

# 입력직렬 Capacitor 전압 밸런싱을 적용한 5kW LDC

김성훈, 엄태호, 김준모, 이정, 원충연  
성균관대학교

## 5kW LDC With Input Series Capacitor Voltage Balancing

Sung Hoon Kim, Tae Ho Eom, Jeong Lee, Jun Mo Kim, Chung Yuen Won  
Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 고전압 입력을 가지는 LDC를 입력직렬 출력병렬형 컨버터로 구성하여 모듈단위의 설계를 하였다. 이러한 형태의 각 모듈의 성분들이 이상적으로 동일하지 않은 단점을 가지고 있기 때문에 변압기의 Lr, 듀티비 D, 스위칭 주파수 fs에 따라서 입력전압의 편차 발생한다. 따라서 입력 전압의 편차를 저감시키기 위해서 입력 전압 밸런싱 제어를 적용하여 각 모듈의 전압을 동일하게 유지하여 출력 전류 제어를 진행 하여 제어방법의 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

전기자동차(Electric Vehicle)의 배터리 용량이 증가되면서 고전압배터리(High Voltage Battery)의 전압이 높은 레벨로 증가되고 있다. 하지만 현재 내부 자동차의 전장부품들은 12~24V의 저전압배터리(Low Voltage Battery)를 입력으로 사용하고 있다. 이에 따라서 전장부품 전원 입력을 위하여 고전압배터리를 입력으로 저전압배터리를 충전해주는 LDC(Low Voltage DC DC Converter)가 요구되고 있다. 본 논문에서는 높은 입력전압의 높은 출력 전류에 적합한 입력직렬 출력병렬형 컨버터(Input series Output Parallel Converter)로 구성하였다. 입력직렬 출력병렬형 컨버터 같은 경우 2모듈의 컨버터를 입력 직렬로 구성하는데 직렬로 구성된 입력 DC Link 커패시터 전압은 각 모듈의 입력 전류량의 차이로 인해 입력 전압의 차이가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 입력 전압 밸런싱 제어기법을 적용하여 5kW급 LDC를 설계 및 제어 하였다.

## 2. 5kW Low Voltage DC-DC Converter

### 2.1 토폴로지구성

표 1 5kW LDC 입출력 파라미터

Table 1 5kW LDC Input-Output Parameter

Input	Vin	740[V]	Iin	6.75[A]
DC-link	VDC1	370[V]	VDC2	370[V]
Output	Vout	27[V]	Iout	185[A]

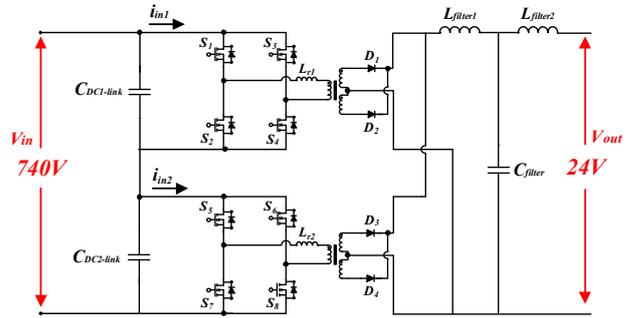


그림 1 5kW LDC 토폴로지 구성

Fig. 1 5kW LDC topology configuration

그림 1은 입력직렬 출력병렬형 컨버터의 구성이다. 입력직렬 출력병렬형 컨버터 같은 경우 표1 처럼 고전압 입력 과 높은 부하전류를 가지는 구성에 가장 적절한 토폴로지다. 입력전압을 2개의 직렬구조의 커패시터를 사용하여 낮춤으로서 변압기 턴비를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.. 이에 따라 변압기의 자화 인덕턴스가 감소되며 다른 기생성분들 또한 감소하여 효율이 증가한다.

### 2.2 전압밸런싱

#### 2.2.1 입력전압 편차 발생

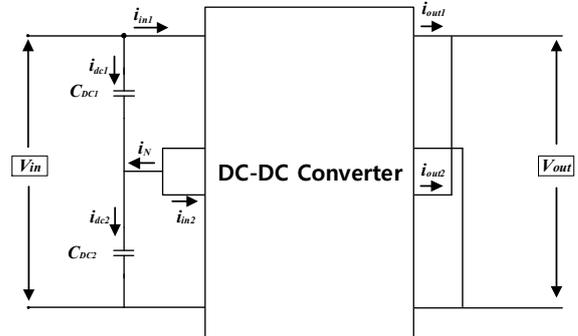


그림 2 직렬분배 전류 흐름

Fig. 2 Input Series structure current flow

두 개의 직렬 구조의 입력 커패시터의 전압은 직렬 구조의 파라미터들이 이상적으로 모두 동일하지 않기 때문에 전압차이가 나타난다. 정상상태일 때 직렬 커패시터의 전압은 수식 2,3로 표현하여 입력전압의 차이는 수식 4으로 나타낸다<sup>[1]</sup>.

$$i_N = i_{in1} - i_{in2} \quad (1)$$

$$V_{DC1} = \frac{V_E}{2} - \frac{i_N}{C_{DC1} + C_{DC2}} T_s \quad (2)$$

$$V_{DC2} = \frac{V_E}{2} + \frac{i_N}{C_{DC1} + C_{DC2}} T_s \quad (3)$$

$$\Delta V_{DC} = V_{DC1} - V_{DC2} = -2 \frac{1}{C_{DC1} + C_{DC2}} i_N \cdot T_s \quad (4)$$

앞서 표현된 전압차는 각 모듈의 입력 전류의 차이에 따라서 발생되는데 수식 5,6으로 표현되며 각 모듈의  $L_r$ ,  $D$ ,  $f_s$ 에 따라서 입력전류 편차가 발생하게 된다. 따라서 출력 전류 상승에 따라 듀티비의 증가로 인해 입력전압의 편차는 점점 증가하게 된다<sup>[1]</sup>.

$$I_{in1} = \frac{(V_{in1} - V_{p1}) \cdot D_1^2 T_1}{L_{r1}} \quad (5)$$

$$I_{in2} = \frac{(V_{in2} - V_{p2}) \cdot D_2^2 T_2}{L_{r2}} \quad (6)$$

### 2.2.2 전압 밸런싱

각 모듈의 입력 전압의 차이 발생 시 듀티비에 따라서 입력 전압 차이는 증가하게 되면 입력 직렬 분배방식의 장점인 전압 분배의 장점을 잃게 된다. 이를 방지하기 위해서 입력전압을 유지하는 제어 방법을 적용하였다.

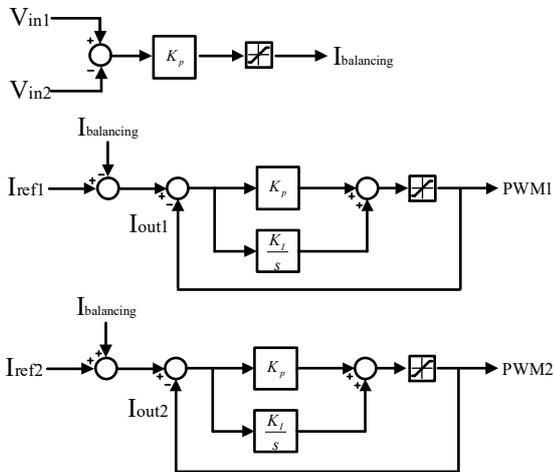


그림 3 5kW LDC 제어블록도  
Fig. 3 5kW LDC control block diagram

입력 전압을 밸런싱 하기위해서 입력전압의 차이를 P제어기를 사용하여 높은 입력 전압을 가지는 모듈은 출력 전류 레퍼런스를 감소시키고 낮은 입력 전압을 가지는 모듈의 출력 전류 레퍼런스를 증가시켜 각 모듈의 출력 전류량을 보상하여 변화 시킴으로서 각 컨버터의 입력 전압을 일정하게 유지하여 저전압 배터리 충전을 위한 전류 제어 블록도를 나타내었다.

### 2.3 실험 및 결과

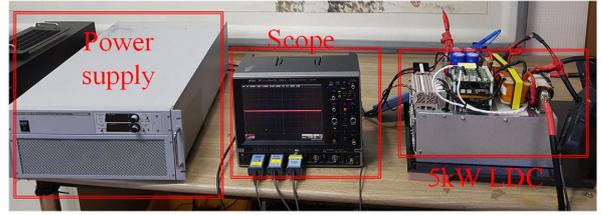


그림 4 5kW LDC 실험 구성  
Fig. 4 5kW LDC test configuration

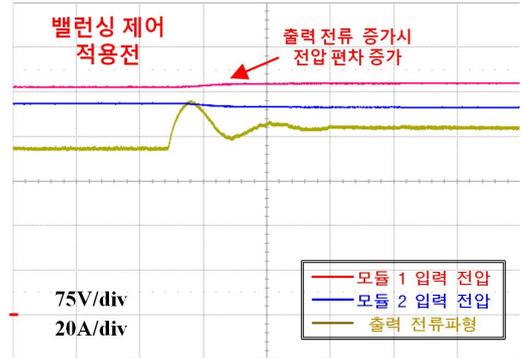


그림 5 출력 상승에 따른 입력전압 편차증가  
Fig. 5 Increased input Voltage deviation due to output rise

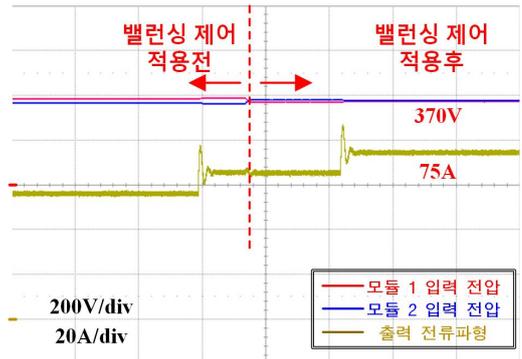


그림 6 밸런싱 제어 적용  
Fig. 6 Applying Balancing Control

그림6는 밸런싱 제어를 출력 전류 상승 과정에 적용하여 실험을 수행하였고 밸런싱 제어를 사용하여 총 출력전류 변동 없이 입력전압 제어를 검증하였다.

### 3. 결론

고전압 입력을 가지는 LDC를 입력 직렬 분배 출력 병렬형 컨버터를 구성하여 입력전압을 감소시켰고 입력전압의 차이를 수식적으로 표현하여 증명하였다. 또한 입력전압의 편차를 감소시키기 위해서 입력전압 밸런싱 제어를 적용하였고 각 출력 레퍼런스의 보상을 통한 밸런싱을 실험을 통해 증명하였다.

### 참고 문헌

[1] Zhao, Peng, Lan Xiao, and Zilong Wang. "Research on a combined input series output parallel DC/DC converter." IECON 2012 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2012.