บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงควบคุมระยะไกล สำหรับลดค่ากระแสไฟฟ้าในครัวเรือนในครั้งนี้ เป็นการศึกษาแนวความคิดหลักทางด้านวิศวกรรม ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง ซึ่งสามารถรวบรวมได้ตามลำดับ ดังนี้

พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อต้นทุนของประเทศในทุกด้านทั้งทางด้านเศรษฐกิจการเมือง และสังคม ล้วนแล้วแต่มีส่วนเชื่อมโยงกับพลังงานแทบทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการดำรงชีวิตประจำวันการประกอบอาชีพ การผลิตวัตถุดิบ หรือแม้แต่ต้นทุนการผลิตภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและมีการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พลังงานมีจำกัดและขาดแคลน รวมถึงสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยและทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ดังนั้น จึงต้องมีการจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดี สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และสามารถตอบสนองความต้องการการพลังงานใช้ในกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอดังนั้น กระทรวงพลังงานจึงได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 ถึง 2565) โดยมอบหมายให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อดำเนินการจัดหา ดำเนินการ และพัฒนาพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ ขึ้น เพื่อให้ประเทศมีความยั่งยืนและมั่นคงในด้านพลังงาน (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง และคงที่ตลอดทั้งปีซึ่งมีความเข้มของรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่า 18.0 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (MJ/m2/day) หรือ 5.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (kWh/m2/day)จัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหลาย ๆ ประเทศ (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) ดังนั้น ในปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์ จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ อุปกรณ์ที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ คือ แผ่นโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) จึงจัดว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สะอาดและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะใด ๆ ต่อโลก

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโซล่าเซลล์

Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ Photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น Photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้าเมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon) แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide) แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้ (โซล่าเซลล์ ไทยแลนด์96, 2556)

1. ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

สามารถแบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

1.1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono Crystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

1.2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 5 – 10 เท่านั้น

1.3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 20-25

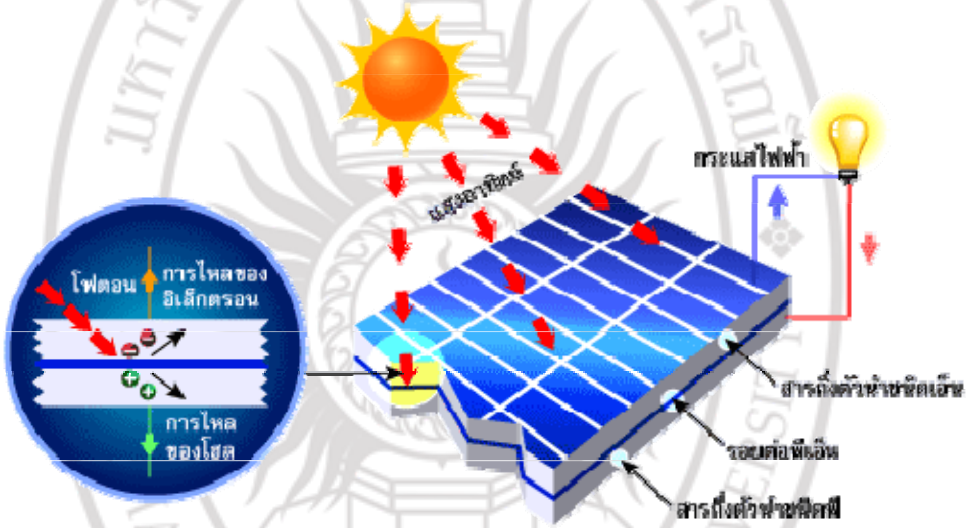
2. โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า

ด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

3. หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ดังภาพที่ 2.1 จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอน และโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

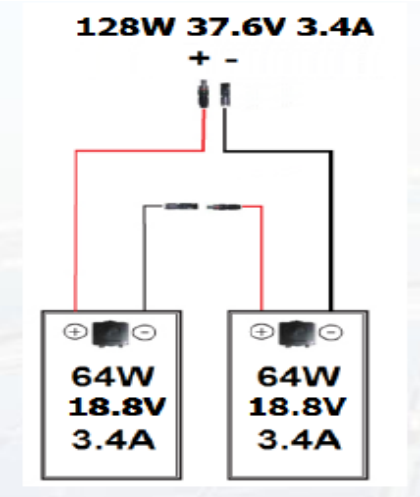


ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา : (โซล่าเซลล์ ไทยแลนด์96, 2556)

4. การเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์

4.1. การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม

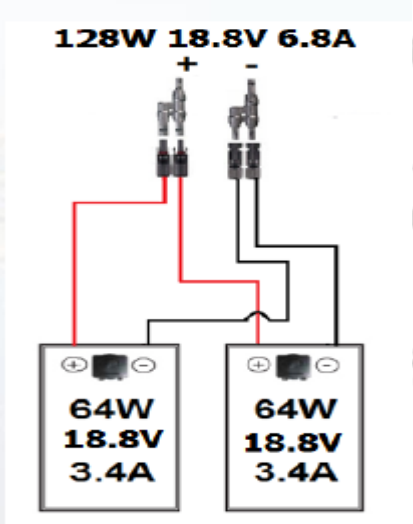
การอนุกรมแผงโซล่าเซลล์นั้นจะเป็นการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดโดยกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะมีค่าเท่ากันทั้งวงจร โดยภาพที่ 2.2 นั้นจะเป็นตัวอย่างการนำแผงโซล่าเซลล์ขนาด 64 วัตต์ แรงดัน 18.8 โวลต์ กระแส 3.4 แอมแปร์ จำนวนสองแผงมาต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งจะทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มเป็น 128 วัตต์ แรงดันรวมของระบบเพิ่มเป็น 37.6 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 3.4 แอมแปร์ เท่าเดิม (นครินทร์ รินผล, 2559 : 11-26)



ภาพที่ 2.2 การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 11)

4.2. การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน

การขนานแผงโซล่าเซลล์นั้นจะเป็นการเพิ่มระดับกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดโดยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะมีค่าเท่ากันทั้งวงจร โดยภาพที่ 2.3 นั้นจะเป็นตัวอย่างการนำแผงโซล่าเซลล์ขนาด 64 วัตต์ แรงดัน 18.8 โวลต์ กระแส 3.4 แอมแปร์ จำนวนสองแผงมาต่อกันขนานกัน ซึ่งจะทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มเป็น 128 วัตต์ กระแสไฟฟ้ารวมของระบบเพิ่มขึ้นเป็น 6.8 แอมแปร์ และแรงดันไฟฟ้า 18.8 โวลต์ เท่าเดิม



ลิขสิทธิ์ของ ...าไพรรณี

ภาพที่ 2.3 การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 11)

4.3. การเชื่อมต่อระหว่างแผงโซล่าเซลล์

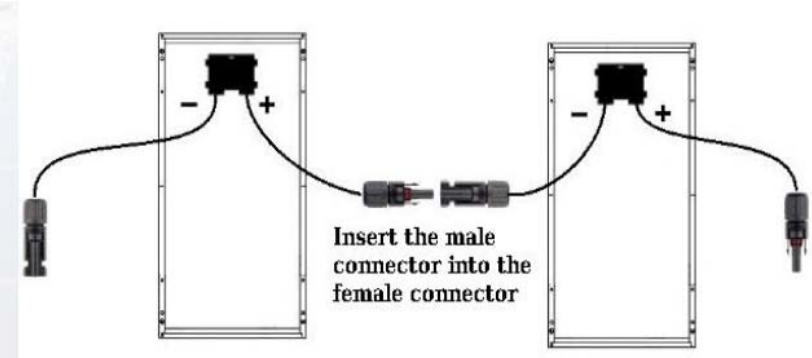
สำหรับการต่อแผงโซล่าเซลล์นั้นเพื่อให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วบริษัทผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์ส่วนใหญ่จะมีคอนเนกเตอร์หรือแจ๊คเชื่อมต่อ (MC 4 Connection) ติดตั้งมากับแผงโซล่าเซลล์ ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถป้องกันรังสียูวีและป้องกันฝุ่น และน้ำได้ โดย MC4 นั้นประกอบไปด้วยตัวเมียซึ่งเป็นขั้วบวก (+) ดังภาพที่ 2.5 และตัวผู้ซึ่งเป็นขั้วลบ (-) ดังภาพที่ 2.6

โดยหากต้องการอนุกรมแผงโซล่าเซลล์เพื่อเพิ่มแรงดันในระบบสามารถทำได้โดยการต่อ MC4 ตัวผู้และตัวเมียเข้าด้วยกันดังภาพที่ 2.7 และหากต้องการขนานแผงโซล่าเซลล์เพื่อเพิ่มกระแสในระบบสามารถใช้ตัวต่อ PV-Branch หรือเรียกว่า Couplers โดยจะมีทั้งแบบสำหรับตัวผู้และแบบสำหรับตัวเมียเพื่อที่จะสามารถต่อ MC4 ตัวเข้าด้วยกันได้ดังภาพที่ 2.8 ซึ่งการเพิ่มกำลังไฟฟ้าในระบบให้สูงขึ้นเพื่อใช้งานนั้นสามารถต่อแผงโซล่าเซลล์โดยผ่านคอนเนกเตอร์ได้ดังภาพที่ 2.9

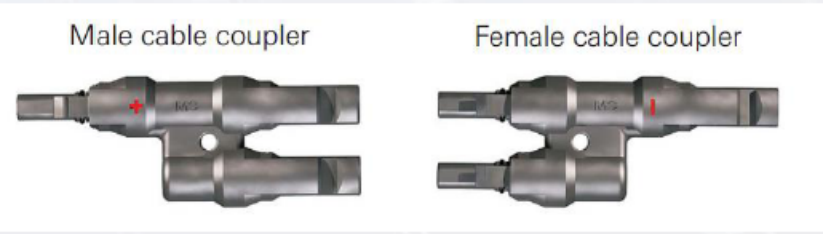
ภาพที่ 2.4 การป้องกันจากการรังสีดวงอาทิตย์ และน้ำฝน
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 12)

ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของ MC4 ตัวเมีย (ขั้ว +)
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 12)

ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของ MC4 ตัวผู้ (ขั้ว -)
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 12)



ภาพที่ 2.7 การเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์โดยใช้คอนเนกเตอร์แบบ MC4
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 12)



ภาพที่ 2.8 ตัวต่อ MC4 PV Branch หรือ Coupler ตัวผู้และตัวเมีย
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 13)

ภาพที่ 2.9 การเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 13)

สายไฟฟ้าใช้งานในการเชื่อมต่อระหว่างแผงโซล่าเซลล์นั้น จะใช้สายที่เรียกว่า สาย PV / PV 1-F ซึ่งมีความสามารถทนอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส โดยสายชนิดนี้จะประกอบด้วยสายเส้นเล็กๆ จำนวนมาก ทำให้เหมาะกับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไฟไหลผ่านได้ดี เพราะไฟฟ้ากระแสตรง จะวิ่งที่ขอบของสายไฟเส้นเล็กๆ มีค่าความสูญเสียการไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้สายไฟเส้นใหญ่ ๆเพียงเส้นเดียว นอกจากนี้ยังเคลือบด้วยนิเกิล เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ของสายไฟฟ้าได้เป็นอย่างดีดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 สาย PV / PV 1-F

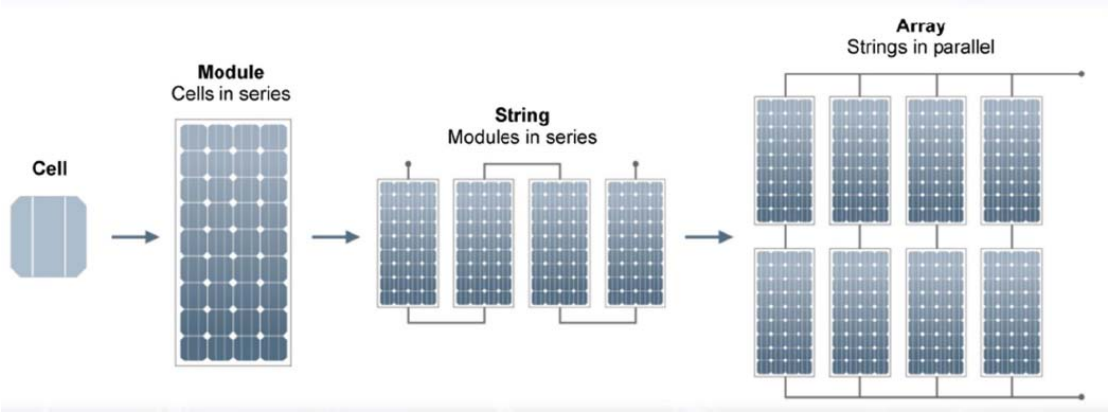
การเข้าสายไฟและคอนเนกเตอร์ MC4 นั้น นับว่ามีความสำคัญอย่างมากในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ เพราะหากทำการเข้าสายไฟหรือคอนเนกเตอร์ MC4 ไม่แน่นย่อมส่งผลถึงปัญหาที่เกิดขึ้นตามมา อาทิเช่น ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงอาทิเช่น อัคคีภัยซึ่งเกิดจากความร้อนที่เกิดจากความต้านทานบริเวณรอยต่อของสายไฟและคอนเนกเตอร์ เป็นต้น ซึ่งผู้ติดตั้งควรจะเข้าสายไฟและคอนเนกเตอร์ให้แน่นและตรวจเช็คทุกครั้ง ซึ่งอาจจะใช้กล้องตรวจจับความร้อนร่วมด้วยในการตรวจสอบ ซึ่งขั้นตอนการสายไฟฟ้านั้นเริ่มจากการปอกสายไฟและเข้าสายไฟกับหัวพินด้วยประแจเข้าหัวนอต MC4 แล้วนำหัวพินตัวผู้หรือตัวเมียเข้าซ๊อกเกต หลังจากนั้นก็ล๊อกซ๊อกเกตให้แน่นด้วยอุปกรณ์เข้าหัว MC4 (Spanner) เมื่อทำการเข้าสายไฟกับหัว MC4 เรียบร้อยแล้ว ก็จะสามารถเชื่อมต่อ MC4 ระหว่างตัวผู้และตัวเมียได้ โดยวิธีการเข้าสายไฟกับคอนเนกเตอร์ MC4 สามารถแสดงดังภาพที่ 2.11

ลิขสิทธิ์ของ ไพพรรณี

ภาพที่ 2.11 หัวคอนเนกเตอร์ MC4

4.4. การเพิ่มกำลังไฟฟ้าในระบบ

แผงโซล่าเซลล์ในแต่ละแผง (Module) นั้นจะประกอบไปด้วยเซลล์ (Cell) หลายๆ ตัวต่ออนุกรมหรือขนานกันภายในแผงโซล่าเซลล์ แต่อย่างไรก็ตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตด้วยแผงโซล่าเซลล์ 1 แผงอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้งานในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำแผงโซล่าเซลล์มาต่อกัน โดยหากนำแผงโซล่าเซลล์มาต่อนุกรมกันหลายๆ แผง จะเรียกว่า สตริง (String) และการต่อสตริงขนานกันหลายๆแถวจะเรียกว่า อาเรย์ (Array) ซึ่งสามารถอธิบายดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 การเพิ่มกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 15)

5. ชนิดของโซล่าเซลล์

ชนิดของโซล่าเซลล์ที่วางขายในท้องตลาดในประเทศไทย ปี 2558 สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Crystalline และ Thin-Film โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1. แผงโซล่าเซลล์ประเภท Crystalline

เซลล์แสงอาทิตย์แบบคริสตัลไลน์ (Crystalline Solar Cells) เป็นโซล่าเซลล์ที่เป็นสร้างจากผลึกสารกึ่งตัวนำอาทิเช่น ซิลิกอน (SI) เป็นต้น ซึ่งให้กำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงกว่าแบบฟิล์มบาง (Thin Film) แต่ประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงอย่างมากเมื่อทำงานในกาภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและไม่ตอบรับย่านความถี่ทุกย่านของแสงอาทิตย์ ทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีน้อยกว่าแบบฟิล์มบาง โดยเซลล์แสงอาทิตย์แบบคริสตัลไลน์นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

5.1.1. แบบโมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline) หรือซิงเกิ้ลติคริสตัลไลน์ (Single Crystalline) โซล่าเซลล์ชนิดนี้จะเป็นชนิดผลึกเดี่ยว โดยนำซิลิกอนไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศา เพื่อสร้างแท่งผลึกขนาดใหญ่ก่อนไปตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ โดยแผงโซล่าเซลล์แบบผลึกเดี่ยวนั้นจะมีราคาแพงกว่าแบบโพลีคริสตัลไลน์แต่จะให้กำลังไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่ในการติดตั้ง โดยจะมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 15 ถึง 20 เนื่องจากการเรียงตัวผลึกในแต่ละเซลล์ที่ดีกว่า โดยจะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงอย่างมาก เมื่อทำงานในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงโดยการติดตั้งนั้นจะใช้พื้นที่ประมาณ 7 ถึง 9 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์

5.1.2. แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Poly Crystalline) หรือมัลติคริสตัลไลน์ (Multi Crystalline) หรือแบบผลึกรวมได้ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยวโดยนำซิลิคอนมาหลอมในเบ้าให้เป็นแท่งแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้าๆ ก่อนไปตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ โซล่าเซลล์แบบผลึกผลมนั้นจะมีประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อยเพราะการเรียงตัวของผลึกในเซลล์ที่แตกต่างกันโดยแบบผลึกรวมนั้นจะมีขอบเกรนของผลึก (Grain boundaries) เป็นจำนวนมากทำให้ผลึกเรียงตัวกันไม่ดี แต่แบบ Mono Crystalline จะไม่มีของเกรน ทำให้การเรียงตัวของผลึกดีกว่าแบบ Poly Crystalline โดยเซลล์แบบโพลีคริสตัลไลน์นั้นจะมีกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแบบฟิล์มบาง เมื่อเทียบกับพื้นที่ติดตั้งแต่จะน้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์โดยจะมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 13 ถึง 16 โดยในปี 2558 โซล่าเซลล์แบบผลึกผสมนั้นจะมีสัดส่วนบนทั้งตลาดมากที่สุดเพราะมีราคาที่ถูกและให้ประสิทธิภาพของกำลังไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับพื้นที่ในการติดตั้ง โดยการติดตั้งนั้นจะใช้พื้นที่ 7.5 ถึง 10 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์

5.2 แผงโซล่าเซลล์ประเภท Thin Film

แผงโซล่าเซลล์แบบฟิล์มบาง (Thin Film) จะมีความไวแสงมากที่สุด ทำให้สามารถรับแสงที่มีความยาวคลื่นในย่านต่ำๆ ได้ดี ส่งผลทำให้รับแสงในพื้นที่มีเมฆหมอก ฝุ่นละออง ท้องฟ้าคลื้มๆ มีฝนตกชุก หรือแสงจากหลอดไฟฟ้าได้ สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงได้ดี นิยมนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือให้กำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่การติดตั้งไม่สูงมากจึงทำให้ต้องใช้พื้นที่มากในการติดตั้ง แต่ถ้าเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีนั้นจะสูงกว่าแบบคริสตัลไลน์เนื่องจากคุณสมบัติไวแสง และตอบรับย่านความถี่ทุกย่านของแสงอาทิตย์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

อะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon) มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 6 ถึง 8 ใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 14 ถึง 20 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์

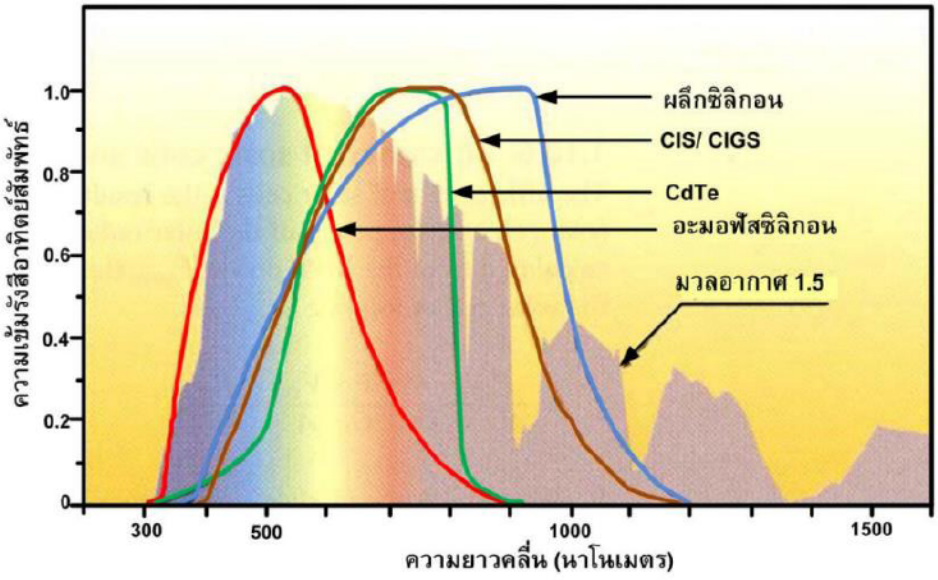
แคดเมี่ยมเทลลูไลด์ (Cadmium telluride : CdTe) มีประสิทธิภาพประมาณ ร้อยละ 9 ถึง 11 ใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 12 ถึง 17 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์

คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลเนียม (Copper indium diselenide : CIS) มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 10 ถึง 12 ใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 9 ถึง 11 ตารางเมตรต่อกิโลวัตต์

ภาพที่ 2.13 แผงโซล่าเซลล์ชนิดต่าง ๆ
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 16)

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	พื้นที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการ สำหรับ 1 กิโลวัตต์สูงสุด (ตารางเมตร)	
เซลล์แบบผลึกเดี่ยว	7 - 9	
เซลล์แบบผลึกเดี่ยวประสิทธิภาพสูง	6 - 7	
เซลล์แบบหลายผลึก	7.5 - 10	
Copper indium diselenide (CIS)	9 - 11	
Cadmium telluride (CdTe)	12 - 17	
เซลล์แบบอะมอร์ฟัส	14 - 20	

ภาพที่ 2.14 พื้นที่ในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์แบบโมโนคริสตัลไลน์ โพลีคริสตัลไลน์ และฟิล์มบาง
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 16)



ภาพที่ 2.15 ผลตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงอาทิตย์ของโซล่าเซลล์ประเภทต่าง ๆ
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 17)

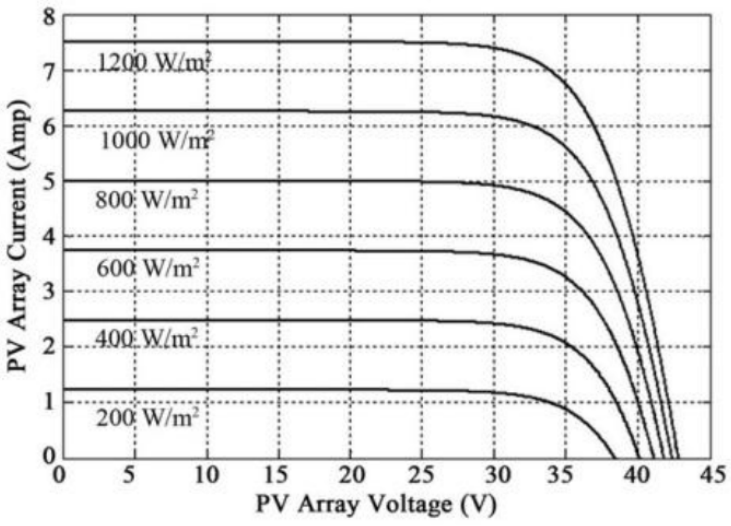
หมายเหตุ : ในอนาคตอาจจะมีเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ใหม่ๆ ขึ้นมากมาย อาทิ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super crystalline หรือเรียกว่าแบบ Amorphous Triple Junction เซลล์ชนิดนี้จะรวมเอาข้อดีของทั้ง Amorphous และ Crystalline มาไว้ด้วยกัน โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Amorphous และสามารถใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับแบบฐานรองประเภทพลาสติก ทำให้

มีน้ำหนักเบา การขนส่งสะดวก สามารถติดตั้งตามพื้นผิวของวัสดุต่างๆ ได้หลากหลาย แต่มีข้อเสียคือ มีราคาแพงกว่าชนิดอื่นๆ ถึงร้อยละ 30 แต่ในอนาคตเมื่อมีการแข่งขันทางตลาดจะส่งผลทำให้ ราคาถูกลง ผู้เขียนคาดว่าจะได้รับความนิยมและนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น

6. ผละกระทบที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของโซล่าเซลล์

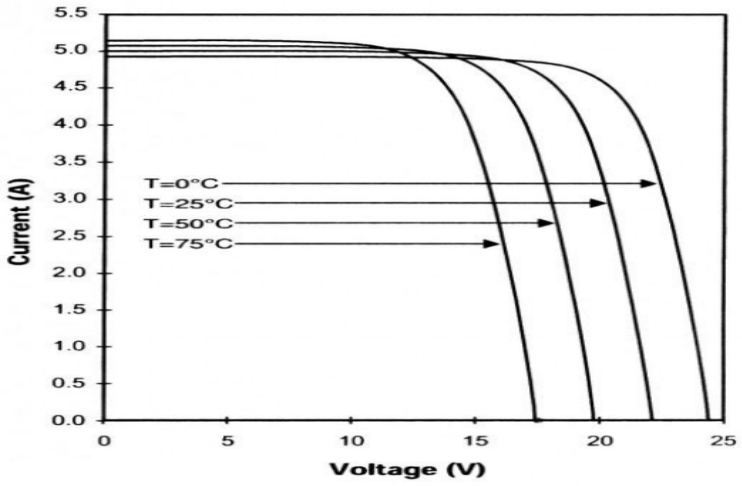
กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงนั้นจะส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์โดยตรง เพราะกำลังไฟฟ้าคือผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า (P = VxI) เพราะฉะนั้นปัจจัยเรื่องความเข้มแสงและอุณหภูมิจะเป็นตัวแปรสำคัญของการผลิตไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์

6.1. ผลกระทบจากความเข้มแสง หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งมีหน่วยที่นิยมใช้กันคือ วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ซึ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์นั้นจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกจากแผงโซล่าเซลล์ ถ้าความเข้มของแสงลดลงจะส่งผลต่อกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ที่ลดลง และถ้าความเข้มของแสงมีค่ามากขึ้นก็จะส่งผลทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์นั้นจะมีผลกระทบที่น้อยมากต่อแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ (ในอุดมคติถือว่าไม่มีผลกระทบ) โดยภาพที่ 2.16 จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความเข้มแสงในการทดสอบแผงโซล่าเซลล์ที่สภาวะความเข้มแสงที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2.16 ผลกระทบของความเข้มแสงที่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 18)

6.2. ผลกระทบจากอุณหภูมิ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนแผงโซล่าเซลล์ในแต่เวลานั้นจะส่งผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแผงโซล่าเซลล์ โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์นั้นลดลง และเมื่ออุณหภูมิลดลงจะส่งผลทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมินั้นจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกมาจากโซล่าเซลล์น้อยมากๆ (ในอุดมคติถือว่าไม่มีผลกระทบ) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 2.17

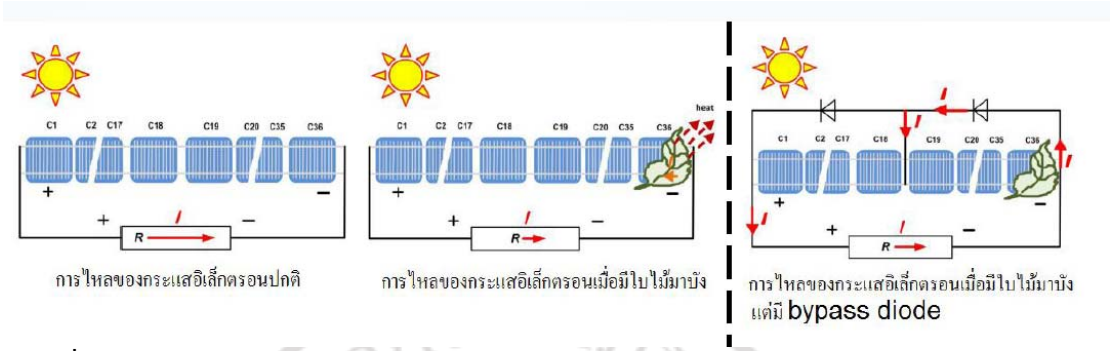


ภาพที่ 2.17 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 18)

6.3. ผลกระทบเมื่อเกิดเงาบัง การเกิดเงาบนแผงโซล่าเซลล์นั้นจะส่งผลต่อความสูญเสียที่เกิดจากกำลังไฟฟ้าที่ลดลงอย่างมากเมื่อมีเงาตกลงบนแผงโซล่าเซลล์และยังทำให้เกิดความร้อนขึ้นในตัวเซลล์ เนื่องจากเซลล์ที่ถูกบังจะทำหน้าที่เป็นภาระทางไฟฟ้าแทนที่จะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า ซึ่งในทางปฏิบัติการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมหากันเป็นแผงโซล่าเซลล์นั้นจะต้องมี Bypass Diode เข้าไปในแผงเซลล์เพื่อทำหน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชั่วขณะ

กรณีที่เกิดเงาบังหรือแม้กระทั้งกรณีที่เซลล์เสียหายถาวร Bypass Diode จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแผงเซลล์เป็นปกติ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านส่วนของเซลล์ที่เกิดเงาบังเป็นผลทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าโดยรวมจากแผงโซล่าเซลล์มีการลดทอนเพียงเล็กน้อย ดังภาพที่ 2.18 โดยในแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะมี Bypass Diode อยู่ในกล่องรวมสาย (Junction Box) ที่ต่ออยู่กับแผงดังภาพที่ 2.19 แต่อย่างไรก็ตามการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ที่ดีนั้นควรติดตั้งในสถานที่ไม่มีเงาบังเพื่อลดความสูญเสีย

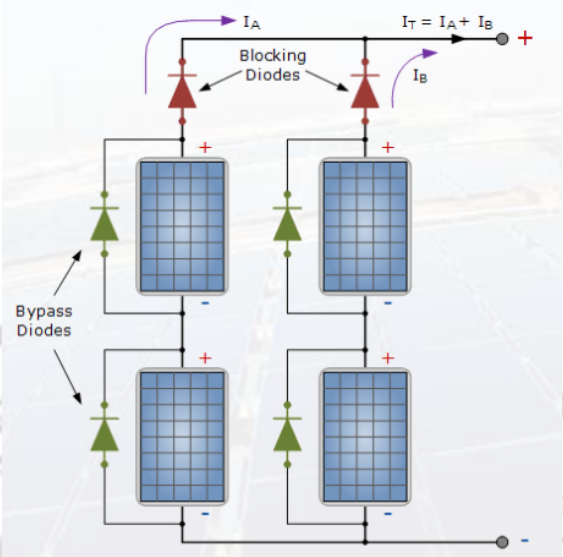
นอกจากการติดตั้ง Bypass Diode ในแผงโซล่าเซลล์เพื่อลดผลกระทบจากเงาที่ตกกระทบบนเซลล์ของแผงโซล่าเซลล์แล้ว ผู้ติดตั้งบางรายได้นิยมติดตั้ง Bypass Diode เพิ่มเติมข้างนอกแผงโซล่าเซลล์ เพื่อลดผลกระทบจากเงาที่ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละสตริง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านแผงโซล่าเซลล์ที่ไม่เกิดเงาบัง ทำให้เงาที่ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์ในสตริงนั้นๆ มีผลต่อกำลังไฟฟ้าของระบบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.18 การไหลของกระแสอิเล็กตรอนของโซล่าเซลล์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 19)

ภาพที่ 2.19 การติดตั้ง Bypass Diode บริเวณ junction box ของแผงโซล่าเซลล์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 19)

ในระบบโซล่าเซลล์นั้นการติดตั้งจะต้องคำนึงถึงผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าที่ไม่เท่ากันของแต่ละสตริงซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยอย่างเช่น เงาจากอาคาร ความเข้มแสงที่ลดลงเนื่องจากการบังแดดจากเมฆในบางสตริง คุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์ที่ไม่เท่ากัน มุมเอียงของการติดตั้งที่ไม่อยู่ระนาบเดียวกัน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สตริงที่มีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำกลายเป็นโหลดทางไฟฟ้าชั่วคราวทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากสตริงที่ยังคงผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดีมายังสตริงที่ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ต่ำซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าโดยรวมมีค่าลดลง ดังนั้นเพื่อป้องกันภาวะดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้ง Blocking Diode ที่ปลายสายของทุกสตริงเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนจากสตริงตัวอื่นๆ ดังภาพที่ 2.20

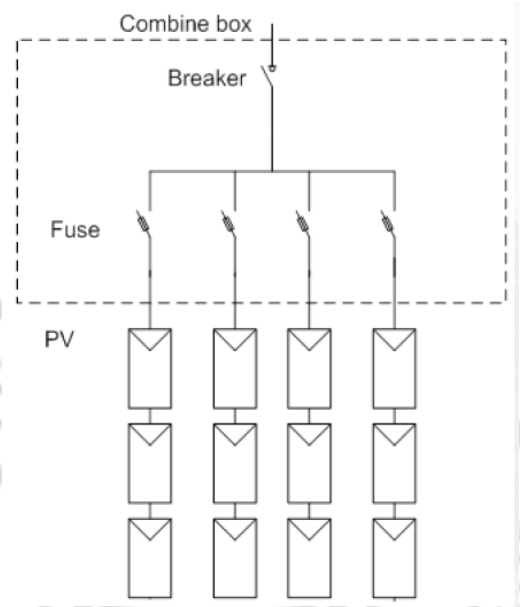


ภาพที่ 2.20 การติดตั้ง Blocking Diode และ Bypass Diode
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 20)

โดยการติดตั้ง Blocking Diode นั้นจะต้องคำนึงถึงผลของการสูญเสียจากแรงดันตกคร่อมของไดโอดซึ่งจะลดทอนไปส่วนหนึ่ง ซึ่งจากการศึกษาจากการติดตั้งบนหลังคาบ้านเรือน 1000 หลังคา ในประเทศเยอรมันพบว่า การติดตั้ง Blocking Diode นั้นมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีใกล้เคียงกับบ้านที่ไม่ได้ติดตั้ง Blocking Diode เนื่องจากค่าความสูญเสียที่เกิดในแต่ละสตริงได้ถูกเชยจากค่าความสูญเสียที่เกิดบน Blocking Diode เพราะฉะนั้นแล้วหากสตริงที่ต่อกันในแต่ละอาเรย์มีคุณสมบัติที่เหมือนกัน (แผงโซล่าเซลล์รุ่นเดียวกัน จำนวนแผงเท่ากัน) ก็ไม่จำเป็นต้องติดตั้ง Blocking Diode เพิ่มเติมแต่อย่างใด

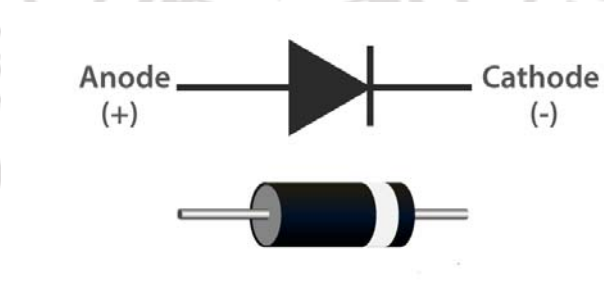
โดย Blocking Diode นั้นจะเหมาะสมในการต่อป้องกันกรณีคุณสมบัติแต่ละสตริงไม่ใกล้เคียงกัน เช่น ใช้แผงโซล่าเซลล์ที่ต่างรุ่นกัน จำนวนของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละสตริงต่างกัน หรือคุณสมบัติของสภาพล้อมแตกต่างกันมาก (มุมรับแสง พื้นที่เกิดเงาและไม่เกิดเงา) เพราะจะเกิดกระแสย้อนกลับเข้ามาในสตริงปริมาณสูงมากหากไม่มี Blocking Diode ป้องกัน ซึ่งในการออกแบบนั้นจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมอีกครั้ง

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นควรติดตั้งฟิวส์ (Fuse) ในแต่ละสตริง ดังภาพที่ 2.21 เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินกว่ากระแสใช้งานปกติ ซึ่งฟิวส์จะทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าสูงกว่าตัวมันจะทำให้เกิดการละลายของตัวนำภายในฟิวส์ทำให้เกิดการเปิดวงจร ส่งผลทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในสตริงนั้น ๆทำให้สามารถป้องกันอันตรายจากกระแสที่ไหลเกินการใช้งานได้ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดอัคคีภัยได้



ภาพที่ 2.21 การต่อฟิวส์ในกล่องรวมแผงโซล่าเซลล์
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 21)

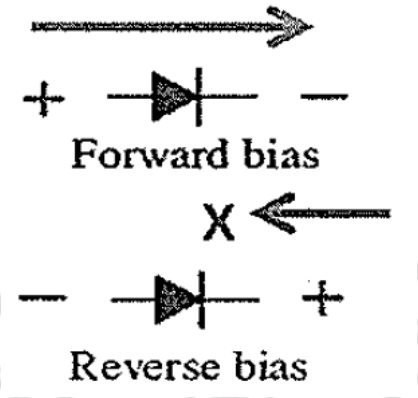
เกร็ดความรู้ : ไดโอด (Diode) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งซึ่งผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำ ประกอบไปด้วยขั้วแอดโนด (Anode) และคาโธด (Cathode) โดยมีรูปร่างและสัญลักษณ์ที่ใช้ในงานไฟฟ้าดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 รูปร่างและสัญลักษณ์ของไดโอด
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 21)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การใช้งานไดโอดนั้น ถ้าต้องการให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้จะต้องต่อขั้วบวก (+) เข้าแอดโนดและขั้วลบ (-) เข้าคาโธด เรียกการต่อแบบนี้ว่า Forward bias และหากต้องการไม่ให้กระแสไหลผ่านไดโอดได้ให้ทำการต่อขั้วบวก (+) เข้าที่คาโธด และขั้วลบ (-) เข้าที่แอดโนด เรียกการต่อแบบนี้ว่า Reverse Bias ดังแสดงในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 การใช้งานไดโอดแบบ Forward bias และ Reverse Bias
ที่มา : (นครินทร์ รินผล, 2559 : 22)

7. คุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์

คุณสมบัติด้านของแผงโซล่าเซลล์ที่ทางผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์ระบุมานั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.1. การทดสอบประสิทธิภาพของแผงเซลล์ (Performance testing) ที่ทางผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์บอกมานั้นจะประกอบด้วยมาตรฐานการทดสอบ 2 ชนิดดังนี้

7.1.1 Performance at Standard Test Condition (STC) คือ การทดสอบแผงเซลล์เมื่อได้รับแสงความเข้มแสง (Irradiance) ที่ 1000 W/m² อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

7.1.2 Performance at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) คือ การทดสอบแผงเซลล์เมื่อได้รับแสงความเข้มแสง (Irradiance) ที่ 800 W/m² อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

7.2 ค่าพื้นฐานทางไฟฟ้าที่ต้องรู้

Pmax = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ วัตต์ (Watt)

Imp = กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ แอมป์ (Amp)

Vmp = แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ โวล์ท (Volt)

VOC = ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเกิดการเปิดวงจร โวล์ท (Volt)

Isc = ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเกิดการลัดวงจร แอมป์ (Amp)

Module Efficiency = ค่าประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์หน่วยเป็นร้อยละ

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์นั้นยังขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อองศา (%/°C) โดยเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละรุ่นที่เลือกใช้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้งานดังต่อไปนี้

Temperature of Pmax= ค่าสัมประสิทธิ์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์หน่วยเป็น (%/°C)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

Temperature of Voc = ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเกิดการเปิดวงจร หน่วยเป็น (%/°C)

Temperature of Isc = ค่าสัมประสิทธิ์ของกระแสไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเกิดการลัดวงจร หน่วยเป็น (%/°C)

7.3. ค่าพื้นฐานทางกลที่ต้องรู้

Dimension = ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ (ยาวxกว้างxหนา) หน่วยเป็น เมตร (Meter : m)

Weight = น้ำหนักของแผงโซล่าเซลล์ หน่วยเป็น กิโลกรัม (Kilogram: kg)

Cable Type = ชนิดสายเคเบิ้ล

Connector = ชนิดขั้วต่อแผงโซล่าเซลล์

เนื้อหาเพิ่มเติม : การเลือกซื้อแผงโซล่าเซลล์ ยิ่งประสิทธิภาพของแผงยิ่งสูงยิ่งดี และค่าสัมประสิทธิ์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ยิ่งต่ำยิ่งดี และน้ำหนักรวมของโมดูลยิ่งเบายิ่งดี สำหรับจังชั่นบ๊อกควรเป็น IP65 หรือ67 ซึ่งจะช่วยกันน้ำกันฝุ่นได้ เฟรมควรใช้อุปกรณ์ที่ไม่เป็นสนิม เช่น อลูมิเนียม กระจกควรเป็นกระจกที่ให้แสงผ่านได้ดีและแข็งแรงต่อแรงกระแทกได้

8. การรับประกันของแผงโซล่าเซลล์

ในการเลือกซื้อควรพิจารณาเรื่องการรับประกันแผงโซล่าเซลล์ด้วย โดยทั่วไปแล้วทางบริษัทผู้ผลิตจะรับประกันด้านประสิทธิภาพของแผง 25 ปี (Performance Warranty) จะมีค่าไม่ต่ำกว่า 80% และการรับประกันสินค้า 10 ปี (Product Warranty) โดยการใช้งานจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขการรับประกันตามที่บริษัทผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์ระบุ

9. มาตรฐานของแผงโซล่าเซลล์

ในการเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์นั้นจะต้องพิจารณาถึงมาตรฐานของแผงโซล่าเซลล์ที่ผู้ผลิตได้รับโดยทั่วไปแล้วมาตรฐานที่ทางผู้ผลิตจะต้องระบุในแคตตาล็อกสินค้ามีดังนี้

9.1. IEC 61215 หรือ มอก. 1843 คือการทดสอบคุณสมบัติประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเชื่อมต่อเป็นระบบ (solar array) ของแผงโซล่าเซลล์แบบคริสตัลไลน์ (Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval)

9.2. IEC 61646 หรือ มอก. 221 คือการทดสอบคุณสมบัติประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเชื่อมต่อเป็นระบบ (solar array) ของแผงโซล่าเซลล์แบบฟิล์มบาง (Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval)

9.3. IEC 61730 คือการทดสอบด้านความปลอดภัยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามมาตรฐาน (Photovoltaic module safety qualification)

นอกจากนี้แล้วทางผู้ผลิตบางรายยังระบุมาตรฐานการทดสอบด้านอื่นๆเพิ่มเติมในแคตตาล๊อกของสินค้าตัวเอง อาทิเช่น

9.4. IEC 61277 Terrestrial Photovoltaic (PV) Power Generating Systems – General and guide.

9.5. IEC 61345 UV Test for Photovoltaic (PV) Modules.

9.6. IEC 61701 Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

9.7. IEC 61829 Crystalline Silicon Photovoltaic (PV) Array - On-Site measurement of I-V characteristics.

9.8. IEC 62108 Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies -Design qualification and type approval.

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

สถาบันพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (2560) กล่าวว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ มี 3 แบบ ดังต่อไปนี้

1. ระบบอิสระ (Stand - Alone)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงเวลากลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นพลังงานจากแบตเตอรี่ที่ประจุไว้ในเวลากลางวันจึงถูกนำมาใช้ระบบอิสระ ประกอบด้วย แผงเซลล์แสอาทิตย์ อุปกรณ์ประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ อุปกรณ์แปลงกระกระแส และภาระทางไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน

2. ระบบเชื่อมต่อสายส่ง (Grid - Connected)

ระบบเชื่อมต่อสายส่ง หรือระบบออนกริด (On Grid) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้เนื่องจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายจะเป็นการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบเชื่อมต่อสายส่งเป็นระบบที่ถูกออกแบบให้ทำงานเมื่อมีไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายเท่านั้น และเมื่อระบบเกิดความผิดปกติหรือระบบจำหน่ายไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะหยุดการจ่ายไฟฟ้าทันที ประกอบด้วย ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Array) และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Grid Inverter)

3. ระบบผสมผสาน (Hybrid)

ระบบผสมผสาน โดยเป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังงานน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณี

ระบบโซล่าเซลล์ออนกริด (On Grid)

ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าระบบนี้จะมีแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับกำเนิดไฟฟ้า จ่ายไฟให้กับอินเวอร์เตอร์ชนิดกริดไท (Grid Tri) แปลงจากไฟกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ต่อกับระบบไฟฟ้าภายในบ้าน ร่วมกับระบบไฟจากการไฟฟ้า ข้อดีของระบบนี้คือ ไม่ต้องยุ่งกับระบบสายภายในบ้าน และไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ ลดการสิ้นเปลือง 2-5 ปี ต่อการเปลี่ยนแบตเตอรี่ ทำให้เราลดค่าไฟที่ใช้ในบ้านเวลากลางวัน จุดเด่นของระบบออนกริด บ้านที่ติดตั้งระบบออนกริด จะมีแหล่งจ่ายไฟ 2 ทาง ทางหนึ่งจากการไฟฟ้า และอีกทางหนึ่งจากโซล่าเซลล์ ระบบไฟที่ผลิตได้จากโซล่าเซลล์ จะแปลงไฟโดยอินเวอร์เตอร์ และสามารถต่อไฟร่วมกับ ระบบไฟจากการไฟฟ้าได้ ไม่ต้องทำระบบสลับไฟใดๆ ทั้งสิ้น สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ (ทีพี โซล่าเซลล์, 2561)

ข้อดี สามารถลดค่าไฟฟ้า เนื่องจากผลิตไฟฟ้าได้เองในตอนกลางวัน สามารถลดค่าไฟฟ้าได้สำหรับผู้ประกอบการติดตั้งระบบไฟขนาดใหญ่ สามารถขายไฟคืนให้กับการไฟฟ้าได้ โดยติดต่อการไฟฟ้า จะต้องสมัครและยื่นเอกสาร

ข้อเสีย กรณีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับ ถึงแม้ว่าระบบโซล่าเซลล์ยังจ่ายไฟปกติก็ตาม แต่กริดไทน์อินเวอร์เตอร์จะหยุดทำงาน โดยไม่จ่ายไฟเข้าสายส่ง

1. อุปกรณ์สำหรับ On grid System

สำหรับการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ แบบเชื่อมต่อสายส่งการไฟฟ้า ประกอบด้วย

1.1. กริดไท อินเวอร์เตอร์

1.2. แผงโซล่าเซลล์

1.3. กล่องควบคุม เบรกเกอร์ DC, AC Surge Protection

1.4. อุปกรณ์ยึดแผงโซล่าเซลล์

1.5. อุปกรณ์การเดินสายไฟฟ้า สายไฟ DC PV1-F ข้อต่อสาย MC4

2. เทคนิคการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์

การเลือกอินเวอร์เตอร์ ที่สำคัญก็คือ ใช้อินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับงาน ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ไม่ร้อน ไม่ชื้น อากาศถ่ายเทสะดวก และเลือกขนาดให้เหมาะสม รวมถึงระบบการไฟฟ้า กริดไท อินเวอร์เตอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

2.1 ค่าป้องกันกระแสกระชาก (Surge Power) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน จะมีค่ากระแสไฟวิ่งมากกว่าปกติ เวลาที่เริ่มเปิดใช้งาน (เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ตู้เย็น) ดังนั้น การเลือกอินเวอร์เตอร์ จะต้องดูค่าที่ป้องกันกระแสไฟกระชาก (Surge Power) ว่ามีอัตราอยู่ที่เท่าไร ส่วนมากอินเวอร์เตอร์ จะออกแบบมาให้ทนกับกระแสที่สูงในช่วงเวลาสั้นๆ ได้

2.2 ค่าแรงดันขาเข้า แรงดันขาออก และความถี่ของอินเวอร์เตอร์ แรงดันขาเข้า กระแสตรง) ควรเลือกให้สอดคล้องกับ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่ส่งจากแผงโซล่าเซลล์ ผ่านเครื่องควบคุมการชาร์จ และแบตเตอรี่ เช่น ระบบออกแบบไว้ที่ 12 โวลต์ ก็ต้องเลือกแรงดันไฟฟ้า ขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ที่ 12 โวลต์ ส่วนเรื่องแรงดันขาออก (กระแสสลับ) ของอินเวอร์เตอร์ จะต้องเลือกให้เข้ากับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ ที่เราจะนำไปต่อด้วย เครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านในประเทศไทย โดยทั่วไปจะใช้แรงดัน 220-230 โวลต์ (V) และความถี่ 50 เฮิร์ต (H_z)

2.3 ค่าความร้อน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับไฟฟ้า จะเกิดความร้อนสูง เมื่อมีการทำงานเต็มที่และเป็นเวลานาน อาจจะทำให้อินเวอร์เตอร์หยุดการทำงานได้ ดังนั้น ควรหาอินเวอร์เตอร์ ที่มีระบบระบายความร้อนที่ดี จะทำให้อินเวอร์เตอร์ มีอายุการใช้งานที่ยืนยาวขึ้น

2.4 ค่าคลื่นแทรก ในแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุต (Total Harmonic Distortion – THD) ค่านี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขดลวด เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้มีความร้อนสูง เมื่อค่า THD สูง โดยทั่วไปแล้วค่า THD ต้องน้อยกว่าร้อยละ 15-20

2.5 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) เป็นค่าประสิทธิโดยรวม ของอินเวอร์เตอร์ ในการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยส่วนใหญ่แล้ว จะเลือกอินเวอร์เตอร์ ที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ที่มากกว่า 0.7 เพื่อได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

3. การออกแบบระบบ ติดตั้งโซล่าเซลล์ ระบบออนกริด

3.1. คำนวณปริมาณการใช้งานในตอนกลางวัน กี่ยูนิต (KWh) เพื่อเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสม

3.2. สเปคของอินเวอร์เตอร์ Input DC จากแผงโซล่าสูงสุดกี่ KW เพื่อออกแบบแผงโซล่าเซลล์ รวมทั้งดูว่ามีกี่ MPPT เพื่อคำนวณว่าต้องแบ่งแผงเป็นกี่ชุด

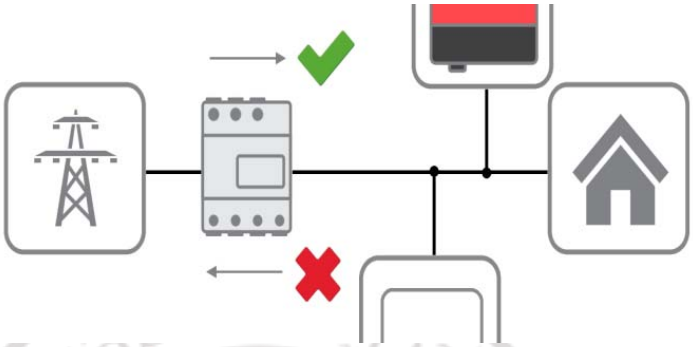
3.3. ตรวจสอบพื้นที่ติดตั้ง ว่าเป็นหลังคาแบบใด สามารถติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ วางติดกันกี่แผง จำนวนกี่ชุด

3.4. ตรวจสอบจุดติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ กล่องเบรกเกอร์ และการเชื่อมต่อสายไฟฟ้า ตามความเหมาะสม สวยงาม และปลอดภัย

4. ระบบกันกระแสไฟฟ้าย้อนเข้าสู่ระบบการไฟฟ้า

ในระบบผลิตไฟฟ้าที่เป็นระบบออนกริดนั้น ปกติระบบจะผลิตไฟฟ้าเข้าสู่โหลดหรือภาระทางไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย ซึ่งเมื่อระบบผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าโหลดที่ใช้งาน ก็จะส่งผลให้มิเตอร์ของการไฟฟ้าหมุนย้อนกลับ ซึ่งในบางช่วงเวลาจะไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งปัจจุบันอินเวอร์เตอร์ได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยการพัฒนาโหมดกันย้อน (Zero Export Mode) ซึ่งระบบจะไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าย้อนเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าได้ และจะทำให้มิเตอร์ไม่เกิดการหมุนย้อนนั่นเอง ซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์มีการจำหน่ายสามารถติดตั้งระบบกันย้อนได้ตั้งแต่ขนาดอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ขึ้นไป โดยการติดตั้งทำได้โดยการนำ Load Monitor หรือ CT (Current Transformer) ไปคล้องกับสายไฟหลักของระบบ ดังภาพที่ 2.24

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพที่ 2.24 หลักการทำงานทั่วไปของระบบกันกระแสไฟฟ้าย้อนเข้าสู่ระบบการไฟฟ้า

ระบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs) เกิดขึ้นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1971 บนเกาะฮาวาย โดยเป็นงานของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า “ALOHNET” ขณะนั้นลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบBi-directional ส่งไป-กลับง่ายๆ ผ่านคลื่นวิทยุ สื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ 7 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะ 4 เกาะโดยรอบ และมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะๆหนึ่ง ที่ชื่อว่า Oahu (**สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ กรมที่ดิน, 2559**)

1. ความหมาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN = Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีรูปแบบในการสื่อสารแบบไม่ใช้สาย โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และ คลื่นอินฟราเรด ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ ทะลุกำแพง เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนั้นระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบ LAN แบบใช้สาย ที่สำคัญก็คือ การที่ไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบ LAN แบบใช้สาย ที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

นักธุรกิจที่มีความจำเป็นต้องใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นอกสถานที่ที่ทำงานปกติ ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนองานยังบริษัทลูกค้า หรือการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ติดตัวไปงานประชุมสัมมนาต่างๆ บุคคลเหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรซึ่งอยู่ห่างออกไปหรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์สาธารณะ เช่นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายจึงน่าจะอำนวยความสะดวกให้กับบุคคลเหล่านี้ได้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการเปิดให้บริการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ตามสนามบินใหญ่ทั่วโลก และนำมาใช้งานแพร่หลายในห้างสรรพสินค้า และโรงแรมต่าง ๆ

2. ประโยชน์ของเครือข่ายไร้สาย

2.1. Mobility Improves Productivity & Service มีความคล่องตัวสูงดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ไหน หรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใดก็ยังมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายตลอดเวลา ตราบใดที่ยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูล

2.2. Installation Speed and Simplicity สามารถติดตั้งได้ง่ายและมีความรวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล และไม่รกรุงรัง

2.3. Installation Flexibility สามารถขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย เพราะเพียงแค่มี พีซีการ์ดมาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊ก หรือพีซี ก็เข้าสู่เครือข่ายได้ทันที

2.4. Reduced Cost of Ownership ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม ที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน ซึ่งมีราคาสูง เพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษาและการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่า เนื่องด้วยความง่ายในการติดตั้ง

2.5. Scalability เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งานโดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น ระหว่างตึก**หรืออาคาร**

ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไม่มากนัก และมักจำกัดอยู่ในอาคารหลังเดียวหรืออาคารในสถานที่เดียวกัน การใช้งานที่น่าสนใจที่สุดของเครือข่ายไร้สายก็คือ ความสะดวกสบายที่ไม่ต้องติดอยู่กับที่ ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยที่ยังสื่อสารอยู่ในระบบเครือข่าย

3. รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย

3.1. Peer to Peer (Ad hoc Mode)

รูปแบบการเชื่อมต่อระบบแลนไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นลักษณะ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่องหรือมากกว่านั้น เป็นการใช้งานร่วมกันของ wireless adapter cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลย โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้และขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่าย เมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ยกตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุม หรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่

3.2. Client/server (Infrastructure mode)

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client/server หรือ Infrastructure mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า “Hot Spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็น เครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถติดต่อกัน หรือติดต่อกับ Serverเพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่าน AP เท่านั้น ซึ่ง AP 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ ของเครื่องลูกข่าย เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในออฟฟิต ห้องสมุด หรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

3.3. Multiple access points and roaming

การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับ Access Point ของเครือข่ายไร้สายจะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุต ภายในอาคารและ 1000 ฟุต ภายนอกอาคาร หากสถานที่ที่

ติดตั้งมีขนาดกว้าง มากๆ เช่นคลังสินค้า บริเวณภายในมหาวิทยาลัย สนามบิน จะต้องมีการเพิ่มจุดการติดตั้ง AP ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่ เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง

3.4. Use of an Extension Point

กรณีที่โครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบอาจจะใช้ Extension Points ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ Access Point แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย เป็นส่วนที่ใช้เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ

3.5. The Use of Directional Antennas

ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคาร เพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน

เครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2540 โดยสถาบัน IEEE (The Institute of Electronics and Electrical Engineers) ซึ่งมีข้อกำหนดระบุไว้ว่า ผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายในส่วนของPHY Layer นั้นมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1 2 5.5 11 และ 54 เมกะบิตต่อวินาที โดยมีสื่อนำสัญญาณ 3ประเภทให้เลือกใช้งานอันได้แก่ คลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ 2.5 กิกะเฮิรตซ์และคลื่นอินฟาเรด ส่วนในระดับชั้น MAC Layer นั้นได้กำหนดกลไกของการทำงานแบบ CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับ CSMA/CD (Collision Detection) ของมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งนิยมใช้งานบนระบบเครือข่ายแลนใช้สาย โดยมีกลไกในการเข้ารหัสข้อมูลก่อนแพร่กระจายสัญญาณไปบนอากาศ พร้อมกับมีการตรวจสอบผู้ใช้งานอีกด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัณต์ ปานประยูร (2560 : 76) ได้ทำการศึกษาพลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 8 กิโลวัตต์ ของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และความเป็นไปได้ของการขยายระบบในอนาคต จากการศึกษาพบว่า พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ระบบผลิตพลังงานได้เฉลี่ย 978.64 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน ค่าพลังงานจำเพาะที่ระบบผลิตได้เท่ากับ 1,467.95 กิโลวัตต์ชั่วโมง/กิโลวัตต์สูงสุด มีพื้นที่หลังคาสำหรับการขยายระบบเป็น 0.5 เมกกะวัตต์ อายุโครงการ 25 ปี จะผลิตไฟฟ้าได้ 16,837,549 กิโลวัตต์ชั่วโมง กำหนดเงื่อนไขให้เอกชนลงทุนให้ทั้งหมด 20.53 ล้านบาท สัดส่วนเงินกู้/ต่อเงินลงทุน 70/30 ดอกเบี้ยคงที่ร้อยละ 6.025 ต่อปี ชำระคืนภายใน 10 ปี อัตราส่วนลดร้อยละ 6 โดยค่าไฟเฉลี่ย เท่ากับ 4 บาทต่อหน่วย หากชำระค่าไฟฟ้าให้กับผู้ผลิตไฟฟ้าในอัตรา 3.5 3.0 และ 2.5 บาทต่อหน่วย โครงการจะมีความคุ้มทุนประมาณ 12 17 และ 24 ปี ตามลำดับ หากใช้งานระบบจนครบ 25 ปี ผลประหยัดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 35.49 31.25 และ 36.78 ล้านบาท ตามลำดับ และจะสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนได้ 9,531.73 ตัน

เกศินี ภาโนชิต และคณะ (2558 : 2) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในจังหวัดนครราชสีมา และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในจังหวัดนครราชสีมา โดยระบบการผลิตไฟฟ้าที่ประกอบด้วย เซลล์

แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว ขนาด 160 วัตต์ จำนวน 4 แผงต่อแบบอนุกรมเข้ากับวงจรไฟฟ้า เพื่อบันทึกข้อมูลแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ ชาร์จเจอร์ อินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ ค่าอุณหภูมิและความเข้มแสง เพื่อนำค่าที่ได้มาหาประสิทธิภาพรวมทั้งระบบในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็น 3 กรณีคือ กรณีที่ 1 วันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง กรณีที่ 2 วันที่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน และกรณีที่ 3 วันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก โดยเก็บข้อมูลเวลา 08.00 น. -17.00 น. โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 30 นาที และนำกระแสไฟฟ้าที่ได้มาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีกำลังไฟฟ้า 165.6 วัตต์/ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพของวงจรผลิตกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยรวมของระบบอยู่ที่ร้อยละ 1.05 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นส่งผลให้กรณีที่ 1 เหมาะแก่การผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในครัวเรือนมากที่สุด

จารินี ม้าแก้ว (2552 : 17) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารวบรวมข้อมูลทางเทคนิคการผลิตพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าและการวิเคราะห์ทางการเงินของระบบมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3.2 kWp และขนาดแรงดันประมาณ 232.1 Vdc ซึ่งประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 Wp จำนวน 64 แผงมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จำนวน1 เครื่อง ขนาดกระแสอินพุตเฉลี่ยประมาณ 3.62 A และขนาดกระแสเอาต์พุตเฉลี่ยประมาณ 3.56 A อาคารที่ติดตั้งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดปีประมาณ 295,136 kWh โหลดไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสูงสุดคือเครื่องปรับอากาศ คิดเป็น 65.7 % รองลงมาคือโหลดอื่นๆ คิดเป็น 20.7 % และไฟฟ้าแสงสว่าง 13.6 % แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิต ไฟฟ้าได้ปีละ 2,729 kWh ซึ่งผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดในเดือนมกราคม มีค่าประมาณ 275 kWh/เดือน และผลิตได้ต่ำสุดประมาณ 203 kWh/เดือน ในเดือนกันยายน แสดงให้เห็นว่าการใช้ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี คิดเป็น 0.92 % ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารทั้งหลังและจากการศึกษาด้านการเงินพบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์นี้มีระยะเวลาคืนทุน 35.1 ปี ซึ่งไม่คุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อคิดอายุการใช้งานของระบบที่ 20 ปี

พรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา (2559 : 183) ได้ทำการศึกษาการใช้เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อการประหยัดพลังงาน จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของหลังคาอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SP200E บนหลังคาทางด้านทิศใต้ พบว่า สามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้เท่ากับ 793.50 ตารางเมตร ผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมได้เท่ากับ 158,938.05 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี หรือมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในช่วงเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน คือ ช่วงเวลา 9:30- 14:30 น. เท่ากับ 90.70 กิโลวัตต์-ชั่วโมง การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในช่วงเวลา 5 ชั่วโมงและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า สำหรับวันธรรมดา (วันจันทร์-ศุกร์) เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 4.77 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในเวลา 24 ชั่วโมง และร้อยละ 9.22 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในเวลา 5 ชั่วโมง สำหรับวันหยุด (วันเสาร์–อาทิตย์) เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงาน

ไฟฟ้าได้ร้อยละ 33.24 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในเวลา 24 ชั่วโมง และร้อยละ 112.11 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในเวลา 5 ชั่วโมง โดยได้เลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง (On-grid System) ชนิดหักลบหน่วย (Net Metering) ทำการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เฉพาะหลังคาด้านทิศใต้ที่ไม่ได้รับร่มเงาจากสภาพแวดล้อม โดยวางเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 16 องศากับแนวพื้นดิน ใช้โครงสร้างและอุปกรณ์ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอลูมิเนียม และสแตนเลสชนิดที่สามารถติดตั้งบนวัสดุมุงหลังคาทุกชนิด

สมบัติ นพจนสุภาพ (2560 : 194) ได้ทำการศึกษาระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำนักวิทยบริการ เพื่อลดค่าไฟฟ้าถูกออกแบบให้เป็นระบบพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา ระบบประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบ โพลีคริสตอลไลน์ ขนาด 200 วัตต์ จำนวน 80 แผ่น ติดตั้งทำมุมเอียงไปทางทิศใต้ 15 องศา และอุปกรณ์ กริดไทอินเวอร์เตอร์ขนาด 20 กิโลวัตต์ ระบบนี้ติดตั้งขนาด 16 กิโลวัตต์ เป็นแบบออนกริดต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าในสำนักวิทยบริการ ซึ่งมีต้นทุนในการติดตั้งประมาณ 624,000 บาท วัตถุประสงค์ของระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำนักวิทยบริการมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลจากงานวิจัยนี้สามารถ 1) ผลิตกำลังไฟฟ้าประมาณ 57.6 กิโลวัตต์(หน่วย)/วัน หรือ 1,728 หน่วย/เดือน หรือ 20,736 หน่วย/ปี 2) ลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 288 บาท/วัน หรือ 8,640 บาท/เดือน หรือ 103,680 บาท/ปี (คิดบนฐานค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาทต่อหน่วย) 3) คืนค่าลงทุนภายในประมาณ 7.3 ปี หรือ 7 ปี 4 เดือน 4) เพิ่มกำลังประสิทธิภาพในการผลิตในช่วงเช้า และลดกำลังประสิทธิภาพในการผลิตในช่วงบ่ายเนื่องจากการสะสมความร้อนในแผงโซลาร์เซลล์ ระบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับอาคารอื่นๆ ในช่วงของการใช้ไฟฟ้ากลางวันเพื่อลดค่าไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี