

1.8MW급 ESS용 배터리 충방전기 개발

김영우, 이창희
다원시스

Development of 1.8MW-class Battery Charger & Discharger for ESS

Y.W. Kim, C.H. Lee
Dawonsys

ABSTRACT

본 논문은 1.8MW 급 ESS용 배터리 충방전기 개발에 관한 논문이다. 제안된 회로의 구성은 삼상 교류 입력을 받아 DC 1150V로 변환시키는 3상 AC/DC 컨버터부와 배터리를 충전과 방전시키는 buck-boost 컨버터부로 구성된다. 출력은 최대 900V, 2000A 이며 C/C, C/V, C/P 모드로 제어된다. 3상 AC/DC 컨버터는 역률을 개선하고, 입력 고조파를 저감시킬 수 있으며, 계통으로 회생이 가능하다는 장점이 있다. 시뮬레이션 및 실험을 통하여 배터리 충방전기의 성능을 검증하였으며, 실제 시스템에 적용하여 충전 및 방전 시험을 완료하였다.

1.서론

최근 전력문제가 심각하게 대두되고 있는 시점에서 에너지의 효과적인 운용을 위해 전력사용량이 적은 특정 시간대에 에너지를 배터리에 충전하고, 전력피크 소비 시간대에 저장된 에너지를 계통으로 회생하여 비용절감과 동시에 유사시 대비전력으로 활용 가능한 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, 이하 ESS)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 다양한 종류의 ESS 장치들이 개발되고 있다.^[1]

본 논문에서는 IGBT를 이용한 3상 전압형 AC/DC PWM 컨버터를 적용하여 충전 시에는 계통의 입력전압과 전류를 동상으로 제어하고 계통으로 회생 시에는 역상으로 제어하여 역률 및 고조파를 개선하였다.^[2]

또한, 전원장치를 2단 병렬구조로 설계하여 각각의 유닛이 충전-방전, 방전-충전 방식의 운전모드로 동작하는 에너지 순환 방식으로 시험하여 개발 시 소요되는 전력을 최소화 하였으며, 별도의 부하 없이 정격시험을 할 수 있었다.

2. ESS용 배터리 충방전기의 구성

그림1은 ESS용 배터리 충방전기의 구성을 보여주고 있다. 입력필터 리액터와 3상 전압형 컨버터가 2병렬로 되어있으며, buck-boost 컨버터는 4병렬로 구성되어 있다. 또한 순환전류를 방지하기 위하여 3상 전압형 컨버터의 입력측은 변압기를 사용하여 각각의 전원을 분리하였다.

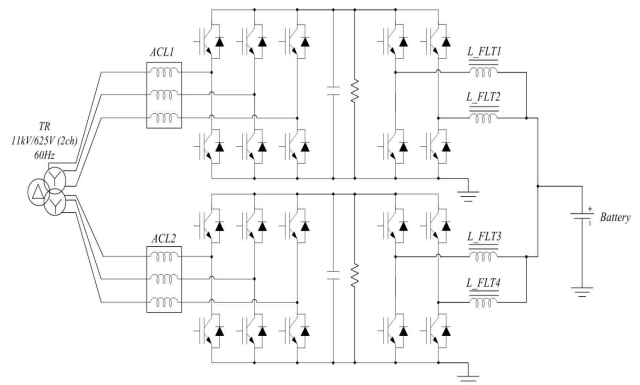


그림 1 ESS용 배터리 충방전기의 구성
Fig. 1 Configuration of battery charger/discharger for ESS

3. ESS용 배터리 충방전기의 제어기

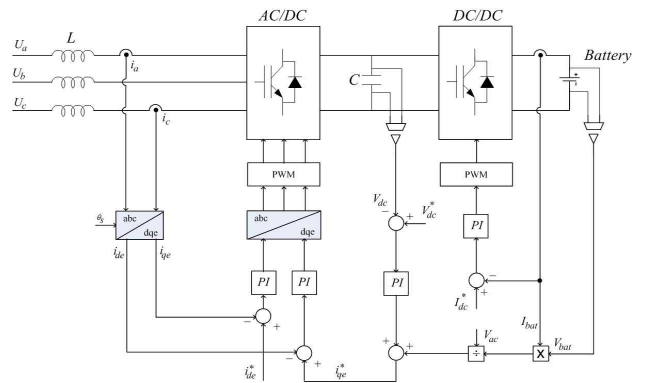


그림 2 ESS용 배터리 충방전기의 제어방식
Fig. 2 Control strategy of battery charger/discharger for ESS

AC/DC 컨버터는 육상전압 방식에 의한 SPWM 변조기법을 사용하였고, 3상 d-q 변환과 PLL(Phase Locked Loop)을 통하여 계통전압의 위상을 정확히 추정하여 동기회전 좌표계의 d축 무효성분 전류를 0 이도록 제어함으로써 역률을 1로 하고, q축 유효성분 전류를 제어하여 AC/DC 컨버터의 출력전압을 원하는 값으로 제어하였다.

Interleaved buck-boost 컨버터의 각 leg 는 0°,90°,180°,270° 로 phase shift 되어 출력리플을 최소화 하였고, 충전 시에는 buck

컨버터로 동작하여 배터리를 충전시키고, 방전 시에는 boost 컨버터로 동작하여 배터리의 전력을 DC Link 로 전달한다. 이때 PWM 컨버터는 계통으로의 회생을 시작한다.

3. ESS용 배터리 충,방전기의 사양 및 시험

항 목	사 양
입력 전압	625[Vac]
DC Link 전압	1150[Vdc]
출력 전압	900[Vdc]
출력 전류	2000[A]
입력 인덕턴스	200[μH]
출력 인덕턴스	4[mH]
스위칭 주파수	1.5[kHz]

표 1 ESS용 배터리 충방전기의 사양

Table. 1 Specification of battery charger/discharger for ESS

표 1은 ESS용 배터리 충방전기의 사양을 보여주고 있다. 이러한 대용량 전원장치를 시험하기 위해서는 소모되는 전력이 매우 크며 사용되는 부하장치의 제작도 불가피하다. 이에 시스템을 2단 병렬구조로 설계하여 상단의 유닛은 충전모드로 동작하고 하단의 유닛은 계통회생모드로 동작하는 시험방식을 채택하였다.

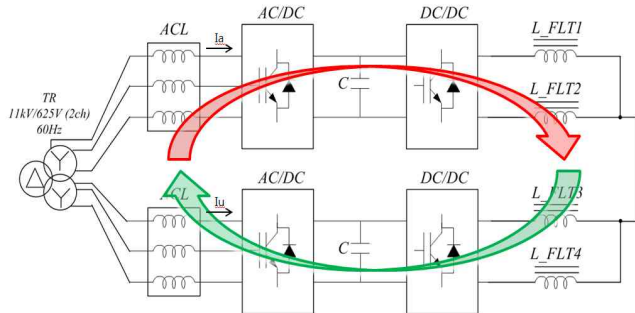


그림 3 정격 시험 시 에너지 흐름

Fig. 3 Energy flow of rated power test

그림 3 은 정격시험 시 에너지의 흐름을 보여주고 있다. AC/DC 컨버터는 DC Link를 설정된 전압으로 유지하며, 상부의 buck 컨버터가 정격전압을 오픈루프로 출력하면 하부의 boost 컨버터가 정격전류로 제어하는 방식으로 동작하여 정격에서의 시험이 가능하도록 하였다. 이때 상하부의 출력전압과 전류는 900V/+1000A, 900V/-1000A 이며, 변압기 1차측의 입력 전류는 0 에 가깝다.

4. 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 4 는 정격시험의 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 상단 유닛과 하단 유닛의 출력전류가 각각 ± 로 상승 및 하강하고, 충전 모드에서 Va 와 Ia 가 동상으로, 방전 모드에서 Va 와 Iu 가 역상으로 제어되며, 이때 입력전류는 0 에 가까운 것을 확인할 수 있다.

그림 5 는 ESS용 배터리 충방전기의 900V/2000A 급 배터리

충,방전시 실제 계통전압과 전류파형을 보여준다.

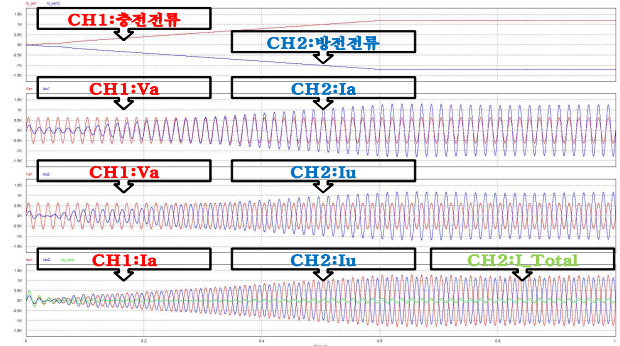


그림 4 입력 및 출력전류 시뮬레이션 결과

Fig. 4 Simulation result of input/output current

충전 시 계통의 상전압과 상전류가 동상으로 제어되는 것을 볼 수 있으며, 방전 시에는 계통전압과 상전류가 역상으로 제어되는 것을 확인할 수 있다.

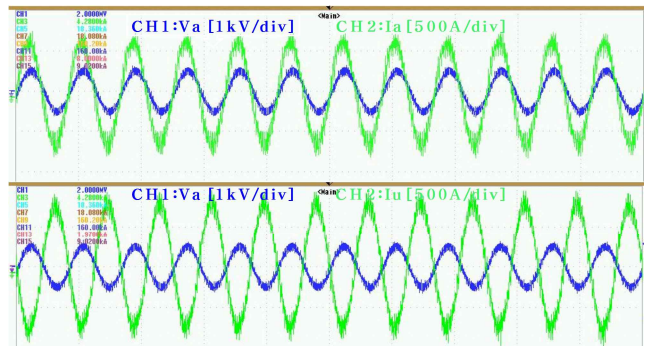


그림 5 ESS용 배터리 충,방전기의 전압,전류파형

Fig. 5 Waveform of battery charger/discharger for ESS

5. 결론

본 논문에서는 3상 AC/DC 컨버터와 buck-boost 컨버터를 적용한 1.8MW 급 ESS용 배터리 충방전기를 설계하여 유효전류와 무효전류를 독립적으로 제어함으로써 입력단의 고조파 및 역률문제를 개선하였으며, 대용량 배터리의 충,방전 특성 및 계통으로의 회생성능을 확인하였다. 또한, 별도의 부하와 전력소모 없이 정격시험을 하는 방안 및 알고리즘을 제시하였고, 그 성능을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Soo-Hong Kim, Tae-Hyeong Kim, Yun-Hyun Kim, Dong-Seok In, Byung-Ki Kwon, Chang-Ho Choi, "A Development of 2MVA Battery Energy Storage System", The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 17, No. 2, April 2012.
- [2] Sang-Il Lee, Jin-Seop Lee, Hyung-Lae Baek, "The Improvement of Transient State Characteristics with Voltage Type PWM Converter Control", 전력전자학회 논문지 4권 3호, pp.268~274, 1999.