

보조 공진 회로를 이용한 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터

이희준*, 김준구*, 전범수*, 정용채**, 원중연*
 성균관대학교*, 남서울대학교**

A soft switching ZVT boost converter using auxiliary resonant circuit

Hee Jun Lee*, Jun Gu kim*, Bum Su Jun*, Yong Chae Jung**, Chung Yuen Won*
 Sungkyunkwan University*, Namseoul University**

ABSTRACT

In this paper, soft switching boost converter with ZVT(Zero Voltage Transition) method was proposed. Each switch of the proposed ZVT converter is operated under soft switching condition through using auxiliary resonant circuit. Also, the ZVT converter is verified through operation modes analysis and simulation.

1. 서 론

최근 스위칭 전원장치들의 소형 및 경량화에 따라 스위칭 주파수가 증가하고 있다. 하지만 높은 주파수로 하드 스위칭을 하는 경우, 스위칭 주파수에 비례하여 스위칭 손실이 증가하게 된다. 그러므로 스위칭 손실을 줄이기 위하여 보조 스위치 및 공진 회로를 추가하는 방식을 사용한다.^[1]

본 연구에서는 효율을 개선하기 위하여 저 손실 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터를 제안한다. 일반적인 부스트 컨버터에 공진 인덕터와 공진 커패시터로 구성된 보조회로를 추가하여 소프트 스위칭 동작이 가능하다. 따라서 스위치에서 발생하는 스트레스와 손실을 줄일 수 있으며, 회로 동작 시 도통 손실을 줄일 수 있다.

2. 제안된 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터

2.1 제안된 ZVT 부스트 컨버터

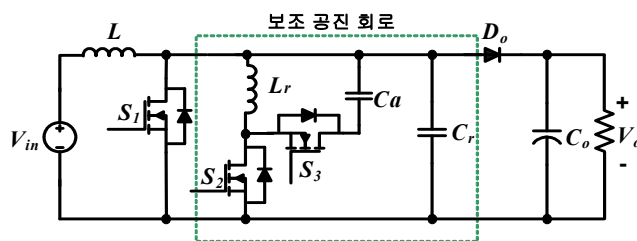


그림 1 제안된 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터
 Fig. 1 Proposed soft switching ZVT boost converter

그림 1은 제안된 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터의 구성을 나타낸다. 일반적인 부스트 컨버터에 공진회로를 추가하여 소프트 스위칭을 가능하게 하였다. 공진회로는 보조스위치 2개와 공진 인덕터 그리고 공진 커패시터 2개를 추가하여 회로를 구성하였다. 제안된 컨버터는 모든 스위치가 소프트 스위칭을

하여 저손실 소프트 스위칭 부스트 컨버터^[1]를 사용할 때보다 도통 손실을 줄일 수 있다.

2.2 제안된 컨버터의 동작 모드

Main Switch	S_1	Resonant Inductor	L_r
Auxiliary Switch 2	S_2	Auxiliary Capacitor	C_a
Auxiliary Switch 3	S_3	Resonant Capacitor	C_r
Main Inductor	L	Output Diode	D_o

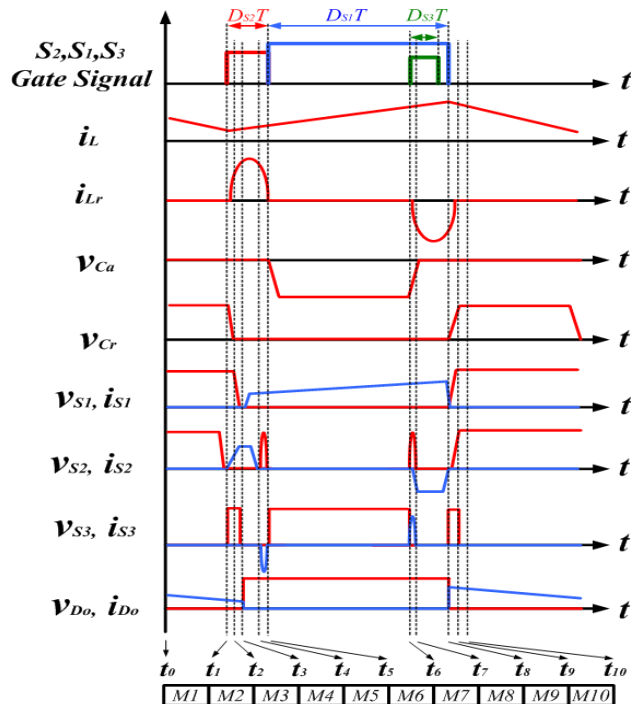


그림 2 ZVT 모드 동작에 대한 각 구간별 동작파형
 Fig. 2 Theory waveforms of the ZVT mode operation

그림 2는 제안된 회로를 분석하기 위해 주요 동작 파형을 나타내며 모든 소자는 이상적이라고 가정 하였다. 위의 주요 동작파형을 기준으로 그림 3과 같이 10개의 모드로 나누어 설명 하였다. 또한 제안된 회로에 사용되는 소자에 대하여 용어 정리를 하였다.

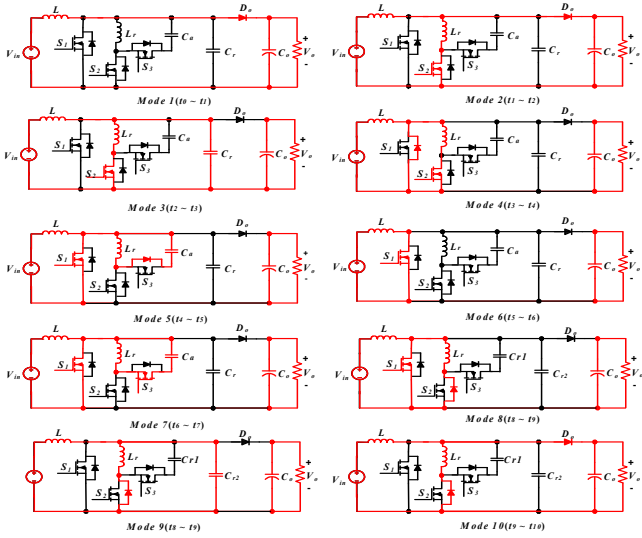


그림 3 제안된 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터의 동작모드
Fig. 3 Operation mode of proposed soft switching ZVT boost converter

Mode 1 ($t_0 \sim t_1$) : 모드 1에서는 컨버터의 모든 스위치는 턴 오프 상태이다. L 에 축적된 에너지는 D_o 를 통하여 부하쪽으로 전달하고 있다. 이 때 C_r 은 충전 되어 있다.

Mode 2 ($t_1 \sim t_2$) : 모드 2는 S_2 가 턴 온이 되면 시작된다. S_2 가 턴 온이 되면 L_r 의 전류가 상승하고, L 과 L_r 의 전류가 같아지면 모드 2는 종료된다.

Mode 3 ($t_2 \sim t_3$) : L 과 L_r 의 전류가 같아지면 C_r 와 L_r 은 공진을 한다. C_r 의 방전으로 D_o 는 턴 오프가 된다. 이 때의 C_r 는 공진으로 인하여 전압이 0이 되며, 이 모드는 종료된다.

Mode 4 ($t_3 \sim t_4$) : S_1 의 역병렬 다이오드를 통해 환류 구간을 갖는다. S_1 에 PWM 신호를 인가하게 되면 스위치는 영전압 상태에서 스위칭이 시작 된다.

Mode 5 ($t_4 \sim t_5$) : S_1 은 턴 온이 되는 동시에 S_2 는 턴 오프가 된다. 이 때 L_r 과 C_a 는 공진을 한다. L_r 의 에너지는 S_3 의 역병렬 다이오드를 통해 C_a 를 충전 한다.

Mode 6 ($t_5 \sim t_6$) : 공진 후 C_a 가 충전이 다 되면, 주 L 은 S_1 을 통해 환류하는 구간을 갖는다.

Mode 7 ($t_6 \sim t_7$) : S_3 가 턴 온이 되면 반대방향으로 공진 한다. C_a 는 충전 되어있던 에너지는 S_3 를 통해 L_r 에 축적하게 된다. C_a 가 방전이 끝이 나면 이 모드는 종료 된다.

Mode 8 ($t_7 \sim t_8$) : 모드 7이 끝나면 C_a 의 전압이 0이 되고, S_3 는 턴 오프가 되는 동시에 S_2 의 역병렬 다이오드가 도통 할 수 있는 조건이 된다. 이 때의 전류는 S_2 의 역병렬 다이오드와 L_r 그리고 S_1 를 통해서 환류 한다.

Mode 9 ($t_8 \sim t_9$) : S_2 의 역병렬 다이오드에 흐르던 전류가 회복되는 구간으로 이 전류는 L 에 흐르는 전류와 함께 C_r 을 충전하고, 이 전압이 출력전압과 같아지면 모드 9는 종료 한다.

Mode 10 ($t_9 \sim t_{10}$) : C_r 의 충전이 끝나면 D_o 가 도통하는 구간이다. S_2 에 흐르는 전류가 완전히 회복된 후 모드가 종료 된다

다.

3. 시뮬레이션

표 1은 본 논문에서 제안한 3[kW]급 소프트 스위칭 ZVT 부스트 컨버터에 사용되는 각 소자의 파라미터를 나타낸다.

표 1 제안된 컨버터의 파라미터

Table 1 The parameter of the proposed converter

입력전압	200[V]	보조 커패시터	40[nF]
출력전압	400[V]	공진 커패시터	3.3[nF]
주 인덕터	1[mH]	스위칭 주파수	30[kHz]
공진 인덕터	20[μH]	출력 커패시터	1000[μF]

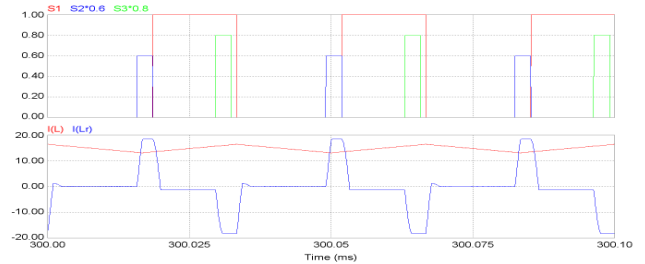


그림 4 각 스위치의 PWM 신호와 주 인덕터 공진 인덕터 전류
Fig. 4 Each switch PWM signals, main inductor and resonant inductor current

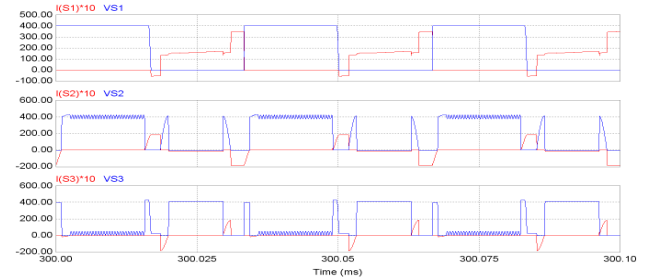


그림 5 각 스위치의 전압과 전류 파형
Fig. 5 Each switch voltage and current waveforms

그림 4는 각 스위치에 인가되는 게이트 신호에 따라 주 인덕터 및 공진 인덕터의 전류 파형을 나타낸다. 기존의 저손실 소프트 스위칭 부스트 컨버터의 공진 인덕터에 흐르는 전류의 도통 손실을 줄였다.^[1] 그림 5는 추가된 보조회로를 통하여 공진 인덕터에 전류가 흐를 때 모든 스위치가 소프트 스위칭이 되는 것을 확인 할 수 있다.

4. 결론

공진회로를 이용하여 새로운 소프트 스위칭 ZVT 승압형 컨버터를 제안하였다. 제안된 회로는 소프트 스위칭을 함으로써 스위칭 스트레스와 손실을 저감 하였고, 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 확인하였다.

본 과제(결과물)는 지식경제부의 출연금으로 수행한 특성화 대학원 사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] So-Ri Park, Sang-Hoon Park, Chung-Yuen Won, Yong-Chae Jung., "Low Loss Soft Switching Boost Converter," 13th International Power Electronics and Motion Control Conference(EPE-PEMC), pp. 181~186, September 2008.