

# 병렬 UPS 모듈용 배터리의 효율 향상을 위한 SOC 밸런싱 제어

이강현, 이순령, 백승호, 이종영, 원충연\*  
성균관대학교

## SOC Balancing Control to Improve Battery Efficiency for Parallel UPS Module System

Kanghyun Lee, Soon Ryung Lee, Seung Ho Baek, Jong Young Lee, Chung Yuen Won  
Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 병렬 UPS 모듈용 배터리의 효율 향상을 위해 추가적인 밸런싱 회로의 구성 없이 SOC 밸런싱을 수행하는 제어 기법을 제안한다. 각각의 UPS 모듈은 배터리와 인버터로 구성되어 있으며 출력단이 병렬 구조로 이루어져 있다. 배터리간 SOC 불균형은 전체 시스템의 효율을 저하시키는데, 본 논문에서는 시스템의 효율을 향상시키기 위하여 각각의 인버터의 출력을 제어하여 배터리 SOC간의 불균형을 제어하는 제어 기법을 제안한다. 제안하는 SOC 밸런싱 제어 방법은 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### 1. 서론

최근들어 배터리를 사용한 UPS 시스템이 컴퓨터, 생명 유지 장치, 서버 등 다양한 곳에 널리 사용되고 있다. 이러한 UPS 시스템을 병렬로 구동하게 되면 하나의 대전력 UPS모듈을 사용하는 것 보다 시스템을 확장하기 쉽고, 유지보수가 용이하다는 장점이 있다. 하지만 UPS 모듈을 병렬로 구동하였을 경우 각 모듈의 배터리 SOC에 불균형이 생김으로 인해 전체 시스템의 효율이 저하된다는 문제가 있다. 이러한 문제를 보상하기 위해 본 논문에서는 SOC 밸런싱 제어 방법을 제안하고, PSIM 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다. [1]

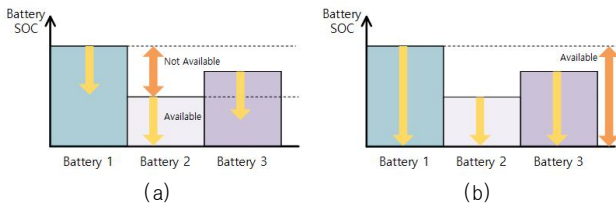


그림 1 실질적인 배터리 사용 용량 (a) SOC 밸런싱을 하지 않았을 경우 (b) SOC 밸런싱을 했을 경우

Fig. 1 Actual usage capacity of battery (a) Without SOC balancing (b) With SOC balancing

## 2. 병렬 UPS 모듈 시스템

### 2.1 병렬 UPS 모듈 시스템

병렬 UPS 모듈의 구성은 그림 2와 같다. 각 UPS 모듈은 배터리, 단상 풀브릿지 인버터, 변압기로 이루어져 있다. 각 UPS 모듈은 배터리를 입력으로 하고 출력은 병렬로 연결되어

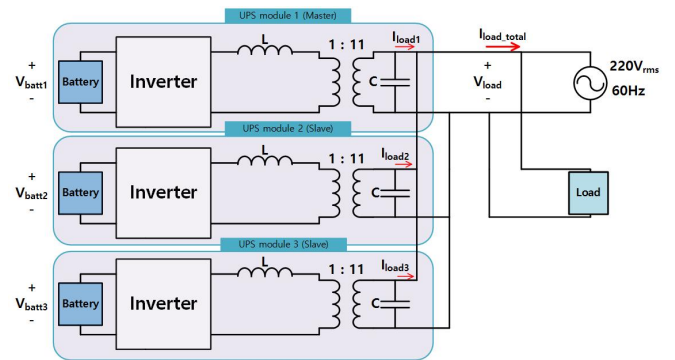


그림 2 병렬 UPS모듈의 구성

Fig. 2 Configuration of parallel UPS modules

있다. 배터리의 특성이 모두 동일하지 않기 때문에 이러한 구조의 경우 충/방전을 반복하게 되면 각 모듈 배터리간에 SOC 불균형이 생길 수 있고, 그림 1의 (a)와 같이 전체 사용 가능한 배터리 용량이 줄어들게 된다. 따라서 각 모듈의 SOC 상태에 따른 SOC 밸런싱 제어가 필요하다. 제어는 마스터/슬레이브 제어 방식을 이용한다. 마스터 모듈은 슬레이브 모듈에게 전류 지령을, 슬레이브 모듈은 마스터 모듈에게 현재 SOC값을 전달해야 한다. 각 모듈은 독립적으로 구성되어 있기 때문에 정보를 전달하기 위해 통신이 필요하다.

### 2.2 제안하는 제어 알고리즘

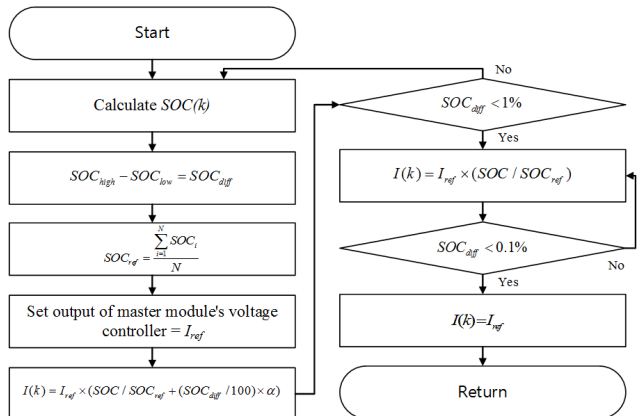


그림 2 제안하는 SOC 밸런싱 알고리즘

Fig. 2 Proposed SOC balancing algorithm

각 배터리 모듈의 SOC를 고려한 SOC 밸런싱을 수행하기 위해 그림 2와 같은 알고리즘을 제안하였다. 먼저 SOC에 따른 제어를 수행하기 위해 현재의 SOC값을 알아야 한다. 현재의 SOC를 추정하기 위해서는 전류적산법을 사용한다.

$$SOC_i = SOC_{init} - \int_0^t \frac{i(t)}{C_n} dt \quad (1)$$

위 식에서  $SOC_i$ 는  $i$ 번째 배터리의 SOC,  $SOC_{init}$ 은 배터리의 초기 SOC값,  $C_n$ 은 규격용량을 의미한다. 이를 통해 SOC를 측정하고, 각 모듈의 SOC값을 이용하여  $SOC_{diff}$ 와  $SOC_{ref}$ 를 정한다.  $SOC_{diff}$ 는 가장 높은 SOC값과 가장 낮은 SOC값의 차,  $SOC_{ref}$ 는 모든 모듈의 SOC값의 평균을 의미한다.

$$SOC_{high} - SOC_{low} = SOC_{diff} \quad (2)$$

$$SOC_{ref} = \frac{\sum_{i=1}^N SOC_i}{N} \quad (3)$$

$I(k)$ 는 지령전류  $I_{ref}$ 에 SOC의 평균값과의 차이에 비례한 값을 곱해준 값이다. 하지만 이 값만을 이용하여 제어하면 모듈 간 SOC의 차이가 클 경우 제어가 완료되는 데에 굉장히 오랜 시간이 걸리게 된다. 따라서 제어 속도를 향상시키기 위해 SOC간 차이가 클 때  $SOC_{diff}$ 에 따른 가중치를 더해주었다.

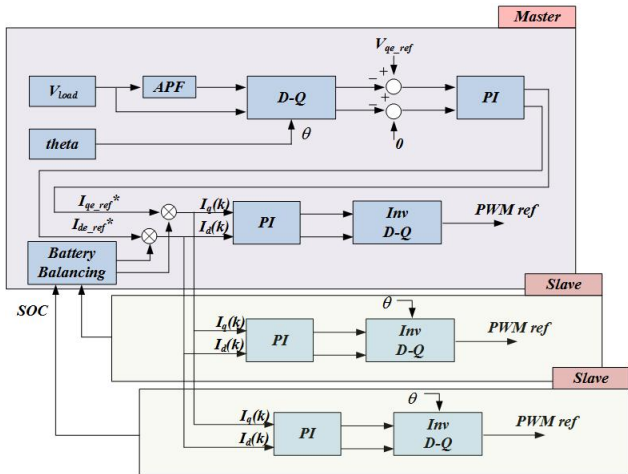
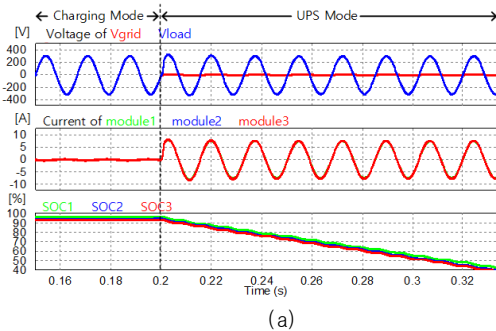


그림 3 제안하는 알고리즘의 제어 블록 다이어그램

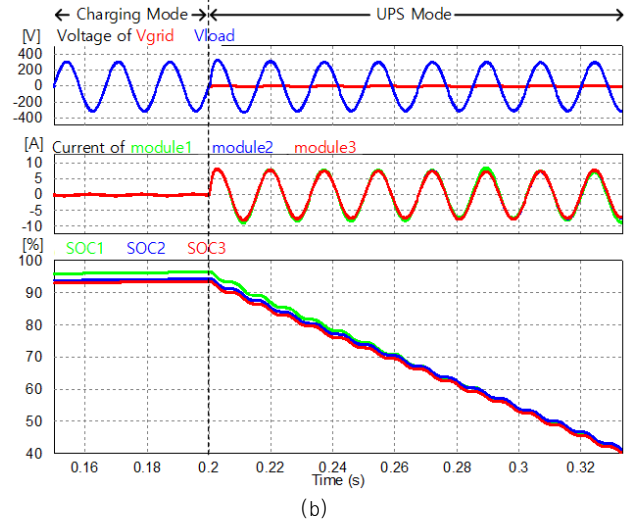
Fig. 3 Block diagram of proposed algorithm

제어 블록도는 그림 3과 같다. 전압제어는 마스터 모듈에서만 수행한다. 마스터 모듈의 전압제어기의 출력은 전류 지령치이고, 슬레이브 모듈에서 마스터 모듈로 현재 SOC를 전달하면 마스터 모듈에서 전류 지령치에 SOC에 따른 보상값을 곱하여 각 모듈에 전류 지령을 전달한다. 이를 통해 각 모듈별로 SOC에 따른 충/방전율을 제어하게 된다.

### 2.3. 시뮬레이션 결과



(a)



(b)

그림 4 시뮬레이션 결과 (a) SOC 밸런싱을 하지 않은 경우 (b) SOC 밸런싱을 수행한 경우

Fig. 4 Simulation results (A) Without SOC balancing (b) With SOC balancing

제안하는 알고리즘의 타당성을 검증하기 위해 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 결과를 확인하였다. 먼저 계통이 연결되어 있다가 0.2초 이후 고장이 나고부터 UPS 동작을 함을 보였다. 그림 4(a)와 같이 알고리즘을 적용하기 전은 각 모듈의 지령전류값이 같기 때문에 모듈의 출력 전류, SOC 감소량이 일정하다. 반면에 그림 4(b)에서는 SOC 잔량이 많은 모듈의 출력전류가 증가하고 잔량이 낮은 모듈의 출력전류가 감소함을 알 수 있다. 따라서 모듈별 SOC 감소량이 달라져 최종적으로 SOC 밸런싱이 되는 것을 확인할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 추가적인 제어 회로 없이 수행할 수 있는 병렬 UPS 모듈용 배터리의 효율 향상을 위한 SOC 밸런싱 제어 방법을 제안하였다. 제어 방법은 단상 풀브리지 인버터를 이용한 UPS 시스템에 적용하였다. 마스터/슬레이브 제어를 이용하여 전압제어는 마스터 모듈에서만 수행하고, 전류제어는 모든 모듈에서 각각 수행하였다. SOC 상태를 고려한 SOC밸런싱 알고리즘을 적용한 결과 시스템의 전체 효율이 향상됨을 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 확인하였다.

본 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임(No. 2014R1A2A2A05006744)

### 참고 문헌

- [1] B. Y. Choi, S. R. Lee, J. W. Kang and C. Y. Won, "Battery balancing algorithm for parallel operation of single phase UPS inverters," Transportation Electrification Asia Pacific (ITEC Asia Pacific), 2014 IEEE Conference and Expo, Beijing, 2014, pp. 1-6.