

การออกแบบระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

อินเวอร์เตอร์ Huawei SUN2000-50K-MC0 ร่วมกับแผง LONGi Hi-MO X10 LR8-66HVD-650M Anti-Glare
อ้างอิงค่าชี้ของผู้ผลิตทั้งสองราย

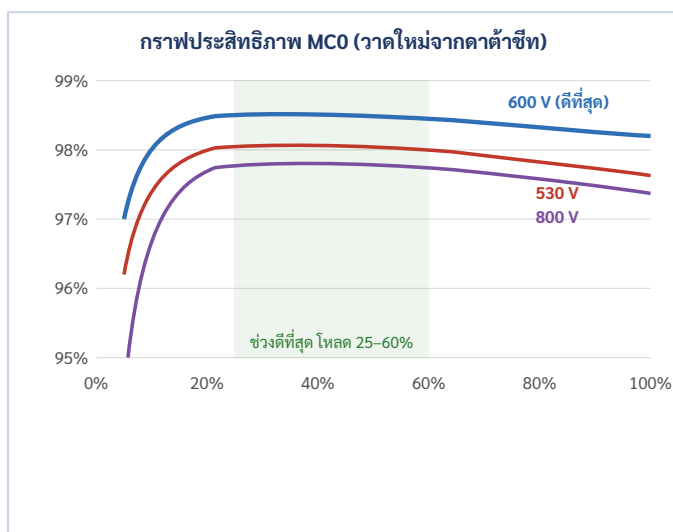
สรุปผล การจับคู่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 6 สตริง x 16 แผง = 96 แผง 62.4 kWp (DC/AC 1.25) ต่อแบบ 1 / 2 / 2 / 1 บน MPPT 1 ถึง 4 ทำให้แรงดัน MPPT อยู่ที่ประมาณ 600 V ซึ่งเป็นจุดที่ดีที่สุดของอินเวอร์เตอร์เกือบตลอดวัน อินเวอร์เตอร์ทำงานในช่วงโหลดประสิทธิภาพสูง 25–60% เป็นส่วนใหญ่ อยู่ในพิกัดกระแสทุกจุด และไม่มีการตัดกำลัง AC ผลิตไฟได้ประมาณ 89,300 kWh/ปี (≈1,430 kWh ต่อ kWp) ซึ่งได้พลังงานต่อแผงสูงที่สุดในทุกรูปแบบที่ทดสอบ

1. ค่าจากดาต้าชีทที่ใช้

Huawei SUN2000-50K-MC0	ค่า	LONGi LR8-66HVD-650M	ค่า
ประสิทธิภาพสูงสุด / แบบยุโรป	98.5% (400 V) / 98.2%	Pmax / ประสิทธิภาพแผง (STC)	650 W / 24.06%
แรงดันอินพุตพิกัด	600 V	Voc / Vmp	49.72 V / 40.98 V
ช่วงแรงดัน MPPT / แรงดันเริ่มทำงาน	180–1,000 V / 180 V	Isc / Imp	16.54 A / 15.86 A
แรงดันอินพุตสูงสุด	1,100 V	เมื่อได้พลังงานด้านหลัง 10%: Isc / Imp	18.11 A / 17.36 A
จำนวน MPPT / อินพุต	4 / 8 (2 ต่อ MPPT)	เมื่อได้พลังงานด้านหลัง 20%: Isc / Imp	19.75 A / 18.94 A
กระแสสูงสุดต่ออินพุต	23 A	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ Voc / Isc / Pmax	−0.20 / +0.05 / −0.26 %/°C
กระแสสูงสุดต่อ MPPT (1/2/3/4)	30 / 33 / 33 / 30 A	อุณหภูมิเซลล์ขณะทำงาน (NOCT)	45 ± 2 °C
กระแสลัดวงจรสูงสุดต่อ MPPT	40 / 44 / 44 / 40 A	แรงดันระบบสูงสุด / พิวส์อนุกรม	1,500 V / 35 A
กำลัง AC พิกัด / สูงสุด	50 kW / 55 kW	ขนาด / ระยะรูยึด	2382 × 1134 mm / 1,400 mm

เงื่อนไขการออกแบบ (เชียงราย): อุณหภูมิเซลล์ต่ำสุด 0 °C อุณหภูมิเซลล์ประมาณ 52 °C ขณะทำงานปกติ และประมาณ 61 °C ช่วงเที่ยงวันที่ฟ้าโปร่ง (คำนวณจาก NOCT 45 °C ที่อุณหภูมิอากาศ 30 °C) ใช้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ Vmp −0.30 %/°C (Pmax −0.26 %/°C หักผลของกระแสที่เพิ่มขึ้น) พลังงานจากด้านหลังแผง 10% สำหรับหลังคาหรือพื้นดินทั่วไป

2. จุดทำงานที่ดีที่สุดของอินเวอร์เตอร์



อ่านจากกราฟในดาต้าชีท MC0:

- 600 V ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ประมาณ 98.5%
- 530 V ต่ำกว่าประมาณ 0.4% และ 800 V ต่ำกว่าประมาณ 0.6–0.7%
- ประสิทธิภาพคงที่ในช่วงโหลดประมาณ 25–60% และลดลงเร็วเมื่อต่ำกว่า 10%

เป้าหมายการออกแบบ:

- แรงดัน MPPT ใกล้ 600 V ขณะทำงานปกติในช่วงกลางวัน
- ขนาดแผงที่ทำให้อินเวอร์เตอร์ทำงานในช่วง 25–60% เกือบตลอดเวลา โดยไม่เกิดการตัดกำลังช่วงเที่ยง
- กระแสอยู่ในพิกัดของแต่ละ MPPT เพื่อให้อินเวอร์เตอร์ไม่ต้องเลื่อนออกจากจุดกำลังสูงสุด

3. ความยาวสตริง: จับคู่แผงกับ 600 V

แผงต่อสตริง	Voc ที่ 0 °C (ซีดจำกัด 1,100 V)	Vmp ที่ 61 °C (เที่ยงวันฟ้าโปร่ง)	Vmp ที่ 52 °C (ทำงานปกติ)	Vmp ที่ 25 °C	Vmp เฉลี่ยทั้งปี (ถ่วงด้วยความเข้มแสง)	ความเหมาะสมกับ 600 V
15	783 V	548 V	565 V	615 V	579 V	ดีมาก (-3%)
16	835 V	585 V	603 V	656 V	618 V	ดีที่สุด (+3%)
17	888 V	621 V	640 V	697 V	656 V	ดี (+9%)
18	940 V	658 V	678 V	738 V	695 V	ดี (+16%)
20	1,044 V	731 V	753 V	820 V	772 V	ห่างจาก 600 V มาก ระยะเพื่อแรงดันน้อย

สตริง 16 แผงทำงานที่ประมาณ 603 V ที่อุณหภูมิเซลล์ปกติ 52 °C ซึ่งเกือบตรงกับแรงดันพิกัดและจุดประสิทธิภาพสูงสุด 600 V ของอินเวอร์เตอร์ และ Voc 835 V ที่ 0 °C มีระยะเพื่อ 24% จาก 1,100 V

4. ตรวจสอบกระแสต่อ MPPT (ค่าพลังงานด้านหลังจากดาต้าชีท)

จำนวนสตริงต่อ MPPT	Imp ด้านหลัง 10%	Isc ที่ 70 °C ด้านหลัง 10% / 20%	MPPT 1 และ 4 (30 A / 40 A)	MPPT 2 และ 3 (33 A / 44 A)
1 สตริง	17.4 A	18.5 A / 20.2 A	ผ่าน มีระยะเพื่อเต็มที่	ผ่าน
2 สตริง	34.7 A	37.0 A / 40.4 A	ถูกจำกัดกระแสเมื่อแสงเกินประมาณ 865 W/ตร.ม. และ 40.4 A เกินซีดจำกัดเมื่อด้านหลัง 20%	ผ่าน แต่ 33 A เฉพาะเมื่อแสงเกินประมาณ 950 W/ตร.ม. (น้อยมาก)

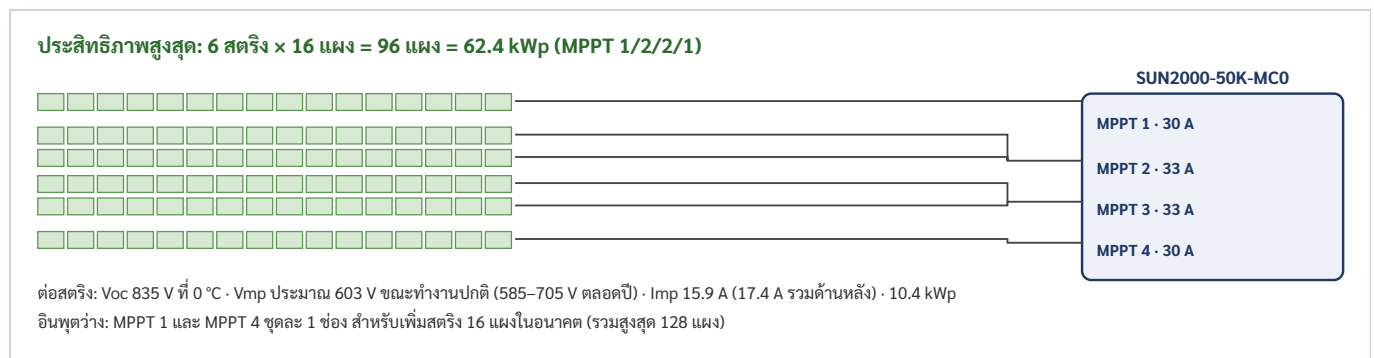
ควรต่อ 2 สตริงที่ MPPT 2 และ 3 ซึ่งพิกัด 33 A / 44 A เหมาะกับแผงรุ่นนี้ ส่วน MPPT 1 และ 4 ต่อ 1 สตริงจะมีประสิทธิภาพที่สุด ทุกอินพุตรับไม่เกิน 1 สตริง (≤ 20.2 A อยู่ในพิกัดอินพุต 23 A) เมื่อต่อไม่เกิน 2 สตริงต่อ MPPT กระแสย้อนเข้าสตริงที่เสียหายจะต่ำกว่าพิกัดฟิวส์อนุกรมของแผง 35 A จึงไม่ต้องใช้ฟิวส์สตริง

5. เปรียบเทียบรูปแบบการต่อ

รูปแบบ (สตริงที่ MPPT 1/2/3/4)	จำนวนแผง	kWp	DC/AC	Vmp เฉลี่ย	kWh/ปี (ประมาณ)	kWh ต่อ kWp	จำกัดกระแส	ตัดกำลัง AC
4 × 20 (1/1/1/1)	80	52.0	1.04	772 V	74,000	1,425	0%	0%
6 × 15 (1/2/2/1)	90	58.5	1.17	579 V	83,700	1,430	0.02%	0%
6 × 16 (1/2/2/1) — มีประสิทธิภาพสูงสุด	96	62.4	1.25	618 V	89,300	1,430	0.02%	0%
6 × 17 (1/2/2/1)	102	66.3	1.33	656 V	94,700	1,428	0.02%	0%
6 × 18 (1/2/2/1)	108	70.2	1.40	695 V	100,100	1,426	0.02%	0.1%
8 × 15 (2/2/2/2)	120	78.0	1.56	579 V	110,300	1,414	0.2%	0.8%
8 × 16 (2/2/2/2)	128	83.2	1.66	618 V	116,200	1,397	0.2%	2.0%
8 × 20 (2/2/2/2)	160	104.0	2.08	772 V	134,400	1,292	0.2%	8.8%

ประเมินด้วยแบบจำลองอย่างง่ายของปีหนึ่งในเชียงราย (เปรียบเทียบที่ประมาณ 1,430 kWh ต่อ kWp) กราฟประสิทธิภาพในดาต้าชีท (ตามแรงดันและโหลด) พฤติกรรมด้านอุณหภูมิและกระแสจากด้านหลังของแผง ซีดจำกัดกระแสของแต่ละ MPPT และซีดจำกัด AC 55 kW ไม่ได้ใช้ข้อมูลอากาศของพื้นที่จริง ใช้ตัวเลขเพื่อเปรียบเทียบรูปแบบ ตัวเลขชุดนี้ปรับปรุงจากเอกสารกำลังแผงสูงสุดฉบับก่อนโดยใช้ดาต้าชีททั้งสองฉบับ

6. แบบที่แนะนำ



รูปที่ 2 — ผังการต่อสตริงแบบประสิทธิภาพสูงสุด แต่ละคู่สตริงต่อเข้าอินพุต 2 ช่องของ MPPT 2 และ 3 ที่อินเวอร์เตอร์โดยตรง

7. ข้อเสนอแนะ

- **ประสิทธิภาพสูงสุด: 6 สตริง × 16 แผง = 96 แผง (62.4 kWp) MPPT 1/2/2/1** แรงดันทำงานประมาณ 603 V ที่จุดดีที่สุดของอินเวอร์เตอร์ ทำงานในช่วงโหลดประสิทธิภาพสูงเกือบตลอดวัน แทบไม่มีการจำกัดกระแสและไม่มีการตัดกำลัง ใช้ได้ทั้งหลังคาพื้นดิน และโรงจอดรถ
- **หากต้องการพลังงานมากขึ้น** โดยยังมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน: $6 \times 18 = 108$ แผง (70.2 kWp, 1,426 kWh ต่อ kWp ตัดกำลัง 0.1%) ใช้การต่อแบบเดียวกันแต่สตริงยาวขึ้น
- **อัตราส่วนที่สูงขึ้น** (8 สตริง 120–160 แผง) ได้พลังงานรวมมากขึ้น แต่แต่ละแผงทำงานมีประสิทธิภาพน้อยลงจากการตัดกำลังและขีดจำกัด 30 A ที่ MPPT 1 และ 4 ควรเลือกเฉพาะเมื่อราคาแผงถูกเมื่อเทียบกับมูลค่าพลังงาน
- สตริงใน MPPT เดียวกันต้องมีจำนวนแผง ทิศทาง และมุมเอียงเท่ากัน ยึดแผงที่ระยะ 1,400 มม. ตามคำแนะนำของ LONGi
- สอบถามผู้จัดจำหน่ายของเราเพื่อยืนยันว่าการรับประกันของ Huawei ครอบคลุมอัตราส่วน DC/AC ที่เลือก และหากเป็นระบบเชื่อมต่อกกริด ให้ตรวจสอบเงื่อนไขของ กฟผ. ด้วย (MCO ระบุมาตรฐาน PEA ไว้ในคำแนะนำ)

แหล่งข้อมูล: คำแนะนำ Huawei SUN2000-50K-MC0 (ข้อมูลจำเพาะและกราฟประสิทธิภาพ) และคำแนะนำ LONGi Hi-MO X10 Anti-Glare LR8-66HVD 640–665M ตัวเลขพลังงานเป็นค่าประมาณจากแบบจำลอง ควรยืนยันการออกแบบขั้นสุดท้ายกับสภาพหน้างานจริง