

ESS 제어기용 고압 SMPS에 관한 연구

김교*, 김수연*, 박성준*
전남대학교*

A Study on High Voltage SMPS for Controller of the ESS

Jiao-Jin*, Soo-Yeon Kim*, Sung-Jun Park*
Chonnam National University*

ABSTRACT

본 논문은 ESS나, 고압 DC 전압을 입력으로 받아 주변 제어기 제어보드의 전력을 공급하기 위한 새로운 고압 SMPS 토폴로지를 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 고압 SMPS의 사양은 최근 고압화 추세인 ESS 전압을 허용할 수 있는 최대 입력전압이 1800[V]이며 출력전압이 24[V]이다. 제안된 토폴로지는 단일 고압 전력 소자 사용의 경제성을 극복하기 위해 분할 콘덴서를 이용한 전압 분배 형태로 구성하고, 전압의 동일한 분배를 위해 파워드 컨버터를 사용하였다. 제안된 토폴로지를 PSIM에서 시뮬레이션 하여 타당성을 검증하였다.

1. 서 론

최근 전력문제가 심각하게 발생하고 있는 시점에서 에너지의 효과적인 운용을 위해 전력사용량이 적은 특정 시간대에 에너지를 배터리에 충전하고, 전력피크 소비 시간대에 저장된 에너지를 계통으로 소비하여 예비전력으로 활용 가능한 대용량 에너지 저장 시스템(Energy Storage System)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.^[1] ESS 시스템의 대용량화를 위해서는 배터리의 직렬 개수 증가가 필수적이며 이로 인하여 ESS 전압 고압화가 급속히 진행되고 있다. 따라서 고압 ESS 시스템에서 제어를 위한 전원을 공급하기 위해서는 고압 SMPS가 필수적이다.

본 논문에서 MOSFET를 이용한 절연형 2 스위치 파워드 컨버터 3조를 분할 콘덴서 전원으로 사용하여 구성하고 출력을 병렬로 구성하는 새로운 SMPS 토폴로지를 제안하였다. 본 토폴로지는 최대 전압이 1800[V] 받아 ESS 제어를 위해 고압 SMPS용 컨버터 토폴로지로서 사용하였다. 또한 제안된 SMPS 토폴로지 방식을 PSIM에서 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 Two-switch Forward converter

포워드 컨버터(Forward converter)는 상대적으로 간단하고 널리 사용되는 토폴로지이며 또한 절연 변압기를 이용하여 출력을 제공할 수 있다는 장점이 있다. 변압기의 턴 비율을 적절하게 선택함으로써 다양한 출력 전압을 구현이 가능하다. 하지만 포워드 컨버터에서 듀티비가 클수록 스위칭 소자의 전압 스

트레스가 커지게 되고 각 스위칭 소자에 걸리는 전압은 높아짐으로 고압 SMPS에 본 토폴로지를 적용하는 것은 적합하지 않다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해 2 스위치 파워드 컨버터를 이용한 SMPS 구성이 필요하다.

2.2 제안하는 1800V 고압 SMPS 토폴로지

그림 1은 본 논문에서 제안하는 고압 SMPS 토폴로지로서 기존의 2 스위치 파워드 컨버터 3조를 분할 콘덴서 전원으로 사용하여 구성하고 출력을 병렬로 구성하였다. 본 토폴로지에서는 전압을 분할하기 위한 3개의 직렬로 연결된 커패시터 값은 동일하게 하였다. 전압 분할용 각 콘덴서 뒷단에 2개의 스위칭 소자와 2개의 다이오드로 구성된 파워드 컨버터로 구성하고 변압기를 연결하여 절연을 하였다. 각 변압기 2차 측은 출력 측에 다이오드(d₁-d₃)를 이용하여 병렬로 연결되어 있다. 이러한 변압기 출력을 다이오드를 통하여 출력이 병렬로 연결하는 구조로 인하여 분할 콘덴서의 전압 밸런싱이 가능한 구조가 본 토폴로지의 특징이다.

그림 2는 본 논문에서 제안하는 고압 SMPS 토폴로지의 스위치에 따른 등가회로를 나타낸다. 그림 (a)의 Mode 1은 스위치 6개 동시에 ON는 경우이며 이때 각 컨버터에서 출력 측으로 전력을 전달하게 되며 그 값은 그림 (b)의 등가회로에서 구할 수 있다. 이 때 Z는 컨버터의 출력임피던스이다. 그림 (c)의 Mode 2는 스위치 6개 동시에 OFF되고 변압기의 1차 측 전류가 존재하는 경우이며, 그림 (d)의 Mode 3는 스위치 6개 동시에 OFF되고 변압기의 1차 측 전류가 영인 경우이다.

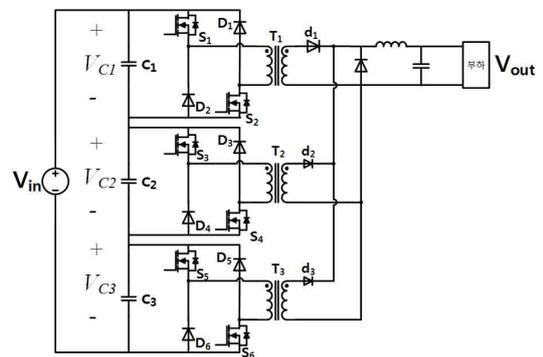


그림 1 제안된 고압 SMPS 회로 구성
Fig. 1 The proposed high-pressure SMPS circuit configuration

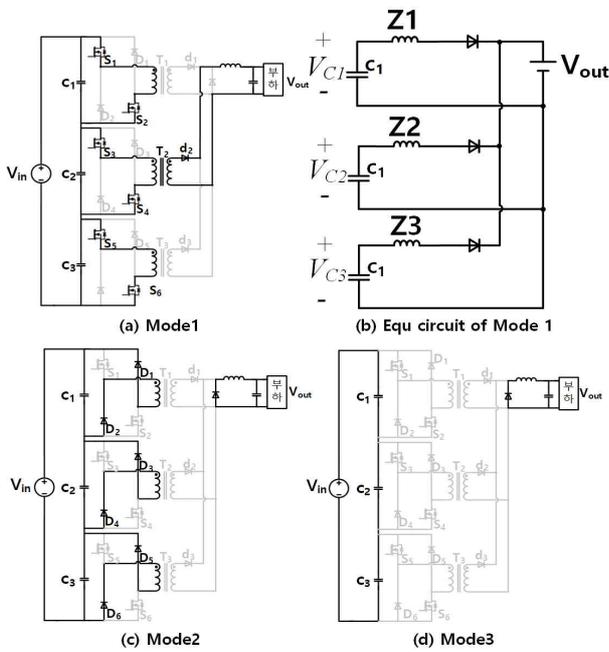


그림 2 제안하는 고압 SMPS 스위칭 패턴
Fig. 2 The proposed high-pressure SMPS switching pattern

2.3 PSIM 및 시뮬레이션

그림 3은 제안된 토폴로지의 타당성을 검증하기 위해 제안된 고압 SMPS 회로도를 보여주고 있다.

그림 4는 각 변압기 출력 단에 직렬로 연결되어 있는 다이오드 (d1-d3) 순방향 전류를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 초기에는 출력 임피던스가 적은 d1 순방향 전류가 크게 나타나, 전상상태에서는 3개의 출력전류가 거의 일치함을 알 수 있다.

그림 5는 입력전압이 1800[V] 받아 고압 SMPS 출력 결과를 나타내고 있다. 변동 점은 추가한 부하에 대해 출력전압이 잠깐 떨어진 것을 보였지만 입력전압 1800[V]에 대해 정상적인 24V 출력을 유지한 것을 확인할 수 있다

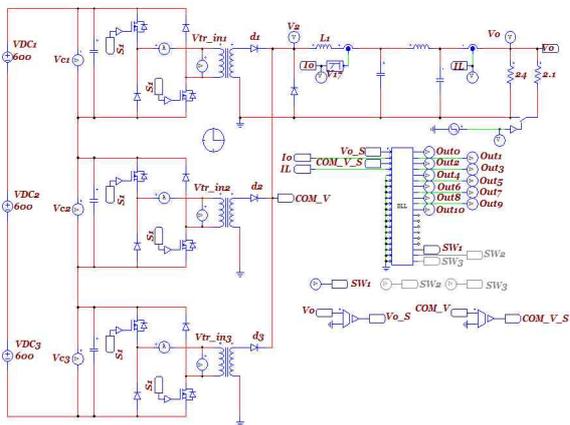


그림 3 제안한 고압 SMPS 알고리즘 회로도
Fig. 3 The proposed high-pressure SMPS algorithm circuit diagram

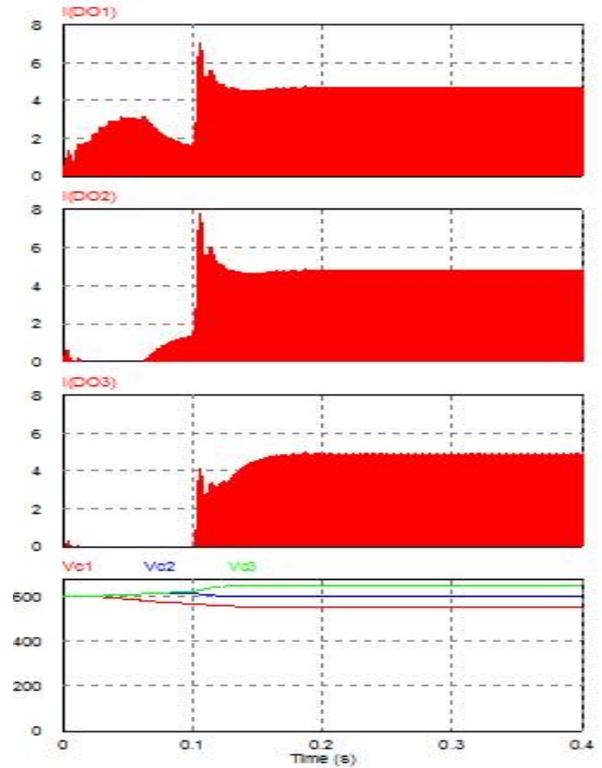


그림 4 다이오드 순방향 전류
Fig. 4 Diode forward current

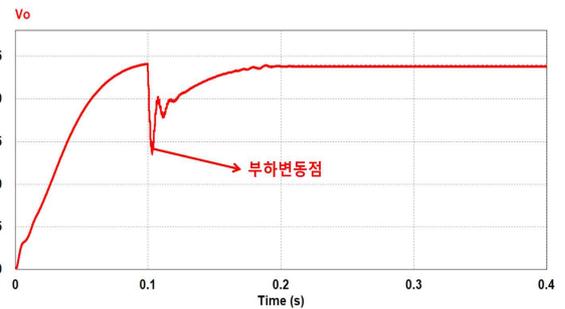


그림 5 출력 전압
Fig. 5 Output voltage

3. 결론

본 논문에서, ESS 제어에 적용을 위한 고압 SMPS를 제안하고, PSIM 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증 하였다. 제안한 토폴로지로 최대 전압이 1800[V] 받아 ESS 제어를 위해 출력전압이 24(V)로 유지할 수 있는 것을 보였다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 2019년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음 (과제번호:R18XA04)

참고 문헌

[1] Y.W. Kim, C.H. Lee : “Development of 1.8MW-class Battery Charger & Discharger for ESS“, Proceedings of the The Korean Institute of Power Electronics, pp. 184-185, 2013, November.