

# 멀티레벨인버터 기반 가정용 PCS 시제품 성능시험

최진성, 이기영, 현석환, 강필순  
한밭대학교

## Performance Test of Residential PCS based on Multilevel Inverter

Jin-sung Choi, Gi-yeong Lee, Seok-hwan Hyun, Feel-soon Kang  
Hanbat National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 1:3:9의 비대칭 입력전원을 갖는 H-bridge 모듈 3개를 직렬 결합하여 27-레벨의 단상 220V 출력전압을 생성할 수 있는 가정용 멀티레벨인버터 기반 PCS 시제품을 개발하였다. 가정용 멀티레벨인버터의 부하별 출력전압 및 출력전류, 전력변환 효율과 THD를 측정, 분석하였다.

그림 1은 27-레벨 인버터의 회로도이며, 3개의 H-bridge 모듈은 1:3:9의 비율인 24V, 72V, 216V의 배터리 DC입력전압으로 구성되며, 배터리 입력전압의 적절한 조합으로 27-레벨의 출력을 얻음으로써 단상 220[V<sub>rms</sub>] 60[Hz]의 교류전압을 얻을 수 있다.<sup>[4]</sup>

아래의 표 1에서는 각각의 H-bridge 모듈의 스위칭 동작에 대해 출력전압이 양의 값인 경우에 대하여 나타내고 있다.

### 1. 서 론

최근에는 예비전력이나 태양광에너지를 비롯한 신재생에너지를 저장하기 위한 ESS(Energy Storage System) 기술이 요구되면서 에너지가 양방향 형태로 전달되는 PCS(Power Conditioning System) 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[1]</sup>

Cascaded H-bridge 멀티레벨인버터는 H-bridge 모듈을 직렬 연결하여 출력전압의 레벨 수를 증가시켜 사인파에 근접한 출력전압을 생성시키는 인버터이다. 양질의 출력전압을 생성하는 관점에서 볼 때 가능한 적은 수의 회로 소자를 이용하여 다수의 출력 전압 레벨을 생성하는 것이 멀티레벨 인버터의 회로 설계에 있어 중요하다.<sup>[2]-[3]</sup>

본 논문에서는 PCS시스템에 멀티레벨인버터를 접목시킨 3kW급 가정용 멀티레벨인버터 기반 PCS 시제품을 설계, 개발하였으며 PSIM 기반의 컴퓨터 시뮬레이션 및 실험을 통해 전기적 특성을 분석하였다.

표 1 DC입력전압에 대한 양의 값의 출력전압

Table 1 Output voltage of a positive value for the DC input Voltage

전압레벨	24V	72V	216V	V <sub>out</sub>
0	0	0	0	0
1	+24V	0	0	+24V
2	-24V	+72V	0	+48V
3	0	+72V	0	+72V
4	+24V	+72V	+216V	+96V
5	-24V	-72V	+216V	+120V
6	0	-72V	+216V	+144V
7	+24V	-72V	+216V	+168V
8	-24V	0	+216V	+192V
9	0	0	+216V	+216V
10	+24V	0	+216V	+240V
11	-24V	+72V	+216V	+264V
12	0	+72V	+216V	+288V
13	+24V	+72V	+216V	+312V

### 2. 3kW급 27레벨 인버터

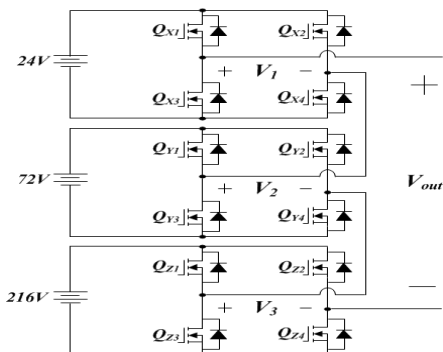


그림 1 27-레벨 인버터의 구성  
Fig. 1 Configuration of the 27-level inverter

### 3. 시제품 제작 및 실험

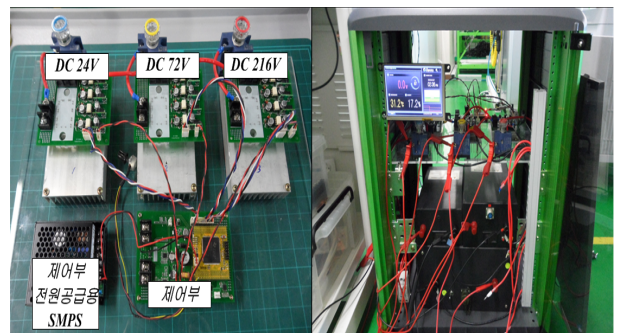


그림 3 3kW급 멀티레벨인버터 시제품  
Fig. 2 3kW Multilevel inverter prototype

그림 2는 제안된 토폴로지를 적용시킨 가정용 3kW급 27-레벨인버터 기반 PCS 시제품이다. 스위치는 세미피아(주)사의 Power Module인 V23990-P622-F74-PM (600V 30A) 제품을 사용하였고 제어부는 싱크웍스사의 TMS320F28335를 사용하였다.

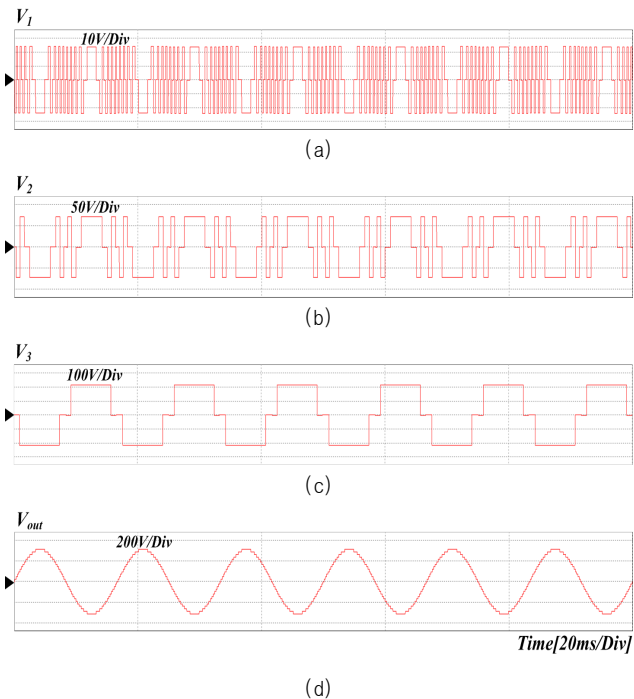


그림 3 27-레벨 인버터의 시뮬레이션 파형, (a) 24V H-bridge의 출력 파형, (b) 72V H-bridge의 출력파형, (c) 216V H-bridge의 출력파형, (d) 27-레벨 인버터의 출력파형

Fig. 3 Simulated waveforms of 27-level inverter, (a) Output waveforms of 24V H-bridge, (b) Output waveforms of 72V H-bridge, (c) Output waveforms of 216V H-bridge, (d) Output waveforms of 27-level inverter

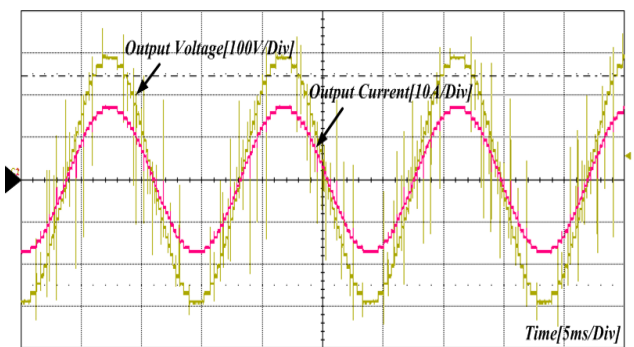


그림 4 27-레벨 인버터의 출력전압, 출력전류  
Fig. 4 Output voltage and output current of 27-level inverter

그림 3은 3개의 H-bridge 모듈별 출력파형과 최종 출력전압 시뮬레이션 파형이며, 그림 4는 제작된 시제품을 통해 3kW급 부하에서 출력전압과 출력전류의 파형이다. 경부하부터 실험을 시작하면서 점차 3kW급 부하까지 늘려가면서 모든 실험이 배터리가 100% 완충상태에서 실험된 것이 아니라 배터리의 전압이 방전되어 있는 것은 감안한다.

표 2 부하별 실험결과  
Table 2 Load per experiment result

Power	100W	1000W	1800W	2700W	Average
출력전압	227.95V	221.66V	213.53V	207.82V	217.74V
출력전류	0.0046A	4.356A	7.813A	12.23A	6.1A
출력전압 THD	0.38%	0.36%	0.5%	0.71%	0.487%
출력전류 THD	0.7%	0.37%	0.51%	0.68%	0.565%
효율	98.56%	98.09%	96.06%	94.74%	96.86%
스위칭 소자수	12개	12개	12개	12개	12개
출력전압 레벨 수	27-레벨	27-레벨	27-레벨	27-레벨	27-레벨

표 2는 각각의 부하별 실험결과를 나타낸다. 전압 THD와 전류 THD는 전부하영역에서 5% 미만을 만족하는 것을 볼 수 있으며, 효율은 90% 이상을 만족하는 것을 볼 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 3kW급 가정용 멀티레벨인버터 기반 PCS 시제품을 소개하고, PSIM 기반의 컴퓨터 시뮬레이션과 실험을 통해 입력전압이 1:3:9의 비를 갖는 3개의 H-bridge 모듈을 통해 27-레벨의 220[V<sub>rms</sub>] 60[Hz] 교류전압이 나오는 것을 확인할 수 있었다. 표 2에서 볼 수 있듯이 출력단에 별도의 L-C필터를 추가하지 않고 전부하영역에서 1% 미만의 THD를 얻을 수 있었으며, 평균 95% 이상의 효율을 얻을 수 있었다. 제안하는 27-레벨 인버터를 통해 향후 신재생에너지를 이용한 계통연계용 혹은 전기자동차 모터구동용 인버터로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2014R1A1A2053509)

#### 참고 문헌

- [1] S. J. Chiang, K. T. Chang, C. Y. Yen, "Residential Photovoltaic Energy Storage System", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 45, No. 3, pp. 385-394, 1998, June.
- [2] L. G. Franquelo, J. Rodriguez, S. Kouro, R. Portillo, and M. A. M. Prats, "The age of multilevel converter arrives", IEEE Ind. Electron. Magazine, pp. 28-39, 2008.
- [3] J. S. Lai, and F. Z. Peng, "Multilevel Converters-A New Breed of Power Converters", IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. 32, No. 3, pp. 509-517, 1996, May/June.
- [4] 주성용, 이정환, 강필순, 김철우, 박성준, "DC링크 전압 조정을 이용한 멀티 레벨 인버터," 전력전자학회 학술대회논문집(2), pp. 621-624, 2003년 7월.