

태양광 전력조절기와 배터리 전하 밸런싱 회로를 통합시킨 직렬형 전력변환 시스템

이현준, 신종현, 박종후
숭실대학교

series-connected power conversion system integrating a photovoltaic power conditioner and a charge-balancing circuit

Hyun jun Lee, Jong hyun Shin, Jong hoo Park
Soongsil University

ABSTRACT

본 논문은 에너지 저장장치를 태양광 발전 시스템에 적용시에, 필요한 충전 균형회로를 전력조절기와 통합시키는 방법에 관한 것이다. 기존의 방식은 전력조절기와 별도로 충전 균형회로를 이용하게 되는데, 이는 복잡한 구성을 필요로 하고, 단가 상승의 원인이 된다. 본 논문에서는 태양광 전력변환 시스템 제작 단가를 낮추기 위해 태양광 모듈을 저장장치와 함께 직렬형 구조로 구성한 뒤 적절히 결선하여, 태양광 전력조절기를 셀 밸런싱 회로로 사용하는 방법을 제안하며, 이를 48W 하드웨어 제작 및 실험을 통해 검증하였다.

1. 서론

태양전지를 비롯한 신재생 에너지원은 지구에 한정적으로 존재하는 화석 연료를 사용하지 않으며, 환경오염을 최소화한다는 점에서 오늘날 대체 에너지로 주목 받고 있다. 그러나 전압과 전류가 비선형적이고 불안정한 신재생 에너지원은 부하로 안정된 전력을 공급하기 어려운 문제가 있다. 따라서 최근에는 배터리와 같은 에너지 저장장치를 이용하여 시스템의 전력 출력을 안정화시키는 기술이 개발되고 있다. 기존의 신재생 발전 시스템은 복수의 전원으로부터 직렬형 전력변환기를 연결하여 전력을 부하로 공급하는 구조를 가지고 있다. 그러나, 각 입력 전원이 독립적으로 구성되어 있고 최대전력점이 다르기 때문에 배터리 충전량에 편차가 생길 수 있다. 이러한 배터리 간의 충전량 편차를 방지하기 위해 전력 변환기와 별도로 충전 균형회로를 이용하게 되는데, 이러한 방식은 시스템의 구성을 복잡하게 하며, 단가 상승 및 크기를 증가시키는 단점이 있다.^[1]

따라서 본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하기 위해 태양광 모듈을 저장장치와 함께 직렬형 구조로 구성하고 간단히 결선하여 전력조절기를 셀 밸런싱 회로로 사용함으로써, 밤과 같이 전력 생산이 없는 시간이나 특수한 상황에서 별도의 밸런싱 회로 없이 배터리 간의 충전량 불균형을 밸런싱 할 수 있는 방식을 제안하고, 실험을 통해 검증하였다.

2. 직렬형 전력변환 시스템

2.1 기존의 직렬형 전력변환 시스템

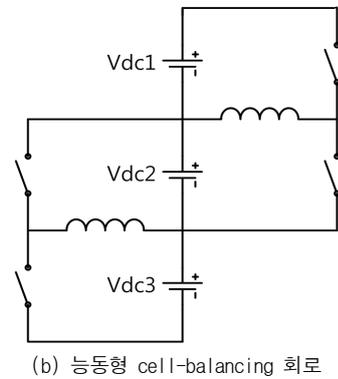
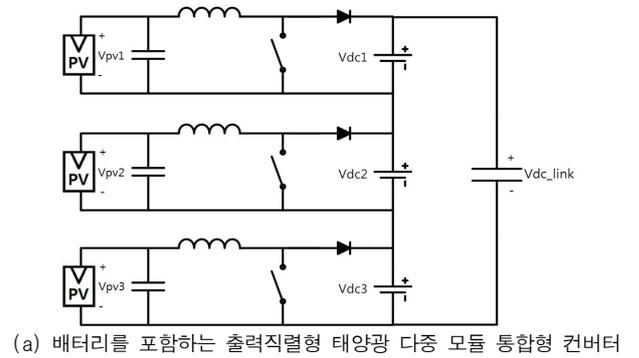


그림 1. 태양광 전력조절기 + cell-balancing 회로

그림 1은 기존의 직렬형 전력변환 시스템으로 (a)는 기존의 태양광 다중모듈 통합형 컨버터이고, (b)는 주 스위치와 인덕터를 이용한 능동형 cell balancing 회로이다. 그림과 같이 기존의 방식은 전력조절기와 별도로 셀 밸런싱 회로를 이용해야 하므로 구성이 복잡해 지고, 단가가 상승하며, 크기 또한 비례해 커지는 단점이 있다.^{[1][2]}

2.2 제안하는 직렬형 전력변환 시스템

그림 2는 본 논문에서 제안하는 양방향 buck boost 컨버터를 이용한 직렬형 태양광 전력변환 시스템이다.

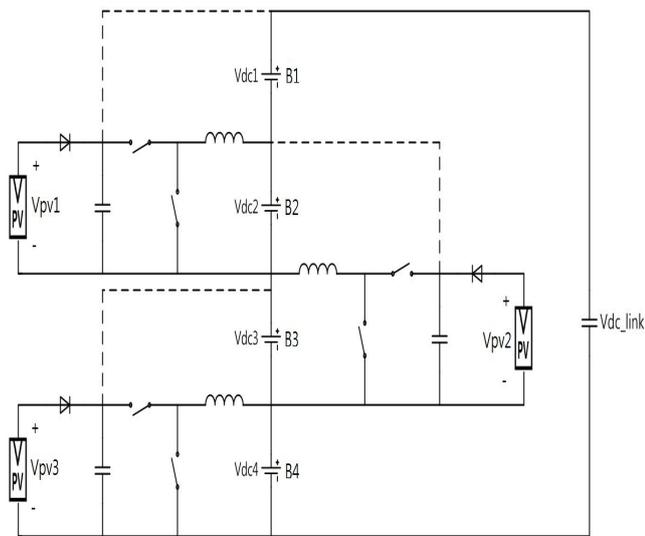


그림 2. 제한하는 양방향 buck-boost 컨버터를 이용한 태양광 전력조절장치

2.2.1 MPPT 모드

낮과 같이 태양광 발전이 활발히 이루어지는 시간에는 그림 2의 점선을 제외한 형태의 시스템 구성이 되고, 이는 기존의 직렬형 태양광 발전과 동일하다. 전력조절기에서 나온 PV모듈의 전력값이 P&O 알고리즘에 의해 계산되고 비교되어 PV전압 피드백을 통해 MPPT를 수행한다. 이때 각각의 PV모듈은 최대전력점이 모두 다르므로 서로다른 최대전력이 에너지 저장 장치에 충전이 됨으로써 셀 간의 불균형이 생긴다.

2.2.2 cell-balancing 모드

태양광 발전을 할 수 없는 밤 혹은 특수한 상황에서는 그림 2의 점선이 결선되고, PV패널이 다이오드에 의해 off되면 각각의 모듈의 전력조절기와 바로 빛단의 저장장치는 폐루프를 형성하게 되는데 이것이 바로 그림 1, (b)의 셀 밸런싱 회로가 된다. 이 때 양방향 컨버터에 시비율을 50% 인가하면 입력전압과 출력전압의 비율이 2:1이 되어야 한다. Vdc1과 Vdc2를 예를 들어 설명하면, 입력전압은 (Vdc1 + Vdc2) 이고 출력전압은 Vdc2이므로 결국, Vdc1 = Vdc2가 됨으로써 셀 밸런싱을 수행한다.

3. 실험결과

본 논문에서 제안한 방식을 검증하기 위해 그림 2에서 PV1의 전력 조절장치와 에너지 저장장치 B1이 직렬로 결선된 회로를 구성하여 실험했다. 28V일 때 48W를 최대전력점으로 갖는 PV를 사용했으며, PV의 전압 V_{pv} 와 전류 I_{pv} 를 센싱받아 P&O알고리즘에 의해 전력을 계산하고 비교하여 나온 reference값을 V_{pv} 가 추종하도록 PI 제어를 설계하였다. 제어 방식은 DSP를 이용한 디지털 제어로 TMS320F28335 모듈을 사용했다. 그림 2에서 Vdc1이 인가되는 배터리 부분에서는 30V의 전압원을 사용해 셀 밸런싱 회로로 동작할 때 입력전원으로서 사용되도록 구성하였으며, Vdc link는 전자부하를 사용해 50V로 고정하였다.

그림 4는 MPPT모드로 동작할때의 실험결과이다. PV1이 발전을 하여 최대전력점인 28V를 P&O 알고리즘을 통해 추종하

는 파형과 출력전압을 나타낸 파형이다. PV1이 최대전력점을 추종하고 있음을 알 수 있다. 이때, Vdc1 = 30V, Vdc2 = 20V로서 두 셀간 전압이 균일하지 않음을 알 수 있다.

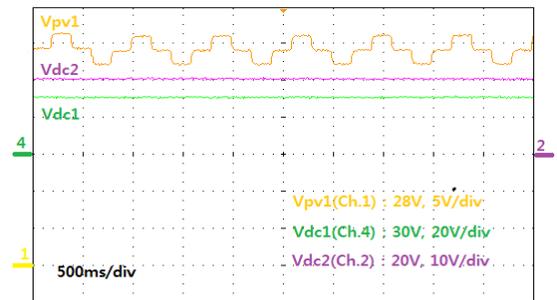


그림 3 PV1의 최대 전력점 추종 파형과 Vdc1, Vdc2 파형

그림 4는 셀 밸런싱 회로로 동작할때의 Vdc1, Vdc2의 파형이다. 그림 4에서 Vdc1 > Vdc2이므로, 셀 밸런싱을 수행하여 전압을 동일하게 만든다. 이때, 양방향 컨버터의 시비율은 50%로 인가해 준다. 그러면 입력전압과 출력전압의 비율이 2:1이 되어 (30V + Vdc2) : Vdc2 = 2 : 1의 비례식에 의해 Vdc1 = Vdc2 = 30V가 되어 셀 밸런싱 되는 것을 볼 수 있다.



그림 4 셀 밸런싱 동작모드에서의 Vdc1, Vdc2 파형

4. 결론

본 논문에서는 전력조절기를 셀 밸런싱 회로로 이용할 수 있는 통합형 직렬형 전력변환 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 간단한 결선만으로 태양광 발전은 물론 셀 밸런싱까지 안전하게 동작함을 검증함으로써 기존 방식의 단점이었던 복잡한 회로구성을 생략할 수 있고, 제작 단가의 절약, 크기의 감소 등의 효과를 얻을 수 있는 효율적인 방식임을 확인하였다.

본 연구는 2014년도 산업통상부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제 (No.20124010203160)입니다.

참고문헌

- [1] 문 솔, 김도현, 김찬인, 트란탕, 박종후, "전류 센서없이 독립적으로 동작하는 모듈 통합형 컨버터에서의 최대 전력점 추종기법", 전력전자학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 2011.11, 61 62
- [2] 심영일, "전기자동차의 배터리 관리 시스템", GTNET 기술동향보고서, 2012. 03, 111 112