

이중강압 DC-DC 컨버터를 이용한 새로운 LED 전류 밸런싱 기법

김기수, 도 득 드완, 차현녕, 김흥근
경북대학교

A New Current Balancing Operation for LED using Double-Step-Down DC-DC Converter

Kisu Kim, Tuan Duc Do, Honnyong Cha, Heung Geun Kim
Kyungpook National University

ABSTRACT

This paper presents a new current balancing operation for LED using double step down dc dc converter. The two output currents of the proposed converter can be balanced by charge balance condition although the two output resistances are different. In addition, voltage stresses of the switches of the proposed converter are lower than those of interleaved buck converter. To verify the operation of the proposed converter, simulation program is used.

1. 서 론

최근 조명시장에서 LED의 사용량이 증가하면서 LED를 이용한 컨버터가 여럿이 소개 되고 있다. 그 중 두 개의 출력을 가질 수 있는 인터리브드 벅 컨버터는 산업에서 자주 사용된다. 하지만 이는 두 개의 출력 저항 값이 달라질 경우 일정한 유지가 필요한 두 개의 출력 전류 값이 달라진다. 또한 스위치와 다이오드의 정격전압이 입력 전압과 같다.

본 논문에서는 두 개의 출력을 가지면서 두 개의 출력 저항 값이 달라지더라도 두 개의 출력 전류가 일정하게 유지될 수 있는 회로를 소개한다. 또한 제안된 컨버터의 스위치와 다이오드의 정격전압이 입력 전압보다 작아 인터리브드 벅 컨버터에 비해 비용적인 측면에서 장점을 가진다. 본 논문은 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 컨버터의 타당성을 검증하였다.

2. 본 문

2.1 회로구성 및 분석

제안된 컨버터는 인터리브드 벅 컨버터에서 커패시터 두 개가 추가되어 수정된 회로이다 (그림 1). 제안된 회로의 동작모드는 총 4개이며 주요 파형은 그림 2에 나타나 있다.

모드 1에서는 스위치 1이 켜지며 스위치 2는 꺼진 상태이다. 스위치 2번이 꺼져있기 때문에 인덕터 2의 전류는 다이오드 2를 통해 흐른다. 인덕터 1의 전류는 스위치 1을 지나 커패시터 1과 2에 각각 반반씩 흐른다. 인덕터 1은 입력에 의해 충전되고 인덕터 2는 출력으로 방전된다.

$$i_{C1} = i_{C2} = 0.5i_{L01} \quad (1)$$

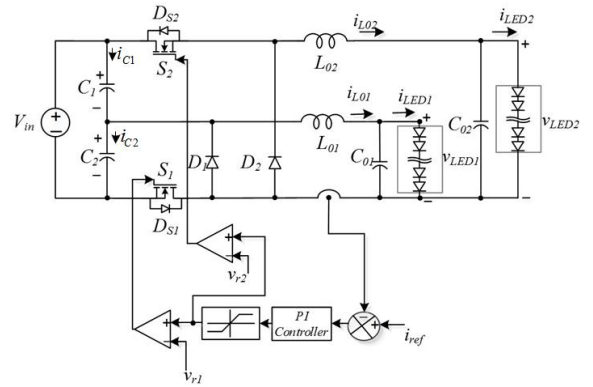


그림 1. 제안된 컨버터의 회로
Fig. 1. Circuit of proposed converter

모드 2에서는 스위치 1과 2 모두 꺼지게 되어 인덕터 1과 2의 전류는 다이오드 1과 2를 통해 흐르게 된다. 그렇기에 인덕터 1과 2는 모두 출력으로 방전 중이며 커패시터에는 전류가 흐르지 않는다.

$$i_{C1} = i_{C2} = 0 \quad (2)$$

모드 3에선 스위치 2가 켜지며 스위치 1은 꺼진 상태이다. 모드 1과는 반대로, 인덕터 1의 전류는 다이오드 1을 통해 흐르며 인덕터 2의 전류는 커패시터 1과 2에 각각 반반씩 흐른다. 즉 인덕터 1은 출력으로 방전되며 인덕터 2는 입력을 통해 충전된다.

$$i_{C1} = i_{C2} = 0.5i_{L02} \quad (3)$$

모드 4는 모드 2와 같은 동작모드를 가진다.

커패시터 1과 2의 전하 밸런스 조건을 통해 인덕터 1과 2의 전류의 관계를 구할 수 있다.

$$0.5i_{L01} \times DT_s = 0.5i_{L02} \times DT_s \quad (4)$$

$$i_{L01} = i_{L02} \quad (5)$$

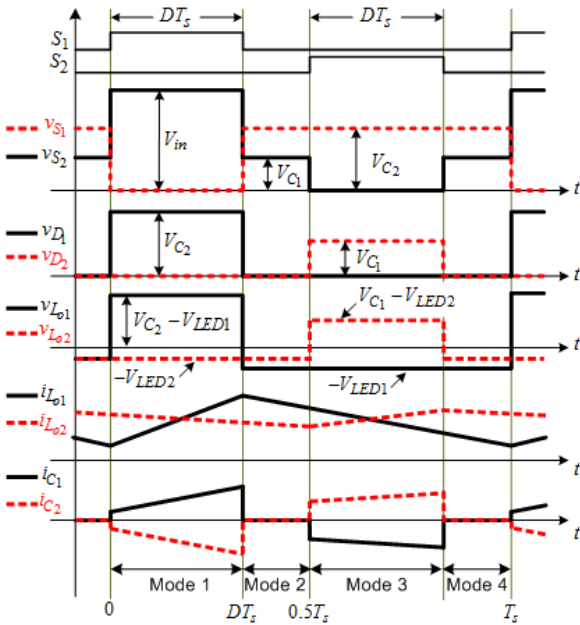


그림 2. 커패시터 전류
Fig. 2. Capacitor current

즉 추가되어진 두 개의 커패시터의 전하 밸런스 조건에 의해 두 개의 출력 저항의 차이에 관계없이 두 개의 인덕터 전류는 같은 값을 유지할 수 있다. 인덕터 전류와 출력 전류의 평균값은 같기 때문에 출력 전류 또한 출력 저항의 차이에 관계없이 밸런스가 가능한 것을 알 수 있다. 출력 전류의 크기는 PI제어기를 통해 제어된다^[1]. D_2 와 S_1, D_1 의 정격전압은 각각 커패시터 1과 2의 값에 의해 결정되며 S_2 의 정격전압은 입력 전압과 같다.

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 프로그램(PSIM)을 이용하여 그림 3과 같은 결과를 도출하였다. 표 1에 표기한 사양에 맞추어 시뮬레이션이 진행되었다.

표 1 제안된 컨버터의 파라미터 사양
Table 1 Electrical specifications of the proposed converter

입력 전압	450 V
출력 전류	0.15 A
출력 저항 (R_{o1}, R_{o2})	700 Ω , 467 Ω
인덕터 (L_{o1}, L_{o2})	50 mH
커패시터 (C_1, C_2)	5 μ F

그림 3을 통해 커패시터 C_1, C_2 의 전하 밸런스 조건을 만족하는 것을 볼 수 있다. 또한 두 개의 출력 저항이 서로 다르더라도 두개의 출력 전류가 0.15로 유지되는 것이 시뮬레이션 결과에 나타나 있다. 출력 전류의 밸런스를 위해 입력 커패시터 전압이 불균형이 된다. 추가적으로 그림 3에는 스위치와 다이오드의 전압을 나타내고 있다.

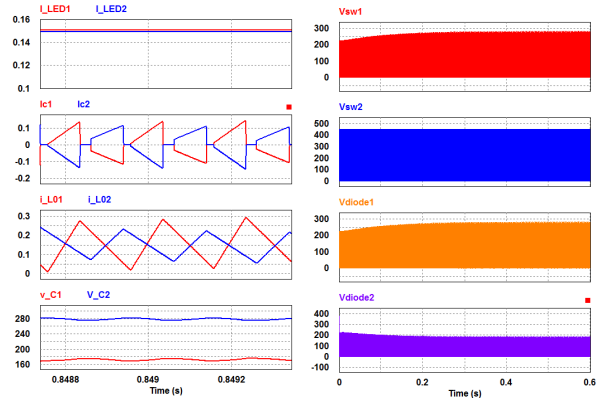


그림 3. PSIM 시뮬레이션의 주요 결과 파형
Fig. 3. Key waveforms of PSIM simulation

3. 결론

제안된 컨버터는 추가적인 피드백회로 없이 두 개의 출력 전류의 밸런스를 유지하는 것이 가능하다. 또한 제안된 컨버터의 스위치와 다이오드의 정격전압이 인터리브드 벅 컨버터보다 작다. 그렇기에 효율 및 비용 면에서도 충분한 장점을 가지고 있다. 제안된 컨버터는 두 개의 출력 혹은 두 개 이상의 출력이 필요한 LED회로에 유용하게 이용될 수 있다.

이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF 2016R1D1A1B03934577)

참고 문헌

- [1] T. Yi, L. Poh Chiang, W. Peng, C. Fook Hoong, and G. Feng, "Exploring inherent damping characteristic of LCL filters for three phase gridconnected voltage source inverters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 3, pp. 1433-1443, Mar. 2012.