

고주파링크방식을 이용한 PV용 PCS의 고찰

정영석<sup>1</sup>, 유권종<sup>1</sup>, 정명웅<sup>1</sup>, 최재호<sup>2</sup>, 최주엽<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>충북대학교, <sup>3</sup>광운대학교

High-Frequency DC Link Inverter for Grid-Connected Photovoltaic System

Jung Youngseok<sup>1</sup>, Yu Gwonjong<sup>1</sup>, Jung Myoungwoong<sup>1</sup>, Choi Jaeho<sup>2</sup>, Choi Juyeop<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>2</sup>Chungbuk National Univ, <sup>3</sup>Kwangwoon Univ.

**Abstract** - This paper proposes an inverter for the grid-connected photovoltaic system based on the transformer-less inverter. This system consists of a high frequency inverter bridge, high frequency transformer, diode bridge rectifiers, a DC filter, a low frequency inverter bridge, and an AD filter. The high frequency inverter bridge switching at 20kHz is used to generate bipolar PWM pulse, which is subsequently rectified by diode bridge rectifiers to result in a full-wave rectified sine wave. Finally, it is unfolded by a low frequency inverter bridge to result in a 60Hz sine wave power output. In this paper, the control algorithm for synchronous current feedback control method and a maximum power point tracking (MPPT) method using DSP are described. And, the simulation and experimental results are shown to verify the validity of the proposed system.

1. 서 론

현재 국내에서 개발되어 사용되고 있는 계통연계형 인버터는 저주파 절연변압기형(60Hz)를 사용하고 있다. 이러한 변압기는 계통과의 전기적 절연과 인버터의 출력전압을 계통전압의 크기로 승압하기 위하여 사용된다. 이러한 변압기는 계통 주파수로 동작하기 때문에 전체 시스템의 효율과 소형 경량화에 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 고주파링크형 인버터를 제안한다. 고주파링크형 인버터는 20kHz 절연변압기를 사용함으로써 고효율화, 소형경량화, 저가화가 가능하다<sup>(1-3)</sup>.  
 본 논문은 3kW급 고주파링크 방식을 이용한 PV용 PCS의 토폴로지와 동작에 대하여 소개하고, 실험 및 성능평가를 통하여 시스템의 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 고주파링크방식을 이용한 PV용 PCS

고주파링크 방식의 태양광발전시스템의 토폴로지를 그림 1에 나타내고 있다. 고주파링크 시스템은 태양전지 어레이와 단상 풀브리지 고주파 인버터, 고주파 변압기, 단상 풀브리지 다이오드 정류기, DC 리액터, 단상 풀브리지 저주파 인버터, 교류 LC필터로 구성된다. 제안한 시스템은 그림 1에서 보이는 바와같이 다음과 같은 전력변환 과정을 수행한다.

- 1) 단상 고주파 인버터 브리지는 태양전지 어레이의 DC 전압을 20kHz의 quasi-square 전압으로 변환하여 고주파 변압기인 T1에 인가한다.
- 2) 고주파 인버터의 스위칭을 적절히 제어함으로써, T1의 출력전류의 크기를 PWM 패턴으로 제어하여, 고주파 변압기의 포화를 방지한다.
- 3) 고주파변압기 T1은 전압을 2배로 승압한다.
- 4) T1의 2차측 고주파 전압은 다이오드 정류기 D1-D4를 통하여 정류된다.
- 5) 이것은 다시 고주파 DC 리액터 L<sub>DC</sub>에 반파 정현파의 전류 I<sub>LDC</sub>로 변화된다.
- 6) 저주파 인버터 T1-T4는 계통전압과 동상의 전파 정현파로 변환하여 계통에 공급한다.

표 1 제안한 시스템의 파라미터

출력용량	3kVA
입력전압	180~320 VDC
출력전압	220VAC±10%
출력 주파수	60Hz±0.5Hz
스위칭 주파수	20kHz
인버터 외형	640*374*200
중량	22kg

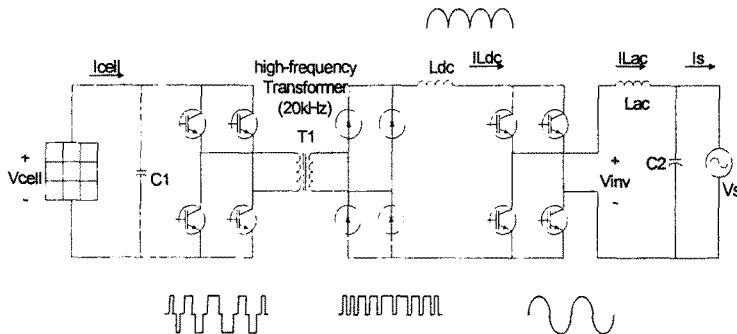


그림 1 고주파링크방식을 이용한 PV용 PCS의 토폴로지

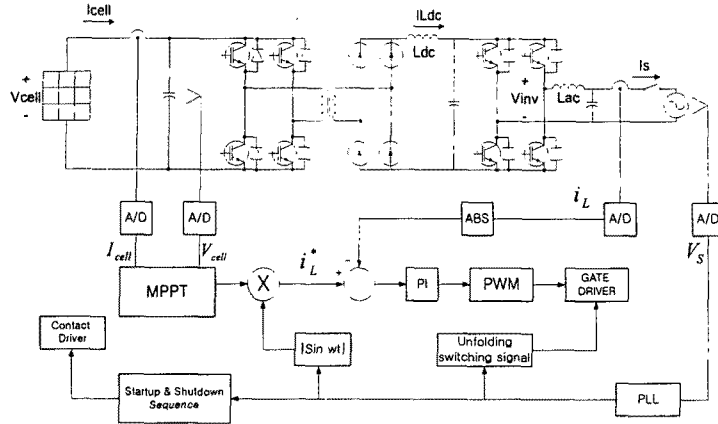


그림 2 제안한 시스템의 구성회로와 제어블록도

그림 2는 제안한 시스템의 제어블록도를 보이고 있다. 센싱된 계통전압  $V_s$ 는 Digital PLL(Phase Lock Loop)를 거쳐 내부적으로 반파 정현파 형태의 전류 레퍼런스의 위상을 만들어내며, MPPT(Maximum Power Point Tracking)의 출력은 전류 레퍼런스의 크기를 결정하게 된다. 실제 전류  $I_s$ 를 센싱하여 절대값을 취한 값과 전류 레퍼런스 값을 비교하여, 그 오차성분이 PI제어기를 통해 고주파 인버터의 PWM 스위칭을 결정한다. PLL의 출력은 또한 저주파 인버터 브리지의 스위칭을 결정하는데 사용된다. 제안한 시스템의 제어를 위한 전력은 모두 태양전지 DC 출력을 사용하고 있다.

### 2.2 실험결과

그림 3은 제안한 시스템인 고주파링크형 PV용 PCS의 3kW급 시제품 모습을 보이고 있다. 내부의 주요 구성을 보이기 위해 전면 패널을 제거한 모습이다.

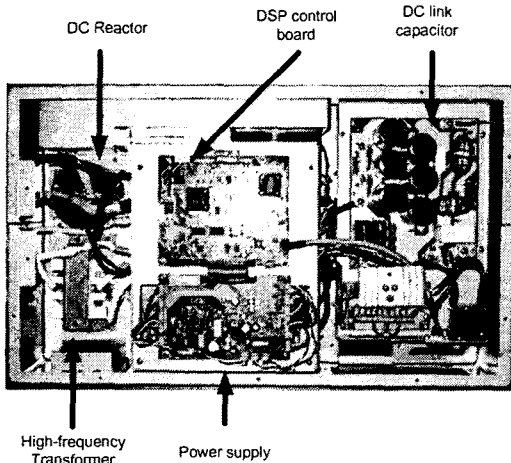


그림 3 제안한 시스템의 3kW급 시제품

그림 4는 고주파 인버터 브리지의 gate-drive의 신호 파형이다. 스위치  $T_a$ 와  $T_b$ 는 각각에 대하여 동일한 turn-on 시간과 turn-off 시간을 가진다. 따라서 스위칭 주파수가 충분히 높다면 고주파 변압기의 포화를 막을 수 있다.

그림 5는 고주파 변압기의 전압과 전류 파형을 확대하여 보이고 있다. 전류 파형을 통해 변압기가 포화되지 않고 정상적으로 동작됨을 알 수 있다.

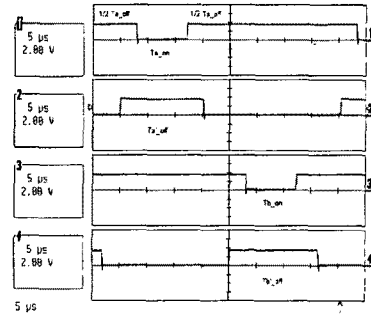


그림 4 고주파 인버터 브리지의 gate-drive 신호

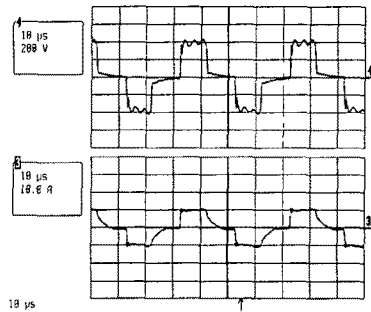


그림 5 고주파 변압기 2차측 전압, 전류 파형(1)

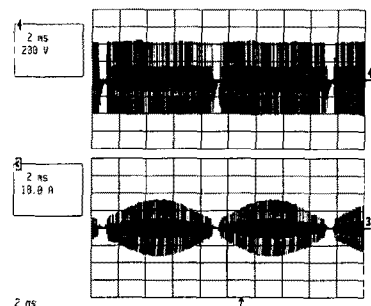


그림 6 고주파 변압기 2차측 전압, 전류 파형(2)

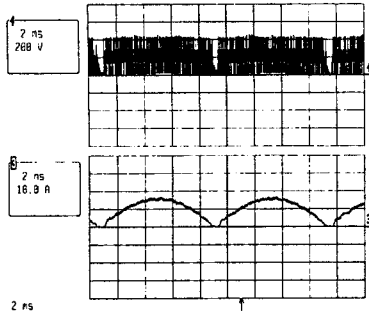


그림 7 다이오드브리지를 통해 정류된 전압, 전류 파형

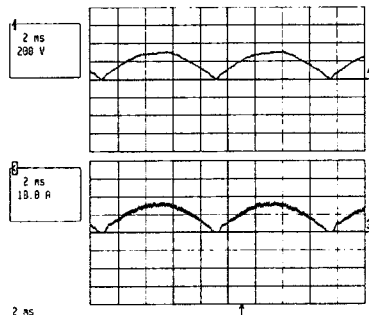


그림 8 DC리액터를 통한 필터링 후 전압, 전류 파형

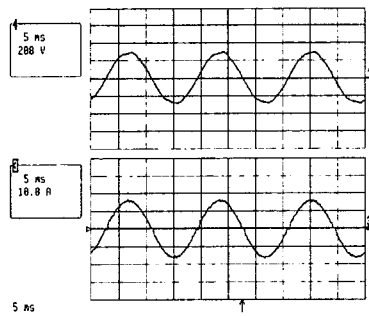


그림 9 계통 전압과 전류 파형

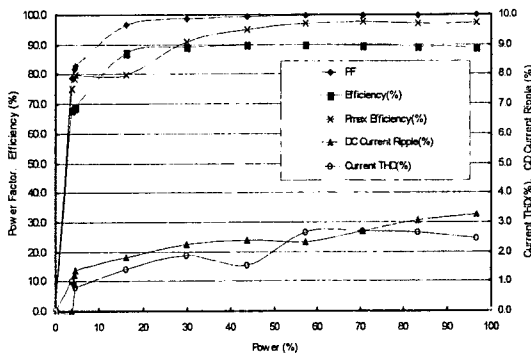


그림 10 제안한 시스템의 성능평가 결과

그림 6은 고주파 변압기의 전압과 전류를 축소하여 보이고 있다. PWM 제어를 통하여, 정류된 후에는 반파 정현파 형태가 되도록 제어되기 때문에 일반적인 구형파

형태와는 다른 양상을 보이고 있음을 알 수 있다.

그림 7은 다이오드 브리지를 통해 정류된 전압과 전류 파형을 보이고 있다. 그림 8은 DC 리액터를 통해 필터링된 후의 전압과 전류 파형을 보이고 있다. 저주파 인버터 브리지를 거쳐 완전한 전파 정현파 형태의 전류가 계통으로 유입되고 있음을 그림 9를 통해 보이고 있다.

그림 10과 표 2는 제안한 시스템의 성능평가 결과를 나타내고 있다. 이 결과를 통하여 제안한 시스템이 매우 우수한 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 2 제안한 시스템의 성능평가 결과

THD (%)	P.F. (%)	$\eta_{.cv}$ (%)	$\eta_{.cvm}$ (%)	$\eta_{.pt}$ (%)	lrp (%)
2.46	99.89	88.99	89.82	97.32	3.26

여기서,  $\eta_{.cv}$  = 전력변환효율,  $\eta_{.cvm}$  = 최대 전력변환효율,  $\eta_{.pt}$  = 최대전력 추종효율, lrp = DC 전류 리플

### 3. 결 론

본 논문은 고주파링크 방식을 이용한 PV용 PCS의 토폴로지와 동작에 대하여 기술하였다. 또한 실험 및 성능평가를 통하여 제안한 시스템의 타당성을 검증하였다. 제안한 시스템을 통하여 기존의 시스템에 비해 현격한 소형경량화를 구현하였다. 전력변환효율을 개선하기 위하여 시스템 파라미터를 최적화하는 것과 다양한 디지털 제어기를 적용하는 것이 차후과제로 남아있다.

### (참 고 문 헌)

- [1] A. Cocconi, S. ?uk, and R.D. Middlebrook, "High-Frequency Isolated 4kW Photovoltaic Inverter for utility Interface", PCI/MOTOR-CON Proceedings, 1983, pp. 39-59.
- [2] T. Takebayashi, H. Nakata, M. Eguchi, and H. Kodama, "New Current Feed back Control Method for Solar Energy Inverter using Digital Signal Processor", PCC-Nagaoka, 1997, pp. 687-690.
- [3] R.L.Steigerwald, "Application of Power Transistors to Residential and Intermediate Rating Photovoltaic Array Power Conditioners", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-19, NO. 2, March/April 1983, pp. 254-267.
- [4] R. Katan, V. G. Agelidis, and C. V. Nayar, "Pspice Modelling of Photovoltaic Arrays", International Journal Electrical Engineering Education, October 1995, pp. 319-332