

# 소프트 스위칭 방식의 보조 회로를 갖는 영전압 스위칭 부스트 컨버터

송인범\*, 박건욱\*, 정두용\*, 김동성\*\*, 정용채\*\*\*, 원충연\*  
 \*성균관대학교, \*\*EN 테크놀로지, \*\*\*남서울대학교

## ZVS Boost Converter with Soft Switching Auxiliary Circuit

In-Beom Song\*, Kun-Wook Park\*, Doo-Yong Jung\*, Dong-Seong Kim\*\*,  
 Yong-Chae Jung\*\*\*, Chung-Yuen Won\*  
 \*Sungkyunkwan University, \*\*EN Technologies, \*\*\*Namseoul University

### ABSTRACT

This paper proposes a soft switching boost converter with an auxiliary circuit. This circuit helps a main switch operate as a soft switching. The main switch operates ZVS turn-on and ZVS turn-off. And the auxiliary switch operates ZCS turn-on and ZVS turn-off.

In this paper, operation modes are analyzed and soft switching operation is verified through simulations.

### 1. 서론

전력변환 회로의 스위칭 주파수 증가는 시스템의 소형·경량화를 가능하게 할 수 있다. 그러나 스위칭 주파수에 비례하여 스위칭 손실 또한 증가한다. 이는 시스템 효율의 감소를 초래한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 보조 회로를 이용한 소프트 스위칭에 대한 연구가 진행되고 있다.<sup>[1-3]</sup> 소프트 스위칭 방식으로는 영전압 스위칭, 영전류 스위칭, 영전압 천이, 영전류 천이 방식등이 있다.<sup>[1-2]</sup>

본 논문에서는 보조 회로를 이용한 소프트 스위칭 부스트 컨버터를 제안하였다. 주 스위치와 보조 스위치 모두 소프트 스위칭 동작을 하며, 시뮬레이션을 통하여 이를 확인하였다.

## 2. 제안된 영전압 스위칭 부스트 컨버터

### 2.1 제안된 부스트 컨버터의 구성

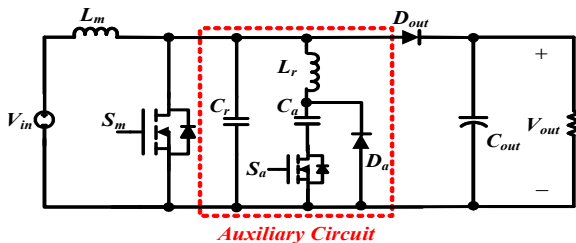


그림 1 제안된 영전압 스위칭 부스트 컨버터  
 Fig. 1 A proposed ZVS boost converter.

그림 1은 제안된 소프트 스위칭 부스트 컨버터이다. 기존의 부스트 컨버터<sup>[1]</sup>에서 보조 회로에 다이오드 하나가 추가된 회로이다.

### 2.2 동작모드 분석 및 설명

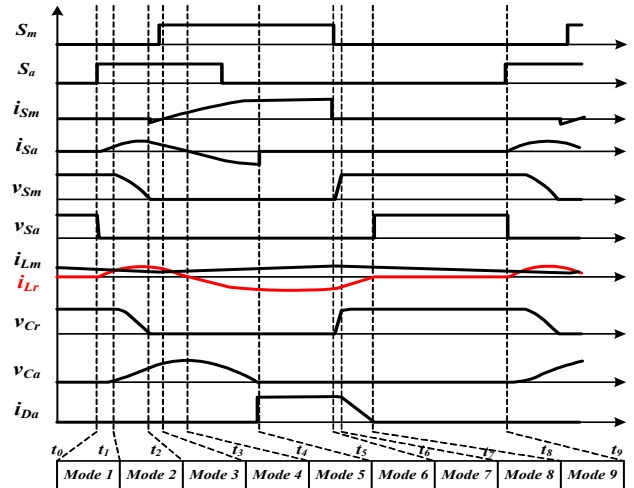


그림 2 제안된 컨버터의 동작 파형  
 Fig. 2 Key waveforms of the proposed converter.

그림 2는 제안된 컨버터의 동작 해석에 요구되는 주요 파형을 나타낸다.

1) Mode 1 ( $t_0 \leq t < t_1$ ) : 주 스위치  $S_m$ 은 오프 상태, 보조 스위치  $S_a$ 는 온 상태이다. 공진 인덕터  $L_r$ 과 보조 커패시터  $C_a$ 는 공진을 시작한다. 공진 인덕터  $L_r$ 에 의해서 전류가 제한된다. 이 시점에서 보조 스위치  $S_a$ 는 영전류 스위칭 동작을 한다. 공진 루프는  $L_m - L_r - C_a - S_a - V_{in}$ 으로 이루어진다. 공진 커패시터  $C_r$ 은 출력 전압  $V_{out}$ 으로 완충되어 있고, 주 인덕터  $L_m$ 과 공진 인덕터  $L_r$ 에 흐르는 전류가 같으면 모드가 종료된다.

2) Mode 2 ( $t_1 \leq t < t_2$ ) : 주 스위치  $S_m$ 은 오프 상태, 보조 스위치  $S_a$ 는 온 상태이다. 공진 커패시터  $C_r$ 에 충전되어 있는 에너지가 방출되고, 전압이 영이 되면 모드가 종료된다.

3) Mode 3 ( $t_2 \leq t < t_3$ ) : 주 스위치  $S_m$ 은 온 상태, 보조 스위치  $S_a$  또한 온 상태이다. 주 스위치  $S_m$ 의 역병렬 다이오드가 스위치 양단의 전압을 영으로 만들어 주 스위치가 영전압에서 스위칭을 가능하게 한다. 주 인덕터  $L_m$ 과 공진 인덕터  $L_r$ 에 흐르는 전류가 같으면 모드가 종료된다.

4) Mode 4 ( $t_3 \leq t < t_4$ ) : 주 스위치  $S_m$ 과 보조 스위치  $S_a$  모두 온 상태이다. 보조 커패시터  $C_a$ 는 계속해서 충전을 하다가 완충되는 시점에서 모드는 종료된다.

5) Mode 5 ( $t_4 \leq t < t_5$ ) : 주 스위치  $S_m$ 는 온 상태에 있다. 보조 스위치  $S_a$ 의 역병렬 다이오드로 전류가 흐른다. 이 구간에서 보조 스위치  $S_a$ 가 영전압 스위칭 턴오프 동작을 한다. 보조 커패시터  $C_a$ 에 충전되어 있는 에너지가 방출되고 전압이 영이 되면 모드가 종료된다.

6) Mode 6 ( $t_5 \leq t < t_6$ ) : 주 스위치  $S_m$ 은 온, 보조 스위치  $S_a$ 는 오프 상태이다. 보조 스위치  $S_a$ 의 역병렬 다이오드로 흐르던 전류가 보조 다이오드  $D_a$ 로 흐른다. 주 스위치가 턴오프 시 모드가 종료된다.

7) Mode 7 ( $t_6 \leq t < t_7$ ) : 주 스위치  $S_m$ 은 온, 보조 스위치  $S_a$ 는 오프 상태이다. 공진 커패시터  $C_a$ 가 충전을 하고 완충 시 모드가 종료된다. 공진 커패시터  $C_a$ 에 의해서 전압이 제한되고 이 시점에서 스위치가 영전압 동작을 한다.

8) Mode 8 ( $t_7 \leq t < t_8$ ) : 주 스위치  $S_m$ 과 보조 스위치  $S_a$  모두 오프 상태이다. 공진 커패시터  $C_r$ 은 출력 전압으로 완충 상태이고 공진 인덕터  $L_r$ 은 에너지를 방출한다. 공진 인덕터에 축적되어 있던 에너지가 모두 방출되면 모드가 종료된다.

9) Mode 9 ( $t_8 \leq t < t_9$ ) : 주 스위치  $S_m$ 과 보조 스위치  $S_a$ 는 모두 오프 상태이다. 입력 전류는 다이오드  $D_{out}$ 를 통하여 부하로 흐른다. 보조 스위치  $S_a$ 가 턴온 시 모드가 종료된다.

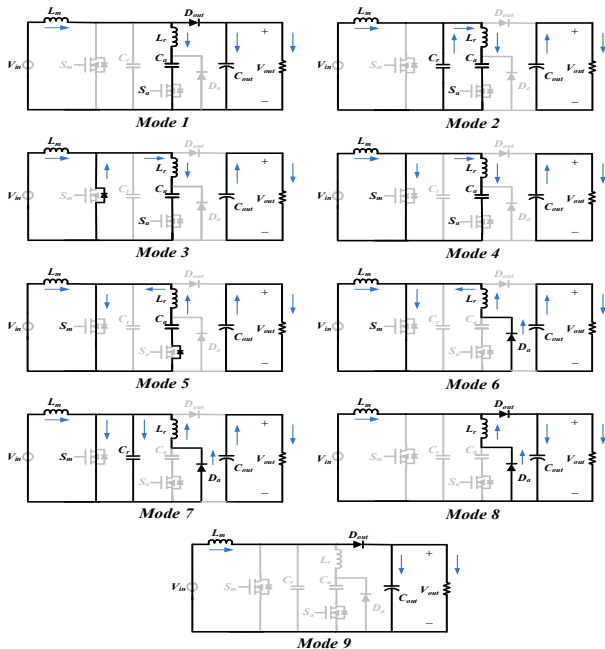


그림 3 제안된 컨버터의 동작 모드  
Fig. 3 Operation modes of the proposed converter.

### 3. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 PSIM 6.0을 사용하여 시뮬레이션을 하였고, 표 1은 시뮬레이션에 사용된 파라미터 값들을 나타낸다.

표 1 시뮬레이션에 사용된 파라미터  
Table 1 Parameter values for the simulation.

Parameter	Symbol	Value
입력 전압	$V_{in}$	311 [V]
출력 전압	$V_{out}$	400 [V]
스위칭주파수	$f_s$	30 [kHz]
용량	$P_{out}$	3 [kW]
주 인덕터	$L_m$	560 [ $\mu$ H]
공진 인덕터	$L_r$	10 [ $\mu$ H]
공진 커패시터	$C_r$	20 [nF]
보조 커패시터	$C_a$	100 [nF]

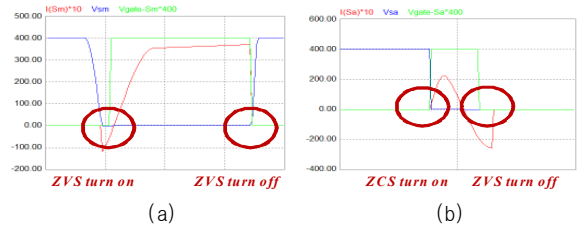


그림 4 스위치 전압과 전류 파형: (a) 주 스위치 (b) 보조 스위치  
Fig. 4 Voltage and current waveforms of switches: (a) Main switch (b) Auxiliary switch.

그림 4(a)는 주 스위치의 주요 파형으로, 주 스위치는 영전압 스위칭 턴온, 영전압 스위칭 턴오프 동작을 한다. 그림 4(b)는 보조 스위치의 주요 파형으로, 보조 스위치 또한 소프트 스위칭 동작하는 것을 보여준다. 보조 스위치는 영전류 스위칭 턴온, 영전압 스위칭 턴오프 동작을 한다.

### 4. 결론

본 논문에서는 보조 스위치를 이용한 소프트 스위칭 부스트 컨버터를 제안하였다. 주 스위치는 영전압 스위칭 턴온, 영전압 스위칭 턴오프 동작을 하고 보조 스위치는 영전류 스위칭 턴온, 영전압 스위칭 턴오프의 소프트 스위칭을 한다. 제안된 컨버터는 주 스위치와 보조 스위치 모두 소프트 스위칭을 하므로 스위칭 손실을 줄일 수 있다. 향후, 실험을 통한 손실 분석과 효율 분석을 수행할 예정이다.

이 논문은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원 인력 양성 사업의 연구결과입니다.

### 참고 문헌

- [1] 원영진, 조경현, “보조 회로를 이용한 ZVS PWM 부스트 컨버터,” *전자공학회 논문지*, 제41권, 제1호, pp. 45–49, 2004. 3.
- [2] 김태우, 김학성, “개선된 전파형 ZVT PWM DC–DC 컨버터,” *전력전자학회 논문지*, 제9권, 제1호, pp. 10–16 2004. 2.
- [3] R. Gurunathan and A. K. S. Bhat, “ZVT Boost Converter Using a ZCS Auxiliary Circuit,” *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic systems*, Vol. 37, No. 3, pp. 889–897, 2001, July.