

## 무변압기형 10kW PCS 개발

우 명호<sup>1)</sup>, 전 세봉<sup>2)</sup>, 이 종찬<sup>3)</sup>, 류 승표<sup>4)</sup>

### Development of Transformer-less 10 kW PCS

Myungho Woo<sup>1)</sup>, Seborg Jeon<sup>2)</sup>, Jongchan Lee<sup>3)</sup>, Seungpyo Ryu<sup>4)</sup>

**Key words** : 무변압기, 태양광 발전, DC/DC 컨버터, 계통연계 인버터, 디지털 제어, 최대출력점 추종 제어, 단독운전 방지

**Abstract** : The demand for developing the compact and cost effective commercial version of the photovoltaic power conditioning system(PCS) is now increasing and several commercial products are on the markets.

In this paper, several design results of 10 kW rated grid-tied photovoltaic PCS system are introduced, and several test results for the system evaluation are also described. The test results verified the validity of the proposed photovoltaic PCS system.

#### Subscript

PCS : Power Conditioning System  
MPPT : Maximum Power Point Tracking  
MMI : Man Machine Interface  
DSP : Digital Signal Processing

### 1. 서론

최근 국내에서도 공공건물 혹은 산업용 계통연계형 태양광 발전 시스템 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 현재까지는 계통연계용 변압기를 적용한 Power Conditioning System(이하 PCS)이 주류를 이루고 있다.

변압기형 PCS는 계통측과의 절연 및 계통측으로의 직류분 유출 억제 기능 등의 장점을 가지고 있는 반면에, 저주파수 변압기의 크기 및 부피로 인한 시스템 가격 상승, 부피 및 무게 증가 등의 문제점을 가지고 있다.

한편, 계통연계 인버터의 직류전압을 일정하게 유지하기 위한 DC/DC 컨버터는 고주파변압기와 함께 적용할 경우, 직류전압 안정화 기능뿐만 아니라 전기적 절연기능을 함께 제공할 수 있는 장점을 가지고 있는 반면, 제어의 복잡성 및 신뢰

성 저하 등의 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 고 신뢰성/저가격 공공건물용 태양광 발전 PCS의 개발을 위해 수행된 전력회로 및 제어 시스템 설계 결과, 실험결과를 통한 시스템 검증 등을 나타내었다.

### 2. 시스템 구성

Fig 1에 본 연구에서 제안하는 시스템의 전력회로 구성을 나타내었다. 시스템은 태양전지, DC/DC 컨버터, 그리고 계통연계 인버터로 구성되며 고주파 및 저주파 변압기의 미적용, 부스트 커패의 2-병렬 운전 등을 특징으로 하고 있다.

- 
- 1) 현대중공업 기술개발본부 기계전기연구소  
E-mail : mhwoo@hhi.co.kr  
Tel : (031)289-5142 Fax : (031)289-5150
  - 2) 현대중공업 기술개발본부 기계전기연구소  
E-mail : simalone@hhi.co.kr  
Tel : (031)289-5107 Fax : (031)289-5150
  - 3) 현대중공업 기술개발본부 기계전기연구소  
E-mail : jongchan@hhi.co.kr  
Tel : (031)289-5115 Fax : (031)289-5150
  - 4) 현대중공업 기술개발본부 기계전기연구소  
E-mail : spryu@hhi.co.kr  
Tel : (031)289-5122 Fax : (031)289-5150

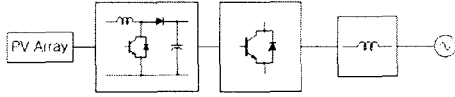


Fig 1 시스템 구성도

## 2.1 DC/DC 컨버터

Fig 2에 본 논문에서 적용한 10kW급 DC/DC 컨버터의 전력회로를 나타내었다. 그림과 같이 5kW 용량 부스트 초퍼 2대 병렬운전 회로로 구성하였으며, 250~600V 범위의 태양전지 전압을 700V로 승압, 일정 직류전압을 PCS 인버터에 제공하는 역할을 수행한다. 이와 같은 설계를 통해 공간 활용 및 모듈화, 인터리빙 제어를 통한 직류 리플 및 노이즈 저감 등의 장점을 확보할 수 있다.

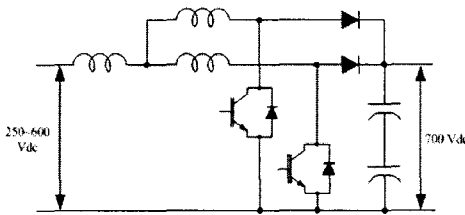


Fig 2 10kW DC/DC 컨버터의 구성도

### ■ 승압 인덕터( $L_b$ ) 설계

승압 인덕터의 인덕턴스 값은 최소 입력 전압 시 정격 출력 전압으로 승압 되도록 설계하였다. 먼저 인덕터에 흐르는 최대 전류를 계산하여 보면 식(1)과 같다.

$$I_L = \frac{P_o/\eta}{V_{inmin}} \quad (1)$$

$$= \frac{10000/0.95}{250} = 42.1A$$

이때, 인덕터의 리플 전류는 입력단 커패시터 및 DC Link 커패시터의 리플 전류 용량을 고려하여 정격 전류의 10%가 되도록 하였다.

$$\Delta I_L = 10\% \cdot 42.1A = 4.21A \quad (2)$$

그리고 duty ratio의 최대값은

$$D_{max} = \frac{V_o - (V_{inmin} + V_d)}{V_o} = 0.625 \quad (3)$$

으로 설정하여 식 (4)와 같이 인덕턴스 값을 결정하였다.

$$L = \frac{V_{inmin} \cdot D_{max} \cdot T_s}{\Delta I_L} \quad (4)$$

$$= \frac{250 \times 0.625}{4.21 \times 30 \times 10^3}$$

$$\approx 1.1mH$$

코어는 Powder 코어를 사용하였으며, 권선은 DC 저항을 적게 하기 위하여 Foil로 감았다.

### ■ 전력 소자 선정

전력회로 주 스위치 소자의 정격전압은 출력 전압 및 인버터 스위칭 시에 전압 Spike를 고려하여 선정하였다.

소자 정격전류는 승압 인덕터에 최대전류가 스위치에 흐르므로 적어도 42.1A의 1/2인 약 21A 보다는 큰 정격을 가지고 있어야 한다. 따라서 1200V/50A 정도 이상으로 선정하였으며, 다이오드 역시 동급 사양에 Fast Recovery 특성을 갖도록 선정하였다. 그러나, 주전력 회로의 크기를 고려하여 IGBT와 다이오드가 한 모듈에 들어간 전력 소자를 사용하였다.

## 2.2 계통연계 인버터

Fig 3에 10kW급 계통연계형 PCS의 전력회로 개념도를 나타내었다. 그림과 같이 연계용 인덕터를 통해 전압형 인버터가 계통에 직렬 접속되어 있는 매우 간단한 구성을 가지고 있으며, P & O 방식을 적용한 MPPT, Anti-Islanding, 직류분 전류 검출 기능이 포함되며, 사용자와의 MMI 기능을 탑재하였다.

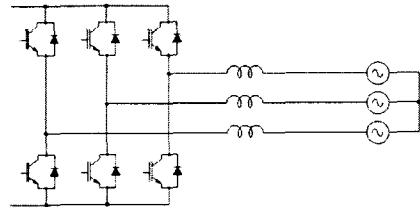


Fig 3 계통 연계형 인버터의 구성

특히, Fig 3과 같은 무변압기형의 구성방식을 통해 저주파 변압기에 의한 시스템의 부피, 무게 문제를 해결하고 저가격화 특성을 구현할 수 있다.

## 3. 실험 결과

본 연구에서 제안한 무변압기형 10kW 태양광 PCS 시스템의 특성시험을 위해 DSP를 적용한 시제품을 제작하였으며, 제작된 시스템 사진을 Fig 4에 나타내었다.

시스템 시험은 DC/DC 컨버터 동작 및 PCS 인버터의 계통연계 동작을 중심으로 수행하였다.

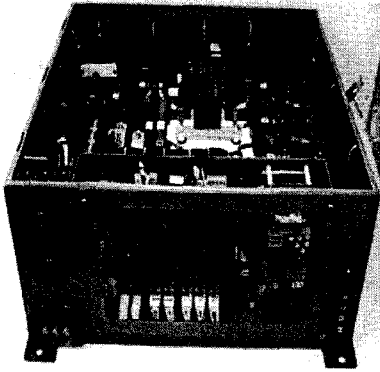


Fig 4 시스템 사진

Fig 5는 경부하시 10kW DC/DC 컨버터의 시험파형으로서 위에서부터 직류 출력(200V/div), 인덕터 전류(5A/div), 스위칭 전압(200V/div)을 각각 나타내고 있다. 이로부터 경부하 조건시 DC/DC 컨버터의 제어가 원활하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

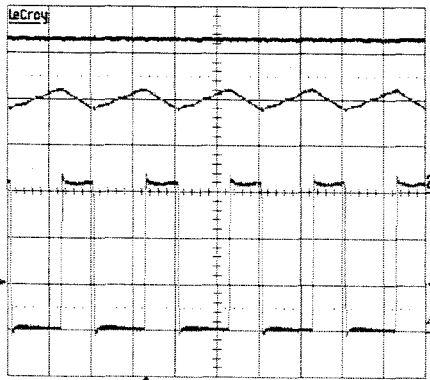


Fig 5 10kW DC/DC 컨버터 경부하 시험파형 (10 $\mu$ s/div)

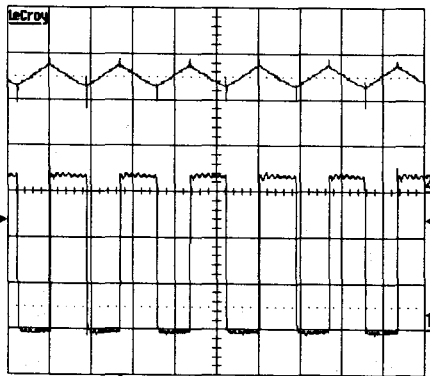


Fig 6 10kW DC/DC 컨버터 정격부하 시험파형(10 $\mu$ s/div)

Fig 6은 정격부하 조건시 DC/DC 컨버터의 각부 시험파형으로서 경부하시와 마찬가지로 만족할만한 특성을 보여주고 있음을 확인할 수 있다.

Fig 7은 계통연계시 계통측 선간전압(a-b간) 및 a상 전류 파형을 나타내고 있다. 그림으로부터 계통연계시 전류파형의 특성이 우수함을 확인할 수 있다.

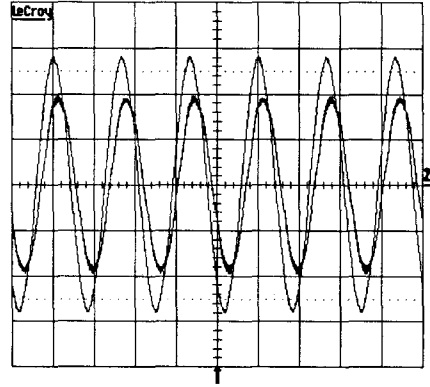


Fig 7 계통연계시 계통측 선간전압(a-b간) 및 a상 전류 파형

#### 4. 결론

본 연구를 통해 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다. 즉, 태양광 PCS의 입력범위가 비교적 넓은 경우 본 연구의 10kW급 DC/DC 컨버터 토폴로지 적용이 신뢰성 제고, 가격, 그리고 모듈화 측면에서 유리함을 확인하였다.

태양광 PCS 인버터의 경우, 무변압기형 토폴로지 적용을 통해 성능 손실없이 기존 변압기형 토폴로지 대비 무게, 부피, 가격 측면에서 매우 유리함을 확인하였다.

향후, 10kW급 태양광 모듈을 이용한 실증시험을 통하여 본 시스템의 신뢰성을 확보할 계획이다.

#### 후기

본 연구는 태양광사업단과의 에너지·자원기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### References

- [1] Eftichios Koutroulis, Kostas Kalaitzakis "Development of a Microcontroller-Based, Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System", IEEE Trans. on Power Electronics, VOL.16, No 1, pp. 46-54, January 2001.
- [2] 류승표 외 "계통연계 분산발전 시스템의 전원 특성연구", 현대중공업(주) 기술개발본부 기계전기 연구소, 2003