียงแผงโซล่าเซลล์เพื่อให้รับค่ารังสีแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมตามมุมเอียงของโลกที่แปรเปลี่ยนตามวัน

ติดตั้งบนโครงสร้างแบบปรับสองแกน (2 Axis) จุดประสงค์ของการติดตั้งคือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ตามวันในรอบปีและช่วงเวลา เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของโลกในแต่ละวันและการเคลื่อนที่ของพระอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ซึ่งการติดตั้งแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพดีที่สุดแต่ก็ลงทุนเยอะสุด อีกทั้งยังมีระดับการซ่อมบำรุงที่ยากที่สุด

2.2.2 ทิศทางและมุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์

การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์นั้นเราจะต้องทราบถึงทิศทางการหันแผงโซล่าเซลล์และมุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะสมก่อนการติดตั้ง

มุมอะซิมูท (Azimuth : ϕ) คือมุมที่ใช้สำหรับการบอกทิศทางการหันหน้าของคนหรือวัตถุ เพื่อใช้ในการบอกทิศเช่น ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก โดยมุมอะซิมูทจะมีค่าเริ่มต้นที่ 0 องศา ที่ทิศเหนือ และมีค่าเพิ่มขึ้นตามเข็มนาฬิกา ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 เข็มทิศที่แสดงถึงองศาต่างของมุมอะซิมุท [6]

โดยที่

มุมอะซิมุทเท่ากับ 0 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศเหนือ

มุมอะซิมุทตั้งแต่ 1-89 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

มุมอะซิมุทเท่ากับ 90 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันออก

มุมอะซิมุทตั้งแต่ 91-179 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันออกเฉียงใต้

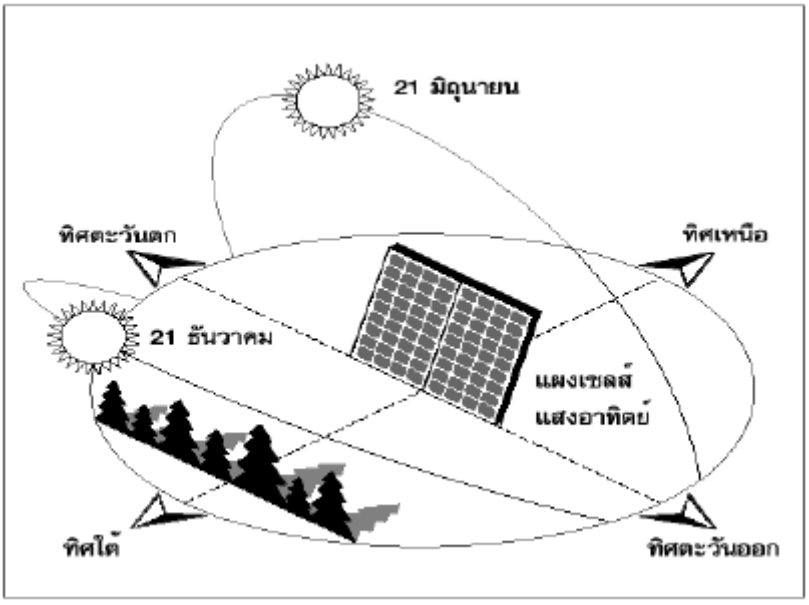
มุมอะซิมุทเท่ากับ 180 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศใต้

มุมอะซิมุทตั้งแต่ 181-269 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันตกเฉียงใต้

มุมอะซิมุทเท่ากับ 270 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันตก

มุมอะซิมุทตั้งแต่ 271-359 องศา หมายถึง ด้านรับแสงทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

มุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ (Tilt Panel : θ) คือมุมเอียงระนาบของแผงโซล่าเซลล์กับพื้นที่แนวราบที่ติดตั้ง(มุมเงย) ดังภาพที่ 2.10

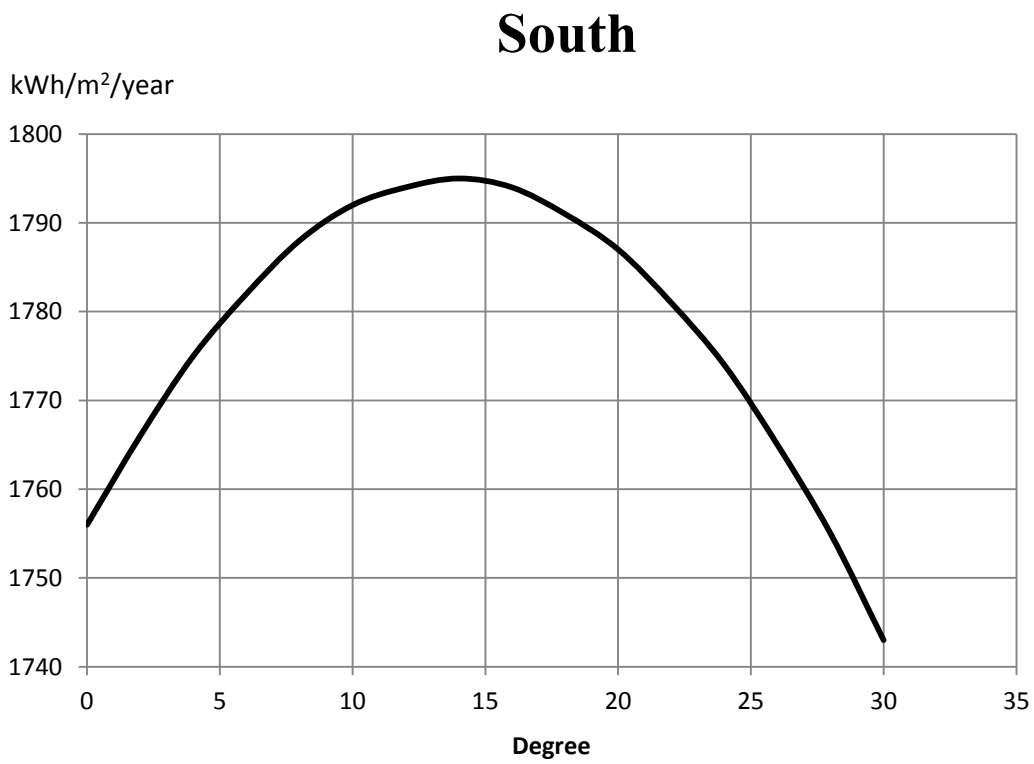


ภาพที่ 2.10 แสดงถึงมุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ที่องศาต่างๆ [7]

2.2.3 การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์หันไปทางด้านรับแสงและมุมรับแสงอื่นๆ

การติดตั้งที่โซล่าเซลล์หันไปทางด้านรับแสงและมุมรับแสงอื่นๆที่ไม่ได้หันไปทางด้านรับแสงจากทิศใต้ และมุมรับแสง 14 องศา ถือว่าไม่เหมาะสมในประเทศไทย อาจทำให้สูญเสียพลังงานสะสมตลอดทั้งปีไปอย่างน่าเสียดาย โดยสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ในทิศต่างๆและมุมรับแสงที่องศาต่างๆได้ดังนี้

การคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศใต้ที่มุมรับแสงของโซล่าเซลล์องศาต่างๆ



ภาพที่ 2.11 แสดงถึงความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานคร และ หันหน้าไปทางทิศใต้ที่มุมอะซิมูท 180 องศา

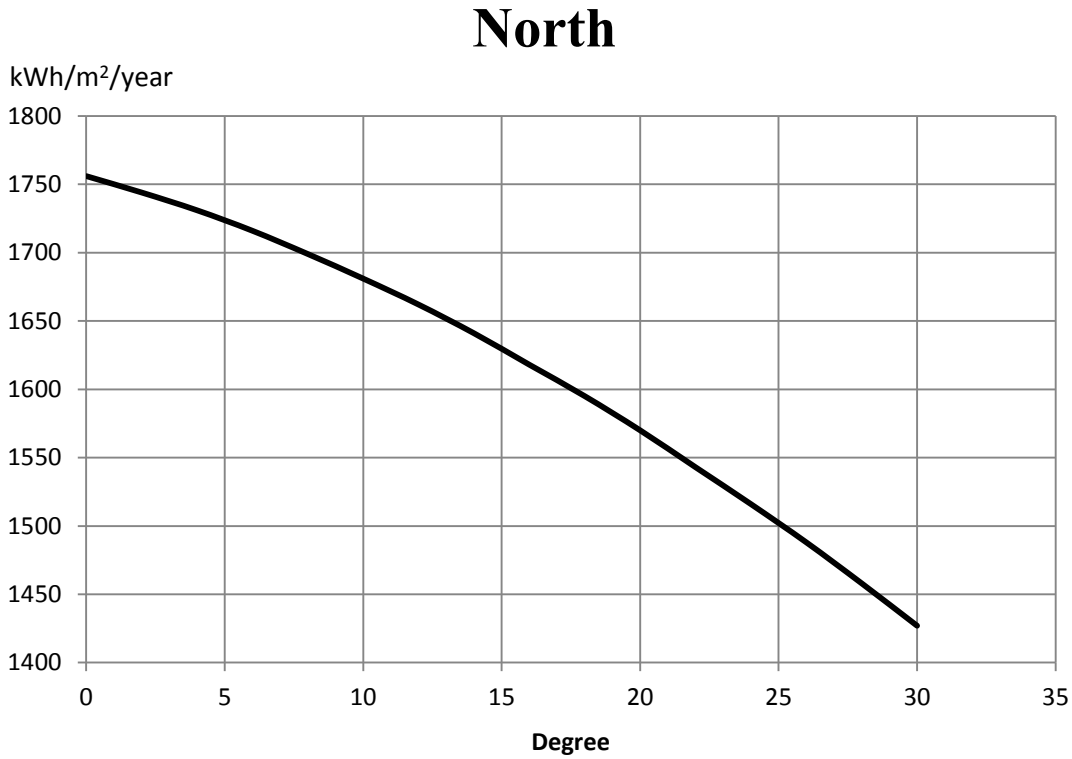
จากภาพที่ 2.11 เป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครที่โซล่าเซลล์ หันหน้าไปทางทิศใต้ที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year จะได้สมการการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศใต้ที่มุมรับแสงของโซล่าเซลล์องศาต่างๆ

$$\eta_S = [(-0.0001 \times \beta_S^{\,2}) + (0.0031 \times \beta_S) + 0.9783] \times 100 \qquad (2.1)$$

η_S = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศใต้ที่มุมรับแสงของโซล่าเซลล์องศาต่างๆ

β_S = มุมรับแสงของโซล่าเซลล์ด้านรับแสงทิศใต้

การคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศเหนือที่มุมรับแสงของโซล่าเซลล์องศาต่าง



ภาพที่ 2.12 แสดงถึงความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของ กรุงเทพมหานคร และ หันหน้าไปทางทิศเหนือ

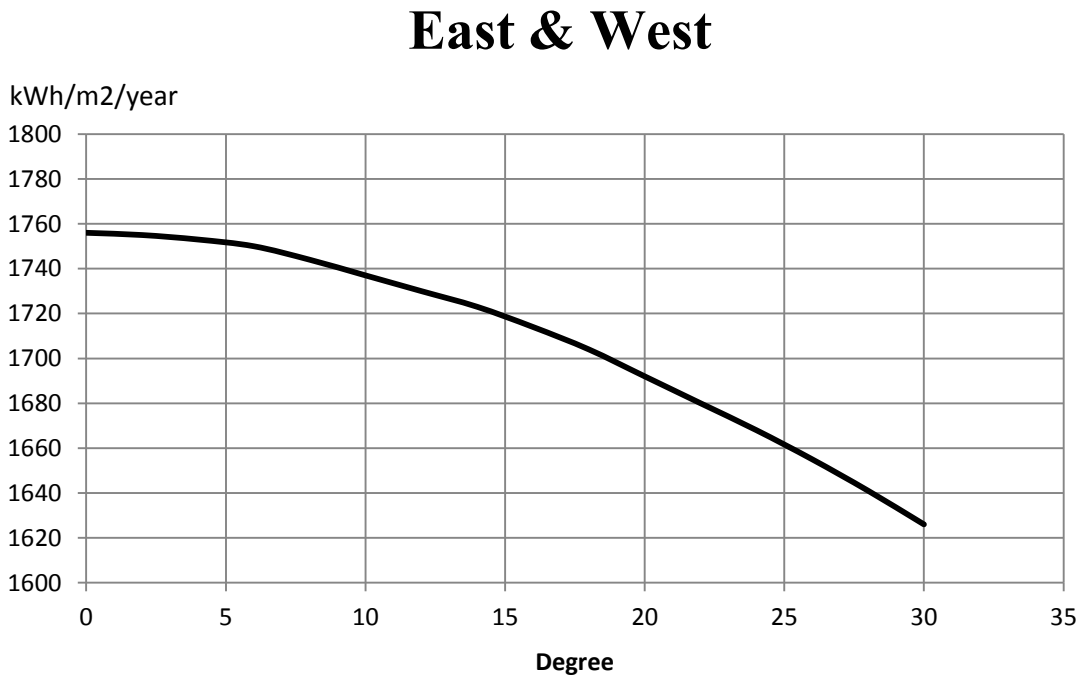
จากภาพที่ 2.12 เป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครที่โซล่าเซลล์ หันหน้าไปทางทิศเหนือที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year จะได้สมการการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศเหนือ

$$\eta_n = [(-0.0063 \times \beta_n) + 1.0141] \times 100 \qquad (2.2)$$

η_n = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศเหนือที่มุมรับแสงองศาต่างๆ

β_n = มุมรับแสงของโซล่าเซลล์ด้านรับแสงทิศเหนือ

การคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศตะวันออก ที่มุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์องศาต่างๆ



ภาพที่ 2.13 แสดงถึงความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year โดยเป็นข้อมูลของ กรุงเทพมหานคร และ หันหน้าไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก

จากภาพที่ 2.13 เป็นข้อมูลของกรุงเทพมหานครที่โซล่าเซลล์ หันหน้าไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก ที่ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรใน 1 ปี kWh/year จะได้สมการการคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศตะวันออกและตะวันตก

$$\eta_e = [(-0.00007 \times \beta_e^{\,2}) - (0.0005 \times \beta_e) + 1.0009] \times 100 \qquad (2.3)$$

η_e = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศตะวันออกที่มุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์องศาต่างๆ

β_e = มุมรับแสงของโซล่าเซลล์ด้านรับแสงทิศตะวันออก

การคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศตะวันตกที่มุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์องศาต่างๆ

$$\Pi_W = [(-0.00007 \times \beta_w^{\,2}) - (0.0005 \times \beta_w + 1.0009] \times 100 \qquad (2.4)$$

Π_W = ประสิทธิภาพที่ติดตั้งโซล่าเซลล์ด้านรับแสงจากทิศตะวันตกที่มุมรับแสงของแผงโซล่าเซลล์องศาต่างๆ

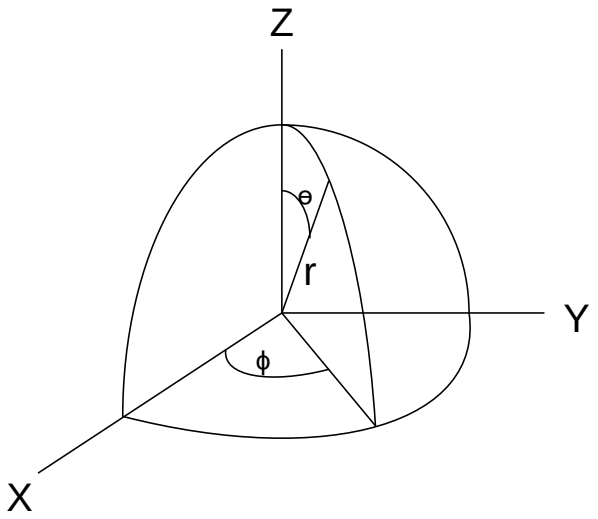
β_w =มุมรับแสงของโซล่าเซลล์ด้านรับแสงทิศตะวันตก

จากกราฟความสัมพันธ์ของทิศตะวันออก และทิศตะวันตก จะเห็นได้ว่ากราฟทั้ง 2 มีความเท่ากันจนเป็นเส้นเดียวกันเนื่องจุดที่ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดของทั้ง 2 ทิศคือมุม 0 องศา ถ้าทำการปรับมุมรับแสงของโซล่าเซลล์ไปในทิศตะวันออก 5 องศา จะต้องได้ประสิทธิภาพเท่ากับ 5 องศาทางทิศตะวันตกเพราะถือเป็นการหนีศูนย์กลางในมุมเดียวกัน

ในกรณีที่โซล่าเซลล์ไม่ได้รับแสงอยู่ในด้านตรง หมายถึง รับแสงจากทิศเหนือตรง ใต้ตรง ตะวันออกตรง และตะวันตกตรง

แต่โซล่าเซลล์มีด้านรับแสงอยู่ระหว่างทิศเหนือกับตะวันออก,ทิศเหนือกับตะวันตก,ทิศใต้กับตะวันออก และทิศใต้กับตะวันตก ดังนั้นจะต้องมีแยกการคำนวณ จากทิศตรง 2 ด้าน แล้วมาร่วมกันหาประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น โดยจะกล่าวถึงวิธีการคิดคำนวณ ในหัวข้อ 2.2.5 แต่ก่อนที่จะนำเสนอการคำนวณดังกล่าวนั้น จะต้องมีความเข้าใจในทฤษฎีพิกัดทรงกลมซึ่งจะกล่าวในหัวข้อที่ 2.2.4 เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแยกพิกัดเป็น 2 ด้านก่อน

2.2.4 ทฤษฎีพิกัดทรงลม [2]



ภาพที่ 2.14 ระบบพิกัดทรงกลม

โดยที่

r คือ รัศมีของทรงกลม

θ คือ มุมที่วัดจากแกน Z ลงมา

ϕ คือ มุมที่วัดจากแกน X ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ดังนั้น การแปลงพิกัดทรงกลมเป็นพิกัดฉาก สามารถหาค่าได้จากดังสมการที่ 2.5

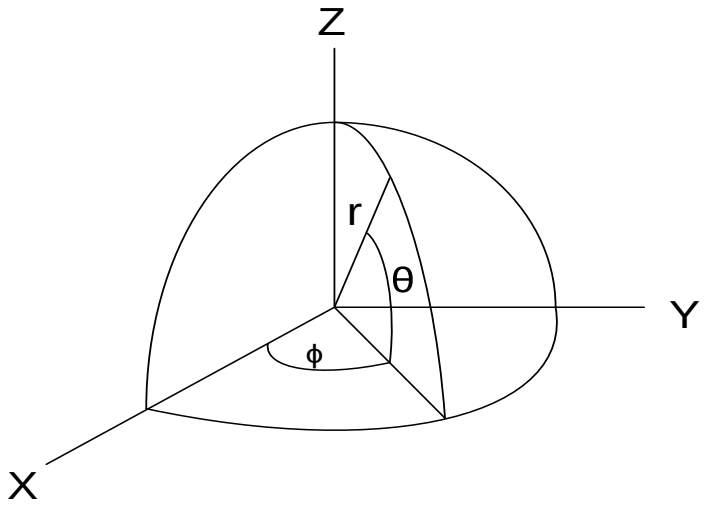
$$X = r\sin\theta\cos\phi$$

$$Y = r\sin\theta\sin\phi \qquad (2.5)$$

$$Z = r\cos\theta$$

2.2.5 การแปลงพิกัดของโซล่าเซลล์

โซล่าเซลล์ที่นำมาทดลองนั้นทำมุมด้านรับแสงอยู่ระหว่าง 2 ด้าน จึงได้นำทฤษฎีพิกัดทรงกลมในหัวข้อที่ 2.2.4 มาประยุกต์ใช้ แต่ทิศทางด้านรับแสงกับมุมรับแสงของโซล่าเซลล์ นั้นตรงกันข้ามกับสูตรการแปลงพิกัดทรงกลมเป็นพิกัดฉาก ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ 2.6



ภาพที่ 2.15 ระบบพิกัดทรงกลมที่นำประยุกต์ใช้กับโซล่าเซลล์

โดยที่

แกน X จะแทนด้วยด้านรับแสงจากทิศเหนือ (N) และใต้ (S)

แกน Y จะแทนด้วยด้านรับแสงจากทิศตะวันออก (E) และทิศตะวันตก (W)

r คือ ความยาวของแผงโซล่าเซลล์

θ คือ มุมรับแสงของแผงโซลล่าเซลล์ วัดจากแนวราบขึ้นไปหาแกน Z

ϕ คือ มุมอะซิมุท บอกถึงด้านรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ วัดจากแกน X โดยเริ่มเหวี่ยงออกจากที่มุมอะซิมุท 0 องศา (ด้านรับแสงทางทิศเหนือ) ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ดังนั้น การแปลงพิกัดของโซล่าเซลล์ สามารถหาค่าได้จากดังสมการที่ (2.6)

$$NS = r\cos\theta\cos\phi$$
$$WE = r\cos\theta\sin\phi \quad (2.6)$$
$$Z = r\sin\theta$$

2.3 การใช้เครื่องมือวัด

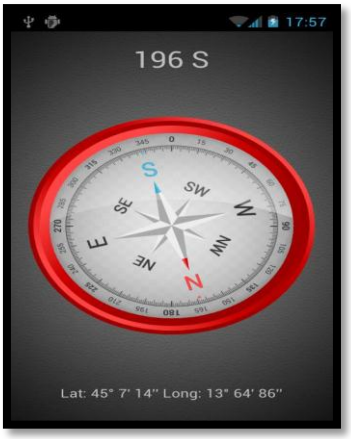
ในบทความนี้จะกล่าวถึงการใช้เครื่องมือสำหรับการวัด เครื่องมือวัดวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า(PV Analyzer) เครื่องมือวัดกำลังแสง(Solar Power Meter) แอพพลิเคชั่นเข็มทิศบนโทรศัพท์ และแอพพลิเคชั่นวัดมุมเอียงบนโทรศัพท์(Angle Meter)

2.3.1 แอพพลิเคชั่นเข็มทิศวัดมุมอะซิมุท [8]

เข็มทิศ คือเครื่องมือชี้บอกแนวทิศ ที่มีลูกศรเป็นเข็มแม่เหล็กเป็นตัวชี้เราสามารถใช้เข็มทิศได้ โดยวางเข็มทิศบนพื้นราบหรือถือเข็มทิศให้อยู่ในแนวระนาบให้ถูกต้องก่อนมองดูที่หน้าปัดเข็มทิศแล้วค่อย ๆ หมุนปรับให้หัวลูกศรตรงกับตัวอักษร N ซึ่งแสดงทิศเหนือ เพราะหัวลูกศรทำจากแม่เหล็กจะชี้ไปทางทิศเหนือ (ทิศเหนือแม่เหล็ก) เสมอ เมื่อปรับเข็มตรงกับทิศเหนือแล้วเราจะอ่านทิศต่างๆได้จากหน้าปัดเข็มทิศ เข็มทิศจึงเป็นเครื่องมือชี้บอกทิศทางได้อย่างถูกต้อง ซึ่งลูกเสือสามารถนำเข็มทิศไปใช้ในกิจกรรมต่างๆได้ เช่น การเดินทางไกล การสำรวจป่า การผจญภัย การสำรวจและการเยือนสถานที่ เป็นต้น แอพพลิเคชันเข็มทิศบนโทรศัพท์ คือ แอพพลิเคชันหนึ่งที่รองรับการใช้งานบนสมาร์ทโฟน (บนระบบปฏิบัติการ IOS , Android ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจาก App Store , Play Stroe) ซึ่งสะดวก เรียบง่าย รวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง

วิธีการใช้แอพพลิเคชันเข็มทิศวัดมุมอะซิมุท

1.ทำการเปิดแอพพลิเคชั่นเข็มทิศบนโทรศัพท์



ภาพที่ 2.16 หน้าตาแอพพลิเคชั่นเข็มทิศวัดมุมอะซิมุทบนโทรศัพท์ [9]

2.วางโทรศัพท์มือถือลงบนแผ่นไม้หรือวัสดุแข็งและเรียบที่สามารถวางให้แนบสนิทกับส่วนที่ต้องการวัด ให้แผ่นไม้ระนาบไปกับกำแพงหรือส่วนที่อยู่จุดเดียวกับมุมอะซิมุทของหลังคาที่ต้องการวัด (ต้องระวังไม่ให้โดนกับวัตถุที่เกิดสนามแม่เหล็ก)

ภาพที่ 2.17 จำลองวิธีการวัดมุมอะซิมุท

2.3.2 แอพพลิเคชั่นวัดมุมรับแสงบนโทรศัพท์(Angle Meter)

การวัดมุมรับแสง ด้วยการใช้แอพพลิเคชั่น Angle Meter บนโทรศัพท์มือถือ เพื่อเป็นการทดแทนการใช้อุปกรณ์วัดมุมในรูปแบบอื่นๆการวัดองศามุมรับแสงบนหลังคาถือเป็นสิ่งสำคัญของการทำโครงงานในครั้งนี้ เพราะองศามุมรับแสงที่บิดเพี้ยนไปมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของโซล่าเซลล์

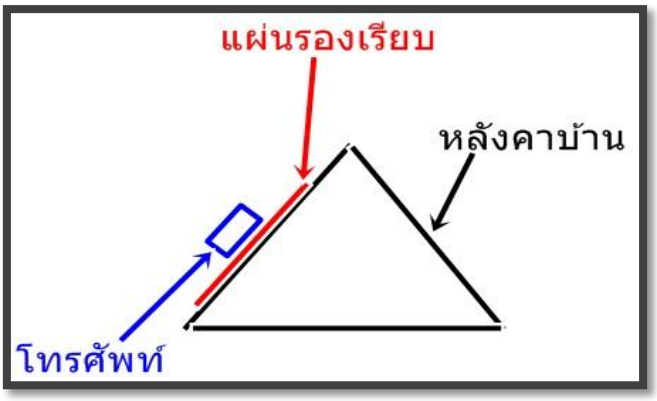
วิธีการใช้แอพพลิเคชั่นวัดมุมรับแสงบนโทรศัพท์ (Angle Meter)

1.เปิดแอพพลิเคชั่นวัดมุมรับแสงบนโทรศัพท์ (Angle Meter)

ภาพที่ 2.18 หน้าตาแอพพลิเคชั่น Angle Meter วัดมุมรับแสงบนโทรศัพท์ [10]

2.หาวัสดุแข็งและเรียบมาเป็นฐานรองการวัด (เพราะหลังคาไม่เรียบเสมอกัน) ดังภาพที่ 2.19 ก. แล้วทำการวัดองศามุมรับแสงของหลังคาที่ต้องการวัด ดังภาพที่ 2.19 ข.

ก. การวัดมุมรับแสงด้วยแอพพลิเคชั่นบนหลังคา



ข. จำลองวิธีการวัดมุมรับแสงบนหลังคา

ภาพที่ 2.19 การวัดองศามุมรับแสงของหลังคา

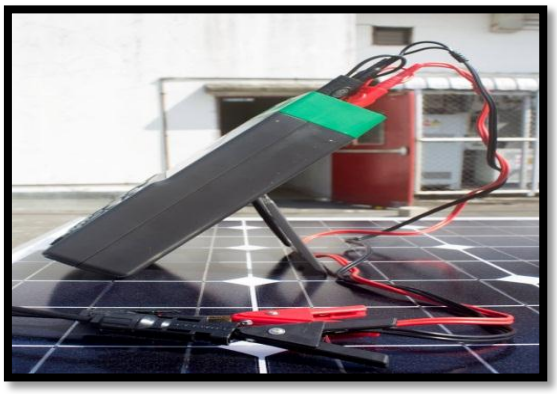
2.3.3 เครื่องมือวัด PV Analyzer

PV Analyzer คือเครื่องมือวัดกำลังงานไฟฟ้าที่สามารถแสดง Output เป็นกราฟความสัมพันธ์สองกราฟ คือ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน (IV Curve) และ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับแรงดัน (PV Curve)

ภาพที่ 2.20 เครื่องมือวัด PV Analyzer พร้อมทั้งอุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือวัด [11]

วิธีการใช้งานเครื่องมือวัด PV Analyzer

1.ทำการต่อเครื่องมือวัดเข้ากับโซลล่าเซลล์โดยสายแดงคือขั้วบวก (+) และสายดำคือขั้วลบ (-)

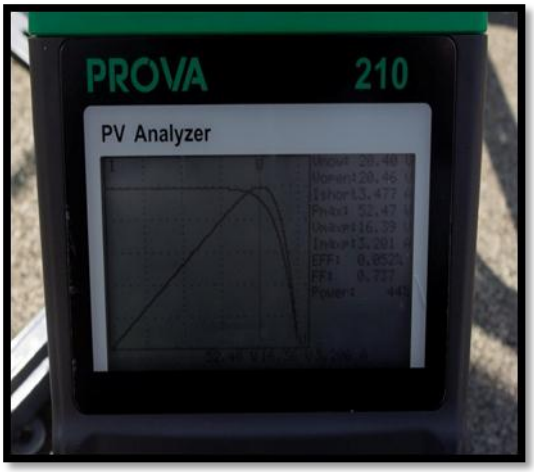


ภาพที่ 2.21 การต่อเครื่องมือวัดเข้ากับโซลล่าเซลล์

2. เมื่อกำลังแสงมีค่าคงที่ให้ทำการกดปุ่ม Auto Scan เพื่อทำการเก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้า

ภาพที่ 2.22 การเริ่มต้นวัดค่ากำลังไฟฟ้า

3. ทำการเก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้าของโซลล่าเซลล์โดยจะแสดงเป็น (IV Curve) และ (PV Curve) แล้วทำการบันทึก



ภาพที่ 2.23 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากโซลล่าเซลล์

2.3.4 เครื่องวัดกำลังแสง (Solar Power Meter)

เครื่องมือวัดกำลังแสง (Solar Power Meter) เป็นอุปกรณ์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความแม่นยำสูง มีหน่วยเป็น W/m^2

ภาพที่ 2.24 การวัดกำลังแสง

2.4 การติดตั้งโซล่าเซลล์บนหลังคา

การติดตั้งโซล่าเซลล์บนหลังคานั้นจะต้องทำการตรวจสอบพื้นที่บนหลังคาว่าสามารถติดตั้ง แผงโซล่าเซลล์ได้เท่าไหร่ โดยทั่วไปแล้วในการคำนวณจะใช้ตัวเลขโดยประมาณจะคิดที่ 1 kW = 10 ตารางเมตร หรือ100 W = 1 ตารางเมตร ซึ่งในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์แบบคริสตัลไลน เพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ เช่นหากมีพื้นที่ 50 ตารางเมตร ก็สามารถประเมินได้ว่าบ้านหลังนี้สามารถติดแผงโซล่าเซลล์ได้ประมาณ 5 kW เป็นต้น โดยการติดตั้งจริงอาจจะติดตั้งได้มากกว่าหรือน้อยกว่ากำลังการผลิตที่ประเมินได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการวางแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาสูงสุดว่ามีขนาดเท่าไหร่ โดยผู้ออกแบบนั้นควรสำรวจหน้างานเพื่อประเมินถึงกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เพื่อให้ได้ข้อมูลในการประเมินผลที่ใกล้เคียง

การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์โดยทั่วไปแล้ว จะใช้ตัวเลขในการออกแบบเพื่อคำนวณน้ำหนักบรรทุกของแผงโซล่าเซลล์และชุดโครงสร้างจับยึดหลังบนหลังคา สายไฟต่างๆและรางเดินสายจะอยู่ที่ 16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2) หากเผื่อไปที่ 1.25 เท่าจะได้ตัวเลขน้ำหนักบรรทุก 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2) ซึ่งจะเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่เพื่อใช้ในการประเมินผลว่าโครงสร้างของอาคารสามารถที่จะติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ได้ โดยปกติแล้วหลังคาบ้านทั่วไปนั้นจะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ที่ 30 kg/m^2 (พรบ.ควบคุมอาคารปี 2527) และ 50 kg/m^2 (พรบ.ควบคุมอาคารปี 2544) ซึ่งหมายความว่าบ้านเรือนทั่วไปสามารถติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ได้หากบ้านหลังดังกล่าวทำการก่อสร้างถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรมหรือกฎหมายควบคุมอาคาร