

V2G/V2L 기능을 갖는 단상/3상 겸용 OBC 개발

이창섭, 김기훈, 김재훈, 김유빈, 최세완
서울과학기술대학교

Development of single/three phase compatible OBC with V2G/V2L

Changseob Lee, Kihoon Kim, Jaehoon Kim, Youbin Kim, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 V2G/V2L 기능을 갖는 단상 3상 겸용 차량용 탑재형 충전기를 제안한다. OBC의 AC-DC부는 3상 인버터와 2상 인터리브드 토탈폴을 적용하였고 DC-DC부는 CLLC 공진형 컨버터를 적용하였다. 2상 인터리브드 토탈폴을 적용함으로써 PFC단 필터 인덕터의 부피를 줄였고 3상/단상 모드 변환이 간단하게 이루어질 수 있다. CLLC 공진형 컨버터는 전 전압, 전 부하 범위에서 쉽게 ZVS를 성취할 수 있어 고 효율을 달성할 수 있다. 본 논문에서는 3상/단상 입력을 겸용하는 11kW OBC를 제안하고 실험을 통하여 검증하였다. 효율은 최고효율 96.6%, 정격 효율 95.9%를 달성하였다.

1. 서론

현대 사회에서 탄소 중립 정책이 강화됨에 따라 세계 각국에서 전기자동차, 신재생에너지 등 연구가 활발해지고 있다. 이에 따라 전기 자동차의 탑재형 충전기(On-Board Charger, OBC)의 중요성이 부각되었다. 한편 세계 각국 계통전압이 상이함으로 제품의 단일화를 위해 3상/단상 겸용 OBC가 요구되고 있고 마이크로 그리드를 활용함에 따라 OBC의 V2G, V2L 기능 역시 요구되고 있다. 본 논문에서는 V2G/V2L 기능을 갖는 단상/3상 겸용 OBC를 제안한다.

2. 제안하는 V2G/V2L 기능을 갖는 OBC

그림 1은 제안하는 V2G/V2L 기능을 갖는 3상/단상 겸용 OBC의 토폴로지를 나타낸다. PFC 부분은 Relay1, Relay2, Relay3을 사용하여 3상 인버터로 동작을 한다. 단상 동작 시에는 Relay1, Relay4를 사용하여 2상 인터리브드 토탈폴 PFC로

동작한다. AC-DC부는 기존의 부스트 PFC에 비해 도통손실이 적으며 양방향동작이 가능하다는 장점이 있다. DC-DC 부분은 IPOP구조의 CLLC 컨버터로 구성되어있다. CLLC 컨버터는 기존의 DAB 컨버터와 함께 양방향 OBC에 가장 널리 사용하는 컨버터이며 전 범위 ZVS 성취 가능한 장점이 있다. 그림 2는 V2G기능과 V2L기능의 제어 알고리즘을 보여준다. V2G 제어 시작 시 배터리 전압을 센싱 받아 링크 전압의 지령치를 계산한다. PFC에서 단상/3상 전압을 받아 링크 전압 지령치 만큼 링크 전압을 제어한다. 이후 ICCU에서 만들어진 전류 지령치를 받아 CLLC에서 전류 제어를 진행한다. V2L 제어 시작 시 V2G와 동일하게 제어 시작 후 링크 전압의 지령치를 계산한다. CLLC에서 해당 지령치 만큼 링크 전압을 제어해주고 이후 풀브릿지 인버터 동작으로 PFC단에서 AC 전압을 만들어준다.

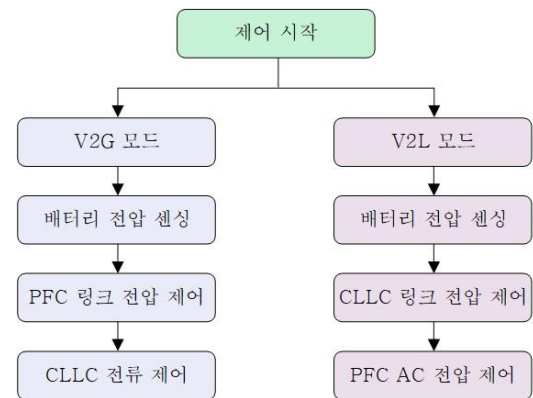


그림 2. V2G / V2L 제어 알고리즘.

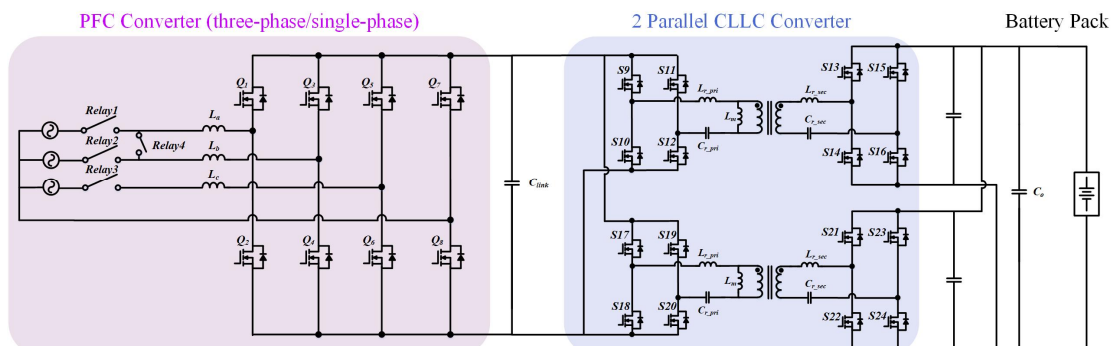


그림 1. 제안하는 OBC 회로도.

3. 실험 결과

본 논문에서는 11kW급 OBC 시작품을 제작하여 검증을 완료하였다. 그림 3은 OBC 3상 V2G 실험파형이다. 그림 3은 3상 V2G 방전 파형으로 10kW 정격 부하 파형이다. 그림 3.(a)는 PFC부 파형이고 그림 3.(b)는 CLLC부 파형이다. 그림 4는 단상 V2G 방전 파형으로 3kW 정격 부하 파형이다. 단상으로 동작하는 2상 인터리브드 토탈폴은 제로크로싱 이슈를 해결하기 위해 저주파래그 스위치 데드타임과 고주파래그 스위치 소프트 스타트 기법을 적용하였다. 그림 4.(a)는 PFC부 파형이고 그림 4.(b)는 CLLC부 파형이다. 그림 5는 단상 V2L 방전 파형으로 3kW 정격 부하 파형이다. 그림 5.(a)는 PFC부 파형이고 그림 5.(b)는 CLLC부 파형이다.

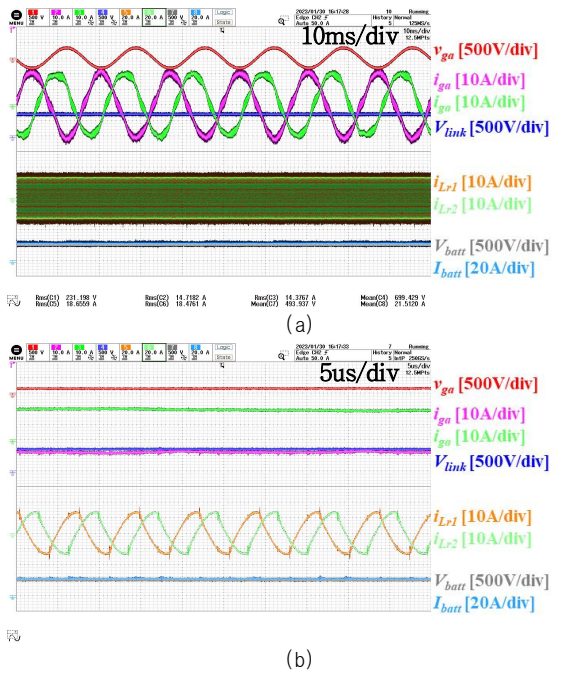


그림 3. 3상 V2G 실험 파형. (a) PFC부, (b) CLLC부

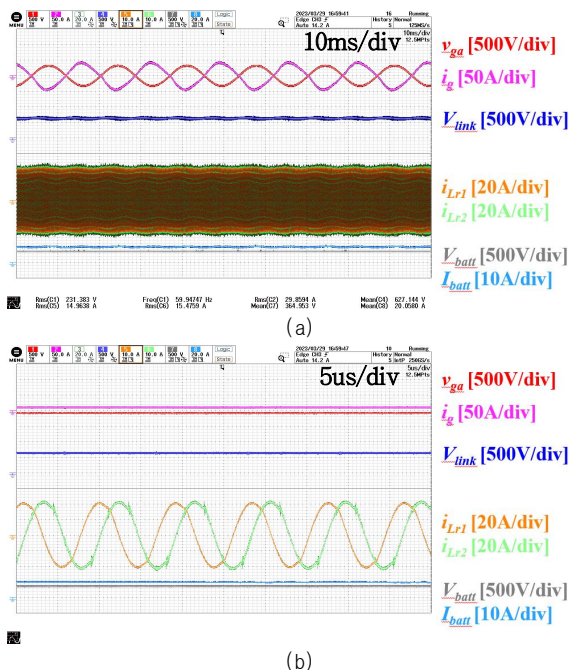


그림 4. 단상 V2G 실험 파형. (a) PFC부, (b) CLLC부

4. 결론

본 논문에서는 V2G/V2L 기능을 갖는 3상/단상 겸용 11kW급 양방향 OBC를 제안하였다. 제안하는 OBC는 시작품을 제작하여 실험을 통해 동작과 성능을 검증하였다. 그림 6.(a)는 시작품의 충전 효율 그래프이며 최고 96.6%를 달성했다. 그림 6.(b)는 시작품의 방전 효율 그래프이며 최고 효율 96%를 달성했다. 추후 충전과 방전의 정격을 높여 충전 22kW급, V2G/V2L 각각 22kW/10kW급으로 동작 가능한 OBC를 제작 및 실험할 예정이다.

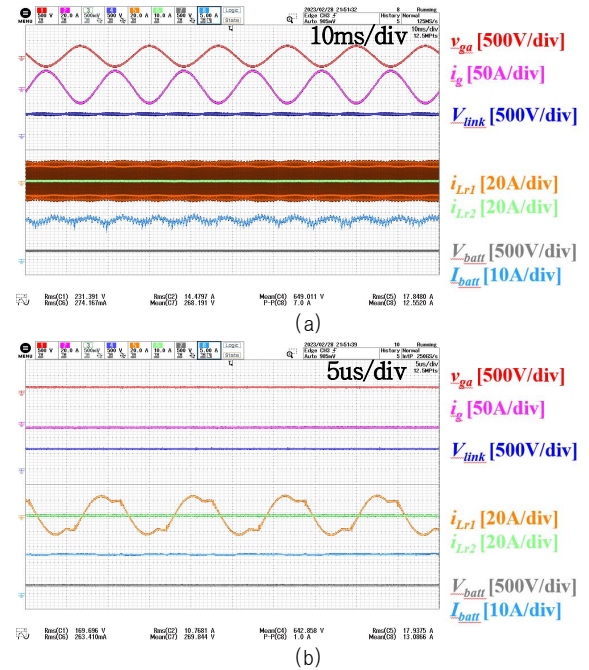


그림 5. 단상 V2L 실험 파형. (a) PFC부, (b) CLLC부

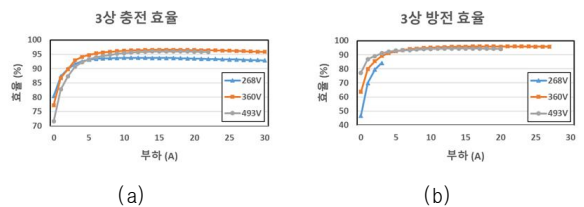


그림 6. 시작품 실험 효율. (a) 충전, (b) 방전

이 논문은 LG MAGNA의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.
이 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단 LINC 3.0 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] Siddhant Bikram Pandey, Tat-Thang LE, Jaehyeok Jang, Sewan Choi.(2022).11kW/200kHz DAB converter for OBC with wide output voltage range.전력전자학회 학술대회 논문집,(),507-508.
- [2] 김진영, 김재훈, 김기훈, 이창섭, 최세완.(2022).Sigma 컨버터를 적용한 단상 11kW 양방향 OBC.전력전자학회 학술대회 논문집,(),294-296.
- [3] 임병석, 이재연, 이동한, 박세진, 최세완, 김현희, 양동혁, 이진희, 전용성.(2022).3상 22kW/단상 17.6kW 북미/유럽 공용 양방향 OBC 개발.전력전자학회 학술대회 논문집,(),594-595.