

ใบความรู้ที่5..... เรื่อง ...การเดินสายไฟและการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า.... (รายละเอียดเนื้อหาสาระการเรียนรู้)

5.1 มาตรฐานสายไฟและการเข้าหัวเชื่อมต่อ (Solar Cables & Connectors)

5.1.1 คุณสมบัติของสายไฟ DC สำหรับโซลาร์เซลล์ และสายไฟ AC

การเลือกใช้สายไฟในระบบโซลาร์เซลล์มีความสำคัญต่อความเสถียรและความปลอดภัยสูง เนื่องจากฝั่งกระแสตรง (DC) มีแรงดันสูงต่อเนื่องตลอดทั้งวัน สายไฟจึงต้องถูกออกแบบมาเพื่อลักษณะงานนี้โดยเฉพาะ:

- **สายไฟฝั่ง DC (PV-Cable):** มาตรฐานที่ยอมรับในปัจจุบันคือ PV1-F หรือ H1Z2Z2-K ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้:
 - **แกนนำไฟฟ้า:** ทำจากทองแดงฟอยหลายเส้น (Flexible Copper) เพื่อความอ่อนตัว ดัดโค้งง่าย และชุบตีบุก (Tinned Copper) เพื่อป้องกันการเกิดสนิมเคมีและออกไซด์จากความชื้น
 - **ฉนวนและเปลือกหุ้ม:** เป็นฉนวน 2 ชั้น ชนิด XLPE หรือ XLPO ที่มีคุณสมบัติกันน้ำ ทนต่อรังสี UV แสงแดดจัด และทนความร้อนสูงได้ถึง 90°C ถึง 120°C
- **สายไฟฝั่ง AC:** ใช้สายไฟฟ้าตามมาตรฐาน มอก. 11-2553 ทั่วไป เช่น สาย NYY (สำหรับฝังดินหรือเดินนอกอาคาร) หรือสาย THW (สำหรับร้อยท่อภายในอาคาร) ไม่สามารถนำสาย THW มาเดินเปลือยตากแดดตากฝนบนหลังคาฝั่ง DC ได้เด็ดขาดเพราะฉนวนจะกรอบแตกและทำให้ไฟรั่ว

5.1.2 การปกอสายไฟและการเข้าหัวต่อ MC4 เพื่อป้องกันการอาร์ก (Arcing)

ข้อต่อมาตรฐานในระบบโซลาร์เซลล์คือ **MC4 Connector** ซึ่งถูกออกแบบมาให้กันน้ำ (IP68) การเข้าหัว MC4 ที่ไม่แน่นหรือไม่ได้มาตรฐาน เป็นสาเหตุอันดับต้น ๆ ที่ทำให้ระบบเกิดความร้อนสะสมจนไหม้และเกิดการอาร์ก (Arcing) ขั้นตอนการเข้าหัวที่ถูกต้องมีดังนี้:

1. **การปกอสายไฟ:** ใช้คีมปกอสายไฟสำหรับโซลาร์เซลล์โดยเฉพาะ ปอกฉนวนออกยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร (ตามสเปคของขาพิน MC4) ระวังอย่าให้แกนทองแดงฟอยขาด
2. **การเข้าพิน (Crimping):** ใส่แกนทองแดงเข้าไปในพินโลหะ (พินตัวผู้สำหรับเปลือกขั้วตัวเมีย และพินตัวเมียสำหรับเปลือกขั้วตัวผู้) จากนั้นใช้ คีมย้ำสายไฟโซลาร์เซลล์ (Ratchet Crimp Tool) ย้ำจนสุดกลไกล็อก ห้ามใช้คีมธรรมดาหรือคีมปากจระเข้ย้ำเด็ดขาด เพราะหน้าสัมผัสจะไม่แน่นพอ
3. **การประกอบปลอกหุ้ม:** ดันพินโลหะที่ย้ำแล้วเข้าไปในปลอกพลาสติกของ MC4 จนได้ยินเสียง "คลิก" ซึ่งเป็นเสียงของสลักล็อกภายใน จากนั้นใช้ประแจขันฝาครอบท้าย (MC4 Spanner) ขันบีบซีลยางกันน้ำให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้นเข้า

5.2 การต่อวงจรแผงโซลาร์เซลล์ (PV Array Wiring Connections)

5.2.1 การต่อแผงแบบอนุกรม (Series Connection)

- **วิธีการ:** นำขั้วบวก (+) ของแผงที่ 1 ไปต่อเข้ากับขั้วลบ (-) ของแผงที่ 2 และต่อไล่กันไปเรื่อย ๆ ในสตริงเดียวกัน
- **ผลทางไฟฟ้า:** แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะเพิ่มขึ้น เท่ากับแรงดันของทุกแผงรวมกัน ($V_{total}=V_1+V_2+\dots+V_n$) ในขณะที่ กระแสไฟฟ้า (Current) จะคงที่ เท่ากับกระแสของแผงเดียว ($I_{total}=I_{panel}$)

5.2.2 การต่อแผงแบบขนาน (Parallel Connection)

- **วิธีการ:** รวมขั้วบวก (+) ของทุกแผงมาเข้าที่จุดร่วมเดียวกัน และรวมขั้วลบ (-) ของทุกแผงมาเข้าที่จุดร่วมอีกจุดหนึ่ง (มักใช้ข้อต่อสามทาง MC4 Y-Branch)
- **ผลทางไฟฟ้า:** กระแสไฟฟ้า (Current) จะเพิ่มขึ้น เท่ากับกระแสของทุกแผงรวมกัน ($I_{total}=I_1+I_2+\dots+I_n$) ในขณะที่ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะคงที่ เท่ากับแรงดันของแผงเดียว ($V_{total}=V_{panel}$)

5.2.3 การจัดการสายไฟใต้แผงและการรัดสายเคเบิลไทร์

- **สายไฟที่อยู่หลังแผงโซลาร์เซลล์** ห้ามปล่อยให้หย่อนตัวห้อยลงมาแตะหรือขูดขีดกับผิวหลังคา (ดกท้องช้าง) เพราะเมื่อมีลมพัด สายไฟจะแกว่งตัวเสียดสีกับหลังคาจนฉนวนถลอก เป็นเหตุให้เกิดไฟรั่วลงโครงหลังคา (Isolation Fault) หรือเกิดไฟฟ้าลัดวงจรเมื่อฝนตก
- **เทคนิคปฏิบัติ:** ต้องม้วนเก็บเก็บสายไฟรัดแนบติดกับกรอบแผงโซลาร์เซลล์ หรือยึดไว้กับรางอลูมิเนียม โดยเลือกใช้ **เคเบิลไทร์ชนิดทนรังสี UV (UV-Resistant Cable Ties - สีดำ)** หรือใช้คลิปล็อกสายไฟที่เป็นสแตนเลส (Stainless Steel Wire Clips) ในการยึด ห้ามใช้เคเบิลไทร์สีขาวทั่วไปเพราะจะกรอบและขาดภายในเวลาไม่กี่เดือน

5.3 การประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้าและระบบกราวด์ (Combiner Box & Grounding)

5.3.1 การเข้าสายอุปกรณ์ในตู้ DC/AC Combiner Box อย่างถูกวิธี

ตู้คอนโทรลควรจัดแบ่งฝั่ง DC และ AC แยกออกจากกันอย่างชัดเจน หรือใช้ตู้แยกกันเพื่อความปลอดภัยและการซ่อมบำรุงที่ง่าย:

- ฝั่ง DC: สายไฟจากหลังคาจะวิ่งผ่าน DC Fuse → DC Isolator/Breaker → DC SPD ก่อนจะต่อสายออกจากตู้ไปเข้าอินเวอร์เตอร์
- การเข้าปลายสาย: ต้องใช้หัวแรบพิทหรือหางปลา (Ferrule Terminal) ที่ปลายสายไฟทุกเส้นก่อนขันเข้ากับช่องเทอร์มินอลของอุปกรณ์ และต้องใช้ไขควงเช็คแรงบิดขันให้แน่นตามค่าฟอร์คที่ระบุ ห้ามใช้สายเปลือยสอดขึ้นเพราะสายฝอยจะแตกและหลวม เกิดความร้อนสะสมจนตู้อุปกรณ์ไหม้ได้

5.3.2 การเดินสายไฟร้อยท่อ (Conduit Installation)

การเดินสายไฟจากหลังคาลงมายังตู้ควบคุมและอินเวอร์เตอร์ ต้องร้อยผ่านท่อร้อยสายไฟเพื่อป้องกันสัตว์แทะเล็มและป้องกันแสงแดด:

- ท่อเหล็ก EMT / IMC: นิยมใช้เดินภายในอาคารหรือพื้นที่ที่ต้องการความแข็งแรงเชิงกลสูง ป้องกันแรงกระแทก
- ท่อ PVC สีเหลือง หรือสีขาว: นิยมใช้เดินภายในผนังหรือในที่ร่มที่ไม่โดนแดดโดยตรง
- ท่ออ่อนกันน้ำ (Liquid-Tight Flexible Conduit): ต้องใช้ในจุดที่มีการเชื่อมต่อระหว่างท่อแข็งกับตัวอินเวอร์เตอร์ หรือจุดที่อยู่กลางแจ้งบนหลังคา เพื่อรองรับการสั่นสะเทือนและการขยายตัวโครงสร้าง รวมถึงป้องกันน้ำฝนไหลย้อนเข้าสู่อุปกรณ์

5.3.3 การติดตั้งระบบสายดินและการต่อกราวด์ (Grounding System)

ระบบสายดินเป็นหัวใจหลักของความปลอดภัยในการป้องกันไฟดูดและช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า (SPD) ทำงานได้:

- การทำกราวด์โครงสร้าง (Equipment Grounding): กรอบอลูมิเนียมของแผงโซลาร์เซลล์ทุกแผงและรางอลูมิเนียมทุกท่อน ต้องถูกเชื่อมต่อทางไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยใช้ คลิปกราวด์ (Earthing Lug / Grounding Clip) ที่มีเขี้ยวเจาะทะลุชั้นน๊อตของอลูมิเนียม จากนั้นเดินสายดินเปลือยหรือสายเขียวเชื่อมต่อไปยังตู้ควบคุม
- การต่อกราวด์ (Ground Rod): ใช้แท่งทองแดงแท่งหรือเหล็กหุ้มทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5/8 นิ้ว ความยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตร ตอกลงไปในดินในแนวตั้ง
- เกณฑ์มาตรฐาน: ค่าความต้านทานดินของระบบสายดินต้อง ไม่เกิน 5 โอห์ม ($\leq 5 \Omega$) เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความต้านทานดิน (Earth Ground Tester) เพื่อให้มั่นใจว่ากระแสรั่วหรือกระแสฟ้าผ่าจะไหลลงดินได้อย่างรวดเร็ว