

太陽能系統性能 事實與迷思

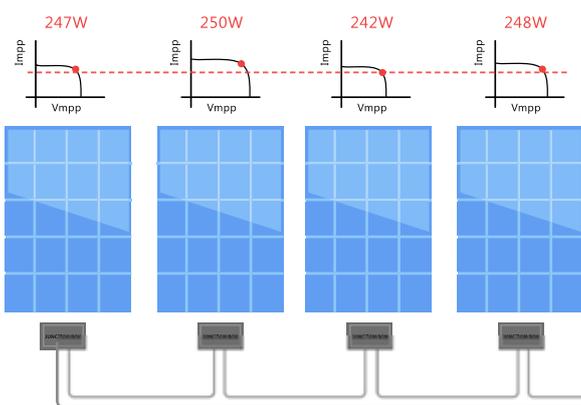
除了性能，別無其他

影響太陽能系統性能的外部因素眾多，包括陽光照度、模組及環境溫度、陽光入射角、模組老化速度、遮蔭以及製造公差。只不過，受影響的程度取決於變流器。

這是因為這類外部因素會導致串列中各模組的最大功率點 (MPP) 有所變化，在模組層級造成失配的情形。使用傳統的串列變流器系統時，此種模組層級失配的情形會導致低性能模組拖累同串列內的其他模組，進而降低太陽能發電量。

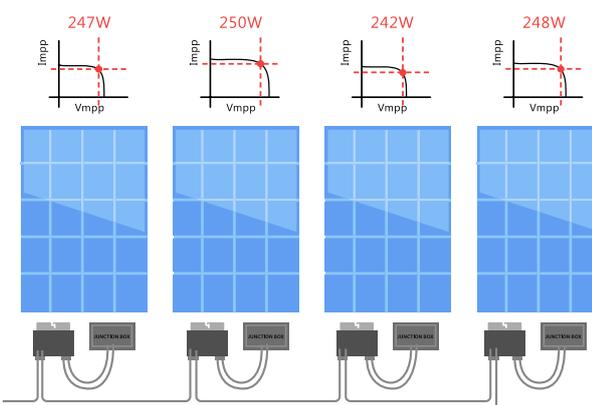
反觀SolarEdge直流優化系統，無論同串列內的其他模組性能高低，本公司的系統可讓各模組以其最大功率點發電。此能源管理方法能消除因模組失配引發的功率損失，亦即整套系統能提升太陽能發電量。

傳統串列變流器



- 各串列的MPPT—無論模組個別的MPP高低，所有模組皆以相同的電流運作
- 低性能模組會導致串列內所有模組的性能下降
- 模組失配會導致功率損失

SolarEdge直流優化系統解決方案



- 模組層級MPPT—可在模組層級調整電流及電壓
- 個別模組皆會生產最大功率並分開進行追蹤
- 完全無遮蔭的系統發電量多2%

發電優化

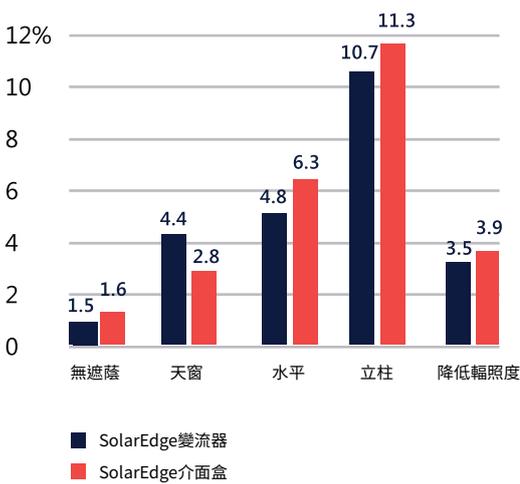
各家知名專業機構從客觀角度多年來所做的無數研究顯示，功率優化器有其價值且確實能提升發電量。

在《Photon Magazine (光子雜誌)》委託進行的獨立研究中，SolarEdge的功率優化器在Photon自有的實驗室中2以有遮蔭以及無遮蔭的條件進行測試，並將研究結果與採用標準串列變流器的參考系統比較。該實驗室模擬了四種在住宅及商用太陽能裝置中，實際發生的陰影情況：水平陰影、天窗、立柱及鱗汗。

在完全沒有遮蔭的情況下，SolarEdge功率優化器將能量輸出增加1.5% - 1.7%。在有遮蔭、使用單串列配置，以及具有水平陰影及立柱的情況下，峰值能量增益分別為34%及9.7%。在使用雙串列配置，以及具有立柱及天窗的情況下，最大能量增益分別為11.3%及6.3%。

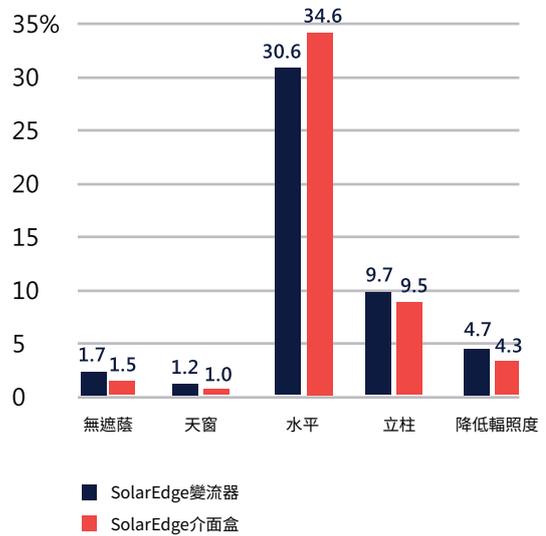
該雜誌亦測量了功率優化器的效率。該測量顯示，相較於前一個版本，效率提升了1%。平均測得的效率為98.5%，且在部分情況下超過99%。

SolarEdge PowerBox產生的額外能量輸出—兩個並聯串列，每一串列7個模組



在串列相對較短的系統安裝PowerBox時，產生的額外發電輸出未明顯增加，但在系統遭立柱遮蔭時，裝置的性能大幅改善。

SolarEdge PowerBox產生的額外能量輸出—一串具14個模組的串列



優化長串列時，在不同陰影條件下產生的結果差異非常明顯。在有水平陰影的情況下，增益的幅度格外突出。

在美國國立再生能源實驗室 (National Renewable Energy Laboratory, NREL) 出版並由太陽能演進實驗室 (PV Evolutions Lab, PVEL) 進行，名為「模組層級電力電子設備的太陽能遮蔭測試台 (Photovoltaic Shading Testbed for Module-Level Power Electronics)」的標準化陰影研究中，發現SolarEdge系統的性能同時優於SMA變流器和Enphase微型變流器系統³。該研究模擬了一般住宅屋頂型太陽能系統有部分遮蔽的情境，並針對不同功率轉換拓撲對系統性能的影響。為了計算受測裝置 (DUT) 能彌補的陰影損失百分比，該研究從兩種系統總發電量的相對差異求出陰影緩和因數 (SMF) (亦即比較受測裝置與參考系統)。使用的方程式如下：

$$\text{陰影緩和因數 (SMF)} = \frac{E_{DUT} - E_{Ref}}{E_{unshaded} - E_{Ref}}$$

研究發現在有輕度、中度及重度陰影的情況下，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系統產生的能量輸出同樣優於Enphase微型變流器系統，如表1所示。

NREL / PVEL SMF 結果

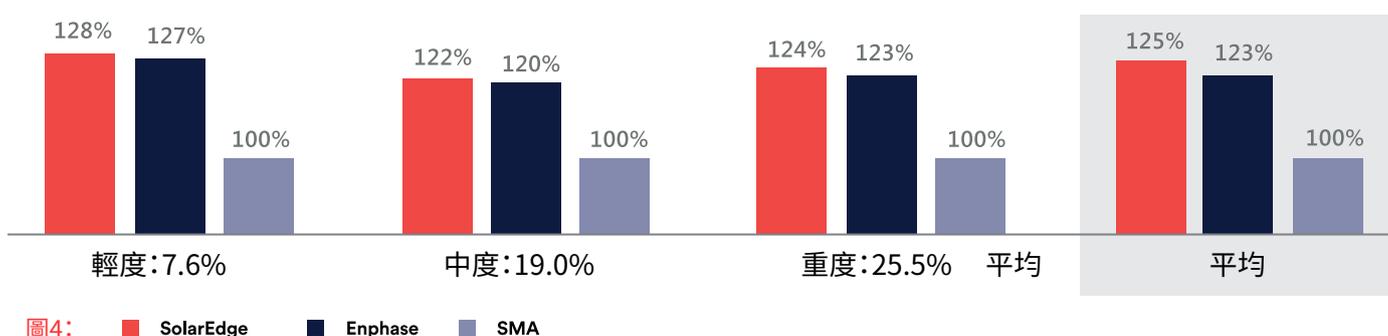


表1.

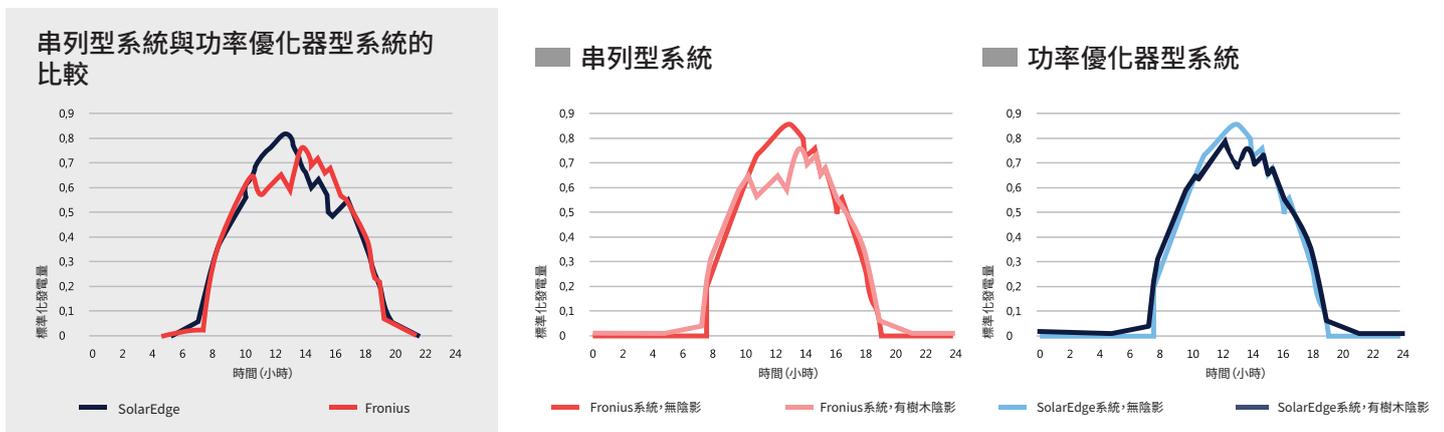
	輕度	中度	重度
系統遮蔭的百分比	7.6%	19.0%	25.50%
可用能量 [kWh/M ²]	1813	1893	1784
SolarEdge系統產生的能量 [kWh/M ²]	1729	1616	1439
SMA串列變流器產生的能量 [kWh/M ²]	1697	1539	1328
遮蔭緩和因子 (SMF)	28.30%	21.90%	24.20%
增加的發電	1.9%	5%	8.4%

在另一份2019年出版，名為「評估功率優化器型太陽能系統在不同遮蔭條件下的性能 (Evaluation of the performance of power optimizer-based PV systems under shading conditions) 4」的報告中，同樣確認了功率優化器能提升發電。該研究是由耶夫勒大學 (University of Gävle) 工程暨永續發展學院進行的公正研究，由 Vattenfall AB 發表，並於該公司位於瑞典的最大型設施 Vattenfall Älvkarleby 實驗室進行。該研究以各種不同的條件 (如模擬降雪覆蓋和樹木陰影) 比較功率優化器型太陽能系統與標準串列變流器太陽能系統的發電量。

研究重點為遮蔭對各太陽能系統的影響以及對功率輸出的影響。研究中，以上述條件比較功率優化器型太陽能系統與標準串列變流器系統之間的增益。在該研究中，與傳統的串列變流器系統相較之外，SolarEdge 的功率優化器型太陽能系統在輕度陰影處會有 2% 的能源增益，在重度陰影處甚至更上升至 8.5%。

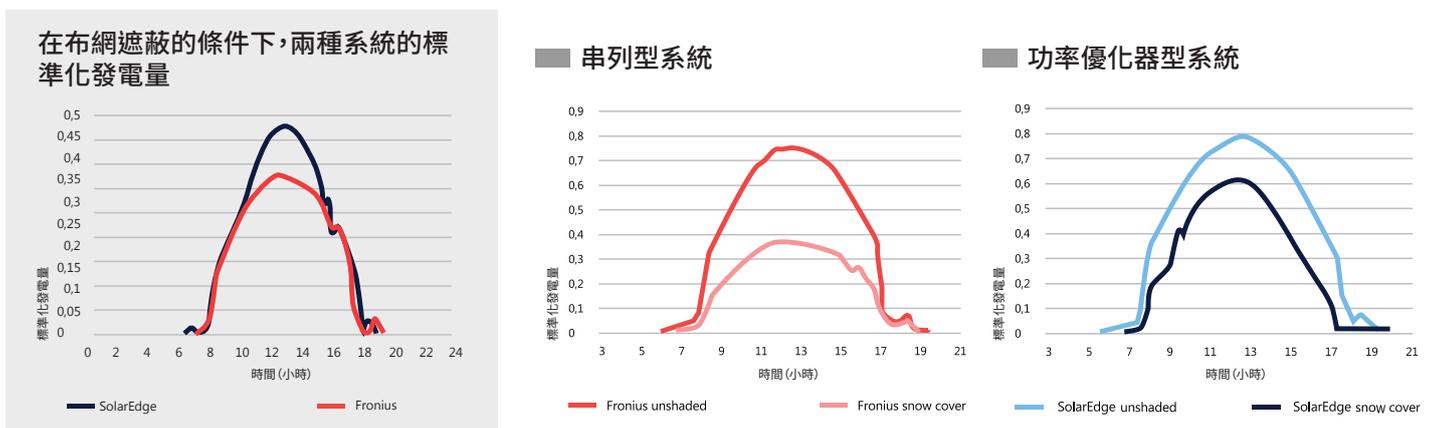
樹木遮擋形成的陰影

該報告發現，在有樹木陰影的條件下，SolarEdge 太陽能系統的性能優於傳統串列變流器。在樹木位於兩個系統中央且垂直距離為 5 公尺的條件下，串列型系統採用的遮蔭模式為早晨期間，功率優化器型系統則採用下午期間。在以 9.70 公尺高松樹作為遮蔽物的條件下，實驗結果相當良好：陰影損失從串列型系統的 24% 降到功率優化器型系統的最低 9%。以下兩個圖顯示以上兩種系統與無陰影條件相比的標準化發電量。



以布網模擬降雪覆蓋

此直接陰影實驗使用半透明布網 (假定 50% 透光度，相當於 1 公分厚降雪) 模擬降雪，結果同樣對 SolarEdge 系統有利。在模擬降雪覆蓋的條件下，SolarEdge 系統的發電量損失僅有 29%，傳統串列變流器系統則高達 50% (請見下圖)。比較兩種系統後，發現 SolarEdge 系統的陰影損失比傳統串列變流器系統低 18%。



研究結論指出，使用功率優化器型太陽能系統經實證能降低發電量損失，因此在有遮蔭和無遮蔭的情境下皆可增加總系統發電量。

2018年，SolarEdge變流器系統的台灣代理商盛齊綠能 (Billion Watts Technologies) 委託進行了另一實地研究。該實地試驗針對使用及不使用功率優化器的太陽能系統，比較了不同類型模組的長期發電量⁵。該研究採用三種不同類型的模組：輕量、雙面及高效率，然後比較功率優化器型系統與標準串列變流器系統的發電量。

另外，也針對不同的遮蔭條件分析及評估對系統總發電量的影響。實驗於工業技術研究院 (ITRI，全球首屈一指的非營利應用研究和技術服務研發機構) 六甲院區綠能驗證示範場域進行。

測試期間記錄每日發電量並比較發電量的差異。以下表2所示的研究分析使用和不使用功率優化器的系統長期發電量。結果顯示，使用功率優化器的系統長期累積發電量高於不使用功率優化器的其他三種系統。

表2. 長期發電量

使用及不使用功率優化器的系統發電量 (單位:kWh)						
	系統1	系統2	系統3	系統4	系統5	系統6
	輕量	輕量	雙面發電	雙面發電	PERC高效率	PERC高效率
	2.8kW	2.8kW	2.61kW	2.61kW	2.665kW	2.665kW
	SolarEdge	台達	SolarEdge	台達	SolarEdge	台達
測試期間的發電量	1,218.25kW	1,118.28kW	1,335.57kW	1,284.50kW	1,301.83kW	1,275.86kW
	2.52%		3.98%		2.04%	

遮蔭及灰塵覆蓋條件下的性能

研究另外針對使用SolarEdge功率優化器的系統與傳統串列變流器系統比較長期發電量。

實驗使用透光度21.6%的細網眼紗布作為遮蔽物，連續覆蓋兩個模組的面積。實驗結果發現將兩個模組連續遮蔽時，使用功率優化器的系統發電量比標準串列變流器系統更高。將功率優化器型系統與標準串列變流器系統比較後，發現發電量增加比例為12.0% - 32.2%，如下表3所示。

表3. 在模組局部遭灰塵覆蓋的條件下，使用及不使用功率優化器的系統發電量比較結果 (單位:kWh)

SolarEdge系統的發電量	台達系統的發電量	發電量差異
(kWh)	(kWh)	%
13.6	11.0	24.1
13.6	11.3	20.2
12.7	10.2	24.1
12.0	10.1	19.4
9.2	7.7	18.3
11.3	8.5	32.2
6.7	5.8	16.8
4.0	3.6	12.0
13.7	11.3	21.4

結論

功率優化器的價值，多年來已經由頗具聲譽、專業及客觀的組織所進行並得出可重複使用參考的的無數研究結果所證實。研究結果是從高品質研究得出，並考量到測試期間、測試數量以及真實世界條件。除了研究之外，市場也認可MLPE提供的價值，特別是功率優化器。

自2010年首次商業出貨以來，SolarEdge在不到十年的時間內成功奠定事業基礎，在極度競爭的紅海化全球太陽能市場中成為太陽能變流器的領導供應商。我們的成功建立在全球超過150萬組受控太陽能機組系統（截至2020年4月）的基礎上，更在營收和毛利率同時創下破紀錄的年增率。SolarEdge變流器現已成為太陽能業界爭相採用的產品，並成為首屈一指的安裝商、整合商以及其他能源市場的參與者，太陽能系統裝機客戶遍布超過全球130國且滿意度無從挑剔。

資料來源：

- ¹ SolarPower Europe - Global Market Outlook for Solar Power / 2019 - 2023.
- ² Photon Labs put the SolarEdge Power Optimizers to the test, Photon Magazine.
- ³ Performance of PV topologies under shaded conditions, PV Evolutions Lab (PVEL).
- ⁴ Evaluation of the performance of optimizer-based PV systems under shading conditions, Faculty of Engineering and Sustainable Development at the University of Gävle, 2019.
- ⁵ Solar photovoltaic system using optimizer outdoor for performance experimental test analysis report, Institute of Green Energy and Environment, 28 May 2018.

注意：本白皮書採納以文內所述各學術研究為準的受測太陽能系統的各參數估計值。雖然我們無理由認定這類估計值及比較資料存在重大不精確性或誤導性，但此等資料具有內生的不確定性，因此實際具體結果會因各項因素而有所改變，包括實際實地條件、安裝裝置的品質，以及其他與估算值基本假定條件不同的差異。雖然本公司已盡力確保本文之估計值和比較資料的精確性、完整性和可靠性，但是SolarEdge對以上各項資料不負任何責任。因此，SolarEdge 對於使用或依賴本文之估計值和比較資料造成或引發的任何直接性、間接性、特殊性或意外性損失，概不負責。