

태양광 발전 시스템용 소프트 스위칭 다상 부스트 컨버터

이주혁*, 김재형*, 장수진*, 원충연*, 정용채**
성균관대학교*, 남서울대학교**

Soft Switching Multi-Phase Boost Converter for Photovoltaic System

Joo-Hyuk Lee*, Jae-Hyung Kim*, Su-Jin Jang*, Yong-Chae Jung**, Chung-Yuen Won*
Sungkyunkwan University*, Namseoul University**

ABSTRACT

본 논문에서는 소프트 스위칭 다상 부스트 컨버터 회로를 제안하였다. 태양의 일사량 및 주위온도 등에 의해 출력전압의 변동이 많은 태양전지로부터 정전압을 얻기 위해서 고효율의 전력변환 장치가 필요하다. 제안된 컨버터를 이용하여 동작 범위 내에서 변동하는 입력전압을 정출력전압으로 제어하고, 입력전류 리플과 출력전압 리플을 저감시킬 수 있다. 또한 ZVS, ZCS를 이용하여 스위칭 순간에 Turn-on, Turn-off 손실을 감소할 수 있다. 본 논문에서는 소프트 스위칭 다상 부스트 컨버터를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 서론

최근 계속해서 유가가 상승하는 동시에 화석 에너지의 고갈 문제가 가시화되고 있고, 에너지 소비가 증가함에 따라 환경오염이 심각해지고 있는 시점에서 태양광 에너지가 주목받고 있다. 현재 에너지관리공단의 적극적인 지원으로 2012년까지 태양광 10만호 보급 사업을 진행 중이고, 이에 따라 태양광 시스템 관련 기술개발이 시급한 실정이다.^[1]

태양광 발전 시스템의 설치 시 정부의 지원에도 불구하고 많은 비용이 들어간다. 반면에 낮은 효율을 가지는 단점이 있기 때문에 조금 더 활발한 태양광 발전 시스템의 보급을 위해서는 관련 기술의 저가화 및 고효율화가 필수적이다.

태양광 발전 시스템 관련 기술을 크게 나누면 고효율 태양전지와 전력변환장치로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 태양광 발전 시스템용 전력변환장치로서 소프트 스위칭 기능을 갖는 다상 부스트 컨버터를 제안한다. 태양전지의 출력전압이 낮으므로 태양광 발전 시스템에는 승압이 필요하다. 따라서 태양광 발전 시스템에 다상 부스트 컨버터를 적용함으로써 태양전지 어레이에서 발생하는 낮은 직류출력을 승압한다. 또한 각각의 인덕터 전류를 중첩시킴으로써 전체 입력전류 리플을 저감하고 회로를 구성하고 있는 전력용 소자들의 전류 스트레스를 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안된 다상 부스트 컨버터는 소프트 스위칭 기법을 적용하여 스위칭 손실을 줄일 수 있다.

본 논문에서는 제안한 컨버터는 1.2[kW]급으로서 입력전압은 280[Vdc], 출력전압은 400[Vdc]로 설계하였고, 소프트 스위칭 기법을 적용하여 2상으로 구성된 다상 부스트 컨버터를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 회로구성 및 동작원리

2.1 회로구성

기본적인 다상 부스트 컨버터의 동작은 단일 부스트 컨버터의 병렬 제어로서 정의할 수 있다. 그림 1은 기존의 다상 부스트 컨버터의 회로도이다.

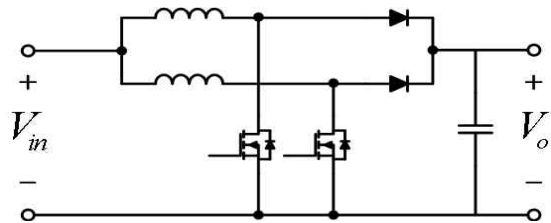


그림 1 기존의 다상 부스트 컨버터
Fig. 1 Conventional multi-phase boost converter

기존의 다상 부스트 컨버터는 상(N)수에 따라 1/N만큼 지연시켜 순차적으로 스위칭을 한다. 또한 다상 부스트 컨버터를 구성하고 있는 각각의 소자의 개수는 상(N)수와 같다. 단일 부스트 컨버터와 동일한 시비율에 따른 출력특성을 가지고 있고, 전체 입력전류가 각각의 인덕터 전류의 중첩으로서 나타나므로 전류리플이 1/N배 만큼 감소한다.

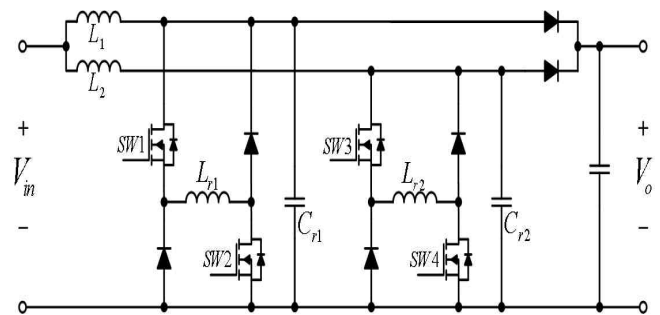


그림 2 제안된 ZVS 다상 부스트 컨버터
Fig. 2 Proposed ZVS multi-phase boost converter

그림 2는 본 논문에서 제안된 소프트 스위칭 다상 부스트 컨버터의 회로도이다. 기존의 다상 부스트 컨버터와 스위칭 기법은 동일하다. 기존 다상 부스트 컨버터에 환류 다이오드, 공진

인덕터 및 공진 커패시터가 사용된다. 2개의 환류 다이오드는 공진 인덕터에 축적된 에너지가 2개의 스위치를 통해 환류하거나, 출력 측으로 전달될 때 사용된다.

2.2 동작원리

그림 3은 제안된 컨버터의 정상상태에서의 각 부 주요파형을 나타낸다.

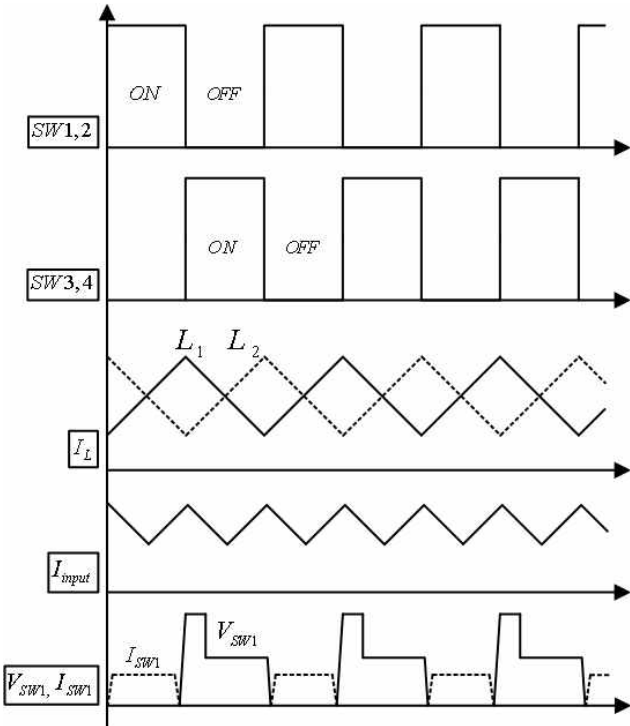


그림 3 스위치 상태, 인덕터 전류, 입력 전류, 스위치 전압 및 전류
Fig. 3 Switch state, inductor current, input current, switch voltage and current

제안된 다상 부스트 컨버터는 2상으로 구성하였으므로 각각의 스위치는 180°위상차를 가지며 스위칭 한다. 각각의 인덕터 전류는 스위치와 같이 180°위상차를 가지며 선형적으로 증가 및 감소를 반복한다. 전체 입력전류는 각각의 인덕터 전류가 중첩되어 나타나므로 1/2배만큼 전류리플이 감소한다. 공진 인덕터 L_r 에 의해서 스위치 Turn-On시에 스위치 전류가 지연되고, 그에 따라 ZCS(Zero-Current-Switching)로 동작한다. 또한 공진 커패시터 C_r 에 의해서 스위치 Turn-Off시에 스위치 전압이 지연되고, 그에 따라 ZVS(Zero-Voltage-Switching)로 동작한다.

3. 시뮬레이션

본 논문의 시뮬레이션에서는 PSIM을 이용하였고, 표 1과 같이 다상 부스트 컨버터의 파라미터를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

표 1 다상 부스트 컨버터의 파라미터
Table 1 Parameters of multi-phase boost converter

입력전압 (V_i)	280 [Vdc]
출력전압 (V_o)	400 [Vdc]
용량 (P)	1.2 [kW]
인덕터 (L)	560 [μ H]
커패시터 (C)	940 [μ F]
공진 인덕터 (L_r)	40 [μ H]
공진 커패시터 (C_r)	50[nF]
스위칭 주파수 (f_s)	30 [kHz]

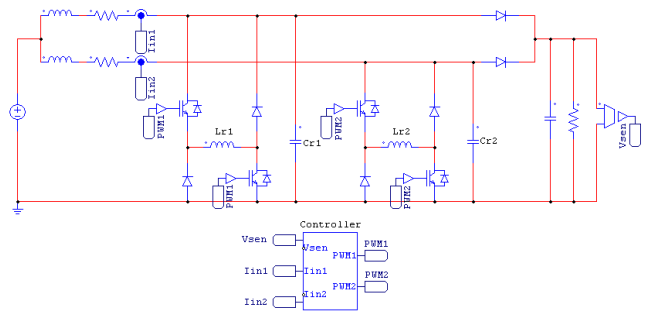


그림 4 시뮬레이션 회로도
Fig. 4 Simulation schematic circuit

그림 4는 표 1의 파라미터를 적용한 시뮬레이션 회로도이다. 기존의 다상 부스트 컨버터에 환류 다이오드, 공진 인덕터 및 공진 커패시터를 추가하여 구성하였다. 컨버터의 각 상 전류와 출력전압을 검출하여 제어를 구성하였다.

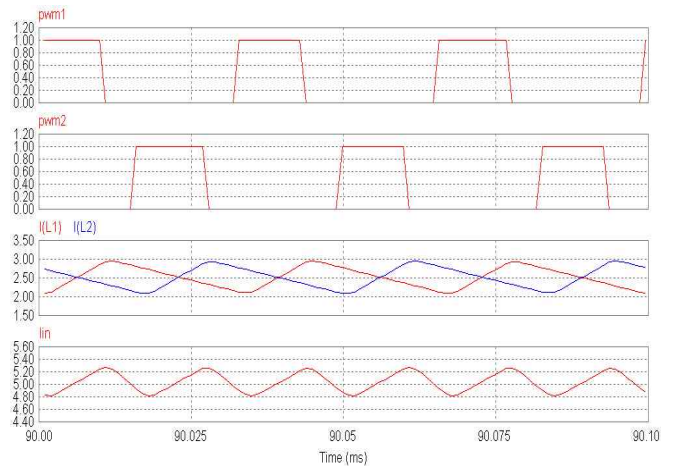


그림 5 PWM 신호, 인덕터 전류, 입력 전류
Fig. 5 Switch state, inductor current, input current

그림 5는 각각의 스위치에 인가하는 PWM 신호와 인덕터 전류, 입력전류 파형이다. 2상으로 구성함에 따라 180°위상차를 가지며 PWM 신호가 인가되고 있고, 각각의 인덕터 전류 또한 180° 위상차를 가지며 선형적으로 증가 및 감소를 반복하는 것

을 확인할 수 있다. 또한 전체 입력전류는 각각의 인덕터 전류가 중첩되어 나타남으로서 전류리플이 1/2배만큼 감소한 것을 확인할 수 있다.



그림 6 제안된 컨버터의 소프트 스위칭 <Turn-On>
Fig. 6 Soft switching of the proposed converter <Turn-On>

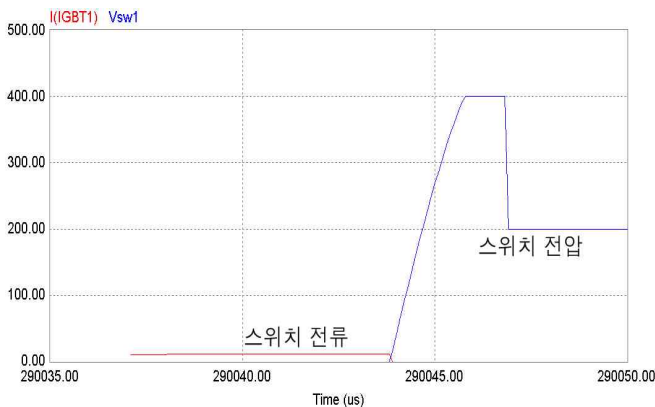


그림 7 제안된 컨버터의 소프트 스위칭 <Turn-Off>
Fig. 7 Soft switching of the proposed converter <Turn-Off>

그림 6과 그림 7은 제안된 다상 부스트 컨버터의 스위치 전압 및 전류 파형이다. Turn-On시에는 공진 인덕터에 의해서 전류가 지연되어 ZCS로 동작하고, Turn-Off시에는 공진 커패시터에 의해서 전압이 지연되어 ZVS로 동작한다.

4. 결론

본 논문에서는 태양광 발전 시스템의 전력변환장치로서 소프트 스위칭 다상 부스트 컨버터를 제안하여 다음의 결과를 얻었다. 1) 기존의 다상 부스트 컨버터에 스위치, 다이오드, 공진 인덕터 및 공진 커패시터가 혼합된 새로운 다상 부스트 컨버터의 구조를 제안하여 스위칭 손실을 개선함으로써 효율을 증가시켰다. 2) PSIM을 이용한 시뮬레이션으로 소프트 스위칭에 의한 스위칭 손실 감소를 검증하였다.

본 논문은 산업자원부의 출연금으로 수행한 특성화대학원사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] 김영록, 박성우, 김은연, 김성환, 류영현, “주택용 3kW급 태양광발전 계통연계형 인버터의 개발”, 전력전자학술대회 논문집 pp.518-520, 2007.
- [2] 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.
- [3] S. Y. Tseng, J. Z. Shiang, H. H. Chang, W. S. Jwo and C. T. Hsieh, “A Novel Turn-On/Off Snubber for Interleaved Boost Converters”, IEEE 38th Annual Power Electronics Specialists Conference (PESC '07), pp.2718-2724, 2007.
- [4] 김윤호, 김윤복, 정재웅, “소프트 스위칭 보조 스위치를 가지는 ZVT-PWM 부스트 컨버터”, 전력전자학술대회 논문집 pp.265-268, 1998.
- [5] 광동걸, “소프트 스위칭형 박-부스트 DC-DC 컨버터에 관한 연구”, 전력전자학회 논문지 제12권 제5호 pp.394-399, 2007.
- [6] 차길로, 원충연, 정용채, “고효율 태양광 발전을 위한 소프트 스위칭 부스트 컨버터”, 전력전자학술대회 논문집, 2007.