

# 고승압 응용을 위한 절연형 단일스위치 ZCS-ZVS 컨버터

김민재, 양대기, 홍석용, 최세완  
서울과학기술대학교

## Isolated Single Switch ZCS-ZVS Converter for High Step-up Application

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

### ABSTRACT

본 논문에서는 절연형 단일스위치 ZCS ZVS 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 모든 동작영역에서 다이오드의 ZCS 턴오프 및 스위치의 ZCS 턴온 & ZVS 턴오프를 성취한다. 매우 작은 정격의 무손실 스너버는 메인회로와 무관하게 동작하는 장점이 있다. 또한 변압기의 1상환과 3상환을 모두 사용하기 때문에 코어의 부피가 작다. 제안하는 컨버터의 동작원리를 제시하고 200W급 시작품의 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

### 1. 서론

MIC 태양광 시스템, 이동용 연료전지, 차량용 인버터 등의 응용분야에서 저가격, 고효율, 고승압의 절연형 컨버터가 필요하다. 기존의 소프트스위칭 고승압 절연형 컨버터로는 능동 클램프 방식의 풀브리지, 푸쉬풀, 하프브리지가 있는데 이들은 모두 스위치 수가 4개 이상으로 위와 같은 100~500W정도의 용량급에서 고효율 및 저가격을 기대하기 어렵다. 이와 같은 응용에서는 단일 스위치 절연형 컨버터<sup>[1][3]</sup>가 고려될 수 있다. 공진을 적용한 플라이백 컨버터<sup>[1]</sup>와 플라이백과 포워드를 조합한 단일스위치 절연형 컨버터<sup>[2]</sup>는 스위치의 턴오프시 하드스위칭으로 고효율 달성이 어렵다. 공진방식의 절연형 단일스위치 컨버터<sup>[3]</sup>는 모든 소자가 소프트스위칭하며 소자수가 적지만 승압비가 낮아 고승압 응용에는 적합하지 않다. 또한 변압기가 1상환 동작만 하므로 부피가 커지는 단점이 있다.

본 논문에서는 절연형 단일스위치 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터의 스위치는 모든 동작영역에서 ZCS 턴온과 ZVS 턴오프되며 다이오드도 ZCS 턴오프 된다. 매우 작은 정격의 무손실 스너버는 메인회로와 무관하게 동작하는 장점이 있다. 또한 변압기의 1상환과 3상환을 모두 사용하기 때문에 코어의 부피가 작다.

### 2. 제안하는 컨버터

그림 1과 같이 제안하는 컨버터는 고승압 응용에 적합한 전압 더블러 구조이다. 그림 2는 제안하는 컨버터의 동작파형이다. 제안하는 컨버터는 듀티를 조절하여 출력전압을 제어한다. 다이오드  $D_2$ 는  $L_r$ 과  $C_r$ 의 공진이 형성되어 ZCS 턴오프하게 되고 식 (1)의 조건을 만족하도록 공진주파수를 설계해야 한다.

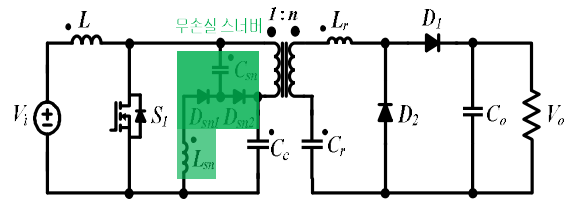


그림 1 제안하는 단일스위치 컨버터

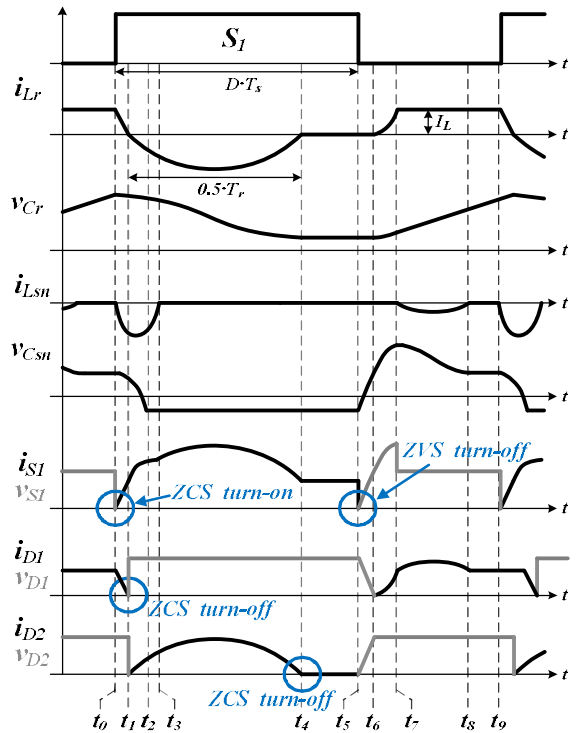


그림 2 제안하는 컨버터의 동작파형

여기서  $D_{min}$ 은 식(2)를 이용하여 구할 수 있다.

$$0.5T_r < D_{min} T_s \quad (1)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{2nD}{1-D} \quad (2)$$

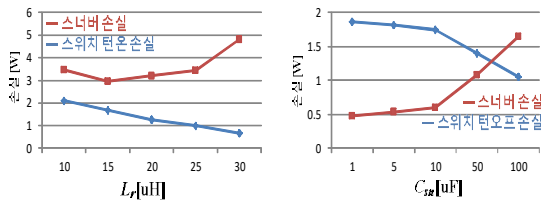


그림 3  $L_r$  과  $C_{sn}$ 에 따른 스위칭 및 스너버 손실

스위치  $S_1$ 은  $L_r$ 의 전류 기울기로 ZCS 턴온을 하고  $C_{sn}$ 의 전압 기울기로 ZVS 턴오프를 성취한다. 하지만 스위치의 상승시간( $t_r$ ) 및 하강시간( $t_f$ )을 고려하면 스위칭손실이 약간 발생하게 된다. 그림 3과 같이  $L_r$  과  $C_{sn}$ 을 증가시키면 스위칭 손실을 최소화 되지만 스너버 손실이 증가한다. 따라서 스너버와 스위칭 손실이 최소가 되는  $L_r$ 과  $C_{sn}$ 을 설계가 필요하다. 표 1은 각 컨버터의 특성비교표이다. 제안하는 컨버터는 스위치 턴온 및 턴오프시 모두 소프트 스위칭을 하고 스위치의 전압정격은 3가지 모두 비슷하다. 다이오드 개수 및 손실측면은 플라이백과 같고 변압기 동작영역은 1, 3상한으로 다른 컨버터보다 유리하다. 3가지 중 턴 비는 가장 낮으며 입력전류 리플 또한 가장 작아 연료전지나 MIC 태양광과 같은 고승압 응용에 적합하다. 그림 4는 제안하는 컨버터의 소자 정격으로 무손실 스너버의 정격이 메인소자에 비해 매우 작다.

표 1 각 컨버터의 특성비교

항목	토폴로지	플라이백 <sup>[1]</sup>	공진방식 컨버터 <sup>[3]</sup>	제안하는 컨버터
	스위치 개수		1	1
스위치 특성	턴온	하드스위칭	ZCS	ZCS
	턴오프	하드스위칭	ZCS	ZVS
스위치 전압정격		$V_i + \frac{V_o}{2n}$	$V_i + V_{Cr}$	$V_i + \frac{V_o}{2n}$
다이오드 개수		2	1	2
다이오드 손실		작다	작다	작다
변압기 동작영역		1상한	1상한	1, 3상한
변압기 턴비		보통	높다	낮다
입력전류 리플		크다	크다	작다

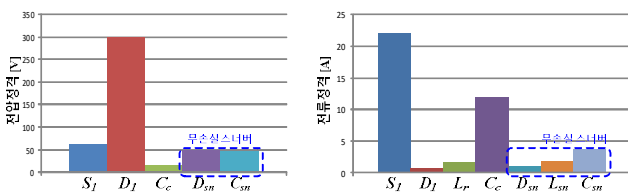


그림 4 소자정격

### 3. 실험 결과

제안하는 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 다음의 설계사양에 따라 실험을 하였다.

- $P_o = 200W$
- $V_i = 12V$
- $V_o = 300V$
- $L_r = 10\mu H$
- $C_r = 6\mu F$

그림 5 (a)~(d)는 스위치 및 다이오드 전압, 전류 파형이다. 스위치는 ZCS 턴온 및 ZVS 턴오프를 성취하며 다이오드 역시

ZCS 턴오프 되는 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 실험효율로 정격효율 93.9%가 측정되었다.

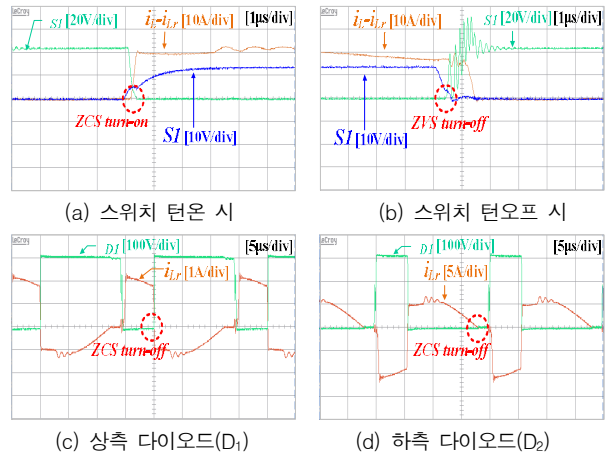


그림 5 실험파형

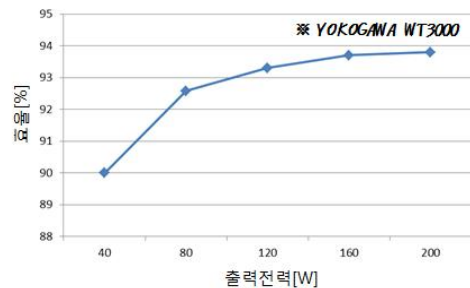


그림 6 실험효율

### 4. 결론

본 논문에서 제안한 단일스위치 컨버터는 모든 영역에서 다이오드의 ZCS 턴오프 및 스위치의 ZCS 턴온/ZVS 턴오프를 성취하며 정격이 작은 무손실 스너버를 사용하여 손실이 매우 작다. 또한 기존의 단일스위치 컨버터와 달리 변압기의 1상한과 3상한을 모두 사용하기 때문에 코어의 부피도 작다. 100~500W 정도인 MIC 태양광 시스템, 이동용 연료전지, 차량용 인버터 등 절연과 고승압이 요구되는 응용에서 저가격, 고효율을 달성할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] K. B. Park, C. E. Kim, G. W. Moon, and M. J. Youn, "PWM resonant single switch isolated converter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 8, pp. 1876-1886, Aug. 2009.
- [2] J. Lee, J. Park, and H. Jeon, "Series connected forward flyback converter for high step up power conversion," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 12, pp. 3629-3641, Dec. 2011.
- [3] A. Emrani, E. Adib, and H. Farzanehfard, "Single switch soft switched isolated DC DC converter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 27, no. 4, pp. 1952-1957, Apr. 2012.