

รายงานภาพถ่ายงานติดตั้ง · ทำสาย เชียงราย

รวมภาพถ่ายหน้างานของระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 6.500 kWp ที่ทำสาย เชียงราย พร้อมคำอธิบายประกอบแต่ละภาพ การระบุสตริงและเบรกเกอร์ ขั้นตอนการเปิดระบบ ผลการทดสอบฉนวน และการประเมินผู้ควบคุมและการจัดวางแผง

สถานที่: ทำสาย เชียงราย · ระบบ: แผง 10 แผง (6.500 kWp) อินเวอร์เตอร์ไฮบริด 1 เฟส เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า · วันที่รายงาน: 10 ตุลาคม 2569

1. ภาพรวมของงานติดตั้ง



แผง 10 แผง (6.500 kWp) บนหลังคาโรงจอดรถ ภาพมุมสูงหลังติดตั้งแล้วเสร็จ

ภาพรวมของระบบ

สถานที่นี้ติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 6.5 kWp ประกอบด้วยแผง LONGi Hi-MO X10 ขนาด 650 W จำนวน 10 แผง (รุ่น LR7-72HVH-650M) จัดวางเป็น 2 แถว แถวละ 5 แผง บนหลังคาเรียบของโรงจอดรถ เนื่องจากแผงตั้งอยู่บนหลังคาคอนกรีตเรียบ จึงเข้าถึงเพื่อบำรุงรักษาได้สะดวกมาก

แผงทั้งหมดจ่ายไฟเข้าอินเวอร์เตอร์ไฮบริด Solis แบบ 1 เฟส ที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า โดยแต่ละแถวต่อเข้าช่อง MPPT ของตัวเอง เมื่อทำงานเต็มกำลัง ระบบผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 32 kWh ต่อวัน คิดจากแสงแดดเต็มที่ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวันในประเทศไทย ทั้งนี้ ปริมาณที่ผลิตได้จริงขึ้นอยู่กับการใช้ไฟฟ้าของลูกค้า

2. อินเวอร์เตอร์และตู้ควบคุม

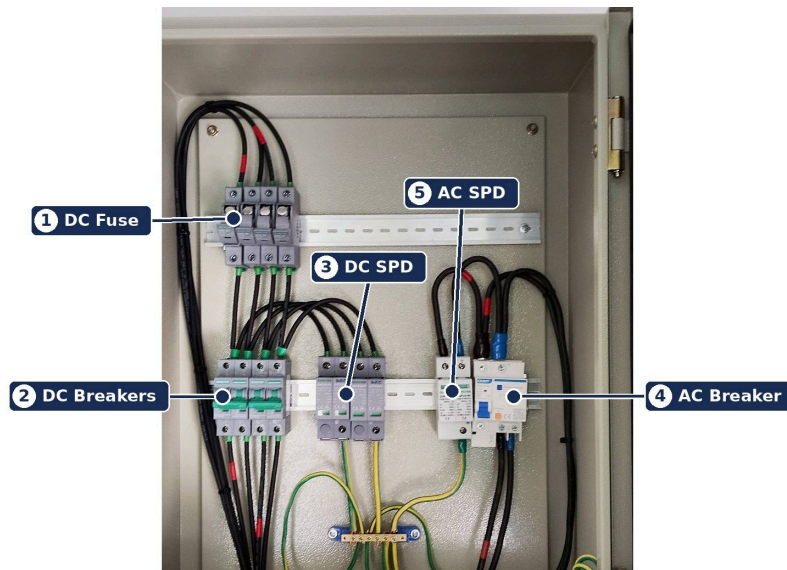


ตู้ควบคุม (ซ้าย) และอินเวอร์เตอร์ไฮบริด Solis (ขวา) บนโครงเหล็กชุบกัลวาไนซ์

อินเวอร์เตอร์ไฮบริด Solis และตู้ควบคุม AC/DC ติดตั้งบนโครงเหล็กชุบกัลวาไนซ์

- โครงเหล็กยกอุปกรณ์ทั้งสองให้ห่างจากผนัง เว้นช่องว่างด้านหลังไว้ระบายอากาศ
- เว้นระยะรอบอินเวอร์เตอร์มากกว่า 40 ซม. เพื่อการระบายความร้อน
- สายไฟเดินในท่อเหล็กกล่องสร้างเดินสาย (wireway) ได้อุปกรณ์
- ภายในห้องอินเวอร์เตอร์เดินท่อ EMT จากรางเดินสายไปยังกล่องพักสาย (pull box) แล้วต่อเข้ากับห้อง IMC ภายนอกอาคาร ทั้งสาย AC และสาย DC

3. อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมและขั้นตอนการเปิดระบบ



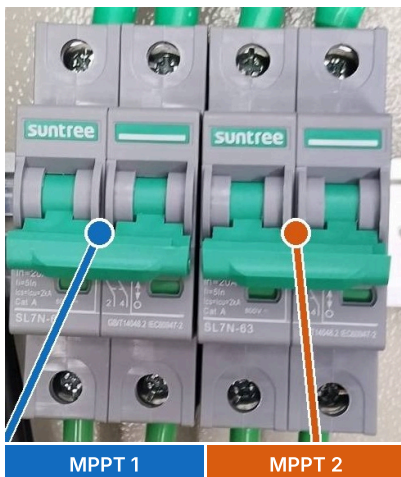
อุปกรณ์

1. ฟิวส์ DC 16 A
2. เบรกเกอร์ DC 16 A
3. DC SPD (อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก)
4. เบรกเกอร์ AC (RCBO) 63 A
5. AC SPD (อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก)

ขั้นตอนการเปิดระบบ

1. เปิดเบรกเกอร์ AC
2. กดปุ่มทางด้านขวาของอินเวอร์เตอร์ แล้วรอประมาณ 30 วินาทีจนหน้าจอติด
3. เปิดสวิตช์ DC ทางด้านซ้ายของอินเวอร์เตอร์
4. เปิดเบรกเกอร์ DC ที่ละตัว

ภายในตู้ควบคุม



เบรกเกอร์ DC: MPPT 1 และ MPPT 2

- เบรกเกอร์ MPPT 1: อยู่ด้านซ้าย
- เบรกเกอร์ MPPT 2: อยู่ด้านขวา

เบรกเกอร์แต่ละตัวต้องจอร์ได้ทีละสตรึง จึงปิดแผงแถวใดแถวหนึ่งเพื่อทดสอบหรือซ่อมบำรุงได้ โดยอีกแถวยังทำงานต่อตามปกติ สีที่ใช้ตรงกับภาพผังสตรึง คือสีน้ำเงินสำหรับ MPPT 1 และสีส้มสำหรับ MPPT 2

คำเตือน

ห้ามเปิดหรือปิดเบรกเกอร์ DC ขณะที่อินเวอร์เตอร์กำลังจ่ายโหลดอยู่

เบรกเกอร์ DC ของทั้งสองสตรึง



อินเวอร์เตอร์ไฮบริด Solis สวิตช์ DC คือลูกบิดสีดำทางด้านซ้ายของเครื่อง



หน้าจอและไฟแสดงสถานะของอินเวอร์เตอร์ขณะทำงานปกติ

ไฟแสดงสถานะ

- **POWER (สีแดง)** และ **OPERATION (สีเขียว)** จะติดค้างตลอดขณะทำงานปกติดังในภาพ
- **ALARM (สีส้ม)** คือไฟดวงขวาสุดเหนือหน้าจอ หากไฟดวงนี้กะพริบ กรุณาติดต่อ Solar ESS โทร 063 151 6694, 089 429 6832

4. ผังสตริง: MPPT 1 และ MPPT 2



ผังสตริงเมื่อมองจากด้านบน

- **MPPT 2:** แผง 5 แผงแถวที่อยู่ติดถนน
- **MPPT 1:** แผง 5 แผงแถวที่อยู่ติดบ้าน (แถวที่สองนับจากถนน)

แต่ละแถวเป็นหนึ่งในสตริงที่ต่อเข้าช่อง MPPT ของตัวเองที่อินเวอร์เตอร์ ทั้งสองแถวจึงทำงานเป็นอิสระต่อกัน

5. แผงโซลาร์เซลล์: LONGi Hi-MO X10 เซลล์แบบ half-cut back-contact

แผงทั้ง 10 แผงเป็น LONGi Hi-MO X10 ขนาด 650 W (รุ่น LR7-72HVH-650M) ซึ่งมีจุดเด่น 3 ประการที่แตกต่างจากแผงทั่วไป

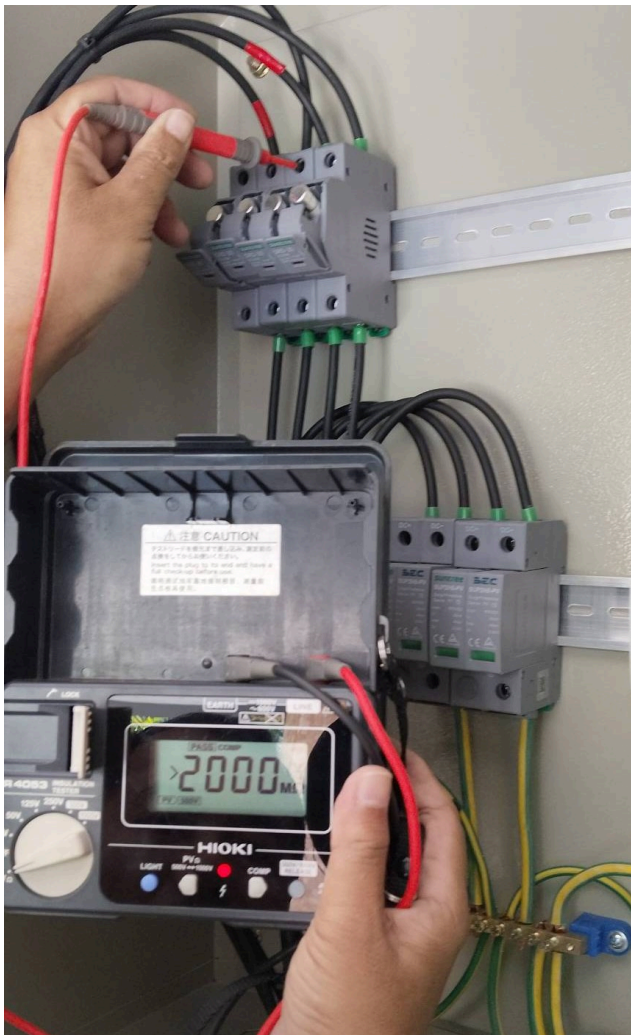
เทคโนโลยี

- **เซลล์แบบ back-contact (HPBC 2.0):** ขั้วโลหะทั้งหมดอยู่ด้านหลังเซลล์ ด้านหน้าไม่มีบัสบาร์หรือเส้นกริดบังแสง จึงรับแสงได้เต็มพื้นที่ รุ่น 650 W มีประสิทธิภาพแผง 24.1% และรุ่นสูงสุดในซีรีส์อยู่ที่ 24.8%
- **เวเฟอร์ N-type TaiRay:** เวเฟอร์ซิลิคอนที่ LONGi พัฒนาขึ้นเอง มีค่าความต้านทานสม่ำเสมอ มีสิ่งเจือปนโลหะน้อยกว่า และแข็งแรงทนทานกว่า
- **เซลล์แบบ half-cut:** แต่ละเซลล์ถูกตัดแบ่งครึ่ง รวมเป็น 144 เซลล์ครึ่ง (6 × 24) โดยต่อวงจรแยกเป็นครึ่งบนและครึ่งล่างของแผง

ประโยชน์ที่บ้านหลังนี้ได้รับ

- **สูญเสียย้อนลงและเซลล์ร้อนน้อยลง:** เซลล์ครึ่งมีกระแสไหลเพียงครึ่งเดียว การสูญเสียจากความต้านทานภายในแผงจึงลดลงเหลือราวหนึ่งในสี่
- **ทำงานได้ดีกว่าเมื่อมีเงาบังบางส่วน:** แผงสองครึ่งทำงานแยกกัน เมื่อเงาบังครึ่งหนึ่ง อีกครึ่งยังผลิตไฟได้ LONGi ระบุว่ากำลังไฟที่สูญเสียจากเงาบังน้อยกว่าแผง TOPCon ทั่วไปกว่า 70% และอุณหภูมิจุดร้อน (hot spot) ต่ำกว่ามากกว่า 28% จึงเหมาะกับตำแหน่งที่อยู่ใกล้ต้นปาล์มและไม้พุ่ม
- **กำลังผลิตลดลงน้อยเมื่ออากาศร้อน:** กำลังไฟลดลงเพียง 0.26% ต่อ °C เหมาะกับฤดูร้อนของเชียงราย
- **อายุการใช้งานยาวนาน:** กำลังผลิตลดลงไม่เกิน 1% ในปีแรก และ 0.35% ต่อปีในถัดไป รับประกันตัวแผง 15 ปี และรับประกันกำลังผลิต 30 ปี

6. การทดสอบความเป็นฉนวน



การทดสอบความต้านทานฉนวนที่ฐานพิวส์ DC ด้วยเครื่องทดสอบฉนวน Hioki IR4053

ได้ทดสอบความต้านทานฉนวนของสายสตริง DC ที่ฐานพิวส์ DC ในตู้ควบคุม ก่อนจ่ายไฟเข้าระบบ

- **เครื่องมือ:** เครื่องทดสอบฉนวน Hioki IR4053 ในโหมดทดสอบฉนวนสำหรับระบบ PV
- **ค่าที่วัดได้:** มากกว่า 2000 MΩ ซึ่งเกินย่านวัดสูงสุดของเครื่อง
- **ผลการทดสอบ:** ผ่าน (PASS) ตามที่แสดงบนหน้าจอเครื่องวัด

ค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้โดยทั่วไปสำหรับสตริง PV ขนาดนี้คือ 1 MΩ ค่าที่วัดได้จึงสูงกว่าเกณฑ์มาก แสดงว่าไม่มีกระแสรั่วจากสาย DC หรือแผงลงดิน และฉนวนของสายไม่ได้รับความเสียหายระหว่างการติดตั้ง

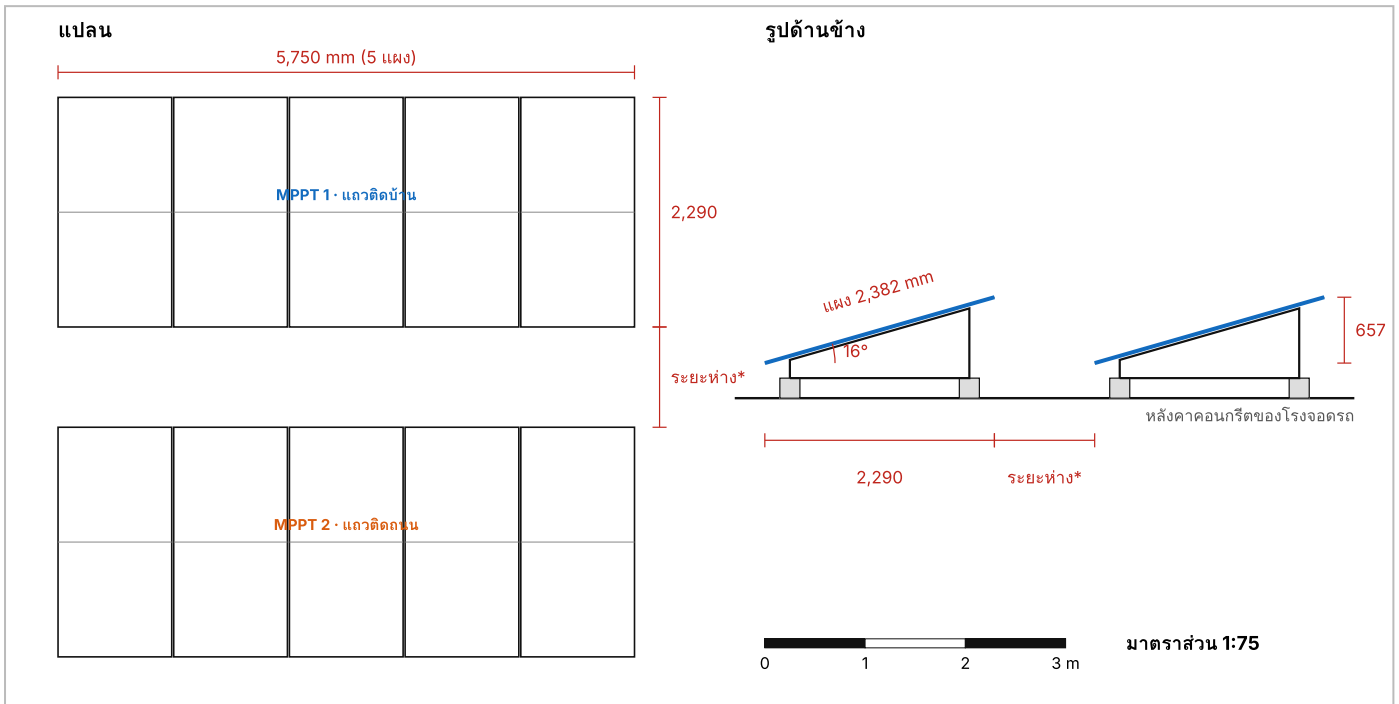
7. การประเมินตู้ควบคุม (combiner box)

ตู้ควบคุมประกอบมาอย่างเรียบร้อย ใช้งานและซ่อมบำรุงได้สะดวก และมีอุปกรณ์ป้องกันครบถ้วน ฟัง DC แต่ละสตริงมีพิวส์ เบรกเกอร์ DC แบบ 2 โพล และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก DC ของตัวเอง ส่วนฝั่ง AC มีเบรกเกอร์และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก AC อยู่ในตู้เดียวกัน เนื่องจากแต่ละ MPPT มีเบรกเกอร์แยก จึงตัดวงจรสตริงหนึ่งได้โดยอีกสตริงยังทำงานต่อ และพิวส์ของแต่ละสตริงยังเป็นการป้องกันอีกชั้นหนึ่ง

งานติดตั้งทำอย่างประณีต ปลายสายย้าหางปลาแบบ ferrule ทำเครื่องหมายชัดด้วยเทปสีแดง และใช้สาย DC สำหรับงานโซลาร์ทั้งหมด อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกและตัวต่อลงบารกาวด์กลางจุดเดียวกัน ตู้โลหะที่เดินท่อเข้าทางด้านล่างมีความแข็งแรง และราง DIN ที่เหลือว่างรองรับการเพิ่มแบตเตอรี่หรือ ATS ในอนาคตได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง: มีงานเก็บรายละเอียดบางรายการที่ดำเนินการได้ในการเข้าบริการครั้งถัดไป ได้แก่ การติดป้ายภายในตู้ระบุ MPPT 1 และ 2, AC และ DC และชื่ออุปกรณ์ การติดตั้งรางเก็บสาย และเดินสายกราวด์ของอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกให้สั้นและตรงขึ้น การจัดสายกราวด์ของฟาดูให้เรียบร้อย และการติดตั้งแผ่นกันระหว่างฝั่ง AC กับฝั่ง DC

8. การประเมินการจัดวางแผง



แบบลายเส้นของโครงสร้างรองรับแผง มาตราส่วน 1:75 บนกระดาษ A4 เส้นสีน้ำเงินคือแผง ด้านล่างเป็นโครงเหล็กสามเหลี่ยมบนแท่นคอนกรีต ขนาดแผง 2,382 × 1,134 mm ตาม datasheet ของ LONGi มุมเอียงประมาณ 16° *ระยะห่างระหว่างแถว ความสูงของขารองรับ และขนาดแท่นคอนกรีตเป็นค่าประมาณ ต้องวัดจริงที่หน้างาน

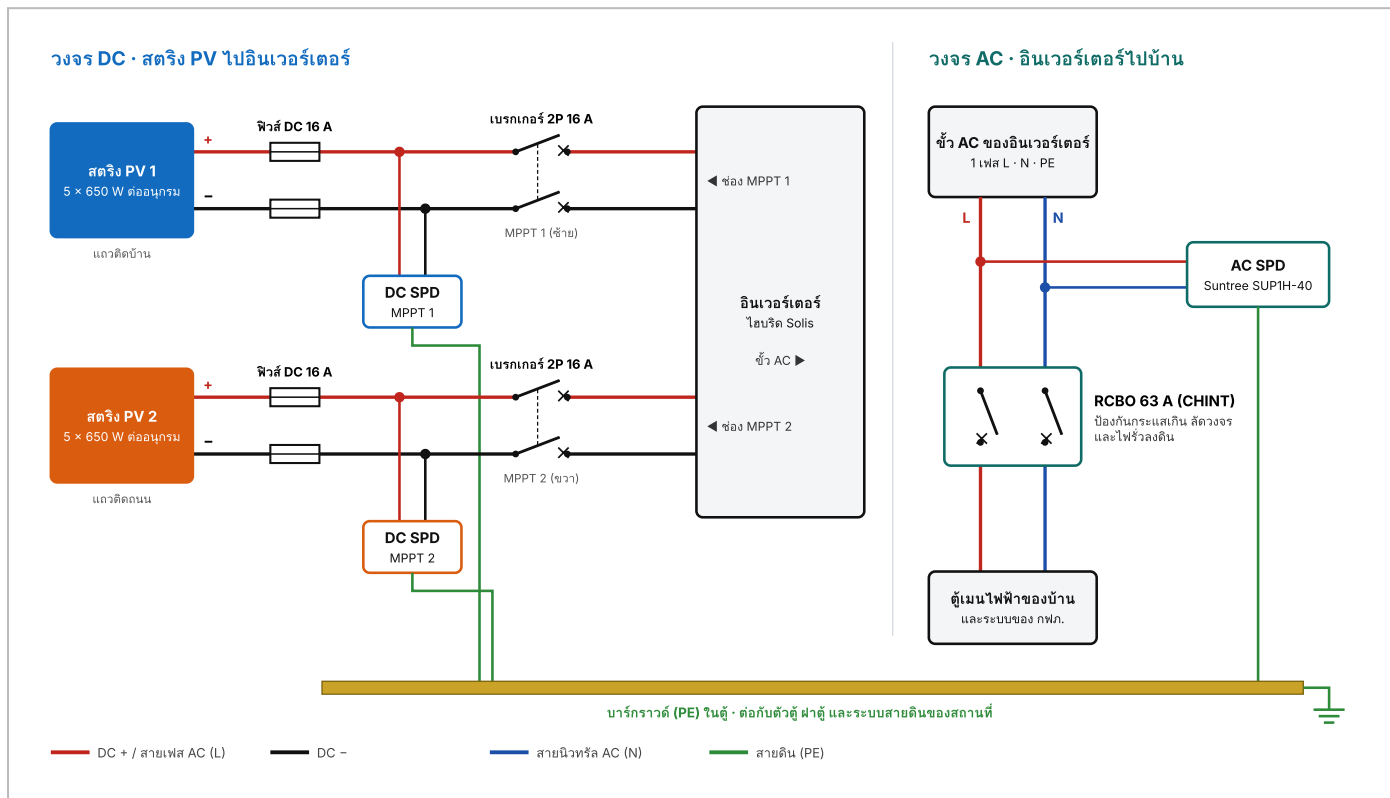
การจัดวางแผงออกแบบมาเหมาะสมกับหลังคานี้ แผง 10 แผงวางแนวตั้งเป็น 2 แถว แถวละ 5 แผง แต่ละแถวต่อเข้า MPPT ของตัวเอง เจาบังหรือความผิดปกติของแถวหนึ่งจึงไม่ทำให้แถวผลิตไฟลดลง มุมเอียงประมาณ 16° หันไปทางทิศใต้ ใกล้เคียงกับมุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเชียงราย และช่วยให้น้ำฝนชะล้างแผงได้

แผงยึดบนรางอะลูมิเนียมซึ่งวางบนโครงเหล็กสามเหลี่ยมเชื่อม ตั้งอยู่บนแท่นคอนกรีตที่ซึ่กันน้ำและยึดกับหลังคาเรียบ ด้านใต้แผงเปิดโล่งให้อากาศไหลผ่าน ช่วยให้แผงเย็นลงและผลิตไฟได้ดีขึ้น ขาที่ยกสูงช่วยให้มีน้ำระบายผ่านด้านล่างได้ ทางเดินระหว่างแถวทำให้เข้าไปล้างแผงและซ่อมบำรุงได้สะดวก และลดเงาบังระหว่างแถว นอกจากนี้หลังคาฝั่งทิศตะวันตกยังมีพื้นที่ว่างสำหรับขยายระบบในอนาคต

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและการดูแลตามรอบ: ยึดสายไฟใต้แผงส่วนที่ยังหย่อนอยู่เข้ากับราง ฟันสเปรย์กัลวาไนซ์เย็นและทาสีทับหน้าทีรอยเชื่อม ตรวจสอบตำแหน่งรางให้อยู่ในช่วงจับยึดที่ผู้ผลิตกำหนด ตัดแต่งต้นปาล์มและไม้พุ่มข้างแถว MPPT 1 อย่างสม่ำเสมอ และตรวจสอบฟูกยึดใต้แท่นคอนกรีตแต่ละแท่นในการตรวจสอบตามรอบ ระยะห่างระหว่างแถวดูเพียงพอสำหรับแดดช่วงเที่ยงตลอดทั้งปี ส่วนเงาบังช่วงเช้าตรู่และบ่ายแก่ในเดือนธันวาคมจะเย็นอีกครั้งเมื่อวัดระยะห่างระหว่างแถวแล้ว

9. แผนผังวงจรของตู้ควบคุม

วงจรของตู้ควบคุมตามที่ติดตั้งจริง: ฝั่ง DC จากแผงทั้งสองสตริงไปยังอินเวอร์เตอร์ และฝั่ง AC จากอินเวอร์เตอร์ไปยังบ้าน



ฝั่ง DC

- ฟิวส์ DC: Suntimee, 16 A ติดตั้งที่ขั้ว + และขั้ว - ของแต่ละสตริง ขั้วละ 1 ตัว
- เบรกเกอร์ DC: Suntimee แบบ 2 โพล 16 A สตริงละ 1 ตัว โดย MPPT 1 อยู่ด้านซ้าย และ MPPT 2 อยู่ด้านขวา
- อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก DC: Suntimee SUP2H8-PV, Type 2, 800 VDC, 20/40 kA สตริงละ 1 ตัว ต่ออยู่ระหว่างฟิวส์กับเบรกเกอร์

ฝั่ง AC และการต่อลงดิน

- RCBO: CHINT NXBLE-63 ป้องกันกระแสเกิน ลัดวงจร และไฟรั่วลงดิน
- อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอก AC: Suntimee SUP1H-40, Type 2, 275 V, 20/40 kA.
- ตู้: ตู้เหล็กกันน้ำ KJL No. 4
- บาร์กราวด์: อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทุกตัว ตัวตู้ และฝาตู้ ต่อลงบาร์กราวด์เดียวกัน

10. เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าครั้งนี้

เครื่องมือที่ Solar ESS ใช้ตรวจสอบระบบไฟฟ้าของระบบนี้ ร่วมกับเครื่องทดสอบฉนวน Hioki IR4053 (หัวข้อ 6) และกล้องถ่ายภาพความร้อน Fluke (หัวข้อ 11)



ดิจิทัลดิจิตอล true-RMS รุ่น Hioki DT4261: ใช้วัดแรงดัน AC และ DC และตรวจสอบความต่อเนื่องของวงจร



ดิจิทัลดิจิตอล true-RMS รุ่น PeakTech 3360: เครื่องมือสองสำหรับสอบทานค่าที่วัดได้



เครื่องทดสอบสายดิน Hioki FT6031-50: ใช้วัดความต้านทานดินของระบบกราวด์ (ภาพผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิต)

11. การตรวจสอบความร้อนของตู้ควบคุม



ภาพถ่ายความร้อนของตู้ควบคุม (Fluke, emissivity 0.95)

ได้สแกนตู้ควบคุมด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน Fluke เพื่อตรวจหาความผิดปกติหรืออุณหภูมิสูงเกินปกติที่จุดต่อทุกจุด

- **สถานะขณะตรวจ:** ระบบทำงานตามปกติ กำลังผลิตประมาณ 1.7 kW เวลาประมาณ 15.00 น.
- **ช่วงอุณหภูมิ:** 35.0 ถึง 38.4 °C ทั่วทั้งตู้ ต่างกัน 3.4 °C
- **จุดที่ร้อนที่สุด:** 38.4 °C ที่ฝั่ง AC บริเวณ RCBO และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก AC สูงกว่าบริเวณโดยรอบเพียง 2 ถึง 3 °C
- **ฝั่ง DC:** สายสตรึง พิวส์ และเบรกเกอร์ DC มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ ไม่มีข้อต่อใดร้อนผิดปกติ

ผลการตรวจ

ไม่พบความผิดปกติหรืออุณหภูมิสูงผิดปกติที่จุดต่อใด จุดต่อทั้งหมดในตู้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอและอยู่ในเกณฑ์ปกติ

12. รายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

No.	Item	Brand / model	Rating	Qty
1	Solar panel	LONGi Hi-MO X10, LR7-72HVH-650M	650 W, Vmp 44.56 V, Imp 14.59 A, Voc 53.90 V, Isc 15.29 A	10
2	Hybrid inverter	Solis	10 kW	1
3	DC fuse holder with fuse	Suntree	16 A	4
4	DC breaker, 2-pole	Suntree	16 A	2
5	DC surge protector	Suntree SUP2H8-PV	800 VDC, 20/40 kA, Type 2	2
6	RCBO	CHINT NXBLE-63	63 A frame, 300 mA earth leakage	1
7	AC surge protector	Suntree SUP1H-40	275 V, 20/40 kA, Type 2	2
8	Moulded-case breaker, 2-pole	CHINT NXM-125S/2300	125 A	1
9	Moulded-case breaker, 2-pole	CHINT NXM-125S/2300	100 A	1
10	Steel cabinet with DIN rail	KJL No. 4	waterproof	2
11	Outdoor junction box	Nano	sealed, with cable glands	1
12	Earth bar and earth cable		brass bar, green/yellow cable 10 sq.mm	1
13	Conduits, wireway, pull box, steel frame	Panasonic and KJL	galvanized	1 set