

벽과 플라이백을 결합한 고압용 SMPS에 관한 연구

황정구*, 김선필*, 박성미**, 이상훈***, 박성준*
 전남대학교*, 한국승강기대학교**, 영남이공대학교***

Study on SMPS for High Voltage Combining Buck and Flyback

J.G. Hwang.*, S.P. Kim.*, S.M. Park.**, S.H. Lee.***, S.J. Park.*
 Chonnam National University*, Korea Lift College**, Yeungnam University College***

ABSTRACT

본 논문에서는 벽 컨버터와 플라이백 컨버터를 직렬로 결합한 회로를 바탕으로 하여 높은 입력전압의 범위를 갖는 새로운 SMPS 토폴로지 및 스위칭기법을 제안하였다. 제안한 고압용 SMPS에서 벽 컨버터는 감압을 위한 온 오프 제어를 행하고, 플라이백 컨버터는 출력전압 제어를 행한다. 제안한 회로는 기존에 특정 목적을 위해 구성된 SMPS의 한계를 극복하고, 다양한 입력전압에 대해 안정된 출력전압을 제어하기 위한 토폴로지이다. 제안된 회로는 PSIM 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 화석연료의 고갈 및 환경문제에 대한 관심의 증가로 신재생에너지에 대한 이용 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 신재생에너지의 발전은 전력변환기가 필수적이다. 전력변환기의 소형 IC 소자 및 전자기기를 위한 DC전원공급용으로써 폭넓게 이용되고 있는 직류전원장치(SMPS)는 스위칭 주파수를 높여 소형 경량화 되고 있으며 변압기와 인덕터 등의 에너지 축적용 소자가 많이 이용되고 있다.^[1] 신재생에너지의 종류와 목적에 따라 SMPS의 입력전압범위가 다양해지며, 특히 DC 1000[V]이상의 직접적인 고압의 입력전압은 스위칭소자의 제약 때문에 SMPS의 제작에 어려움이 따르며, SMPS의 신뢰성을 위하여 스위칭 노이즈 및 서지에 대한 대책이 강구되어야 한다.^[2] 본 논문에서는 높은 입력전압의 범위를 갖는 새로운 SMPS 토폴로지와 스위칭 제어 기법을 제안하였다. 제안된 회로는 벽 컨버터와 플라이백 컨버터를 직렬로 결합한 회로를 바탕으로 벽 컨버터는 고압의 입력전원을 감압하기 위해 온 오프 제어를 행하여 부하에 따라 전류연속모드 또는 불연속모드로 동작하며, 스위칭 턴온시 입력전압에 대한 출력전압의 듀티비를 계산하여 피드포워드로 적용하여 PWM형태로 스위칭함으로써 출력전압의 서지를 감소시키고자 하였다. 플라이백 컨버터는 SMPS의 절연 및 출력전압을 안정화시키기 위한 제어를 행한다. 제안된 회로는 기존의 특정 목적을 위해 구성된 SMPS의 한계를 극복하고, 입력전압의 고압화를 이룰 수 있는 토폴로지이다. 제안된 회로는 PSIM 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 제안된 새로운 가변주파수 변조 기법

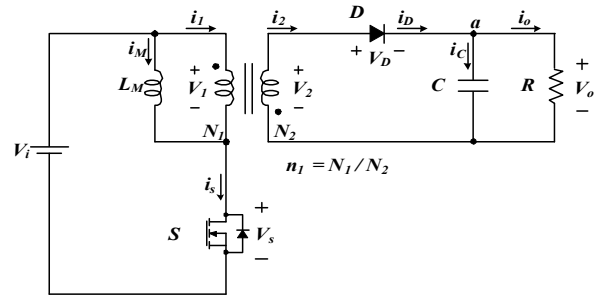


그림 1 기존의 플라이백 컨버터 SMPS 회로
 FIG. 1 Conventional flyback converter SMPS circuit

그림 1은 일반적인 Flyback 컨버터의 동작원리를 설명하기 위한 회로도이다. Flyback 컨버터에 포함되는 변압기의 전기적 절연을 무시하여 등가화하면 Buck Boost 컨버터의 동작원리와 동일하며, 변압기의 권선비 $n_1 (=N_1/N_2)$ 을 적용하면 출력전압의 평균값 V_o 는 다음과 같다.

$$V_o = n_1 \cdot \frac{D}{1-D} \cdot V_i \quad (1)$$

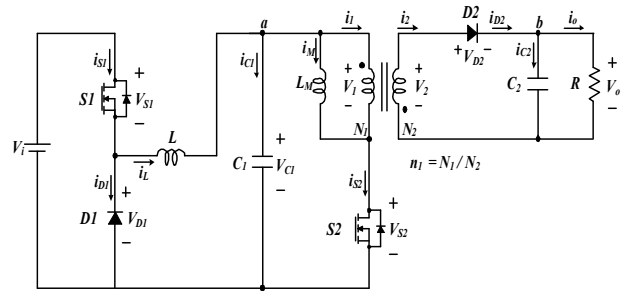


그림 2 제안된 고압용 SMPS를 위한 DC-DC 컨버터
 FIG. 2 Proposal DC-DC converter for high voltage SMPS

그림 2는 제안된 고압용 SMPS를 위한 DC DC 컨버터 회로도이다. 벽 컨버터와 플라이백 컨버터를 직렬로 결합한 형태이며, 벽 컨버터의 출력은 고압의 입력전원이 감압되어 정전압의 형태로 플라이백 컨버터로 입력되어진다. 그림 3은 제안된 고압용 SMPS 토폴로지의 제어 블록도이다. 벽 컨버터부는 출력전압 지령치와 V_{C1} 전압의 오차값에 따라 2개의 모드로 분리

하여 제어되며 오차값이 0보다 클 때는 Duty는 0, 오차값이 0보다 작을 때는 입력전압에 대한 출력전압의 Duty를 계산하여 PWM형태로 스위칭 한다. 이 때 벡 컨버터는 부하에 의해 전류연속모드 또는 불연속 모드로 동작하며 단순한 온 오프 방식이 아닌 피드포워드 형태로 PWM 스위칭 하므로 출력전압의 서지가 감소되는 장점이 있다. 플라이백 컨버터는 일반적인 전압 전류 제어를 사용하여 출력전압을 제어하였다.

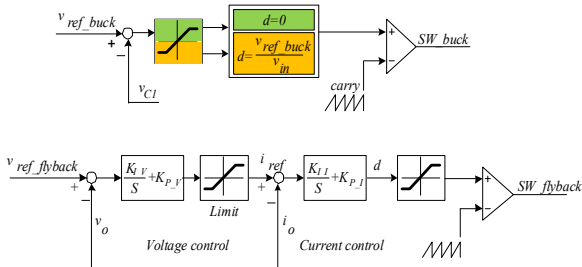


그림 3 제안된 토폴로지의 제어 블록도
FIG. 3 Proposal Topology control block diagram

3. 시뮬레이션

그림 4는 제안된 고승압용 SMPS 시스템을 검증하기 위한 PSIM 시뮬레이션 회로도이다. 구성은 제안된 고승압용 SMPS 컨버터를 사용한 컨버터 1과 기존의 플라이백 컨버터를 사용한 컨버터 2로 구성되어 있다. 스위칭 주파수는 20[kHz]이며, 스위칭 신호 및 알고리즘은 DLL 파일로 구성하였다.

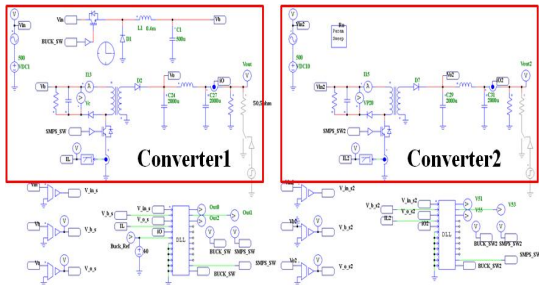


그림 4 SMPS 시뮬레이션 회로도
FIG. 4 SMPS simulation circuit

그림 5는 제안된 토폴로지의 전체 제어동작을 알아보기 위한 시뮬레이션 파형이다. 위에서부터 입력전압, 플라이백 컨버터 출력전압, 벡 컨버터 출력전압, 인덕터 전류, 부하변경을 위한 스텝신호를 나타내고 있다. 파형에서 보는 바와 같이 입력전압이 60[Hz]의 간격으로 100[V]에서 900[V]로 변화될 때 벡 컨버터의 출력전압은 약 40[V]의 안정된 출력전압으로 제어되고 있으며, 최종 출력인 플라이백 컨버터의 전압은 15[V]로 제어됨을 확인하였다. 또한 부하가 50[Ω]에서 4.5[Ω]로 변경되었을 때 약 20[ms]이후에 정상상태에 도달함을 확인하였다.

그림 6은 부하가 200[Ω], 1[kΩ]의 조건에서 기존의 플라이백 컨버터1과 제안된 컨버터2의 출력전압 파형을 나타내었다. 파형에서 보는 바와 같이 기존의 플라이백 컨버터의 출력전압은 200[Ω]에서 오실레이션하면서 감소하고, 1[kΩ]에서 발진형태를 유지하여 전압리플이 상당히 크다. 제안된 컨버터의 경우 파형에서 알 수 있듯이 출력전압 특성은 부하 변동 시 100[ms] 이내에 정상상태에 도달하여 출력전압이 안정됨을 확인할 수 있다.

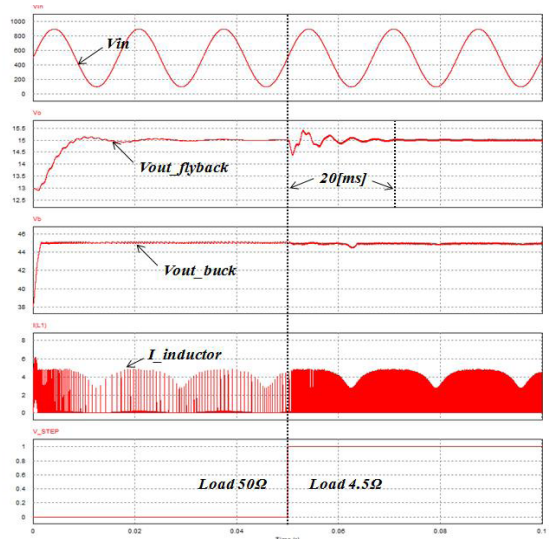


그림 5 전체 시스템 제어 특성 시뮬레이션 결과
FIG. 5 Entire system control characteristic result

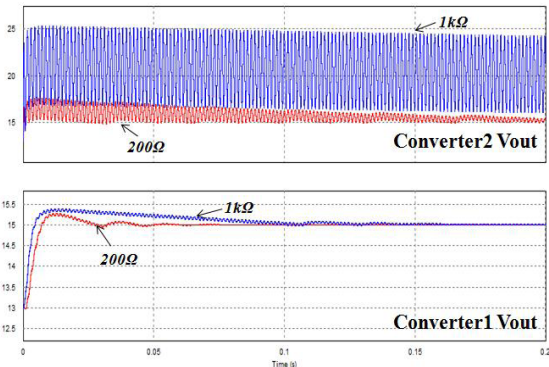


그림 6 컨버터1,2 부하별 제어 특성 비교 결과
FIG. 6 Converter 1 and 2 control characteristic comparison result according to loads

4. 결론

본 논문에서는 벡 컨버터와 플라이백 컨버터를 직렬로 결합한 높은 입력전압 범위를 갖는 새로운 SMPS 토폴로지를 제안하였다. 또한 토폴로지와 적용되는 제어 기법을 PSIM 시뮬레이션에 적용하여 입력전압 변동과 부하 변동시 출력전압이 안정된 상태에 도달함을 확인하였으며, 기존의 컨버터와 제어특성을 비교하여 제안된 토폴로지의 타당성을 검증하였다. 제안된 토폴로지는 전자 기기 및 전력변환기의 전원공급장치에 폭넓게 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] B.W. Park, K.S. Kim, S.K. Lim, H. Lee and S.J. Park, "Grid tied inverter of High Efficiency using flyback converter", The Korean Institute of Power Electronics, pp.88 90, 2009.
- [2] S. A. Kim, K. H. Yang, S. G. Kang, M. H. Heo, S. H. Lee and S. J. Park, "New Topology Design for High Voltage SMPS Realization", The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.293 294, 2012, April