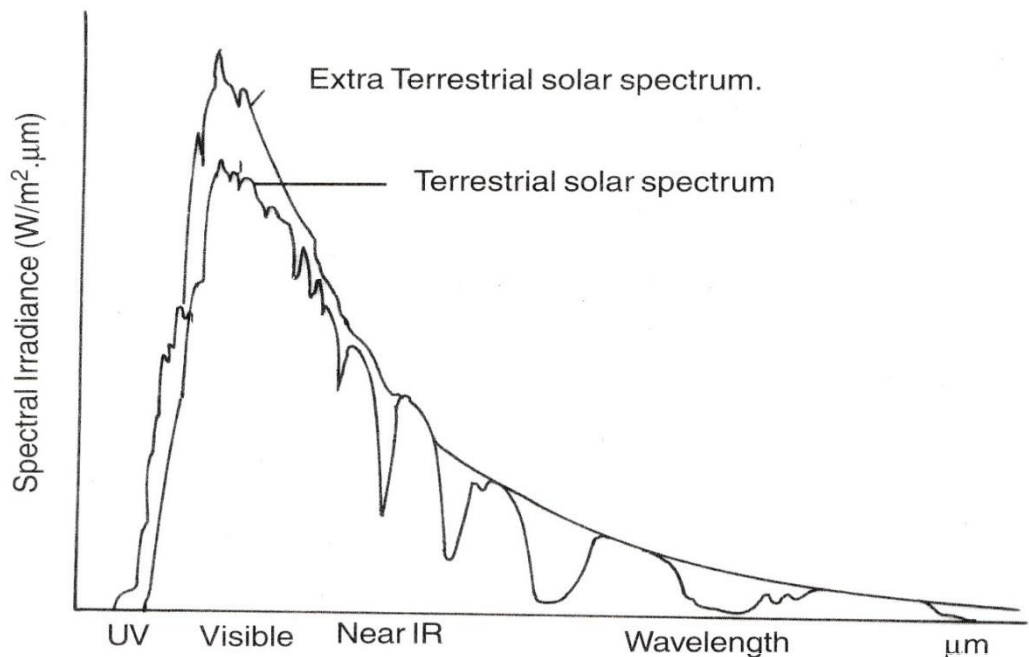


บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก

แสงเคลื่อนที่จากดวงอาทิตย์มายังโลก ในรูปของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายช่วงความยาวคลื่นหรือเรียกว่าสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ ลักษณะของสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ทั้งภายนอกและภายในชั้นบรรยากาศแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 ทั้งในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เพราะมีความยาวคลื่นน้อยกว่าหรือมากกว่าความยาวคลื่นของแสงได้แก่ อินฟราเรด อัลตราไวโอเลต รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และคลื่นวิทยุ เป็นต้น เมื่อแสงเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลก ในชั้นบรรยากาศของโลกประกอบด้วยอะตอมของก๊าซ ไอน้ำ เมฆ และฝุ่นละอองต่างๆ ดังนั้นเมื่อแสงเคลื่อนที่เข้ามา บางส่วนจะเกิดการชนกับอะตอมของสิ่งต่างๆ เหล่านี้ ทำให้เกิดการกระจายของแสงซึ่งจะมีทั้งการสะท้อนลงสู่พื้นโลกและสะท้อนกลับสู่อวกาศ และจะมีบางส่วนที่ถูกชั้นบรรยากาศและก้อนเมฆดูดซับเอาไว้ ทำให้มีปริมาณแสงที่เคลื่อนที่ลงสู่พื้นโลกประมาณร้อยละ 51 สะท้อนกลับสู่อวกาศประมาณร้อยละ 30 และถูกดูดซับเอาไว้ในบรรยากาศโลกประมาณร้อยละ 19 [2]



รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ [3]

พลังงานแสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นโลกนั้น ประกอบด้วยพลังงานจากรังสีของแสงที่ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นโลกโดยตรง และพลังงานจากรังสีของแสงที่เกิดจากการกระจายและการสะท้อนภายในชั้นบรรยากาศ นั่นคือสามารถแบ่งองค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รังสีตรง (Beam radiation or Direct Radiation) เป็นรังสีของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นโลก โดยไม่เกิดอันตรกิริยากับอะตอมของธาตุใดๆของชั้นบรรยากาศ ทำให้มีค่าความเข้มของแสงสูงเมื่อมาถึงพื้นโลก รังสีของแสงในลักษณะนี้เหมาะสำหรับการใช้กับอุปกรณ์ประเภทที่ต้องรวมแสงชนิดต่างๆ ที่ต้องการค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงๆ
2. รังกระจาย (Diffuse radiation or Scattered Radiation) เป็นรังสีของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกิดการชนกับอะตอมของธาตุต่างๆในชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการกระจายของแสงและบางส่วนสะท้อนลงสู่พื้นโลก ค่าความเข้มของแสงจากรังสีประเภทนี้จะน้อยกว่ารังสีตรงมาก รังสีของแสงในลักษณะนี้เหมาะกับการใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการความเข้มแสงสูงนัก เช่น ระบบโฟโตโวลตาอิก เป็นต้น

สัดส่วนของรังสีตรงกับรังสีกระจายในแต่ละวันในแต่ละพื้นที่ จะมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพของภูมิอากาศในแต่ละวันและแต่ละพื้นที่ ผลรวมของรังสีทั้งสองประเภทเรียกว่า รังสีรวม (Total radiation or Global radiation) สำหรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวตั้งฉากกับพื้นที่ 1 หน่วย นอกชั้นบรรยากาศโลกเรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (Solar constant) มีค่าเท่ากับ 1353 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งค่าคงที่นี้แท้ที่จริงแล้วอาจมีการผันแปรได้ในช่วงประมาณ $\pm 3.4\%$ ต่อปี

2.2 ทิศทางของรังสีตรง [4-5]

ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างระนาบของโลกที่เวลาใดๆ กับรังสีตรง หรือตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อเทียบกับระนาบ สามารถอธิบายได้โดยใช้มุมต่างๆ ต่อไปนี้

1. เวลาสุริยะ (Solar time) เป็นเวลาที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า
2. เวลาเที่ยงสุริยะ (Solar noon) คือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่สังเกต

3. ละติจูด (Latitude, φ) คือ มุมที่อยู่ทางทิศเหนือหรือทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร เมื่อวัดไปทางทิศเหนือกำหนดให้มีค่าเป็นบวก และเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ ละติจูดมีค่าอยู่ระหว่าง -90 องศา ถึง 90 องศา
4. มุมเอียง (Slope, β) คือ มุมระหว่างพื้นผิวของระนาบรับแสงกับแนวระดับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 180 องศา
5. มุมชั่วโมง (Hour Angle, ω) คือ มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมอริเดียนท้องถิ่นไปทางตะวันออกหรือตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า 15 องศาต่อชั่วโมง
6. มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle, δ) คือ มุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดให้มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางทิศเหนือ และมีค่าเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ มุมเดคลิเนชันมีค่าเปลี่ยนแปลงไปทุกวันระหว่าง -23.45 องศา ถึง 23.45 องศา
7. มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude Angle, α) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวเส้นแวงอาทิตย์
8. มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle, γ_s) คือ มุมระหว่างระนาบแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ไปทางตะวันตกมีค่าเป็นบวก วัดไปทางตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง -180 องศา ถึง 180 องศา
9. มุมตกกระทบ (Incidence Angle, θ) คือ มุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์บนพื้นผิวแนวตั้งฉากของพื้นผิว
10. มุมซันนิซ (Zenith Angle, θ_z) คือ ค่ามุมระหว่างแนวตั้งเหนือศีรษะและแนวเส้นแวงอาทิตย์

2.3 หลักการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก [6-7]

เซลล์โฟโตโวลตาอิกเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งจะอาศัยกระบวนการที่เรียกว่า โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect) เซลล์โฟโตโวลตาอิก ผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำ และมีโครงสร้างโดยทั่วไปที่เหมือนกับไดโอดที่ประกอบด้วยรอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำสองชนิดที่

ต่างกัน ได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและสารกึ่งตัวนำชนิดพี โดยที่หลักการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานของเซลล์โฟโตโวลตาอิก จะมีขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อแสงหรือโฟตอนเคลื่อนที่เข้ามาชนกับสารกึ่งตัวนำ อิเล็กตรอนที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำจะได้รับพลังงานและดูดกลืนพลังงานเข้าไป แล้วอิเล็กตรอนตัวนั้นก็จะหลุดออกจากอะตอมของสารกึ่งตัวนำแล้วสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ซึ่งหากพิจารณาที่ตัวของอิเล็กตรอนนั้นก็จะพบว่าเมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานอิเล็กตรอนก็จะยกระดับพลังงานของตนเองจากแถบเวเลนซ์ (Valence Band) ไปยังแถบการนำ (Conduction Band) แล้วเปลี่ยนตนเองเป็นพาหะในแถบการนำ และจะทิ้งโฮลที่เป็นประจุบวกไว้ในแถบเวเลนซ์ โดยที่พลังงานของแสงหรือโฟตอนต้องมีพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงาน (Energy gap) ของสารกึ่งตัวนำนั้นด้วย ดังสมการ

$$E_g \leq h\nu \quad 2.1$$

E_g คือ ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ

h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ ($6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

ν คือ ความถี่ของแสง

ซึ่งหากพิจารณาในเรื่องของความยาวคลื่นของโฟตอนที่เพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนในวงโคจรหลุดออกมาจากสารกึ่งตัวนำได้นั้น ความยาวคลื่นของโฟตอนต้องมีค่าน้อยกว่าความยาวคลื่นตัด (cut-off wavelength, λ_c) ดังสมการ

$$\lambda_c \leq \frac{1.24}{E_g} \quad 2.2$$

2. พาหะที่เกิดขึ้นคือ อิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบการนำและโฮลที่อยู่ในแถบเวเลนซ์จะถูกกวาดด้วยสนามไฟฟ้าที่อยู่ภายในเซลล์ให้เคลื่อนที่เข้าไปในเซลล์ จากนั้นอิเล็กตรอนและโฮลที่ถูกกวาดไปจะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์และกลายเป็นกระแสไฟฟ้าที่เราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้

2.4 ประเภทของเซลล์โฟโตโวลตาอิก [6]

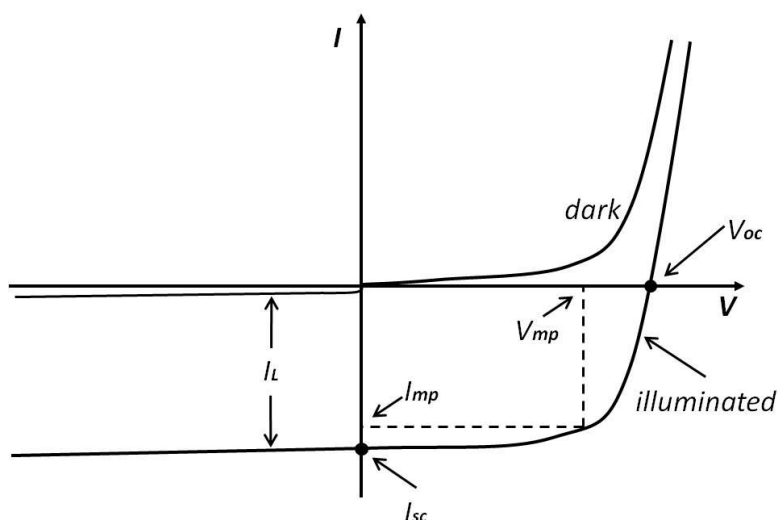
เซลล์โฟโตโวลตาอิก ในยุคแรกๆ มีราคาแพงและมีประสิทธิภาพที่ไม่สูงมากนัก นักวิทยาศาสตร์จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นรวมทั้งลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย ดังนั้นจึงได้มีการผลิตเซลล์โฟโตโวลตาอิก ซึ่งแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1. เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ทำจากซิลิกอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Photovoltaic Cell) คือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มีทิศทางการเรียงตัวของโครงสร้างผลึกซิลิกอนทุกตำแหน่งของเนื้อสารในวัสดุเหมือนกัน มีประสิทธิภาพสูงประมาณ 15-24 % ข้อดีของเซลล์ชนิดนี้คือสามารถตอบสนองแสงในช่วงความถี่กว้างและให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูง แต่มีข้อเสียคือ ราคาของเซลล์ค่อนข้างแพง
2. เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ทำจากซิลิกอนผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Photovoltaic Cell) คือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ประกอบด้วยผลึกซิลิกอนหลายๆผลึก แต่ละผลึกจะเรียกว่า เกรน (Grain) ซึ่งในเกรนนั้นจะมีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างที่เหมือนกันแต่เกรนที่อยู่ข้างเคียงจะมีโครงสร้างผลึกที่แตกต่างกัน โดยจะมีแนวรอยต่อระหว่างเกรนเรียกว่า ขอบเกรน (Grain boundary) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิกอนแข็งและบางมาก มีประสิทธิภาพสูงประมาณ 10-17 % ข้อดีและข้อเสียจะเหมือนกับเซลล์โฟโตโวลตาอิก ชนิดผลึกรวม
3. เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Photovoltaic Cell) คือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มีทิศทางการเรียงตัวของโครงสร้างผลึกซิลิกอนไม่เป็นระเบียบ มีประสิทธิภาพประมาณ 8-13 % ข้อดี คือ สัดส่วนเอ้าท์พุททางไฟฟ้าต่ออินพุททางไฟฟ้าทางแสงมากกว่าทั้งสองแบบข้างต้นและปัจจุบันมีราคาถูก แต่ข้อเสียคือ ตอบสนองแสงในช่วงความถี่ที่แคบกว่าสองแบบข้างต้น

2.5 สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก [8-10]

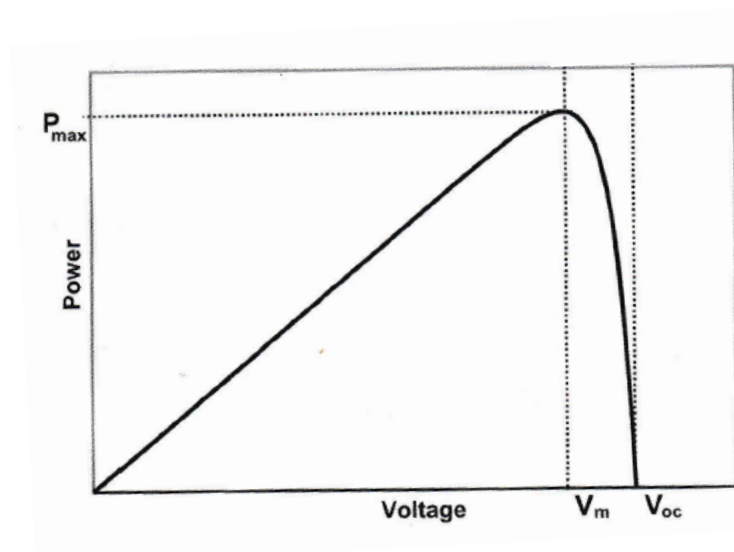
ลักษณะโครงสร้างของเซลล์โฟโตโวลตาอิก จะมีรอยต่อของซิลิกอนชนิดพีและซิลิกอนชนิดเอ็นอยู่ (P-N Junction) โดยที่เมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบบนเซลล์โฟโตโวลตาอิก เซลล์จะมีลักษณะเหมือนกับไดโอดทั่วๆ ไป ดังนั้นสมบัติของเซลล์ที่ไม่มีแสงมาตกกระทบบจะมีสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนไดโอดทุกประการ ดังรูปที่

2.2



รูปที่ 2.2 สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก เมื่อไม่มีแสงตกกระทบบนและเมื่อมีแสงตกกระทบบน

เมื่อมีแสงมาตกกระทบบนผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่เป็นเซลล์ชนิดเอ็น เซลล์จะดูดกลืนพลังงานเข้าไปในเนื้อสาร แต่จะมีแสงส่วนใหญ่ที่ผ่านเข้าไปยังรอยต่อของซิลิกอนชนิดเอ็นและซิลิกอนชนิดพี และส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำ เมื่อต่อสายไฟฟ้าเข้ากับขั้วอิเล็กโทรดไปยังวงจรภายนอกจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจร ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวหน้าของเซลล์ ส่วนขนาดของแรงดันไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับสมบัติทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำที่นำมาผลิตเป็นเซลล์โฟโตโวลตาอิก



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก [10]

จากรูปที่ 2.3 สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก สามารถแสดงได้ในรูปของสมบัติทางกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า โดยการกำหนดสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก จะต้องกำหนดที่สภาวะมาตรฐาน คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ 1000 วัตต์/ตารางเมตร ค่ามวลอากาศ (Air mass) เท่ากับ 1.5 และอุณหภูมิของเซลล์เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ในการพิจารณาลักษณะทางกระแสไฟฟ้า – แรงดันไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก จะมีพารามิเตอร์สำคัญที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. กระแสลัดวงจร (I_{sc}) เป็นค่ากระแสที่วัดได้ ขณะที่เซลล์โฟโตโวลตาอิก ถูกต่อแบบลัดวงจร และมีแรงดันตกคร่อมวงจรเป็นศูนย์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าลัดวงจร คือ กระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุดที่เซลล์โฟโตโวลตาอิก สามารถผลิตได้
2. แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดขณะเปิดวงจรของเซลล์โฟโตโวลตาอิก หรือเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อภาระไฟฟ้ามีค่าสูงมาก
3. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m) ค่าผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่เซลล์โฟโตโวลตาอิก จ่าย โดยให้ค่าที่ผลคูณมีค่าสูงสุด สามารถวัดได้ขณะที่ต่อภาระทางไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้จากสมการ

$$P_{max} = I_m \times V_m \quad 2.3$$

โดยที่

V_m คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด, (โวลต์)

I_m คือ กระแสไฟฟ้าสูงสุด, (แอมแปร์)

4. ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก (Electrical efficiency) เป็น

$$\eta_e = \frac{V_m I_m}{A G_T} \quad 2.4$$

โดยที่

A คือ พื้นที่แผงโฟโตโวลตาอิก, (ตารางเมตร)

G_T คือ ปริมาณรังสีรวมที่ตกกระทบบนช่องรับรังสี, (วัตต์/ตารางเมตร)

2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก

เมื่อนำเซลล์โฟโตโวลตาอิก มาใช้งานเซลล์โฟโตโวลตาอิก อาจจะมีประสิทธิภาพที่ลดลงเนื่องจากปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ฝุ่น การบังเงา ความเข้มรังสีอาทิตย์ หรืออุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้นในการวิเคราะห์สมบัติหรือประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์ดังนี้

1. ผลจากอุณหภูมิที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก [11] ในการนำเซลล์โฟโตโวลตาอิก ไปใช้งานจริงจะทำให้เซลล์โฟโตโวลตาอิก ได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ด้วย ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของเซลล์สูงขึ้นจะทำให้สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์เปลี่ยนไป พบว่าเมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์คงที่เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นด้วยแต่แรงดันไฟฟ้าลัดวงจรจะลดลง ซึ่งการลดลงของแรงดันไฟฟ้าลัดวงจรนี้จะลดลงกว่าการเพิ่มขึ้นของกระแสลัดวงจร ดังนั้นเมื่อการเพิ่มขึ้นของกระแสเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการลดลงของแรงดันไฟฟ้า จึงส่งผลให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้รับจากเซลล์โฟโตโวลตาอิก มีค่าลดลง และยังส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก มีค่าน้อยลงตามไปด้วย
2. ผลจากความเข้มรังสีอาทิตย์ต่อประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก [12] ในการใช้งานเซลล์โฟโตโวลตาอิก จะต้องมีแสงมาตกกระทบที่ผิวหน้าของเซลล์ เพื่อให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำได้รับพลังงานมากพอจนกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ ดังนั้นหากมีแสงที่มีความเข้ม

สูงมากกระทบผิวหน้าของเซลล์ก็จะทำให้สามารถผลิตอิเล็กตรอนอิสระได้มากและส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ได้มีค่าสูงตาม

2.7 ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์

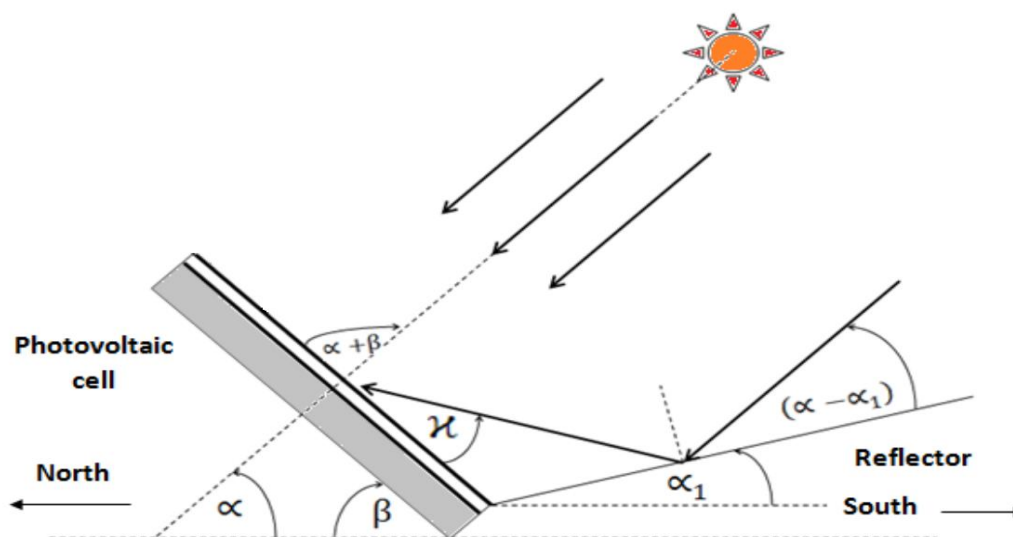
ความเข้มของรังสีอาทิตย์จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก กล่าวคือเมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นวิธีการเพิ่มความเข้มรังสีอาทิตย์วิธีหนึ่งก็คือการติดแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ อีกทั้งการที่หันแผงเซลล์ไปทางทิศใต้ก็จะทำให้ได้ค่ารังสีอาทิตย์ที่สูงเพิ่มขึ้น ดังนั้นตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ก็ควรคิดไว้ในแนวทิศเหนือและทิศใต้ของแผง ในการเลือกวัสดุที่มาทำเป็นตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์นั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ โดยสมการที่จะเลือกวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection coefficient) สูงเพราะจะทำให้สามารถสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้ดี

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของวัสดุ [13]

วัสดุ	ลักษณะพื้นผิว	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง(ร้อยละ)
สแตนเลส	ขัดเงา	0.6
อะลูมิเนียม	ขัดเงาและเคลือบ (Anodized)	0.7
อะลูมิเนียมเคลือบด้วยอะลูมิเนียมบริสุทธิ์	ขัดเงาและเคลือบ	0.8
เงิน	ขัดเงาและเคลือบ	0.9
โครเมียม	ขัดเงา	0.65

2.8 สมการที่ใช้ในการคำนวณหามุมที่เหมาะสมของตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ [14-15]

ในการคำนวณหามุมของตัวสะท้อนแสงที่ติดตั้งที่เซลล์โฟโตโวลตาอิก อีกจำเป็นจะต้องคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ โดยที่มุมของตัวสะท้อนแสงจะเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนั้นในการทดลองจริงจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนมุมของตัวสะท้อนแสงทุกอาทิตย์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผงทดสอบที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ และเอียงทำมุม 13.65 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้

1. ปริมาณรังสีอาทิตย์รวม $G_{\text{tot_ref}}$ ที่ตกกระทบบนเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ทำมุมเอียง α

$$G_{\text{tot_ref}} = G_{\text{dir}} + G_{\text{dif}} + G_{\text{ref_g}} + G_{\text{ref1}} \quad 2.5$$

โดยที่

G_{dir} คือ รังสีตรงที่ตกกระทบบนผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก

G_{dif} คือ รังสีกระจาย

$G_{\text{ref_g}}$ คือ รังสีที่เกิดการสะท้อนจากพื้นดิน

G_{ref1} คือ รังสีสะท้อนจากตัวสะท้อนที่ติดตั้งอยู่ด้านล่างของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มาตกกระทบบนผิวหน้าของเซลล์

α_1 คือ มุมเอียงของตัวสะท้อนที่ติดอยู่ด้านล่างของเซลล์

$$G_{\text{dir}} = G_{\text{in}} \sin(\alpha + \beta) \quad 2.6$$

$$G_{\text{dif}} = G_{\text{difh}} \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \quad 2.7$$

$$G_{\text{ref}_g} = \rho_g G_h \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad 2.8$$

$$G_{\text{ref}1} = \rho_{\text{Al}} G_{\text{in}} \sin \kappa \sin(\alpha - \alpha_1) \quad ; \quad \kappa = \beta + 2\alpha_1 - \alpha \quad 2.9$$

โดยที่

G_{in} คือ รังสีตกกระทบรวม

G_{difh} คือ รังสีกระจายที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวในแนวนอน

G_h คือ รังสีตกกระทบรวมที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวในแนวนอน

α คือ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์

β คือ มุมเอียงของแผงเซลล์โฟโตโวลตาอิก

ρ_g คือ ค่าการสะท้อนจากพื้นดิน

ρ_{Al} คือ ค่าการสะท้อนของแผ่นอลูมิเนียมที่เป็นตัวสะท้อน

2. มุม Solar Zenith(θ_z)ที่เซลล์โฟโตโวลตาอิก หันหน้าไปทางทิศใต้หาได้จาก

$$\cos \theta_z = \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta \quad 2.10$$

โดยที่

δ คือ มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์

φ คือ ละติจูดของสถานที่ทดลอง

ω คือ มุมชั่วโมง

3. มุม solar altitude(α) สามารถหาได้จากสมการ

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta \quad 2.11$$

4. มุม solar azimuth(γ) หาได้จากสมการ

$$\cos \gamma = \frac{\sin \varphi \cos \delta \cos \omega - \cos \varphi \sin \delta}{\cos \alpha} \quad 2.12$$

5. ปัจจัยความเข้มข้น (Concentration factor) ของรังสีอาทิตย์ คือ อัตราส่วนของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเซลล์ที่ติดตั้งสะท้อนรังสีอาทิตย์ต่อปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเซลล์ที่ไม่ได้ติดตั้งสะท้อนรังสีอาทิตย์ซึ่งสามารถได้จากสมการ

$$C = \frac{G_{tot_ref}}{G_{tot}} \quad 2.13$$

โดยที่

$$G_{tot} = G_{dir} + G_{dif} + G_{ref_g} \quad 2.14$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

M.Abdolzadeh และ M.Ameri [16] ได้ศึกษาวิจัยและทดลองเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก โดยการทดลองได้ใช้เซลล์โฟโตโวลตาอิก ชนิดหลายผลึก (Polycrystalline) ทำการหันหน้าของแผงเซลล์โฟโตโวลตาอิก ไปทางด้านทิศใต้ทำมุม 10 องศา และทำการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเซลล์ที่มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าและเซลล์ที่ไม่ได้พ่นน้ำลงบนผิวหน้า โดยตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วยค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้รับ และประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิก ซึ่งจากการทดลองพบว่า การพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของเซลล์จะช่วยลดอุณหภูมิที่เซลล์ได้สูงสุดถึง 23 องศาเซลเซียส โดยค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีการพ่นน้ำและไม่ได้มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของแผงเป็น 6.52 และ 6.36 แอมแปร์ ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่มีการพ่นน้ำและไม่ได้พ่นน้ำเป็น 16.06 และ 14.37 โวลต์ และกำลังไฟฟ้าที่ได้รับของแผงที่มีการพ่นน้ำและไม่ได้พ่นน้ำเป็น 66.9 และ 55.4 วัตต์

ตามลำดับ อีกทั้งประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิกที่มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของแผงยังมีค่าสูงกว่าแผงที่ไม่ได้มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้า โดยค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงที่มีการพ่นน้ำและไม่มีการพ่นน้ำเป็น 12.35% และ 9.26% ตามลำดับ

นิคม ผึ้งคำ และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของแผงเซลล์โฟโตโวลตาอิก ด้วยระบบหล่อเย็น โดยทำการทดลองลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก เปรียบเทียบระหว่างเซลล์โฟโตโวลตาอิก ชนิดผลึกเดี่ยวที่มีระบบหล่อเย็นด้วยน้ำ (Photovoltaic/thermal-water หรือ PV/TW) และเซลล์ที่มีระบบหล่อเย็นด้วยแผ่นครีบริบที่ทำจากแผ่นอลูมิเนียม (Photovoltaic/thermal-fin หรือ PV/TF) จากการทดลองพบว่าเมื่อเขาให้อัตราการไหลของน้ำเป็น 4.24×10^{-6} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ได้ดีที่สุดและดีกว่าระบบหล่อเย็นด้วยครีบริบ และเมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของ PV/TW กับเซลล์โฟโตโวลตาอิกที่ไม่ได้ทำการหล่อเย็นพบว่า PV/TW มีอุณหภูมิลดลง 23.15 องศาเซลเซียส ส่วน PV/TF เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ที่ไม่ได้ทำการหล่อเย็นพบว่ามีอุณหภูมิลดลง 10.70 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบถึงกำลังไฟฟ้าที่ได้รับและประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิกที่มีระบบหล่อเย็นด้วยน้ำและระบบหล่อเย็นด้วยครีบริบ กับเซลล์โฟโตโวลตาอิกที่ไม่มีระบบหล่อเย็นพบว่า เซลล์ที่มีระบบหล่อเย็นด้วยน้ำและครีบริบจะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าโดย PV/TW สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น 7.26% ในขณะที่ PV/TF สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น 5.39% ตามลำดับ

ประภาพิพย์ บุญหล้า และคณะ [18] ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์โฟโตโวลตาอิก โดยใช้เทคนิคการลดอุณหภูมิ ซึ่งเขาได้ทำการออกแบบการทดลองลดอุณหภูมิด้วยการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าและหยดน้ำลงบนผิวหน้าของแผงโฟโตโวลตาอิก แล้วทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผงโฟโตโวลตาอิก กำลังไฟฟ้าที่ได้รับ และประสิทธิภาพของเซลล์เซลล์โฟโตโวลตาอิก ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของแผงที่มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้ามีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของเซลล์ควบคุมโดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองของเซลล์ที่มีการระบายความร้อนเท่ากับ 30.1 องศาเซลเซียส และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองเท่ากับ 18.6 องศาเซลเซียส อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและประสิทธิภาพเฉลี่ยก็ยังพบว่าเซลล์ที่มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าก็มีค่าสูงกว่าเซลล์ควบคุมโดยมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยและ

ประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 33.2 วัตต์ และ 17.2% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงแผงที่มีการระบายความร้อนโดยการหยดน้ำลงบนผิวหน้าพบว่า แผงที่มีการระบายความร้อนจะมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าที่ต่ำกว่าแผงควบคุมโดยมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าและ ความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 30.5 และ 24.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพก็พบว่าแผงที่มีการระบายความร้อนจะมีค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 37.4 วัตต์ และประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 17.3 %

K.A. Moharram และคณะ [19] ได้ศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ด้วยการระบายความร้อนของเซลล์โฟโตโวลตาอิกด้วยน้ำ โดยใช้ปริมาณของน้ำให้น้อยที่สุดในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงและมีฝุ่นมากของประเทศอียิปต์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองที่โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยเยอรมนี ในประเทศอียิปต์ เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเซลล์ชนิดหลายผลึก (Poly-crystalline) 185 วัตต์ จำนวน 6 แผงและใช้หัวพ่นน้ำจำนวน 120 หัว อัตราการไหลของน้ำ 29 ลิตรต่อนาที ทำการทดลองในเดือนมิถุนายน 1 วัน และเดือนกรกฎาคม 1 วัน การทดลองจะพ่นน้ำผ่านเซลล์โฟโตโวลตาอิก เป็นเวลา 5 นาทีและหยุด 15 นาที ตั้งแต่ 11.00 น. - 14.00 น. จากการทดลองพบว่า การพ่นน้ำผ่านเซลล์โฟโตโวลตาอิก สามารถลดอุณหภูมิของเซลล์ได้ โดยในเดือนมิถุนายนสามารถลดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 1.9 องศาเซลเซียสต่อนาที และเดือนกรกฎาคมสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 2.1 องศาเซลเซียสต่อนาที การทดลองทั้งสองวันเมื่อทำการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิก เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดอุณหภูมิได้ 10 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าพบว่ามีค่าเท่ากับ 12% และเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ไม่มีการพ่นน้ำลงบนผิวหน้ามีค่า 10.5%

H.Bahaidarah และคณะ[20] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเซลล์โฟโตโวลตาอิก โดยใช้เทคนิคการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยให้น้ำที่มีอัตราการไหล 3.6 ลิตรต่อนาที ไหลผ่านใต้แผงของเซลล์โฟโตโวลตาอิกชนิดผลึกเดี่ยว (mono crystalline) ขนาด 230 วัตต์ ซึ่งจากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ไม่ได้มีการลดอุณหภูมิมียค่าเท่ากับ 37.8 องศาเซลเซียส และเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่มีการลดอุณหภูมิมียอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ลดอุณหภูมิด้วยน้ำกับเซลล์ที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก็คพบว่าเซลล์ที่ทำการลดอุณหภูมิ

ด้วยน้ำมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าโดยมีค่าเท่ากับ 18% และเซลล์ที่ไม่ได้ทำการลดอุณหภูมิมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 15.8%

Lj.T.Kostic และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และไม่ได้ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์โดยออกแบบมุมที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์บนแผงเซลล์โฟโตโวลตาอิก และตัวเก็บความร้อน (Photovoltaic/Thermal collector หรือ PV/T) เซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ใช้เป็นเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว (single-crystalline) หันหน้าไปทางทิศใต้ทำมุมเอียง 45 องศา กับแนวราบ โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณหามุมที่เหมาะสมของตัวสะท้อนจากสมการทางคณิตศาสตร์และการหามุมที่เหมาะสมจากการทดลองจริง จากผลการทดลองพบว่ามุมที่เหมาะสมของตัวสะท้อนในการคำนวณและจากการทดลองจริงมีค่าที่สอดคล้องกัน พบว่ามุมที่เหมาะสมสำหรับตัวสะท้อนที่ติดตั้งด้านบนของ PV/T คือ 36.3 และ 4.1 องศา และมุมที่เหมาะสมสำหรับตัวสะท้อนที่ติดตั้งด้านล่างของ PV/T คือ 37.87 และ 5.12 องศา อีกทั้งยังพบว่าประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของ PV/T ที่ไม่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงกว่า PV/T ที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ โดยที่ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของ PV/T ที่ไม่ติดตั้งตัวสะท้อนมีค่าเท่ากับ 5.08% และ PV/T ที่ติดตั้งตัวสะท้อนมีค่าเท่ากับ 3.69% ตามลำดับ แต่หากพิจารณาถึงการผลิตพลังงานไฟฟ้าใน 1 วัน พบว่าเซลล์โฟโตโวลตาอิก ที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่าเซลล์ที่ไม่ได้ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์

C.Lertsatitthanakorn และคณะ [15] ได้ศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนประกอบกับมีตัวสะท้อนช่วยสะท้อนให้รังสีอาทิตย์ตกลงบนเทอร์โมอิเล็กทริกมากขึ้น (Thermoelectric solar collector heat pump หรือ TES-HP) โดยออกแบบการทดลองโดยติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกไว้ใต้แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และติดตั้งตัวสะท้อนที่ทำจากอะลูมิเนียมไว้ที่ด้านบนและล่างของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยมุมที่เหมาะสมของตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์จะเป็นสมการเดียวกับงานของ Lj.T.Kostic และคณะ [14] จากผลการทดลองพบว่าเมื่อมุม declination มีค่าสูงสุดที่ 23.45 องศา มุมที่เหมาะสมที่สุดและมากที่สุดของตัวสะท้อนที่ติดตั้งที่ด้านล่างคือ 65.72 องศา สามารถวัดได้ในวันที่ 21 มิถุนายน และเมื่อมุม declination มีค่า

ต่ำสุด -23.45 องศา มุมที่เหมาะสมที่สุดและต่ำสุดของตัวสะท้อนที่ติดตั้งด้านล่างคือ 33.32 องศา สามารถวัดได้ในวันที่ 22 ธันวาคม มุมที่เหมาะสมที่สุดและมากที่สุดของตัวสะท้อนที่อยู่ด้านบนคือ 7.98 องศา และมุมที่เหมาะสมที่สุดและน้อยที่สุดของตัวสะท้อนที่อยู่ด้านบนคือ -24.41 องศา และเมื่อพิจารณาถึงค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ ยังพบอีกว่า TESC-HP ที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ จะมีปริมาณรังสีอาทิตย์ตกลงบนผิวหน้าของเทอร์โมอิเล็กทริกที่สูงกว่าตัวที่ไม่ได้ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ อีกทั้งกำลังไฟฟ้าที่ได้รับและประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของ TESC-HP ที่ติดตั้งตัวสะท้อนมีค่าเท่ากับ 10.09 วัตต์ และ 2.4% ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าลัดวงจรและแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของ TESC-HP ที่ไม่ได้ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 0.95 แอมแปร์และ 7.90 โวลต์ ส่วนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรและแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของ TESC-HP ที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1.09 แอมแปร์ และ 9.9 โวลต์

Ajayi A. B. และคณะ[21] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีตัวสะท้อนกับแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยในการทดลองใช้แผงโฟโตโวลตาอิกชนิดผลึกเดี่ยว ขนาด 20 วัตต์ร่วมกับติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ไว้ทั้ง 4 ด้านของแผงโฟโตโวลตาอิกและหันแผงไปทางทิศใต้ จากการทดลองพบว่าในวันที่มีแดดช่วงเวลา 8.30 น. - 10.00 น. และ 14.30 น. - 17.00 น. ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรของแผงโฟโตโวลตาอิกที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่าสูงกว่าแผงที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ แต่เวลา 10.01 น. - 14.29 น. แผงที่ติดตั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรสูงกว่าแผงที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ เนื่องจากในเวลาเช้าและเวลาเย็นรังสีอาทิตย์ที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์มากระทบกับตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่อยู่ในแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจนเกิดเงาขึ้นที่แผงโฟโตโวลตาอิก แต่ในเวลาสายจนถึงบ่าย ดวงอาทิตย์เริ่มทำมุมตั้งฉากกับแผงโฟโตโวลตาอิก จึงทำให้แผงโฟโตโวลตาอิกสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้โดยตรงจึงทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าสูงกว่าและจากการทดลองยังพบอีกว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงที่มีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีค่าใกล้เคียงกับแผงที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ แต่ข้อดีของแผงที่มีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์คือ การใช้ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์มีต้นทุนที่ถูกกว่าและมีความซับซ้อนในการทดลองที่น้อยกว่าแผงที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์

Vijay Talekar และคณะ[22]ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงสมรรถนะของแผงโฟโตโวลตาอิกโดยใช้ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน โดยในการทดลองได้ใช้แผงโฟโตโวลตาอิกขนาด 5 วัตต์ 6 โวลต์ เปรียบเทียบการทดลองระหว่าง แผงที่เอียงทำมุม 45 องศา กับแนวราบแต่ไม่มีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ แผงที่วางในแนวราบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์แต่ไม่มีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ และแผงที่วางในแนวราบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์และมีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ จากการทดลองพบว่าแผงที่วางในแนวราบและมีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์จะให้กำลังไฟฟ้าที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองแบบอื่นๆ โดยพบอีกว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงที่มีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงกว่าแผงที่เอียงทำมุม 45 องศา แต่ไม่มีตัวสะท้อนเกือบ 2.5 เท่า

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาการเพิ่มกำลังไฟฟ้าของเซลล์โฟโตโวลตาอิกโดยใช้วิธีการลดอุณหภูมิแผงร่วมกับตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จึงจะทำการศึกษาการเพิ่มกำลังไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคการลดอุณหภูมิโดยการพ่นน้ำลงบนผิวหน้าของแผงร่วมกับการใช้ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ แล้วจึงทำการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิกทดสอบที่มีทั้งตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และแผงควบคุมที่ไม่มีตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์และไม่มีระบบระบายความร้อน