

스위치 개수가 적은 고승압 인터리빙 준공진형 컨버터

김민재, 양대기, 최세완
서울과학기술대학교

High Step-up Interleaved Quasi-Resonant Converter with Small Switch Count

Minjae Kim, Daeki Yang, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 2개의 스위치를 갖는 고승압 준공진형 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 L_r 와 C_r 의 직렬 공진과 무손실 스너버를 이용하여 모든 다이오드의 ZCS 턴 오프 및 스위치의 ZCS 턴온 & ZVS 턴오프를 성취한다. 또한 매우 작은 정격의 무손실 스너버를 가지며 이 스너버는 메인회로와 무관하게 동작하는 장점이 있다. 제안하는 컨버터의 동작원리를 제시하고 1kW급 시작품의 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

태양광, 연료전지 발전등과 같은 신재생에너지는 저전압 출력특성을 가지고 있기 때문에 상용 전원으로 변환하기 위해서는 고승압의 DC DC 컨버터가 필요하다. 기존의 고승압 절연형 컨버터로는 입력전류 리플이 작으며 능동 클램프로 스위치 전압 서지제거 및 ZVS 턴온을 하는 풀브리지^[1], 푸쉬풀^[2], 하프브리지^[3]가 많이 연구되어 왔다. 하지만 이 능동클램프 방식은 스위치 턴오프시 스위칭 손실이 크며 스위치 수가 4~5개로 많아 효율상승 및 가격저감에 한계가 있다.

본 논문에서는 2개의 스위치를 갖는 고승압 준공진형 컨버터를 제안한다. 또한 스위치는 모든 동작 듀티($0 < D < 1$)에서 ZCS 턴온과 ZVS 턴오프 되며 다이오드도 ZCS 턴오프 된다. 제안하는 컨버터는 매우 작은 정격의 무손실 스너버를 가지며 이 스너버는 메인회로와 무관하게 동작하는 장점이 있다.

2. 제안하는 컨버터

그림 1과 같이 제안하는 컨버터는 저전압, 대전류, 고승압 응용에 적합하도록 입력은 병렬, 출력은 직렬 구조를 갖는다. 그림 2는 제안하는 컨버터의 동작파형이다. 제안하는 컨버터의 스위치는 S_1 과 S_2 가 같은 듀티로 동작하며 각 스위치는 인터리빙을 위해 180도 위상차를 주고 시비율을 조절하여 출력전압을 제어한다. 제안하는 컨버터는 그림 3과 같이 무손실 스너버에 의한 공진과 주 공진회로가 있는데 각각 다른 전류 루프를 가지고 있어 서로 영향을 받지 않는다. 스위치 S_1, S_2 는 L_r 의 전류 기울기로 ZCS 턴온을 하며 C_{sn1} 의 전압 기울기로 ZVS 턴오프를 성취한다. 다이오드 D_3, D_4 는 그림 3. (b)와 같이 L_r 과 C_r 의 공진이 형성되어 ZCS 턴오프를 성취한다.

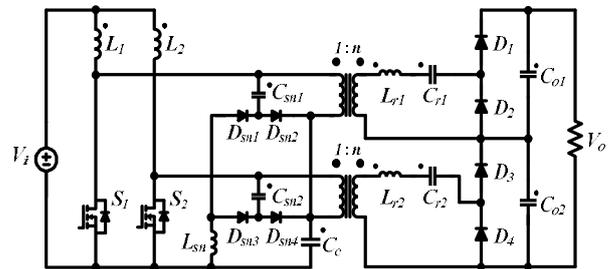


그림 1 제안하는 컨버터

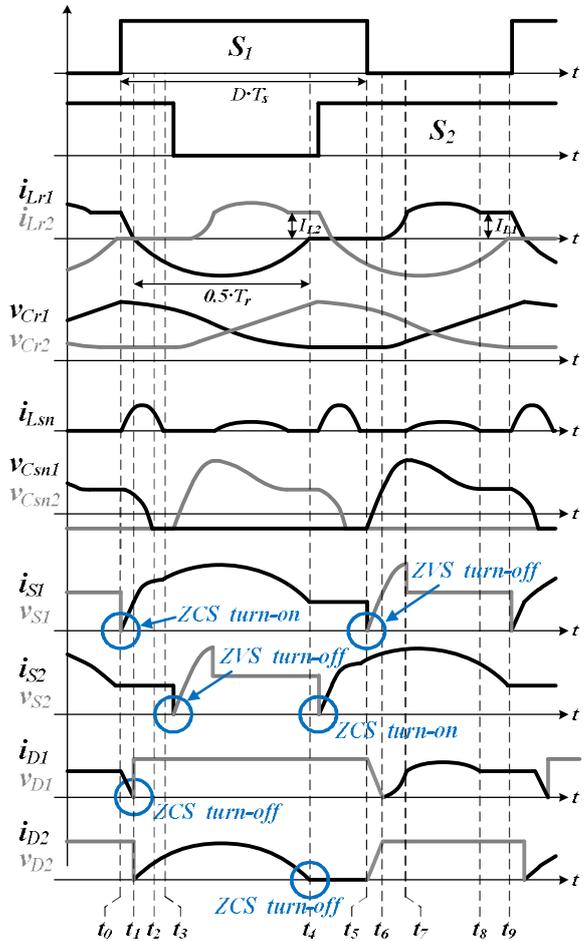


그림 2 제안하는 컨버터의 동작파형

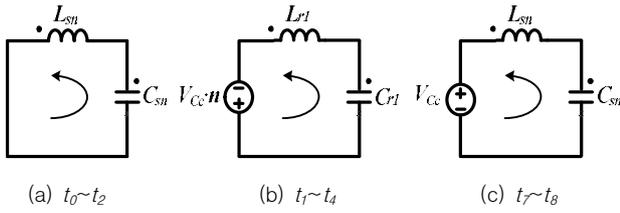


그림 3 공진 등가회로

표 1은 각 컨버터의 특성비교표이다. 제안하는 컨버터는 다른 컨버터에 비해 스위치 개수가 2개 적으며 스위치의 ZCS 턴 온 및 ZVS 턴오프 동작으로 스위칭 손실 또한 가장 적다. 스위치의 전압정격, 다이오드 특성은 3가지 모두 비슷하다. 클램프 커패시터의 경우 제안하는 컨버터가 다른 컨버터에 비해 1개 적다. 그림 4는 제안하는 컨버터의 소자정격으로 무손실 스너버의 정격이 메인소자에 비해 매우 작다.

표 1 각 컨버터의 특성비교

항목		토폴로지		
		푸시풀 ^[2]	하프브리지 ^[3]	제안하는 컨버터
스위치 개수		4	4	2
메인 스위치 특성	턴온	하드스위칭	ZVS	ZCS
	턴오프	하드스위칭	하드스위칭	ZVS
보조 스위치 특성	턴온	ZVS	ZVS	
	턴오프	하드스위칭	하드스위칭	
스위치 전압정격		$\frac{1}{1-D} V_i$	$\frac{1}{1-D} V_i$	$V_i + \frac{V_o}{4n}$
다이오드 개수		2	4	4
다이오드 특성		ZCS	ZCS	ZCS
다이오드 전압정격		V_o	$0.5V_o$	$0.5V_o$
클램프 커패시터 개수		2	2	1
클램프 커패시터 전압정격		$\frac{D}{1-D} V_i$	$\frac{D}{1-D} V_i, V_i$	V_i

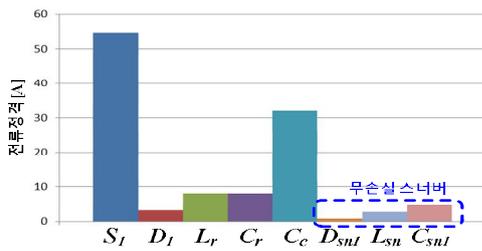


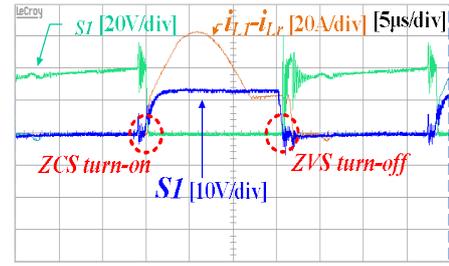
그림 4 소자 전류정격($P_o=1kW, V_i=16V, V_o=360V$)

3. 실험 결과

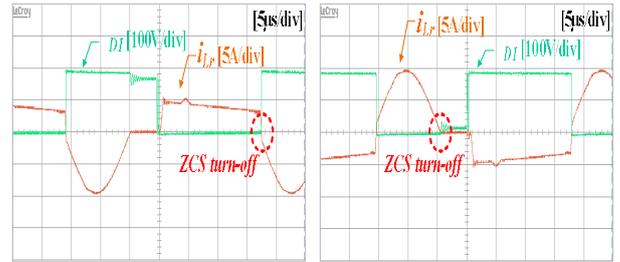
제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음의 설계사양에 따라 실험을 하였다.

- $P_o = 1kW$ • $V_i = 12.8 \sim 26V$ • $V_o = 360V$
- $L_r = 5\mu H$ • $C_r = 2\mu F$

그림 5 (a)~(c)는 스위치 및 다이오드 전압, 전류 파형이다. 스위치는 ZCS 턴 온 및 ZVS 턴오프를 성취하며 다이오드 역시 ZCS 턴오프 되는 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 실험효율로 최고효율 96.3%가 측정되었다.



(a) 스위치(S_1)



(b) 상측 다이오드

(c) 하측 다이오드

그림 5. 실험파형

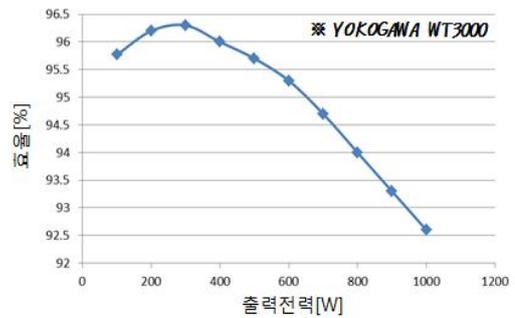


그림 6 실험효율

4. 결론

본 논문에서는 2개의 스위치를 갖는 고출압 준공진형 컨버터를 제안하였다. 제안하는 컨버터는 L_r 과 C_r 의 직렬 공진과 무손실 스너버를 이용하여 모든 다이오드의 ZCS 턴 오프 및 스위치의 ZCS 턴 온 & ZVS 턴오프를 성취한다. 1kW급 시제품을 제작하여 제안한 컨버터의 타당성을 검증하였다.

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] J. M. Kwon, E. H. Kim, B. H. Kwon, and K. H. Nam, "High efficiency fuel cell power conditioning system with input current ripple reduction", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 3, pp. 826-834, Mar. 2009.
- [3] H. Kim, C. Yoon, and S. Choi, "An improved current fed ZVS isolated boost converter for fuel cell applications," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 25, no. 9, pp. 2357-2364, Sep. 2010.