Boost를 이용한 소프트 스위칭 DC/DC 컨버터

김진배, 이용재, 정승태, 김춘성, 박성준, 김광헌
전남대학교

Soft Switching DC/DC Converter Using Boost

Jin-Bae Kim, Yong-Jae Lee, Seung-Tae Jung, Chun-Sung Kim, Sung-Jun Park, Kwang-Heon Kim
Chonnam National University

ABSTRACT

오늘날 산업이 발전 할수록 고효율의 전력변환 시스템이 요구되고, 이를 구현하기 위해서는 스위칭 주파수를 높여야 하지만 스위칭 주파수를 높이면 비례적으로 스위칭 손실은 증가하게 되는 문제점이 있다. 때문에 고효율 전력변환 시스템을 구현하기 위해 스위칭 시 손실저감을 위해 소프트 스위칭 기법이 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 스위칭 손실 저감을 위해 보조스위치를 설치하여 소프트 스위칭이 가능한 부스트 컨버터를 제안하였으며, PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서론

오늘날 고효율의 전력변환 시스템을 요구하는 분야는 기존의 여러 산업뿐 아니라 일반 가정이나 사무실에서 사용하고 있는 많은 소비기기들에 이르기까지 광범위하게 존재하고 있다. 특히 최근에는 통신 분야, 휴대용 장비분야, 디스플레이 분야 등과 같은 곳에서 장비의 부피 문제, 혹은 공간의 제약성 때문에 고효율의 전력 변환 시스템이 더욱 크게 요구 되고 있다. 전력 변환 시스템의 소형, 경량화를 하기 위해서는 스위칭 주파수가 증가 하게 된다. 하지만 스위칭 주파수 증가에 비례하여 스위치에서 발생하는 손실도 증가하므로 이러한 스위칭 손실을 저감시키기 위해서는 소프트 스위칭을 이용한다. 본 논문에서는 소프트 스위칭을 구현하기 위해 보조스위치 회로를 추가하는 Boost 컨버터를 제안하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

2. 본론

2.1 L-C 공진

일반적인 L C 공진회로는 공진탱크에 의해 전압, 전류가 교번하며 부하에 공급되고 스위칭은 영전압 또는 영전류에서 동작한다. 본 연구에서는 콘덴서에 병렬의 로드를 가진 직렬공진 회로를 이용한 소프트 스위칭 DC/DC 컨버터이다. 스위치를 ON하였을 때 전압 방정식은 다음과 같다.

$$V_o = V_{in} - L_i \frac{dI_r}{dt} \tag{1}$$

공진형 탱크 C의 전류는

$$I_c = C_s \frac{dV_c}{dt} = - L_r C_r \frac{d^2 I_r}{d^2 t} \tag{2}$$

식 (1)을 (2)에 대입하여 2차 방적식은

$$\frac{d^2 I_r}{d^2 t} + \omega_n^2 I_R - \omega_n^2 I_o = 0 \tag{3}$$

공진 주파수는 다음과 같다.

$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_r C_r}} \tag{4}$$

소프트 스위칭을 이루기 위해서는 일반적으로 식 (4)의 공진 주파수보다 낮은 주파수의 스위칭이 요구되고, 이때 L_r에 흐르는 전류는 불연속이 되므로 ZCS(Zero Current Switching)가 가능해진다.

2.2 제안한 Boost DC/DC 컨버터

그림 1은 제안한 소프트 스위칭을 이용한 DC/DC 컨버터를 나타내고 있다. 본 논문의 컨버터 회로는 일반적인 Boost 컨버터의 회로와 소프트 스위칭을 구현하기 위한 보조 스위치가 있는 회로로 구성된다. 공진시 발생되는 에너지의 환류는 변압기를 통해 전원측으로 회생할 수 있는 구조를 취하였다.

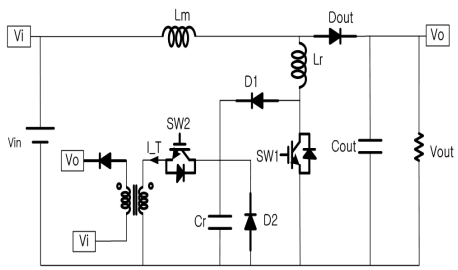

그림 1 제안한 DC/DC 컨버터
Fig.1 A proposed DC/DC converter

2.3 동작모드

모든 Mode는 정상상태에서 해석하였다.

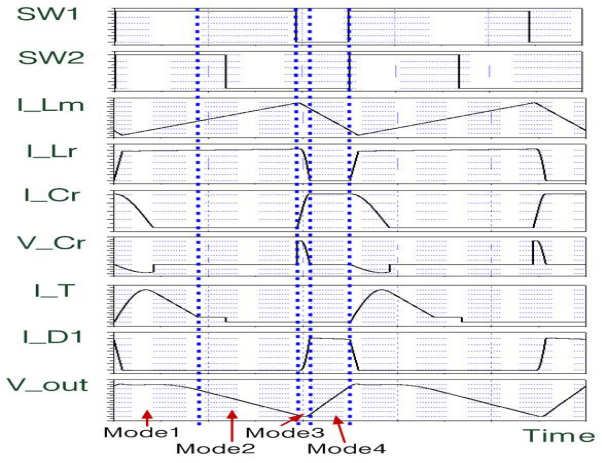

그림 2 모드 파형

Fig. 2 Mode waveform

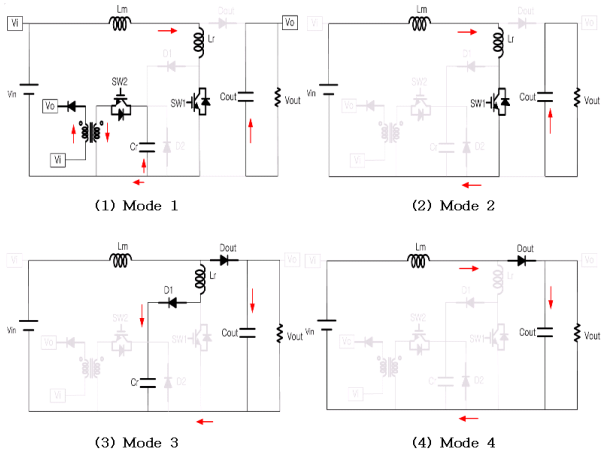

그림 3 모드 해석

Fig. 3 Mode analysis

(1) Mode 1 : 주 스위치 SW_1과 보조 스위치 SW_2이 ON 되는 순간에 시작되며 이 모드에서는 Boost용 인덕터(L_m)에 전류가 출력 다이오드측으로 일정하게 흐르고 있다고 가정한다. SW_1이 ON되면 SW_1에 직렬로 연결된 인덕터에서는 $\frac{V_{out}}{L_m}$의 기울기로 L_r전류가 증가하면서 ZCS모드로 동작하게 된다. 또한 SW_2에 의해 C_r와 변압기누설 L 출력측으로 에너지를 전달하면서 공진하게 된다. 이때 보조스위치도 ZCS가 된다.

(2) Mode 2 : 이 모드는 보조 스위치 SW_2에 의한 C_r의 에너지 전달이 끝나는 시점부터 시작하며 기본의 Boost 방식의 스위치 ON모드와 같은 동작을 한다.

(3) Mode 3 : 주 스위치 SW_1이 OFF시 시작되며 이때 L_r과 C_r의 공진에 의해 주 스위치 SW_1은 ZVS(Zero Voltage Switching)로 동작된다. L_r전류가 Zero가 될 때 까지 동작 한다.

(4) Mode 4 : 이 모드는 기존의 Boost 방식의 스위치 OFF 모드와 같은 동작 한다.

3. 시뮬레이션

본 논문은 PSIM를 사용하여 시뮬레이션 검증을 하였으며, 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

Table 1 Simulation parameter

Parameter	Symbol	Value
입력 전압	Vin	200 [V]
출력 전압	Vout	800 [V]
스위칭 주파수	fs	20 [kHz]
주 인덕터	Lm	1 [mH]
공진 인덕터	Lr	15 [uH]
공진 커패시터	Cr	0.1 [uF]
변압기 턴수비	a	1:1

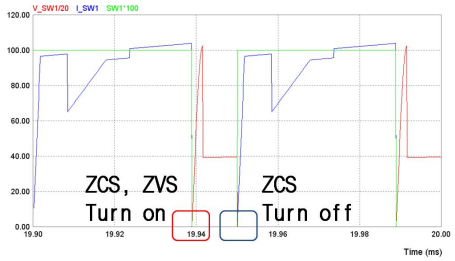

그림 4 SW1에서 전류파형

Fig. 4 Current waveform at SW1

그림 4는 SW_1에 흐르는 전류 파형으로 SW_1가 온 상태가 될 때 영전압, 영전류 스위칭 턴온이 되고 SW_1가 오프 상태가 될 때 영전류 스위칭 턴 오프 동작함을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 소프트 스위칭을 이용한 Boost 컨버터를 제안하였다. 보조 스위치 회로를 이용하여 주 스위치에서 영전류 스위칭 턴 온·오프, 영전압 턴 온를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 제안한 Boost 컨버터는 소프트 스위칭을 통하여 스위칭 손실을 저감 시켜 고효율 전력시스템을 구현 할 수 있게 하였다.

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참 고 문 헌

[1] 송인범, 박건욱, 정두용, 김동성, 정용채, 원충연 “소프트 스위칭 방식의 보조 회로를 갖는 영전압 스위칭 부스트 컨버터” 전력전자학회 2010년도 전력전자학술대회 논문집, 2010.7, page(s): 487 488

[2] R. Gurunathan and A. K. S. Bhat, “ZVT Boost Converter Using a ZCS Auxiliary Circuit,” IEEE Trans. onAerospace and Electronic systems, Vol. 37, No. 3, pp. 889 897, 2001, July