

MIC용 비절연 고승압 공진형 컨버터

김민재, 정현수, 최세완
서울과학기술대학교

Non-isolated High Step-up Resonant Converter for Module Integrated Converter

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

ABSTRACT

본 논문에서는 공진탱크만으로 고승압(>10)을 성취할 수 있는 새로운 비절연 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴오프가 가능하여 스위칭 손실을 최소화 할 수 있으며 스위치의 전압정격이 출력전압보다 작아 작은 도통손실을 갖는 소자 선정이 가능하다. 제안하는 컨버터의 동작원리를 제시하고 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

MIC(Module Integrated Converter) 태양광 시스템은 태양전지 모듈을 각각 최대전력제어를 할 수 있고, 설치가 용이한 장점이 있어 최근 이와 관련한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 MIC는 태양전지의 30~40V의 전압을 400V로 승압하기 위한 DC/DC컨버터와 인버터부로 구성되며, 기존의 DC/DC컨버터로는 2단 부스트 컨버터^[1]가 있는데 이는 부피가 크고 하드스위칭으로 인한 손실이 발생하는 단점이 있다. 부피를 개선하기 위해 결합 인덕터를 사용한 2단 부스트 컨버터^[2]는 누설인덕터로 인한 하드스위칭으로 컨버터의 효율이 낮은 문제점이 있다. 또한 커플인덕터와 1개의 스위치를 사용한 컨버터^[3]는 소프트 스위칭과 고승압이 가능하지만 스위치의 정격전압이 큰 문제점이 있다.

본 논문에서는 공진탱크만을 이용하여 고승압을 달성할 수 있는 새로운 비절연 고승압 컨버터를 제안한다. 제안하는 컨버터는 결합인덕터를 사용하는 기존방식과 달리 입력전류 리플이 작고 소프트 스위칭을 성취할 수 있으며 스위치의 전압정격이 작은 장점이 있다.

2. 제안하는 배터리충전기

그림 1과 같이 제안하는 비절연 고승압 공진형 컨버터는 부스트 컨버터와 공진탱크로 구성되어 있다. 입력전압이 부스트 컨버터를 통하여 일차적으로 승압되고 이 전압이 공진탱크를 통하여 승압되어 출력에 전달된다. 제안하는 컨버터는 공진탱크를 사용하여 그림 3과 같은 전압이득곡선의 특성으로 요구되는 승압비를 만족한다. 또한 기존 공진형 컨버터의 특징인 스위치 ZVS 턴온 및 다이오드 ZCS 턴오프 스위칭이 이루어지

지며 공진소자값, 필터인덕터 및 스위칭 주파수에 의해 ZVS 턴온 영역이 결정된다. 또한 스위치 정격전압은 입력전압의 2배로 출력전압보다 훨씬 낮아 작은 $R_{ds(on)}$ 을 갖는 스위치 선정이 가능하다.

그림 2는 제안하는 컨버터의 동작 파형이다. S_U 와 S_L 은 일정 시비율을 사용하며 스위칭 주파수를 조절하여 출력전압을 제어한다. 모드1은 스위치 S_L 이 턴온되면서 L_{r1} 과 C_r 에 의한 공진이 형성되고 i_{Lf} i_{Lr1} 의 전류가 스위치 S_L 에 흐르면서 ZVS 턴

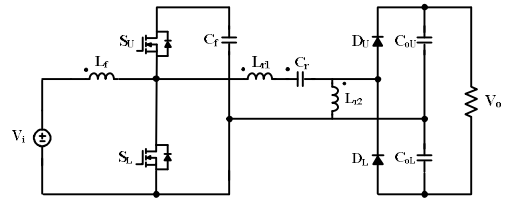


그림 1 제안하는 고승압 공진형 컨버터

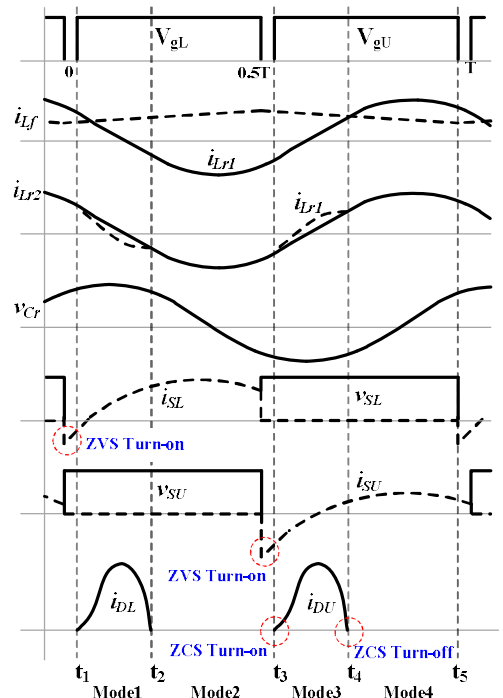


그림 2 제안하는 컨버터의 동작파형

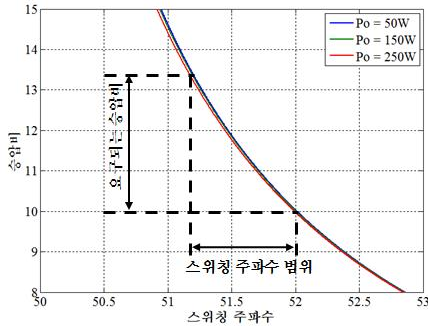


그림 3 제안하는 컨버터의 전압이득곡선

온이 된다. i_{Lr2} i_{Lr1} 의 전류가 다이오드 D_L 로 흘러 ZCS 턴온을 하고 다이오드 전류가 ZCS 턴오프를 하면서 다음모드가 된다. 모드2는 L_{r1} 과 L_{r2} , C_r 에 의해 공진이 형성되고 출력으로 전력이 전달되지 않으며 스위치 S_L 을 통하여 전류가 순환한다. 모드3은 스위치 S_U 가 턴온되면서 L_{r1} 과 C_r 에 의한 공진이 형성되고 $i_{Lr1}+i_{Lr2}$ 의 전류가 스위치 S_U 에 흐르면서 ZVS 턴온이 된다. i_{Lr1} i_{Lr2} 의 전류가 다이오드 D_U 로 흐르면서 ZCS 턴온을 하고 다이오드 전류가 ZCS 턴오프를 하면서 다음모드가 된다. 모드4는 L_{r1} 과 L_{r2} , C_r 에 의해 공진이 형성되고 출력으로 전력이 전달되지 않으며 스위치 S_U 을 통하여 전류가 순환한다. 제안하는 컨버터의 전압전달비는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{V_o}{V_i} = 2 \cdot \frac{L_n f_n^2}{L_n f_n^2 + (f_n^2 - 1)(1 + j f_n L_n Q)} \quad (1)$$

여기서
$$L_n = \frac{L_{r2}}{L_{r1}} \quad (2)$$

$$f_n = \frac{f_s}{f_0}, f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{r1}C_r}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{\pi^2\sqrt{L_r/C_r}}{8R_L} \quad (4)$$

3. 실험 결과

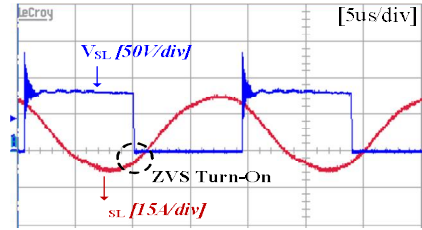
제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음의 설계 사양에 따라 실험을 하였다.

• P_o : 250W • V_i : 30 ~ 40V • V_o : 400V • f_s : 51kHz ~ 53kHz

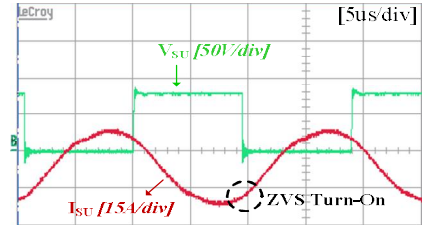
표 1은 위의 설계사양으로 설계한 후 실험에 사용된 소자값을 나타내었다. 그림 4 (a)~(d)는 스위치 및 다이오드 전압, 전류 파형으로 공진탱크에 의해 스위치 ZVS 턴온과 다이오드 ZCS 턴온 및 턴오프가 성취되는 것을 확인할 수 있다.

표 1 실험에 사용된 소자값

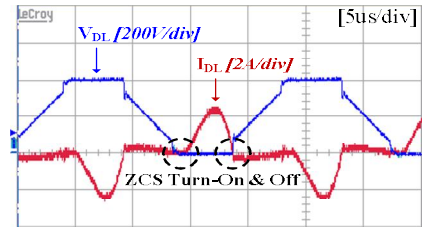
항 목	사 양
필터 인덕터(L_f)	400uH
공진인덕터(L_{r1})	35uH
공진인덕터(L_{r2})	42uH
공진 커패시터(C_r)	132nF
스위치	IPA075N15N3
다이오드	DSEI8 06A
필터 커패시터(C_f)	250V, 10uF
전압 더블러 커패시터(C_{ou}, C_{ol})	각 600V, 1uF



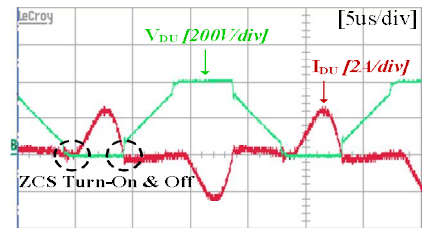
(a) 하측 스위치 전압, 전류



(b) 상측 스위치 전압, 전류



(c) 하측 다이오드 전압, 전류



(d) 상측 다이오드 전압, 전류

그림 4 제안하는 컨버터의 동작파형

4. 결 론

본 논문에서는 MIC용 비절연 고승압 공진형 컨버터를 제안하였다. 제안하는 컨버터는 공진탱크를 이용하여 10배 이상의 승압비와 스위치의 ZVS 턴온 및 다이오드의 ZCS 턴온 및 턴오프를 성취한다. 250W급 시작품을 제작하여 제안한 컨버터의 타당성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] F.L Luo and H. Ye, "Positive output cascade boost converters" Electric Power Applications, IEE Proceedings, 2004, pp.590-606.
- [2] 김규동, 김준구, 황선희, 원충연, 정용재 "결합인덕터 방식을 이용한 비절연형 2단 부스틀 컨버터 설계" 전력전자학회 2011년도 학술대회 논문집, 2011. 7, pp. 25-26.
- [3] 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.