

# 소프트 스위칭 동작하는 새로운 ZVT 공진형 부스트 컨버터

김모세\*, 이희준\*, 김준구\*, 신수철\*, 정용채\*\*, 원충연\*  
 성균관대학교\*, 남서울대학교\*\*

## A new ZVT resonant boost converter using by soft switching

Mo Se Kim\*, Hee Jun Lee\*, Jun Gu Kim\*, Yong Chae Jung\*\*, Chung Yuen Won\*  
 Sungkyunkwan University\*, Namseoul University\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 소프트 스위칭을 하는 새로운 ZVT 공진형 부스트 컨버터를 제안하였다. 보조회로에는 2개의 스위치와 공진 인덕터, 공진 커패시터, 보조 커패시터를 추가하였다. 따라서 주 스위치와 보조 스위치는 모든 영역에서 소프트 스위칭 동작을 할 수 있다. 또한 공진 인덕터의 전류 도통구간이 감소하여 효율이 증가 하였다. 제안한 ZVT 공진형 컨버터와 기존의 ZVT 공진형 컨버터를 비교 하고, 제안한 컨버터가 기존의 컨버터에 비하여 높은 효율을 얻을 수 있음을 컴퓨터 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증하였다.

### 1. 서 론

태양광이나 수소 에너지를 사용하는 연료전지 같은 신재생 에너지원의 경우 다른 에너지원에 비하여 매우 낮은 효율을 가진다는 단점이 있다. 따라서 전력변환장치의 효율이 매우 높아야 하며, 전력변환장치인 DC DC 컨버터의 효율을 높이기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다.

DC DC 컨버터의 전체적인 시스템의 소형화, 경량화를 하기 위하여 스위칭 주파수가 높아지고 있다. 그러나 스위칭 주파수가 높아짐에 따라 손실이 증가하므로 공진을 이용한 소프트 스위칭을 사용하여 손실을 줄일 수 있다.

본 논문에서는 DC DC 컨버터의 손실을 줄이고 효율을 높이기 위하여 새로운 보조회로를 추가한 ZVT 공진형 부스트 컨버터를 제안하였다. 제안된 컨버터는 주 스위치가 ZVS 소프트 스위칭을 하기 위하여 부분적으로 공진을 하고, 보조 스위치 또한 소프트 스위칭을 함으로서 스위치들은 모든 영역에서 소프트 스위칭을 한다.

따라서 하드 스위칭을 하는 컨버터에 비하여 스위칭 손실을 줄일 수 있으며, 기존의 ZVT 공진형 컨버터들 보다 효율을 향상시킬 수 있다.[1]

### 2. 제안한 공진형 ZVT 부스트 컨버터

#### 2.1 회로 구성

그림 1은 본 논문에서 제안하는 ZVT 공진형 부스트 컨버터의 회로이고, 그림 2는 제안된 회로를 분석하기 위한 주요 동작 파형을 나타낸다. 모든 소자는 이상적이라고 가정하고 10개의 모드로 나눌 수 있다. 보조 회로에는 보조 스위치 2개, 공진

Auxiliary resonant circuit

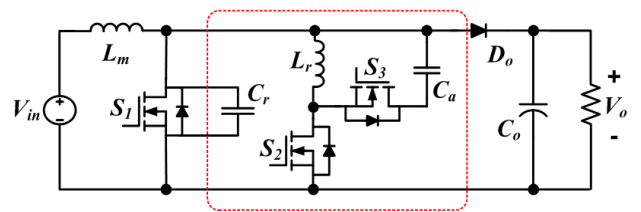


그림 1 제안된 공진형 ZVT 부스트 컨버터의 회로도  
 Fig. 1 Proposed ZVT resonant boost converter

인덕터( $L_r$ ), 공진 커패시터( $C_r$ ), 그리고 보조 커패시터( $C_a$ )로 구성된다. PWM 제어를 통하여 주 스위치와 보조 스위치가 전 영역에서 소프트 스위칭을 함으로 기존의 ZVT 컨버터를 사용할 때 보다  $L_r$  전류의 도통 구간이 줄어 손실을 줄일 수 있다.

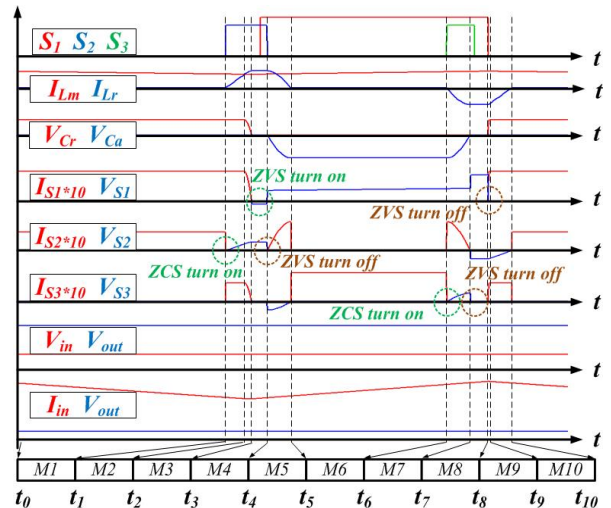


그림 2 제안된 컨버터의 동작 파형  
 Fig. 2 Key waveforms of the proposed converter

### 3. 공진소자 설계

#### 3.1 공진 커패시터( $C_r$ )의 설계

$C_r$ 은 주 스위치의 ZVS 동작에 영향을 준다. 모드 9에서  $C_r$ 의 충전시간이 길어야 주 스위치의 ZVS 동작을 할 수 있다.

주 스위치의 출력 커패시턴스 값보다 10배 크게 선정한다. 또한 모드 3, 모드 9에서의 시간은 전체 듀티비에 영향을 줄 수 있으므로 한 주기의 1/10으로 선정한다. 따라서 모드 3에서  $L_r$  과  $C_r$ 의 공진 시간은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{r,3} = \frac{\pi}{2} \sqrt{L_r C_r} \quad (1)$$

모드 9에서  $C_r$ 이 출력 전압 크기로 충전되는 시간은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_r = \frac{V_o}{2I_{o\_Max}} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)의 합이 전체 듀티비에 영향을 주지 않게 하기 위하여 식 (3)의 조건을 만족하여야 하며,  $L_r$  값의 범위를 얻을 수 있다.

$$\frac{\pi}{2} \sqrt{L_r C_r} + C_r \frac{V_o}{2I_{o\_Max}} \leq \frac{T_s}{10} \quad (3)$$

$$\frac{\pi}{2} \sqrt{L_r \cdot 3n} + 3n \frac{380}{2 \cdot 7.5} \leq \frac{1}{10} \frac{1}{30000} \quad (4)$$

$$L_r \leq 1.5[mH] \quad (5)$$

### 3.2 공진 인덕터( $L_r$ )과 보조 커패시터( $C_a$ )의 설계

모드 5와 모드 7에서는  $L_r$ 과  $C_a$ 의 공진으로 인하여 한 주기 동안 온 시간을 2/10정도로 선정해야 한다.  $L_r$ 의 전류가  $C_a$ 를 충전함으로써 충전 전압이 큰 경우 스위치에 전압 스트레스가 발생된다. 따라서  $C_a$ 의 충전 전압 크기는 출력 전압 이하로 충전해야 한다.  $C_a$ 에 충전되는 전압 조건식은 식 (6)과 같이 표현할 수 있으며 모드 5와 모드 7의 공진 시간은 식 (7)을 통하여  $L_r$ 과  $C_a$ 의 값을 선정할 수 있다.

$$Z_a I_{in\_Max} \leq V_o \quad (6)$$

$$\pi \sqrt{L_r C_a} \leq \frac{T_s}{10} \quad (7)$$

본 논문에서 사용된  $L_r$ 과  $C_a$ 는 아래 식에 의해 선정한다.

$$\omega_a \approx 930484.21 \quad Z_a \leq 32.57 \quad (8)$$

$$L_r \leq \frac{Z_a}{\omega_a} \quad C_a \geq \frac{1}{Z_a \omega_a} \quad (9)$$

$$L_r \leq 35[\mu H] \quad C_a \leq 32.99[nF] \quad (10)$$

## 4. 실험

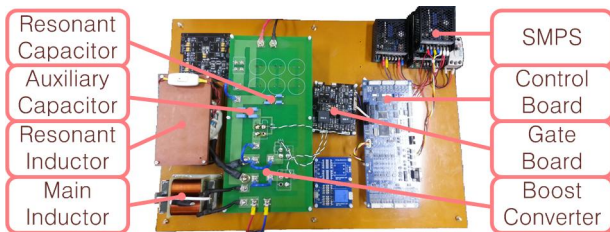


그림 3 실험 세트  
Fig. 3 Experimental setup

표 1 제안된 컨버터의 파라미터  
Table 1 Parameter of the proposed converter

Parameter	Symbol	Value
Input Voltage	$V_{in}$	200 [V]
Output Voltage	$V_o$	400 [V]
Rated Power	P	3 [kW]
Switching Frequency	$F_s$	30 [kHz]
Main Inductor	$L_m$	1 [mH]
Resonant Inductor	$L_r$	35 [ $\mu$ H]
Resonant Capacitor	$C_r$	3 [nF]
Auxiliary Capacitor	$C_a$	33 [nF]

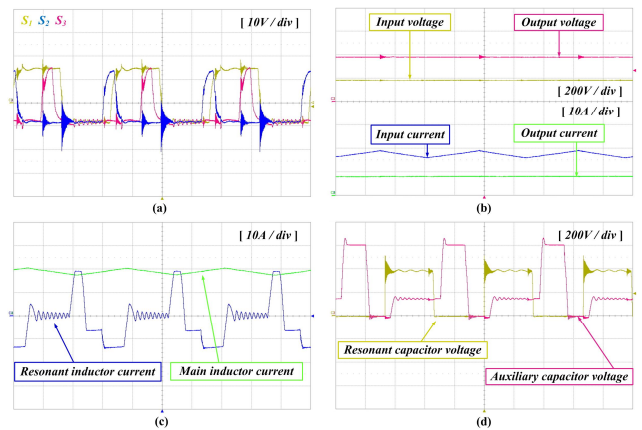


그림 4 (a) 제안된 컨버터의 PWM 파형  
(b) 입력과 출력의 전압, 전류 파형  
(c) 주 인덕터, 공진 인덕터의 전류 파형  
(d) 공진 커패시터, 보조 커패시터의 전압 파형

Fig. 4 (a) Proposed converter of PWM waveforms  
(b) Input and output of voltage, current waveforms  
(c) Main inductor, resonant inductor of current waveforms  
(d) Resonant capacitor, auxiliary capacitor of voltage waveforms

## 5. 결론

본 논문에서는 소프트 스위칭을 하는 새로운 ZVT 공진형 부스트 컨버터를 제안하였다. 제안된 컨버터는 모든 영역에서 소프트 스위칭을 하므로 스위칭 스트레스와 손실을 저감할 수 있다. 구현된 컨버터의 효율이 향상됨을 설계된 파라미터에 맞추어 실험을 통하여 검증하였다.

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP 20104010100630 12 1 000)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

## 참고 문헌

[1] S H Park, S R Park, J S Yu, Y C Jung and C Y Won, "Analysis and design of a soft switching boost converter with an HI bridge auxiliary resonant circuit," IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 25, NO. 8, pp. 2142-2149, AUGUST 2010.