

소형 고밀도 DC/DC 트랜스포머에 관한 연구

박성미¹, 양지훈², 레동부², 이정환², 박성준³
 한국승강기대¹, 지엔이피에스², 전남대³

A Study on Small High Density DC / DC Transformers

Seong Mi Park¹, Ji Hoon Yang², Tuan Vu Le², Jung Hwan Lee², Sung Jun Park³
 Korea Lift College¹, G&EPS², Chonnam National University³

ABSTRACT

고압 DC 입력을 갖는 SMPS에서 넓은 입력전압 영역에서 동작하기 위해서는 기존 플라이백 방식으로는 그 한계가 있다. 따라서 넓은 입력전압 영역에서 동작하기 위해서는 2단방식의 SMPS의 적용이 고려될 수 있다. 2단 방식 SMPS를 적용할 경우 각 단 중 1단에만 전압제어를 행하고 나머지 1단은 단순히 DC/DC 트랜스포머 역할을 하게 되면 효율증대를 꾀할 수 있다. 본 논문에서는 전압제어용 DC/DC 컨버터와 DC/DC 트랜스포머용 DC/DC 컨버터를 결합한 SMPS를 제안하고 그 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 HVDC, Smart Grid, 직류송배전 등 DC 에너지를 이용한 전력전송에 대한 실증 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 DC 전력전송시스템에서 전력변환기 제어를 위해서는 DC 입력을 이용한 SMPS 채용이 필수적이다. 그러나 현재까지 AC전원을 이용한 SMPS에 대한 연구가 주류를 이루고 있으나 DC 전원을 이용한 SMPS는 수요가 적어 이에 대한 개발이 미비한 실정이다. 특히 HVDC와 같은 여러 개의 전력변환기를 직렬로 사용하는 경우 시스템 보호를 위한 맞춤형 SMPS 개발이 절실히 요구되고 있으며, MMC(Multi Modular Converter)의 고압화에 따른 SMPS 고압화도 향후 필수적이라 사료된다.^[1]

2. MMC용 SMPS

그림 1은 Half bridge type MMC의 구조와 보조전원인 SMPS의 역할을 나타내고 있다. 현재 MMC의 전압은 2,000[V] 선에서 제작되고 있으며, 방전저항 R_d 와 Bypass 사이리스트 및 기계적 스위치로 구성되어 있다. 현재 MMC에 장착된 SMPS의 사양은 300[V]에서 3000[V]에서 동작하는 것이 일반적이다. 현재 MMC 모듈은 반도체 스위치의 고압화 추세에 맞추어 경제성면에서 고압화 추세로 진행되고 있다. 부가적으로 SMPS는 고압 DC 입력전압 원격 계측을 위한 정보로 SMPS에서 그 정보전달 기능을 내장하는 것이 바람직하다. 또한 DC 전원에서 방전저항 R_d 의 의해 전체시스템 효율이 약 0.1~0.2% 저감되며, 열 방출하는 구조가 문제되므로 SMPS에서 그 기능을 담당하여 고효율화에 기여하여야 한다. 주 제어기나 통신 두절로 인한 MMC 사고 시 Bypass를 위한 사이리스터 및 스위치 신호를 발생할 수 있는 알고리즘을 개발하여 대형 사고를

미연에 방지하는 기술이 내장되어야 한다.

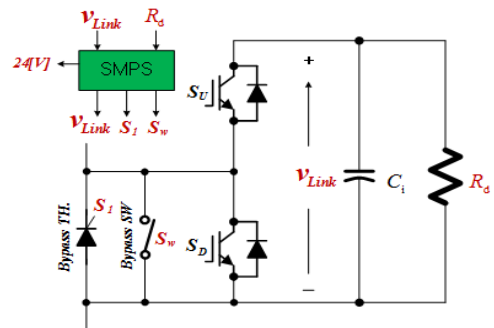


그림1. MMC의 구조 및 SMPS의 역할
 Fig. 1 Structure of MMC and role of SMPS

그림 2는 본 논문에서 제안하는 Buck Converter와 LLC 컨버터 결합형 DC/DC Converter를 나타내고 있다. 제안된 2단 컨버터의 구동 특징으로는 광범위한 입력전압 구동을 위한 Buck Converter를 사용하였으며 이 컨버터는 출력전압을 약 190[V]로 제어하게 된다. 또한 고효율을 위한 DC/DC 변압기 타입 LLC Converter는 이득이 1인 공진주파수로 구동하는 고효율 DC/DC 트랜스포머로 동작하게 된다. 따라서 본 컨버터의 최저 구동전압은 190[V]가 되며 최대전압은 Buck Converter의 스위치 내압에 의해 결정된다. 또한 LLC Converter는 변압기 자화 인덕턴스를 공진요소로 사용하고 전 부하 영역에서 ZVS 가능하며, 구동영역은 그림 3에 나타난 DC특성표의 최대 에너지 전달 효율의 공진 포인트 근처로 설계함으로 입력 및 부하의 변동에도 좁은 주파수 범위로 동작하여 고효율화 가능하게 하였다.

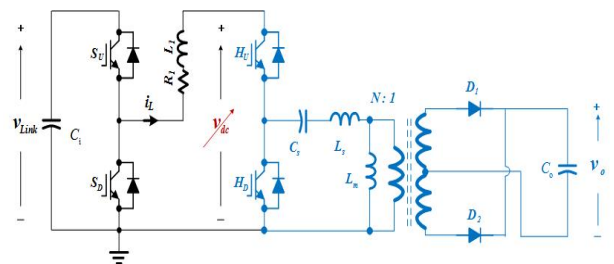


그림 2 Buck Converter LLC 컨버터 결합형 DC/DC Converter
 Fig. 2 Buck Converter LLC Converter Combined DC / DC Converter

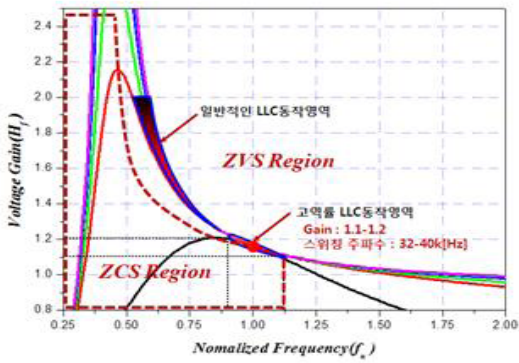


그림 3 LLC 컨버터의 이득 특성
Fig. 3 Gain Characteristics of LLC Converters

LLC Converter의 이득은 아래와 같다.

$$M = \frac{1}{1 + A - \left(\frac{1}{f_n}\right)^2 \left(A + \frac{B}{1+B} + jQ(1+B) \left(f_n - \frac{1}{f_n} \right) \right)} \quad (1)$$

3. 시뮬레이션 결과

그림 4는 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위한 Psim 시뮬레이션 회로도이다.

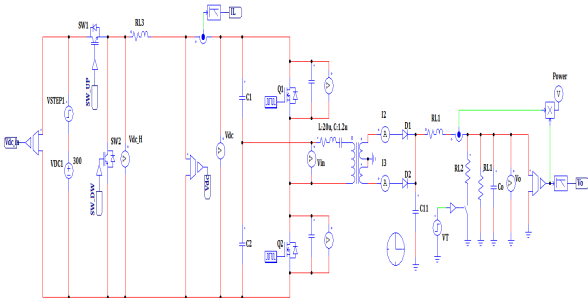


그림 4 시뮬레이션 회로도
Fig. 4 Simulation circuit diagram

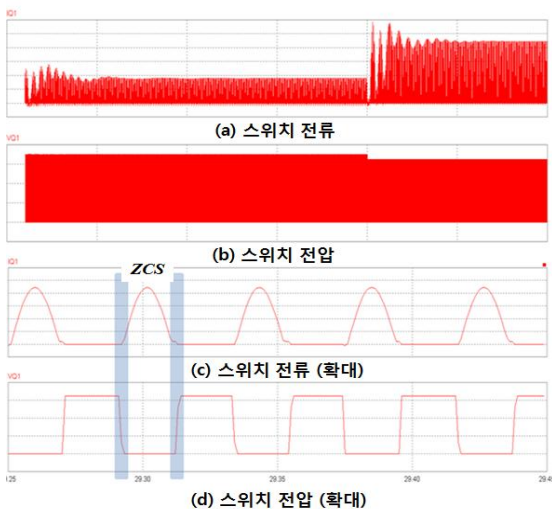


그림 5 LLC 컨버터 시뮬레이션 결과
Fig. 5 LLC converter simulation results

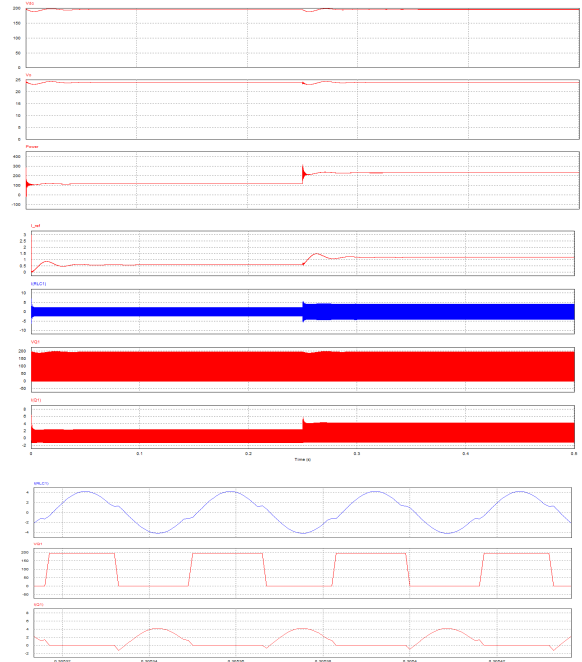


그림 6 전체 시스템 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Overall system simulation results

그림 45는 고효율 DC/DC 트랜스포머로 동작하는 LLC 컨버터에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 보는바와 같이 스위치 온, 오프 시 소프트 스위칭이 이루어짐을 알 수 있다.

그림 6은 100[W]에서 220[W]로 변동한 경우 전체 시스템에 대한 시뮬레이션 결과이며 부하 변동 시에도 Buck 컨버터는 190[V]를 유지하고 그 결과 고효율 DC/DC 트랜스포머 출력 또한 24[V]를 유지함을 알 수 있다. 또한 Buck 컨버터의 리액터 전류도 부하에 대응하여 양호한 응답을 보임을 알 수 있고, 신호를 확대한 결과 LLC 컨버터 스위치는 온, 오프 시 소프트 스위칭이 이루어짐을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 SMPS에서 넓은 입력전압 영역에서 동작하기 위해서는 전압제어용 Buck type DC/DC 컨버터와 DC/DC 트랜스포머용 DC/DC 컨버터를 결합한 새로운 SMPS를 제안하였다. 제안된 SMPS는 Buck type DC/DC 컨버터에 의해 넓은 입력전압 영역에서 동작이 가능하였고, LLC type DC/DC 트랜스포머용 DC/DC 컨버터에 의해 Buck 컨버터의 낮은 시비율 동작을 보완하였다.

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

참고 문헌

[1] Seonghyun Kang, Moonseon Jeong, Sungjun Park, Jaeha Ko, Chaejoo Moon, "Power Transmission Loss Analysis Between the Load and the Energy Storage System in a DC Power Distribution Sys," The Korean Society for New and Renewable Energy, pp 120 120, 2016.