

# 계통연계형 태양광발전 시스템을 위한 T-타입 타상 인버터에 관한 연구

바이스갈랑, 류지수, 이상호  
서호전기(주) 인버터연구부

## Study on T-Type Multi Level Inverter for UIPV System

Bayasgalan, Ji Su Ryu, Sang Ho Lee  
Seoho Electric Co., Ltd, Inverter RnD Center

### ABSTRACT

In this paper presents study of T Type multi level inverter for utility interactive photo voltaic inverter. In order to increase efficiency and performance of utility interactive photo voltaic (UIPV) system, we propose multi level PCS topology, such as T type inverter. The control algorithm for utility interactive inverter is implemented by simulation and experimentation, which includes dc bus and midpoint voltage controller, ac grid current controller and PLL algorithm.

### 1. 서론

태양광(PV) 발전시스템은 무한정, 무공해의 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로 독립형 보다는 계통과 연계시켜 그 사용도가 급증하고 있다.<sup>[1]</sup> 태양광에서 발전된 에너지를 계통전원으로 투입하기 위한 전력변환장치에는 토폴로지와 최적제어기법을 통한 변환 효율 및 고성능화 등이 주된 관심이 되고 이에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.<sup>[2]</sup>

본 논문에는 전력변환장치의 효율 및 성능향상을 위해서 멀티레벨 인버터로 구성된 PCS에 관한 연구를 다루었다. T type 멀티레벨 인버터 토폴로지를 적용했으며 이를 기존의 NPC형 토폴로지와 비교하면 정격전압이 50%낮은 대신에 IGBT 사용률이 우수하고, 각상에 구성 유소로써 다이오드 2대씩 적게 사용되고, 중선 점 클램핑용 직렬 IGBT가 공통 인버터 연결 되어 있어 구동 회로 전원을 같이 사용할 수 있다. 또한 중 스위칭 주파수 영역에서 (8kHz 20kHz) NPC에 비해서 스위칭 효율이 높은 특성을 가지고 있다.<sup>[3][4]</sup>

계통연계형 태양광 발전시스템을 위한 T type 3레벨 인버터의 제어 알고리즘 즉, 계통연계를 위한 위상 동기화 (PLL), 직류 단 전압 제어 및 중선 점 전압제어, 출력 교류 전류 제어 등을 고찰 했으며, 제어 성능 및 속응성을 검증 하기 위해서 시뮬레이션 및 실험을 수행 하였다.

## 2. 태양광 발전용 계통연계형 T-Type 인버터

### 2.1 시스템 구성

그림 1에서 UIPV 시스템을 위한 T type 인버터 구성도를 보이고 있다. T type 인버터는 12개의 IGBT 및 다이오드로 구성되며 기존의 2레벨 3상 인버터와의 차이는 각 상의 출력

이 공통 이미터를 갖는 2개의 직렬 IGBT 및 역 바이어스 다이오드를 통해 중선 점과 연결되어 있다. 정격전압이 2레벨 인버터와 같지만 중선점 전압 클램핑을 통해 각상의 출력 전압이  $+V_{dc}/2, 0, -V_{dc}/2$  란 3가지 전압을 표현이 가능해져 인버터 출력 전류 고조파 성분이 저하되며 AC 필터 축소 등 장점을 갖게 된다. 또한 NPC형 3레벨 인버터와 비교 하면 정격전압이 낮은 반면에 구성 유소가 각상에 다이오드 2개씩 줄어들고, 또한 클램핑용 IGBT 2대가 공통 이미터 구성으로 인해 구동 회로의 전원 절연 개수가 하나로 줄어든다. 개발 대상 PCS의 사양은 표1과 같다.

표 1 개발 대상 PCS의 사양

구분	항목	내용	비고
입력 사양	최대 전압	1000 [Vdc]	
	MPPT 전압범위	480 850 [Vdc]	0.01
출력 사양	정격 전력	20.0 [kW]	
	정격 전압	380 [Vac]	
	계통전압 변동율	$\pm 10$ [%]	
	출력 주파수	50/60 [Hz]	
시스템 규격	출력 전류 THD	4 [%] 이하	정격부하시
	효율	95% 이상	정격부하시
	역률	95% 이상	
	냉각방식	자연냉각	

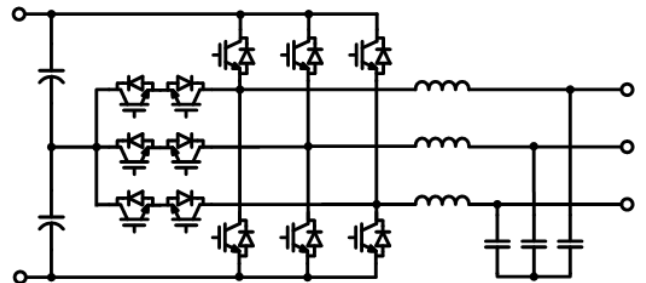


그림 1. T 타입 인버터 구성도

### 2.2 제어 알고리즘

UIPV 시스템의 제어 알고리즘은 계통연계를 위한 PLL, 전력제어 및 MPPT를 위한 직류 단 전압 제어, 계통 전류 제어 및 단독운전 방지 알고리즘으로 구성 된다.

### A) PLL

계통전압의 위상 정보를 항상 알고 있어야 하며 이에 동일한 각도로 계통의 전류를 투입해야 한다. LPF를 포함한 3상 PLL 시스템을 적용했다.

### B) 직류 단 전압 제어

MPPT 및 전력 흐름을 제어하기 위해서 직류단 전압 제어를 수행하였으며, 제어기 입력은 MPPT 제어기의 출력은 전압 지령 및 실제 전압의 오차이며 PI를 통해서 계통 측 전류 지령을 내보낸다.

### C) 중선 점 전압 불평 제어

3레벨 시스템에서 중선점 전압 제어는 필수이며 상 및 하단 전압이 항상 일치해야 한다. 출력 영상 전류 제어를 통해 중선 점 전압을 조절했다.

### D) 전류 제어

전압제어로부터 얻어진 전류 실효값과 PLL에서 얻어진 위상각을 이용하여 전류를 제어 한다. 역률 및 전류 THD 등 요구 조건을 만족하기 위해서 전류제어는 매우 중요하다.

### E) 단독운전 방지

단독운전 방지 알고리즘은 계통 측에 사고가 날 시 이를 감지하기 위해 적용되며, 사고시 즉시 인버터 운전을 멈추어야 한다. 무효전력 변동방식을 적용했으며 5주기 마다 전상 지상분을 주기적으로 투입 했으며 출력 유효전류 대비 약 5% 미만을 무효 전류를 투입 했다.

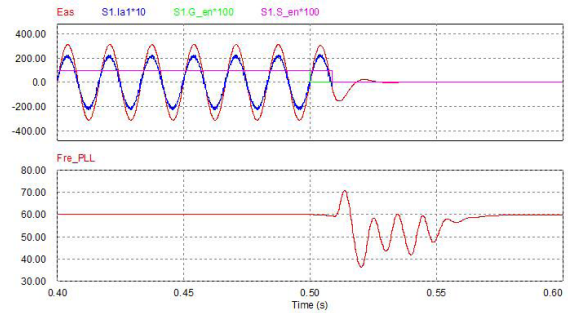


그림 3. 단독운전 방지 시뮬레이션 결과

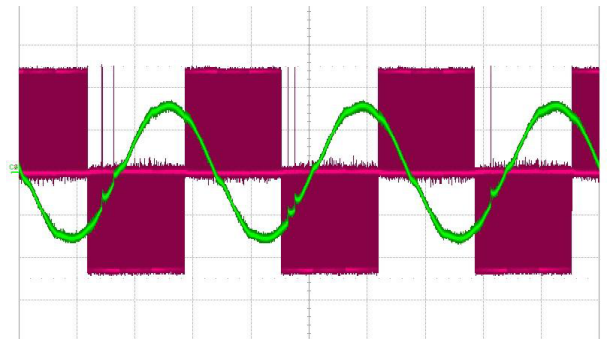
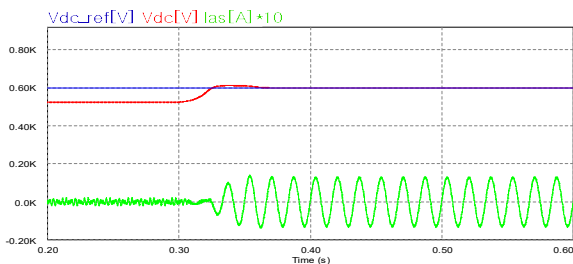


그림 4. 계통연계 운전 시 인버터 극전압 및 상전류

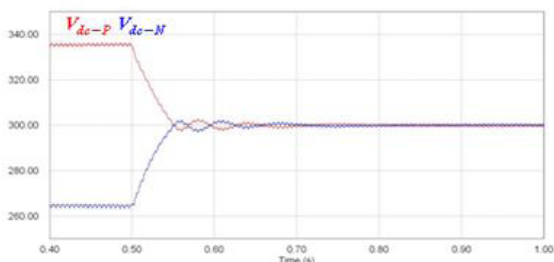
## 2.3 시뮬레이션 및 실험

UIPV 시스템을 위한 PCS의 각종 제어 알고리즘의 성능을 검증하기 위해서 시뮬레이션 및 실험을 진행 했다.

그림2에는 직류 단 및 중선점 전압 제어의 시뮬레이션 결과를 보이고 있다. 그림2(a)에서 0.3초부터 직류 전압을 600Vdc 되도록 제어를 수행 했으며 이때 계통으로부터 전류 흐르고 있다. 그림2(b)에는 중 선 점을 기준으로 위쪽 및 아래쪽 전압이 차이 있는 상태에서 0.5초부터 전압 평형 알고리즘을 수행하여 약 0.5초 뒤에 전압이 거의 같아지는 것을 볼 수 있다. 그림3에는 단독운전 발생 시 이를 감지 하여 운전을 멈추는 것을 확인할 수 있다.



(a) 직류단 전압 제어



(b) 중선 점 전압 결과

그림 2. 전압 제어 시뮬레이션 결과

## 3. 결론

본 논문에는 20kW 급 계통연계 형 태양광 시스템 개발에 관한 내용을 다루었다. 고성능을 얻기 위해서 3레벨 T type 인버터 토폴로지를 사용했으며, 계통연계 인버터의 주 알고리즘인 직류 단 전압제어, 중선 점 전압제어, 위상 추종 제어, 출력 교류전류 제어 및 단독운전 방지 알고리즘을 수행했다. PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 각 제어의 성능을 검증 했으며, 20kW 급 인버터 시제품을 통해 실험을 수행 했다. 향후 연구로써 시스템 안전화, 인버터 인증 평가 등이 수행 될 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] 김영식, 바이스갈랑, 허혜성, 최규하 "첨두부하 삭감효과를 갖는 UIPV시스템의 개선된 운용방법", 전력전자학회 논문지, 제14권, 제5호, pp. 415 422, 2009, 10.
- [2] 최규하, 정병환, 강병희, 이명언 "가상구현 태양전지 시스템을 위한 태양전지의 새로운 모델링" 전력전자학회 논문지, 제11권, 제1호, pp. 79 89, 2006, 2.
- [3] Mario Schweizer, Ignacio Lizama, Thomas Friedli and Johann W. Kolar "Comparison of the chip area usage of 2 level and 3 level voltage source converter topologies," in Proc. 36th Annual Conf. of IEEE Industrial Electronics (IECON), 2010.
- [4] Thiago B. Soeiro, Mario Schweizer, Jörgen Linner, Per Ranstad and Johann W. Kolar "Comparison of 2 and 3 level Active Filters with Enhanced Bridge Leg Loss Distribution" in Power Electronics and ECCE Asia (ICPE & ECCE), 2011 IEEE 8th International Conference, pp. 1835 1842, 2011,