

# 태양광 전력변환장치 일체형 양방향 배터리 충전기 시스템

최규영\*, 김종수\*, 이병국\*, 원충연\*, 이태원\*\*  
\*성균관대학교, \*\*삼성전기

## A Bi-directional Battery Charger System Integrated Photovoltaic PCS

Gyu-Yeong Choe\*, Jong-Soo Kim\*, Byoung-Kuk Lee\*, Chung-Yuen Won\*, Tea-Won Lee\*\*  
\*Sungkyunkwan University, \*\*Samsung Electro-Mechanics

### ABSTRACT

본 논문은 태양광 전력변환장치 일체형 양방향 배터리 충전기 시스템을 제안한다. 이 새로운 개념의 PHEV 및 EV용 배터리 충방전 시스템은 태양광 전력변환장치와 배터리 충방전기의 기능을 동시에 포함하고 있다. 또한 환경변화에 민감한 태양광 전원, 부하인 그리드와 배터리의 특성을 고려하여 구동 알고리즘을 제시하며, 알고리즘을 전원과 부하의 조건에 따라 4가지 경우로 나누어 상세한 분석이 이루어 졌으며 배터리 충전알고리즘의 정전류 제어와 정전압 제어의 장단점을 결합한 하이브리드 정전류 정전압제어를 배터리 충방전 알고리즘으로 적용한다. 또한 시뮬레이션과 3.3kW 실험세트를 구성하여 실험을 수행하고 이를 통해 논문의 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

세계적으로 친환경 저탄소 운동에 힘입어 전기자동차(Electric Vehicle)에 대한 관심이 집중되고 있으며 도요타, GM, 현대에서도 전기자동차의 개발을 서두르고 있다. 이러한 전기자동차의 핵심 기술은 배터리와 배터리에 전력을 충전하는 기술이다. 하지만 이런 핵심기술 외에도 전기자동차의 빠른 상용화를 위해서는 주변 인프라 확충이 시급한 실정이다. 특히 배터리를 충전할 전력 공급이 가장 큰 문제이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 신재생에너지의 전력을 이용하고자 하는 연구가 진행 중 이다. 신재생에너지원 중 태양광(Photovoltaic)은 세계적으로 상용화 연구가 많이 진행 되었으며 발전량이 가장 많은 신재생에너지원으로 태양광에너지를 이용한 배터리 충전시스템에 대한 연구가 진행되고 있으나 미비한 실정이다. 또한 배터리 충전 시스템의 명확한 구조와 구동 알고리즘에 대한 연구도 미비하며<sup>[1-2]</sup>, 태양광전원의 변화와 배터리 충전량변화에 대해 강인한 알고리즘에 대한 연구가 요구된다.

그러므로 본 논문에서는 태양광 전력변환장치 기능과 배터리 충전기 기능을 동시에 구현 가능한 태양광 전력변환장치 일체형 양방향 배터리 충전 시스템을 제안하였다. 또한 태양광 일사량의 변동과 배터리의 충전량 변동을 고려한 시스템 알고리즘도 제시하였다. 추가적으로 시뮬레이션 및 실험을 통해 제안한 시스템과 알고리즘을 검증하였다.

### 2. 태양광 PCS 일체형 배터리 충전시스템 분석

#### 1.1 일반 배터리 충전 시스템

일반적으로 태양광 전력변환장치는 그림 1(a)와 같은 구조를 갖는다. 태양광의 최대전력을 전달하기 위해 MPPT 알고리즘을 수행하는 부스트 컨버터와 DC 전력을 계통으로 보내는 인버터로 구분 된다.

또한 일반적인 EV용 배터리 충전기는 AC를 DC로 변환하는 정류부와 역 형태의 컨버터 부로 나뉘며 구조는 그림 1(b)와 같다.

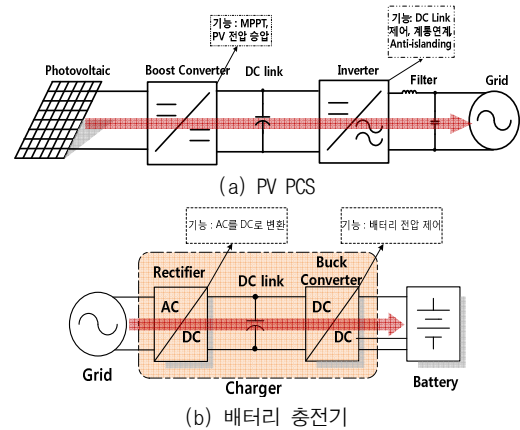


그림 1 태양광 전력변환장치 와 배터리 충전기 구조  
Fig. 1 Configuration of photovoltaic PCS and battery charger

그림 1과 같은 구조는 배터리 충전기가 2-3 부분으로 나뉘므로 효율이 감소되고 부피가 크며 배터리의 잉여전력을 계통으로 전달이 불가능 하다는 단점이 있다.

#### 1.2 제안된 배터리 충전 시스템

##### 1.2.1 배터리 충전 시스템 구조

그림 2는 본 논문에서 제안한 태양광 PCS 일체형 양방향 배터리 충전기 시스템의 구조이다. 일반적인 단상 태양광 PCS 구조와 DC link 단에 양방향 배터리 충전기를 연결한 구조이다. 이로써 태양광 PCS 기능과 배터리 충전기 기능을 동시에 구현가능하며 인버터는 계통연계와 PWM 컨버터를 동시에 수행 한다. 이로써 충전기의 역률도 개선이 가능하며 다이오드 정류기와 역률 보상회로가 줄어들어 시스템 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 일반 단방향 충전기에서 불가능한 배터리의 전력을 계통으로 전달 가능하다.

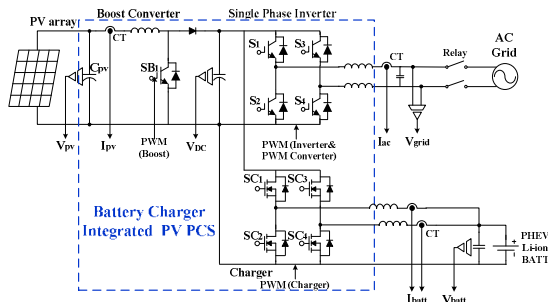


그림 2 태양광 PCS 일체형 양방향 배터리 충전 시스템 구조  
Fig. 2 Configuration of Bi-directional Battery Charger System Integrated Photovoltaic PCS

### 1.2.2 시스템 알고리즘 분석

그림 3은 제안한 배터리 충전기 시스템 알고리즘이다. 알고리즘 1은 EV의 배터리 부하가 없을 때으로써 일반적인 태양광 PCS로 동작할 때 이다. 이때 부스트 컨버터는 태양광의 최대 전력전달을 위해 MPPT알고리즘을 수행하며 인버터는 계통연계를 수행한다. 알고리즘 2는 EV의 배터리 충전할 때이고 태양광의 전력이 배터리 충전 요구량 보다 커서 남은 전력을 계통으로 보내는 것이다. 배터리 충전기는 벽 형태로 동작하게 된다. 알고리즘 3은 배터리 충전 요구량이 태양광 출력 전력보다 많은 형태로 이때 인버터는 PWM 컨버터로 동작하여 전력을 계통에서 받게 된다. 또한 DC link 전압제어도 동시에 수행한다. 알고리즘 4는 기상조건에 의해 태양광의 전력이 없는 경우이며 배터리를 충전 할 때는 인버터는 PWM 컨버터로 동작하며, 배터리 잉여전력을 계통으로 공급 시에는 충전기는 부스트 동작을 하게 되며 인버터는 계통연계 동작을 하게 된다.

그림 4는 본 시스템의 충전기, 부스트 컨버터와 인버터의 제어 블록이다.

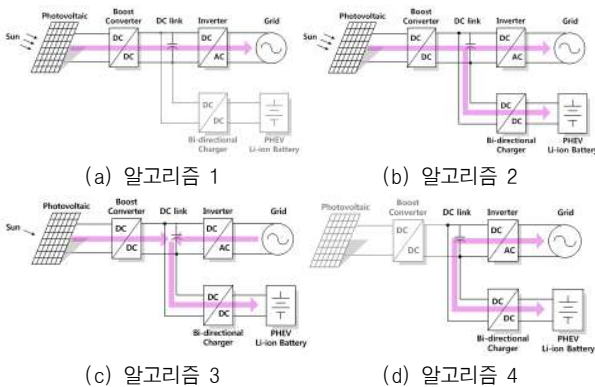


그림 3 제안한 배터리 충전기 시스템 알고리즘  
Fig. 3 Proposed battery charger system algorithm

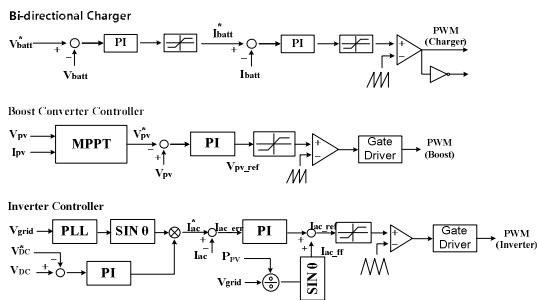
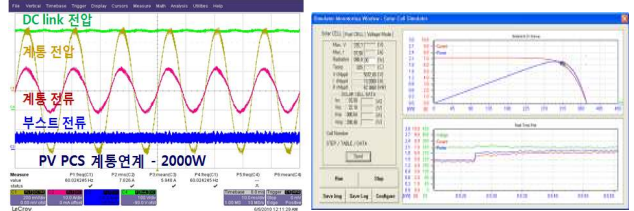


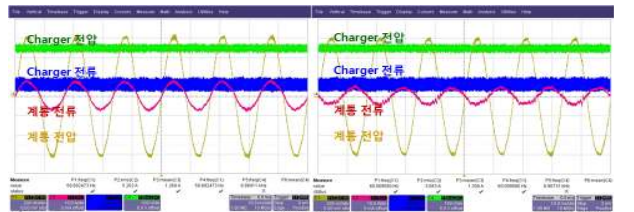
그림 4 제어 블록도  
Fig. 4 Control block

### 3. 시뮬레이션 및 실험결과

시뮬레이션은 PSIM 6.0을 사용하였으며 태양광 모듈 모델링이 수행되었고 배터리는 커패시터로 모의 되었다. 시뮬레이션 결과는 실험결과와 동일하였다. 그림 5는 실험 결과로서 제시된 시스템에 알고리즘을 적용하여 얻었으며 태양광 전원은 시뮬레이터를 사용하였고 배터리는 저항부하로 대체 하였으며 계통은 실 계통을 사용하였다. 그림 5(a)는 태양광이 2kW를 발전하고 있을 때의 파형과 PV 시뮬레이터 파형이다. 그림 5(c)는 계통전류가 위상이 반대이므로 인버터가 PWM 컨버터로 동작하는 파형이다.

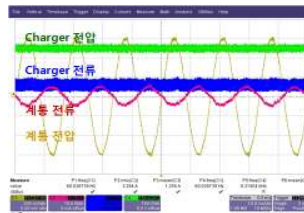


(a) 알고리즘 1



(b) 알고리즘 2

(c) 알고리즘 3



(d) 알고리즘 4

그림 5 알고리즘에 따른 실험 결과

Fig. 5 Experimental Result according to algorithm

### 4. 결론

본 논문에서는 새로운 형태의 태양광 전력변환장치 일체형 양방향 배터리 충전기 시스템을 제안하였으며 태양광 PCS와 배터리 충전기 시스템을 통합함으로써 시스템 부피를 줄였고 시스템 가격도 줄였다. 추가적으로 태양광 일사량 배터리 충전 요구량에 따른 4가지 알고리즘을 제시 하였으며 각 각의 알고리즘을 상세히 분석 하였다. 또한 제안한 알고리즘 각각을 시뮬레이션과 실험을 통해 타당성을 검증 하였다.

이 결과는 추후 태양광을 이용한 EV용 배터리 충전기 시스템에 적용 가능 할 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

[1] X. Zhou, G.Y. Wang, S. Lukic, S. Bhattacharya, A. Huang. "Multi-function bi-directional battery charger for plug-in hybrid electric vehicle application", Proceedings of the ECCE, pp. 3930-3936, 2009.  
[2] F. Boico, B. Lehman, K. Shujaee. "Solar Battery Chargers for NiMH Batteries", Power Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 22. No. 5. pp. 1600-1609, 2007.