

병렬 공진탱크를 이용한 비절연 고승압 컨버터

김민재, 정현수, 최세완
서울과학기술대학교

Non-isolated High Step-up Converter Using Parallel Resonant Tank

Minjae Kim, Heonsoo Jeong, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 공진탱크를 이용하여 고승압을 성취할 수 있는 새로운 비절연 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 병렬 공진탱크를 이용하여 고승압을 달성하며 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프를 성취하고 스위치의 전압정격이 출력전압보다 낮은 장점이 있다. 제안하는 컨버터의 동작원리를 제시하고 250W급 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 신재생에너지에 대한 투자가 증대되고 있으며, 특히 태양광 발전 시스템에 관심이 많아지고 있다. MIC 태양광 시스템은 태양전지 모듈을 각각 최대전력제어를 할 수 있고, 설치가 용이한 장점이 있어 최근 이와 관련한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 MIC는 낮은 태양전지의 전압을 인버터의 DC링크전압으로 승압하기 위한 DC/DC컨버터와 인버터부로 구성되어 있다. 기존의 비절연 DC/DC컨버터로서 캐스케이드 부스트 컨버터^[1]는 부피가 크고 하드스위칭으로 인한 스위칭 손실 및 스위치의 전압정격이 큰 문제점이 있다. 결합 인덕터를 사용한 고승압 컨버터^[2]는 스위치와 다이오드의 소프트 스위칭이 가능하지만 입력전류 리플과 스위치 전압정격이 큰 문제점이 있다.

본 논문에서는 병렬 공진탱크를 이용하여 고승압을 달성할 수 있는 새로운 비절연 고승압 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 입력전류 리플이 작고 스위치 및 다이오드의 소프트 스위칭을 성취할 수 있으며 스위치의 전압정격이 작은 장점이 있다.

2. 제안하는 컨버터

그림 1과 같이 제안하는 비절연 고승압 컨버터는 부스트 컨버터와 공진탱크로 구성되어 있다. 제안하는 컨버터는 부스트 컨버터로 승압된 전압이 병렬 공진탱크를 통하여 다시 승압되어 출력에 전달된다. 그림 2는 제안하는 컨버터의 동작 파형이다. S_U 와 S_L 은 일정 시비율을 사용하며 스위칭 주파수를 조절하여 출력전압을 제어한다. 제안하는 컨버터는 병렬 공진탱크를 이용하여 스위치의 ZVS 및 다이오드의 ZCS를 성취한다. 스위치의 정격 전압은 입력전압의 2배로 출력전압보다 훨씬 낮

아 작은 $R_{ds(on)}$ 을 갖는 스위치 선정이 가능하다.

그림 3은 제안하는 컨버터의 전압이득곡선이다. 제안하는 컨버터는 3가지 동작영역이 있다. Region1은 스위치가 ZCS 턴오프 및 하드스위칭 턴온 동작을 하고, Region2는 하드스위칭 턴온 및 턴오프를 하며, Region3는 스위치가 ZVS 턴온 및 하드스위칭 턴오프를 하게 된다. 따라서 MOSFET을 사용할 때는 Region3에서 동작하여야 한다.

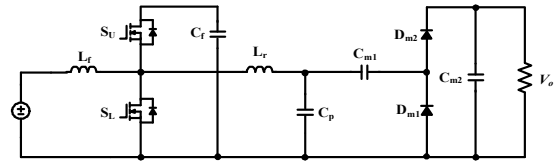


그림 1 제안하는 컨버터

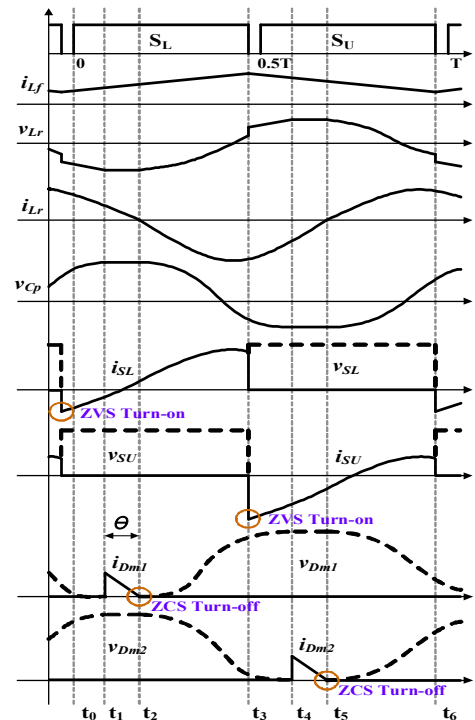


그림 2 제안하는 컨버터의 동작파형 (Region3)

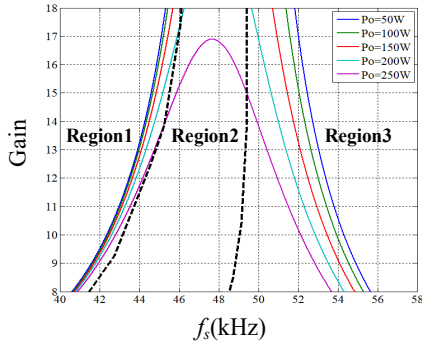


그림 3 제안하는 컨버터의 전압이득곡선

Region3에서 동작하기 위해서는 전압이득을 만족하면서 모든 스위치가 ZVS를 성취할 수 있도록 공진소자 값을 설계해야 한다. 다음은 제안하는 컨버터의 전압이득 수식이다. 이 수식을 이용하여 공진소자 값을 설계하면 표1과 같다.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{4m}{\pi(1+0.27\sin(\frac{\theta}{2}))\sqrt{[1-\omega_s^2 L_r(C_p+C_e)]^2 + (\frac{\omega_s L_r}{R_e})^2}} \quad (1)$$

$$\theta = 2\text{tan}^{-1} \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{m^2}{\omega_s C_p R_o}} \quad (2)$$

3. 실험 결과

제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음의 설계사양에 따라 실험을 하였다.

- P_o : 250W
- V_i : 30 ~ 40V
- V_o : 380V

표 1은 위의 설계사양으로 설계한 후 실험에 사용된 소자값을 나타내었다. 그림 5 (a)~(d)는 스위치 및 다이오드 전압, 전류 파형으로 공진탱크에 의해 스위치 ZVS 턴온과 다이오드 ZCS 턴온 및 턴오프가 성취되는 것을 확인할 수 있다.

표 1 실험에 사용된 소자값

항 목	사 양
필터 인덕터(L_f)	400uH
공진인덕터(L_r)	60uH
공진 커패시터(C_p)	200nF
스위치	IPA075N15N3
다이오드	DSEI8 06A
필터 커패시터(C_f, C_{m1}, C_{m2})	각 250V, 4.4uF

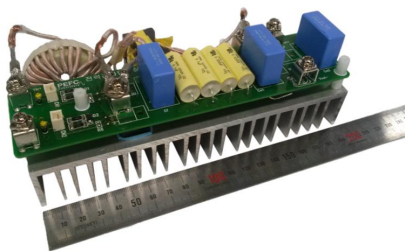
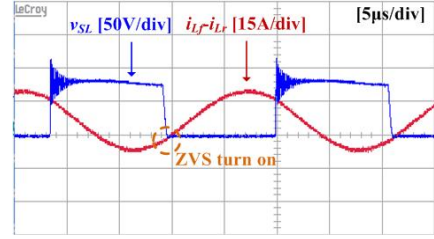
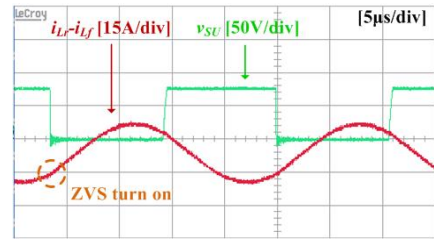


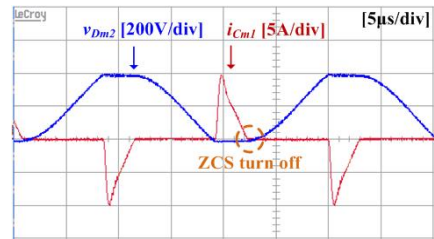
그림 4 250W급 시제품



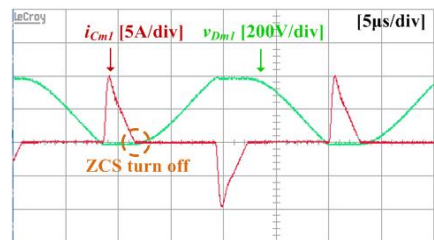
(a) 하측 스위치 전압, 전류



(b) 상측 스위치 전압, 전류



(c) 하측 다이오드 전압, 전류



(d) 상측 다이오드 전압, 전류

그림 5 제안하는 컨버터의 실험파형

4. 결론

본 논문에서는 MIC용 비절연 고승압 병렬 공진형 컨버터를 제안하였다. 제안하는 컨버터는 공진탱크를 이용하여 고승압과 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프를 성취한다. 250W급 시제품을 제작하여 제안한 컨버터의 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] F.L Luo and H. Ye, "Positive output cascade boost converters" Electric Power Applications, IEE Proceedings, 2004, pp.590-606.
- [2] S. Chen, T. Liang, L. Yang, J. Chen, "A Safety Enhanced, High Step Up DC DC Converter for AC Photovoltaic Module Application" IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 4, pp. 1809-1817, Apr. 2012