

# 비상전원 기능을 갖는 하이브리드 ESS를 위한 PCS 제어전략

권민호<sup>1</sup>, 양석현<sup>1</sup>, 김효준<sup>1</sup>, 최세완<sup>1</sup>, 황동옥<sup>2</sup>, 이동주<sup>2</sup>, 백석민<sup>2</sup>  
 서울과학기술대학교<sup>1</sup>, 국제통신공업(주)<sup>2</sup>

## A PCS Control Strategy for Hybrid ESS with Function of Emergency Power Supply

Min ho Kwon<sup>1</sup>, Seok hyun Yang<sup>1</sup>, Hyo jun Kim<sup>1</sup>, Se wan Choi<sup>1</sup>,  
 Dong ok Hwang<sup>2</sup>, Dong ju Lee<sup>2</sup>, and Seok min Paik<sup>2</sup>

Seoul National University of Science and Technology<sup>1</sup>, KUKJE Electric MFG. Co., Ltd.<sup>2</sup>

### ABSTRACT

일반적으로 UPS의 배터리에 축적된 에너지는 활용도가 낮은 문제점을 가지고 있다. 최근 이러한 배터리의 에너지를 활용하여 안정적인 전력공급뿐만 아니라 전력품질을 안정화시키고 전력활용을 더욱 효율적으로 할 수 있는 하이브리드 ESS에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 논문에서는 하이브리드 ESS의 구성 및 효율적인 운전을 위한 동작모드를 제안하고 이를 위한 제어 알고리즘을 제안한다. 5kW급 축소시작품을 통한 실험결과로 제안하는 하이브리드 ESS의 타당성을 입증하였다.

### 1. 서론

평상시 전력을 배터리에 축적하였다가 예기치 못한 정전으로부터 시스템 섯다운을 방지하고 고가의 기기와 네트워크 장비 등과 같은 중요부하에 안정적인 주파수의 전압을 공급할 수 있는 UPS는 그 필요성이 산업 전반에 걸쳐 인식되어왔다. 그러나 UPS는 비상시에만 동작하기 때문에 투자비용에 비하여 이용률이 매우 낮고 배터리에 축적된 에너지의 활용도가 낮다. 본 논문에서는 이러한 배터리에 축적되어 있는 에너지를 수요관리(첨두부하 삭감, 부하이동)에 사용함으로써 효율적인 에너지 활용이 가능한 하이브리드 ESS를 제안한다. 하이브리드 ESS는 평상시에는 비상시 중요부하에 공급할 최소 예비전력만을 남겨놓고 수요관리 모드로 동작하며, 비상시에는 예비전력으로 중요부하에 끊임없이 전력을 공급하는 비상발전모드로 동작한다. 그림 1은 제안하는 하이브리드 ESS의 구성도를 나타낸다. 부하의 종류는 ON Line UPS에서의 부하와 같은 VFI(Voltage and frequency independent)부하, OFF Line UPS에서와 같이 무정전이 요구되지만 전력품질이 중요하지 않은 VFD(Voltage and frequency dependent)부하 그리고 일반부하로 구분되며 비상시 일반부하는 차단된다. VFD부하는 상시 계통의 전압을 그대로 사용하고 비상시 하이브리드 ESS를 통해 전력을 공급받는다. 이때 VFD부하에 무정전 전원을 공급하기 위한 급속 모드전환 알고리즘이 요구된다. 또한 제안하는 하이

브리드 ESS는 VFI부하와 VFD부하를 구분하여 각각에 비상전원을 공급함으로써 기존 UPS 대비 비상발전 용량이 증가된다. 본 논문에서는 제안하는 하이브리드 ESS의 구성을 소개하고, 비상시 VFI 및 VFD부하에 끊임없이 전력을 공급하기 위한 알고리즘을 5kW급 시작품을 통한 실험으로 검증하였다.

### 2. 제안하는 하이브리드 ESS

계통전원 품질에 관계없이 VFI부하에 항상 안정적인 전원을 공급할 수 있는 기존 Double Conversion 방식의 UPS는 그림 2와 같이 AC DC컨버터, DC AC인버터 그리고 양방향 DC DC컨버터로 구성되어 있다. 그림 2(a)와 같이 상시모드에서는 계통으로부터 에너지를 받아 VFI부하에 전력을 공급하고 배터리에 에너지를 축적하였다가, 비상시모드가 되면 그림 2(b)와 같이 계통과 일반부하를 차단하고 배터리를 방전하여 중요 부하에 비상전원을 공급한다. 이때 계통 측 AC DC컨버터는 정지된다. 제안하는 하이브리드 ESS는 정전이 허용되는 일반 부하와 VFD부하로 구분하고 기본적으로 기존 Double Conversion 방식의 UPS와 동일한 PCS 구성을 갖는다. 또한 제안하는 시스템은 그림 2 뿐만 아니라 그림 3의 수요관리모드와 비상발전모드를 수행한다. 그림 3(b)의 비상발전모드시에는 기존 UPS와 달리 계통 측 AC DC컨버터가 교류측 전압을 제어 하여 VFD부하에도 비상전원을 공급한다. 이때 AC DC컨버터는 VFD부하에 끊임없는 전원을 공급하기 위한 무순단 제어 알고리즘이 요구된다. 그림 4(a) 제안하는 AC DC컨버터의 무순단

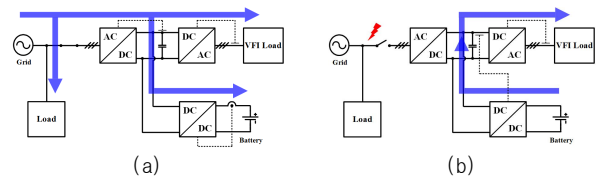


그림 2. 기존 UPS구성 및 각 상황별 동작모드 (a) 상시 배터리 충전모드 (b) 비상발전모드

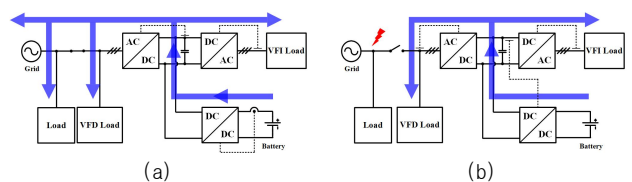


그림 3. 제안하는 하이브리드 ESS 구성 및 각 상황별 동작모드 (a) 수요관리 배터리 방전모드 (b) 비상발전모드

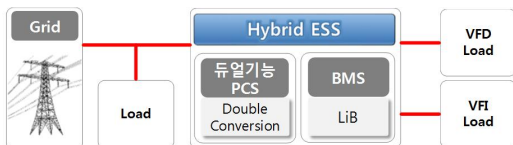


그림 7. 제안하는 하이브리드 ESS의 구성도

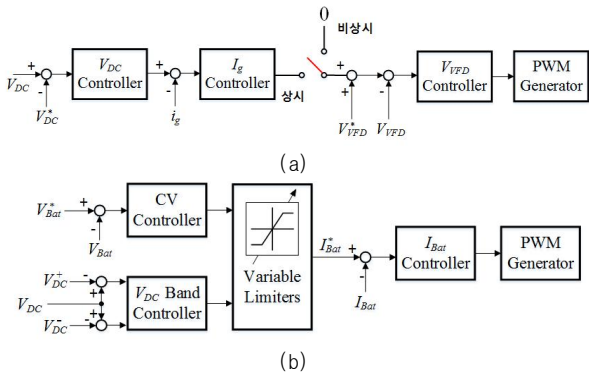


그림 4. 제안하는 무순단 모드전환 알고리즘 블록도 (a) AC-DC컨버터 알고리즘 (b) DC-DC컨버터 알고리즘

모드전환 알고리즘이다. 상시 외부루프에 DC링크 전압제어를 수행하지만 내부루프에는 VFD부하 전압을 제어하고 있기 때문에 계통이 끊기는 비상시에도 VFD부하의 전압을 안정적으로 제어할 수 있다<sup>[1]</sup>. 비상시에는 AC DC컨버터를 대신하여 양방향 DC DC컨버터가 DC링크 전압을 제어해야 되기 때문에 DC DC컨버터 또한 급속모드전환 알고리즘이 요구된다. 그림 4(b)는 제안하는 양방향 DC DC컨버터의 모드전환 알고리즘이다. 상시 충·방전량을 제어하던 양방향 DC DC컨버터는 DC링크의 전압이 기준치보다 크거나 작아지는 것을 감지하여 자율적으로 DC링크 전압제어를 수행한다<sup>[2]</sup>. DC AC인버터는 기본적인 전압제어 방식을 적용하여, 기존의 UPS에서와 같이 VFI 부하에 항시 안정적인 전압을 공급하는 기능을 한다.

### 3. 실험 결과

제안하는 하이브리드 ESS 시스템의 수요관리 기능과 비상발전 기능을 검증하기 위하여 5kW급 축소시작품을 제작하여 실험을 진행하였다. 그림 5(a)는 수요관리 기능을 위해 배터리 전류를 제어하는 실험파형이며 그림 5(b)와 (c)는 각각 방전 모드와 충전모드의 확대파형을 보여준다. 그림 6은 수요관리 배터리 충전모드 중 비상발전모드로 전환될 때의 실험파형으로, 끊김없는 VFI부하 전압을 볼 수 있으며 충전 중이던 배터리 전류의 방향이 반전되는 것을 확인 할 수 있다. 그림 7은 수요관리 배터리 충전모드 중 비상발전모드로 전환될 때의 실험파형으로 정전발생 순간 AC DC컨버터가 VFD부하의 전압을 제어하기 시작하면서 끊김없이 전력을 공급한다. 약 60ms

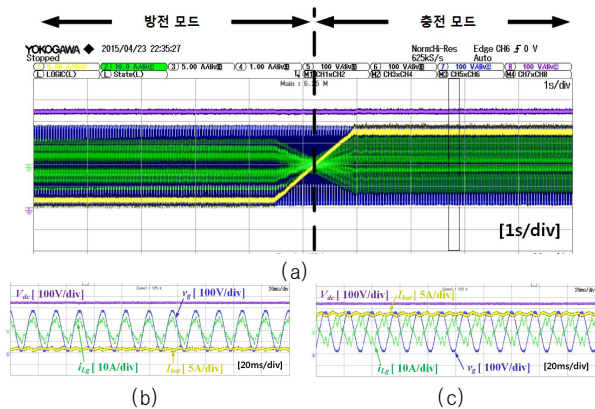


그림 5. 충 방전 모드전환 실험 파형 (a) 배터리 방전→충전 모드전환 (b) 방전모드 확대파형 (c) 충전모드 확대파형

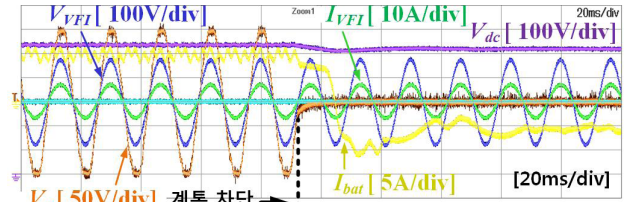


그림 6. 수요관리 배터리 충전 중 모드전환 실험파형(VFI부하)

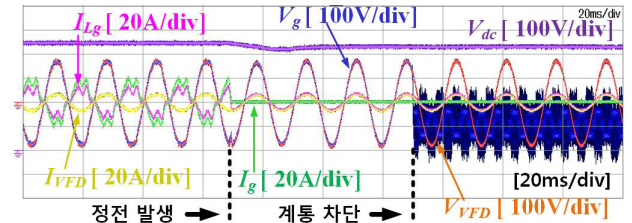


그림 7. 수요관리 배터리 충전 중 모드전환 실험파형(VFD부하)

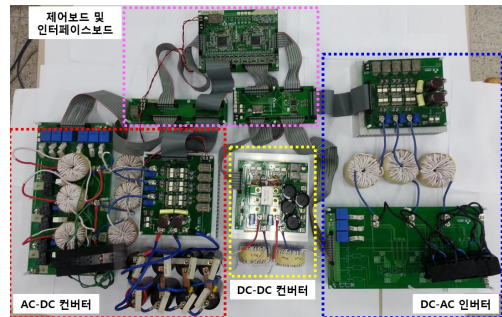


그림 8. 5kW급 하이브리드 ESS 축소 시작품 구성

후 정전상황이 판단되어 계통과 연결된 스위치를 꺼 일반부하를 차단한다. 그림 8은 알고리즘 검증을 위한 시작품 사진이다.

### 4. 결론

본 논문에서는 수요관리와 비상발전 모드가 가능한 하이브리드 ESS를 제안하였다. 무정전이 필요한 부하를 중요도에 따라 VFI부하와 VFD부하로 구분하고 비상시 AC DC 컨버터를 활용하여 비상발전용량을 증가시켰다. VFI부하뿐만 아니라 VFD부하에도 끊김없는 전원을 공급하기 위하여 AC DC컨버터와 DC DC컨버터에 무순단 모드전환 알고리즘을 적용하였고 이를 5kW급 시작품을 통하여 검증하였다. 본 논문에서 검증이 된 알고리즘은 추후 250kW급 시작품에 적용될 예정이다.

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20142010102600)

### 참고 문헌

- [1] J. Kwon, S. Yoon, S. Choi, "Indirect Current Control for Seamless Transfer of Three Phase Utility Interactive Inverters", *IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. 27, no. 2, pp. 773 781, Feb. 2012.
- [2] M. Kwon, J. Park, S. Choi, "A Seamless Transfer Method of Bidirectional DC DC Converter for ESS in DC Micro grids," *The Trans. of the Korean Institute of Power Electron.*, vol. 19, no. 2, pp. 194 200, Apr. 2014.