

태양광 발전 배터리 충전 시스템 최적 동작에 관한 연구

유규현, 이우철
한경대학교

A Study on the Optimal Operation of Photovoltaic Charging System

Kyu Hyeon Yoo, Woo Cheol Lee
Hankyung National Univ

ABSTRACT

최근 석유나 석탄 에너지 사용으로 인한 대기오염 및 미세먼지와 원자력 발전으로 인한 핵 폐기 물질 처리의 어려움, 방사능 오염이 발생하는 문제가 심각해짐에 따라 신재생에너지의 중요성이 대두되고 있다. 이로 인해 정부에서도 신재생에너지의 비중을 확대하기 위한 정책들이 시행되고 있는데 그 중 태양광 발전 시스템이 가장 크게 주목받고 있다. 태양광 발전이 성장함에 따라 다양한 연구가 진행되어왔으며 이 중 DC DC 컨버터로 구성된 태양광 발전 energy storage system (ESS) 시스템이 효율이 높고 시장성이 좋아 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 5kW 태양광 발전 배터리 충전 시스템을 구성하여 컨버터의 동작 및 특성에 대하여 분석하고 이를 시뮬레이션을 통해 내용을 검증하였다.

1. 서론

태양광 발전 시스템은 태양 빛을 전기로 변환하는 태양전지를 통해 빛 에너지에서 전기에너지를 얻는 시스템이다. 에너지를 변환하는 과정에서 화력이나 원자력 발전 방법과는 달리 기계적, 화학적 작용이 없어 친환경적이며 태양의 빛을 이용하는 특성 때문에 무한한 발전이 가능한 장점이 있다. 또한, 소용량에서 대용량 시스템까지 필요에 따라 다양하게 적용할 수 있어서 신재생에너지 분야에서 가장 주목받고 있다.^[1-3] 태양광 발전 시스템은 빛 에너지를 전기에너지로 전환 시키는 태양전지의 특성상 태양 빛의 세기가 강한 낮 동안에만 발전이 가능한 단점이 있어서 배터리를 연결하여 남은 전력을 충전하고 원하는 시간에 전력을 공급하는 태양광 발전 energy storage system (ESS) 시스템이 활발히 연구되고 있다.^[4-6]

태양광 발전 배터리 충전 시스템은 태양광 패널과 배터리, 태양광 패널의 최대 전력 생산을 위해 최대 전력 동작 전압 추종 전력조절 장치와 배터리를 충전하기 위한 전력조절 장치를 필요로 한다. 전력조절장치는 태양광 패널의 출력인 DC 전압을 변환시키기 위한 DC DC 컨버터와 변환된 DC 전압을 배터리 충전을 위한 DC DC 컨버터로 되어 있다.^[4-6]

본 논문에서는 5kW 태양광 발전 배터리 충전 시스템을 태양광 MPPT용 Boost 컨버터와 배터리 충·방전용 벅 부스트 컨버터로 구성하여 동작 특성을 시뮬레이션하여 분석한다.

2. 본론

2.1 태양전지의 전기적 특성

태양전지는 그림 1 과 같이 온도와 일사량에 관하여 두 가지 특성을 가지게 되는데, 일사량이 증가함에 따라 태양전지의 개방전압 (V_{oc}) 과 단락 전류 (I_{sc}) 가 증가하게 되고, 온도가 상승할 때는 개방전압이 큰 폭으로 감소하게 되고 단락 전류는 미세하게 증가하는 특성이 있다.

이러한 태양전지의 전기적 특성으로 인해 태양광 모듈이 최대 전력 점에 있을 때의 전압과 전류가 온도나 일사량에 따라 계속해서 변화할 수밖에 없는 특징을 가지고 있다. 때문에 태양광 발전 시스템에서는 태양광 모듈의 최대 전력점을 계속 찾아서 발전해야 하는 maximum power point tracking (MPPT) 제어를 필요로 한다.

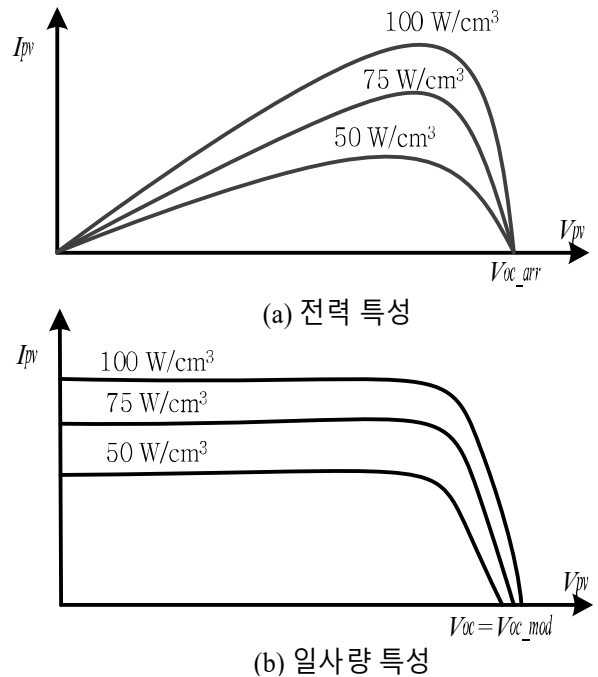


그림 1 태양전지의 전기적 출력특성
Fig. 1 Electrical output characteristics of solar cell

2.2 시스템 동작과정

그림 1 과 같이 태양전지의 전기적 특성으로 인해 온도와 일사량의 변화가 생기면 최대 전력 점에서의 전압과 전류가 함께 변동하게 된다. 때문에 컨버터는 global MPPT (GMMPPT) 방법을 이용하여 최대 전력 점을 추종하게 된다.^[7]

컨버터는 MPPT 제어를 시작하기에 앞서 출력단의 DC 전압을 380 V 에 맞추기 위해 Boost 동작을 시킨다. DC 전압이 380 V 에 도달하게 되면 380 V 전원을 연결하여 출력단의 전압을 고정하고, 출력단의 전압이 고정되면 PV array 를 Voc 에 도달시킨 후 다시 값을 떨어뜨리면서 일정 시간 동안의 전력의 평균값을 계산하여 Ppv_avg 에 저장하고 더 높은 전력 평균값이 나오면 Ppv_avg 값을 수정하면서 그때의 PV array 전압 평균값을 Vpv_avg 에 함께 저장한다. 스캔이 전부 끝나게 되면 최신화된 Vpv_avg 의 값을 Vpv_ref 에 넣어 PV array 의 전압이 최대 전력 점일 때의 전압을 찾아가게 하여 최대 전력점을 추종하게 된다.

배터리는 최대 전력 점을 찾아 가게 되면 출력단의 Buck 컨버터를 이용하여 충전하게 되며, 모드를 분리하여 PV array 에서 전력을 공급할 수 없을 때 Boost 컨버터를 이용하여 배터리의 207 V 전압을 380 V로 승압하여 전력을 공급하게 된다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

Table 1 Parameters of Simulation

파라미터	값	
PV(1Module)	Ns	180 (cell)
	Pmax	840 (W)
	Voc	117 (V)
	Vpmax	100 (V)
	Isc	8.85 (A)
	Ipmax	8.4 (A)
	Rs	0.003 (Ohm)
Vdc	380 (V)	
Vbat	207 (V)	
L1	1500 (uH)	
L2	150 (uH)	
C1	390 (uF)	
C2	2000 (uF)	
C3	220 (uF)	
Cpv	10 (nF)	
Cbat	10000 (uF)	
Rbat	20 (Ohm)	
Switching Frequency	10 (kHz)	

3. 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 회로 구성

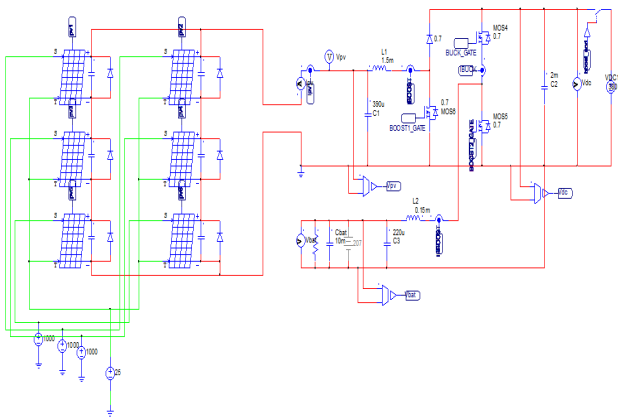


그림 2 태양광 배터리 충전 시스템 시뮬레이션 회로
Fig. 2 Photovoltaic Charging System simulation circuit

시뮬레이션은 Psim을 사용하였고, 그림 2와 같이 입력인 태양광 모듈은 일사량에 따른 음영 발생을 구현하기 위해 3개 직렬 2개 병렬로 구성하였고, GMPPPT 제어 및 출력단 380V 승압을 위한 Boost 컨버터, 배터리 단의 충·방전용으로 사용되는 Buck and Boost 컨버터를 구성하였다. 배터리는 저항과 커패시터를 병렬 연결하여 구성하였다. 시뮬레이션 파라미터값은 표 1과 같이 구성하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

그림 3, 4는 본문에서 설명한 컨버터 MPPT 방법으로 동작을 하였을 때의 시뮬레이션 파형을 나타내고 있다. 그림 4는 PV 모듈에 일사량을 전부 1000 W/cm² 인가하여 시뮬레이션하였고, 그림 5는 직렬 모델에 각각 1000 W/cm², 700 W/cm², 400 W/cm²의 일사량이 인가되었다. 그림 6은 태양광 발전이 중지했을 때, 배터리를 방전하여 출력을 얻을 때의 파형을 나타내었다.

Vdc_fit 는 DC 출력 전압, Vpv 와 Ipv 는 PV Array 의 전압과 전류를 나타내는데, 그림 3 와 4 를 보면 처음에 PV 의 전압을 Voc 값 부터 낮추어 가며 스캔하여 최대 전력 점을 찾고, 스캔이 다 끝나게 되면 최대 전력 점에서의 전압을 Vref 로 주어 최대 전력을 찾아가는 것을 확인할 수 있다.

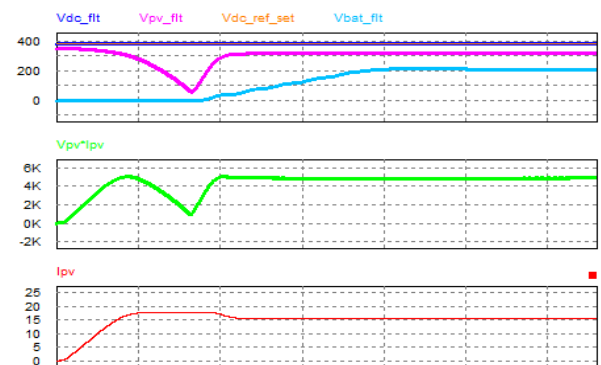


그림 3 무 음영 시 GMPPPT 시뮬레이션 파형
Fig. 3 Not under partial shading GMPPPT simulation waveform

그림 3 에서는 무 음영 시에 PV 를 GMPPPT 제어하여 모델링 하였던 5 kW 에 근접하는 출력을 얻어내는 것을 확인할 수 있다.

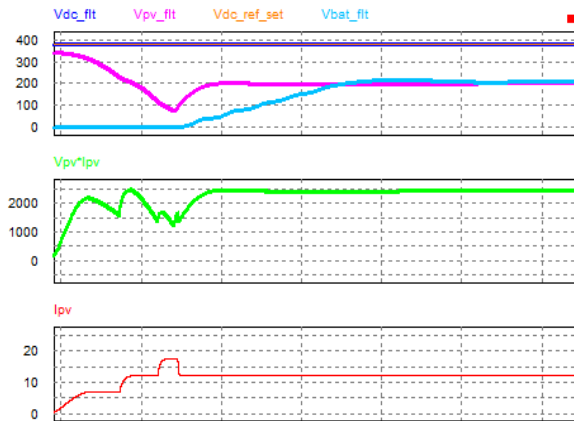


그림 4 음영 발생시 GMPPT 시뮬레이션 파형
Fig. 4 Under partial shading GMPPT simulation waveform

그림 4 에서 전력 점이 움직일 때 전력의 평균값을 계산하여 그 값이 최대가 될 때의 전압 평균값을 V_{pv_ref} 로 주게 되어 최대 전력 점을 찾아가는데, 2번째 전력 점이 최대 전력 점을 찾아서 제어됨을 확인할 수 있다.

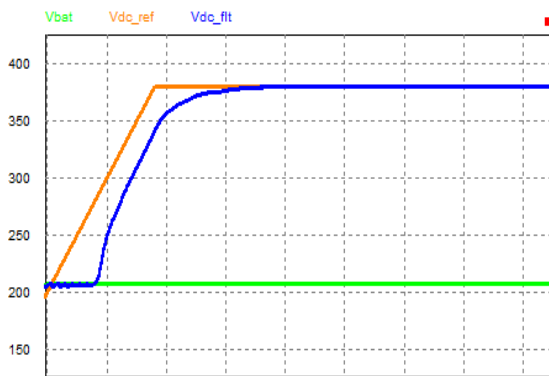


그림 5 배터리 Boost 시뮬레이션 파형
Fig. 5 Battery Boost simulation waveform

그림 5 에서는 PV 의 전력이 공급되지 않는 상황에서 배터리를 Boost 컨버터를 이용하여 207V에서 380V를 만들어 출력 단으로 방전하는 모습을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 신재생에너지 분야에서 가장 주목받고 연구되고 있는 태양광 발전 ESS 시스템을 5kW 태양광 발전 배터리 충전 시스템으로 구성하여 태양전지의 전기적 특성으로 인해 일사 강도에 따라 시시각각 변하는 태양광 발전의 최대 전력 점 추종이 가능한 GMPPT 기법의 동작 과정과 Buck and Boost 컨버터를 이용한 배터리의 충·방전 동작 과정을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 최규하, 정병환, 강병희, 이명언. (2006). 가상구현 태양전지 시스템을 위한 태양전지의 새로운 모델링. 전력전자학회논문지, 11(1), 79~90
- [2] 이경수, 정영석, 소정훈, 유권중, 최재호. (2003) 태양광 시스템에서의 새로운 MPPT 알고리즘 제안, 전력전자학회대회 pp.21~28
- [3] 정영석, 유권중, 소정훈, 최주엽, 최재호. (2009) P&O 알고리즘을 개선한 새로운 MPPT 알고리즘. 전력전자학회논문집 925~928
- [4] 김의중, 유병규, 차한주, 유권중. (2009) 그림자 영향과 태양광 어레이 주교에 따른 최대발전력 비교 해석 및 실험. 한국태양에너지학회 논문집, 8~13
- [5] 심재희, 양승대, 정승환, 최주엽, 최익, 안진웅, 이동하. (2011) 태양광 발전시스템의 MPPT 알고리즘 분석. 한국태양에너지학회 논문집31(2) 16~21
- [6] 최규하, 정병환, 강병희, 이명언 (2006) 가상구현 태양전지 시스템을 위한 태양전지의 새로운 모델링. 전력전자학회논문지 11(1) 79~90
- [7] 송호빈, 백동현, 조문택 (2010) 태양광발전 시스템의 모델링 및 MPPT 제어. 전기학회논문지 59(4) 405~410