

새로운 액티브 스너버 셀을 적용한 비절연형 소프트스위칭 부스트 컨버터

하이 뜨란, 아디스티라, 김선주, 김재훈, 최세완
서울과학기술대학교

A Non-isolated Soft-Switched Boost Converter Using New Active-Snubber Cell

Tran Ngoc Hai, Naradhira Adhistira Madhyasta, Sunju Kim, Jaehoon Kim, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 새로운 액티브 스너버 셀을 적용한 부스트 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터의 메인 스위치는 ZVS 턴 온 및 오프, 보조회로 스위치는 ZCS 턴 온 및 ZVS 턴 오프하며 모든 다이오드는 ZCS 턴 오프를 성취한다. 또한, 제안하는 컨버터는 고전력 응용을 위한 인터리빙 기법으로 구현이 용이하다. 따라서 PWM 컨버터의 전력밀도와 효율을 높이고 EMI 노이즈를 줄일 수 있다. 제안하는 컨버터의 타당성을 검증하기 위해 600W/100kHz의 프로토타입을 제작하여 실험을 진행하였다.

1. 서론

대부분의 전원 장치는 고밀도화와 소형화를 요구하는 추세이며 부피에 가장 많은 영향을 끼치는 수동소자 부피 저감을 위하여 고속 스위칭이 요구된다. 따라서 스위칭 주파수 증가에 따른 스위칭 손실과 EMI 노이즈를 줄이기 위한 소프트스위칭과 같은 방법이 필수적이기 때문에 기존의 컨버터에 액티브 스너버 셀(Active Snubber Cell : ASC)을 적용하여 소프트스위칭을 성취하는 방법을 이용한다. 액티브 스너버 셀은 스위칭 주기에서 짧은 구간동안만 스위칭 하며, 용량이 낮아 전체 시스템에서 차지하는 비중이 작은 이점을 가지고 있다^{[1] [3]}. 하지만 기존의 액티브 스너버 셀은 소프트스위칭을 성취하기 위한 스위칭 범위에 제한이 있어 컨트롤이 복잡하고^[4], N상 인터리빙 적용시 N개의 셀이 요구된다는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 컨버터는 새롭게 적용한 액티브 스너버 셀을 통해 스위칭 범위에 제한이 없이 메인스위치, 보조 스위치 및 모든 다이오드가 소프트 스위칭을 성취할 수 있고 N상 인터리빙 적용시 N개의 다이오드만 요구되어 필요한 소자 수가 적다.

2. 제안하는 컨버터

그림 1과 같이 제안하는 컨버터는 기존의 부스트 컨버터에 새로운 액티브 스너버 셀을 적용한 구조이다.

그림 2에는 제안하는 컨버터의 특징을 보여주는 주요 파형을 나타낸다.

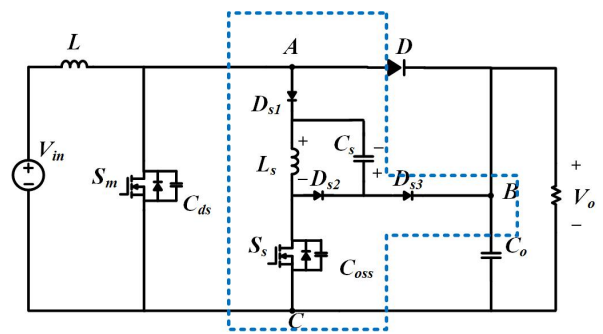


그림 1 새로운 액티브 스너버 셀을 적용한 부스트 컨버터

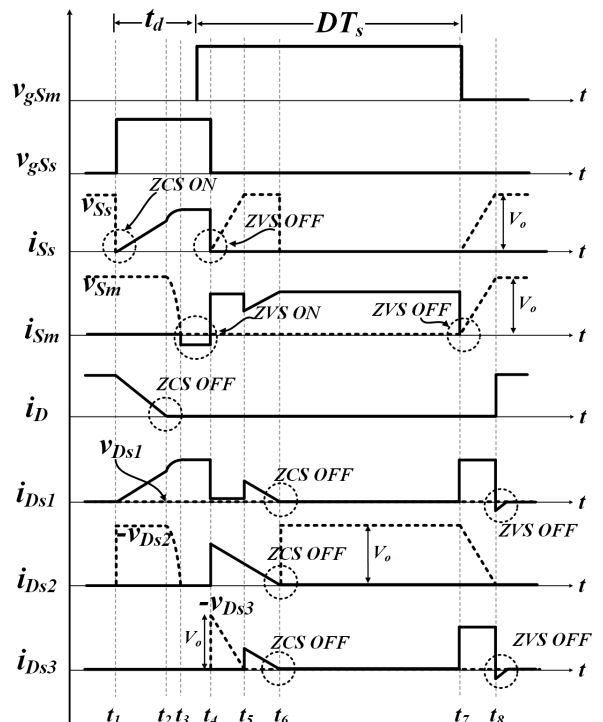


그림 2 새로운 액티브 스너버 셀을 적용한 부스트컨버터의 주요 파형

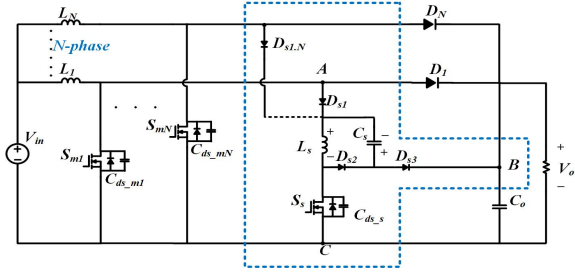


그림 3 제안하는 컨버터의 확장 회로

제안하는 컨버터는 액티브 스너버 셀을 통해 메인스위치 ZVS 턴온 ZVS 턴오프를 성취하고 메인 다이오드를 ZCS 턴 오프 함으로써 역회복 시간에 흐르는 전류를 제어한다.

제안하는 컨버터의 주요 특징은 다음과 같다.

- 소프트 스위칭을 달성하기 위한 제어 가능 용이
- 다양한 PWM DC DC 토폴로지에 사용 가능
- 주 스위치가 ZVS 턴온 및 턴오프를 성취
- 스너버 스위치의 ZCS 턴온 및 ZVS 턴오프
- 메인 다이오드의 ZCS 턴오프
- 모든 스너버 다이오드의 소프트스위칭
- 그림 3과 같이 다이오드 추가로 인터리빙 응용 가능

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 4는 제안한 컨버터의 시뮬레이션 파형이다. 그림 4(a), (b)에서 메인 스위치의 ZVS 턴온과 ZVS 턴오프를 성취하는 것을 볼 수 있다.

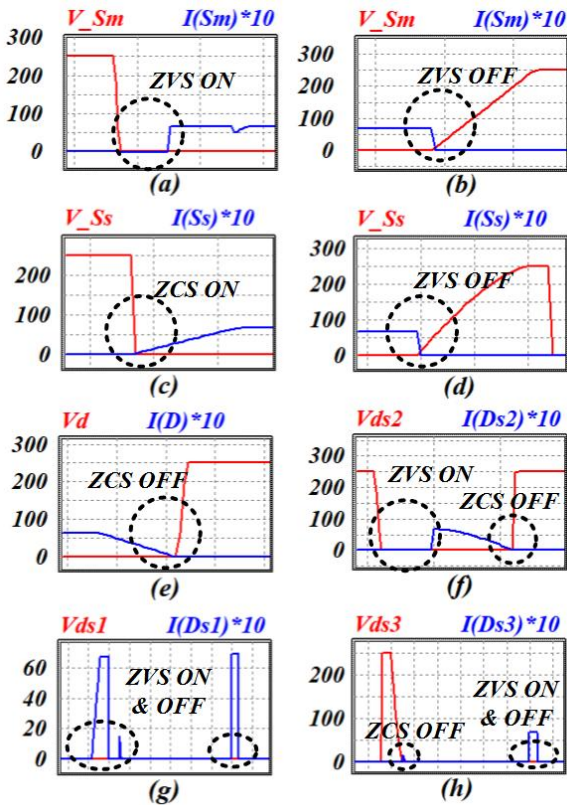


그림 4 제안하는 부스트 컨버터의 시뮬레이션 결과

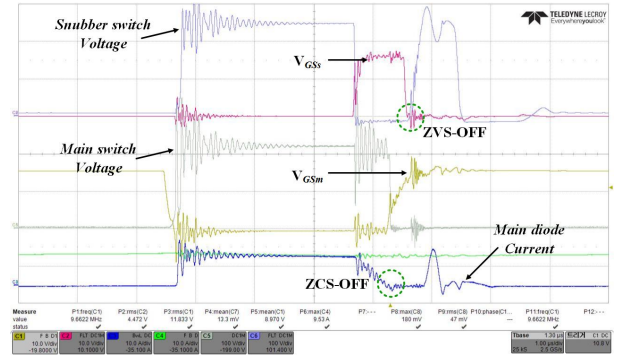


그림 5 실험 결과 파형

그림 4(c), (d)는 스너버 스위치의 전압 및 전류 파형으로 ZCS 턴온 및 ZVS 턴오프를 확인할 수 있다. 그림 4(e)는 메인 다이오드의 전압 및 전류파형으로 ZCS 턴오프를 확인할 수 있다. 또한 그림 4(f), (g), (h)에서 볼 수 있듯 모든 스너버 다이오드는 ZVS 턴온 및 ZCS 턴오프를 성취한다.

그림 5는 제안한 컨버터의 메인 스위치, 스너버 스위치, 메인 다이오드의 실험파형으로 모든 소자들이 소프트스위칭을 성취하는 것을 볼 수 있다.

제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위하여 다음의 설계사양에서 실험하였다.

- $P_o = 600W$ • $V_{in} = 90V$ • $V_o = 250V$ • $f_s = 100kHz$
- $C_o = 100\mu F$ • $L_s = 15\mu H$ • $C_s = 10nF$ • $L = 1mH$

4. 결론

본 논문에서는 새로운 액티브 스너버 셀을 적용한 컨버터 제안하였다. 제안한 컨버터의 모든 스위치 및 다이오드는 소프트 스위칭하며, 인터리빙 응용시 스너버 다이오드만 추가하면 된다는 장점을 가진다. 따라서 제안된 컨버터는 인터리빙을 활용하는 고전력 응용에 적합하다. 600W 시작품을 제작하였고 100kHz에서의 시뮬레이션과 실험을 통해 제안하는 컨버터의 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] G. Hua, C.S. Leu, and F.C. Lee "Novel Zero Voltage Transition PWM Converters", *IEEE Transaction on Power Electronics*, Vol 9. No. 2. March 1994.
- [2] R. Gurunathan and A.K.S. Bhat "ZVT Boost Converter Using a ZCS Auxiliary Circuit", *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, Vol 37. No.3 July 2001.
- [3] R.T. Li and C.N. Ho "An Active Snubber Cell for N Phase Interleaved DC DC Converters", *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, Vol 04. No. 2. June 2016.
- [4] I. Aksoy, H. Bodur, and A.F. Bakan "A New ZVT ZCT PWM DC DC Converter", *IEEE Transaction on Power Electronics*, Vol 25. No. 8. January 2010.