

# EVs용 통합형 배터리 충전기의 토폴로지별 특성 비교

오창열, 김윤성, 성원용, 이병국  
성균관대학교 정보통신대학

## Comparison of Integrated Battery Charger Topologies for EVs

Chang Yeol Oh, Yun Sung Kim, Won Yong Sung, and Byoung Kuk Lee  
College of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 전기자동차 (Electric Vehicles, EVs) 및 플러그인 하이브리드 자동차 (Plug in Hybrid Electric Vehicles, PHEVs)용 통합형 배터리 충전기의 토폴로지 구성에 따른 동작 및 성능 특성을 비교한다. 기존에 제안된 통합형 배터리 충전기를 토대로 개별 모듈에 적용 가능한 토폴로지를 검토한다. 또한, 검토한 모듈의 통합을 위한 양방향 구현 시 동작 및 성능을 비교한다. 이를 통해 선정된 토폴로지들이 가질 수 있는 조합들을 구성하고, 상호간의 영향을 분석한다. 분석한 결과를 기반으로 각각의 조합의 성능 및 특성의 시뮬레이션을 통한 비교추이를 제시한다.

### 1. 서론

최근 다양한 친환경 차량의 상용화가 가속화되면서, EVs 및 PHEVs에 사용되는 탑재형 충전기 (On Board Charger, OBC) 와 저전압 DC DC 컨버터 (Low voltage DC DC Converter, LDC)에 관한 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구들이 확산되는 가운데, 차량에 내장되는 OBC와 LDC의 소형, 경량화에 초점을 맞추어 다른 전력변환 장치와의 통합화에 관한 연구가 주목받고 있다.<sup>[1, 2]</sup>

이러한 다양한 연구 중 구동용 인버터+OBC 통합 시스템은 구동용 모터의 인덕턴스를 사용하는 과정에서 구동 시스템 수명 및 충전의 안정성 부분에서 적용하기에 검증되어야 하는 요소들이 남아있다. 반면 OBC+LDC 통합 시스템은 구동 시 기존 시스템에서 변화를 최소화 할 수 있기 때문에 다양하게 시도되고 있다. 특히 OBC 출력회로와 LDC 입력회로를 공유하여 양방향 구동을 하는 시스템은 회로 및 기구 단일화가 가능하지만, 양방향 구동으로 인한 시스템 구성에 제한사항이 따른다.<sup>[1]</sup>

그러므로 본 논문에서는 OBC 출력과 LDC의 입력을 공유하는 시스템에서 고효율 달성 및 고 전력밀도 달성을 위해 조합 가능한 토폴로지들을 검토한다. 또한 개별구동과 통합 양방향 구동에 영향을 미치는 요소를 분석하고 조합에 따른 성능 및 특성을 시뮬레이션을 통해 비교한다.

## 2. OBC+LDC 통합형 시스템

### 2.1 시스템 구성<sup>[1]</sup>

그림 1은 OBC+LDC 통합형 시스템의 기본 회로 구성을 나

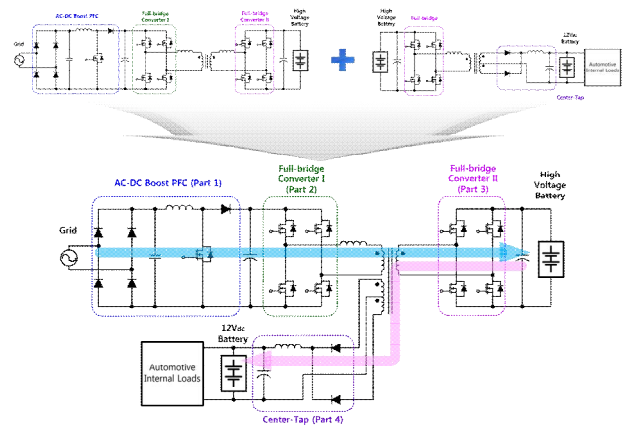


그림 1 OBC+LDC 통합형 시스템의 회로구성  
Fig. 1 OBC+LDC Integrated System Circuit Configuration

타내고 있다. OBC는 계통을 전원으로 Boost PFC회로와 DC DC 컨버터를 통해 고전압 배터리와 연결된다. LDC는 고전압 배터리를 전원으로 DC DC 컨버터를 통해 12V 배터리 및 전장부하에 전력을 공급한다. 이러한 시스템은 그 기능에 따라 크게 4가지 요소로 구분되고, 이 중 Part 3과 변압기의 코어를 공유하여 OBC+LDC 통합형 시스템을 구성한다.

### 2.2 토폴로지 비교

차량에서 요구되는 고효율 및 고 전력밀도 달성을 위해서 그림 2의 (a) (c)와 같이 공진 및 준공진 토폴로지들을 (d)와 같은 변압기 구조를 통해 Part 4의 정류기로 구성된다.<sup>[1], [3]</sup>

이러한 공진 및 준공진 토폴로지들을 양방향 통합 구성에 적용시킬 때, 변압기 2차 측에 구성된 모듈의 공진 영향은 피할 수 없는 문제로 작용하게 된다.<sup>[3]</sup>

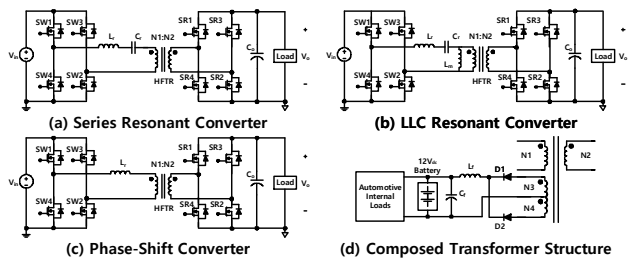


그림 2 충전기용 공진/준공진 토폴로지  
Fig. 2 Quasi-Resonant/Resonant Topologies for Charger

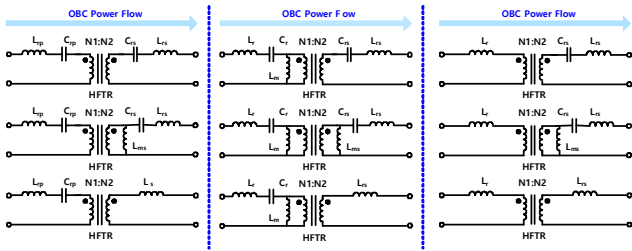


그림 3 구성 가능한 공진 네트워크의 조합  
Fig. 3 Available Combinations of Resonant Network

그림 3은 제시한 토폴로지들의 공진 네트워크에 초점을 맞추어 변압기 N1 및 N2 측에 구성 가능한 조합을 나타낸 것이다. 이러한 조합들은 Part 3의 양방향 동작 시 영향을 부하 임피던스의 1차 측 환산을 나타내는 식 1을 통해 턴 비와 임피던스로 표현할 수 있다.<sup>[3, 4]</sup>

$$(R' + jX') = (a^2 R + ja^2 X) \frac{I_2}{a} = a(R + jX) I_2 = aV_2 \quad (1)$$

단,  $R'$ 과  $X'$ 은 변압기 1차 측으로 환산된 임피던스,  $a$ 는 턴 비 그리고  $I_2$ 와  $V_2$ 는 각각 2차 측의 전류와 전압을 나타낸다.

식 1과 같이 양방향 동작 중 변압기 2차 측의 공진 네트워크는 1차 측에 임피던스의 형태로 환산될 수 있으며, 이는 곧 공진 파라미터의 변화를 의미한다.

### 2.3 시뮬레이션 및 성능 검증

시뮬레이션을 통해 앞서 조합한 공진 토폴로지들의 동작 시 영향을 살펴본다. 수행한 시뮬레이션의 주요 파라미터는 표 1에 제시된 바와 같다. 또한 주어진 파라미터를 토대로, 제시한 공진 네트워크의 조합에 따른 영향을 보이면 그림 4와 같다.

표 1 시스템 파라미터  
Table 1 System Parameters

Parameter	Value	Parameter	Value
정격출력 (OBC)	3.3 [kW]	출력 전압 (OBC)	350 [V <sub>dc</sub> ]
정격출력 (LDC)	1.8 [kW]	출력 전압 (LDC)	12 [V <sub>dc</sub> ]
입력전압 (OBC)	380 [V <sub>dc</sub> ]	턴비 (N1:N2:N3&N4)	16:18:1

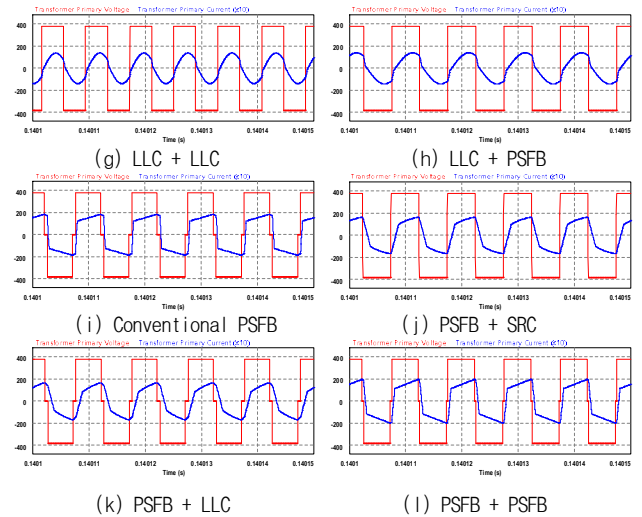
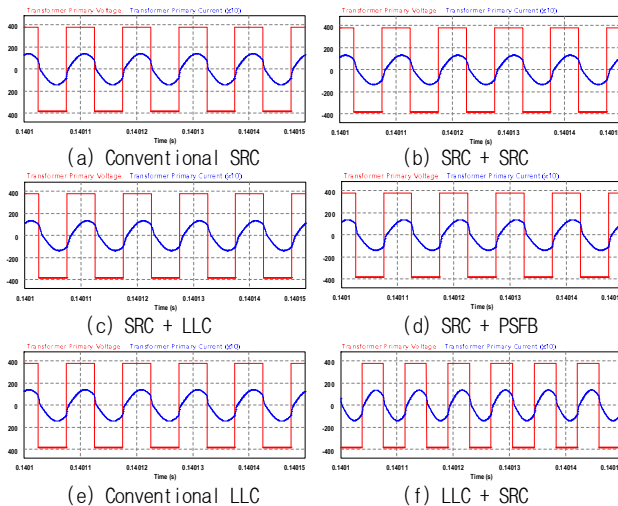


그림 4 시뮬레이션 검증 파형  
Fig. 4 Verification Waveforms of Simulation

그림 4와 같이 동일한 입출력 및 부하조건에서 1, 2차측 토폴로지 변화로 인하여 SRC와 LLC는 스위칭 주파수의 변화가 PSFB의 경우 2차 측 변화에 따른 듀티 변화가 확인 가능하다. 이는 2차 측의 공진 네트워크가 1차 측 임피던스로 환산되어 공진에 영향을 주는 것으로, 3가지 토폴로지 중 SRC가 상대적으로 2차 측의 영향을 적게 받는 것을 확인할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 EVs용 통합형 배터리 충전기의 토폴로지 구성에 따른 동작 및 성능 특성을 비교하였다. 통합형 충전기에 사용 가능한 토폴로지들을 제시하고, 이들 토폴로지들의 공진 네트워크가 미치는 영향을 분석하였다. 이를 토대로 구성된 조합들의 성능 및 영향을 시뮬레이션을 통해 검증함으로써 적합한 토폴로지를 선택 가능한 근거를 제시하였다. 이를 통해 다양한 토폴로지를 기반으로 통합형 충전기의 설계에 토대를 제공할 수 있으리라 기대한다.

### Acknowledgment

본 연구는 지식경제부의 재원으로 수행된 산업원천기술 개발사업 (No. 10039318 2012 12)의 연구결과입니다.

### 참고 문헌

- [1] 김운성, 오창열, 성원용, 이병국, "EVs/PHEVs용 Bidirectional LDC 일체형 Onboard Battery 충전시스템 제어알고리즘", 전력전자학회, 전력전자학술대회 논문집, pp.596-597, 2012.
- [2] S. Haghbin, S. Lundmark, M. Alakula, and O. Carlson, "Grid Connected Integrated Battery Chargers in Vehicle Applications: Review and New Solution", IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol.60, pp. 459-473, Feb, 2013.
- [3] Y. Du, S. Lukic, B. Jacobson, and A. Huang, "Review of High Power Isolated Bi directional DC DC Converters for PHEV/EV DC Charging Infrastructure," IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) 2011, pp.553-560, Sept. 2011.
- [4] R. W. Erickson, "Fundamentals of Power Electronics", 2nd Ed, KluwerAcademic, 2001.