



# 逆變器在農業光伏中的應用探討

愛仕惟新能源技術有限公司／施建

## 一、前言

光伏行業由國外市場興起，在中國得到迅猛發展。目前，中國生產了全球近70%的光伏元件，擁有全球最大規模的裝機容量和最大的每年新增容量。正是由於中國的積極參與，才使得光伏發電的成本持續降低，已接近平價上網的時代。毫無疑問，中國已經是全球的第一光伏大國。中國的光伏行業已經有了十五年的高速發展，這十五年裡從無到有，產業飛速發展，技術日新月異，各種“光伏+”的應用形式層出不窮。從傳統的地面光伏電站，到工商業屋頂電站，到戶用屋頂電站，到漁光互補、農光互補、林光互補以及牧光互補等多種應用形式。

## 二、什麼是光伏逆變器？

逆變器是光伏電站的核心設備，也是站內唯一智慧設備，其主要作用是將太陽能電池板所發出的直流電轉換為交流電，並順利平穩的饋入電網的電氣裝置，具體負責電池板功率追蹤、電力轉換，併網控制，智慧診斷，安全保障和資料互聯，在電站的安全生產過程中發揮著關鍵作用。

光伏逆變器按照光伏電站逆變器控制顆粒度的大小基本上可以分為三大類。首先是顆粒度最小的，也就是控制最精細的是元件級逆變器，包括微型逆變器（AC Module）和直流優化器。該類逆變器是每塊或者每幾塊元件用一個逆變器，就近安裝於元件的背面，能實現

組件級的最大功率點控制，單機功率在300W到600W左右。其次是組串級的逆變器，也稱之為組串型逆變器，每一串元件或每幾串元件共用一個逆變器，就近安裝於組串的旁邊，如支架或牆壁上，能實現組串級的最大功率點控制，單機功率最大可到200KW左右，主要適用於分散式光伏電站；再有就是方陣級的逆變器，也稱之為集中型逆變器，每一個元件方陣用一台逆變器，一般通過專門建造的基礎置於地面，可實現方陣級的功率控制，也是控制顆粒度最粗的，單機功率可達2MW至3MW，主要適用於大型的光伏電站。（圖1～圖3）



### 組件級MPPT

效率：98%  
單機最大功率：350W  
冷卻方式：自然冷卻  
直流電壓等級：同組件

▲ 圖1 微型逆變器／直流優化器



**組串級MPPT**  
 效率：98~99%  
 單機最大功率：60kW  
 冷卻方式：20kw以上強制風冷為主  
 直流電壓等級：1000/1500V

▲ 圖2 組串型逆變器



**方陣級MPPT**  
 效率：98~99%  
 單機最大功率：2.5MW  
 冷卻方式：絕大部份為強制風冷，少部分水冷  
 直流電壓等級：1000/1500V

▲ 圖3 集中型逆變器

目，不僅可以進行正常的農業生產，還可以進行綠色發電，從而形成環保、健康、永續、產量穩定甚至可以增產的農業新型態(圖4)。



▲ 圖4

### 三、光伏與農業結合

光伏下面可以養魚，種菜，種水稻，種樹，養家禽...等等，除此之外，還可以搞綠色主題的觀光，農家樂等旅遊項目。這類漁光互補、農光互補、林光互補以及牧光互補等應用形式都是光伏與農業的結合，屬於“光伏+”的範疇，其基本用意是在不改變農業原本生態、生產和用地屬性的前提下，增加光伏項



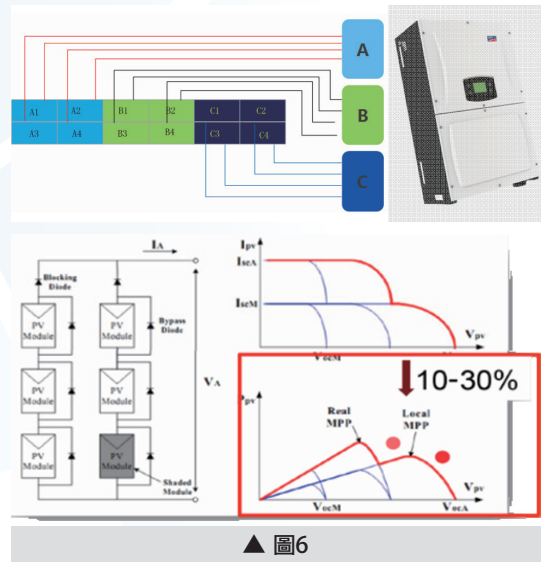
農業光伏除了要具備傳統光伏電站穩定運行、發電量高之外，還要重點保障農業生產的安全和健康，這對逆變器提出了新的要求(圖5)。



## 四、農業光伏下逆變器的技術要求

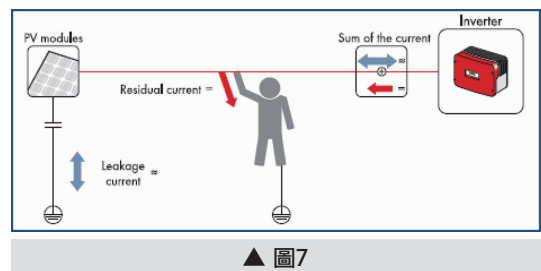
### 1. 基於多路MPPT的組串解耦技術

農業光伏的應用場景一般都比較複雜，因此需要逆變器有體積小，懸掛安裝，不佔用土地，易安裝易維護的特點。組串逆變器就十分契合這些應用特點。更重要的一點是實際工況中元件發電不一致的問題，比如農作物的生長可能會造成元件的局部遮擋，一些農業大棚屋頂的南北坡會造成元件的朝向不一致，甚至飛鳥的糞便也會引起元件的遮擋，這些因素對會給聯結在一起的元件方陣造成發電不一致，這些元件耦合在一起會顯著拉低整體的發電量。所以，為了提升發電量，必須對不一致的元件進行解耦。多路MPPT技術就是比較好的一種組串解耦技術，可以將不一致性引起的組串失配衰減有效降低。此外，先進的MPPT演算法還可以在陰雨天和多雲天氣下提升發電量(圖6)。



### 2. 電氣安全與保護

農業光伏專案是農業和光伏的結合，光伏發電不能影響正常的農業生產，因此場景內頻繁地會有生產人員的進出，這是改變的實際需求。而光伏電站畢竟是一套電氣設備，具有強電安全隱患，因此整套系統的電氣安全和保護必須做的非常完善，該保護策略和動作就是由逆變器來完成的。為了同時保證人員安全和發電的連續穩定性，逆變器的電氣安全保護既不能漏報也不能誤報，因此對檢測的精度要求很高。愛仕惟逆變器具有滿足德國VDE4105認證標準的持續漏電流和突變漏電流保護，既能保證系統的安全運行，也能防止各類漏電和觸電風險(圖7)。





$$R = (V_{MAX PV}/30 \text{ mA}) \text{ ohms}$$

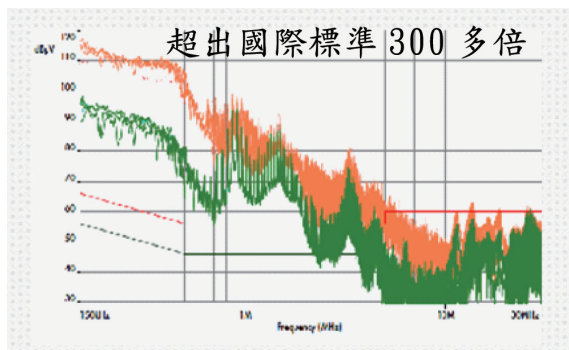
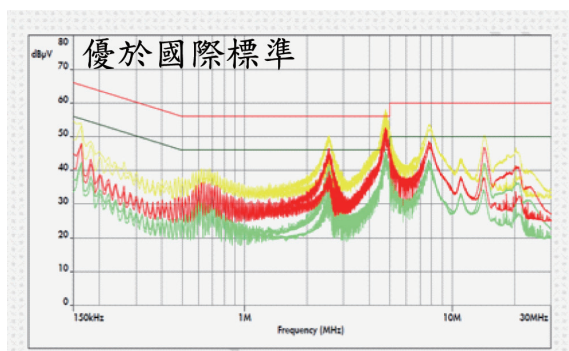
Table 31 – Response time limits for sudden changes in residual current

Residual current sudden change	Max time to inverter disconnection from the mains
30 mA	0,3 s
60 mA	0,15 s
150 mA	0,04 s

▲ 圖7 (續)

### 3. 電磁安全

隨著人們認知的不斷提高，當今人們對電磁輻射越來越關注，無論是選購手機還是家用電器都會選擇電磁輻射小的。科學已有證明，長時間處於不合格的電磁輻射的環境下會對人體的身心健康產生不良影響，也會影響一些農作物和牲畜的正常生長。雖然看不見摸不著，正因為電磁輻射是隱性而長期作用的，能做好逆變器的電磁相容性更加體現了一個企業對社會負責任的態度(圖8)。



▲ 圖8

### 4. 防火安全

農業光伏電站都有農業基礎設施，而且有作業人員長期頻繁地在站內進行勞作，一旦發生火災，將會比普通電站更加嚴重，造成不可挽回的財產損失和人員傷亡。光伏電站系統上有很多電氣連接點，一旦連接不可靠，接觸阻抗會增大，大電流連接點的溫度就會超出標準值，長期以往形成惡性循環，最終可能導致燒毀，引起大面積的火災。如果連接不可靠發生在直流側，容易發生直流拉弧，其後果會更加嚴重。因為直流拉弧不像交流拉弧，沒有過零點，斷路器無法有效滅弧，拉弧會持續發生，直到最後引起火災。直流拉弧是光伏電站區別於傳統交流電力設施的一個重要特性。因此逆變器必須要配備直流拉弧檢測和報警保護功能。愛仕惟逆變器獨特的直流拉弧檢測技術更專業，系統實現也更經濟(圖9)。

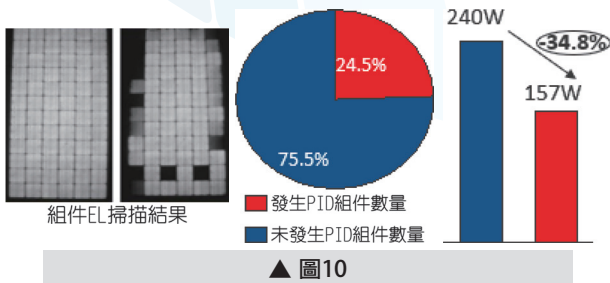


▲ 圖9



### 5. 抗PID解決方案

PID中文為電壓誘導衰減，指的是在系統工作狀態下，若電池的中間（元件邊框）接地，則靠近負極的元件內電池電壓為負，而邊框電壓為地電壓，則邊框和電池之間的負電壓會倒持電子遷移，因此電池效率衰減，此現象稱為電壓誘導衰減。一般在高溫高濕的條件下，元件的PID現象會更顯著。江蘇某沿海地區的1.6MW光伏電站的元件在併網12個月出現嚴重的PID現象。從圖10中可發現，僅一年，PID衰減引起的發電量損失就達到了10%，而且該情況還在不斷惡化(圖10)。



抗PID可以使用無邊框元件，但元件成本會增加。另外就是從電氣系統上去解決，目前的方案有直流負極接地法，交流電壓抬升法，以及夜間反充電法。愛仕惟逆變器擁有基於夜間修復原理的抗PID專利技術，和傳統方案相比，具有更安全，更節省系統成本的優勢，並且不受電網制式的限制。

### 五、農業光伏的美好未來

光伏在農業領域內的應用，是一種新技術應用產生的新型經濟模式，光伏與農業相互促進，具有明顯的“雙贏”特點。農業光伏不僅是一個誘人的概念，它還具有廣闊的產業化前景。從長遠來看，發展農業光伏對於我國的農業轉型具有重要意義，可以幫助農業增產增收，改善生活；而從短期來看，農業光伏可以幫助光伏行業打開一個廣闊的市場，利於光伏的普及和產業進一步優化。

科普一傳十

## 震識九二一



三聯科技活動贊助  
科普一傳十致贈感謝狀



講師群與主持人合照