

# MW급 계통연계형 태양광 발전 시스템 동향 분석

김민국  
카코뉴에너지(주)

## Trand analysis of MW grid-connected photovoltaic solar system

Ted Kim  
KACO new energy Inc.

### ABSTRACT

현재 전 세계적으로 개발 되어진 계통연계형 태양광 인버터는 500kW급 미만이며, MW급 태양광 발전을 위하여 MW급 인버터 개발이 필요 하지만 파워 반도체(IGBT) 소자의 전류 정격의 한계, 방열 그리고 저주파 변압기의 크기 문제로 개발의 어려움이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하고 현재 개발 되어 있는 350kW급 태양광 인버터 3대를 이용한 최적의 1MW급 발전 시스템 구성 방향을 제시 하였다.

### 1. 서 론

오늘날 태양광 발전시장은 센트럴 인버터(Central Inverter)를 중심으로 MW급 태양광 발전 시스템으로 발전을 계속해 나가고 있다. 이미 계통연계형 태양광 인버터는 안정성 및 신뢰성뿐만 아니라 효율 및 가격적인 경쟁력도 요구 되어 지고 있다. 여기에 태양광 발전소는 최적의 시스템 효율을 같도록 구성 해야만 한다. 이를 위해서는 개발자, 시공사 그리고 발전 사업자는 MW급 계통연계형 태양광 발전 시스템의 특성을 정확히 인지할 필요가 있다. 따라서 기존의 발전 시스템에 대한 비교 및 분석을 통하여 경쟁력이 있는 시스템을 구성하는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 MW급 계통연계형 태양광 발전 시스템을 비교 기술 하고 최적의 발전 효율을 갖는 시스템 구성을 제시하고 설치 사례를 제시 하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 MW급 계통연계형 태양광 발전 시스템 구조

##### 2.1.1 일반적인 구조

그림1은 250kW 용량의 변압기형 인버터 4대를 저압 연계하여 구성한 전형적인 1MW 시스템이다. 여기서 태양광 인버터는 PV 모듈의 DC 전압을 각각의 인버터로 공급되며 내부 IGBT 소자의 PWM 스위칭을 통하여 DC 에너지를 AC 에너지로 변환하고 PWM 스위칭으로 발생된 고주파 성분을 제거 하는 저주파 대역 통과 LC 필터 그리고 계통과 저압 연계를 위한 저주파 변압기로 구성된다.

4대의 인버터 출력은 MV 변압기 2차측(380V)에 연결되어 계통(22.9kV)과 연계되는 구조를 갖는다. 그림1의 구조는 시스템

구성이 간단하고, 계통연계시 MV 변압기의 제작이 용이한 장점이 있지만, 각 인버터 내부의 저주파 변압기의 영향으로 인버터 효율이 낮다는 단점이 있다.

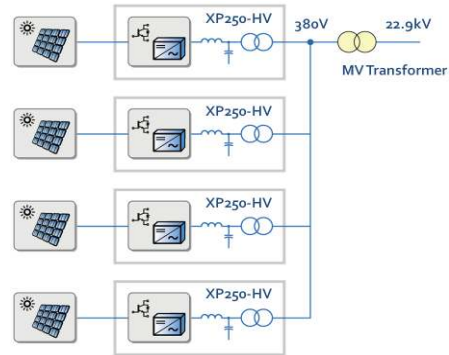


그림1 일반적인 구조  
Fig.1 Traditional configuration

##### 2.1.2 무 변압기형 구조

그림2는 350kW 용량의 무변압기형 인버터 3대를 저압 연계하여 구성한 무변압기형 1MW 시스템이다. 전형적인 구조의 시스템과 동일하나 이 시스템의 가장 큰 특징은 저주파 연계를 위한 변압기를 제거 하고 인버터 출력을 MV 변압기와 직접 연결하는 방식이다. 이 방식은 인버터 출력을 MV 변압기 2차측(290V)에 연결되고 MV 변압기가 직접 계통(22.9kV)과 연계 되는 구조를 갖는다. 일반적인 구조와 마찬가지로 구성이 간단하고 인버터 내부의 저주파 변압기가 없는 구조로 변압기가 있는 구조 보다 효율이 높다는 장점이 있다. 하지만 저주파 대역 통과 필터를 LCL 필터 구조로 구성해야 하며, MV 변압기 2차

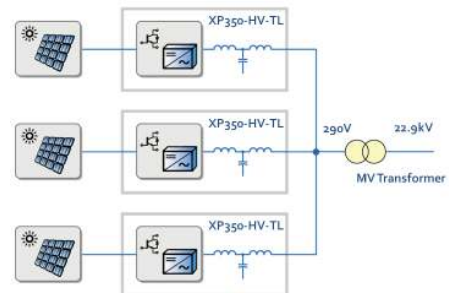


그림2 무변압기 구조  
Fig. 2 Transformer-less configuration

측 전압을 290V로 제작 하여야 하므로 일반 적인 저압 계통 전압(380V)과 다른 단점이 있다.

### 2.1.3 마스터 슬레이브 구조

마스터 슬레이브 구조는 그림3과 같은 구조로 350kW 용량의 무변압기형 인버터 3대를 저압 연계하여 구성된 그림2의 무변압기형 1MW 시스템과 유사하다. 이 방식은 PV측을 인버터 내부에서 연결하고, 계통과 연계되는 MV 변압기를 다권선 형태로 제작 인버터 출력을 MV 변압기 2차측(290V) 각 권선에 연결 하여 계통(22.9kV)과 연계되는 구조를 갖는다. 무변압기형 구조와 같이 무변압기 구조로 효율이 높다는 장점이 있지만 MV 변압기를 다권선으로 제작해야 한다는 것과 저압 계통 전압(380V)과 다르다는 단점이 있다.

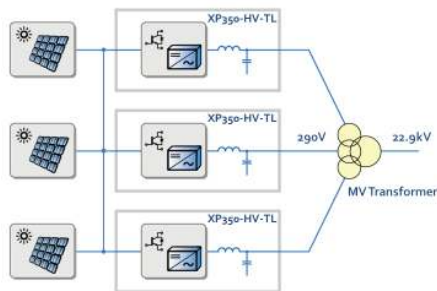


그림3 마스터 슬레이브 구조  
Fig. 3 Master-slave configuration

마스터 슬레이브 구조의 운전 방법은 일사량이 낮을 때는 3대중 1대가 마스터 장비가 되어 최대 효율 조건에서 운전 하며 일사량이 많아짐에 따라 마스터 장비의 출력 정격의 90%가 되면 다음 슬레이브 장비가 운전을 시작하여 두 장비 모두 발전 하게 된다. 이때 일사량이 더 많아져 정상 조건이 되면 나머지 슬레이브 장비도 운전하여 3대 모두 발전됨.

이 구조의 장점은 마스터 슬레이브 운전을 할 경우 그림4의 파란색 실선과 같이 10%에서부터 100%까지 모든 영역에서 발전 효율이 97.5%임을 알 수 있다. 또한 치명적인 고장으로 한 장비 또는 두대가 정지 하더라도 나머지 장비들은 계속적으로 운전하여 발전 할 수 있으며, 전날 3장비의 총 운전 시간을 자동으로 확인 하여 운전 시간이 제일 적은 장비가 마스터 장비가 되어 먼저 운전함으로써 전체 적인 장비 수명을 증가 시킬 수 있다.

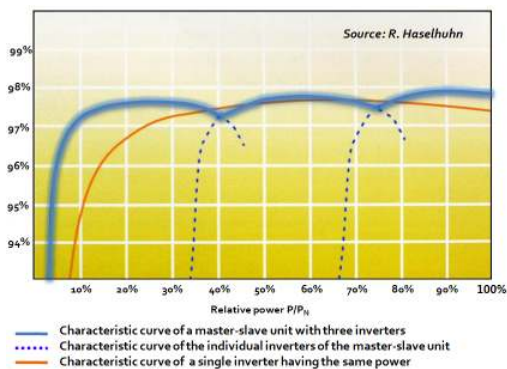


그림 4 마스터 슬레이브 효율 그래프  
Fig. 4 Efficiency graph of Master-Slave

### 2.1.4 비교

표1은 일반적인 구조, 무변압기 구조 그리고 마스터 슬레이브 구조 사양을 비교한 표임.

표 1 계통연계형 태양광 시스템 사양 비교  
Table 1 Specification comparison of grid-connected photovoltaic solar system

기술사양	Traditional	TR-less	M/S
용량	4*250kW	3*350kW	3*350kW
정격전압	3Φ 380Vac	3Φ 290Vac	3Φ 290Vac
M/S 운전	No	No	Yes
유료효율	97.1%	98%	98%
MV 변압기	22.9kV/380V	22.9kV/290V	22.9kV/290V
백터 그룹	YNd1	YNd1	YNd1d1d1
변압기 제작	◎	○	△
발전량	△	○	◎

그림5는 인버터 효율에 따른 수익성으로 발전 시스템이 20년 동안 운전 된다고 가정 했을 때 발전 수익성 비교이다. 그래프에서 보여 지는 것과 같이 효율 차이에 의한 수익성 차이가 있음을 확인 할 수 있다.

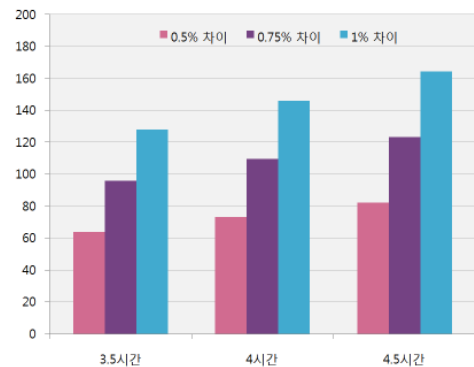


그림 5 효율에 따른 수익성 분석(단위:백만원)  
Fig. 5 profitability analysis on the efficiency

## 3. 결론

본 논문에서는 MW급 계통연계형 태양광 발전 시스템에 관하여 비교 기술 하였다. 이를 통해 마스터 슬레이브 구조의 1MW 스테이션을 제안하였으며 기술 개발을 통한 전체 시스템의 신뢰성과 효율 향상을 기대 할수 있다. 전체 인버터 효율은 발전량 즉 수익성과 직결 되므로 1% 효율 상승이 매우 중요한 것임을 확인 하였다.

마스터 슬레이브 방식으로 구성된 1MW스테이션은 현재 독일, 체코등 유럽 지역에 설치되어 운전 중에 있다.

## 참고 문헌

- [1] Planning and Installing Photovoltaic Systems p94 Further developments in inverter technology