

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.^[1] 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.^{[2][3]} 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 커패시

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

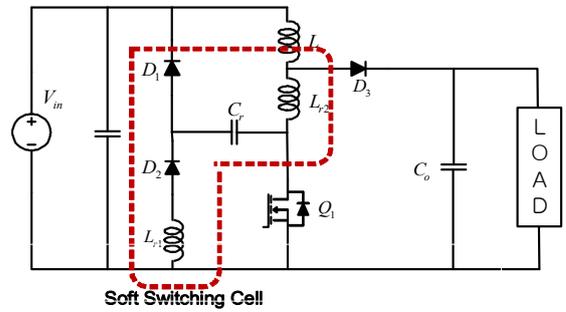


그림 1 제안된 고효율 부스트 컨버터
Fig. 1 A proposal of soft switching boost converter

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.

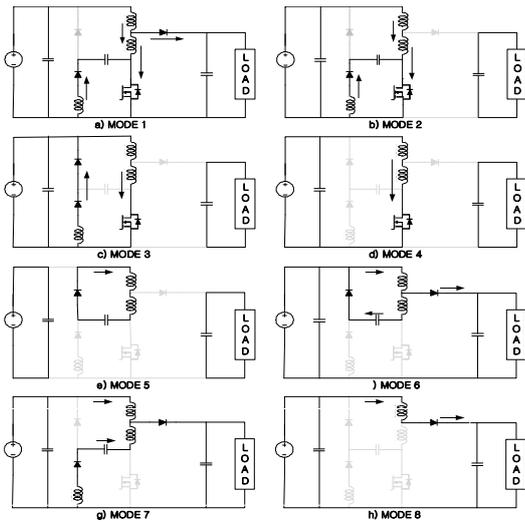


그림 2 제안된 고효율 부스트 컨버터의 동작모드
Fig. 2 Operation mode diagram of proposed soft switching boost converter

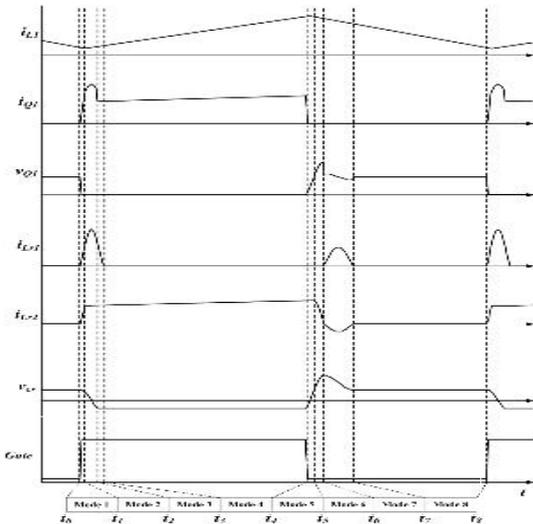


그림 3 제안된 고효율 부스트 컨버터의 동작파형
Fig. 3 Operation waveform of a proposed soft switching boost converter

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 [μ H]
공진 인덕터(Lr1)	6.8 [μ H]
공진 인덕터(Lr2)	5.6 [μ H]
공진 커패시터(Cr)	47 [nF]
DC Link 커패시터	1000 [μ F]
스위칭 주파수	30 [kHz]

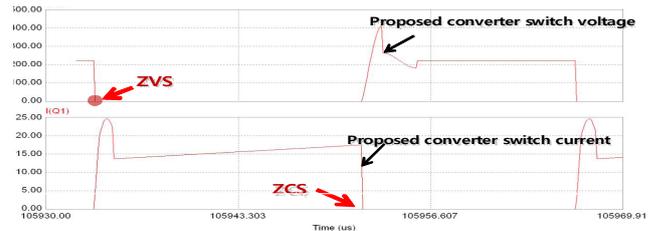


그림 4 주 스위치 전압과 전류 파형
Fig. 4 Voltage and Current waveforms of main switch

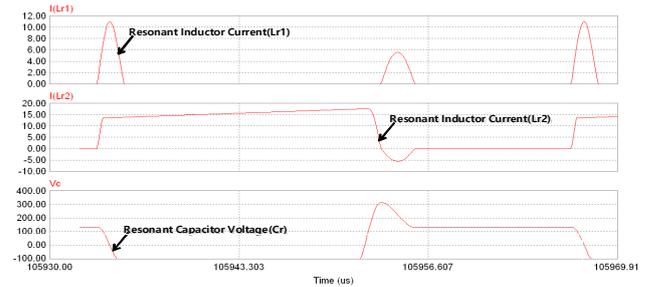


그림 5 공진 커패시터와 인덕터의 시뮬레이션 파형
Fig. 5 Simulation Current and Voltage waveforms of resonant capacitor and inductors.

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.