

양극성 저압 직류배전망에서 전압강하 복구를 위한 2상 인터리브드 IPOS DC-DC 컨버터 기반 전압 밸런서

박태화*, 박정민*, 박윤지*, 원충연*
성균관대학교*

A Voltage Balancer Based on Two Phase Interleaved IPOS DC-DC Converter for Voltage Drop Compensation in Bi-polar LVDC

Tae Hwa Park*, Jung Min Park*, Yun Ji Park*, Chung Yuen Won*
Sungkyunkwan University*

ABSTRACT

본 논문에서는 양극성 저압 직류배전망에서 전압강하 발생 시 에너지저장시스템(ESS)을 이용한 2상 인터리브드 IPOS(Input Parallel Output Series) DC DC 컨버터 기반의 전압 밸런서를 제안한다. ESS와 직렬로 연결된 전압 밸런서는 입력은 병렬로, 출력은 직렬 구성되어 있으며, 이러한 구성은 한 개의 ESS를 통해 두 개의 배전망을 제어할 수 있다. 제안하는 전압 밸런서는 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

양극성 배전망에서 전압 밸런서는 그림 1과 같이 양극성 배전망을 구성하거나 양극성 배전망 사이 전압불균형 제어를 위해 사용된다.^[1] 또 다른 연구에서의 양방향 벡 부스트 컨버터 기반의 전압 밸런서의 경우에는 배전망측의 전압 불균형 해소를 위한 밸런싱 수행뿐만 아니라 양방향 벡 부스트 컨버터를 추가하여 총 부하 전압을 조절할 수 있는 토폴로지를 구성하고 있다.^[2] 기존 연구사례들을 바탕으로, ESS와 전압 밸런서를 직렬로 연결하여 양극성 배전망에 연결 시 ESS내 저장되는 에너지를 활용하여 양극성 배전망 내 전압강하 복구에 대응할 수 있다. 하지만 기존 제안된 전압 밸런서를 활용할 경우 구조적으로 380[V]단 전압 제어만 가능하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해, 본 논문에서는 각각의 $\pm 380[V]$ 단에서 전압강하 발생 시 이를 대응할 수 있는 2상 인터리브드 IPOS(Input Parallel Output Series) DC DC 컨버터 기반의 전압 밸런서를 제안한다.

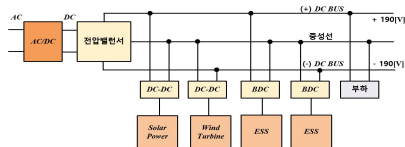
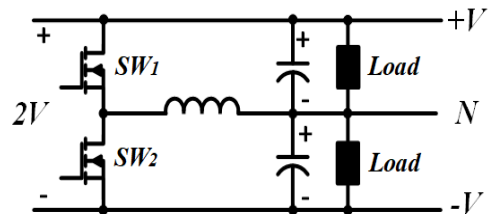


그림 1 전압 밸런서를 가진 일반적인 저압 직류 배전망 구성
Fig. 1 The general configuration of LVDC with voltage balancer

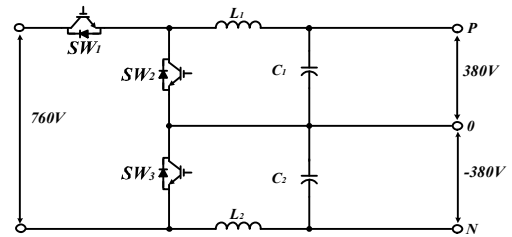
2. 본론

2.1 제안하는 양극성 DC-DC 컨버터 기반 전압 밸런서

일반적인 양극성 저압배전망은 각각의 직류배전망에 ESS가 연결된다.



(a) 기존의 양방향 DC-DC 컨버터 기반의 전압 밸런서



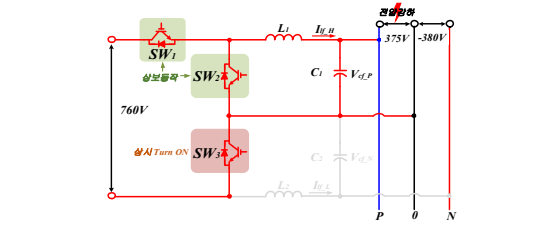
(b) 제안하는 2상 인터리브드 IPOS DC-DC 컨버터 기반의 전압 밸런서

그림 2 DC-DC 컨버터 기반의 전압 밸런서 비교
Fig. 2 The comparison of voltage balancers based on DC-DC converter

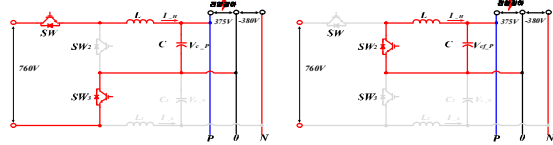
그림 2의 (a)는 기존 연구사례 중 가장 많이 사용되는 양방향 DC DC 컨버터 기반의 전압 밸런서를 나타낸다. 양극성 저압 직류배전망에서, 기존 전압 밸런서의 출력은 760[V]이며 전압 밸런서 내 스위치는 중성점 제어를 수행한다. 즉, 각각의 저압 직류배전 단 전압제어가 불가능하다. 본 논문에서 제안하는 전압 밸런서를 이용하여 하나의 ESS로 양극성 배전망의 전압강하에 대응한다. 그림 2의 (b)와 같이 제안하는 전압 밸런서는 두 개의 양방향 컨버터가 인터리브드(Interleaved)구조로 되어 있으며 입력은 병렬, 출력은 직렬구조인 IPOS DC DC 컨버터를 기반으로 구성된다.

2.2 제안하는 전압 밸런서 동작설명

저압배전망에서 전압강하 조건은 크게 세 가지로 나뉘게 되며, 각각 +380[V]단 전압강하, 380[V]단 전압강하, 양극성 단 전압강하이다. 따라서 이를 해결하기 위해 제안하는 전압 밸런서의 동작은 다음의 3가지로 나눌 수 있는데, 각각에 대한 전압강하 복구 동작이다. 각각의 전압강하에 대한 주요 스위칭 동작은 그림 3~5과 같다.



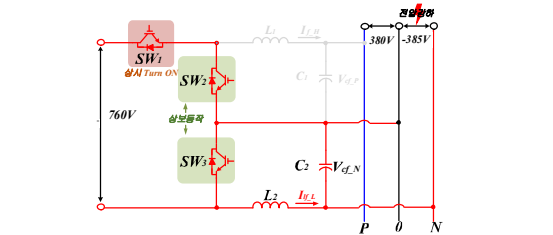
(a) 제안하는 전압 밸런서의 스위칭 방법



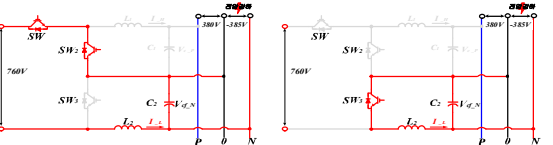
(b) +380[V]단 전압강하 발생 시 주요스위칭 동작

그림 3 +380[V]단의 전압밸런싱을 위한 제안하는 전압 밸런서 동작
Fig. 3 The operation of proposed voltage balancer for voltage balancing of positive terminal

+380[V]단에 전압강하가 발생하였을 시, 제안하는 전압 밸런서는 그림 3의 (a)와 같이 동작한다. SW₁과 SW₂가 서로 상보 동작하게 되며, 그림 3의 (b)와 같이 한주기 동안 SW₁, SW₃가 ON이 되고 다른 한 주기 동안 SW₂ 스위치만 턴 온이 되어 전압강하 복구를 수행하게 된다.



(a) 제안하는 전압 밸런서의 스위칭 방법



(b) -380[V]단 전압강하 발생 시 주요스위칭 동작

그림 4 -380[V]단의 전압밸런싱을 위한 제안하는 전압 밸런서 동작
Fig. 4 The operation of proposed voltage balancer for voltage balancing of negative terminal

380[V]단에 전압강하가 발생하였을 때 유사한 동작으로 전압강하 복구동작을 수행한다. 그림 4의 (a)와 같이 SW₂와 SW₃가 서로 상보동작하고, 각 주기마다 스위치가 그림 4의 (b)와 같이 동작하여 전압강하 복구를 수행하게 된다.

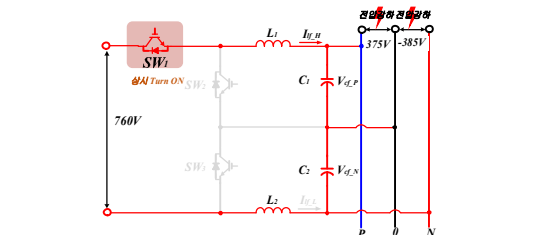
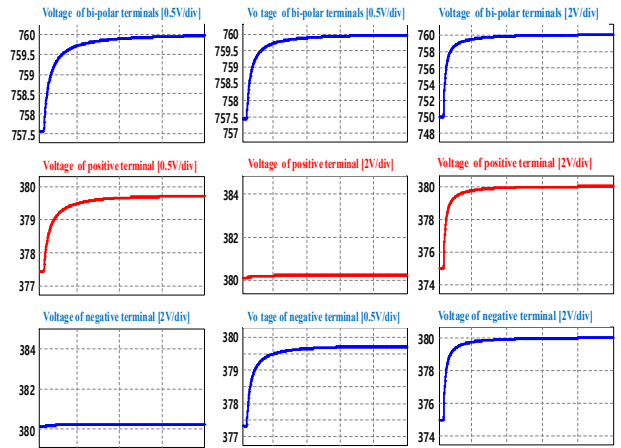


그림 5 양극성 단 전압밸런싱을 위한 제안하는 전압 밸런서 동작
Fig. 5 The operation of proposed voltage balancer for voltage balancing of bi-polar terminal

그림 5과 같이 SW₂과 SW₃를 OFF시키고 SW₁의 스위칭을 통해 양단의 전압강하에 대한 전압강하 복구 동작을 수행한다.

3. 시뮬레이션

제안하는 전압 밸런서의 타당성을 검증하기 위해, PSIM 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 6는 세 가지 전압강하조건에 대한 시뮬레이션 결과 파형이다.



(a) +380[V]단 전압강하 (b) -380[V]단 전압강하 조건 (c) 양극성 단 전압강하 조건

그림 6 ±380[V] 및 양극성 단 전압강하조건에서의 시뮬레이션 파형

Fig. 6 The simulation wave forms when voltage drop condition of ±380[V] and bi-polar terminal

그림 6와 같이 각 단에 5[V]의 전압강하 발생 시 제안하는 전압 밸런서를 통해 ±380[V]단의 경우 기존의 380[V]로 복구됨을 확인하였으며, 양극성단 또한 기존의 760[V]로 복구됨을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 양극성 저압 직류배전망의 에너지저장시스템(ESS)을 위한 양극성 DC DC 컨버터 기반의 전압 밸런서를 제안하였다. 기존에 제안되었던 전압 밸런서의 경우, ESS와 연계 시에 +380[V]단의 밸런싱을 하지 못한다는 단점과 2개의 ESS를 사용해야 한다는 단점을 보완하기 위해 IPOS 양극성 DC DC 컨버터 기반 전압 밸런서를 제안하였고, 시뮬레이션을 통해 전압 밸런싱 동작의 타당성을 검증하였다.

본 연구는 2018년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다. (No. 20184030202190)

참고 문헌

[1] Fei Wang, Topology Deduction and Analysis of Voltage Balancers for DC Microgrid, IEEE, Inc. pp. 672-680, 2016, December.
[2] Chi Zhang, "A Bi-directional Buck/Boost Voltage Balancer for DC Distribution System", IEEE, pp. 9-13, 2013, June.