

높은 승/강압비를 갖는 배터리 싸이클러용 인터리브 방식 풀 브릿지 양방향 DC-DC 컨버터

소병철* 진용신* 김학원* 조관열* 임병국*, 목형수**
충주대학교*, 건국대학교**

An Interleaved Full Bridge Bidirectional DC-DC Converter for Battery Cycler with High Voltage Conversion Ratio

Byong-Chul So*, Yong-Sin Jin*, Hag-Wone Kim*, Kwan-Yuhl Cho*, Byung-Kuk Lim*
,Hyung-Soo Mok**
Chungju National Univ*, Kun-Kook Univ.**

ABSTRACT

본 논문은 높은 승,강압비를 가지는 배터리 충방전용 양방향 풀브릿지 컨버터를 제안한다. 기존의 양방향 컨버터는 승강압비가 낮아 배터리 방전시 발생된 전기에너지를 저항을 통해 방전 시켜서 운전하였다면, 본 논문에서 제안하는 방식은 배터리 방전시 높은 승압비로부터 높은 DC 링크 전압을 얻어, 이 전압을 이용하여 계통으로 회생시킬 수 있도록 한 양방향 컨버터이다. 양방향 컨버터의 높은 승압비를 얻기 위해서 두 개의 DC-DC 컨버터를 입력 직렬, 출력 병렬 회로 형태로 연결하고, Battery 측을 Interleave 방식을 채택하여 전류 맥동을 줄이고, 높은 승강압비를 얻을 수가 있도록 하여, 배터리의 수명에 영향을 주는 전류리플을 감소하는 효과를 얻는다. 제안된 방식은 시뮬레이션을 통해 증명하였다.

1. 서론

최근 하이브리드 자동차, UPS 시스템, 신재생 에너지 및 여러 응용전자 분야에서의 배터리의 사용이 많아지면서 배터리의 충, 방전이 문제가 되고 그 문제를 해결하기 위해 빠른 동특성을 갖는 충방전용 DC/DC 컨버터의 연구가 진행 되고 있다.

본 논문에서는 배터리 충방전용 사이클러를 위한 높은 승강압비를 가지는 양방향 풀브릿지 컨버터를 제안한다. 기존의 배터리 사이클러의 경우 승강압비가 낮아, 배터리 방전 운전의 경우 배터리 방전으로 얻어진 전기 에너지를 계통으로 회생시키기 어려워 저항을 이용하여 열에너지로 손실시켜야했다. 하지만 제안한 회로는 높은 승강압비로 배터리 방전시 얻어진 전기에너지를 높은 직류 링크 전압을 통해 계통으로 회생시켜 에너지를 절약할 수 있게 된다.

본 논문에서 제안된 회로는 변압기를 기준으로 1차측은 기존에 사용되던 풀브릿지 회로를 사용한다. 풀브릿지의 회로는 기존에 사용되던 스위칭 방식과 동일하게 사용되고 강압 역할을 하게 된다. 2차측 회로는 인덕터를 포함시켜 1차측과 반대로 승압의 역할을 하게 된다. 이때의 스위칭 방식은 기존의 방식에서 2개의 게이트 신호는 동일하게 그리고 나머지 2개의 게이트 신호를 바꾸어서 동작을 하게된다. 부스트 동작에서는 작은 배터리 전압으로 2차측 전류가 매우 커서, 2차측 저항에 민감하게 된다. 이에 따라 $R_{DS(ON)}$ 저항이 낮은 스위치를 사용하거나 MOSFET를 병렬 운전하여야 한다. 또 높은 승강압비를 얻고 Interleave 동작으로 배터리의 전류 맥동을 줄이기 위하여, 입력을 직렬로 연결하고 출력을 병렬로 연결하는 방법을

이 회로에 적용했다. 이 방법을 사용해서 변압기의 1차측의 2개의 회로는 직렬로 연결해서 1개의 회로일 때 보다 더 높은 전압으로 승압할 수 있게 되고 2차측 2개의 회로는 병렬로 연결하고 위상차이 90도로 2회로의 스위칭 신호를 다르게 연결함으로써 전류리플의 감소효과를 얻을 수가 있다.

2. 제안한 회로와 강압,승압동작

2.1 제안하는 회로

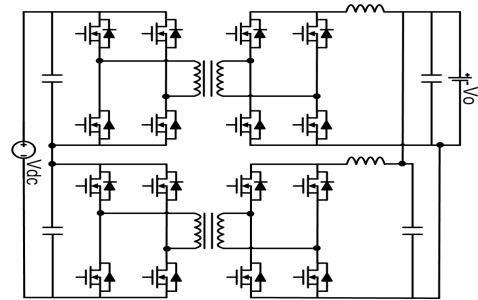


그림 1 제안된 컨버터
Fig. 1 Propose converter

그림 1은 본 논문에서 제안된 컨버터이다. 변압기의 1차측의 회로의 경우에는 기존에 사용되던 풀브릿지와 같은 강압 동작을 하고 식 (1)과 같은 입출력 식을 가지게 된다.

$$V_O = 0.5nDV_{DC} \quad (1)$$

그림 1에서 변압기의 2차측은 승압 동작을 하게 되는데 이때의 스위칭동작은 그림 (2)와 같다.

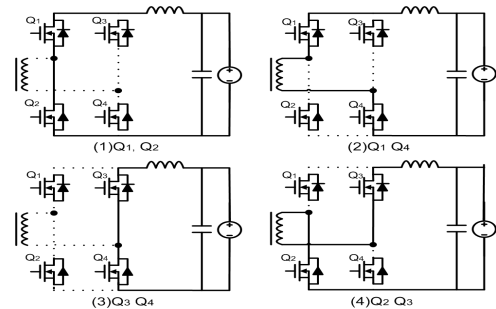


그림 2 제안된 회로의 승압 시 스위치 동작
Fig. 2 Action of proposed boost circuit

그림 (2)에서의 스위칭 동작을 통해 직류 링크 전압을 얻게되는데, 두 개의 직류 링크 전압이 직렬로 연결되어 다음과 같은 입력력 식 (2)을 유추할 수 있고 이 식은 부스트 컨버터의 입력력식에서 변압기의 턴비를 포함한 식이라는 것을 알 수가 있다.

$$V_{DC} = 2n \left(\frac{V_O}{1-D} \right) \quad (2)$$

2.2 Interleave 동작

제안된 회로는 위아래 2개의 회로가 인터리브 동작을 하게 된다. 이 Interleave 동작의 입력은 직렬 출력은 병렬로 연결이 되어 있어 Input Series Output Parallel (ISOP)구조이다. 하지만 제안된 회로는 양방향 컨버터로 2차측이 입력으로 회생할 때에는 입력이 병렬 출력이 되고 출력이 직렬로 연결 되게 된다. 이와 같은 출력의 직렬 연결은 회생할 때의 출력전압을 위아래 2개의 회로로 보다 쉽게 만들어 줄 수 있게 된다.

또한 배터리 충전시에 1차측에서 2차측으로 전류가 넘어가게 되는데 이때에 전류의 리플은 배터리 수명에 큰 영향을 주게 된다. 이러한 전류 리플을 줄이기 위하여 2차측 위아래 회로는 90°의 위상차이를 가지게 되고 각각의 회로가 가지는 전류리플은 서로 상쇄되어 전류리플의 크기가 줄어들게 된다.

3. 시뮬레이션 결과

본 논문의 시뮬레이션에서 사용한 입력전압은 배터리 충전시에 330V, 변압기의 턴비는 40:1로 설정하였고 스위칭주파수는 100kHz로 설정하였다. 충전 전압 330V는 100V의 상용 교류 전압을 양방향 PWM Rectifier로 정류하여 얻는다고 가정하였다.

(실험에서는 전류제어기만을 포함하여 실험을 진행하였다.)

먼저 강압 시뮬레이션이다. 실험에는 입력전압, 출력전압 그리고 Interleave회로를 통한 전류리플 감쇠효과를 보기위한 위아래 인덕터 전류를 포함하였다.

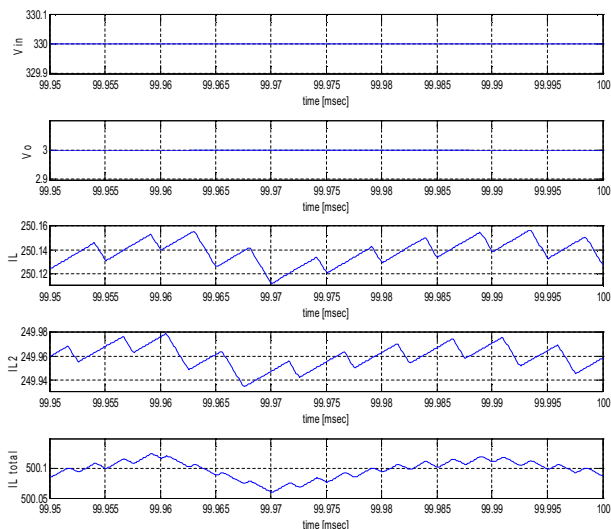


그림 3 인덕터 전류 파형
Fig. 3 Simulation of Inductor current

다음은 승압 시뮬레이션이다. 시뮬레이션 과정에는 입력전압, 출력전압, 1차측 변압기전압, 2차측 변압기전압, 2차측 변압기 전류를 포함하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 배터리 전압 2 V를 이용하여 330V가까운 DC 링크 전압을 얻을 수 있다. 330V의 DC 링크 전압은 양방향 PWM Rectifier를 이용하여 100V계의 상용 전원으로 회생시킬 수 있는 전압이다.

(1, 2차측은 그림 (1)에서의 1, 2차측이다.)

이 동작에서 스위치의 Rds(on)저항의 크기가 매우 중요한 결과를 가져온다. 그러므로 2차측 회로의 낮은 전압을 인가시키기 위해서는 Rds(on) 저항을 낮게 해야 하고 그렇게 하기 위해서는 스위치를 병렬로 운전해야 할 필요가 있다.

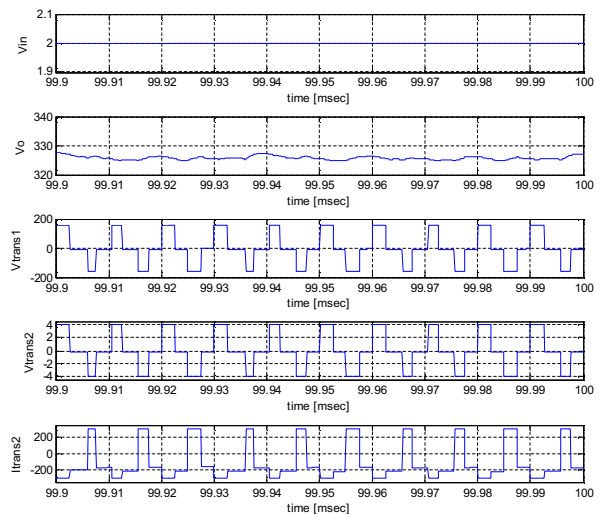


그림 4 강압 동작 파형
Fig. 4 Simulation of boost

4. 결론

본 논문에서는 높은 승강압비를 갖는 양방향 풀브릿지 컨버터를 제안하였다. 제안한 회로는 1차측 직렬 2차측 병렬 구조를 갖도록하여 높은 승강압비를 얻도록 하였다. 높은 승강압비를 통하여 배터리 방전시 DC 링크 전압을 330V를 얻어 100V계의 계통으로 회생이 가능하도록 하였다. 또한 양방향의 장점을 더욱 높이기 위해 Interleave방식을 사용하였다.

이 논문은 성암 전기의 지원을 받아 연구된 논문임

참고 문헌

- [1] Deshang Sha Zhiqizng Guo, Xiaozhong Liao "DSP Based series-Parallel Connected Two Full-Bridge DC-DC Converter with Interleaving Output Current Sharing" JPE 10-6-13 pp.673-679 Jun. 14, 2010
- [2] Vijay Choudhary, Enrique Ledezma, Raja Ayyanar, Robert M. Button "Fault Tolerant Circuit Topology and Control Method for Input-Series and Output-Parallel Modular DC-DC Converters" IEEE Trans. On. Power Electronics, VOL. 23, NO. 1, JANUARY 2008