

도통 손실 저감을 위한 소프트 스위칭 부스트 컨버터

오민석*, 김규동*, 김준구*, 정용채**, 원충연*
 성균관대학교*, 남서울대학교**

Soft switching boost converter for reduction of conduction loss

Min Seuk oh*, Kyu Dong Kim*, Jun Gu Kim*, Yong Chae Jung**, Chung Yuen Won*
 Sungkyunkwan University*, Namseoul University**

ABSTRACT

본 논문에서는 도통 손실 저감을 위한 ZVT(Zero voltage transition) 부스트 컨버터를 제안하였다. 제안한 부스트 컨버터는 일반 부스트 컨버터에 보조 스위치, 공진 인덕터 그리고 공진 커패시터를 추가함으로써 ZVS와 ZCS를 달성하였다. 이를 통하여 스위치에 전압 스트레스와 전류 스트레스를 줄였기 때문에 스위칭 손실이 저감되고 컨버터 효율이 향상된다. 제안된 회로는 모드 분석과 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

여 발생하는 도통 손실로 인하여 시스템의 효율이 저하된다^[3]. 본 논문에서는 소프트 스위칭이 가능하고 도통 손실도 줄일 수 있는 새로운 부스트 컨버터를 제안하였다.

1. 서 론

최근 스위칭 전원장치들은 소형화 및 경량화를 위해 고주파 스위칭 방식을 사용하고 있다. 하지만 하드 스위칭 방식의 경우 주파수가 높아짐에 따라 스위칭 손실이 발생하게 된다. 이러한 단점을 줄이기 위해, 스위칭 손실을 줄이고 컨버터의 효율을 높이기 위해 다양한 소프트 스위칭 방식이 연구되고 있다^[1]. 본 논문에서 제안한 부스트 컨버터는 소프트 스위칭을 달성하기 위하여 보조의 공진회로를 추가하였다. 추가된 공진 인덕터와 공진 커패시터를 통하여 메인 스위치는 소프트 스위칭을 달성하게 된다. 따라서 스위치에 걸리는 전압 스트레스와 전류 스트레스가 줄어들고, 스위칭 손실이 줄어들기 때문에 전체 시스템의 효율 향상이 가능하다. 제안된 회로는 태양광 어플리케이션에 적용하여 사용 가능하다.

2. 본 론

2.1 기존의 부스트 컨버터

그림 1은 기존 소프트 스위칭 부스트 컨버터의 구성을 나타낸다. 일반적인 부스트 컨버터는 하드 스위칭을 하기 때문에 스위칭 손실이 크고 고주파 스위칭을 위한 주파수에 제한이 있다. 기존의 제안된 회로는 2개의 공진 커패시터, 공진 인덕터, 보조 스위치 그리고 다이오드가 추가된 공진회로를 이용하여 소프트 스위칭이 가능하다. 주 스위치는 영전압 부근에서 소프트 스위칭을 하기 위해 도통 순간에 부분적으로 공진을 달성하고, 보조 스위치 또한 공진 회로에 의하여 소프트 스위칭을 한다. 기존의 제안된 회로는 공진 인덕터와 공진 커패시터를 이용하여 소프트 스위칭이 가능하지만 공진 인덕터에 의한 순환 전류로 인하여 도통 손실이 발생한다. 스위칭 주파수와 비례하

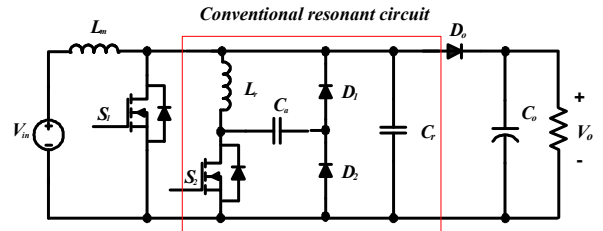


그림 1 기존의 소프트 스위칭 승압형 부스트 컨버터^[2]
 Fig. 1 Conventional soft switching boost converter^[2]

2.2 제안된 ZVT 부스트 컨버터

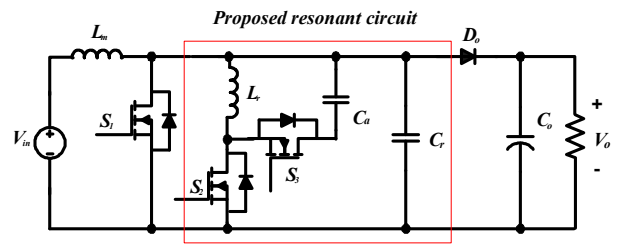


그림 2 제안된 ZVT 부스트 컨버터의 구성
 Fig. 2 Circuit diagram of proposed ZVT boost converter

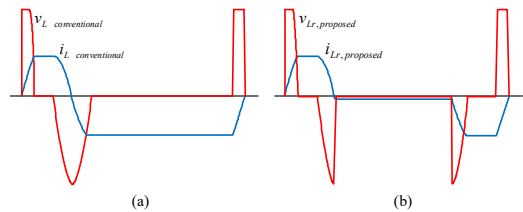


그림 3 (a)기존 컨버터의 공진 인덕터의 전압, 전류파형
 (b)제안된 컨버터의 공진 인덕터 전압 전류파형
 Fig. 3 (a)Resonant inductor voltage and current waveform of conventional boost converter
 (b)Resonant inductor voltage and current waveform of proposed boost converter

그림 2는 제안된 소프트 스위칭 부스트 컨버터의 구성을 나타낸다. 일반적인 부스트 컨버터에 공진회로를 추가함으로써 소프트 스위칭이 가능하다. 공진회로는 보조스위치 2개와 공진 인덕터 그리고 공진 커패시터 2개를 추가하여 회로를 구성하였다. 공진 인덕터와 공진 커패시터의 공진을 이용하여 소프트 스위칭을 달성하였다. 제안된 컨버터는 기존의 소프트 스위칭 컨버터를 사용할 때 보다 스위치에 걸리는 전압 스트레스와 전류 스트레스를 줄일 수 있다. 또한 제안된 부스트 컨버터는 그림 3(b)과 같이 순환 전류의 크기를 줄여 도통 손실을 감소하였기 때문에 전체 시스템 효율 향상이 가능하다.

2.3 제안된 컨버터의 PWM 신호 특성



그림 4 주스위치와 보조스위치의 PWM 신호
Fig. 4 PWM signals of the main and auxiliary switches

제안된 소프트 스위칭 부스트 컨버터는 3개의 스위치를 이용하여 승압 동작과 소프트 스위칭이 가능하다. 그림 4와 같이 3개의 스위치는 스위칭 신호에 따라 공진 인덕터의 도통손실을 줄일 수 있다. 영전압 스위칭이 성립되기 위해서는 그림 4와 같이 주 스위치(S1) 신호에 지연이 필요하다. 지연시간 후, 주 인덕터에는 에너지가 축적되고 기존의 부스트 컨버터에서의 스위치가 턴 온 된 것과 같아진다. 따라서 보조스위치(S2)의 턴 온으로 인하여 전체 듀티가 증가하는 효과를 얻는다. 보조 스위치(S2)을 통하여 주 인덕터에 축적이 되는 최소시간은 식(1)을 만족해야 한다.

$$T_{Delay} \geq \frac{I_{in} L_r}{V_o} + \frac{\pi}{2} \sqrt{L_r C_r} \quad (1)$$

주 스위치(S1) 보다 보조 스위치(S2)를 먼저 턴 온 시켜서 주 스위치를 ZVS로 턴 온 되도록 한다. 보조 스위치(S2)가 턴 온 되면 공진 인덕터를 통해 흐르는 전류는 주 인덕터에 흐르는 전류의 크기와 같아지는 순간에 공진이 발생하게 되고 공진 시간 동안에는 보조 스위치의 PWM신호가 인가된다. 또한 보조 스위치(S3)는 공진 인덕터와 공진 커패시터(Ca)에 의해 발생하는 순환 전류를 줄이기 위하여 주 스위치(L1)이 도통 되는 구간에 턴 온 된다.

2.4 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 POWERSIM사의 PSIM 6.0을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 설계 절차에 의하여 보조 회로의 공진 인덕터는 20[uH], 두 개의 공진 커패시터는 각각 55[nF]과 150[nF]으로 설정 되었다. 그림 5는 주 인덕터 및 공진 인덕터의 전류 파형을 나타낸다. 주 인덕터 전류는 일정한 리플을 가지고 주 스위치 및 보조 스위치에 의하여 상승과 하강을 하는 것을 확인 할 수 있고, 공진 인덕터 전류는 0[A]를 기준으로 흐르는 것을 확인 할 수 있다. 그림 6은 추가된 보조회로를 통하여 모든 스위치가 소프트 스위칭이 되는 것을 나타낸다. 시뮬레이션 파형을 통하여 각각의 스위치가 소프트 스위칭이 되는 것을 확인하였고, 공진 인덕터 Lr의 도통전류가 감소한다.

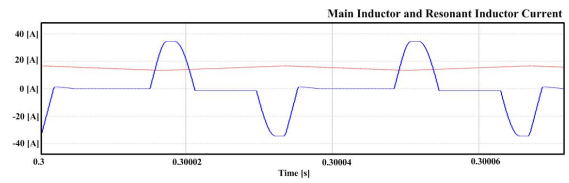


그림 5 주 인덕터와 보조 인덕터의 전류 파형
Fig. 5 Current waveform of main inductor and auxiliary inductor.

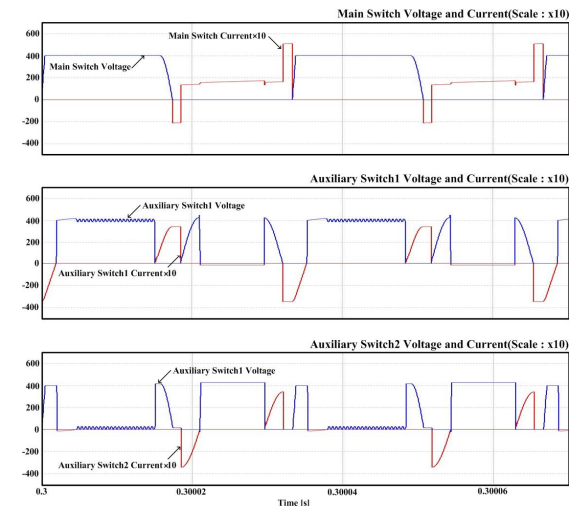


그림 6 스위치들의 전압 전류 파형
Fig. 6 Voltage and Current waveform of switches

3. 결론

본 논문에서는 태양광 발전용 ZVT 부스트 컨버터를 제안하였다. 일반 부스트 컨버터의 하드 스위칭을 공진회로를 추가함으로써 소프트 스위칭이 가능하다. 또한 도통 손실을 줄여서 효율을 높였고, 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 확인하였다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No. 2012 0005371)

참고 문헌

- [1] 김정래, 박경수, 성원기, 김춘삼 “유사공진 기술을 이용한 ZVT PWM Boost 컨버터의 손실분석에 관한 연구” Journal of KIIEE, Vol. 15, No.1, pp. 51-58 January 2001
- [2] S. H Park, S. R Park, J. S Yu, Y. C Jung, C. Y Won, “Analysis and Design of a Soft Switching Boost Converter With an HI Bridge Auxiliary Resonant Circuit” Power Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 25, pp. 2142-2149, 2010. Aug.
- [3] S. R Park, S. H Park, C. Y Won, Y. C Jung, “Low Loss Soft Switching Boost Converter” Power Electronics and Motion Control Conference, 2008. EPE/PEMC 2008. 13th. pp. 181-186. 2008. Sept.