

# 가정용 10kWh 배터리 에너지 저장 시스템

송인범\*, 정두용\*, 김동성\*\*, 이수원\*\*, 서광덕\*\*, 원충연\*  
성균관대학교\*, EN Technologies\*

## Residential 10kWh Battery Energy Storage System

In-Beom Song\*, Doo-Yong Jung\*, Dong-Seong Kim\*\*, Su-Won Lee\*\*, Kwang-Duk Seo\*\*, Chung-Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*, EN Technologies\*\*

### ABSTRACT

This paper proposes a battery energy storage system using a photovoltaic generation system. The proposed system consists of a grid, battery and PV array. Considering a daily load profile, radiation and battery, operation modes are divided. An algorithm is presented based on modes. In the paper, operation modes and algorithms are verified through simulations.

### 1. 서론

스마트 그리드에 대한 관심과 더불어 신재생에너지원의 이용이 확대되었고 신재생에너지원과 연동된 에너지 저장 장치의 최적 제어가 요구되고 있다.<sup>[1][2]</sup> 따라서 부하변동과 계통의 전력예비율에 따라 신재생에너지원의 발전량과 배터리 충·방전량의 최적 제어를 수행하여 계통으로부터 유입되는 전력을 최소화 하고 발전사업자로 하여금 수요예측을 가능하게 하는 시스템을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘은 태양광 발전량과 배터리 충·방전 상태 그리고 부하의 변동에 의해 능동적인 전력제어를 수행한다.

### 2. 제안된 에너지 저장 시스템

#### 2.1 시스템 구성도

그림 1은 제안된 가정용 10kWh 배터리 에너지 저장 시스템의 구성도이다. 계통과 태양전지, 배터리, 그리고 부하가 연결된 시스템이다. 부스트 컨버터는 MPPT를 수행하고 양방향 컨버터는 배터리를 충·방전하는 데 사용된다. 양방향 인버터는 계통과의 동기화 및 DC link 제어를 수행한다.

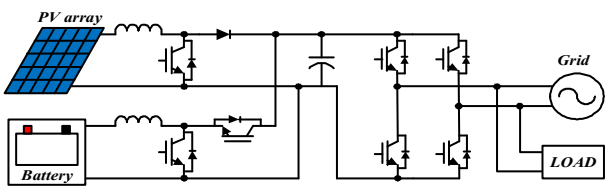


그림 1 제안된 에너지 저장 시스템  
Fig. 1 The proposed energy storage system

### 2.2 시스템 동작 모드

그림 2는 하루의 시스템 전력 패턴으로 태양광 발전전력, 계통 공급전력, 배터리 전력 그리고 부하 소비전력을 나타낸다.

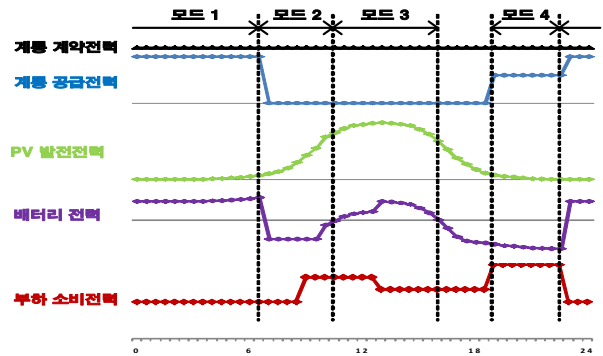


그림 2 시스템 전력 패턴  
Fig. 2 Power pattern of the system

- 1) 모드 1 :** 태양광 발전 전력이 없고, 계통 전력이 부하 소비 전력보다 높은 모드이다. 계통 전력이 부하로 전달되고 남은 잉여 전력은 배터리를 충전한다.
- 2) 모드 2 :** 태양광 발전은 있지만, 부하 소비 전력보다 낮은 모드이다. 태양광 발전으로 생성된 에너지는 부하로 전달되고 모자란 에너지는 배터리로부터 공급받는다. 배터리 잔존용량이 부족하면 계통에서 공급을 받는다.
- 3) 모드 3 :** 태양광 발전이 있고, 부하 소비 전력보다 큰 경우이다. 이 모드에서는 부하는 태양광 발전 전력을 전량 부하로 전달하고 남은 태양광 에너지를 배터리에 충전한다. 배터리가 완충 시에는 계통으로 공급한다.
- 4) 모드 4 :** 태양광 발전이 있고, 계통 전력이 있지만 둘의 합이 부하 소비 전력보다 작은 모드이다. 배터리에 저장되어 있는 에너지를 이용하여 부하를 분담한다.

그림 3은 모드에 따른 전력 흐름도이다. 태양광발전 전력은 우선적으로 부하로 전달된다. 그리고 배터리 충전상태에 따라 충·방전이 결정이 되고, 부족분을 계통이 보상한다.

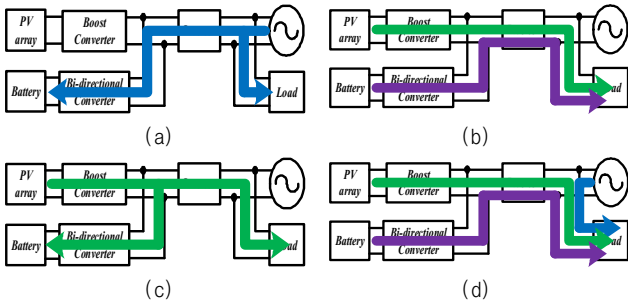


그림 3 전력 흐름도 : (a) 모드 1 (b) 모드 2 (c) 모드 3 (d) 모드 4  
 Fig. 3 Power flow : (a) Mode 1 (b) Mode 2 (c) Mode 3 (d) Mode 4

### 2.3 제어 알고리즘

그림 4는 양방향 컨버터 제어 블록도이다. 배터리 충·방전을 수행하고 충전 시에는 벅 컨버터의 스위치가, 방전 시에는 부스트 컨버터의 스위치가 동작한다.

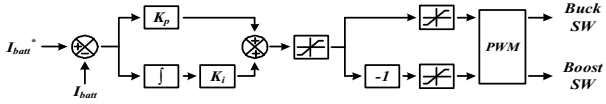


그림 4 양방향 컨버터 제어 블록도  
 Fig. 4 Block diagram of the bi-directional converter controller

그림 5는 인버터 제어 블록도이다. DC link 전압을 제어하고 태양광 발전전력 및 배터리 전력을 계통과의 동기화를 통해 부하에 공급한다.

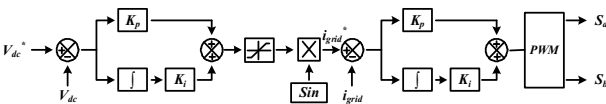


그림 5 인버터 제어 블록도  
 Fig. 5 Block diagram of the inverter controller

### 3. 시뮬레이션 결과

그림 5는 제안된 시스템의 시뮬레이션 구성도이다. PV 어레이, 계통, 배터리 그리고 부하가 연결된 시스템이다. 전력변환 장치로는 양방향 컨버터, 부스트 컨버터, 인버터가 사용된다.

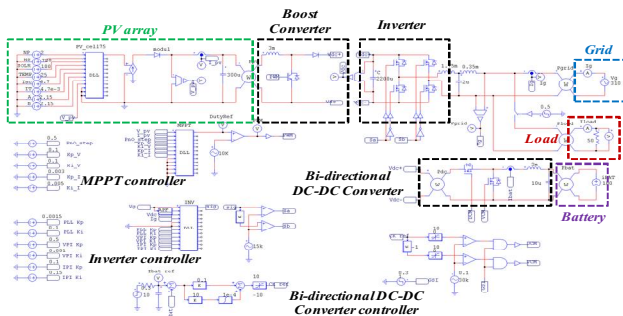


그림 5 시뮬레이션 구성도  
 Fig. 5 Simulation schematic

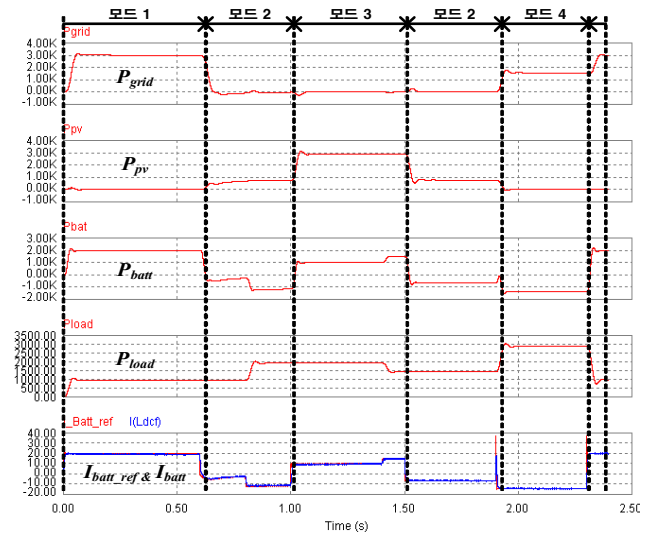


그림 6 시뮬레이션 주요 파형  
 Fig. 6 Key waveforms of the simulation

그림 6은 주어진 시스템에 대한 시뮬레이션 주요 파형이다. 계통 공급전력, PV 발전전력, 배터리 충전전력, 부하 소비전력을 나타내었으며, 각각의 전력은 표 1에 나타내었다.

표 1 모드에 따른 시스템 전력  
 Table 1 System power on modes

구분	모드 1	모드 2	모드 3	모드 2	모드 4
$P_{grid}$ [kW]	3	0	0	0	1.5
$P_{pv}$ [kW]	0	0.7	3	0.8	0
$P_{batt}$ [kW]	2	-0.3	1	-0.7	-1.3
$P_{load}$ [kW]	1	1	2	1.5	2.8

< $P_{grid}$ : 계통공급전력,  $P_{pv}$ : PV 발전전력,  $P_{batt}$ : 배터리 충전전력,  $P_{load}$ : 부하 소비전력>

### 4. 결론

본 논문에서는 태양광 시스템을 이용한 배터리 에너지 저장 시스템을 제안하였다. 태양광 발전전력과 배터리 충·방전 상태에 따라서 모드를 나누었고 알고리즘을 제시하였다. 각 모드에 대한 알고리즘 타당성은 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

본 논문은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지 자원 기술개발 사업-상용화기술 (2010T100200295)의 연구 결과입니다.

### 참고 문헌

[1] S. J. Chiang, K. T. Chang, and C. Y. Yen, "Residential Photovoltaic Energy Storage System," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 45, No. 3, pp. 385-394, June 1998.

[2] H.S Heo, G.H Choe, Y.H Choi, H.S Kim and J.C Kim, "Utility Interactive PV System with Improved Peak-Cut Characteristics," in *the 7th International Conf. on Power Electronics*, pp. 66-70, Oct. 2007.