

배터리모듈 밸런싱 회로를 적용한 100kW BESS 시스템

이경준*, 이종필**, 신동설*, 박성재***, 유동욱**, 유지윤****
 부산대학교*, 한국전기연구원**, (주)맥스콤***, 고려대학교****

100kW BESS System using Battery Balancing Circuit

Kyoung Jun Lee*, Jongpil Lee**, Dongsul Shin*, Sungjae Park***, Dongwook Yoo**, Jiyeon Yoo****
 Pusan National University*, Korea Electro-technology Research Institute**, Maxcom co.,Ltd**, Korea University****

ABSTRACT

본 논문에서는 스마트그리드 시스템의 안정적인 운전을 위한 핵심적인 요소인 고압의 에너지저장장치를 충방전 할 수 있는 BESS 시스템을 제안한다. 제안한 BESS 시스템용 전력변환장치는 배터리 밸런싱 회로를 적용하여 저압의 배터리 모듈을 직렬로 구성하여 양방향 DC/DC 컨버터 없이 양방향 DC/AC 인버터만으로 BESS 시스템을 구성할 수 있다. 제안한 BESS 시스템의 충방전 시 특성을 살펴보고 50kW급 BESS 시스템을 통해 유용성을 확인한다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 BESS용 양방향 DC/AC 인버터 topology이다. 3상 인버터 앞단에 배터리 모듈 밸런싱 회로가 구성되어 있다. 밸런싱 회로는 IGBT 스위치 2개와 밸런싱용 인덕터 1개로 간단히 구성되어 있다. 그림 2는 배터리 밸런싱 회로의 PWM 동작 시퀀스를 보여주고 있다. 위 아래 스위치가 일정시간(t_{dead})을 두고 같은 듀티(d)로 동작하면 두 개의 배터리 모듈간 전압은 식 (1)과 같은 관계를 가진다. 또한 PWM 듀티에 따라서 배터리 모듈간 불균형인 상태에서 균형 상태인 정상상태까지 시간이 결정되어 진다.

(1)

1. 서론

배터리 에너지 저장시스템(BESS: Battery Energy Storage System)은 부하율 향상, 순동 예비력, 전압 및 주파수 제어, 발전 및 송배전 설비의 투자지연 효과, 공급의 신뢰도 향상 등의 효과를 가지고 있다. 현재의 전지전력 저장 시스템은 높은 전류밀도로 방전이 가능하고, 방전 효율이 높아 순간적인 피크부하에 소용량의 배터리로 전력을 공급할 수 있는 리튬계열 배터리를 이용하여 계통연계형 BESS 시스템을 많이 구성하고 있다.[1][2] 그러나 계통연계형 BESS용 전력변환장치는 배터리 모듈의 전압이 계통연계형으로 적용하기에 낮은 전압이므로 양방향 DC/DC 컨버터가 포함되어 있다. 2단으로 구성되어 있기 때문에 전체 시스템 효율면에서 불리한점이 많다. 따라서 본 논문에서는 배터리 모듈간 밸런싱 회로를 적용하여 낮은 전압의 배터리 모듈을 직렬로 구성하여 전력변환효율을 기존의 2단 구조의 전력변환장치보다 높일 수 있었다.

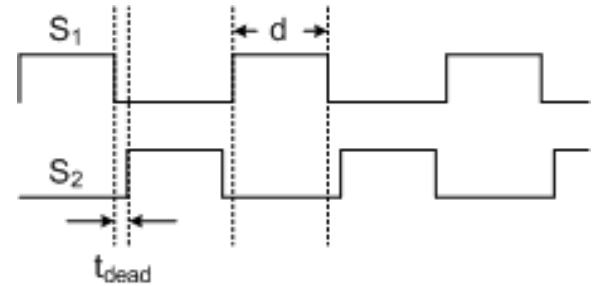


그림 2 일정 듀티를 가지는 배터리 밸런싱 회로
 Fig. 2 Battery balancing circuit with constant duty ratio

2.2 충방전 동작모드

배터리의 충방전은 제어하고자 하는 단위 계통의 일정 전력을 기준으로 제어된다. 보통 공급받는 전력은 일정할 때 계통의 부하가 공급되는 전력보다 적을 때 배터리는 충전모드가 되고 부하량이 많을 경우 배터리는 방전 모드로 운전되어 피크부하를 보상한다. 이때 충방전 모드는 그림 3과 같다.

2. 시스템의 구성

2.1 제안한 3상 양방향 DC/AC 인버터

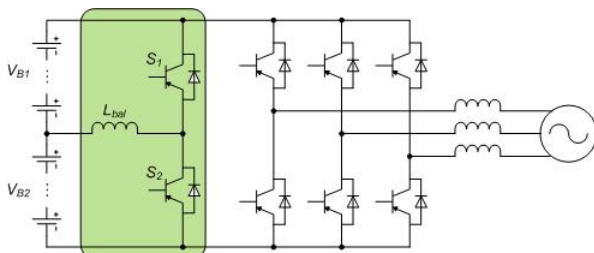


그림 1 제안한 양방향 전력변환 topology
 Fig. 1 The proposed bi-directional power conversion topology

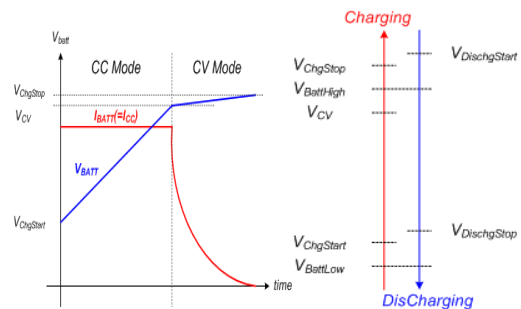


그림 3 배터리 충방전 알고리즘
 Fig. 3 Battery charging & discharging algorithm

충전 시 일정 전류로 충전하는 CC모드와 일정 목표 전압까지 충전하는 CV모드로 구분된다.

2.3 실험 결과

표 1 시스템 사양

Table 1 The system parameters

인산철 배터리	정격 용량	30	Ah
	공칭 전압	3.2	V
	셀 구성	270 (135X2)	개
전력변환장치	정격 전압	864	Vdc
	최대 충전 전류	60	A
	최대 방전 전류	120	A
	계통전압	380	Vac

표 1은 본 논문에서 제안한 방식의 밸런싱 회로를 적용한 BESS 시스템의 사양을 보여주고 있다. 인산철 배터리를 적용하였고 충전전류는 2C, 최대 방전 전류는 4C방전이 가능하다.

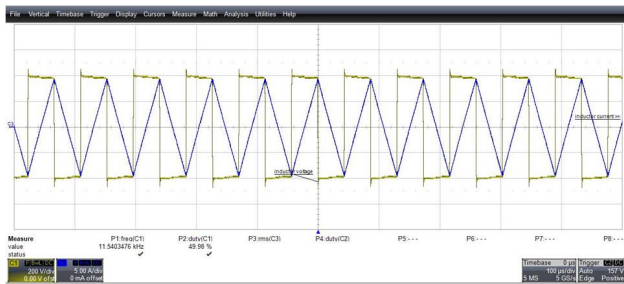


그림 4 밸런싱 인덕터 전압&전류(200V/div, 5A/div.)

Fig. 4 Balancing inductor voltage & current

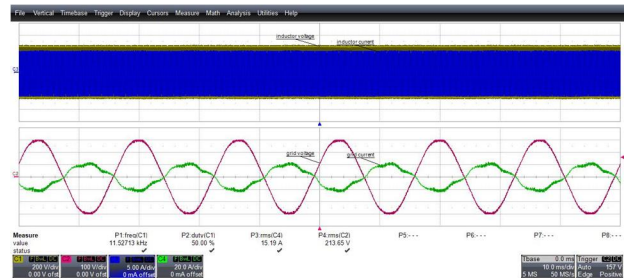


그림 5 충전 시 계통 전압 & 전류(100V/div, 20A/div.)

Fig. 5 Grid voltage & current at charging mode

그림 4는 균형상태에서 밸런싱 회로의 인덕터에 흐르는 전류 파형과 전압 파형을 보여주고 있다. 균형상태(정상상태)에서는 DC offset이 없고 배터리 모듈간 전압이 다를 경우 DC Offset 전류가 보이게 된다.

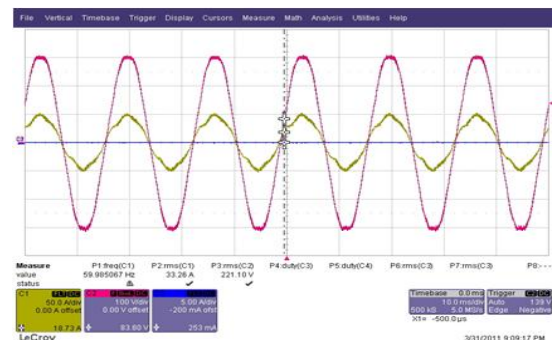


그림 6 방전 시 계통 전압 & 전류(100V/div, 50A/div.)

Fig. 6 Grid voltage & current at discharging mode

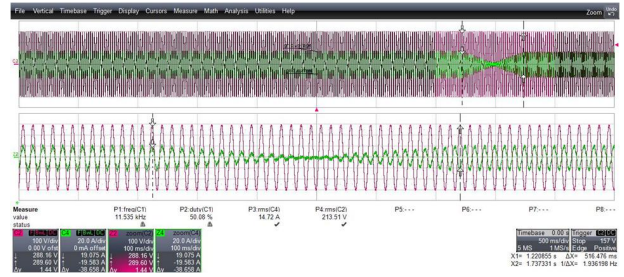


그림 7 모드 변환 시 계통 전압 & 전류(100V/div, 20A/div.)

Fig. 7 Grid voltage & current at operation mode changing
그림 5와 6은 충 방전 시 계통전압과 전류 파형이다. 단위 역률을 이루면서 동작함을 보여주고 있다. 그림 7은 방전에서 충전모드로 전환 시 과도응답 상태 파형이다. 안정적으로 양방향 동작을 보여주고 있다. 그림 8에서 제안한 구조의 효율은 기존 2단구조보다 2.7%정도(최고 효율 기준) 높은 값을 가진다.

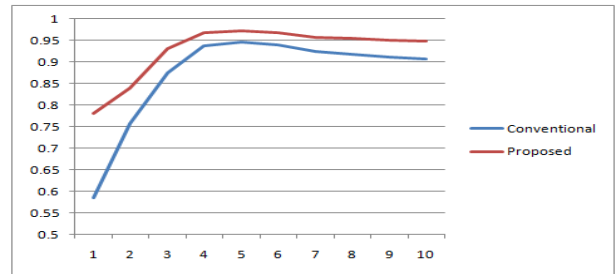


그림 8 2단구조와 제안한 구조의 효율곡선

Fig. 8 Efficiency between conventional and proposed topology

3. 결론

본 논문에서는 스마트그리드 시스템의 안정적인 운전을 위한 핵심적인 요소인 고압의 에너지저장장치를 충방전 할 수 있는 단일 구조의 BESS 시스템을 제안하였다. 인산철 배터리 두 모듈 간의 밸런싱을 위해 2개의 IGBT와 인덕터 1개를 사용하여 간단한 구조의 밸런싱 회로를 적용하였으며 충방전 시 안정적인 동작을 실험을 통해 확인하였고 효율은 기존의 2단 구조에 비해 2.7%이상 높은 값을 가질 수 있었다. 제안한 구조를 가지고 계통연계형 BESS 시스템에 적용 시 기존 저압의 배터리 모듈을 가지고 고효율의 시스템을 간단히 구성할 수 있는 장점이 있다

참고 문헌

- [1] Jinhong JEON, Seulki KIM, Changhee CHO, Jonbo AHN, Jangmok KIM, "Power Control of a Grid Connected Hybrid Generation System with Photovoltaic/Wind Turbine/Battery Sources", ICPE, pages 506 510 2007, 10.
- [2] Ponnaluri, S.; Linhofer, G.O.; Steinke, J.K.; Steimer, P.K "Comparison of single and two stage topologies for interface of BESS or fuel cell system using the ABB standard power electronics building blocks", Power Electronics and Applications, 2005 European Conference on 2005 , Page(s): 9