

불연속 벌스터 모드를 이용한 고압 SMPS

이정환*, 박성미**, 박성준*
 전남대*, 한국승강기대**

A study on the High-Voltage SMPS using Discontinuous Burst Mode

Jung-Hwan Lee*, Seong-Mi Park**, Sung - Jun Park*
 Chonnam National University*, Korea Lift College**

ABSTRACT

고압입력을 이용한 저출력용 SMPS에서 특히 경부하 시 스위칭 과도손실분으로 인하여 고효율화가 어려운 실정이다. 본 논문에서는 저출력용 고압 SMPS 제어를 위해 일반적인 전류제어 관점에서 탈피하여 전력제어 관점에서 스위칭을 행하는 새로운 개념의 스위칭 기법을 제안한다

1. 서론

최근 에너지의 효율적 수급을 위해 AC 전력전송시스템에서 DC 전력전송 시스템으로 변화가 되고 있는 추세에 있다. DC 전력전송 시스템으로 연구가 활발히 이루어지고 있는 대표적인 분야는 HVDC, Smart Grid, 직류송배전 등 이다. 이러한 고압 DC 전력전송시스템은 반도체장비인 전력변환기를 실장하고 있어 이를 구동하기 위한 고압 DC입력을 이용한 제어용 SMPS 장치가 필수적이다.^[1] 따라서 본 논문에서는 넓은 입력전압 변동범위에서 동작하는 저출력용 HVDC MMC용 제어전원용 SMPS에 적합한 2단 방식의 SMPS구조를 제안하고, 저출력용 고압 SMPS 제어를 위해 일정 에너지제어 관점에서 스위칭을 행하는 새로운 개념의 일정 에너지 스위칭 기법을 제안한다

2. 넓은 입력범위를 갖는 고압 SMPS

2.1 HVDC MMC용 SMPS의 특징

넓은 고압 입력전압 변동으로 구동되는 HVDC MMC용 SMPS는 높은 절연내력으로 낮은 스위칭 주파수로 동작하며, 낮은 전압이득으로 인하여 낮은 시비율로 동작한다. 이러한 조건은 기존 플라이백 컨버터를 사용하여 설계하기는 현실적으로 어려운 실정이다. 따라서 방전저항과 초기충전회로 및 전압검출회로를 SMPS에서 하이브리드화 한다면 시스템효율 상승에 도움이 될 것으로 사료된다. 그림 1은 Half bridge type MMC의 구조와 보조 전원인 SMPS의 역할을 나타내고 있다. 현재 MMC의 전압은 고압화 추세에 있으며, 방전저항 R_d 와 Bypass 사이리스트 및 기계적 스위치로 구성되어 있다. 또한 HVDC 주제어기는 직렬로 연결된 각 MMC의 전압 밸런싱 제어가 필수적이다.

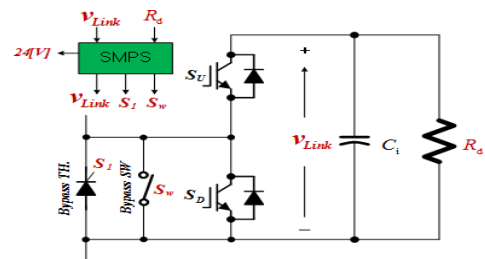


그림 1. MMC의 구조 및 SMPS의 역할

Fig. 1 Structure of MMC and Role of SMPS

2.2 넓은 입력범위를 갖는 고압 SMPS 구조

본 논문에서는 효율적 구동을 위해 입력전압이 변동하더라도 일정 출력전압을 출력하는 비절연형 감압컨버터를 이용하고 일정 입력전압으로 구동되는 일정 출력전압을 형성하는 절연형 플라이백 컨버터를 사용하는 2단 방식의 전력변환기 개념도를 그림 2와 같이 제안한다. 그림 2에서 입력전압이 500[V]에서 3,000[V]가 변하더라도 출력전압은 300[V]로 정전압을 유지하는 비절연형 감압컨버터를 사용한다. 절연형 플라이백 컨버터는 300[V] 정전압에서 24[V] 정전압으로 제어하게 된다. 또한 초기 충전회로는 초기에만 동작하도록 한다.

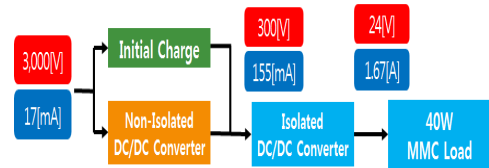


그림 2. 제안된 고압 SMPS 블록도

Fig. 2 High-pressure SMPS block diagram

그림 3은 제안된 고압용 SMPS의 파워부 토폴로지를 나타내고 있다. 감압용 비절연 컨버터는 일반적인 Buck 컨버터로 구성하였으며, 절연형 플라이백 컨버터는 소프트 스위칭이 가능한 새로운 플라이백 컨버터로 구성하였다.

2.3 일정 에너지 출력을 위한 스위칭 방식

그림 4는 비절연형으로 사용된 감압형 컨버터를 나타내고 있다. 본 컨버터의 연속모드에서 입력전압 500[V] 3,000[V]에서 출력전압 300[V]로 유지하기 위해서는 시비율(d)이 0.6 0.1이되고, 약 46[W] 출력을 발생하기 위한 인덕터의 평균전류는 약 155[mA]

가 된다. 연속모드로 제어할 경우 연속모드 조건은 식 (1) 과 같다.

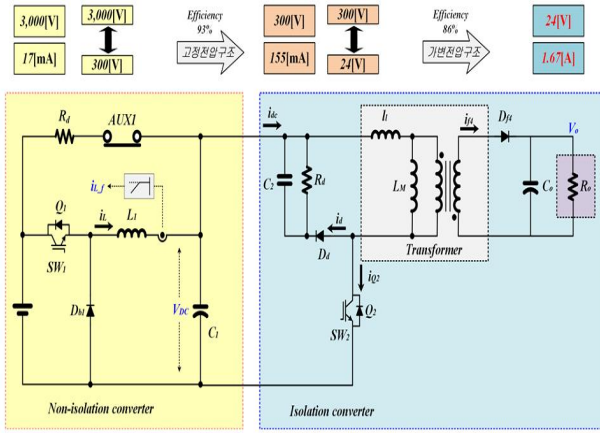


그림 3. 제안된 고압 SMPS 구조
Fig. 3 The proposed high-pressure SMPS structure

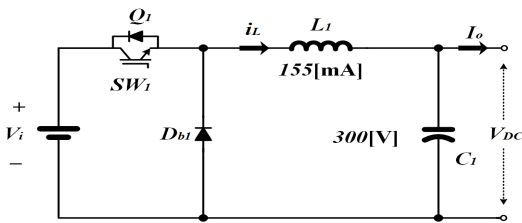


그림 4. 감압형 컨버터
Fig. 4 Pressure Reducing Converter

$$L_1 \geq TV_{dc} \frac{1-d}{2I_o} \quad (1)$$

식 (1)의 의해 인덕터를 산출할 경우 인덕터스 값은 매우 큰 값이 된다. 컨버터는 큰 시정수를 갖게 되어 입력전압 또는 부하 변동에 따른 안정적인 출력 유지에는 어려움이 있다. 또한 인덕터의 평균전류가 적은관계로 스위치소자의 과도손실은 전체손실에서 크게 나타나는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 컨버터를 불연속모드로 동작한다.

3. 시뮬레이션 결과

그림 5는 시뮬레이션 결과로 그림 5(a)는 출력파워와 출력전압을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 출력이 20[W]에서 40[W]가 변화더라도 출력전압은 10[ms]후 안정된 전압을 형성함을 알 수 있다. 그림 5(b)는 비절연형 감압컨버터와 절연형 플라이백 컨버터의 스위칭 시비율을 나타내고 있다. 감압컨버터는 일정 에너지를 전달하기 위해 입력전압 변동에 따라 시비율이 0.05에서 0.45로 변하여 출력전압을 300[V]로 안정적으로 형성하고, 절연형 플라이백 컨버터는 정 전압입력에서 정전압 출력이 되도록 시비율이 변하게 된다. 그림 5(c)는 플라이백 컨버터 RDC 스너버의 전압을 나타내고 있으며 전압은 약 120[V]로 나타났다.

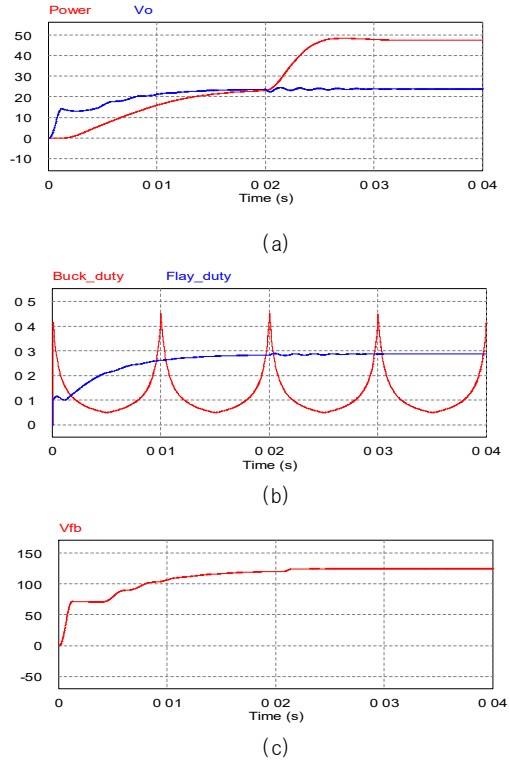


그림 5 시뮬레이션 회로도
Fig. 5 Simulation circuit

4. 결론

본 논문은 넓은 입력전압 범위를 갖는 HVDC MMC용 제어 전원용 SMPS에 적합한 감압 컨버터와 플라이백 컨버터가 결합한 2단방식의 SMPS구조를 제안하고, 입력전압 변동에 강한 일정 에너지제어를 출력할 수 있는 새로운 스위칭 기법을 제안하였다.

제안된 방식 감압컨버터의 제어방식은 불연속 전류제어모드에서 일정 에너지를 출력할 수 있는 스위칭 방식이며 출력전압 제어는 출력전압을 검출하여 불연속 주파수 제어에 의해 행해진다. 시뮬레이션 결과 100[%]부하 변동 시에도 비절연형 감압컨버터의 출력전압은 변동없이 안정적으로 동작함을 알 수 있었으며, 절연형 플라이백 컨버터는 일정 입력 전압에서 일정출력 전압을 출력하므로 고효율화가 가능할 것으로 사료된다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(NO. 20171210201100)

참고 문헌

[1] M. P. Bahrman and B. K. Johnson, "The ABCs of HVDC transmission technologies," IEEE Power Energy Mag, vol. 5, no. 2, pp. 32-44, Mar/Apr. 2007.
[2] Gnanarathna. U.N., Cole. AM, Jayasinghe. RP., "Efficient Modeling of Modular Multilevel HVDC Converters (MMC) on Electromagnetic Transient Simulation Programs", IEEE Trans. Power Del., Vol. 26, No. 1, pp. 316-324, Jan. 2011.