

태양광 모듈형 전력조절기를 위한 양방향 벡-부스트 포워드 컨버터

김경탁, 박중후
 숭실대학교

Bi-Directional Buck-Boost Forward Converter for Photovoltaic Module type Power Conditioning System

Kyoung-Tak Kim, Joung-Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문에서는 다수의 PV-부스트 컨버터를 입력으로 하는 계통연계형 풀브리지 인버터의 DC링크 커패시터간 전압 균등화 방법을 제안한다. 다수의 PV가 입력으로 연결된 인버터의 경우 각 PV의 부분 그늘짐 현상과 같은 조건에 따라서 최대 전력점이 달라질 수 있다. 각각의 PV와 연결된 부스트 컨버터의 출력은 인버터의 DC링크 커패시터로서 각각이 직렬로 연결되는데 각 전압 분배는 PV의 입력에 따라 결정되게 된다. PV의 발전조건이 바뀌어 부스트 출력전압 편차가 극심해져서 더 이상 부스트 컨버터로서의 역할을 할 수 없는 조건이 갖춰진다면 PV에서의 안정적인 발전을 기대할 수 없을 것이다. 또한 DC링크 커패시터 간 전압의 불균형은 시스템을 설계함에 있어서 소자의 더 넓은 범위에서의 동작조건을 만족시켜야 하기 때문에 효율 면에서 나쁜 영향을 미치게 된다. 시뮬레이션을 통해서 DC링크 커패시터 간 전압 균등화 방법을 검증하였다.

1. 서론

한 개의 PV 패널과 연결된 마이크로 인버터와 달리 여러 개의 PV가 입력으로서 연결된 인버터의 경우는 DC링크의 커패시터들이 직렬로 연결 되는데 이는 PV의 부분 그늘짐 현상과 같은 조건이 달라지게 되어 커패시터 간에 전압불균형이 발생하게 된다. 이는 PV를 이용한 발전효율이 떨어지게 하고 컨버터와 인버터를 설계함에 있어서 소자를 선정하는 단계에서 더 넓은 범위를 만족시켜야 하기 때문에 효율적인 측면에서 불리해진다^[1]. 본 논문에서는 양방향 벡-부스트 포워드 컨버터를 이용하여 각 DC링크 커패시터 간 전압을 균등화하는 방법을 제안한다.

2. 본론

2.1 전압균등화 회로 구성

제안된 회로는 그림 1과 그림 2로 이루어진 회로로서 두 개의 PV에 연결된 부스트 컨버터의 출력 커패시터가 서로 직렬로 연결되어 있다. 이는 DC링크 커패시터로서 풀브리지 인버터의 입력이 된다. DC링크 커패시터 C_{DC1} , C_{DC2} 의 각 접을 A, B, C라고 하면 그림 2의 양방향 벡-부스트 회로의 입력이

각각 DC링크 커패시터와 병렬로 연결되는 구조를 가지고 있다.

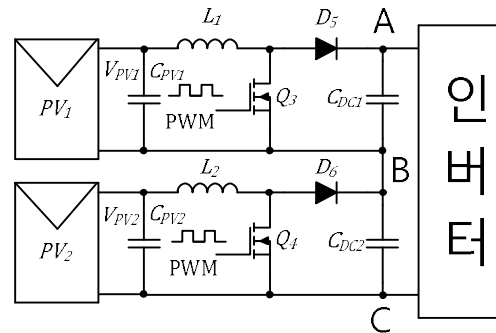


그림 1. PV와 부스트 컨버터로 이루어진 인버터 입력

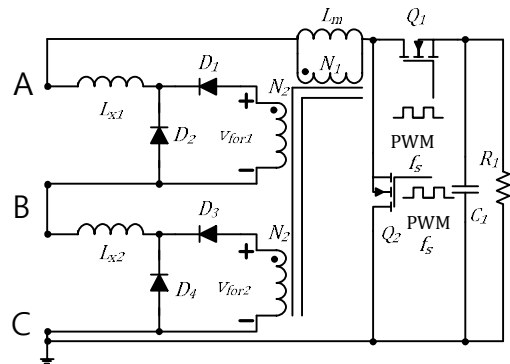


그림 2. 제안된 전압균등화 회로

이상적인 상황에서 두 개의 PV는 같은 출력이 부스트 컨버터의 입력에 전달되어 DC링크 커패시터 양단의 전압은 균등해진다. 그러나 대부분의 일반적인 조건에서 부분그늘짐 현상이나 온도 차와 같은 기상 조건에 따라 두 개의 PV의 출력은 편차를 보인다. 그림 1의 회로에서 DC링크 커패시터 C_{DC1} , C_{DC2} 는 직렬로 연결되어 있어 같은 전류가 흐르고 있어, 각 커패시터에 인가되는 전압은 PV가 부스트 컨버터에 전달하는 출력에 비례하여 인가된다. 즉 PV의 동작 조건에 따라 DC링크 커패시터의 전압 불균형이 발생한다. 이는 다음의 두 가지 문제점을 유발할 수 있다. (그림 3, 5 참조)

2.1.1 최대전력추종 문제.

V_{PV1} 가 최대전력을 낼 수 있는 전압이 50V, 전달하는 출력이 90W, V_{PV2} 의 경우는 40V이고 전달하는 출력이 10W이라고 가정하자. C_{DC1} 와 C_{DC2} 의 전압이 출력에 비례하여 180V와 20V가 인가되었다고 가정한다면 두 개의 PV 중 V_{PV2} 는 승압 이라는 부스트 컨버터의 특성에 의하여 작동이 중단하게 된다. 이는 발전 효율에 큰 영향을 미치게 된다.^[1]

2.1.2 컨버터 설계 문제.

2.1.1에서 C_{DC1} 와 C_{DC2} 에 인가되는 전압이 180V, 20V와 같은 불균형이 일어난다면 컨버터를 설계하는 과정에서 그에 맞는 높은 전압 정격의 소자를 사용하도록 해야 하므로 최적화 과정에서 어려움이 발생한다. 이는 회로의 손실을 유발하여 효율에 영향을 줄 수 있다.

2.2 전압균등화 회로 동작

그림 2의 전압 균등화 회로는 AB의 전압과 BC의 전압의 평균과 각각의 전압을 비교하여 편차가 생긴 쪽의 포워드 컨버터가 작동하여 전류를 보상해주는 방식의 회로이다^[2]. 평균전압인 v_{for1} 과 v_{for2} 와 AB, BC의 전위차로 포워드 컨버터의 전류를 생성하기 때문에 L_{x1} 과 L_{x2} 가 불연속전류로 동작 시, 전압균등화 회로의 주파수가 시스템의 주파수보다 낮고 DC링크의 전압이 클수록 더 균등화 회로로서의 동작이 잘 되는 경향을 보인다. (그림 4, 6 참조)

2.3 전압균등화 회로의 시뮬레이션 결과.

시뮬레이션은 PSIM을 사용하였고 아래 표 1의 조건 하에 실험하였다^[3].

N_1, N_2	2, 1	L_{x1}, L_{x2}	10 μ H
P_{PV1} / P_{PV2}	200W/220W	L_m	2.5mH
C_{DC1}, C_{DC2}	3600 μ F	L_1, L_2	2mH

표 1 시뮬레이션 조건

2.3.1. 전압 균등화 회로가 없는 경우, 110V 계통연계형

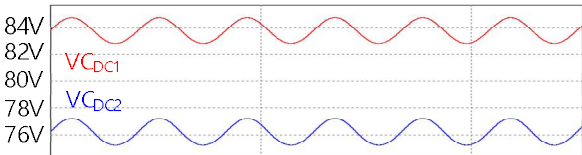


그림 3 전압 균등화 회로가 없는 DC링크 전압

2.3.2. $V_{C_{DC1}}, V_{C_{DC2}} = 80V, f_s = 1kHz$ 110V 계통연계형

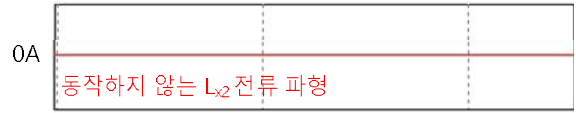
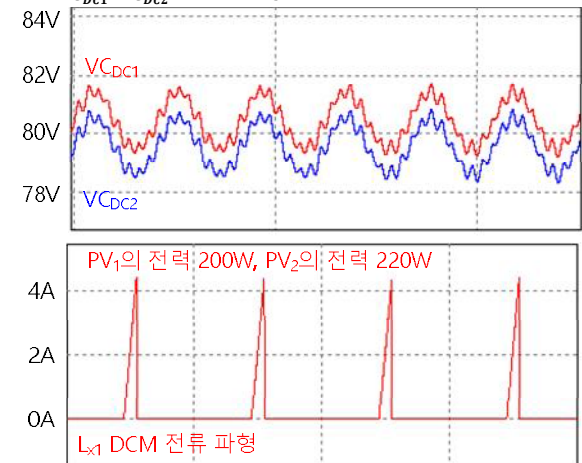


그림 4 전압 균등화 회로가 적용된 결과

2.3.3. 전압 균등화 회로가 없는 경우, 220V 계통연계형

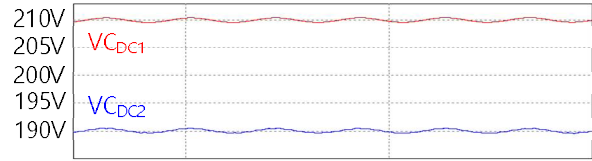


그림 5. 전압 균등화 회로가 없는 DC링크 전압

2.3.4. $V_{C_{DC1}}, V_{C_{DC2}} = 200V, f_s = 30kHz, 220V$ 계통연계형

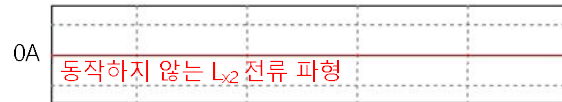
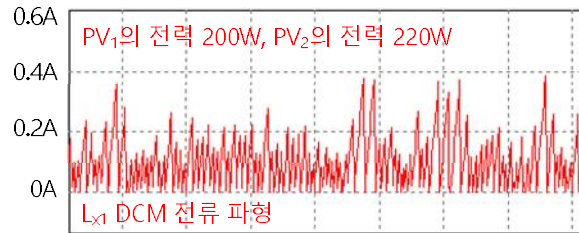
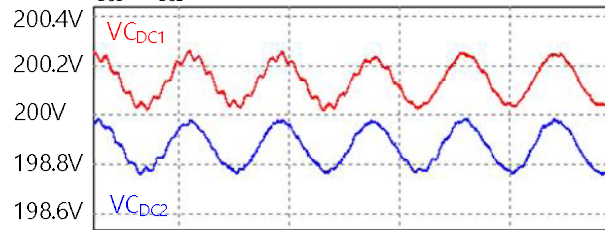


그림 6 전압 균등화 회로가 적용된 결과

3. 결론

본 논문에서는 양방향 백-부스트 전압균등화 회로를 이용하여 계통 연계형 인버터에서의 DC링크 전압의 균등화를 유도하는 방식을 제안하고 직류 링크 전압 및 동작 주파수에 따른 균등화 정도를 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

참고 문헌

- [1] Nicola Femia, "Distributed Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Arrays: Novel Approach and System Analysis", IEEE Trans. Ind. Electron, VOL. 55, NO. 7, pp. 2610-2621, 2008, July.
- [2] 김경탁, 박중후, "불연속모드 부스트-포워드 컨버터를 이용한 셀 밸런싱", 전력전자학회 전력전자학술대회 논문집, 255-256, 2015.7
- [3] 신중현, "태양광 마이크로 인버터의 Power Decoupling을 위한 양방향 백-부스트 컨버터 제어기 설계", 숭실대학교 대학원, 2014.