

# 太陽能拓撲架構在遮蔭條件下的性能

田  
友  
曄

「在各項測試中，SolarEdge系統產出的發電量皆超越串列型變流器。SolarEdge系統就遮蔭造成的發電損失，每年平均回收24.8%的發電，反觀微型變流器系統則只有23.2%。」

says Matt Donovan, PV Evolution Labs.



## 總結

在一項由PV Evolutions Lab (PVEL) 進行的National Renewable Energy Laboratory (NREL) 標準化遮蔭研究中，SolarEdge 系統的表現優於SMA變流器及Enphase微型變流器系統。這項研究模擬了一般住宅用屋頂型太陽能 (PV) 系統處於部分遮蔭的各種情境，以及評估不同功率轉換的拓撲架構對系統性能的影響。

在有輕度、中度及重度遮蔭的情況下，SolarEdge系統的發電量比SMA串列變流器系統分別高1.9%、5.0%及8.4%。SolarEdge系統發電量輸出同樣優於Enphase微型變流器系統。

該測試亦確定了遮蔭減緩因數 (SMF，代表功率優化器或微型變流器系統的年度發電回收率)，並與傳統串列變流器進行比較。研究發現，在有輕度、中度及重度遮蔭的情況下，SolarEdge 系統對能量損失的回收率比串列變流器系統分別高 28.3%、21.9% 及 24.3%。從以上結果可知，即使與Enphase微型變流器系統相比，SolarEdge系統的SMF仍較高。

## 遮蔭對發電量的影響

在實務上，太陽能系統幾乎無法完全免於遮蔭，樹木、煙囪、衛星天線等皆可能成為遮蔭的原因。在這些系統中，部分遮蔭引發的能量損失每年估計可達5%-25%。

### 遮蔭對串列層級 MPP 拓撲架構的影響

太陽能陣列只要有部分受到遮蔭，都會導致發電輸出下降。電池或模組受到遮蔭時，其輸出的降低程度明顯會與光照度的降低程度連動。但是使用搭配傳統串列變流器的系統時，即使是未受遮蔭的電池或模組，也同樣會受到遮蔭影響。舉例而言，若串聯陣列中的某一模組受到部分遮蔭，該模組的電流輸出就會降低，並可能成為串列內所有模組的運作上限。

或者系統會繞過受遮蔭的模組，等同該模組完全停止發電。

(圖 1)。若多個模組受遮蔭，串列電壓便可能降到低於變流器的運作下限，因而導致串列無法發電。

### 遮蔭對模組層級 MPP 拓撲架構的影響

模組層級電子裝置 (如直流轉直流轉換器及微型變流器) 能將受遮蔭模組造成的遮蔭影響隔離，藉此減輕遮蔭損失，進而讓未受遮蔭的模組全力發電 (圖 2)。

#### 串列層級 MPP

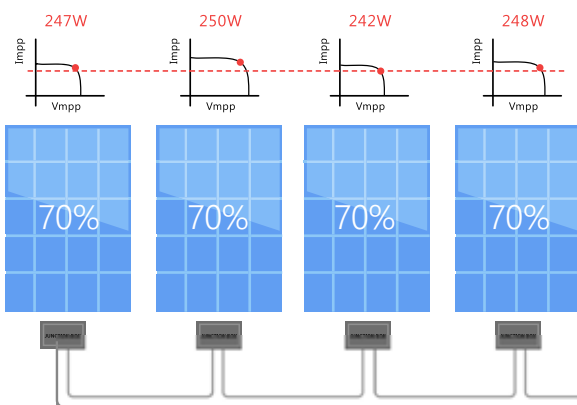


圖 1: 繞過受部分遮蔭的模組

#### 模組層級 MPP

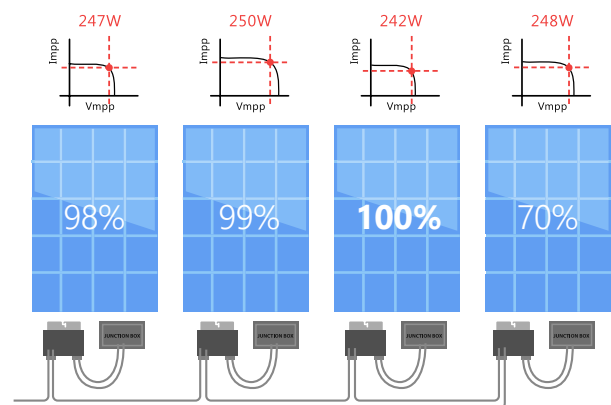
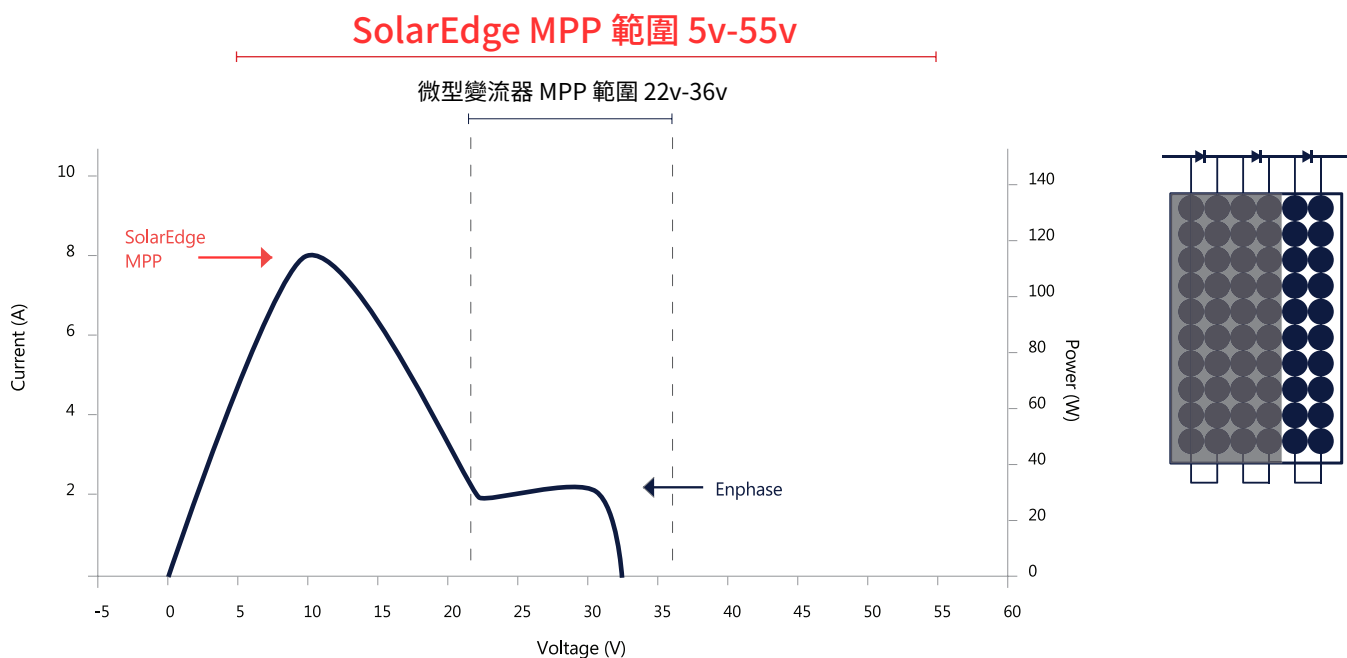


圖 2: 受部分遮蔭的模組持續發電

要從受部分遮蔭的模組有效發電，關鍵在於低電壓追蹤能力。

然而，微型變流器需要相對較高的20V左右電壓才能追蹤模組 MPP。這代表若模組電壓下降到低於此值，微型變流器將不會追蹤模組 MPP，並改為維持足以讓模組繼續運作的電壓，但此時的運作並非優化狀態。相比之下，SolarEdge 功率優化器最低只需 5V 的電壓即可開始追蹤 MPP，換言之，即使出現重度部分遮蔭的情況，仍可追蹤模組 MPP (圖 3)。

## 受部分遮蔭模組的 I-V 曲線



3: 微型變流器模組的 MPPT 範圍極小，因此發電時會受到低峰值的限制。

## ✓ PVEL 及 NREL 遮蔭研究程序及實作

PVEL及 NREL測試程序皆已在研擬時排除了任何在比較不同系統時會產生的偏差。

受測系統皆採用相同陣列，且陣列同時受到遮蔭，而非依序遮蔭，以儘量減少與溫度和照度有關的不確定性。

測量則是在無遮蔭條件下進行，以利對各系統進行常態化測量作業。

本研究使用的陣列皆由13個模組的2組串列組成。模組為240W 60電池片模組，各模組有3個旁通二極體。直接遮蔭是將半透明篩網直接覆蓋於模組上方。此篩網的透明度為36%，且具備一定均勻性的透光率。測試採用的遮蔭條件範圍為各陣列最低1%、最高97%，總計有22種配置。

在每種配置中，各陣列皆採用完全相同的遮蔭條件，並且等待五分鐘，確保系統進入穩定狀態，然後同步進行大約十分鐘的發電測量。性能的測量係採用計費級電表。

接著，對性能結果進行外差計算，然後再根據從實際住宅的SunEye測量值求出的一般輕度、中度及重度遮蔭情境，分別套用計算結果。這三種遮蔭情境等同遮蔭率7.6%、19.0%及25.5%的系統。

此外，這些結果也依據預期的當年度發生率，對每個測量值給予權重進行年化計算。最終結果即為遮蔭緩和因數(SMF)，此因數代表串列變流器因受遮蔭而發生能量損失時，SolarEdge系統(或微型變流器系統)可以回收的能量比例。SMF即是從以上三種遮蔭情境求獲得。

關於測試程序的詳細資訊，請參閱「Photovoltaic (PV) Shading Testbed for Module-level Power Electronics (模組層級電力電子裝置的太陽能(PV)遮蔭測試平台)」，作者：C. Deline、J. Meydbray、M. Donovan、J. Forrest：<http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/54876.pdf>

該文件係有關 3 串列系統，本研究則調整為針對 2 串列系統。



## 結果

性能測量顯示，在有輕度、中度及重度遮蔭的情況下，SolarEdge系統的發電量比SMA串列變流器系統分別高 1.9%、5.0% 及 8.4% (表 1)。SolarEdge 系統產生的能量輸出同樣優於微型變流器系統。

在判定SMF (功率優化器或微型變流器系統的年度能量回收率，與傳統串列變流器比較) 時，本研究發現，在有輕度、中度及重度遮蔭的情況下，SolarEdge 系統能將串列變流器系統損失的能量分別回收 28.3%、21.9% 及 24.3% (圖 4)。從以上結果可知，即使與 Enphase 微型變流器系統相比，SolarEdge 系統的 SMF 仍較高。

### NREL/PVEL SMF結果

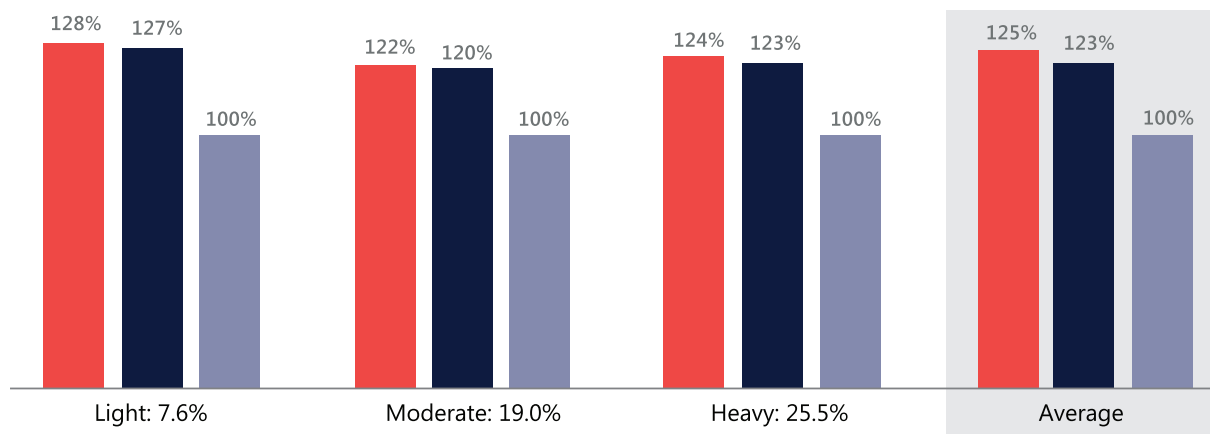


圖 4:

■ SolarEdge ■ Enphase ■ SMA

表 1.

	輕度	中度	重度
系統受遮蔭百分比	7.6%	19.0%	25.50%
可用能量 [kWh/M <sup>2</sup> ]	1813	1893	1784
SolarEdge 產生的能量 [kWh/M <sup>2</sup> ]	1729	1616	1439
SMA 串列變流器產生的能量 [kWh/M <sup>2</sup> ]	1697	1539	1328
遮蔭緩和因數 (SMF)	28.30%	21.90%	24.20%
增加的能量	1.9%	5%	8.4%