

# 배터리 전력저장장치를 위한 새로운 양방향 컨버터에 대한 기술

박해찬, 오선호, 김재웅, 김일송  
한국교통대학교

## A Technology for New Bi-Directional Converter for Battery Electric Power Storage Device

Hae Chan Park, Sun Ho Oh, Jae Woong Kim, Il Song Kim  
Korea National University of Transportation

### ABSTRACT

본 연구는 배터리 전력저장장치를 위한 새로운 양방향 컨버터에 대한 기술이다. 제안된 기술은 절연형 토폴로지로 10배 이상의 높은 승/강압비, soft switching 기능으로 대용량/저전압 배터리를 구성할 수 있다.

기존에 사용되던 DAB(Dual Active Bridge)의 단점은 배터리 충/방전 전류가 정전류(Constant Current)가 아닌 +/- 가 반복되는 양방향의 불연속적인 파형이라는 것이다.

이것은 배터리 충/방전 제어 명령이 정전류 형태의 상수 값이라는 것을 고려하면 그대로 사용하기에는 문제가 될 수 있다. 그러므로 Current source type의 변형된 DAB 토폴로지를 사용하여 전류원 형태의 정전류 제어가 가능하다는 것이 장점이 된다. 제안된 기술의 검증에 위해 컴퓨터 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 성능을 입증하였다.

### 1. 서론

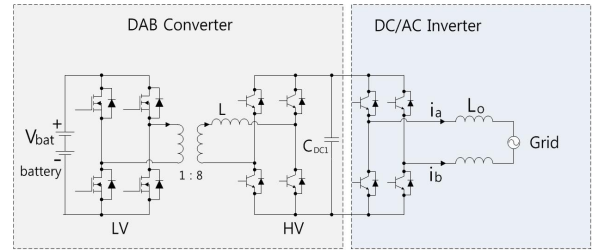
소득향상에 따른 소비의 증대로 가정에서의 대형 냉장고, 대형 TV, 대형 냉/난방기와 같은 전기소비가 증가하고 있으나, 가정용 전력요금의 인사와 누진세로 인해 전기요금은 일반 가정의 재정에 상당한 부담으로 작용하고 있다. 본 논문에서는 기존에 쓰이는 일반적인 DAB는 배터리 충/방전 전류가 정전류가 아닌 +/- 가 반복되는 양방향의 불연속적인 파형이라는 것이다. 이것은 BESS(Battery Energy Storage System)의 제어 명령이 상수 값이라는 것을 고려하면 그대로 사용하기에는 치명적인 약점이 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 고안한 방법은 기존의 buck boost 형태의 컨버터를 보면 boost inductor가 전류원 형태의 전류제어가 가능하기 때문에 정전류 제어를 할 수 있는 구조로 되어 있다는 것이다. 그러므로 DAB 컨버터를 변형시켜 전류원 제어가 가능한 새로운 토폴로지를 개발하였다.

기존에 많이 이용하던 DAB 컨버터 회로를 변형시켜 정전류 형태의 전류제어가 용이하게 개발하였다. 선행 연구(Pre research)를 통해 일차단에 FB (Full Bridge), 이차단에 inductor + FB (Full Bridge)를 채택한 정전류원 형태의 토폴로지가 가장 적합할 것으로 고려되었다.<sup>[1]</sup>

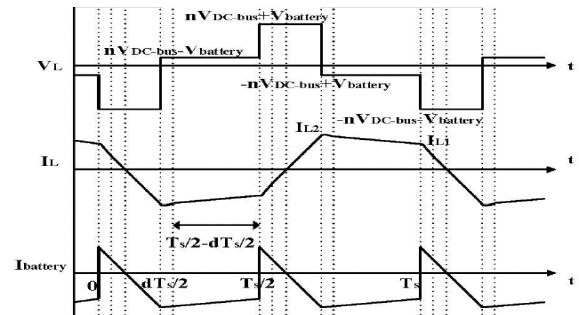
### 2. 제안된 회로와 동작 원리

### 2.1 일반적인 DAB 컨버터

기존에 일반적으로 쓰인 DAB 컨버터의 동작원리는 일차단의 전압원과 이차단의 전압원의 위상차에 따라서 전달되는 파워를 결정하는 것이다. 그림 1에서의 동작 파형을 보면 Transformer Current가 +/- 를 반복하는 파형을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 1. 일반적인 DAB 컨버터 구성과 동작파형

Fig. 1 General DAB converter configuration and operation waveform

### 2.2 제안한 토폴로지

제안하는 토폴로지는 DAB converter의 약점인 전류가 정전류가 아닌 흔들리는 파형이라는 것을 보완한 회로다. 그림 2에 보이는 것과 같이 두 개의 풀 브릿지 회로를 왼쪽에는 DC bus를 오른쪽에는 배터리를 연결해 준다. 그리고 두 회로를 Leakage Inductance 와 변압기로 결합된다. 여기까지는 일반적인 DAB converter와 같다. 배터리 전류를 정전류로 만들기 위해 boost inductance와 배터리를 직렬로 연결해준다.

오른쪽 풀 브릿지는 350[V]로 승압시켜 DC/AC 인버터에 연결을 해야 하기 때문에 DC 350[V]에 연결하고, 오른쪽 풀 브릿지는 배터리 48[V]에 연결한다. 각 브리지는 DC bus 구형과 전압을 제공하도록 제어된다. 두 구형과는 적절히 위상이 다른

하나의 소스로부터의 DC 전력 흐름을 제어하기 위해 서로 시프트 될 수 있다. DAB converter는 방전시(Low to High)에 boost 동작을 하고 충전시(High to Low)에 buck 동작을 하기 때문에 양방향 전력변환을 한다.

평균 전류, 피크, 및 누설 인덕턴스의 RMS 전류는 유도 IL을 위한 선형 과정에 기초를 두고 동작한다. 그림 2에서 보이는 것처럼 두 풀 브릿지의 전압 차이는 인덕턴스와 변압기 전류의 일정한 기울기에 변화에 의해서 나타난다. 듀티는 50%의 위상제어이다.

스위치가 꺼져있는 동안 누설 인덕턴스는 소프트 스위칭 동작을 하기 위해 갑작스럽게 스위칭을 한다. 이때 스위치 커패시터는 충/방전을 한다. 스위치가 꺼져있는 동안 스위치 커패시터, 누설 인덕턴스 사이에서 ZVS가 발생한다. 배터리측에서 갑자기 스위칭하고 인덕턴스 전류 파형의 조건을 적용하면 전류는 0보다 커야 한다. 전달되는 전류는 +/- 를 오가는 파형이 아닌 정전류 형태로 나온다. 그림 2에서의 동작 파형을 보면 Transformer Current가 정전류임을 확인할 수 있다.

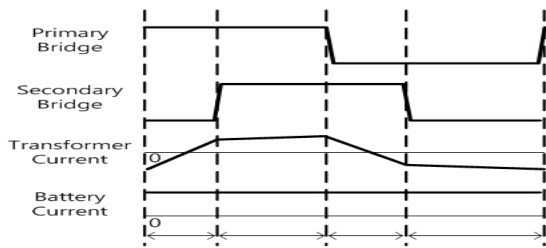
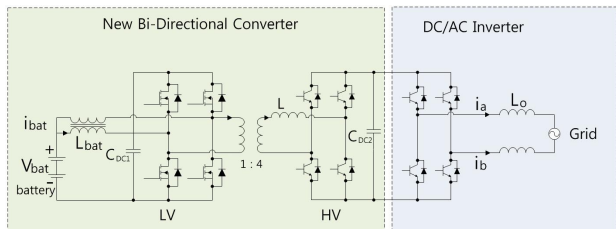
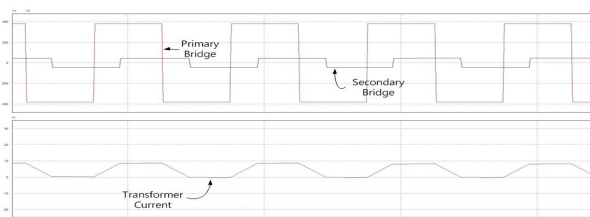


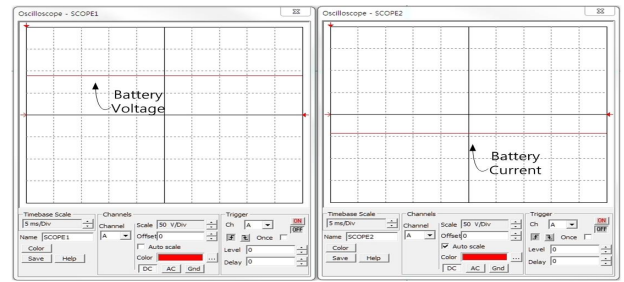
그림 2. 선행 연구결과 선정된 토폴로지  
Fig. 2 Selected topology previous studies

### 3. 실험결과

본 논문에서는 제안한 회로의 성능과 검증에 위해 컴퓨터 시뮬레이션(PSIM)을 사용하여 실험했다. 그림 3은 제안한 토폴로지의 배터리 전류 파형이다. 배터리 전류가 리플이 없는 직류인 것을 확인할 수 있다. 이는 전류를 제어하기 용이함을 나타낸다.

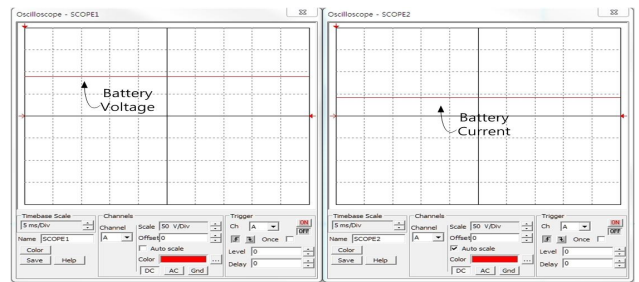


(a)



(b) Battery voltage (c) Battery Current

그림 3. 제안한 토폴로지의 방전시 동작 파형  
Fig. 3 The proposed topology discharging operation waveform



(a) Battery voltage (b) Battery Current

그림 4. 제안한 토폴로지의 충전시 동작 파형  
Fig. 4 The proposed topology charging operation waveform

### 4. 결론

본 연구에서는 BESS에서 새로운 DAB converter를 디자인하고 제어방법에 대해 설명하였다. 컴퓨터 시뮬레이션(PSIM)과 실험을 통해 양방향 컨버터 충/방전 동작 모드 해석, 양방향 컨버터 입력력 전달함수 해석, Leakage inductance로 인한 소프트 스위칭 영역 해석, 입력력 전달함수 해석 및 제어기 입력력 해석 및 성능을 입증하였다.

시뮬레이션과 실험을 통해 배터리 전류가 흔들리지 않는 정전류의 형태임을 확인할 수 있다. 이것은 제어하는데 간편하고 차후 UPS시스템에서도 유용하게 쓰일 수 있다.

이 논문은 0000년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 한국연구재단에서 부여한 과제번호 : 2014R1A1A2056443) 한국교통대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고 문헌

- [1] Chenhao Nan "Dual Active Bridge Converter with PWM Control in solid state transformer application" ARIZONA STATE UNIVERSITY, July, 2011.
- [2] Mutlu Uslu, "Analysis, Design, and Implementation of a 5kW Zero Voltage Switching Phase Shifted Full Bridge DC/DC Converter Based Power Supply for Arc Welding Machines", Middle East Technical University, 11, 2006.
- [3] Eth Zurich "Modeling and Optimization of Bidirectional Dual Active Bridge DC DC Converter Topologies", Dipl. Ing., Technische University, 2010.