

전기자동차 긴급구난용 급속충전 절연형 고효율 DC/DC 컨버터

이상하, 반민호, 조춘호, 김성곤*, 김태웅
경상대학교, 전북자동차기술원*

Quick Charging Isolated DC/DC Converter with High Efficiency for EV Mobile Rescue

Sang ha Lee, Min Ho Ban, Choon Ho Cho, Sung Gon Kim*, Tae Woong Kim
Gyeongsang National University, Jeonbuk Institute of Automotive Technology*

ABSTRACT

본 논문에서는 전기자동차 긴급구난용 급속충전 병렬능동클램프 고효율 절연형 DC/DC 컨버터를 제안한다. ZVS 턴온동작하여 스위칭손실을 저감하고, 능동클램프 스위칭소자에 대한 스위칭주파수와 전류를 저감시킬 수 있도록 토폴로지의 개선과 함께 제어기법을 도입한 20kW급 전기자동차 급속충전 전력변환시스템을 제안하고, 이에 대한 유효성을 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증한다.

1. 서론

국내의 전기자동차 충전소가 제한적이고 전기자동차의 보급이 증가함에 따라 차량 운행중 배터리가 방전되는 문제가 발생할 경우 이를 해결하기 위한 전기자동차 긴급구난용 시스템을 필요로 함에 따라 급속충전이 가능한 고효율 절연형 DC/DC 컨버터가 요구된다.

본 논문에서는 ZVS 턴온동작이 가능한 능동 클램프 전류형 DC/DC 컨버터^[1]를 기반으로 능동클램프를 병렬로 2개 연결함으로써 스위칭소자의 전류분배와 함께 주스위칭소자의 주파수와 동일한 스위칭주파수로 제어가능 하도록 기존 능동클램프 절연형 DC/DC 컨버터를 개선하여 고효율 및 방열저감이 가능한 20kW급 절연형 고효율 전기자동차 급속충전 전력변환시스템을 제안하고 이에 대한 유효성을 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증한다.

2. 병렬 능동클램프 절연형 DC/DC 컨버터

기존 능동클램프 전류형 단상 풀브리지 컨버터 같은 경우에는 입력전압이 낮은 연료전지의 승압을 위해 많이 사용되어 왔으며 변압기의 누설인덕터와 클램프 커패시터 및 스위치의 출력 커패시터의 공진에 의하여 모든 스위치의 턴온시 ZVS동작이 가능하여 시스템 효율에 이점이 있다.^[1] 그러나 클램프 스위치의 스위칭주파수가 주스위치의 스위칭주파수의 2배가 되고 입력단의 전류 증가로 인하여 고용량 시스템에서의 스위칭손실 및 스위칭 방열문제에 있어서 어려움을 가진다.

상기 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 그림 1과 같이 능동클램프를 병렬로 연결함으로써 각 클램프 스위치에 흐르는 전류가 절반으로 분배되어 흐르며 스위칭주파수 또한 주스위치와 동일한 스위칭주파수의 크기로 동작하므로 스위칭손실로 인한 방열문제에서의 장점을 가지며 방열판 설계부분에 있어 시

스템의 소형화가 가능하다. 시스템동작은 표 1의 게이트신호에 따라 8가지 모드로 나누어지며 모드별 각 부 파형은 그림 2에 보여준다.

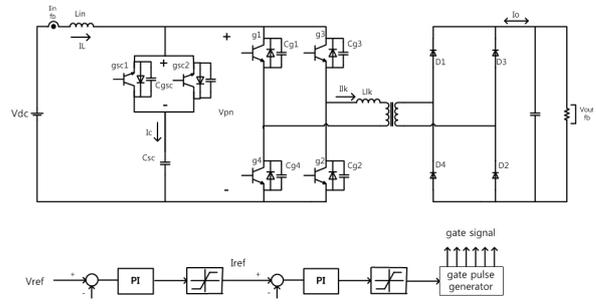


Fig.1 EV 긴급구난용 급속충전 절연형 고효율 DC/DC 컨버터

Table 1. 모드별 게이트 신호

	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

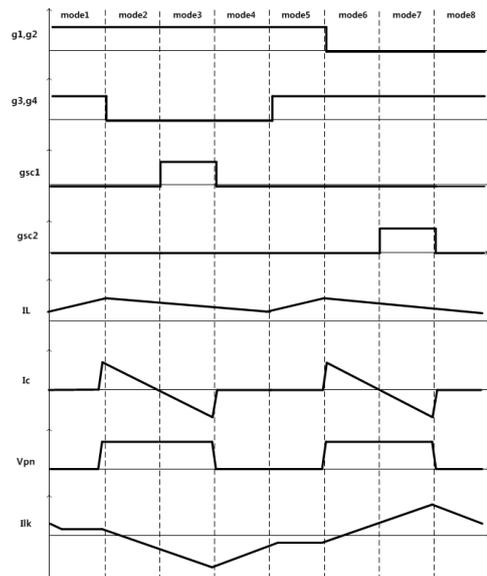


Fig.2 모드별 각 부 파형

3. 시뮬레이션 및 실험

3.1 시뮬레이션 해석

시뮬레이션 회로는 그림 1과 같고, 시스템사양은 표 2에 보여준다.

Table 2. 시스템 사양

parameter	value	parameter	value
입력전압	330V	출력전압	400V
스위칭주파수	10kHz	출력전력	20kW
입력 인덕턴스	1mH	누설인덕턴스	20uH
클램프캐패시턴스	47uF	출력캐패시턴스	47uF

시뮬레이션 결과 나타나는 각 부 파형을 그림 3에 나타내었고 스위치 도통시 ZVS 동작 하는 것을 확인 하였다. 또한 PI 제어기 감증을 위해 시스템부하를 임의로 변경시켜 일정한 출력전압으로 제어되는 것을 확인하였고 부하변동에 따른 출력전압 및 출력전류 파형을 그림 4에 보여준다.

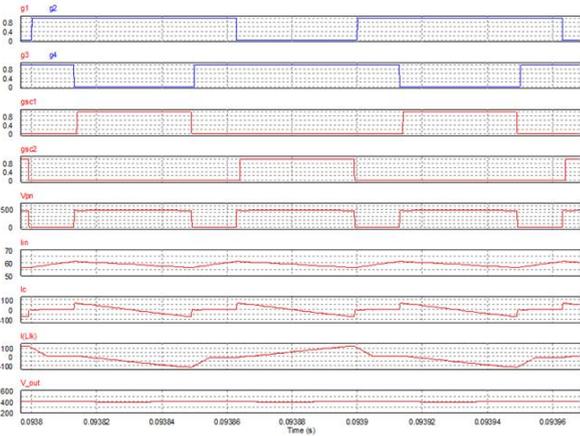


Fig.3 시스템 각 부 시뮬레이션 파형

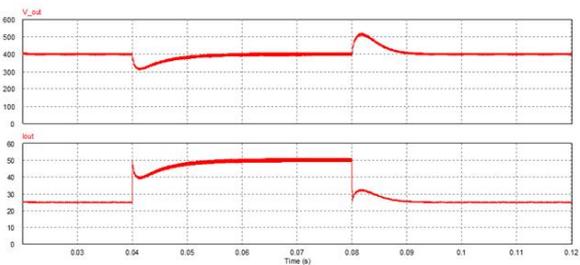


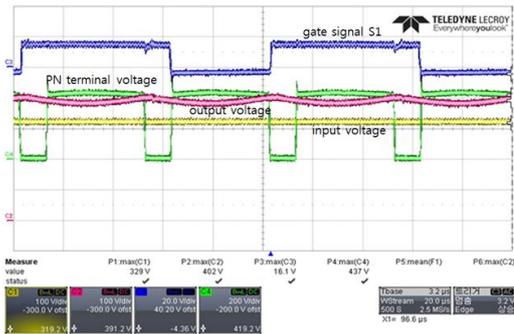
Fig.4 부하변동에 따른 출력전압 및 출력전류 파형; (부하 50% → 100% → 50%)

3.2 실험 해석

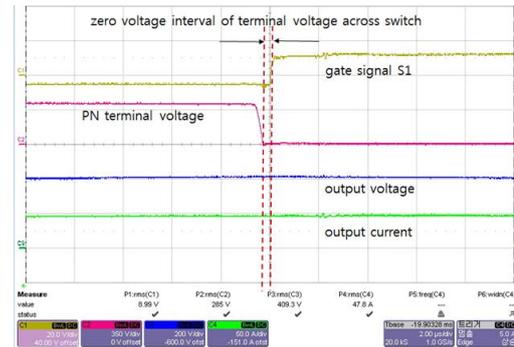
제한한 병렬능동클램프 절연형 DC/DC 컨버터와 시스템 제어보드를 그림 5와 같이 구성하여 발전기를 전원으로 사용하여 시뮬레이션을 토대로 실험을 수행하였다. 20kW로 동작시의 게이트신호, PN단자, 입력전압, 출력전압 파형과 스위치 도통시 ZVS 확보 구간을 확대하여 출력전류 파형과 함께 그림 6에 보여준다.



Fig.5 병렬능동클램프 절연형 DC/DC 컨버터 외관 및 제어보드



(a) 게이트신호, PN단자전압, 입력전압, 출력전압 파형



(b) ZVS 턴온동작 확대파형 및 출력전류

Fig.6 20kW 동작시 시스템 파형

4. 결론

본 논문에서는 부하 20%이상에서 95%이상의 시스템 효율을 가지는 20kW 전기자동차 긴급구난 급속충전 시스템을 위한 고효율 병렬능동클램프 절연형 DC/DC 컨버터를 제안하고 이를 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증하였다.

이 논문은 경상대학교의 링크사업단 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

[1] 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