

변압기를 사용하는 비절연형 소프트 스위칭 컨버터

신철준*, 김승주*, 박승희*, 유광민*, 김동락**, 박정진** 이준영*
 명지대학교 전기공학과*, (주)삼성SDI**

Non-isolated Soft Switching Converter Using transformer

Shin Chul Jun*, Seung Joo Kin*, Seung Hee Park*, Kwang Min Yoo*, JEONG KURN
 PARK**, KIM DONG RAK**, Jun Young Lee*

Department of Electrical Engineering, Myongji University*, SAMSUNG SDI Co Ltd**

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.^[1] 본 논문에서는 변압기를 사용하여 공진인덕터의 전압을 제한시켜 보조스위치가 영전압/영전류 스위칭을 달성하게 함으로써 보조스위치의 스위칭 손실을 발생시키지 않는 소프트 스위칭 구조를 제안한다.

1. 서 론

일반적인 DC/DC 컨버터는 Hard switching을 사용하여 스위칭 손실이 낮은 단점이 있으며 패턴설계에 따른 기생 인덕턴스로 인해 기생인덕턴스와 반도체 스위치의 기생출력 캐패시터와 공진을 발생시켜 스위치 양단에 전압 스파이크가 발생한다. 이러한 현상은 낮은 전압 대전류의 DC/DC 컨버터일수록 심해지게 된다. 이러한 현상을 해결하기 위해 DCM방식을 사용하기도 하는데 대전류 응용에서는 전류 스트레스가 매우 커져 부적합하다. 또한 ZVT(Zero Voltage Transition)을 포함한 소프트 스위칭 기법을 사용하는 여러 컨버터가 제안되고 있으나 공진전류의 첨두에서 보조스위치가 스위칭을 하게 되므로 보조스위치의 스위칭 손실이 발생한다.

2. 제안한 비절연형 소프트 스위칭 컨버터

제안한 소프트 스위칭 컨버터는 스위치 2개와 인덕터로 구성된 벡컨버터, 소프트 스위칭을 위한 스위치와 공진인덕터에 걸린 전압을 제한시키기 위한 변압기, 다이오드로 구성된 소프트 스위칭 컨버터로 구성되어진다. 이에 관한 회로 구성도는 그림 1에 나타내었다.

공진을 위해 공진인덕터와 벡컨버터 M_1 과 M_2 스위치 양단에 동일한 캐패시터 $C_r/2$ 를 가지고 있다. 공진회로에서 공진캐패시터의 전압 V_{M2} 는 V_1 전압의 2배까지 상승하게 된다. 하지만 Buck 컨버터의 구조상 공진캐패시터 구조상 V_{M2} 전압은 V_{in}

전압으로 Clamp가 되므로 공진전류는 공진전류의 첨두치에서 Freewheeling하게 되고 이로 인해 M_s 스위치는 공진전류의 첨두치에서 스위칭을 할 수 밖에 없어 M_s 스위치의 스위칭손실이 매우 커지게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 변압기 T_1 를 사용하여 공진시 V_1 전압을 조절한다.

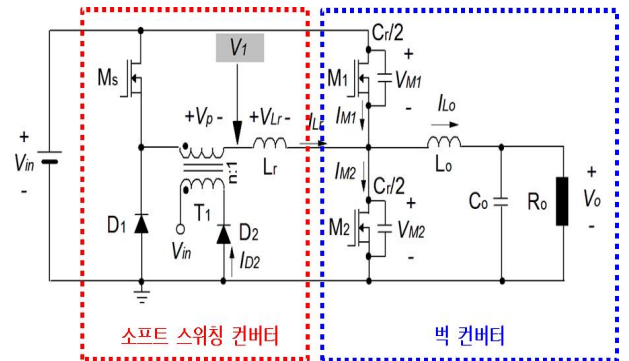
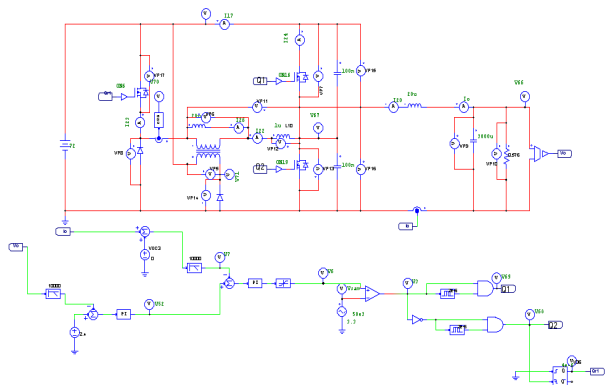
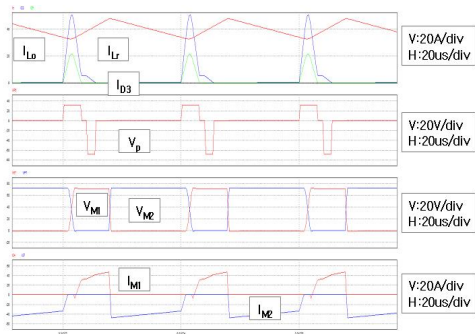


그림 1 제안한 비절연형 소프트 스위칭 컨버터
 Fig. 1 Proposed Non-isolated Soft Switching Converter

그림 2는 변압기를 사용하여 공진인덕터의 전압을 제한시켜 보조 스위치 손실을 발생시키지 않는 제안된 회로를 검증하기 위하여 입력전압은 72V, 자화전류 20μH, 출력은 24V/1.5kW를 갖는 제안한 컨버터 시뮬레이션 회로 및 파형이다.



(a) 시뮬레이션 회로도



(b) 시뮬레이션 파형

그림 2 제안한 비절연형 소프트 스위칭 컨버터 시뮬레이션

Fig. 2 Simulation for proposed Non-isolated Soft Switching Converter

3. 실험 결과 및 검토

제안한 컨버터 구성은 그림 1과 같이 M_1 과 M_2 스위치는 L_o 와 함께 Buck 컨버터를 구성하고 있으며 소프트 스위칭을 위해 M_s 스위치와 공진인덕터에 걸린 전압을 제한시키기 위한 변압기 T_1 , 다이오드 D_2 로 구성되며 변압기의 reset을 위해 다이오드 D_1 으로 구성된 컨버터 회로를 제작하였다.

표 1 회로 사양

Table 1 Circuit Specifications

입력전압(V_{in})	70V _{DC}	
출력 전압 (V_o)	24V _{DC}	
출력 전류 (I_o)	690A	
최대 출력 전력	1.5kW	
Buck 컨버터 동작 주파수	25kHz	
소프트 스위칭 컨버터 동작 주파수	50kHz	
트랜스포머	Core : CH467060(LM 18.15μH)	
	1차측 Lk : 3.76μH	Turn Ratio
	2차측 Lk : 1.07μH	:2:1

M_1 스위치가 소프트 스위칭을 달성하기 위해서는 공진 반주기가 끝나기 전에서 V_{M2} 가 V_{in} 전압까지 상승하여야 한다. 이 조건을 이용하여 변압기 권선비의 결정은 식 1 같다.

$$V_{M2} = \left(V_{in} - \frac{V_{in}}{n} \right) (1 - \cos\pi) \geq V_{in} \quad \text{식 (1)}$$

공진인덕터와 공진캐패시터가 데드타임 T_{dead} 동안에 공진을 발생시켜 ZVS(Zero Voltage Switching)를 달성하려면 공진인덕터의 전류가 데드타임이 끝나기 전에 출력인덕터 전류에 도달해야 한다. T_{dead} 의 몇 % 비율을 K라고 하면 공진인덕터 설계 식은 식 2와 같다.

$$L_r = \frac{V_{in} - V_{in}/n}{I_{L_o}} K T_{dead} \quad \text{식 (2)}$$

공진캐패시터의 설계는 공진주기의 반주기($T_{dead} T_1 = T_{dead}(1 - K)$) 보다 커야하므로 이 조건으로부터 공진캐패시터 설계는 식 3과 같다.

$$C_r \geq \frac{1}{L_r} \left(\frac{T_{dead}(1 - K)}{\pi} \right)^2 \quad \text{식 (3)}$$

모의 실험한 조건으로 입력전압 72V, 출력 전압 24V로 실험을 진행하여 1.5kW의 풀 로드에서 실험을 하였다. 단, 자화전류를 20μH에서 18μH를 사용하여 실험 결과 파형을 그림 3으로부터 얻을 수 있었으며, 제안된 컨버터는 입력 전압으로 부

터 출력 24V 정전압제어가 되는 것을 확인 하였다. 또한, 변압기를 사용하여 공진인덕터의 전압을 제한시켜 보조스위치가 영전압/영전류 스위칭을 달성하게 함으로써 보조스위치의 스위칭 손실을 발생시키지 않는 것을 확인 하였다.

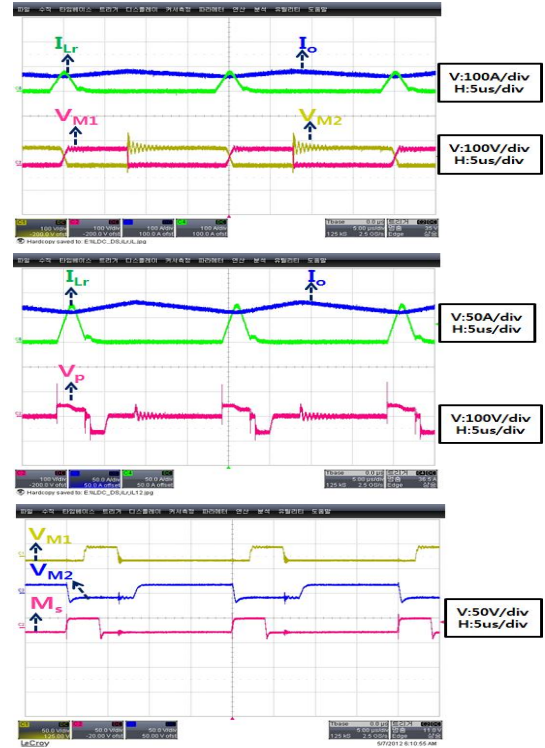


그림 3 하드웨어 측정파형

Fig. 3 Hardware measurement wave

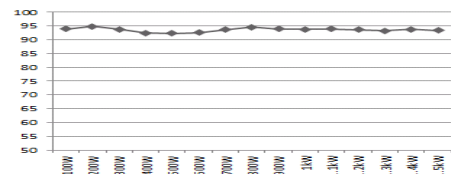


그림 4 제안한 컨버터의 효율

Fig. 4 Efficiency of proposed converter

4. 결론

본 논문에서는 변압기를 사용하여 공진인덕터의 전압을 제한시켜 보조스위치가 영전압/영전류 스위칭을 달성하게 함으로써 보조스위치의 스위칭 손실을 발생시키지 않는 소프트 스위칭 구조를 제안한다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (KETEP에서 부여한 과제번호 : No. 2011T100200280)

참고 문헌

- [1] 김진배, 이용재, 정승태, 김춘성, 박성준, 김광현 "Boost를 이용한 소프트 스위칭 DC/DC 컨버터", 전력전자학회, 전력전자학회 2011년도 학술대회 논문집 2011.7, page(s): 436-437
- [2] Jinrong Qian; Batarseh, I., "Comparison of PWM zero voltage switching (ZVS) DC DC converters with output isolation", Industry Applications Conference, 1995. Thirtieth IAS Annual Meeting, IAS '95., Conference Record of the 1995 IEEE