

การประเมินความเสี่ยงแรงดันเกินที่ MPPT

อินเวอร์เตอร์ Huawei SUN2000-50K-MC0 / SUN2000-50KTL-M3 ร่วมกับแผง LONGi LR8-66HVD-650M Anti-Glare จังหวัดเชียงราย

สรุปผล เมื่อใช้สตริงละ 16 แผง ตามที่แนะนำ (หรือ 15-18 แผง) โอกาสเกิดแรงดัน DC เกินแทบเป็นศูนย์ เพราะเซลล์ต้องเย็นกว่าประมาณ -70°C แรงดันจึงจะถึงขีดจำกัด 1,100 V ความเสี่ยงจะเริ่มมีจริงที่ 20 แผง (เหลือระยะเผื่อเพียงประมาณ 2% เมื่อรวมค่าคลาดเคลื่อนของแผง) และมีโอกาสเกิดสูงที่ 21 แผงขึ้นไป ซึ่งห้ามใช้

1. ขีดจำกัดแรงดันสองค่า

ขีดจำกัด (ทั้งสองรุ่น)	ค่า	ใช้กับแรงดันใด	ผลเมื่อเกินขีดจำกัด
แรงดัน DC อินพุตสูงสุด	1,100 V	แรงดันวงจรเปิดของสตริง (Voc) ในเช้าที่อากาศเย็นและแดดจัดก่อนอินเวอร์เตอร์เริ่มทำงาน	อาจทำให้อินเวอร์เตอร์เสียหายและการรับประกันเป็นโมฆะ
แรงดันทำงานสูงสุดของ MPPT	1,000 V	แรงดันทำงานที่จุดกำลังสูงสุด (Vmp)	ไม่เสียหาย แต่อินเวอร์เตอร์ติดตามจุดกำลังสูงสุดไม่ได้จนกว่าแรงดันจะลดลง จึงเสียพลังงาน

2. สมมติฐาน (กรณีเลวร้ายที่สุด)

- Voc ของแผง 49.72 V ที่ 25°C (ดาต้าชีท LONGi) สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ Voc $-0.20\%/^{\circ}\text{C}$ แรงดันจึงสูงขึ้นเมื่อแผงเย็นลง
- อุณหภูมิเซลล์ต่ำสุดที่ใช้ออกแบบ 0°C ช่วงพระอาทิตย์ขึ้น ขณะที่เช้าที่หนาวที่สุดของเชียงรายแทบไม่ต่ำกว่าประมาณ 5°C ค่า 0°C จึงปลอดภัยอยู่แล้ว
- เพิ่มค่าคลาดเคลื่อนของแผง $+3\%$ บน Voc (ค่าความไม่แน่นอนในการทดสอบตามดาต้าชีท) เป็นระยะเผื่อขั้นที่สอง
- พลังงานจากด้านหลังแผงแทบไม่เปลี่ยน Voc (49.62-49.72 V ทุกระดับในดาต้าชีท LONGi) การทำงานแบบ Bifacial จึงไม่เพิ่มความเสถียรด้านแรงดัน
- Vmp ที่ 0°C ใช้สัมประสิทธิ์ $-0.30\%/^{\circ}\text{C}$ (Vmp 40.98 V ที่ 25°C)

3. ความเสี่ยงแรงดันเกินตามความยาวสตริง

แผงต่อสตริง	Voc ที่ 25°C	Voc ที่ 0°C	Voc ที่ $0^{\circ}\text{C} +3\%$	ระยะเผื่อจาก 1,100 V (รวม $+3\%$)	อุณหภูมิเซลล์ที่ทำให้ถึง 1,100 V (รวม $+3\%$)	โอกาสเกิดในเชียงราย
15	746 V	783 V	807 V	27%	-212°C (-191°C)	ไม่มี
16 (แนะนำ)	796 V	835 V	860 V	22%	-166°C (-146°C)	ไม่มี
17	845 V	888 V	914 V	17%	-126°C (-107°C)	ไม่มี
18	895 V	940 V	968 V	12%	-90°C (-72°C)	ไม่มี
19	945 V	992 V	1,022 V	7%	-57°C (-40°C)	แทบไม่มี
20	994 V	1,044 V	1,075 V	2%	-28°C (-12°C)	โอกาสน้อยมาก แต่ไม่มีระยะเผื่อ
21	1,044 V	1,096 V	1,129 V	เกิน	-2°C ($+14^{\circ}\text{C}$)	เกิดได้ในเช้าที่อากาศเย็น ธ.ค.-ก.พ. ห้ามใช้
22	1,094 V	1,149 V	1,183 V	เกิน	$+22^{\circ}\text{C}$ ($+37^{\circ}\text{C}$)	เกิดเกือบทุกเช้า ห้ามใช้เด็ดขาด

“อุณหภูมิเซลล์ที่ทำให้ถึง 1,100 V” คืออุณหภูมิแผงที่ทำให้ Voc ของสตริงถึง 1,100 V ค่าในวงเล็บรวมค่าคลาดเคลื่อน +3% แล้ว ค่าที่คลาดต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุดของเชียงรายมาก หมายความว่าในทางปฏิบัติไม่สามารถถึงขีดจำกัดได้

4. ขีดจำกัดแรงดันทำงานของ MPPT (1,000 V)

แผงต่อสตริง	16	18	20	22	23
Vmp ที่ 0 °C (แรงดันทำงานสูงสุด)	705 V	793 V	881 V	969 V	1,013 V
อยู่ภายใน 1,000 V หรือไม่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ไม่

ขีดจำกัดแรงดันทำงานของ MPPT จะเกินเมื่อใช้ 23 แผงขึ้นไปต่อสตริงเท่านั้น จึงไม่เป็นปัญหาสำหรับแบบที่ออกแบบไว้ ขีดจำกัดอินพุต 1,100 V (หัวข้อ 3) เข้มงวดกว่าเสมอ

5. สาเหตุแรงดันเกินในทางปฏิบัติและการป้องกัน

สาเหตุ	โอกาสเกิด	การป้องกัน
จำนวนแผงในสตริงผิด (เช่น 21 แผง แทน 16)	เกิดได้ระหว่างติดตั้ง	ติดป้ายทุกสตริง นับแผงก่อนต่อ และวัด Voc ของแต่ละสตริงก่อนปิดสวิตช์ DC
ต่อสองสตริงอนุกรมกันโดยไม่ตั้งใจ	เกิดได้ระหว่างติดตั้ง	ตรวจซ้ำและแรงดันทุกอินพุต หนึ่งอินพุตต่อหนึ่งสตริงเท่านั้น
ใช้แผงต่างรุ่นในสตริงเดียวกัน (เช่น เปลี่ยนแผงที่ Voc สูงกว่า)	เกิดได้ระหว่างซ่อมหรือขยายระบบ	ใช้แผง LR8-66HVD ขนาดกำลังเดียวกันในสตริง และบันทึกหมายเลขเครื่อง
ฟ้าผ่าหรือแรงดันกระชากจากการสวิตช์	มีระบบป้องกัน	MC0 มีอุปกรณ์ป้องกันแรงดันกระชาก DC Type I+II ในตัว (M3: Type II) ควรเพิ่ม DC SPD ที่แผงเมื่อสายยาวหรือพื้นที่โล่ง
อากาศเย็นจัดต่ำกว่าอุณหภูมิออกแบบ	เป็นไปได้ในเชียงราย	การออกแบบใช้ 0 °C และค่าคลาดเคลื่อน 3% แล้ว

6. การตรวจสอบก่อนเปิดใช้งาน

วัดแรงดันวงจรเปิดของแต่ละสตริงขณะสวิตช์ DC เปิดวงจรอยู่ และเทียบกับค่าที่ควรได้ตามอุณหภูมิแผงที่วัดได้:

สตริง 16 แผง อุณหภูมิแผง	25 °C	35 °C	45 °C	55 °C
Voc ที่ควรได้ (±3%)	796 V	780 V	764 V	748 V

ค่าที่สูงกว่าที่ควรได้ประมาณ 50 V มักหมายถึงมีแผงเกินมา 1 แผง ค่าที่ต่ำกว่าประมาณ 50 V หมายถึงขาดไป 1 แผงหรือไดโอดบายพาสเสีย ให้ตรวจสอบสตริงที่ต่างจากสตริงอื่นเกิน 3%

7. ข้อเสนอแนะ

- ใช้สตริงละ 15–18 แผง สตริง 16 แผงที่แนะนำมีระยะเผื่อ 22% แม้ในกรณีเลวร้ายที่สุด
- ห้ามเกิน 19 แผงโดยไม่มีวิศวกรรับรอง และห้ามใช้ 21 แผงขึ้นไป
- ป้องกันความผิดพลาดจากการติดตั้งด้วยการติดป้ายสตริงและตรวจ Voc ก่อนเปิดใช้งานตามข้างต้น

แหล่งข้อมูล: คาด้าซีต Huawei SUN2000-50K-MC0 และ SUN2000-50KTL-M3 และคาด้าซีต LONGi Hi-MO X10 Anti-Glare LR8-66HVD 640–665M