

# 3상 전류원 DAB 컨버터의 손실 저감을 위한 제어기법

노용수, 현병조, 박준성, 김진홍, 최준혁  
전자부품연구원 지능메카트로닉스 연구센터

## Control Method for Reducing Power Loss of 3-phase Current-fed DAB Converter

Yong Su Noh, Byong Jo Hyon, Joon Sung Park, Jin Hong Kim, Jun Hyuk Choi  
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

### ABSTRACT

본 논문은 배터리팩 테스트에 적용되는 3상 전류원 기반의 Dual Active Converter(DAB)의 효율 향상 기법에 대해 제안한다. 기존의 1, 2차 측 스위치의 위상차를 통해 컨버터의 출력을 제어하는 경우, 변압기 1, 2차 측 전압 차이에 의해 스위치에 순환 전류가 커지고 도통 손실이 증가하는 문제가 있다. 본 논문에서는 3상 전류원 기반의 DAB 컨버터의 1, 2차 측 스위치의 위상과 시비율을 동시에 제어함으로써 스위치 도통 손실을 저감할 수 있는 방식을 제안한다. 제안하는 제어방법은 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증하였다.

### 1. 서론

최근 환경오염에 대한 대안으로 전기 자동차에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 신재생 에너지원 발전에 대한 개발 및 설치가 이루어짐에 따라 계통 안정 등을 목적으로 에너지 저장 시스템(ESS)에 대한 설치가 요구되고 있다. 이러한 어플리케이션은 배터리가 차지하는 비중이 상대적으로 높기 때문에 전기 자동차, ESS에 대한 관심이 증가할수록 다양한 종류의 고효율 배터리에 대한 연구 개발이 이루어지고 있다.

배터리의 SOC(State of Charge)와 SOH(State of Health) 등과 같은 배터리의 특성은 배터리의 충·방전 테스트를 통해 얻을 수 있다. 따라서 배터리 테스트용 전력 변환 장치는 기본적으로 양방향 동작과 다양한 종류의 배터리에 적용이 가능하도록 넓은 범위의 DC 전압에서 동작이 가능해야 한다. 따라서 배터리 테스트에 적용되는 DC/DC 컨버터는 양방향 동작이 가능한 DAB 컨버터와 양방향 벡 부스트 컨버터를 이용한 2단 구성이 일반적이다.

본 논문에서는 배터리 충·방전 테스트 모듈에 적용되는 3상 전류원 DAB 컨버터의 제어기법에 대해 논한다. 3상 전류원 DAB 컨버터는 3상 DAB 컨버터와 양방향 벡 부스트 컨버터를 결합한 형태로 넓은 범위의 DC 전압에서 동작이 가능하며, 직렬 인덕터를 통해 모든 스위치가 영전압 스위칭(ZVS) 조건에서 동작하는 특징을 갖는다. 기존의 DAB 컨버터와 같이 위상 천이 제어만을 적용하는 경우, DC 전압의 크기에 따라 스위치 및 수동 소자에 흐르는 전류의 크기가 증가될 수 있다. 본 논문에서는 3상 전류원 DAB 컨버터를 위상 천이 및 듀티비를 동시에 제어하여 기존 방식에 비해 손실을 저감할 수 있는 제어방법을 제안하였다.

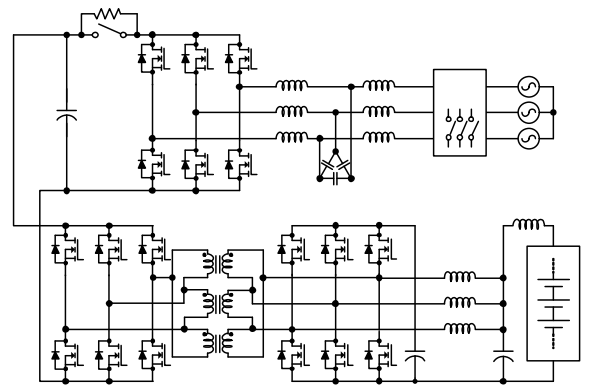


그림 1. 배터리팩 테스트 회로 구성도

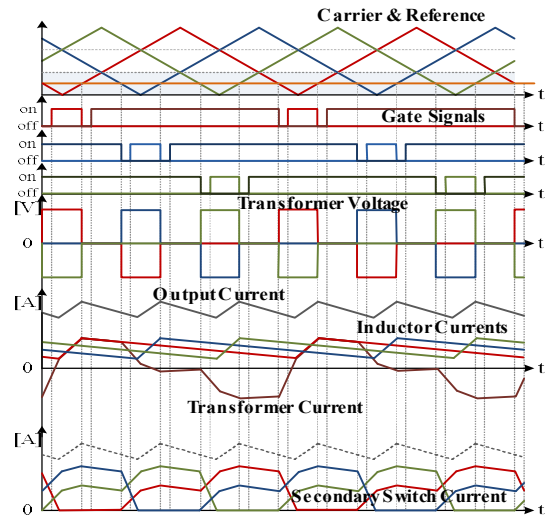


그림 2. 3상 전류원 DAB 컨버터의 시비율 제어 시 주요 파형

### 2. 3상 전류원 DAB 컨버터

배터리팩 테스트에 적용되는 전력 변환부는 그림 1과 같이 크게 3상 AC/DC 컨버터, 3상 전류원 DAB 컨버터로 구성된다. 3상 전류원 DAB 컨버터는 3개의 변압기를 통해 절연되어 있으며, 저전압단에 인덕터와 보조 커패시터로 구성되어 있다. DAB 컨버터와 양방향 벡 부스트 컨버터 구조의 2단 구성일 경우, DAB 컨버터는 변압기 1, 2차 측 스위치들이 고정 듀티

로 동작하고 위상을 제어함으로써 출력을 제어하며 출력 전압의 크기를 양방향 벡 부스트 컨버터에서 제어한다.<sup>[1]</sup> 또한 그림 1과 같이 1단 구성인 경우, 그림 2와 같이 3상 DAB 컨버터는 시비율을 제어함으로써 출력을 제어할 수 있다. 하지만 이 경우, 출력 전압의 크기에 따라 DC/DC 컨버터를 구성하는 스위치에 상대적으로 큰 전류가 흐르게 되어 효율이 저하될 수 있다는 문제점이 있다.

### 3. 제안하는 3상 전류원 DAB 컨버터의 제어기

본 논문에서는 출력단 전압이 가변되어도 DAB의 순환전류를 최소화하기 위해 위상 천이 제어와 시비율 제어를 동시에 적용한 제어기법을 제안하였다. 제안된 제어기법은 3상 전류원 DAB 컨버터의 1, 2차 측 스위치는 배터리 출력단에 위치한 커패시터 전압이 DC 링크 전압과 변압기 턴 비를 이용하여 배터리 전압과 무관하게 일정한 값으로 유지하도록 제어된다. 따라서 변압기 양단 전압이 항상 일정한 값으로 유지됨에 따라 스위치와 각 수동 소자에 흐르는 전류의 첨두값이 기존의 시비율을 통해서 제어했을 때와 비교하여 상대적으로 작아지는 장점이 있다. 배터리의 충·방전 전류를 1, 2차 측 스위치의 위상을 변화함으로써 제어된다.

### 4. 시뮬레이션 결과

제안하는 제어기의 성능을 검증하기 위해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1의 3상 전류원 DAB 컨버터의 주요 파라미터를 바탕으로 수행한 시뮬레이션 결과 주요 파형은 그림 4와 같다.

표 1. 3상 전류원 DAB 컨버터의 주요 파라미터

파라미터		값	단위
$V_{dc\_link}$	DC 링크 전압	650	Vdc
$P_{rate}$	정격 출력	10	kW
$V_{Batt}$	배터리 전압	30 100	Vdc
$I_{Batt,max}$	배터리 최대 출력 전류	100	A
$n_T$	변압기 턴 비	3.5	
$f_{sw}$	스위칭 주파수	150	kHz
$L_s$	직렬 인덕턴스	7	$\mu H$
$C_p$	보조 캐패시턴스	3.3	$\mu F$

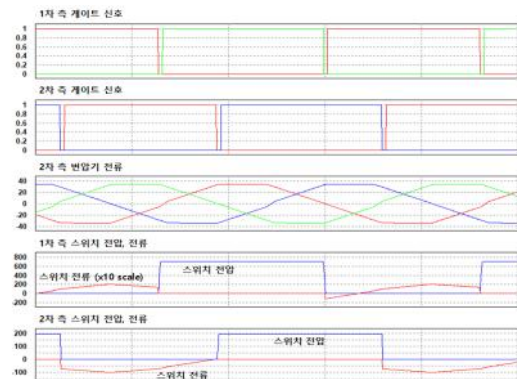


그림 3. 3상 전류원 DAB 컨버터의 충전(100A) 주요 파형

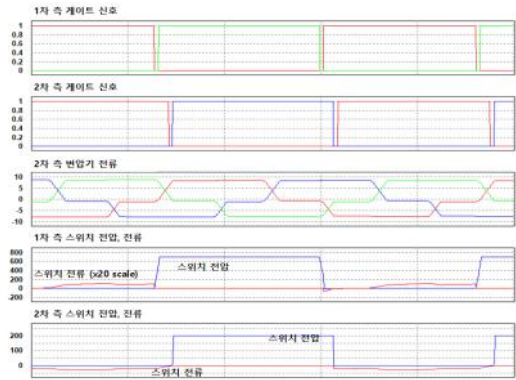


그림 4. 3상 전류원 DAB 컨버터의 충전(30A) 주요 파형

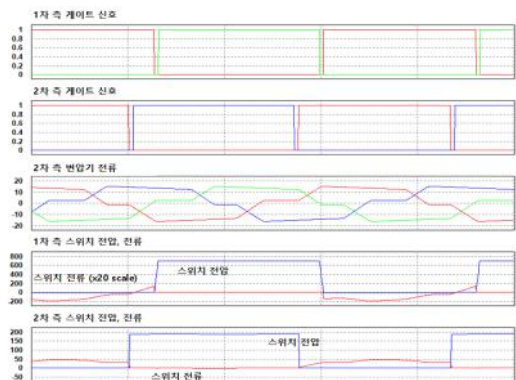


그림 5. 3상 전류원 DAB 컨버터의 방전(50A) 주요 파형

그림 3은 제안하는 제어기법을 적용하여 3상 전류원 DAB가 배터리 100A를 충전할 때 주요 파형을 보여준다. 스위치 시비율에 의해 보조 커패시터 전압이 일정하게 제어됨을 확인할 수 있었으며 이 때 모든 스위치가 ZVS 동작을 만족함을 확인하였다. 그림 4는 30% 부하 조건에서의 파형을 보여주며, 그림 5는 배터리 방전 시 나타나는 주요파형을 보여준다.

### 5. 결론

본 논문에서는 배터리팩 테스트에 적용가능한 3상 전류원 DAB 컨버터의 손실저감을 위한 제어기법에 대해 다룬다. 제안하는 제어기는 시비율과 위상을 동시에 제어함에 따라 스위치와 수동소자에 흐르는 전류의 크기를 감소시킨다는 장점이 있다. 제안하는 바는 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20152020105720)

### 참고 문헌

[1] Zhang Xuan, Huang Shenghua, Ning Guoyun, "A Three phase Dual Active Bridge Bidirectional ZVS DC/DC Converter", 2012 International Conference on Applied Physics and Industrial Engineering, pp. 139-148, 2012