

단상 BESS용 컨버터/인버터 일체형 전력변환시스템

정철현, 이상하, 조춘호, 박승훈, 김태웅, 장재훈*
경상대학교, (주)사이토피아*

Power conversion system of the single-phase conver/inverter-integrated for BESS

Chul-Hyun Jeong, Sang-ha Lee, Choon-Ho Cho, Seung-Hoon Park,
Tae-Woong Kim, Jae-Hoon Jang*
Gyeongsang National University, Sytopia*

ABSTRACT

본 논문에서는 단상 BESS(Battery Energy Storage System)용 컨버터/인버터 일체형 전력변환시스템을 제안한다. 양방향 전력흐름 제어와 경량화를 위한 일체형 전력변환시스템으로 직류 출력 및 교류 출력이 가능한 일체형 토폴로지를 제안한다. 또한 제안 토폴로지에 대해, 배터리 충전 및 배터리에서 부하로 전력 공급을 위한 제안 토폴로지의 제어 알고리즘을 설계하고 이에 대한 유효성을 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증한다.

1. 서론

BESS는 전기에너지의 저장과 소비에 대해 적절하게 제어함으로써 에너지 균형을 향상시킬 수 있는 시스템이다. 이는 전력의 생산과 동시에 소비가 이루어져야 하는 전기특성에 저장 기술을 도입하여 전기수요가 적을 때 생산된 전기를 저렴한 가격으로 저장하고 수요가 많을 때 저장된 전기를 공급하는 중요한 역할을 하며 전력공급의 유연성을 확보하게 해준다.

본 논문에서는 AC/DC 및 DC/AC 전력변환시스템의 소형화 및 높은 전력변환효율을 고려하여 배터리 충전과 배터리에서 부하로 전력공급을 위한 회로구성이 동일한 단상 BESS용 컨버터/인버터 일체형 전력 변환 시스템을 제안하고 PSIM기반 시뮬레이션해석과 실험해석을 통해 유효성을 검증한다.

2. 컨버터/인버터 전력변환시스템

2.1 단상 BESS용 컨버터/인버터 제안 토폴로지

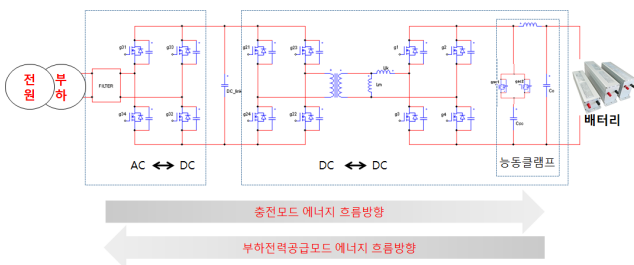


그림 1 단상 BESS용 컨버터/인버터 전력변환시스템

배터리 충전모드의 AC/DC 전력변환시스템은 단상 PWM컨버터와 절연형 벽컨버터로, 부하전력 공급모드의 DC/AC 전력변환시스템은 능동클램프 절연형 부스트컨버터와 단상 PWM인버터로 토폴로지가 설계되며 제안 일체형 전력변환시스템의 토폴로지는 스위칭 제어기법의 설계를 통해 배터리 충전과 부하 전력공급의 2가지 모드의 전력제어가 가능하다.

배터리 충전모드와 부하전력 공급모드의 절연형 전력변환시스템을 각각 설계할 시에는 최소 16개의 스위치가 필요하지만 본 논문에서는 14개의 스위치(AC/DC 전력변환:8개, DC/AC 전력변환:4개, DC/DC 절연형 전력변환:8개, 병렬 능동클램프:2개)로 상기 2가지 모드의 전력변환시스템을 구성함으로써 시스템 경량화가 가능하다. 또한 병렬 능동클램프를 적용함으로써 공진에 의해 모든 스위치의 턴온시 ZVS 동작이 가능하고, 기존 능동클램프 풀브릿지 컨버터의 스위칭 주파수 문제와 입력단 전류 증가에 의한 발열문제를 해소하였다.

2.2 제안 전력변환시스템 제어기법

본 논문에서 제안하는 단상 BESS용 컨버터/인버터 일체형 전력변환시스템은 스위칭 제어기법에 따라 단일 토폴로지에서 배터리충전모드와 부하전력공급모드로 제어가 가능하다.

AC/DC, DC/AC 전력변환의 경우, 삼각과비교방식 PWM 기법으로 제어되며, 절연형 DC/DC 벽컨버터는 컨버터의 제어성을 고려한 DC링크전압 지령을 출력하도록 제어하여야 하며, 스위칭 테이블은 표 1에 보여준다. 능동클램프 절연형 DC/DC 부스트컨버터의 경우, 모든 스위치의 ZVS 턴온동작을 고려하였으며 스위칭 테이블은 표 2에 보여준다.

제어주기에 따라 배터리 충전모드는 4단계 스위칭 모드로, 부하전력 공급모드는 8단계 스위칭 모드로 스위칭 동작이 이루어지며 각부 파형은 그림 2에 보여준다..

표 1. 스위칭모드별 게이트 신호 (배터리 충전모드)

	mode 1	mode 2	mode 3	mode 4
g21,22	on	off	off	off
g23,24	off	off	on	off
gsc1	off	on	off	off
gsc2	off	off	off	on

표 2. 스위칭모드별 게이트 신호 (부하전력 공급모드)

	mode 1	mode 2	mode 3	mode 4	mode 5	mode 6	mode 7	mode 8
g1,2	on	on	on	on	on	off	off	off
g3,4	on	off	off	off	on	on	on	on
gsc1	off	off	on	off	off	off	off	off
gsc2	off	off	off	off	off	off	on	off

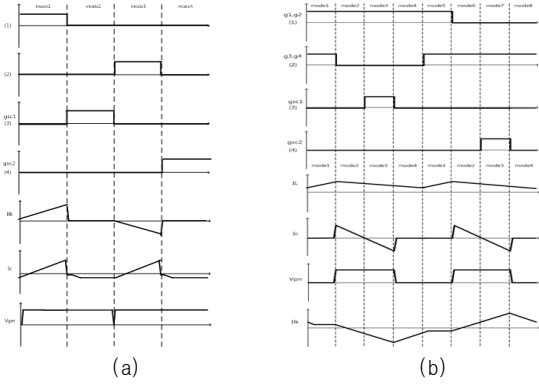


그림 2 스위칭 모드별 각 부 파형 : (a) 충전모드, (B) 부하 전력 공급모드

3. 시뮬레이션 및 실험

3.1 시뮬레이션 해석

PSIM 기반 시뮬레이션 회로는 그림 1과 같고, 시스템사양은 표 3에 보여준다. 시뮬레이션 결과 그림 3은 모드별 시스템 각 부 파형을 그림 4(a)는 배터리 충전모드(AC/DC 전력변환)에 대한 입력파형과 dc_link(AC/DC PWM컨버터와 절연형 벽컨버터 사이) 출력파형, 출력 파형을 차례로 보여준다. 그림 4(b)는 배터리에서 부하로 전력 공급모드(DC/AC 전력변환)에 대한 입력 파형과 dc_link출력파형, 출력파형을 보여준다.

표 3. 시스템 사양

parameter	value	parameter	value
입력전압	1)110VAC 2) 36VDC	출력전압	1) 36VDC 2)110VAC
스위칭주파수	10kHz	출력전력	500W
입력 인덕턴스	1mH	누설인덕턴스	20uH
클램프커패시턴스	47uF	출력커패시턴스	1000uF
부하저항	1) 4.6Ω 2) 200Ω	변압기 비	1) 3:1 2) 1:3

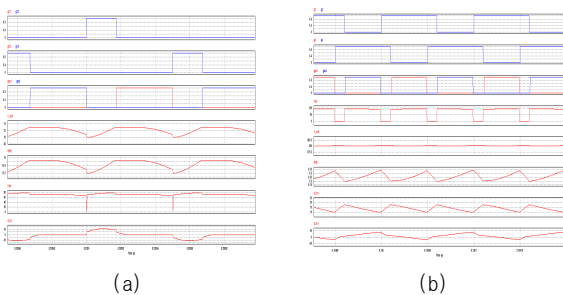


그림 3 시스템 각 부 시뮬레이션 파형 : (a) 충전모드. (b) 부하 전력 공급모드

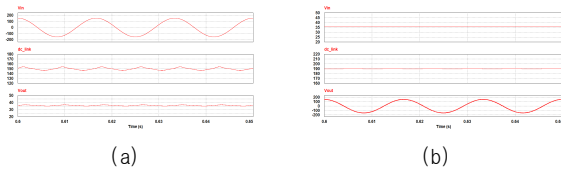


그림 4 입력전압 및 dc_link전압, 출력전압 파형 : (a) 충전 모드, (B) 부하 전력 공급모드

3.2 실험 해석

제안한 단상 BESS용 컨버터/인버터 일체형 전력변환시스템과 제어보드를 시뮬레이션을 기반으로 그림 5와 같이 구성하여 실험을 수행하였다. 설계된 시스템의 배터리 충전모드 실험파형은 입력 110VAC와 144VDC(dc_link전압), 출력 36VDC를 그림 6(a)에 보여주며, 부하전력 공급모드 실험파형은 입력 36VDC와 144VDC(dc_link전압), 출력 110VAC를 그림 6(b)에 보여줌으로 제안 토폴로지 및 제어기법의 유효성을 검토하였다.

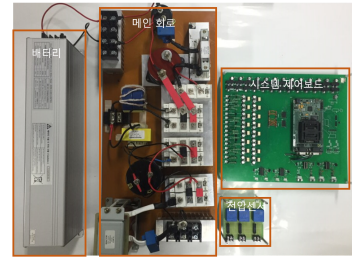


그림 5 단상 BESS용 컨버터/인버터 일체형 전력변환시스템 및 제어보드

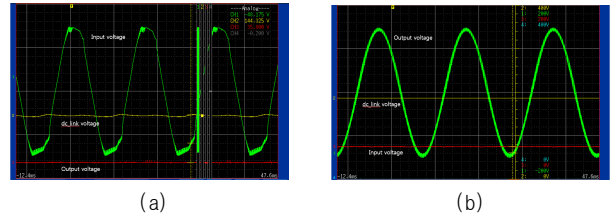


그림 6 입력전압 및 dc_link전압, 출력전압 파형 : (a) 충전모드, (B) 부하 전력 공급모드

4. 결론

본 논문에서는 단상 BESS용 컨버터/인버터 일체형 전력변환시스템을 위한 토폴로지와 그 제어기법을 제안하였다. 일반적으로 단상 BESS용 전력변환시스템은 배터리 충전과 부하 전력공급에 대해 DC/AC 전력변환과 AC/DC 전력변환을 위한 2가지 형태의 시스템이 필요하지만 제안 토폴로지를 사용하면 단일 시스템으로 DC/AC 전력변환 및 AC/DC 전력변환이 가능하다. 제안 토폴로지에 대한 제어기를 설계하고 PSIM기반 시뮬레이션 해석과 실험 해석을 통해 전력흐름제어의 유효성을 검증하였다.

제안 제어기법을 단상 BESS용 전력변환시스템에 적용할 경우, 전기에너지의 저장과 공급에 대한 유연성이 확보되며, 시스템의 소형화 및 고효율화에 장점이 있다.

이 논문은 경상대학교의 링크사업단 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] 이상하, 반민호, 조춘호, 김성근, 김태웅, “전기자동차 긴급 구난용 급속충전 절연형 고효율 DC/DC 컨버터”, 전력전자학회 추계학술대회 논문집, pp.195-196.2015
- [2] Yakushev, V.; Meleshin, V.; Fraidlin, S., “Full-bridge isolated current fed converter with active clamp”. Applied Power Electronics Conference and Exposition, Vol. 1, pp.560-566, 1999