

# 커패시터 전류 평형 컨버터를 이용한 다출력 LED조명 구동

한재현<sup>+</sup>, 정영국<sup>\*</sup>, 임영철<sup>\*\*</sup>, 홍승표<sup>\*\*</sup>  
 LG이노텍<sup>+</sup>, 대불대학교<sup>\*</sup>, 전남대학교<sup>\*\*</sup>

## Multi LED Lighting Using Capacitor Current Balanced Converter

Jae-Hyun Han<sup>+</sup>, Young-Gook Jung<sup>\*</sup>, Young-Cheol Lim<sup>\*\*</sup>, Seung-Pyo Hong<sup>\*\*</sup>  
<sup>+</sup>LG Innotek Co. Ltd, <sup>\*</sup>Daebul University, <sup>\*\*</sup>Chonnam National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 다중의 LED조명용 부하를 동시에 구동하기 위하여 필요한 강압 또는 승압용 컨버터를 대신하여, 장 수명에 유리하며 다채널 정전류 제어가 가능한 커패시터 전류평형 컨버터를 설계하고 실험 검증하였다

### 1. 서론

최근 조명등에 많이 사용되는 LED(Light Emitting Diode)는 소형 경량화에 유리하며 소비전력이 낮고 수명이 길어 백열전구, 형광등과 같은 기존 조명광원을 급속하게 대체하고 있다. LED는 다이오드와 유사하게 포워드 전압에서만 전류가 흐르며 높은 광 출력을 위해 직렬(Array)과 병렬(String)구조로 구성할 수 있다. 높은 출력을 위해 사용되는 병렬구조에서는 동일한 출력 특성을 가지는 LED로 구성해야 되는데 이는 각각의 LED편차(+/- 5% to +/- 10%)와 온습도와 같은 환경변화에 따라 전압전류 특성 변화가 발생하기 때문이다<sup>[1]</sup>.

본 논문에서는 다중의 LED조명용 부하를 동시에 구동하기 위하여 필요한 강압 또는 승압용 컨버터를 대체하여, 장 수명에 유리하며 다채널 정전류 제어가 가능한 커패시터 전류평형 컨버터를 설계하고 실험 검증하고자한다.

### 2. 본론

#### 2.1 LED조명 구동용 컨버터

그림 1은 종전의 다출력 LED조명에 많이 사용되는 방식을 나타낸다. 전체 시스템은 AC입력 전원부, 역률 개선을 위한 PFC구동부, PFC입력을 받아서 LED출력전압을 형성하는 DC/DC 컨버터부 그리고 각각 LED부하의 정전류 제어를 위한 LED 드라이버 블록으로 구성되어 있다. DC/DC컨버터의 경우, 일반적으로 Flyback 또는 LLC공진형 컨버터가 많이 사용되고 있다.

그림 2의 벡(Buck) 컨버터와 부스트(Boost) 컨버터는 출력단의 LED드라이버에서 많이 사용되고 있는 방식이다. 벡 컨버터는 입력전압보다 LED전압이 낮을 경우 사용되며, 스위칭의 듀티비는 최대 85%를 넘지 않도록 설계해야 한다. MOSFET의 턴온 오프 동작에 의한 인덕터 전류의 충방전으로 인하여 출력전압이 형성된다<sup>[2]</sup>. 부스트 컨버터는 입력전압보다 LED전압이 높을 경우 사용되며 이 방법은 90%이상의 고효율 구동이

가능하며 입력단 인덕터 필터효과에 의해 EMI효과에 유리하다.

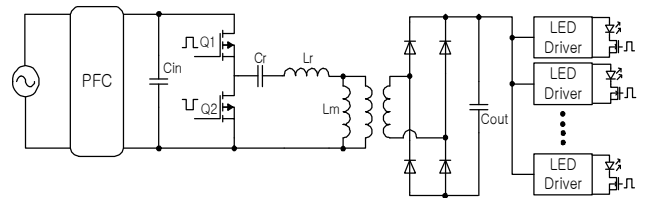


그림 1 일반적인 LED조명 구동 회로  
 Fig. 1 A standard circuit for a LED driving

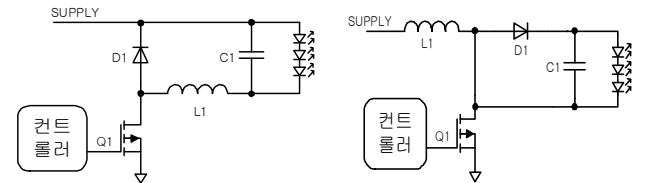


그림 2 LED구동 벡-컨버터(좌)와 부스트-컨버터(우)  
 Fig. 2 Buck and Boost Converter for LED Application

#### 2.2 제안된 커패시터 전류 평형 컨버터

본 연구에서는 다출력 전력변환 효율을 극대화하기 위하여 DC/DC단을 LLC공진형 컨버터로 구현하였다. 2차 측은 스위칭 레귤레이터 대신하여 DC블로킹 커패시터와 클램핑 다이오드 그리고 전류제어 변압기를 적용하였다.

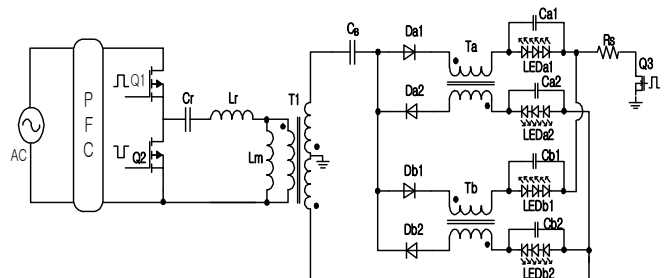


그림 3 커패시터 전류평형 LED드라이버  
 Fig. 3 Capacitor current balanced LED driver

그림 3의 블로킹 커패시터  $C_B$ 는 AC신호만 도통되는 소자로 교류신호의 처음 반주기 동안은 LEDa와 LEDb의 블로킹 편차 전압( $\Delta V$ )을 보상하여 높은 전압의 채널을 구동하게 된다. 다른 반주기 동안은 편차전압을 보상하여 낮은 전압의 LED채널을 구동하게 된다. 다시 말해서 LEDa와 LEDb 블록간의 전류

평형 역할을 한다. 블록내 변압기 Ta의 경우 LEDa1과 LEDa2의 역상으로 구성되어 LEDa1과 LEDa2에 흐르는 전류를 제어하게 된다. 또한 변압기 턴비에 의하여 LED채널에 흐르게 전류의 크기를 서로 다르게 제어할 수 있어서 요구 전류가 다른 여러 LED조명의 동시 구동을 가능케 할 수 있다.

그림 4는 2차측 출력부를 간략화한 등가회로로 1차측의 공진형 변압기는 2차측으로 환산되며 여기에서  $L_{k1}$ 과  $L_{k2}$ 는 1차측과 2차측의 누설인덕턴스 값이다.  $L_m$ 은 상호인덕턴스이며  $R_{LED}$ 는 LED의 등가저항으로 표현하였다.

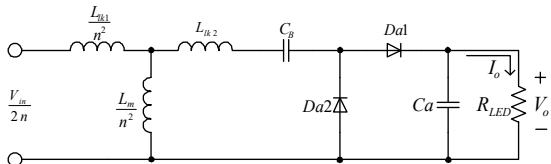


그림 4 LED드라이버의 등가회로  
Fig. 4 Equivalent circuit of LED Driver

그림 5는 Q1이 턴온되어 있는 동안 구동회로 공진전류는 오직  $C_B$ 을 통해서 흐르며,  $R_{LED}$ 의 부하전류는 커패시터 Ca에 의해 공급받게 된다.

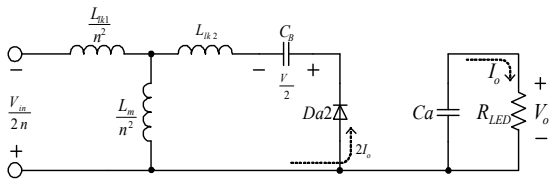


그림 5 Q1 턴온 조건에서의 LED 구동  
Fig. 5 LED Driver in case that Q1 MOSFET is turned On

그림 6은 Q2가 턴온 되었을 경우로  $C_B$ 에 충전되어 있던 전압에 의해  $R_{LED}$ 로 전류를 공급하게 된다. 이 때 부하의 전압과 전류는  $V_o/2$ 와  $2I_o$ 가 되어 그림7과 같이  $R_{LED}/4$ 와 같이 정의할 수 있다. 그림9는 보다 간략화된 입출력 이득에 관한 등가회로로 수식1과 같이 표현되며 이를 통해 공진 컨버터의 주파수에 따른 출력 이득을 얻을 수 있다.

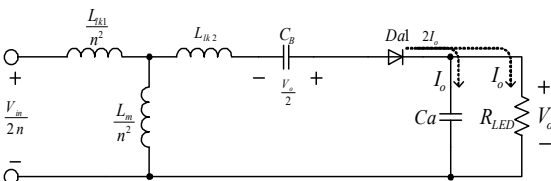


그림 6 Q2 턴온 조건에서의 LED구동  
Fig. 6 LED Driver in case that Q2 MOSFET is turned On

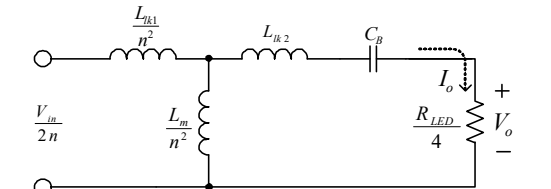


그림 7 간소화된 등가회로  
Fig. 7 Simplified model of the LED Driver

$$V_o = \frac{L_m}{L_m + L_{ik}} \times \frac{V_{in}}{2n} \times 2 \times \frac{R_{LED}}{4} \sqrt{\left(\omega \frac{L_c}{n^2} - \frac{1}{\omega C_B}\right)^2 + \left(\frac{R_{LED}}{4}\right)^2} \quad (1)$$

### 3. 실험 및 평가

실험은 120W급 LED조명 구동용 컨버터를 목표로 하였으며, 기존 형광등 대체용인 LED튜브 125V, 200mA부하 4채널 병렬 구조를 적용하였다. 그림 8과 그림 9의 실험파형으로 알 수 있듯이 출력전압과 전류는 직류구동을 하고 있으며, PWM 10%의 최소 휘도제어 조건에서도 구동이 잘되고 있음을 확인할 수 있다.

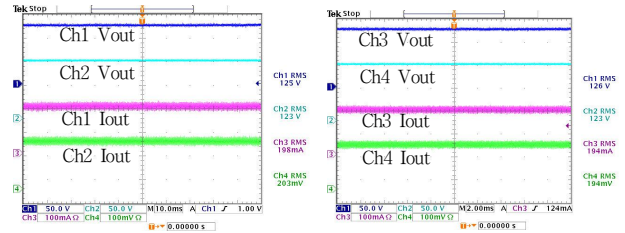


그림 8 100% 휘도조건의 출력 전압전류 파형  
Fig. 8 Output voltage-current waveform at 100% PWM

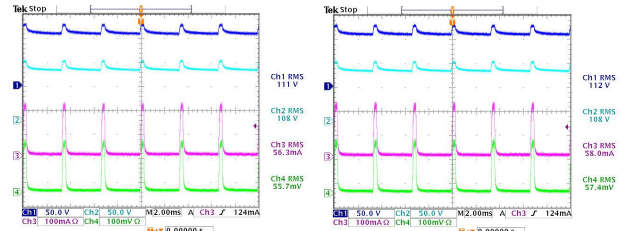


그림 9 10% 휘도조건의 출력 전압전류 파형  
Fig. 9 Output voltage-current waveform at 10% PWM

### 4. 결론

본 논문에서는 다중의 LED조명용 부하를 동시에 구동하면서 정전류 제어가 가능한 커패시터 전류평형 컨버터 회로를 설계하고 실험적하였다 제안된 회로는 구동 IC, 다이오드, MOSFET, 전해 커패시터 등 LED구동에 필요한 여러 소자의 사용을 줄임으로써 가격 경쟁력을 높일 수 있는 장점을 가진다. 또한 전해 커패시터의 사용은 황산재질의 전해액의 자연적 증발과 고온에 의한 축진 증발로 제품의 수명에 직접적인 영향을 주어서 LED부하의 반영구적 수명에 치명적인 영향을 끼치게 된다 제안된 커패시터 전류평형 회로는 낮은 커패시터 값 적용( $\mu\text{F}$  이하)이 가능하며 LED부하와 서로 모듈화 된다면 반영구적인 수명을 기대할 수 있다

이 논문은 LG이노텍 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 유수엽, 엄기홍, 김형준, “고효율 가변 전력 LED조명기기 Driver 개발”, 한국조명전기설비학회 춘계학술대회, 2009, pp.28 31
- [2] Sung Soo Hong, “A New Cost Effective Current Balancing Multi Channel LED Driver for a Large Screen LCD Backlight Units”, JPE Vol.10, No.4, pp.351 356, 2010.