

1단 방식 OBC의 V2X 구현

송희경, 밀리언 게라도 게다, 김한수, 김효민, 이승훈, 최세완[†]
 서울과학기술대학교

V2X implementation of Single-stage OBC

Huigyeong Song, Million Gerado Geda, Hansu Kim, Hyomin Kim, Seunghoon Lee,
 , Sewan Choi[†]
 Seoul National University Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 인터리브드 토탈폴 1단 OBC의 V2X 구현 결과를 최초로 제시한다. 제안한 V2G 기술로 4상한 동작에 의한 PF=-0.89~+0.89의 유/무효전력 제어가 가능하다. 또한 V2L은 저항부하 뿐만 아니라 비선형부하에서의 전압제어가 가능하다. 11kW 시작품의 실험을 통해 제안하는 V2X 시스템을 검증하였다. V2G 3상한 동작에서 THDi=4%, 효율 97%를 4상한 동작에서 THDi=9.8%를 각각 달성하였다. V2L은 저항부하에서 THDi=5%, 효율 96.5%를 비선형부하에서 THDv=9.9%를 각각 달성하였다.

1. 서론

현재 주로 사용되고 있는 2단 방식 OBC는 PFC 회로와 DC-DC 회로 사이에 저주파 리플 흡수를 위한 전해 커패시터를 사용한다. OBC의 15년 이상의 보증기간을 갖기 위하여 전해 커패시터의 개수가 증가해야 하므로 2kW/L 이상의 전력 밀도를 달성하기 어렵다. 부피 및 수명 문제가 없는 무전해커패시터 1단 방식의 OBC 중에서 인터리브드 토탈폴 1단 방식 OBC는 넓은 전압 범위에서 ZVS를 성취하기에 용이하다는 장점이 있다.^[1] 전기 자동차는 단순히 이동에 사용될 뿐 아니라 하나의 분산 전원으로 역할을 할 수 있다. OBC의 V2G 기능을 통해 전력망을 안정화 시키고, 소비자의 전력 거래 참여를 가능하게 하여 수익을 창출 할 수 있다. V2L을 통해 전기차 소유자는 야외에서도 전기를 자유롭게 사용할 수 있어 편의성이 증대된다. 이와 같이 OBC의 V2X 동작은 필수적으로 요구되고 있으나, 1단 방식 OBC의 V2X에 관한 연구는 매우 드물다.

본 논문에서는 인터리브드 토탈폴 1단 방식 OBC의 V2X 시스템을 제안한다. 제안하는 1단방식의 V2G는 PF=-1의 유효전력 주입 뿐 아니라 PF=-0.89의 유효 및 무효전력 주입이 가능하다. V2L 동작시는 저항부하 뿐 아니라 비선형부하에서도 전압제어가 가능하다. 11kW 시작품의 실험을 통해 V2G PF=-0.89에서 진상-지상 전류 제어와 비선형부하에서의 V2L 동작을 검증하였다.

2. 제안하는 V2G/V2L 시스템

그림 1은 본 논문에서 사용한 1단 OBC^[1]를 나타낸다. 릴레이1과 릴레이 2를 사용해서 V2G 동작시에는 3상으로, V2L 동작시에는 단상으로 동작할 수 있다. 그림 2는 제안하는 V2X 제어구성도로 전력 제어부, 듀티 제어부, PLL, 게이트 신호부로 이루어져 있다. 제안하는 시스템은 V2X 동작을 위한 별도의 추가적인 부품 필요로 하지 않아 1단 OBC에 간단하게 적용이 가능하다. V2G 동작 시에는 전력망으로부터 PQ 지령치를, V2L 동작 시에는 AC 전압 지령치로 제어가 가능하다.

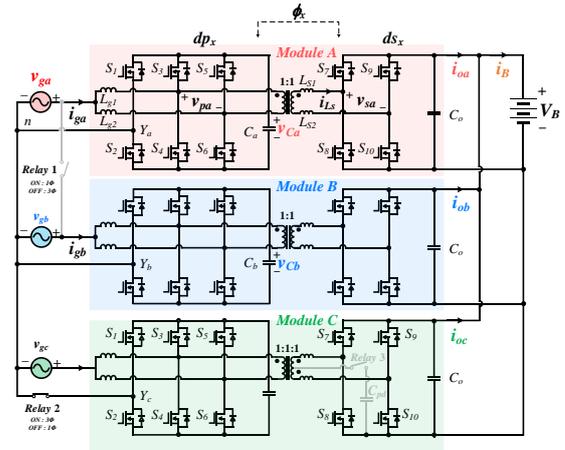


그림 1. 단상/3상 겸용 1단 OBC 회로도

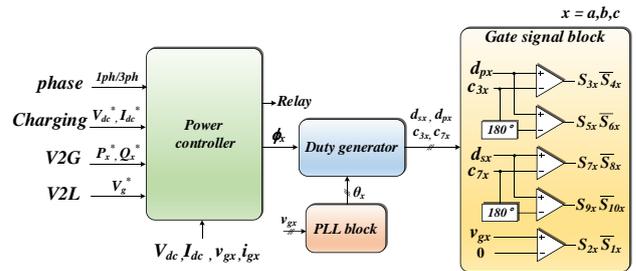


그림 2. 제안하는 4상한 동작 V2G와 비선형부하 V2L이 가능한 V2X 제어구성도

3. 실험 결과

그림 3(a)와 그림 3(b)는 실험 시 각각 V2G와 V2L 동작시의 회로 구성을 나타낸 것이다. V2G 동작은 3상 동작으로 a,b,c 세 모듈 모두 그림 3(a)와 같이 구성된다. V2L 동작시에는 단상 동작으로 모듈 a,b는 그림 3(b)와 같이 구성하나 모듈 c는 APD 회로로 동작한다. 그림 4는 표 1의 사양에 따라 제작한 11kW급 시작품이다. 그림 5(a)는 PF=-1로 제한한 3상 V2G 파형이다. 이때 계통 전류 고조파 왜곡률은 4%, 효율은 97%로 측정되었다. 그림 5(b)는 단상 V2L 저항 부하 동작 파형이다. AC 전압 고조파 왜곡률은 5%, 효율은 96.5%로 측정되었다. 그림 6(a)와 그림 6(b)는 단상 V2G 동작 파형으로 PF=-0.89이고 각각 진상, 지상 전류 제어를 한 것이다. 4상한 동작에서 계통 전류 고조파 왜곡률은 9.8%로 측정되었다. 그림 6은 비선형 부하에서의 단상 V2L파형이고, 전압 왜곡율은 9.9%로 측정되었다.

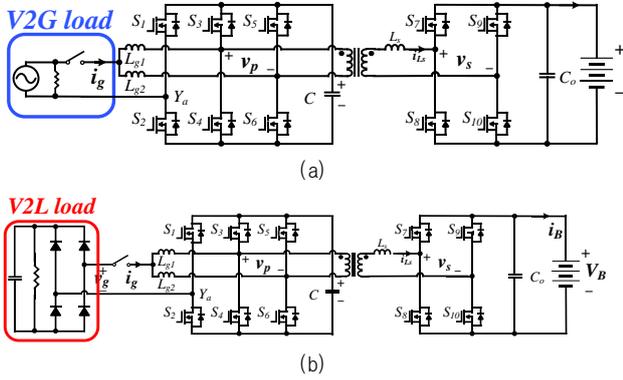


그림 3. V2X 실험 부하 구성 (a) V2G 회로 (b) V2L 비선형 부하 회로

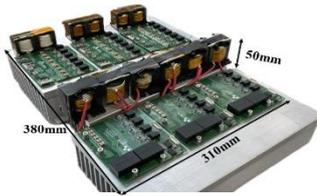


그림 4. 1단 방식 OBC 11kW급 시제품

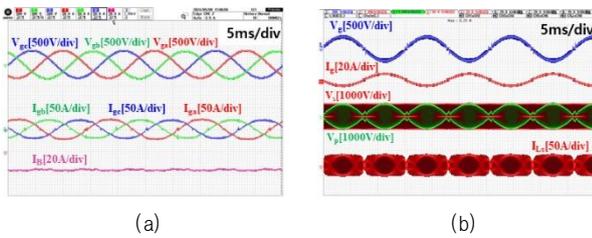


그림 5. 저항 부하 정격 실험 파형 (a) 3상 V2G (Vdc=630V, 11kW), (b) 단상 V2L (Vac=220V, 3.7kW)

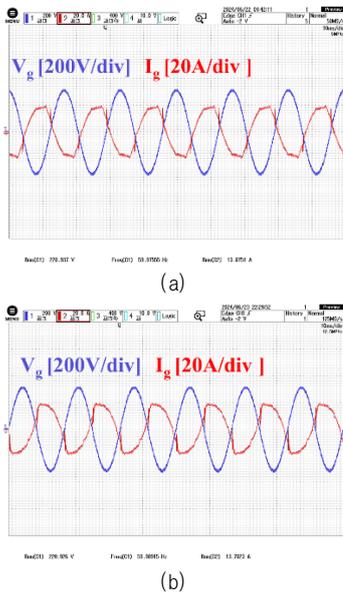


그림 6. 단상 V2G PQ제어 파형 (a) 진상 제어(PF=-0.89) (b) 지상 제어(PF=-0.89)

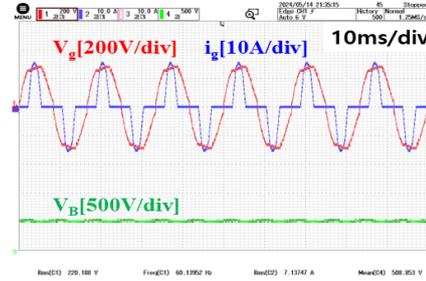


그림 7. 단상 V2L 비선형 부하 실험 파형

4. 결론

본 논문에서는 인터리브드 토렘폴 구조의 1단 방식 OBC를 위한 V2X 시스템 제안하였다. 11kW급 시제품 제작과 실험을 통해 V2G PQ 제어와 비선형 부하에서의 V2L 동작을 검증하였다. 실험 결과 V2L 동작은 저항부하에서 THDv = 5%, 비선형부하에서 THDv=9.9%를 달성하였다. V2G 동작은 3상한 동작에서 THDi=4%, 4상한 동작에서는 THDi=11.1%를 달성하였으나 추후 계통 전류 고조파 제어 등을 추가하여 THDi를 개선할 예정이다. 표 (1)은 제작한 시제품 사양을, 표 (2)는 실험 결과를 정리한 것이다.

표 1 시제품 사양

Table 1 Prototype Specification

Specification		Value	Unit
Input	Power	1Ph: 7.4/ 3Ph: 11	[kW]
	Voltage	220	[Vac]
Output	Power	1Ph:7.3/3Ph: 10.9	[kW]
	Voltage	350-850	[Vdc]
V2G	Power	3Ph: 10.9	[kVA]
V2L	Power	1Ph: 3.6	[kVA]

표 2 실험 결과 정리

Table 2 Experiment Overview

Specification		Value	Unit
정격효율	G2V	1Ph: 97.0/ 3Ph: 97.4	[%]
	V2G	97.0	[%]
	V2L	96.5	[%]
THD	G2V	2.1	[%]
	V2G	PF=-1: 4, / PF=-0.89: 15	[%]
	V2L	저항부하: 5 / 비선형 부하: 9.9	[%]

이 논문은 Infineon의 전력반도체 지원을 받아 수행된 연구임. 본 과제(결과물)은 교육부와 한국연구재단의 지원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구 결과입니다.

참고 문헌

[1] 김형진, 박준영, 김선주, 라마단, 기예우, 호우, 폭, 최세완. (2020-11-27). 넓은 전압 범위에서 ZVS가 되는 단상/3상 겸용 무전해커패시터 EV 충전기. 전력전자학회 학술대회 논문집, 서울.