

# 부스트컨버터와 포워드컨버터의 결합을 이용한 하이브리드 전기자동차의 보조배터리 충전용 저전압 직류 변환장치

이주영, 김성혜, 강필순  
한밭대

## Low voltage DC-to-DC converter integrating boost converter into forward converter for charging auxiliary battery in hybrid electric vehicle

Ju Young Lee, Seong Hye Kim, Feel soon Kang  
Hanbat National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 하이브리드 전기자동차의 전장시스템 에너지 공급을 위한 보조배터리 충전용 저전압 직류 변환장치(Low voltage DC to DC Converter, LDC)를 제안한다. 차량 탑재용의 특성상 소형·경량화 설계 기술을 통한 연비증가, 동력성능의 향상이 매우 중요하다. 본 논문에서 제안하는 LDC는 부스트와 포워드 컨버터 구조를 혼합한 형태로 부스트 컨버터의 입력 인덕터를 변압기로 대체하여 포워드 컨버터와 결합시킴으로써 출력전압의 승·강압 동작을 구현한다. 따라서 차량 시동 시 내연기관을 구동하기 위한 승압모드로 동작하고, 그 외 일반적인 경우는 차량 내 각종 전장부하에 전력을 공급하기 위한 강압모드로 동작된다. 제안된 컨버터의 동작 모드에 따른 이론적 분석을 시행하고 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

최근 대체에너지 개발과 더불어 관심이 받고 있는 하이브리드 전기자동차는 두 가지 에너지원을 조합한 차량을 말하지만, 보통은 엔진과 전기모터를 조합한 차량을 하이브리드 전기자동차라 부른다.<sup>[1]</sup> 순수 전기로만 작동하는 전기자동차의 보급이 예상보다 늦어지고 있는 지금 하이브리드 자동차의 관심은 더욱 높아지고 있다. 이런 하이브리드 전기자동차는 기존의 내연기관의 차량이 전장 에너지공급용으로 사용하던 보조배터리(12 24V)를 그대로 사용하는데, 이때 하이브리드 전기자동차의 보조배터리를 충전하기 위한 시스템이 저전압 직류 변환장치(Low Voltage DC to DC Converter, LDC)이다. LDC가 요구하는 가장 기본적인 역할은 메인 배터리의 고전압을 강압하여 보조배터리를 충전, 전장시스템에 에너지를 전달하는 역할이지만, 그것만으로는 기존 내연기관 차량의 교류발전기의 역할을 하기에 부족함이 있다.<sup>[2]</sup> 기존의 교류발전기는 차량의 시동을 걸어주는 역할도 겸하는데, 본 논문에서는 이런 LDC의 특성을 고려하여 평소에는 포워드 동작으로 메인 배터리의 고전압을 강압하고, 시동 시에만 부스트 동작으로 전압을 승압하여 사용하는 LDC 토폴로지를 제안한다. LDC를 사용함으로써 엔진의 동력손실을 감소시키고 전기자동차의 연비 향상을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 하이브리드 전기자동차 보조배터리 충전용 저전압 직류변환장치 토폴로지를 제안하며 이론적 분석 및 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

### 2. 부스트+포워드 기반의 하이브리드 전기자동차의 전장시스템 에너지 충전용 저전압 직류 변환장치

그림 1은 제안하는 LDC 토폴로지를 도식화 한 것으로 제안된 토폴로지 구조는 두 개의 스위치( $Q_1, Q_2$ ), 한 개의 고주파 변압기( $T_r$ ), 세 개의 다이오드( $D_1, D_2, D_3$ )로 구성되어 있으며, 부스트 컨버터와 포워드 컨버터의 결합을 위하여 부스트 컨버터의 인덕터는 고주파 변압기의 1차측 인덕터스로 대체되고, 변압기 2차측은 포워드 컨버터 형태로 구성된다.

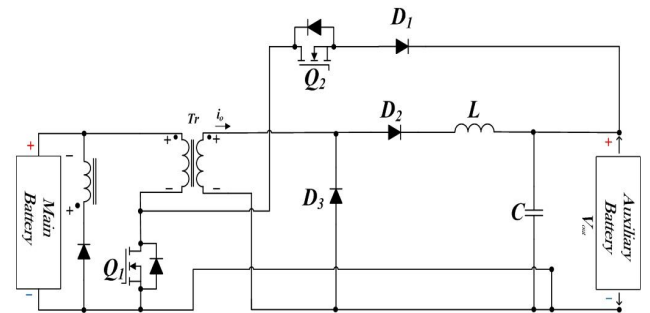


그림 1 제안하는 LDC 구조  
Fig. 1 Configuration of the proposed LDC

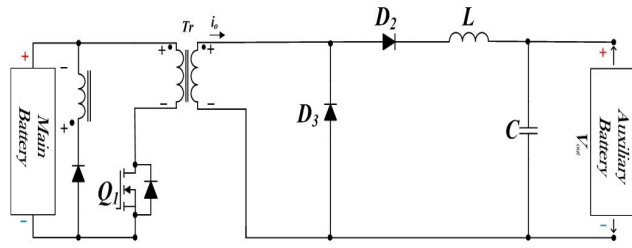
그림 2는 제안된 회로의 모드별 동작을 보여준다. 제안하는 LDC 토폴로지는 차량용 LDC가 요구하는 역할을 충족하기 위해 그림 2(a)와 같이 평소에는 포워드 단만을 이용하여 메인 배터리의 전압을 강압하여 보조 배터리를 충전한다.

그림 2(a)의 스위치  $Q_1$ 이 ON 상태일 때 입력 전압은 변압기를 통해 강압되어 변압기 2차측으로 인가되고, 유도된 2차측 전류는  $D_2$ 를 통해 보조 배터리를 충전한다. 변압기 2차측 회로 구조는 전형적인 포워드 컨버터 구조로 Volt·sec 평형 조건을 적용하면 식(1)과 같이 구할 수 있다.

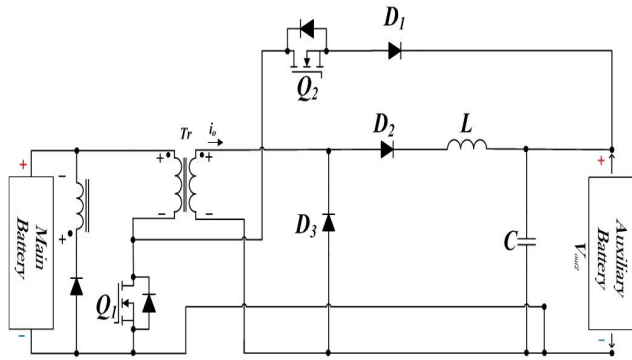
$$V_{out} = \frac{N_1}{N_2} D \cdot V_{in} \quad (1)$$

그림 2(b)의 부스트 모드에서 인덕터는 고주파 변압기로 대체되며, 포워드 단만을 사용하여 에너지를 전달할 때 자화인덕

턴스는 리셋권선을 통해 에너지가 방출되고, 스위치  $Q_2$ 가 ON 되었을 때만 부스트 단을 통해 하이브리드 전기자동차의 시동 시 필요한 에너지를 공급한다.



(a)



(b)

그림 2 동작모드, (a) 포워드 모드, (b) 부스트 모드  
Fig. 2 Operational modes, (a) Forward mode, (b) Boost mode

### 3. 시뮬레이션 결과

제안하는 회로의 타당성을 검증하기 위해 PSIM 기반의 시뮬레이션을 수행하였다. 입력전압( $V_{in}$ )은 하이브리드 전기자동차의 LDC 기본 사양으로 주로 고려되는 DC 144[V]를 사용한다. 12V 보조배터리를 충전하기 위해 14~15[V]를 필요로 하는데, 이를 충족시키기 위해  $V_{out}$ 을 14.4[V]로 설계하고, 이때 변압기의 권선비는 5:1로 설계한다. 스위치  $Q_1$ 의 스위칭 주파수는 20[kHz]로 설정, 도통비는 50[%]를 기준으로 제어한다.

그림 3(a)은 위에서부터 차레로 변압기 2차측 전류( $TR_2$ )와, 포워드의 다이오드  $D_2$  전류와 다이오드  $D_3$  전류를 나타낸다. 스위치  $Q_1$ 이 켜지면 변압기 2차측으로 에너지가 전달되고, 다이오드  $D_2$ 를 통해 흐르고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3(b)는 인덕터 전압( $V_L$ ), 전류( $I_L$ ), 포워드 출력( $V_{out}$ ), 부스트 출력( $V_{out2}$ )을 나타낸다. 각각 포워드 출력은 약 14.4[V], 부스트 출력은 약 280[V]로 차량용 LDC가 요구하는 조건을 충족한다고 할 수 있다.

### 4. 결 론

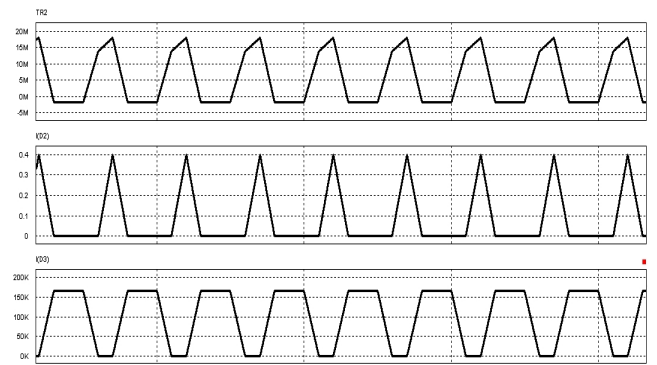
본 논문에서는 하이브리드 전기자동차의 전장시스템 에너지 공급을 위한 보조배터리 충전용 저전압 직류 변환장치(Low voltage DC to DC Converter, LDC)를 제안하였다. 제안하는 LDC는 부스트와 포워드 컨버터 구조를 혼합한 형태로 부스트

컨버터의 입력 인덕터를 변압기로 대체하여 포워드 컨버터와 결합시킴으로서 출력전압의 승·강압 동작을 구현한다. 따라서 차량 시동 시 내연기관을 구동하기 위한 승압모드로 동작하고, 그 외 일반적인 경우는 차량 내 각종 전장부하에 전력을 공급하기 위한 강압모드로 동작된다. 제안된 컨버터의 동작 모드에 따른 이론적 분석을 시행하고 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

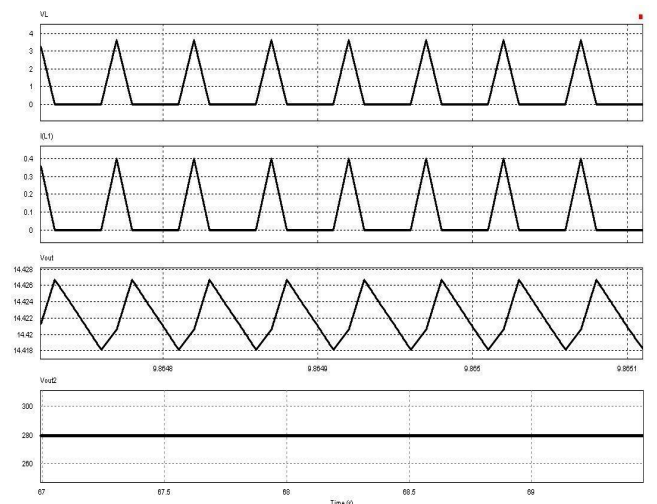
이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2012 006120)

### 참 고 문 헌

- [1] 국창호 외 3인, "GREEN CAR", GoldenBell, 2010.
- [2] 이병국, 김경서, 이영국, 박래관, 허진, 박진호, 이백행, 임성민, 그린카 전기동력 시스템, 전력전자학회 기술보고서, 2010.



(a)



(b)

그림 3 시뮬레이션 결과 (a)  $TR_2$ ,  $ID_2$ ,  $ID_3$ , (b)  $V_L$ ,  $I_L$ ,  $V_{out}$ ,  $V_{out2}$   
Fig. 3 Simulation results, (a)  $TR_2$ ,  $ID_2$ ,  $ID_3$ , (b)  $V_L$ ,  $I_L$ ,  $V_{out}$ ,  $V_{out2}$