12V, 1000A 절연형 양방향 DC-DC 컨버터 개발

박준성, 한국인, 정병길, 권민호, 최세완
서울과학기술대학교

Development of 12V, 1000A Isolated Bi-directional DC-DC Converter

Junsung Park, Kookin Han, Byoungkil Jung, Minho Kwon, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 저전압 대전류응용의 양방향 절연형 DC DC 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 직렬 공진형 컨버터를 이용한 2단 방식으로 비절연 컨버터가 전압 및 양방향 제어를 하며 절연부는 고정듀티와 고정주파수로 동작시켜 전 부하영역에서 ZCS 턴온·턴오프가 가능한 장점을 갖는다. 12V, 1000A 시작품으로 제안한 방식의 타당성을 검증하였으며 강압시 최대효율 98.5%, 승압시 최대효율 98.6%를 달성하였다.

1. 서 론

최근 신재생에너지, 친환경자동차, UPS 시스템, 에너지 저장장치 등 응용분야에서 저전압 대전류의 절연형 양방향 DC DC 컨버터에 대한 개발 요구가 증대되고 있다.

기존의 양방향 DC DC 컨버터로는 크게 위상제어를 하는 Dual Active Birdge(DAB)[2]방식과 PWM[3]방식이 있다. DAB 방식은 구성이 간단하나 입력전압 변동이 큰 응용에서 무효전력에 의한 소자 전류정격 및 리플전류가 크게 증가하는 문제가 있다. PWM방식은 스위치 턴오프 전류가 크고 충·방전 각각의 게이트 신호발생 방식이 다르기 때문에 스위칭 절환에 따른 문제가 생길 수 있다.

본 논문에서는 저전압 대전류(12V, 1000A)응용에 적합한 2단 방식의 양방향 DC DC 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 절연부의 직렬공진 컨버터를 고정주파수로 최적점에서 동작시켜 전 부하에서 ZCS 턴온 및 턴오프 스위칭을 할 수 있다.[1] 그리고 비절연 컨버터로 전압 및 양방향제어를 수행하므로 제어가 간단하고 끊김없는 양방향 모드전환이 가능한 장점을 갖는다. 또한 2단 방식으로 인해 핵심소자인 변압기의 턴비는 작아지고 전류정격이 높은 저전압측 권선을 병렬로 나누어 고전압측과 저전압측 권선을 인터리빙(?)하는 기법으로 누설인덕턴스를 최소화하였다.

2. 제안하는 배터리충전기

그림 1은 제안하는 공진형 양방향 DC DC 컨버터를 나타낸다. 제안한 컨버터는 2단방식으로 비절연부는 하프브리지 양방향 컨버터를 사용하였으며 절연부는 직렬 공진형 컨버터에 저전압 대전류측 손실을 줄이기 위해 소자수가 적은 센터탭 구조를 적용하였다. 그리고 2상으로 분리하여 전류를 분담하였으며 비절연부 컨버터는 각 상의 전류 불균형, 저전압측 전압 및 양방향 제어를 하게 되고 절연부의 직렬공진 컨버터는 듀티(D=0.5)와 스위칭 주파수를 고정하여 동작한다. 이로 인해 변압기 및 스위치 등 절연부를 최적화 할 수 있고 공진주파수와 스위칭 주파수가 같은 지점에서 사용해 양방향 동작 모두 전부하 영역에서 ZCS 턴온 및 턴오프가 가능하다. 또한 그림2와 같이 제안하는 컨버터는 Lr을 작게 설계하여 Q곡선을 완만하게 사용하므로 고정주파수를 사용해도 전압이득이 공진소자 공차에 영향이 거의 없다[4].

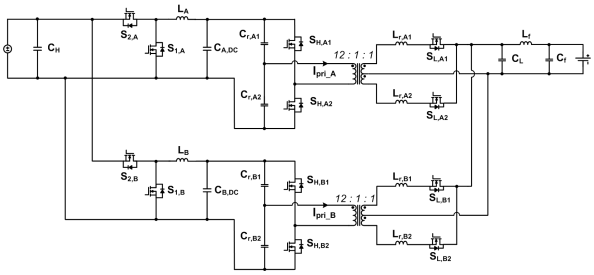

그림 1 제안하는 12V, 1000A 절연형 양방향 DC-DC 컨버터

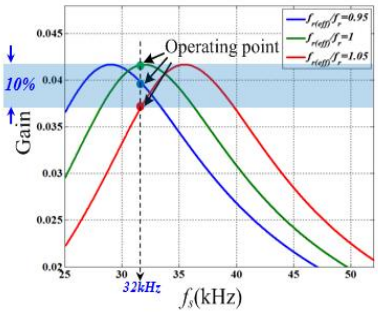

그림 2 제안하는 컨버터의 공차에 의한 전압이득 특성

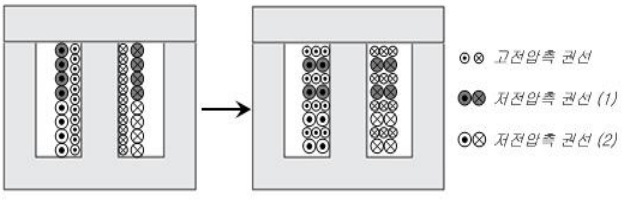

그림 3 제안한 6kW급 변압기 권선방법

이를 위해 작은 누설 인덕턴스가 필요한데 그림 3과 같이 고전압측과 저전압측을 번갈아 가면 권선하여 변압기 내부 누설인덕턴스를 저전압측 기준으로 0.1uH이하로 제작하였다.

3. 실험 결과

제안한 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 12V, 1000A 시작품을 아래의 사양으로 제작하였다.

▸P_o=12kW ▸V_L=12V ▸V_H=340~420V ▸N_p:N_s=12:1:1
▸C_r=880nF ▸L_r=0.104uH ▸절연부 fs=32kHz ▸비절연부 fs= 20kHz

그림 4 개발된 12V, 1000A 양방향 DC-DC 컨버터

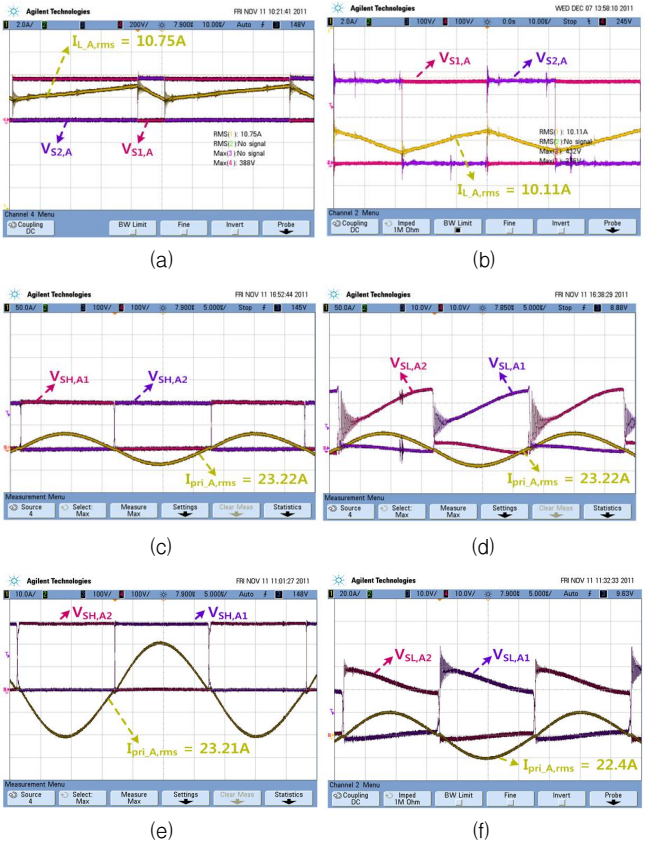

그림 5 I_0=500A에서 실험파형 (a) 강압모드 비절연부 (b) 승압모드 비절연부 (c) 승압모드 절연부 고전압측 스위치 (d)승압모드 절연부 저전압측 스위치 (e) 강압모드 절연부 고전압측 스위치 (f) 강압모드 절연부 저전압측 스위치

그림 4는 그림 1의 제안한 컨버터를 위의 사양으로 제작한 시작품의 사진으로 전체 부피는 약 81Liter 이다.

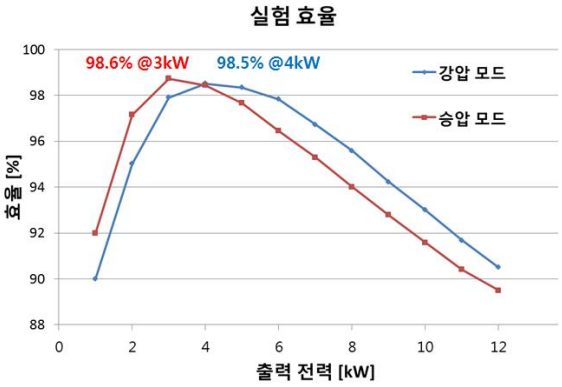

그림 5 개발된 12V, 1000A 양방향 DC-DC 컨버터

그림 4는 출력전류가 500A일 때 실험파형으로 (a), (b)는 승·강압시 비절연부의 스위치 전압과 인덕터 전류이며 (C), (d), (e), (f)는 승·강압시 절연부의 고전압측 스위치 전압과 변압기 전류와 저전압측 스위치 전압과 변압기 전류로 모든 스위치가 ZCS 턴온 및 턴오프가 되는 것을 볼 수 있다.

그림 5는 제안한 컨버터의 승압 및 강압시 측정한 효율로 거의 모든 영역에서 승·강압시 90%이상의 효율을 달성하였고 승압시 최대효율은 약 3kW에서 98.6%, 강압시 약 4kW에서 98.5%가 측정되었다.

4. 결 론

본 논문에서는 12V, 1000A 절연형 양방향 DC DC 컨버터를 제안하였다. 제안한 컨버터는 제어가 간단하고 직렬공진 컨버터를 최적점에서 동작시켜 승·강압시 전 부하에서 ZCS 턴온 및 턴오프 스위칭을 하여 고효율을 달성할 수 있다. 거의 모든 영역에서 승·강압시 90%이상 효율을 유지하며 승압시 최대효율 98.6%, 강압시 최대효율 98.5%를 달성하였다.

참 고 문 헌

[1] 김민재, 박준성, 최세완, “고정주파수에서 동작하는 SRC를 이용한 3.3kW급 고효율 차량 탑재형 충전기 개발,” 전력전자학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 2011. 7, pp. 179 180.

[2] Rik W. A. A. De Doncker, Deepakraj M. Divan, Mustansir H. Kheraluwala, “A Three Phase Soft Switched High Power Density dc/dc Converter for High Power Applications,” *IEEE Trans. Ind. Electron.,* vol. 27, pp. 63 73, Jan. 1991.

[3] 윤창우, 김형준, 최세완, 강호성, 이현동, “연료전지 자동차 전장전원용 고효율 양방향 3상 DC DC 컨버터,” *전력전자학회 논문집* pp. 209~212 2008년 6월.

[4] 박준성, 김민재, 최세완, “고정주파수에서 동작하는 SRC를 이용한 차량 탑재형 충전기 최적설계,” 전력전자학회 2012년도 추계학술대회 논문집, 2012. 7.