

# 저압 직류 배전 시스템을 위한 전압 밸런서가 내장된 절연형 양방향 DC-DC 컨버터

신기웅\*, 이희준\*, 현승욱\*, 홍석진\*, 원충연\*  
성균관대학교\*

## Isolated Bi-directional DC-DC Converter Containing Voltage Balancer for LVDC Distribution System.

Ki Woong Shin\*, Hee Jun Lee\*, Seung Wook Hyun\*, Seok Jin Hong\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 저압 직류 배전 시스템의 구성방법 중 하나인 Bipolar System을 사용할 때 서로 다른 부하용량으로 인하여 발생하는 전압 불균형 문제를 보상하는 전압밸런서와 절연형 양방향 DC DC 컨버터가 결합된 토폴로지를 제안하였다. 제안하는 DC DC 컨버터의 1차측은 풀 브릿지 타입, 2차측 하프 브릿지 타입의 밸런싱 회로로 구성하여 따로 밸런서 없이 DC 그리드와 태양광 발전 시스템, ESS 시스템의 연계 및 전압밸런싱이 가능하다. 이와 같은 DC DC 컨버터를 신재생 에너지와 연계하여 저압 직류 배전 시스템의 분산 전원으로 구성하였고, 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

그림 1은  $\pm 750V$ 를 출력하는 Bipolar System의 구성을 나타낸다. 그림 2는 제안하는 저압 직류 배전 시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 본 논문에서는 한전 전력연구원에서 구축한 저압 직류 배전 테스트베드를 참고하여 Bipolar System을 선정하였다. 변압기를 통해 강압된 630[V]의 교류 전압을 3 레벨 AC DC 컨버터를 이용하여 1.5[kV] DC 그리드를 유지하며, ESS 시스템과 태양광 발전 시스템을 연계하여 DC 그리드의 분산 전원으로 사용하는 시스템이다. 이러한 구성에서는 전압 불균형 현상 보상을 위한 전압 밸런싱 회로가 필요한데, 분산 전원과 연계된 절연형 양방향 DC DC 컨버터의 2차측 회로를 개선하여 추가로 밸런싱 회로를 구성할 필요가 없다.

### 1. 서 론

최근 디지털 부하의 급증, 신재생 에너지 사용의 증가 등의 이유로 직류 배전이 주목받고 있다. 이러한 직류 배전에서 DC 1500V 이하의 전압영역을 가진 배전시스템을 저압 직류 배전 (Low Voltage Direct Current Distribution System)이라 한다.<sup>[1]</sup> 이러한 저압 직류 배전 시스템의 구성 방식으로 Unipolar System과 Bipolar System이 있다. Unipolar System은 구조가 간단하여 시스템 구성이 상대적으로 편리하다. 또한 Bipolar System은 접지로서 사용 가능한 중성점이 존재하여 전압을 더 낮출 수 있다. 그러나 중성점의 존재는 전압 불균형의 가능성을 가지고 있기에 이를 보상하기 위한 전압 밸런싱 회로를 추가로 구성해줘야 한다는 단점이 존재한다.

본 논문에서는 전압밸런서를 태양광 발전 시스템의 출력단과 DC 그리드 사이의 절연형 양방향 DC DC 컨버터의 2차측에 구성하여 추가구성 없이 밸런싱 제어를 가능하게 하는 토폴로지를 제안하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 저압 직류 배전 시스템

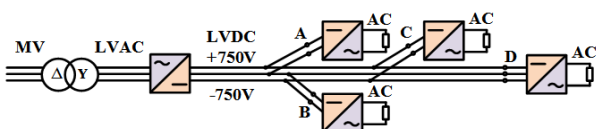


그림 1 바이폴라 시스템 구성  
Fig. 1 Configuration of Bipolar System

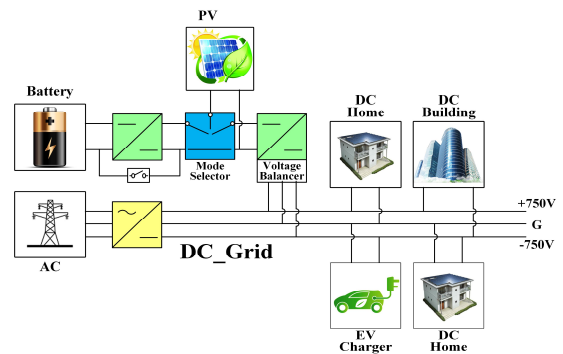


그림 2 저압 직류 배전 시스템의 구성  
Fig. 2 Configuration of LVDC Distribution System

#### 2.2 제안하는 절연형 양방향 DC-DC 컨버터

그림 3은 제안하는 전압밸런서를 내장한 절연형 양방향 DC DC 컨버터를 나타낸다. 변압기의 1차측 회로는 풀 브릿지 타입으로 300~650[V]의 넓은 입력 전압을 가지며, Phase Shift를 이용하여 ZVS(Zero Voltage Switching)동작을 한다. 2차측 회로는 하프 브릿지 타입의 전압밸런서 회로로서 컨버터의 양방향 동작을 위해 다이오드를 전력용 반도체 스위치로 구성하였고, 정격을 높이기 위해 4개의 스위치를 직렬로 구성 하였다.

##### 2.2.1 컨버터의 동작 모드

제안하는 DC DC 컨버터의 동작은 2가지로 나눌 수 있다. 첫 째로 양방향 DC DC 컨버터 동작이다. 그림 1과 같은 시스템에서 양방향 DC DC 컨버터로 동작할 시에는 배터리를 충전/방전 시키거나 PV의 출력을 전력변환 하여 분산전원으로서

사용하는 목적으로 사용된다.

둘 째로 전압밸런서 동작이다. 밸런서로서 동작 시 컨버터의 1차측은 동작하지 않으며, 변압기 2차측을 리액터로 사용하여, 서로 다른 부하로 인한 전압 불균형을 제어한다.

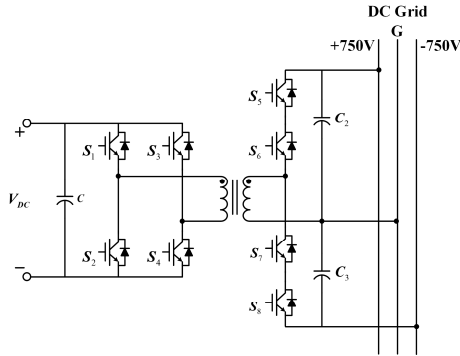


그림 3 제안하는 절연형 양방향 DC-DC 컨버터  
Fig. 3 Proposed Isolated Bi-directional DC-DC Converter

### 2.2.2 2차측에 적용된 전압 밸런서

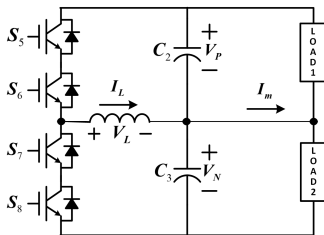


그림 4 전압밸런서의 회로도  
Fig. 4 Schematic of Voltage Balancer

Bipolar System으로 구성된 저압 직류 배전 시스템에선 양단에 서로 다른 용량의 부하가 연결되었을 때 전압 불균형이 일어나는 것을 보상하기 위하여 전압밸런서 회로를 필요로 하며, 그림 4와 같은 단순한 구조로 제어가 용이하다.<sup>[2]</sup> 그림 5의 제어기는 2개의 PI 제어기를 이용하였고 앞단에서는 전압제어를 수행하고, 뒷단에서는 전류제어를 수행하였다.

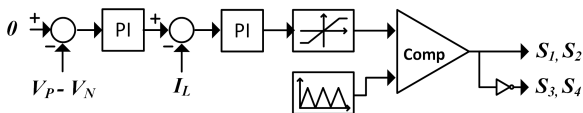


그림 5 전압 밸런서의 제어 블록도  
Fig. 5 Control Block Diagram of Voltage Balancer

### 3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 제안하는 토폴로지의 승압, 강압, 전압 밸런싱에 대하여 진행하였다. 그림 5는 300[V]→1500[V]로의 승압 모드에서의 영 전압 스위칭과 출력전압파형, 1500[V]→300[V]로의 강압모드에서의 출력전압 파형을 나타내고, 그림 6은 서로 다른 부하로 인한 전압 불균형을 밸런싱하는 파형을 나타낸다.

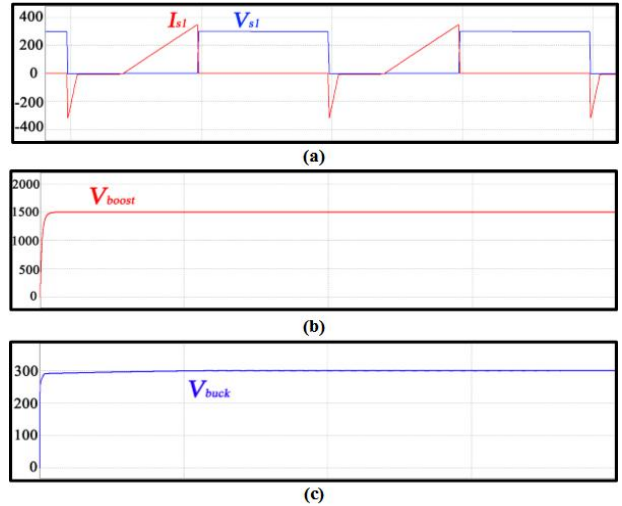


그림 6 양방향 DC-DC컨버터 파형 (a)ZVS 턴-온, (b)승압모드의 출력전압, (c)강압모드의 출력전압

Fig. 6 Wave form of Bi-directional DC-DC Converter (a)ZVS Turn on, (b)Boost-mode output voltage, (c)Buck-mode output voltage

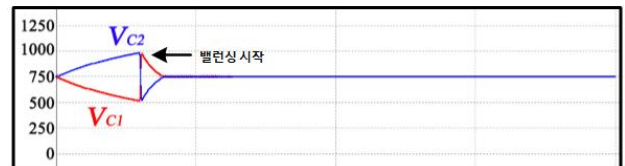


그림 7 전압밸런서의 불균형 보상  
Fig. 7 Imbalance compensation of Voltage Balancer

### 4. 결론

본 논문에선 저압 직류 배전 시스템에서 Bipolar 방식으로 시스템을 구성 시 발생하는 전압 불균형 현상을 보상하기 위한 전압밸런서를 절연형 양방향 DC DC 컨버터의 2차측에 구성하여 시스템에 적용하였고, 강압, 승압, 그리고 전압 밸런싱이 가능하다는 것을 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원 (No. 20124010203300)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

### 참고 문헌

- [1] P. Salonen, T. Kaipia, P. Nuutinen, P. Peltoniemi, J. Partanen, "An LVDC Distribution System Concept", NORPIE, 2008.
- [2] J. Lago, J. Moia, and M. L. Heldwein, "Evaluation of power resources to implement bipolar dc active converters to implement bipolar dc active distribution networks DC DC converters," in Proc. Energy Convers. Congr. Expo., 2011, pp. 985-990.
- [3] 이진규, 이윤석, 김재혁, 한병문, "하드웨어 시뮬레이터에 의한 양극형 직류배전시스템의 동작특성 분석", 전기학회 논문지, 제63권, 제4호, pp. 476-483, 2014