

# 단상 태양광 인버터 토폴로지의 효율 및 지전류 비교 연구

김규태\*, 권정민\*\*, 권봉환\*  
포항공과대학교\*, 한밭대학교\*\*

## Study of the efficiency and the earth current in the single-phase photovoltaic (PV) inverter topology

Kyu Tae Kim\*, Jung Min Kwon\*\*, Bong Hwan Kwon\*  
Pohang University of Science and Technology\*, Hanbat National University\*\*

### ABSTRACT

현재 단상 태양광 인버터 분야에서는 고효율을 달성하는 것과 태양전지의 기생 커패시터에 의해 발생하는 지전류를 저감하는 기술이 큰 이슈가 되고 있다. 대중에게 알려진 단상 태양광 인버터 토폴로지로는 풀브릿지, H5, H6, HERIC (high efficiency and reliable inverter concept) 등이 있다. 본 논문에서는 풀 브릿지 회로의 바이폴라, 유니폴라 및 하이브리드 변조방식과 H5, H6, HERIC 회로에 대해서 시뮬레이션과 시제품 제작을 통하여 작동원리를 파악하고, 효율과 지전류를 비교하도록 하겠다.

### 1. 서론

단상 태양광 발전 시스템은 주택용 혹은 다른 계통과의 분산 전원 시스템으로 사용되기 때문에 실용화 및 보급 잠재력이 가장 높다. 단상 태양광 발전 시스템은 변압기 타입 및 무변압기 타입으로 나눌 수 있다. 변압기 타입은 전기적 절연 때문에 직류지락과 누설전류등을 방지 할 수 있는 장점이 있어 안정성과 신뢰성이 높다. 그러나 변압기 사용으로 부피와 무게가 증가하고, 생산비용이 높은 단점이 있다. 무변압기형의 경우 부피와 무게를 줄일 수 있고, 생산비용은 낮은 장점이 있으나, 전기적으로 절연이 되어 있지 않기 때문에 안정성과 신뢰성이 변압기형 타입에 비해서 낮다. 현재 안정성과 신뢰성을 높이는 연구가 많이 진행되었고, 생산비용이 낮고 부피와 무게가 작기 때문에 무변압기형 타입이 많이 쓰이고 있다. 단상 태양광 발전시스템은 현재 효율과 태양광 셀과 대지의 기생커패시터 때문에 생기는 지전류 (earth current)가 이슈가 되고 있는 상황이다. 고효율과 낮은 지전류를 가지는 H5, H6, high efficiency and reliable inverter concept (HERIC) 토폴로지등이 제안되었다. 본 논문에서는 풀 브릿지 회로의 바이폴라, 유니폴라 및 하이브리드 변조방식과 H5, H6, HERIC등의 무변압기형 토폴로지에 대해서 시뮬레이션과 시제품 제작을 통하여 작동원리를 파악하고, 효율과 지전류를 비교하도록 하겠다

### 2. 단상 태양광 인버터 토폴로지

#### 2.1 풀브릿지

그림 1의 풀 브릿지 토폴로지는 단상 태양광 인버터에

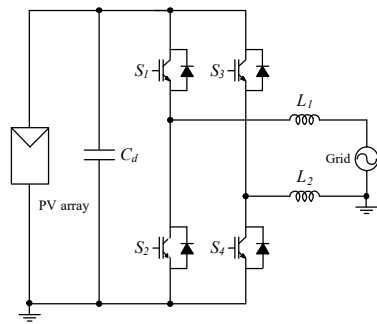


그림 1 풀브릿지 토폴로지  
Fig. 1 Full-bridge topology

널리 사용되는 토폴로지이다. Pulse width modulation (PWM) 변조방식에 따라서 바이폴라, 유니폴라, 하이브리드방식이 존재한다.

#### 2.2 H5

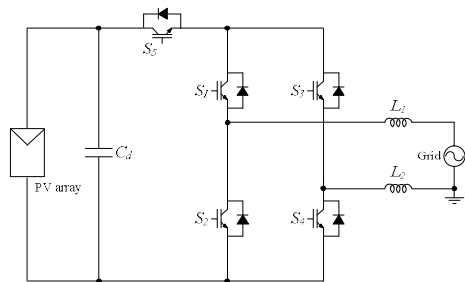


그림 2 H5 토폴로지  
Fig. 2 H5 topology

독일의 SMA는 Sunny mini central TL series에서 그림 2의 H5 인버터를 제안하였다 [1]. H5 토폴로지는 총 5개의 스위치가 사용된다. 풀 브릿지의 구조에 하나의 스위치( $S_5$ )가 추가된 구조이다.  $S_1$ 과  $S_3$ 는 계통주파수로 스위칭하며  $S_2, S_4, S_5$ 는 고주파수의 PWM으로 스위칭 된다.

#### 2.3 H6

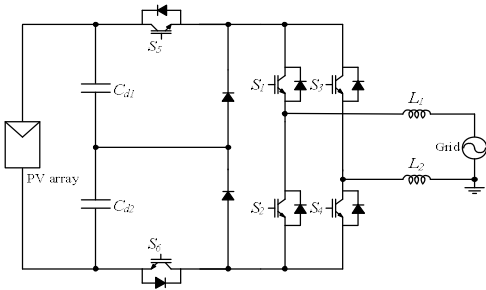


그림 3 H6 토폴로지  
Fig. 3 H6 topology

Ingeteam은 Sun TL series에서 그림 3의 H6 토폴로지를 제안하였다 [2]. H6는 스위치 6개와 다이오드 2개를 사용한 구조이다. 추가된 스위치  $S_5$ 와  $S_6$ 는 고주파수 PWM으로 스위칭되고,  $S_1$   $S_4$ 는 계통주파수로 스위칭된다. 다이오드는  $S_5$ 와  $S_6$ 는 dc link 전압을 클램프 시켜서 전압 스트레스를 dc link 전압의 절반으로 낮춰준다.

## 2.4 HERIC.

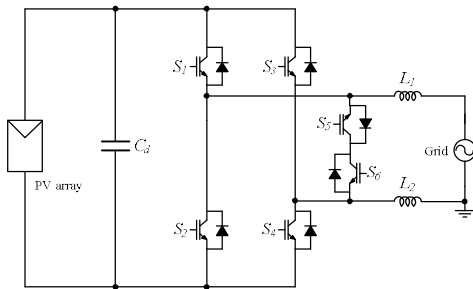


그림 4 HERIC 토폴로지  
Fig. 4 HERIC topology

Sunways는 AT series에서 그림 4의 HERIC 토폴로지를 제안하였다 [3]. HERIC 토폴로지는 총 6개의 스위치가 사용된다. 추가된 스위치  $S_5$ 와  $S_6$ 는 프리휠링시 교류바이패스 용도로 사용된다.  $S_1$   $S_4$ 는 고주파수의 PWM으로 스위칭되며,  $S_5$ 와  $S_6$ 는 계통주파수로 스위칭된다.

## 3. 실험 결과 및 비교·분석

앞서 소개했던 태양광 인버터 토폴로지를 시뮬레이션 (PSIM 9.0)을 통하여 작동원리를 파악하고, 구동 알고리즘의 타당성을 검토하였다. 그리고 시제품 제작을 통한 실험으로 효율과 지전류를 비교하고 분석하였다. 시뮬레이션과 실험 조건은 아래 표 1과 같다. 일반적으로 기생 커패시터의 양은 실리콘 태양전지일때 0.1uF/kW로 추정하기 때문에 0.3uF으로 시뮬레이션 파라미터를 설정하였다. 단상 태양광 인버터 토폴로지의 실험 결과는 표2에서 확인할 수 있다. 효율은 폴브릿지의 유니폴라와 하이브리드 변조방식과 HERIC 토폴로지가 우수했으며, 지전류는 H6와 HERIC 토폴로지가 가장 적었다. 전체적으로 HERIC 토폴로지가 가장 우수한 결과를 보였다.

표 1. 시제품의 파라미터

Table 1. Parameters of the prototype

Parameters	Value
정격과워	3 kW
입력 PV 전압	360 V
계통	단상 220 V, 60 Hz
스위칭 주파수	16 kHz
dc link 커패시터	220 uF
출력 필터 인덕터	1 mH
IGBT	IKW75N60T (Infineon)
Diode	F60U60DN (Fairchild)
기생커패시터	0.3 uF

표 2. 실험결과 요약

Table 2. Summary of the experimental results

토폴로지	최대효율	지전류 (RMS)
FB bipolar	96.8 %	84.49 mA
FB unipolar	98.0 %	2.68 A
FB hybrid	98.0 %	2.64 A
H5	97.6 %	36.36 mA
H6	97.3 %	29.40 mA
HERIC	98.0 %	30.30 mA

## 4. 결론

현재 제안된 단상 태양광 인버터의 토폴로지에 대해 분석하였다. 시뮬레이션을 통해 검증된 구동 알고리즘을 적용하여 3kW 급 단상 태양광 인버터 시제품을 실험을 수행하였다. 폴브릿지의 유니폴라, 하이브리드 변조방식과 HERIC 토폴로지가 최대 효율 98%로 가장 높게 측정되었고, 지전류는 H6와 HERIC 토폴로지가 약 30 mA로 가장 낮게 측정되었다.

## 참고 문헌

- [1] M. Victor, F. Greizer, S. Bremicker, and U. Huebler, "Method of converting a direct current voltage from a source of direct current voltage, more specifically from a photovoltaic source of direct current voltage, into a alternating current voltage," United states Patent, US 7, 411, 802 B2, 2008, Aug.
- [2] R.Gonzalez, J. Lopez, P. Sanchis, and L. Marroyo, "Transformerless inverter for single phase photovoltaic systems," IEEETrans.PowerElectron.,vol.22,no.2,pp.693 697.2007,Mar.
- [3] H. Schmidt, S. Christoph, and J. Ketterer, "Current inverter for direct alternating currents, has direct and alternating connections with an intermediate power store, a bridge circuit, rectifier diodes and a inductive choke," German Patent DE10 221 592 A1 4, 2003, Dec.