

# 다상부스트 컨버터를 적용한 태양광 발전시스템

(Photovoltaic System with Multi-Phase Interleaved Boost Converter)

이주혁<sup>\*</sup>, 장수진<sup>\*</sup>, 차길로<sup>\*</sup>, 원충연<sup>\*</sup>, 정용채<sup>\*\*</sup>

(Joo-Hyuk Lee<sup>\*</sup>, Su-Jin Jang<sup>\*</sup>, Gil-Ro Cha<sup>\*</sup>, Chung-Yuen Won<sup>\*</sup>, Yong-Chae Jung<sup>\*\*</sup>)  
(성균관대학교<sup>\*</sup>, 남서울대학교<sup>\*\*</sup>)

## Abstract

In this paper, we composed solar generation system with multi-phase interleaved boost converter. Solar generated voltage is low, so it has need of the boost power conversion device for supply power to normal load. The multi-phase interleaved boost converter is easy to boost voltage and it can be reduced both input current ripple and output voltage ripple because it is composed with multi-phase. We simulated and tested multi-phase interleaved boost converter applied three-phase.

## 1. 서론

기술이 발전함에 따라 에너지 사용량은 급증하고 환경오염이 심각해지고 있다. 특히 화석연료의 사용증가로 인해서 지구 온난화 현상이 심화될 것으로 예상되고, 사용 중인 에너지 자원이 고갈되고 있음에 따라 환경보존과 에너지 소비증가의 관계를 순화시키는 신재생에너지에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. 신재생에너지 중 대표적인 것으로서 태양광에너지가 주목받고 있고, 정부에서도 2012년까지 10만호 주택에 태양광 발전시스템을 보급하는 사업을 활발히 진행 중이다.<sup>[1]</sup>

하지만 태양광 발전시스템은 높은 가격에 비해 낮은 효율을 가지고 있기 때문에, 확대 보급을 위해서는 태양전지의 고효율화 및 저가화를 하는 동시에 시스템에 사용되는 전력변환장치의 고효율화 및 저가화도 이루어져야 한다. 이에 따라 태양광 발전용 전력변환장치의 중요성이 대두되고 있다.

Array에서 발생하는 낮은 전압을 이용하여 상용부하에 전력을 공급하기 위해 승압용 전력변환장치가 필요하므로, 본 논문에서는 승압용 다상부스트 컨버터를 사용하였다. 다상부스트 컨버터는 승압이 용이하며 다상으로 구성되었기 때문에 입력전류 리플과 출력전압 리플을 저감시킬 수 있다.<sup>[2]-[4]</sup>

본 논문에서는 3상으로 구성된 다상부스트 컨버터와 단상 인버터를 적용하여 시뮬레이션 및 실험을 수행하였다.

## 2. 다상부스트 컨버터를 적용한 태양광 발전시스템

### 2.1 다상부스트 컨버터

다상부스트 컨버터는 기존의 부스트 컨버터를 구성하는 인덕터, 스위치, 다이오드로 구성되어 있고, 각각의 소자 수는 상 수(N)와 같다.

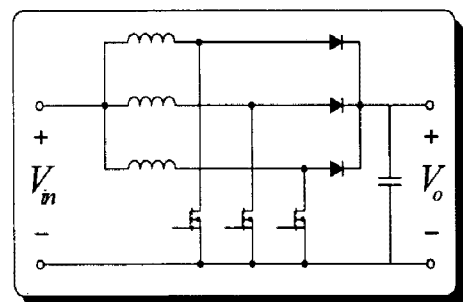


그림 1. 다상부스트 컨버터  
Fig. 1. Interleaved boost converter

각각의 스위치는 1/N 만큼 위상이 지연되어 순차적으로 스위칭을 하게 된다. 기본적인 다상부스트 컨버터의 구성은 그림 1과 같다. 다상부스트 컨버터는 단일부스트 컨버터에 비해 입력전류가 상 전류의 1/N배 만큼 줄어들어 인덕터, 스위치, 다이오드 및 커패시터 등의 소자의 스트레스를 줄일 수 있다.

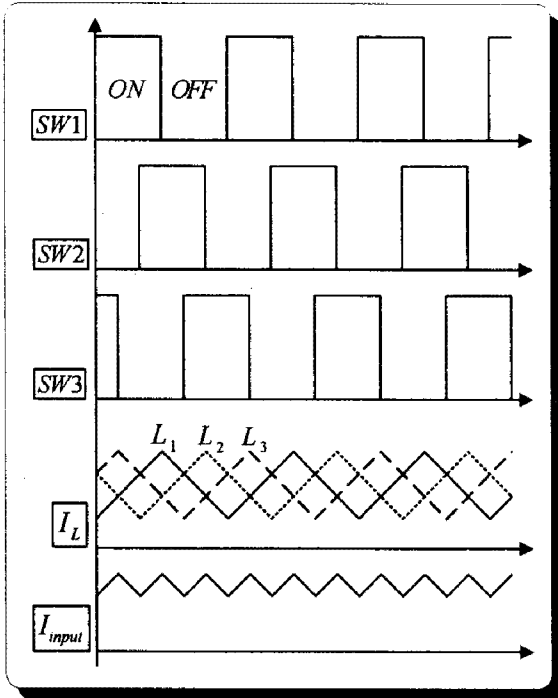


그림 2. 스위치 상태, 인덕터 전류, 입력 전류  
Fig. 2. Switch state, inductor current, input current

그림 2는 스위치 상태에 따른 각각의 인덕터 전류와 입력전류를 나타내고 있다. 그림과 같이 다상부스트 컨버터의 입력전류는 각각의 인덕터 전류가 중첩되어 나타나므로 1/N배 만큼 전류 리플이 줄어들게 된다.

## 2.2 태양전지 모듈 구성

본 논문에서 구성한 태양광 발전시스템은 320W급으로 구성하였고, 사용되는 태양전지 모듈은 80W급 단결정 태양전지 4장을 사용하였다. 표 1과 같이 태양전지의 연결 방식에 따라 출력 전압 및 출력전류가 달라진다. 본 논문에서는 4직렬로 구성하였다.

## 2.3 태양광발전 시스템 구성

80W급 태양전지 4장을 4직렬 방식으로 사용하여 얻은 태양전지의 출력전압을 다상부스트 컨버터의 입력전압으로 사용한다.

표 1. 태양전지 모듈 출력  
Table 1. Output of photovoltaic module

구성방식	최대 출력전압[V]	최대 출력전류[A]	최대 출력전력[W]
4직렬	70.4	4.56	321.02W
4병렬	17.6	18.24	321.02W
2직렬-2병렬	35.2	9.12	321.02W

다상부스트 컨버터에서는 태양전지로의 출력 전압을 150Vdc로 승압하게 된다. 승압된 전압은 60V/60Hz의 교류전압으로 변환하게 된다. 단상 인버터로부터 얻은 60V/60Hz를 220V/60Hz로 승압하기 위해 저주파 승압 변압기를 사용하였다.

그림 3은 다상부스트 컨버터를 적용한 태양광 발전시스템 전체 구성도를 나타낸다.

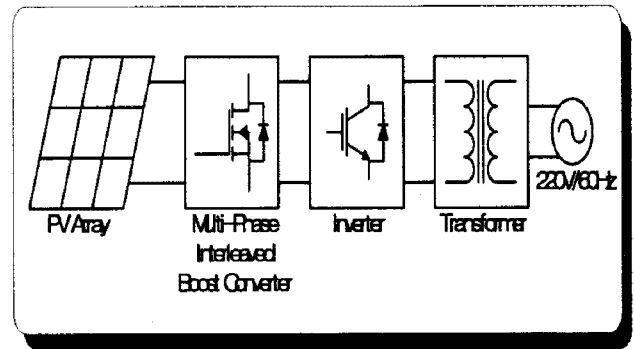


그림 3. 시스템 블록도  
Fig. 3. System block diagram

## 3. 시뮬레이션 및 실험결과

표 2와 같이 다상부스트 컨버터의 파라미터를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

표 2. 다상부스트 컨버터의 파라미터  
Table 2. Parameters of interleaved boost converter

입력전압	48 ~ 70 [Vdc]
출력전압	150 [Vdc]
용량	320 [W]
인덕터	4.7 [mH]
커패시터	940 [ $\mu$ F]
스위칭 주파수	20 [kHz]

그림 4는 표 2에 나열된 다상부스트 컨버터의 파라미터를 적용한 시뮬레이션 회로도이다.

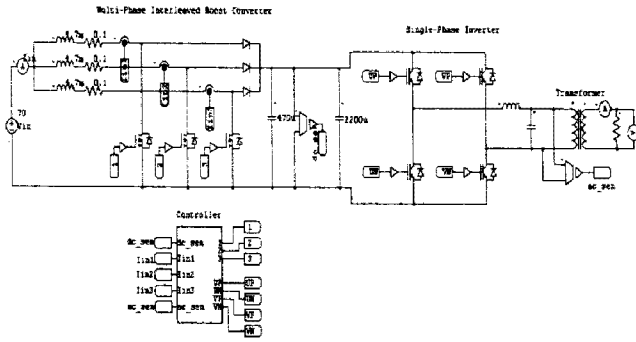


그림 4. 시뮬레이션 회로도  
Fig. 4. Simulation schematic

태양전지로부터 얻은 직류전압과 3상으로 구성된 다상부스트 컨버터, 단상 인버터와 변압기로 시뮬레이션 회로를 구성하였다. 컨버터의 각 상 전류와 출력전압, 그리고 인버터의 출력전압을 검출하여 제어기를 구성하였다.

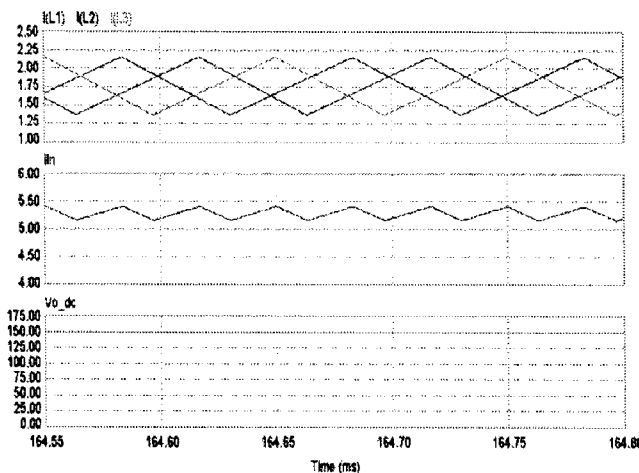


그림 5. 다상부스트 컨버터의 인덕터 전류, 입력전류 및 출력 전압  
Fig. 5. Inductor current, input current and output voltage of the interleaved boost converter

그림 5는 다상부스트 컨버터의 인덕터 전류, 입력전류 및 출력전압의 파형이다. 3상으로 구성하였으므로 각각의 상전류는 120도의 위상차를 가지고 있고, 스위칭에 따라 인덕터 전류가 선형적으로 증가 및 감소하는 것을 확인할 수 있다.

다상부스트 컨버터를 적용하여 단일부스트 컨버터보다 입력전류 리플이 1/3배 감소된 것을 확인할 수 있다.

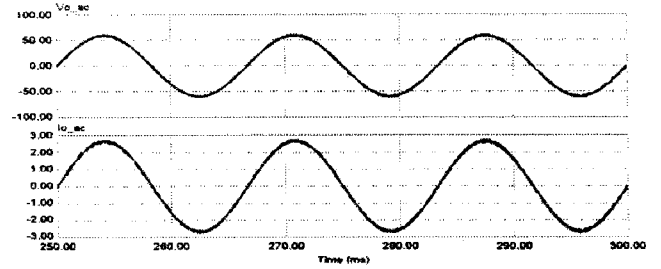


그림 6. 단상 인버터의 출력 전압 및 출력 전류 (1차측)  
Fig. 6. Output voltage and output current of the single-phase inverter (Primary)

그림 6은 단상 인버터의 출력 파형으로서 60V/60Hz의 교류전압이 출력된다.

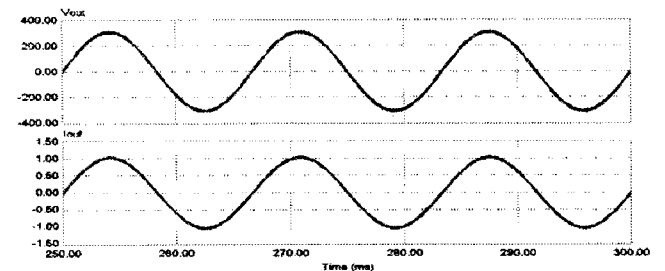


그림 7. 변압기의 출력 전압 및 출력 전류 (2차측)  
Fig. 7. Output voltage and output current of the transformer (Secondary)

그림 7은 단상 인버터의 출력전압인 60V/60Hz의 교류전압이 변압기를 통하여 출력되는 파형으로서 220V/60Hz의 교류전압으로 승압 되는 것을 확인할 수 있다.

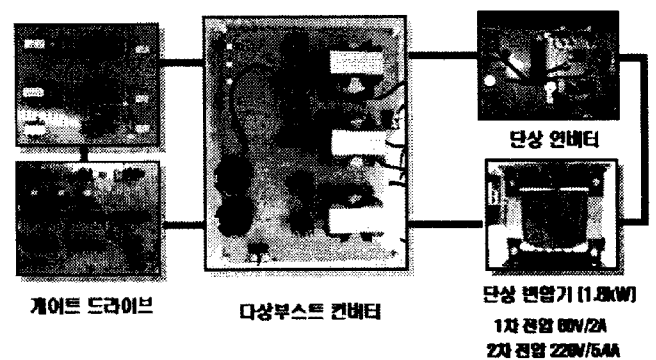


그림 8. 시스템 구성  
Fig. 8. System configuration

그림 8은 본 논문에서 구성한 태양광 발전 시스템 구성을 나타낸다. 3상으로 구성된 다상부스트 컨버터와 3개의 MOSFET을 스위칭 하기 위한 게이트 드라이브, 컨버터의 직류출력을 교류로 변환하기 위한 단상 인버터와 60V/60Hz의 인버터 출력을 220V/60Hz로 승압하기 위한 변압기로 구성하였다.

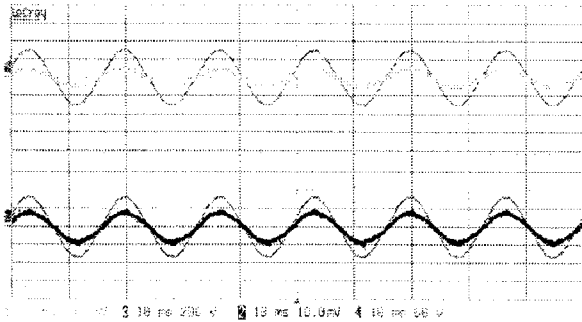


그림 9. 변압기 출력 전압, 출력 전류 및  
인버터 출력 전압, 출력 전류  
위:2A/div, 200V/div, 10ms/div  
아래:5A/div, 50V/div, 10ms/div

Fig. 9. Output voltage and output current  
of the transformer and the  
single-phase inverter

그림 9는 태양전지의 출력을 다상부스트 컨버터로 승압하고 승압된 직류를 인버터를 통하여 교류로 변환한 파형이다. 그림 9의 아래 파형은 인버터를 이용하여 저압 교류로 변환한 파형이다. 그림 9의 위 파형은 저주파 승압 변압기를 이용하여 상용 전압과 같은 크기로 승압된 출력 파형을 나타낸다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 신재생에너지인 태양광을 이용하기 위해 80W급의 단결정 태양전지 4장을 4직렬로 연결하여 사용하였다. 다상부스트 컨버터를 적용하여 직류 입력전압을 승압하고, 승압된 직류 출력이 단상 인버터에 의해 교류출력으로 변환되는 방식으로 구성하였다. 승압 변압기를 통해 단상 인버터의 저압 교류출력을 220V/60Hz로 변환하였다.

다상부스트 컨버터를 적용하여 입력전류 리플을 1/3배 저감 시킬 수 있다.

본 논문은 산업자원부의 출연금으로 수행한 특성화대학원사업의 연구결과입니다.

#### 참고문헌

- [1] 김영록, 박성우, 김은연, 김성환, 류영현, “주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터의 개발”, 전력전자학술대회 논문집 pp.518-520, 2007.
- [2] 유병훈, 이태원, 장수진, 이병국, 원충연, “다상부스트를 적용한 연료전지 발전시스템”, 전력전자학술대회 논문집

pp.19-21, 2006.

- [3] 박종규, “다상 교호 승압컨버터의 정상상태 해석 및 전압 제어”, 경상대학교 대학원 전기공학과 학위논문(박사), 2004.
- [4] Po-Wa Lee, Yim-Shu Lee, David K. W. Cheng, Xiu-Cheng Liu “Steady-State Analysis of an Interleaved Boost Converter with Coupled Inductors”, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Vol. 47, NO. 4, AUGUST 2000.