

# 차량용 OBC 병렬운전 시뮬레이션 개발

주학림<sup>1</sup>, 목형수<sup>1</sup>, 최성호<sup>2</sup>, 박상욱<sup>3</sup>, 성기학<sup>4</sup>

건국대학교<sup>1</sup>, 건국대학교<sup>1</sup>, 브이씨텍<sup>2</sup>, 건국대학교<sup>3</sup>, 건국대학교<sup>4</sup>

## Development of simulation on parallel operation of the On-Board Charger

Helin Zhu<sup>1</sup>, HyungSoo Mok<sup>1</sup>, Sungho Choi<sup>2</sup>, SungUk Park<sup>3</sup>, KiHak Sung<sup>4</sup>

KONKUK University<sup>1</sup>, KONKUK University<sup>1</sup>, VCtech<sup>2</sup>, KONKUK University<sup>3</sup>, KONKUK University<sup>4</sup>

### ABSTRACT

전기자동차 배터리팩을 충전하기 위한 장치인 차량용 OBC(On-Board Charger)는 AC/DC 컨버터 기능을 담당하는 PFC(Power Factor Correction)와 DC/DC 전력변환 및 전기적 절연을 담당하는 Phase-Shifted Full Bridge Converter를 포함한다. 현재 시중에 3.3kW급 OBC를 기준으로 규격화되어 생산되고 있지만 전기자동차의 배터리 용량이 날로 증가하고 전기자동차 보급, 사용률이 증가함에 따라 완속충전에 대한 요구가 높아지고 있다. 여기에 전력 인프라 시설 개선과 더불어 6.6kW급 완속충전이 보편화될 수 있게 된다. 차량용 OBC 공급업체에 있어서는 기존의 3.3kW급과 6.6kW급 OBC의 개발 중 어느 쪽에 중점을 둘지 고민에 대한 대안으로 기존의 3.3kW급을 모듈화하여 병렬운전하는 방법으로 6.6kW급 OBC 시장수요에 대응할 수 있다. 본 논문에서는 3.3kW급 OBC 및 2병렬운전에 관한 시뮬레이션을 개발하고 분석하였다.

### 1. 서론

최근 각 나라 환경문제 심화와 친환경 정책 추진으로 인해 전기자동차 개발이 가속화되고 있으며 배터리 용량과 전장품 전력밀도 증가와 함께 그 보급이 가속화되고 있다<sup>[1]</sup>. 전기자동차 및 하이브리드 자동차의 주 동력원으로 가격과 성능 면에서 좋게 평가받고 있는 리튬 이온 배터리 팩을 사용한다<sup>[2]</sup>. 이러한 배터리 팩을 충전하기 위한 장치로는 DC전원을 입력으로 하는 급속충전기와 AC전원을 입력으로 하는 완속충전기-OBC(On-Board Charger)가 있다. OBC의 일반적인 용량은 3.3kW ~ 6.6kW으로 앞단에는 계통 역률 보상을 위한 PFC(Power Factor Correction) 컨버터와 뒷단에 전압제어, 전류제어 및 절연 기능을 하는 절연형 DC/DC 컨버터가 이어진다<sup>[3]</sup>. 기존에는 3.3kW급 OBC를 기준으로 규격화되어 생산되고 있지만 전기자동차의 배터리 용량이 날로 증가하고 전기자동차 보급, 사용률이 증가함에 따라 완속충전에 대한 요구가 높아지고 있다. 여기에 전력 인프라 시설 개선과 더불어 6.6kW급 완속충전의 보편화가 요구되고 있다. 차량용 OBC 공급업체에 있어서는 기존의 3.3kW급과 6.6kW급 OBC의 개발 중 어느 쪽에 중점을 둘지 고민에 대한 대안으로 기존의 3.3kW급을 모듈화하여 병렬운전하는 방법으로 6.6kW급 OBC 시장수요에 대응할 수 있다. 전력변환기의 병렬운전 방법에는 전력회로의 출력 라인에 저항을 삽입하여 그 전압강하를 이용한 Droop Methods와 각 전력변환기의 출력 전류 지령을 분할하여 제어하는 ACS(Active Current-Sharing Methods) 방법이 있다<sup>[4]</sup>. Droop Methods는 구조가 간단하고 제어가 용이한 장점이 있

지만 저항에 의한 손실이 가장 큰 단점이 되며 전류 제어의 품질을 향상시키기 위하여 일반적으로 ACS방식을 사용한다.

### 2. OBC 병렬운전 시뮬레이션 및 분석

그림 1은 OBC 토폴로지를 나타낸다. 계통 전원측에는 역률 향상과 고조파 저감을 위한 PFC 컨버터가 있고 뒷단에는 충전 전류 제어 및 절연 기능을 하는 Phase Shifted Full Bridge 컨버터가 연결되어 있다. 이밖에도 다른 토폴로지 형태도 가질 수 있는데 예를 들어 PFC는 Bridgless나 interleaved, 절연형 DC/DC 컨버터는 LLC 컨버터 등 다양한 조합을 가질 수 있다.

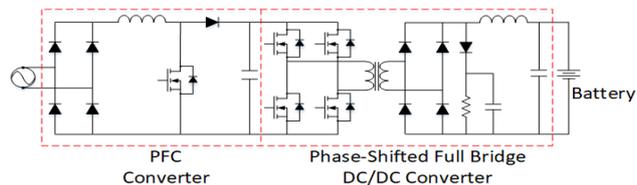


그림 1 차량용 OBC 구성 및 토폴로지  
Fig. 1 The structure and topology of a OBC

#### 2.1 평균전류제어 병렬운전 방식

두 개 혹은 그 이상의 전력변환기를 부하 단에서 병렬하여 운전할 때 각 컨버터의 출력 임피던스 차이 등 원인으로 출력 전류에 차이가 발생할 수 있고 따라서 부하가 그 중 하나의 컨버터에 집중되고 심할 경우 각 컨버터 간에 순환전류가 생길 수 있기 때문에 각 전력변환기의 출력전류를 잘 분할하여 제어해줄 필요가 있다. 이 중에 ACS 방식은 부하에 흐르는 전체 전류량에 따라 각 전력변환기에서 출력해야할 전류 지령을 결정하는 방식으로 전류제어 방식에 속하며 전류 분배 정확도 면에서 Droop Methods보다 높다<sup>[5]</sup>. 그림 2는 ACS 병렬운전 방식 블록도를 나타낸다.

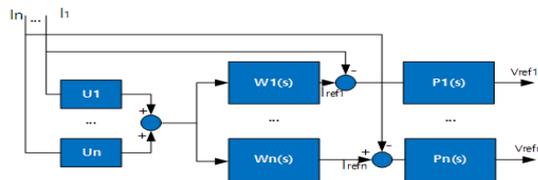


그림 2 병렬운전 평균전류제어 방식 블록도  
Fig. 2 Block diagram of ACS mode for parallel operation

그림에서  $U_1 \sim U_n$ 은 각 컨버터에서 흐르는 전류에 스케

일링을 나타내고 전력회로와 제어회로의 interface에 해당된다.  $W1(s) \sim Wn(s)$ 는 각 컨버터가 부담해야할 전류의 비를 나타내는 가중치이고  $\sum_{k=1}^n Wk(s) = 1$ 이다. 각 컨버터의 용량이 같을 때 가중치는 모두 같고 해당 컨버터의 전류지령은  $Wk(s) \sum_{k=1}^n Uk^* Ik$ 가 된다.  $P1(s) \sim Pn(s)$ 는 각 컨버터의 전류제어기이다.

## 2.2 시뮬레이션 구성

전력회로 및 제어기는 Psim을 이용하여 구현하였다. PFC 부분은 interleaved 방식을 채택하였고 시뮬레이션 정확도를 높이기 위해 디지털 제어를 구현하였다. 3.3kW OBC 2개를 병렬운전하여 배터리를 충전하고 있으며 PFC 출력 전압은 400V, 충전전류는 16.5A이고 충전 모드는 CC모드이다.

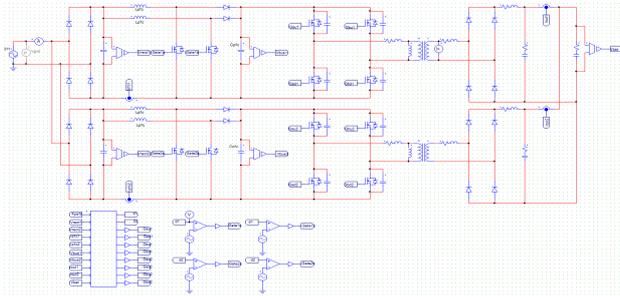


그림 3 Psim을 이용하여 구현한 OBC 병렬운전 시뮬레이션  
Fig. 3 Simulation of parallel operating OBC using Psim

## 2.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 그림 4와 그림 5에서 나타내었다. 그림 4에서 빨간색은 인덕터 전류, 보라색은 OBC에서 두 인덕터 리플의 합인 전류를 나타내고 오렌지 색은 계통 전류를 나타낸다. 두 인덕터 전류는 180° 위상차로 interleaving 되어 리플이 감소되는 것을 확인할 수 있고 두 OBC의 입력전류도 마찬가지로 180° 위상차를 주어 제어하면 리플이 감소되는 것을 확인할 수 있어 병렬운전 시 장점이 될 수 있다. 이와 유사하게 출력 전류는 그림 5에서 나타냈는데 두 컨버터의 출력 전류를 180° 위상차를 주면 배터리 충전 전류리플은 대폭 감소하는 것을 확인할 수 있다.

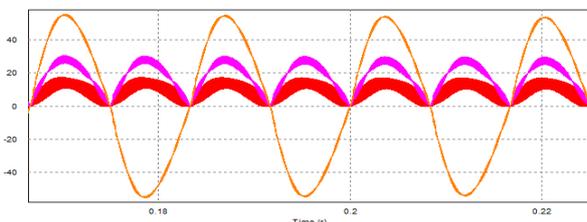


그림 4 인덕터 전류, PFC 전류 및 계통 전류 파형  
Fig. 4 Wave form of inductor current, PFC current and grid current

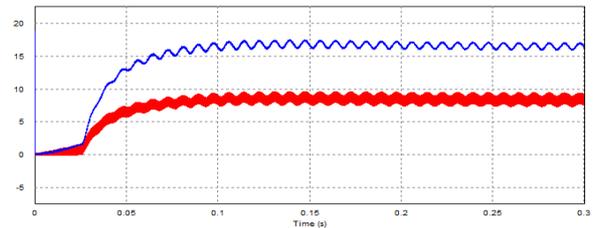


그림 5 OBC 1개 출력전류와 배터리 입력전류 파형  
Fig. 5 OBC output current and battery input current waveform

## 3. 결론

차량용 배터리 용량 증가와 전력 인프라 시설 개선으로 인해 OBC 제품의 용량이 기존의 3.3kW에서 6.6kW, 혹은 그 이상으로 증가하는 추세에 대비하여 다양한 제품 개발보다 3.3kW OBC를 병렬하여 사용하는 방안에 대하여 시뮬레이션 검증을 하였다. ACS 방식에 의해 두 OBC가 출력전류를 동일하게 분배하여 부담하는 것을 확인하였다. 기존의 3.3kW OBC에서 2상 interleaved 방식을 사용하여 계통 전류의 THD를 감소하였는데 2병렬 운전을 하면서 4상 interleaved를 실행할 수 있어 계통 전류 THD를 더욱 감소시켰으며 배터리 충전전류 리플도 두 컨버터 출력전류 리플의 상쇄로 대폭 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

이 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KETI) 연구비 지원에 의한 연구입니다('10080712')

## 참고 문헌

- [1] Benjamin Frieske, Matthias Kloetzke, Florian Mauser, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System", 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), Nov. 2013.
- [2] Eduardo Valsera-Naranjo ; Andreas Sumper ; Pau Lloret-Gallego ; Roberto Villafafila-Robles, Antoni Sudria-Andreu, "Electrical vehicles: State of art and issues for their connection to the network", 2009 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, Sep. 2009.
- [3] W. Choi, M. Yang, and H. Cho, "High-frequency-link soft-switching PWM DC-DC converter for EV on-board battery chargers", IEEE Trans. Power Electron., vol. 29, no. 8, pp. 4136 - 4145, Aug. 2014.
- [4] Shiguo Luo, Zhihong Ye, Ray-Lee Lin, F.C. Lee, "A classification and evaluation of paralleling methods for power supply modules", 30th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference. Record., vol. 2, pp. 901 - 908, Mar. 2013.
- [5] Zhang Hechuan, "Impact of Current Ripple on Electric Vehicle Charging Equipment", International Conference on Civil, Transportation and Environment, 2016.