

# 고효율 부스트 컨버터 소프트 스위칭 기술

최우석, 이원진, 박성준  
전남대학교

## The High Efficiency Boost Converter using Soft Switching Techniques

Woo Seok. Choi, Won Jin. Lee, Sung Jun. Park  
Chonnam National University

### ABSTRACT

본 논문은 고효율의 부스트 컨버터 소프트 스위칭 기법을 제안한다. 제안된 컨버터의 소프트 스위칭 셀은 두 개의 공진 인덕터와 하나의 공진 커패시터, 두 개의 다이오드를 가진다. 소프트 스위칭 셀은 스위치가 항상 영전압 턴 온, 영전류 턴 오프 동작을 하여 스위칭으로 인한 손실이 최소화 되도록 동작한다. 본문에서는 제안된 회로의 동작 특성을 각 모드별로 설명하고, PSIM을 이용하여 검증하였다.

### 1. 서 론

후쿠시마 원전사고 이후 원자력 에너지의 안전규제 및 환경 변화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데, 에너지 생산 비용의 지속적인 증가가 예상된다.<sup>[1]</sup> 이에 따라 고효율 및 경량화 된 산업용 전력변환기에 대한 관심의 증가와 함께 보급도 늘어나고 있다. 공진형 소프트 스위칭 방식의 PWM 컨버터는 하드스위칭을 하는 PWM 컨버터의 과도 손실을 최소화 할 수 있을 뿐만 아니라 종래의 PWM 컨버터의 장점도 갖추고 있다. 이 기법은 여러 토폴로지에 적용 및 연구되고 있다.<sup>[2][3]</sup> 본 논문에서 제안된 컨버터는 기존의 부스트 컨버터에 1개의 공진 커패시터, 2개의 공진 인덕터, 2개의 다이오드를 이용한 소프트 스위칭 셀을 추가하여 스위치가 항상 영전압 턴 온, 영전류 턴 오프 동작으로 스위칭 손실을 최소화 한다. 본문에서는 제안된 컨버터의 동작 특성을 각 모드별로 설명하고, PSIM을 이용하여 검증하였다.

### 2. 제안된 소프트 스위칭 부스트 컨버터

#### 2.1 제안된 컨버터의 구조

그림 1은 제안된 소프트 스위칭 부스트 컨버터로 기존의 부스트 컨버터에 보조 스위치 없이 공진 인덕터  $L_{r1}$ ,  $L_{r2}$ , 공진 커패시터  $C_r$  및 다이오드  $D1$ ,  $D2$ 가 추가된 형태이다.

#### 2.2 제안된 컨버터의 동작 특성

제안된 컨버터는 스위치 On/Off 동작에 따라서 그림 2와 같이 8개의 모드로 구분된다. 스위치 턴 온 시에는 공진 인덕터  $L_{r1}$ ,  $L_{r2}$ 와  $C_r$ 의 공진 전류로 인해서 영전압 스위칭 동작을 하고, 스위치 턴 오프 시에는 공진 인덕터  $L_{r2}$ 와 공진 커패시터

터  $C_r$ 의 공진전압으로 스위치 양단 전압의 상승 기울기를 낮춰 영전류 스위칭 동작을 한다.

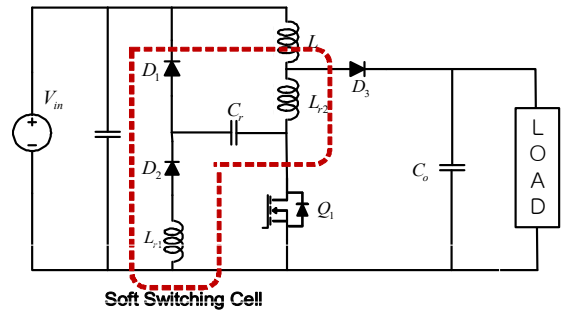


그림 1 제안된 고효율 부스트 컨버터  
Fig. 1 A proposal of soft switching boost converter

Mode 1 : 다이오드  $D1$ ,  $D2$ 가 오프 상태이고, 스위치  $Q1$ 이 오프 상태 일 때, 스위치  $Q1$ 과 다이오드  $D2$ 가 턴 온 되면서 모드가 시작된다. 공진 인덕터  $L_{r1}$ 과 공진 커패시터  $C_r$ 이 공진을 시작한다. 공진 전류  $I_{Lr1}$ 과 인덕터  $L_{r2}$ 의 전류에 의해서 스위치는 영전압 스위칭을 한다.

Mode 2 : 메인 인덕터  $L_1$  전류와 공진 인덕터  $L_{r2}$  전류가 같아지고, 출력 다이오드  $D3$ 가 턴 오프 되면서 모드가 시작된다. 공진 커패시터 양단의 전위차가 부의 입력전압과 같아지면 모드가 종료된다.

Mode 3 : 공진 인덕터  $L_{r1}$ 의 전류는 다이오드  $D1$ ,  $D2$ ,  $L_1$ ,  $L_{r2}$ , 스위치  $Q1$ 을 통한 패스가 형성된다. 이때 공진 인덕터  $L_{r2}$ 의 전류는 입력전류와 공진인덕터  $L_{r2}$ 의 합이 흐른다. 공진 인덕터  $L_{r1}$ 의 전류가 0이 되면 모드는 종료된다.

Mode 4 : 입력전류는  $L_1$ ,  $L_{r2}$ 와 스위치  $Q1$ 을 통해서 흐르는 전류 패스가 형성된다.

Mode 5 : 다이오드  $D1$ 이 턴 온 되고, 스위치  $Q1$ 이 턴 오프 되면서 시작된다. 스위치의 양단 전압은 공진 커패시터의 에너지 이동에 의해서 서서히 증가하게 되며 이때 영전류 스위칭 조건이 된다. 스위치  $Q1$ 과 공진 인덕터  $L_{r2}$ 의 각각 양단 전압의 합이 출력전압과 같아지면 모드는 종료된다.

Mode 6 : 스위치  $Q1$ 과 공진 인덕터  $L_{r2}$ 의 양단전압의 합

이 출력전압과 같아지면 출력 다이오드 D3는 턴 온 되고, 모드가 시작된다. 공진 인덕터  $L_{r2}$ 와 공진 커패시터  $C_r$ 은 공진 동작을 하며, 공진 인덕터  $L_{r2}$ 의 전류가 영이 되면 종료된다.

Mode 7 : 공진 인덕터  $L_{r2}$ 의 에너지가 공진 커패시터로 이동되고, 이때 다이오드 D1과 D2가 각각 턴 온, 턴 오프 되면서 모드가 시작된다. 출력전류는 입력전류와 공진인덕터  $L_{r2}$ 의 전류의 합이 된다. 공진 전류가 0이 되고 다이오드 D2가 턴 오프 되면서 모드는 종료된다.

Mode 8 : 기존의 부스트컨버터의 오프구간과 같은 동작을 한다.

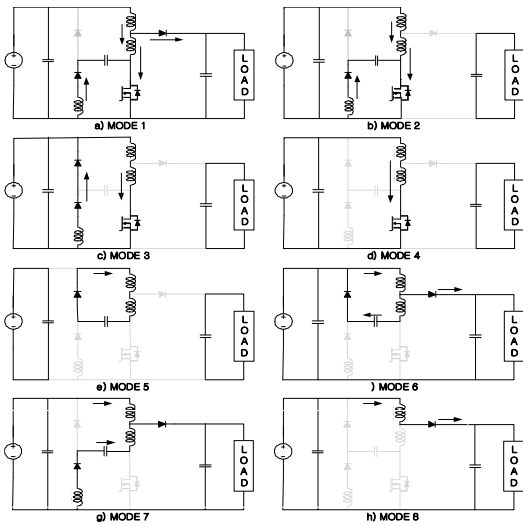


그림 2 제안된 고효율 부스트 컨버터의 동작모드  
Fig. 2 Operation mode diagram of proposed soft switching boost converter

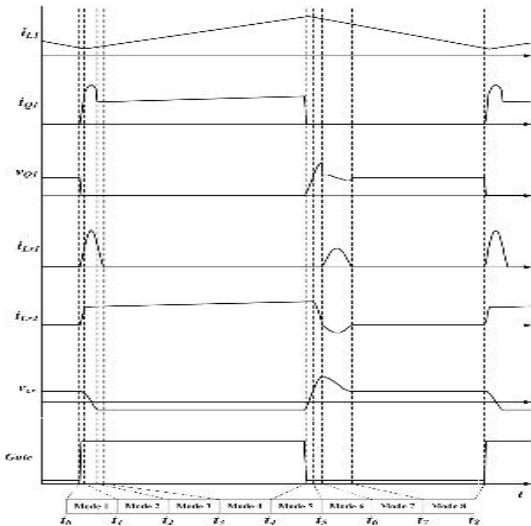


그림 3 제안된 고효율 부스트 컨버터의 동작파형  
Fig. 3 Operation waveform of a proposed soft switching boost converter

### 3. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 PSIM을 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 시스템 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 시스템 파라미터  
Table 1 System Parameters

입력전압	100 [V]
출력전압	220 [V]
주 인덕터(L1)	450 [ $\mu$ H]
공진 인덕터(Lr1)	6.8 [ $\mu$ H]
공진 인덕터(Lr2)	5.6 [ $\mu$ H]
공진 커패시터(Cr)	47 [nF]
DC Link 커패시터	1000 [ $\mu$ F]
스위칭 주파수	30 [kHz]

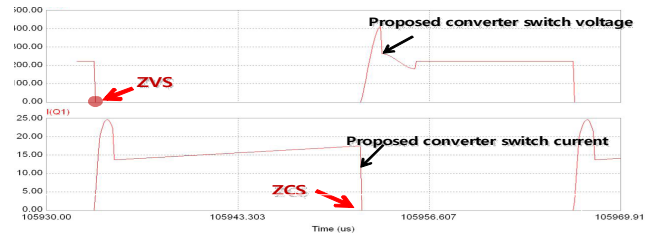


그림 4 주 스위치 전압과 전류 파형  
Fig. 4 Voltage and Current waveforms of main switch

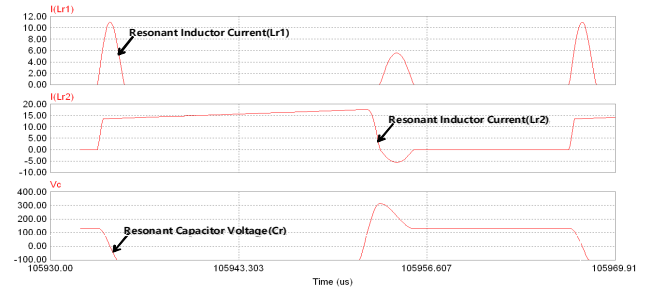


그림 5 공진 커패시터와 인덕터의 시뮬레이션 파형  
Fig. 5 Simulation Current and Voltage waveforms of resonant capacitor and inductors.

### 4. 결 론

본 논문에서는 고효율 소프트 스위칭 부스트 컨버터를 제안하였다. 이 토폴로지는 고효율 승압 컨버터 또는 태양광 연계형 인버터에 적용할 수 있다.

이 논문은 LG이노텍 핵심애로기술 개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

### 참 고 문 헌

- [1] 한국원자력기술협회, “미래 원자력 안전규제 환경변화의 전망 연구,” 한국 원자력 안전 기술원, 2011.
- [2] C. o. H. Jinrong Qian, Da Feng Weng, “LEAKAGE ENERGY RECOVERING SYSTEM AND METHOD FOR FLYBACK CONVERTER,” USA Patent, 2002.
- [3] Chien Ming Wang, “Novel zero voltage transition PWM DC DC converters,” IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 1, pp. 254 262, February 2006.