

# ESS 기능을 갖는 단상 이중변환 UPS

임승범, 홍순찬  
단국대학교 전자전기공학부

## Single-Phase Double-Conversion UPS with Energy Storage System

Seung Beom Lim and Soon Chan Hong  
School of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University

### ABSTRACT

This paper proposes the single phase double conversion UPS(Uninterruptible Power Supply) with ESS(Energy Storage System). The Proposed system is operating in three modes, which are normal mode, battery mode, and bypass mode. Not only in black out but also in peak load times, the system is operating in battery mode which is using the stored energy of the battery to manage the power effectively. The validity of proposed system could be verified by simulations and experiments.

### 1. 서론

2011년 후쿠시마 원전사고 및 2011년 9월 15일 블랙아웃 사태 이후 경부하시에 유희전력을 저장하였다가 첨두부하시에 사용함으로써 부하평준화를 통한 첨두부하를 분산할 수 있는 에너지 저장 장치(ESS : Energy Storage System)에 대한 필요성이 높아지고 있다<sup>[1]</sup>. 단상 이중변환 무정전전원장치(UPS : Uninterruptible Power System)은 산업용 첨단 장비, 의료기기, 컴퓨터, 금융, 데이터 센터 등 정전 및 전압 변동에 민감한 부하에 안정적인 전원을 공급하는 역할을 한다<sup>[2]</sup>. 기존의 단상 이중변환 UPS는 정류기, 인버터, 배터리 충전/방전기, 배터리로 구성되며 정상시 배터리를 충전하였다가 정전시에 배터리에 충전된 에너지를 이용하여 부하에 전원을 공급한다.

본 논문에서는 ESS 기능을 갖는 단상 이중변환 UPS를 제안한다. 제안한 UPS는 정상시에는 부하에 안정적인 전원을 공급하면서 첨두부하시에는 상용전원을 차단하고 배터리에 저장된 에너지를 이용하여 부하에 전원을 공급하여 전력 평준화 역할을 할 수 있는 장점이 있다.

### 2. 제안한 ESS 기능을 갖는 UPS

제안한 단상 이중변환 UPS는 그림 1과 같이 정류기, 인버터, 배터리 충전기, Bypass 스위치, 배터리로 구성된다.

정류기는 정상 모드에서는 3 레벨 부스트 PFC로 동작하고 배터리 모드에서는 부스트 컨버터로 동작함으로써 배터리 방전기를 제거할 수 있는 PFC 부스트 컨버터로 구성하였다. 정상 모드에서 3 레벨 부스트 PFC는 입력 전류 및 직류단 전압을 제어하고, 배터리 모드에서 부스트 컨버터는 배터리 전압을 일

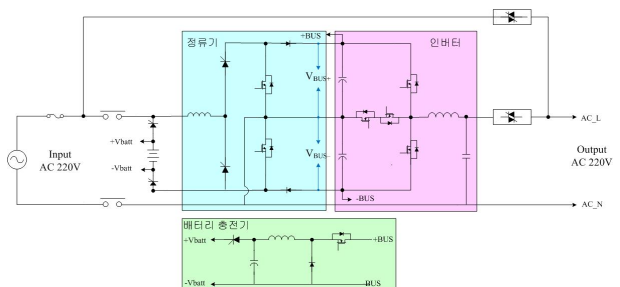


그림 1 제안한 UPS 시스템  
Fig. 1 Proposed UPS System

정한 직류 전압으로 승압하는 역할을 한다.

인버터는 TNPC(T Type Neutral Point Clamp) 인버터로 구성하였다. TNPC 인버터는 기존의 2 레벨 인버터에 비해서 스위칭 손실을 감소시킬 수 있고, 3 레벨 NPC 인버터에 비해서는 도통 손실을 감소시킬 수 있어서 효율을 상승시킬 수 있다. TNPC는 정상 모드와 배터리 모드에서 모두 동작하며 직류단 전압을 교류 전압으로 변환하는 역할을 한다. 배터리 충전기는 벅 컨버터로 구성되어 정상모드에서 배터리를 충전하는 역할을 한다.

제안한 시스템은 정상 모드, 배터리 모드, 바이패스 모드 등 모두 3개 모드로 동작한다. 정상 모드는 정상시에 동작하는 모드라서 PFC와 인버터가 동작하여 부하에 에너지를 공급하면서 배터리를 충전하고, 배터리 모드는 정전이 발생하였을 때 자동으로 동작하여 배터리에 저장된 에너지를 이용하여 부하에 전원을 공급한다. 바이패스 모드는 인버터 고장이나 과부하시에 동작하며 상용전원을 직접 부하에 공급한다.

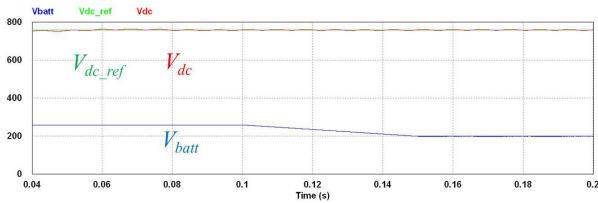
첨두부하시와 같이 ESS 기능이 필요할 때는 지령에 의해서 배터리 모드로 동작하며, 부스트 컨버터와 인버터가 동작하여 배터리에 저장된 에너지를 이용하여 부하에 전원을 공급한다.

제안한 시스템은 다른 UPS와는 다르게 배터리 모드가 지령에 의해서 동작할 수 있으므로 ESS 기능을 할 수 있다. ESS 기능에 의해서 첨두부하시에 상용전원을 이용하지 않고 미리 저장해둔 배터리의 에너지를 이용함으로써 전력 관리를 용이하게 할 수 있는 장점이 있다.

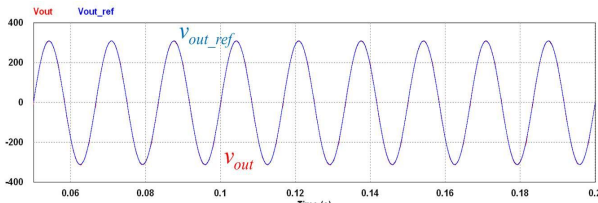
제안한 시스템에서는 ESS 기능으로 동작 가능한 시간을 2시간으로 결정하여 배터리의 용량을 선정하였다. 제안한 시스템은 ESS 기능뿐만 아니라 UPS 기능도 같이 할 수 있어야 하므로 ESS 기능을 할 수 있는 2시간 외에도 정전 보상시간까지 추가해서 배터리의 용량을 설계하였다.

### 3. 시뮬레이션

제안한 ESS기능을 갖는 단상 이중변환 UPS의 성능을 확인하기 위해서 배터리 모드에 대해서 PSIM을 사용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 2는 배터리 모드에서 배터리 전압의 가변에 따른 시뮬레이션 결과이다. 실제 배터리의 경우 3.7V/Cell을 64개 직렬로 연결하여 사용하므로 최대 전압을 260V, 최저 전압을 200V로 하여 시뮬레이션 하였다. 그림 2(a)는 배터리 전압, 직류단 지령값 및 실제 파형으로 배터리 전압이 260V에서 200V로 변화더라도 직류단 전압이 760V로 일정하게 제어됨을 알 수 있다. 그림 2(b)는 출력전압 지령값 및 실제 파형으로 출력전압이 정현파로 제어가 잘 되고 있다.



(a) 배터리 전압, 직류단 지령값 및 실제 파형



(b) 출력전압 지령값 및 실제 파형

그림 2 배터리 모드 시뮬레이션 결과  
Fig. 2 Simulation Result at Battery Mode

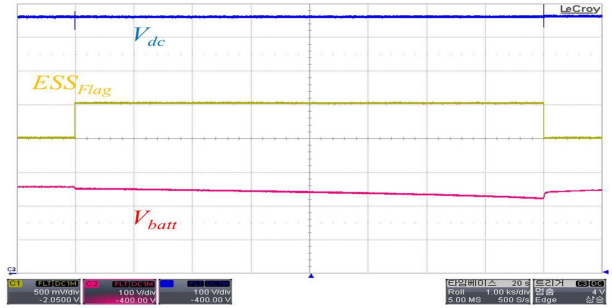
### 4. 실험

제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 시뮬레이션과 동일한 파라미터로 실험하였다. 그림 3은 지령에 의해서 ESS 기능이 동작하는 파형으로 ESS<sub>Flag</sub>에 의해서 2시간 동안 배터리 모드로 동작하며 배터리 전압이 변화더라도 직류단 전압이 일정하게 제어된다. 그림 4는 배터리 모드의 실험 파형으로 그림 4(a)는 배터리 전압이 최대일 때, 그림 4(b)는 최저일 때의 배터리 전압, 직류단 전압, 출력 전압을 측정된 파형이다. 시뮬레이션과 마찬가지로 배터리 전압이 최대일 때와 최저일 때 모두 직류단 전압을 일정하게 유지하므로 출력 전압이 정현파로 제어됨을 알 수 있다.

### 5. 결론

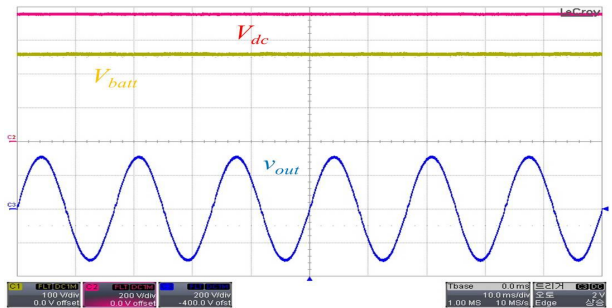
본 논문에서는 ESS 기능을 갖는 단상 이중변환 UPS를 제안하였다. 제안한 UPS는 정상시에는 정상모드로 동작하여 안정적인 전원을 공급하면서 배터리를 충전한다. 정전시에는 자동으로 배터리 모드로 동작하여 안정적인 전원을 부하에 공급할 뿐만 아니라 침두부하시에는 지령에 의해서 배터리 모드로 동작하여 배터리에 저장된 에너지를 이용하여 부하에 전원을 공급함으로써 ESS 기능을 할 수 있다. 이런 ESS 기능은 침두부하시에 상용 전원을 사용하지 않고 배터리에 저장된 에너지를 사용함으로써 전력관리를 할 수 있다.

끝으로 시뮬레이션과 실험을 통하여 배터리 모드에서 배터리 전압이 변화여도 직류단 전압을 일정하게 유지하여 출력전압을 정현파로 제어함으로써 제안한 시스템의 유용성을 확인하였다.



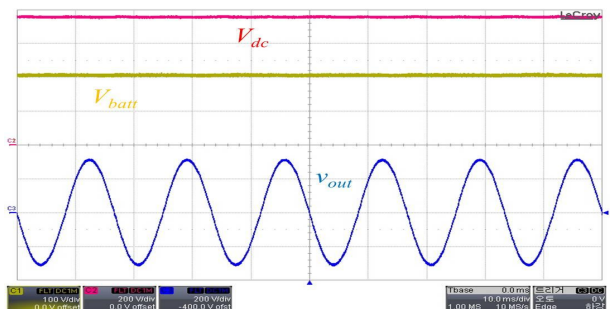
Horizontal : 1000[s]/div., Vertical : 200[V]/div., Offset : -400V  
그림 3 ESS 기능 실험 결과

Fig. 3 Experimental Result of ESS Function



Horizontal : 10[ms]/div., Vertical : 100[V]/div. ( $V_{batt}$ )  
Horizontal : 10[ms]/div., Vertical : 200[V]/div. ( $V_{dc}$ )  
Horizontal : 10[ms]/div., Vertical : 200[V]/div., offset : -400V ( $v_{out}$ )

(a) 최대 배터리 전압



Horizontal : 10[ms]/div., Vertical : 100[V]/div. ( $V_{batt}$ )  
Horizontal : 10[ms]/div., Vertical : 200[V]/div. ( $V_{dc}$ )  
Horizontal : 10[ms]/div., Vertical : 200[V]/div., offset : -400V ( $v_{out}$ )

(b) 최소 배터리 전압

그림 4 배터리 모드 실험 결과  
Fig. 4 Experimental Result at Battery Mode

### 참고 문헌

- [1] 김래영, "에너지 저장장치에서의 전력전자 기술", 전력전자학회지, 제17권 제5호, pp 37-42, 2012. 10.
- [2] Dipl. Ing. Wilhelm Solter, "A New International UPS Classification by IEC 62040 3", Proc. of Telecommunications Energy Conference (INTELEC), pp. 541-545, 2002.