

# 태양광 발전을 갖는 통합 ESS 및 UPS 시스템의 직류 링크 맥동전압 보상 알고리즘

김민기\*, 최봉연\*, 강진욱\*, 김준구\*\*, 원충연\*  
성균관대학교\*, 포스코 ICT\*\*

## DC-link Ripple Voltage Compensation Algorithm for Integrated ESS and UPS System with PV Generation

Min Gi Kim\*, Bong Yeon Choi\*, Jin Wook Kang\*, Jun Gu Kim\*\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*, POSCO ICT\*\*

### ABSTRACT

Using the ESS(Energy Storage System) as a UPS(Uninterruptible Power Supply) is being studied recently. When the system is operating at UPS mode in integrated ESS and UPS system, the grid supplying power is disconnected and power from PV generation and battery are supplying to load. Operating in UPS mode, when PV generation power is diminished by partial or total clouded situation, DC link voltage fluctuates. The fluctuation of DC link voltage influences the load and system as sensitive loads may malfunction.

This paper suggests the DC link ripple voltage compensation algorithm in bi directional converter. The algorithm stabilize the DC link and load voltage.

### 1. 서론

배터리를 이용해 부하에 부족 또는 잉여 전력을 공급하는 ESS와 계통에서 공급되는 전력의 이상 발생 시 배터리를 통해 전력을 공급하는 UPS에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 본 논문에서는 3상 계통과 신재생 에너지원인 태양광과 배터리를 연계하여 부하에 안정적이고 연속적인 전력을 공급하는 통합 ESS 및 UPS 시스템을 제안하였다. 또한, 통합 ESS 및 UPS 시스템의 신재생 에너지원으로 태양광 발전을 사용하여 부하에 공급되는 전력 특성을 개선하였다.

본 시스템의 UPS 운용 중, 태양광 어레이에 부분 음영이나 지락현상 등으로 인한 태양광 발전 출력의 급격한 변동이 발생 시 시스템의 DC Link 전압이 영향을 받아 변동한다<sup>[1][2]</sup>. 이 때 발생한 DC link 전압 변동은 3상 부하에 공급되는 전압에 영향을 준다. 공급받는 전압에 큰 영향을 받는 민감부하의 경우 시스템의 오동작 및 파괴를 가져올 수 있다. 기존에는 DC link 커패시터의 용량을 증설함으로써 이와 같은 문제를 해결할 수 있지만 이는 시스템 크기의 증대 및 가격 상승을 초래한다.

본 논문에서는 UPS 모드에서 DC link 전압의 변동에 흔들리는 DC link 전압을 신속하게 안정화하고 이에 따른 부하 공급 전압을 안정화할 수 있는 제어 알고리즘을 제안하였다. 이를 통해 부하 공급 전력 변동을 감소시켜 안정적인 UPS 시스템 운용이 가능함을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### 2. 제안하는 시스템 동작 및 제어

#### 2.1 기존 UPS 시스템의 문제점

3상 계통을 사용하는 통합 ESS 및 UPS 시스템에서 계통 공급 전압에 sag 및 swell 또는 지락 등의 이상이 생겼을 경우 시스템의 동작 모드를 UPS로 전환한다. 계통 이상에 따른 계통 연결을 끊은 전체 시스템 회로도는 그림 1과 같다.

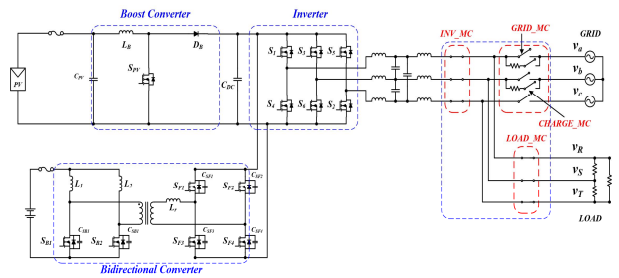


그림 1 PV가 결합된 통합 ESS 및 UPS 시스템의 UPS 모드

통합 ESS 및 UPS 시스템의 인버터에서 3상 계통의 DC link 전압을 일정하게 유지하는 CV(Constant Voltage) 제어를 종료하고 배터리 측의 양방향 컨버터를 이용한 전압제어가 시행된다. 기존의 DC link 전압을 제어하는 제어 블록도는 그림 2와 같다. 현재 DC link 전압의 크기를 센싱 받아 지령 전압과의 비교를 통해 배터리 전류 지령을 결정하여 양방향 컨버터를 스위칭 제어한다.

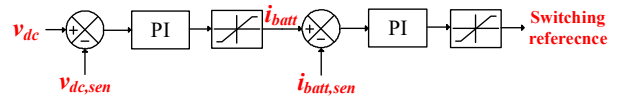


그림 2 UPS 모드의 기존 DC-link 전압 제어 블록도

기존의 양방향 컨버터 제어는 태양광 발전 출력이 일정한 DC link 전압 제어를 수행한다. 하지만 태양광 어레이의 구름에 의한 부분 음영현상이나 태양광 발전 출력의 지락 현상 등의 문제로 인해 출력 전압이 급격히 변동할 경우 기존의 DC link 전압 제어로는 신속한 CV 제어가 불가능하다. DC link의 급격한 전압 변동은 부하 입력 전압의 변동을 일으키며 입력 전압에 민감한 첨단장비의 경우 오동작을 일으킬 수 있다.

## 2.2 제안하는 DC-link 전압 제어

본 논문에서 제안하는 UPS 모드에서의 DC link 전압 제어 블록도는 그림 3과 같다. 기존의 제어에 배터리 입출력 전류를 계산하여 신속한 DC link 전압제어를 수행한다.

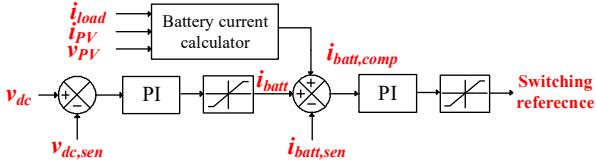


그림 3 UPS 모드의 제안하는 DC-link 전압 제어 블록도

UPS 모드에서의 양방향 컨버터의 출력 전류는 부스트 컨버터의 출력 전류  $i_{o,PV}$ 와 3상 인버터 입력 전류  $i_{o,load}$ 에 의하여 결정된다.

$$i_{o,batt} = i_{o,PV} - i_{o,load} \quad (1)$$

식 (1)의 부스트 컨버터 출력 전류와 인버터 입력 전류는 식 (2),(3)으로 나타낼 수 있다.

$$i_{o,PV} = (1 - D) \left( i_{PV} - C_{PV} \frac{dv_{PV}}{dt} \right) \quad (2)$$

$$i_{o,load} = \frac{v_{load} i_{load}}{v_{DC-Link}} \quad (3)$$

배터리와 양방향 컨버터 출력 전류의 관계는 식 (4)와 같다.

$$i_{batt,comp} = \frac{n i_{o,batt}}{1 - D_{batt}} \quad (4)$$

각 전원 및 부하의 전류를 계산하여 구한 배터리 전류 지령 식 (1)~(4)를 통해 식 (5)을 계산할 수 있다. 식 (5)를 DC link 전압 제어의 배터리 지령 전류로 추가한 보상 전압 제어를 수행한다.

$$i_{batt,comp} = \frac{n}{1 - D_{batt}} \left( (1 - D_{boost}) \left( i_{PV} - C_{PV} \frac{dv_{PV}}{dt} \right) - \left( \frac{i_{load} v_{load}}{v_{DC-link}} \right) \right) \quad (5)$$

## 3. 시뮬레이션

그림 4 및 그림 5는 DC link 전압 보상 알고리즘의 적용 효과를 알아보기 위한 시뮬레이션으로 태양광 셀에 음영현상이 발생하였을 경우를 나타낸다. 두 파형 모두 태양광 빛의 세기가  $500[W/m^2]$ 에서  $1000[W/m^2]$ 로 증가하였을 경우이며 DC link 전압 파형과 부하에 공급되는 전압 파형이다.



그림 4 음영현상에 의한 DC-link 전압 및 부하 전압 변동

그림 4는 전압 보상 알고리즘 적용 이전의 파형을 나타낸다. 0.25[s]에 태양광 어레이 빛의 세기가 변경되었고 이로 인한 DC link 전압 변동 폭은 최대 32[%]이다. DC link 전압 변동으로 인한 3상 부하 공급 최대 전압 변동 역시 30.7[%]로 공급 전압에 민감한 첨단 장비의 경우 오동작이 발생할 수 있다.

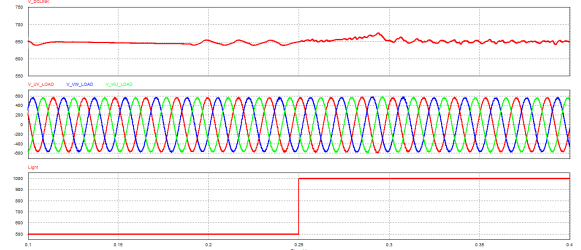


그림 5 전압 보상 적용 후 DC-link 전압 및 부하 전압 변동

그림 5는 전압 보상 알고리즘 적용 이후의 파형을 나타낸다. DC link 최대 전압 변동 폭은 3.9[%]로 급감하였으며 이에 따른 3상 부하 공급 전압 변동 폭은 3.2[%]로 감소하였다.

## 4. 결론

본 논문에서는 태양광 발전이 결합된 통합 ESS 및 UPS 시스템의 UPS 모드에서 태양광 발전 출력의 급격한 변동으로 인한 DC link 전압의 전압 변동이 발생하였을 때 이를 개선하기 위한 DC link 전압 보상 알고리즘을 제안하였다. DC link 전압 보상 알고리즘을 적용함으로써 UPS 모드에서도 안정적인 전력 공급이 가능하다.

본 연구는 2014년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원 (No. 20124010203300)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

## 참고 문헌

- [1] Zhibin Zhou, F. Sculler, "Grid connected marine current generation system power smoothing control using supercapacitors", *IECON 2012 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, 2012, Oct.
- [2] J.L. Duran Gomez, P.N. Enjeti, "Effect of voltage sags on adjustable speed drives a critical evaluation and an approach to improve its performance", *Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1999. APEC '99. Fourteenth Annual*, 1999, Mar.