

자립 운전시 최대전력 추종 가능한 슈퍼커패시터 저장형 태양광 전력조절기

박선재, 박종후, 전희중
송실대학교

Photovoltaic Power-Conditioning System With Super Capacitor for MPPT Control in Stand - alone Operation

S.J. Park, J.H. Park, H.J. Jeon
Soong-Sil University

ABSTRACT

자립 운전시 전력조절기는 일반적으로 태양광 발전에서 사용할 경우 부하에 의해 출력이 결정되어 최대전력 추종을 할 수 없는 구조로 되어있다. 본 연구에서는 자립 운전시의 태양광 발전시스템이 안정적인 최대전력 추종을 할 수 있도록 에너지 저장장치가 결합된 구조를 제안하였다. 이러한 구조에서는 태양광 발전의 전력 손실을 줄이고 또한 태양광 발전 전력이 부족할 경우에서도 부하 측의 안정적인 동작을 보장하기 위하여 에너지 저장장치와 DC-DC 양방향 컨버터를 이용한다. 에너지 저장장치의 한 예로 슈퍼커패시터를 충·방전함으로써 태양광 발전 에너지에 의한 안정적인 출력을 낼 수 있고, 태양광 발전 전력의 효율적인 사용을 위한 전력조절 시스템의 아키텍처를 제안하고자 한다.

1. 서 론

자립 운전시의 태양광 발전 시스템을 구성하고 있는 전력변환 장치인 PCS(Power Conditioning System)은 일반적으로 부하에 따라 출력전력을 결정하게 된다. 따라서 태양광 시스템의 특성인 최대 출력전력 추종을 못하게 되어 전력의 효율을 떨어뜨릴 수 있다. 또한 부하 측에서 필요한 전력이 태양광 발전량보다 크게 되면 부하는 정상적인 운전을 못하게 될 수도 있다. 이러한 특성들을 볼 때 전력손실의 최소화와 출력전력의 안정적인 공급을 해결해야 한다는 결론이 나오게 된다. 위의 문제점들을 해결하기 위해서는 저장장치가 필요하다.

본 연구에서는 문제점을 해결하기 위해 저장장치를 사용한 부스트 컨버터와 양방향 컨버터를 이용하여 효율적으로 전력을 사용하는 전력변환장치를 구현하여 보았다.

태양광 발전 시스템에서의 최대 전력추종을 하여 첫 번째, 태양광 발전용량이 부하에 필요한 전력량보다 클 때에는 전력을 저장장치에 충전하고, 두 번째, 부하의 출력량이 클 경우에는 저장장치에 충전이 된 전력을 이용하여 태양광 발전량에서 추종을 못시키는 전력량을 부하에 안정적으로 공급을 할 수 있도록 만들어 주었다.

2. 전체 시스템

그림1은 본 논문에서의 전체적인 태양광 발전 시스템을 이

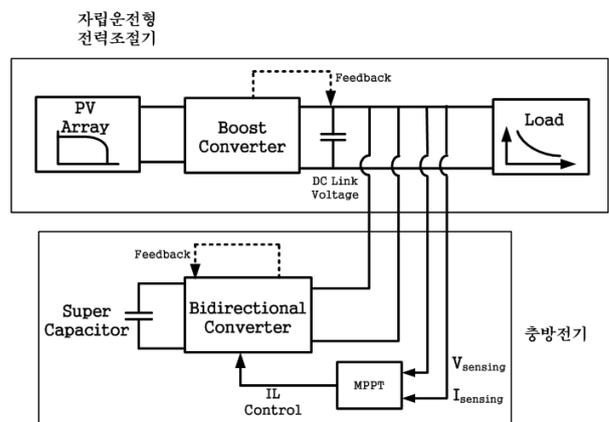


그림 1 슈퍼커패시터를 적용한 태양광 발전 시스템
Fig. 1 Photovoltaic Generation System with the Super Capacitor

용한 이 시스템을 전반적으로 나타낸 것이다. 시스템은 태양광 모듈, 부스트 컨버터, 양방향 컨버터를 사용하였다. 여기에서 일반적인 에너지 저장장치인 배터리는 비교적 작은 부피와 중량으로 큰 에너지를 저장할 수 있으며, 다양한 용도에서 적당한 출력을 내줄 수 있기 때문에 슈퍼커패시터를 사용하였다.^[2]

2.1 동작방식

2.1.1 최대전력추종제어

동일한 일사량과 패널 온도 조건 하에서 태양 전지는 출력 전력이 최대가 되는 단 하나의 최대 전력 점을 가진다. 이러한 지점을 찾는 방식을 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 방식이라고 한다. 이러한 알고리즘은 임의의 일사량과 패널 온도 조건 하에서 단 하나의 최대 출력 전력점이 있다는 가정하에서 출발한다. MPPT 알고리즘을 찾는 방식 중 가장 대표적인 방식중 하나는 P&O(Perturbation & Observation) 방식과 IncCond(Incremental Conductance) 방식 등이 있다. 이 논문에서는 P&O 방식을 사용하여 MPPT를 할 수 있도록 구현하였다. P&O MPPT 알고리즘은 전압 비교와 전력 비교를 통해서 오로지 더 큰 전력을 향해 전압을 상시 변경하여, 최대 출력 지점을 찾아가는 방식이다. 이 연구에서 P&O 방식을 쓴 가장 큰 이유는 알고리즘이 간단하여 구성하기 쉽기 때문이다. 본 연구에서는 DSP를 사용하여 MPP 지점을 찾아간다.^[1]

2.1.2 시스템 동작

우선 그림 1에서의 전반적인 시스템의 동작 원리를 보면 시스템에서의 가변적인 움직임을 갖는 변수가 두 가지가 있다는 것을 알 수 있다. 첫 번째는 태양광 모듈이고, 두 번째는 부하이다. 본 실험에서는 부하는 일정하게 고정시키고 태양광 발전량에 따른 양방향 컨버터의 동작을 살펴보았다. 그림 2에서는 최대 출력전력이 부하에 필요한 전력보다 높을 경우에 동작하는 모습을 나타낸 것이다.

이 시스템에서의 조건으로는 안정적인 전압출력을 낼 수 있게 부스트 컨버터는 출력전압을 400V로 일정하게 유지시켜 주는 출력전압제어를 한다. 출력전압을 일정하게 고정시킨 후 양방향 컨버터는 전압·전류를 센싱하여 P&O 방식으로 전력량을 계산을 하고, 계산된 값을 이용하여 MPP 지점을 찾을 수 있다. 또한 MPP 지점에 따라 전류를 저장장치에 저장할 것인지, 아니면 전류를 방출할 것인지를 결정하고 알맞은 동작을 할 수 있게 해준다. 따라서 양방향 컨버터는 P&O 방식을 적용한 인덕터 전류제한 방식을 사용하였다.

2.2. 시뮬레이션

2.2.1 시뮬레이션 회로

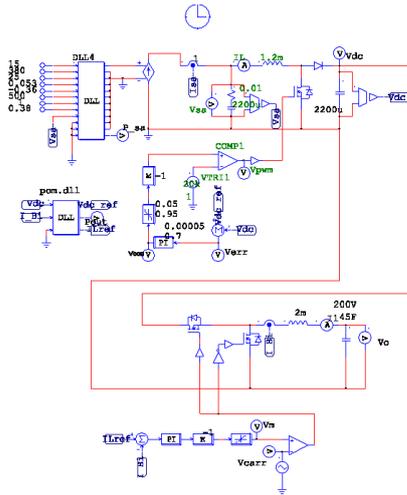


그림 2 PSIM을 통한 시스템 회로도

Fig. 2 System Circuit for PSIM

본 논문의 알고리즘을 검증하기 위해 시뮬레이션은 PSIM을 이용하여 수행하였다. 시뮬레이션은 PSIM에서 제공되는 C언어 기반의 DLL을 사용하여 태양전지 부분을 구성하였다. 그림 2는 PSIM에서의 회로도이다. 이러한 PSIM의 동작은 2.1절에서 설명하였고, 그림 1과 비교하여 보면 어떻게 구성이 되어있는지를 알 수 있다.

2.2.2 시뮬레이션 결과파형

그림 3의 파형을 보면 전류의 기준값에 따라서 전류의 변화도 유지한다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 4와 비교하여 보았을 때 최대 전력점을 유지함으로써 안정적인 동작을 하는 것을 볼 수 있다.

그림 3과 그림 4를 보면, Power를 1.5[kW]라고 지정하였을 경우 Power를 순간적으로 잘 따라가는 것을 볼 수 있다. 또한 인덕터의 전류 또한 지정된 값으로 잘 따라가서 동작을 하는

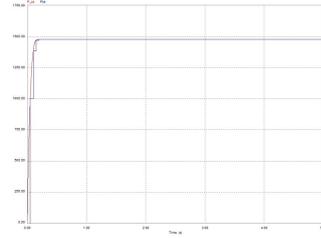


그림 3 PSIM을 통한 전력 파형

Fig. 3 Power Waveform for PSIM

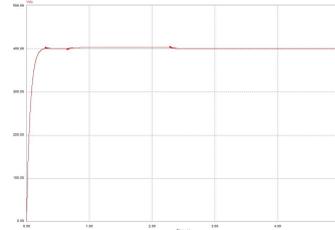


그림 4 PSIM을 통한 DC Link 전압 파형

Fig. 4 DC Link Voltage for PSIM

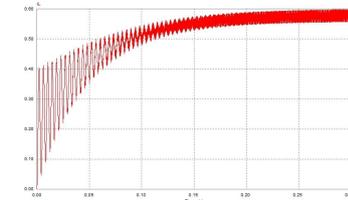


그림 5 양방향 컨버터의 인덕터 전류

Fig. 5 Inductor Current of the bi-directional Converter

것을 볼 수 있다. 또한 부스트 컨버터의 출력전압은 MPP 지점에 돌아가기까지 커져서 유지되고 있는 것을 볼 수 있다.

3. 결론

본 논문에서의 실험은 슈퍼커패시터를 적용하여 자립운전시에도 태양광 발전기가 최대 전력점에서 동작할 수 있도록 제어기를 구현하였다. PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 하여 파형을 봄으로써 실질적으로 구현 가능함을 알아보고, 안정적인 동작을 하고 있음을 알 수 있었다.

이러한 시뮬레이션을 통하여 구현을 한 후 시뮬레이션이 아닌 하드웨어로 전체 시스템을 실제 하드웨어로 설계하고자 한다.

이 논문은 한국 에너지 기술 연구원 '독립형 태양광 총방전기 제어기법 개발' 과제의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] 권두일 지상근 유철희 한상규 노정옥 홍성수 "Solar Array의 전압-전력 특성을 이용한 MPPT 제어 시스템" 전력전자학회대회논문집 pp. 323-325. 2008.
- [2] 임재관, 손경민, 권경민, 최재호, 정교범 "슈퍼커패시터 에너지 저장장치의 양방향 DC-DC 컨버터 제어기 설계" 전력전자학회대회논문집 pp. 161-163, 2009.