

고승압 응용에 적합한 단일스위치 절연형 공진 컨버터

박찬수, 권민호, 최세완
서울과학기술대학교

An Isolated Single Switch Resonant Converter Suitable for High Step-Up Application

Chansoo Park, Minho Kwon, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 연료전지 및 태양광과 같이 저전압 특성을 갖는 에너지원에 적합한 고승압컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 단일스위치를 사용하여 구조가 간단하고 별도의 클램프 회로 없이 전 부하영역에서 스위치 온·오프시 영전류 스위칭(ZCS)을 성취한다. 또한 낮은 변압기 턴 비(1:2)로도 고승압(22배)이 가능한 장점을 가진다. 500W급 시제품을 제작하여 제안하는 컨버터의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 들어 화석연료의 고갈로 인해 연료전지, 태양광 발전 등과 같은 신재생에너지에 대한 관심과 연구가 급증하고 있다. 이와 같은 저전압 출력특성의 신재생에너지원을 가정 및 산업 현장에서 사용 가능한 상용 전원으로 변환하기 위해 고승압·고효율의 DC DC 컨버터가 요구된다.

기존의 전압원 방식의 컨버터는 변압기 턴 비가 높아 누설 인덕턴스로 인한 스위치 및 다이오드의 전압서지가 크기 때문에 고승압 응용에 적합하지 않다. 낮은 변압기 턴비로 고승압이 가능하고 입력전류 리플이 작으며 능동클램프로 서지제거는 물론 ZVS 턴온이 가능한 능동클램프 방식의 전류원 PWM 컨버터로 풀브리지^[1], 푸쉬풀^[2], 하프브리지^[3]가 많이 연구되어 왔다. 하지만 이 방식들은 기본적으로 스위치가 두 개 이상이고 소프트스위칭을 위한 별도의 클램프 스위치가 필요하다. 또한 스위치 턴온시에는 ZVS 동작을 하지만 턴오프시 하드스위칭을 하는 단점이 있다.

본 논문에서는 고승압 응용에 적합한 단일스위치 방식의 절연형 공진 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 한 개의 스위치를 사용하여 가격 및 신뢰성 측면에서 유리하고 별도의 클램프 회로 없이 전 부하영역에서 스위치 온·오프시 소프트스위칭이 가능하다. 또한 낮은 변압기 턴 비로 고승압이 가능하여 연료전지 및 태양광과 같은 고승압 응용에 적합하다.

2. 제안하는 컨버터

제안하는 컨버터는 그림 1과 같이 한 개의 스위치, 고주파 변압기, 공진 탱크, 전압 더블러 등으로 구성되며 주로 공진탱크에 의해 고승압이 달성된다. 제안하는 컨버터는 다음과 같은 장점을 갖는다.

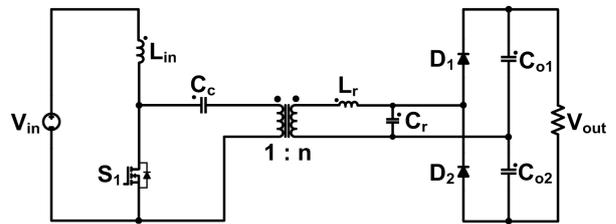


그림 1 제안하는 DC-DC 컨버터

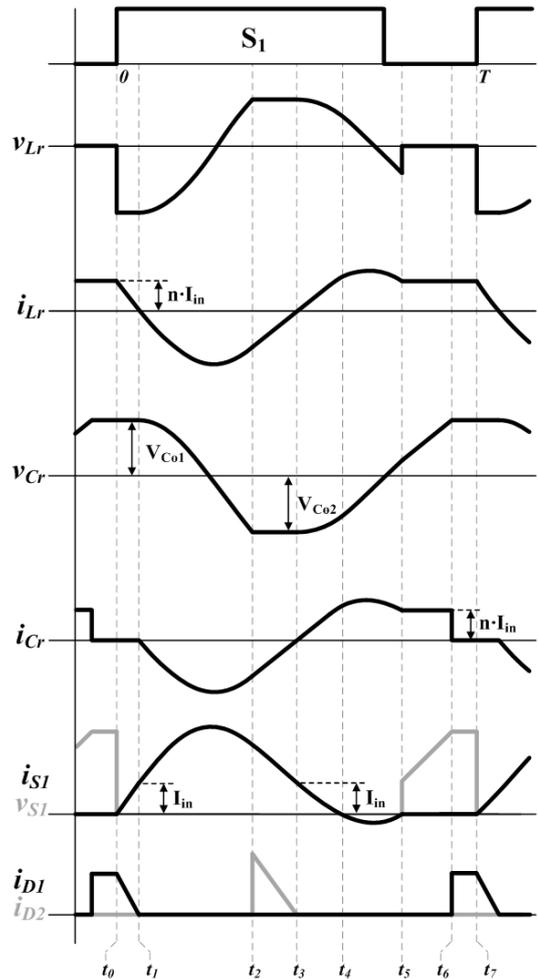
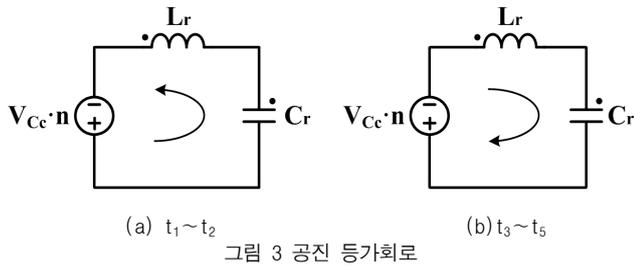


그림 2 제안하는 컨버터의 주요파형

- 단일 스위치를 사용하고 구조가 간단
- 별도의 클램프 회로 없이 스위치 온·오프시 ZCS 성취
- 낮은 변압기 턴비(1:2)로 고승압(22배)이 가능
- 변압기 기생성분을 공진탱크로 이용하여 이로 인한 전압서지 문제가 없음
- 다이오드 ZCS 턴 오프

그림 2에 제안하는 컨버터의 주요파형을 나타내었다. 제안하는 컨버터는 스위치가 고정된 시비율로 동작하고 스위칭 주파수를 조정하여 출력전압을 제어한다. 제안하는 컨버터는 스위치 턴온시 공진 인덕터 L_r 에 인가된 전압에 의해 L_r 의 전류 i_{Lr} 이 점점 감소하여 스위치 S_1 과 다이오드 D_1 이 ZCS 턴온 및 턴오프를 성취한다. i_{Lr} 이 0이 되면 그림 3 (a)의 공진 등가회로와 같이 L_r 과 C_r 에 의한 공진이 일어나고 C_r 의 전압 v_{Cr} 이 점점 감소한다. v_{Cr} 이 출력 커패시터와 같아질 때 다이오드 D_2 가 도통되면서 공진이 종료되므로 다이오드 D_1 의 전압은 출력 전압으로 제한된다. L_r 에 인가된 전압에 의해 i_{Lr} 의 전류가 점점 증가하여 0이 될 때 다이오드 D_2 는 ZCS 턴오프를 하고 그림 3 (b)와 같이 공진회로가 구성된다. 스위치 전류 i_{S1} 이 점점 감소하여 반대 방향으로 도통된 구간에 스위치 오프 전류가 인가되고 스위치 내부 다이오드가 도통된 후에 공진이 종료되면 스위치가 ZCS 턴오프를 성취한다. 마찬가지로 다이오드 D_2 의 전압도 출력전압으로 제한된다.



3. 실험 결과

제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 500W급 시작품을 제작하여 다음의 사양으로 실험을 진행하였다.

- $P_{out} = 500W$ • $V_{in} = 16 \sim 48V$ • $V_{out} = 350V$
- $f_s = 32 \sim 51kHz$ • $\Delta I_{in} = 10\%$ • $\Delta V_{out} = 3\%$

그림 4는 제안하는 컨버터의 입력전압 및 부하 변동에 따른 스위치의 게이트 신호와 전압·전류 실험파형을 나타낸다. 입력 전압 및 부하가 변동하여도 스위치 온·오프시 ZCS를 성취하는 것을 확인할 수 있다. 그림 4의 스위치 전압 링잉 현상은 스위치 내부 커패시터에 의한 것으로 이는 DC DC 컨버터의 손실과 스위치 전압정격에 영향을 미치지 않는 수준이다. 그림 5는 제안하는 컨버터의 500W급 시작품을 나타낸다. 제안하는 컨버터의 효율을 YOKOGAWA사의 전력분석기 WT 3000으로 측정하였으며 입력전압 48V, 정격부하에서 최고효율 94.1%를 달성하였다.

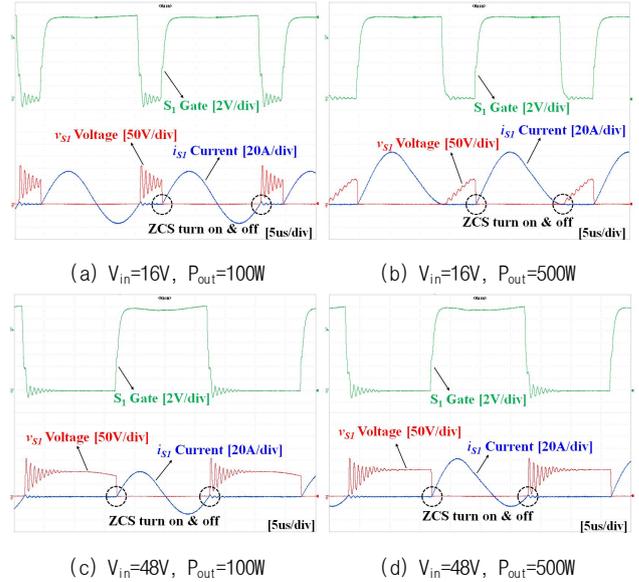


그림 4 실험파형



그림 5 500W 시작품

4. 결론

본 논문에서는 고승압 응용에 적합한 단일스위치 방식의 절연형 공진 컨버터를 제안하였다. 제안하는 컨버터는 낮은 변압기 턴비로 고승압이 가능할 뿐만 아니라 별도의 클램프 회로 없이 스위치 온·오프시 영전류 스위칭(ZCS)이 가능하다. 500W급 시작품을 제작하여 제안하는 컨버터의 성능을 확인하였고 정격부하에서 최고효율 94.1%를 달성하였다.

참고 문헌

- [1] V. Yakushev, V. Meleshin, S. Fraidlin, "Full Bridge Isolated Current Fed Converter With Active Clamp", in *Proc. IEEE APEC 1999*, Mar., vol. 1, pp.560-566.
- [2] F. J. Nome, I. Barbi, "A ZVS Clamping Mode Current Fed Push Pull DC DC Converter", *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 23, pp.2784-2793, Nov. 2008.
- [3] S. Jang, C. Won, B. Lee, J. Hur, "Fuel Cell Generation System With a New Active Clamping Current Fed Half Bridge Converter", *IEEE Trans. Energy Convers.*, Vol. 22, pp.332-340, June. 2007.