

중간 탭 공진 변압기를 이용한 다중 LED조명 드라이버 설계

한재현⁺, 정영국^{*}, 엄준현^{**}, 임영철^{**}
 LG이노텍⁺, 대불대학교^{*}, 전남대학교^{**}

A Design of Multiple LED Lights Driver Using a Center Tapped Resonant Transformer

Jae-Hyun Han⁺, Young-Gook Jung^{*}, Jun-Hyun Eom^{**}, Young-Cheol Lim^{**}
⁺LG Innotek Co. Ltd., ^{*}Daebul University, ^{**}Chonnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 LED조명용 다중 부하를 동시에 구동하기 위한 강압 또는 승압용 컨버터를 대신하여, 장 수명에 유리하며 다채널 정전류 제어가 가능한 중간 탭 공진 변압기를 이용한 LED조명 드라이버를 설계하고 실험으로 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.

본 연구에서는 전압이 서로 다른 여러 개의 병렬부하 조건에서 별도의 PWM컨버터 없이 정전류 제어와 휘도제어가 가능한 컨버터를 설계하고 실험으로 입증하였다.

2. 본론

2.1 LED조명 구동용 컨버터

그림 1은 중전의 대출력 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.^[1]

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.^[2] 부스트 컨버터는 입력전압보다 LED전압이 높을 경우 사용되며 이 방법은 90%이상의 고효율 구동이 가능하며 입력 단 인덕터 필터효과에 의해 EMI 개선 효과에

유리하다.

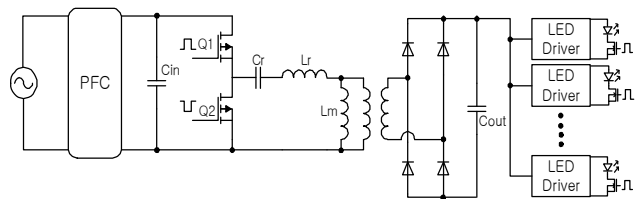


그림 1 일반적인 LED조명 구동 회로
 Fig. 1 A standard circuit for a LED driving

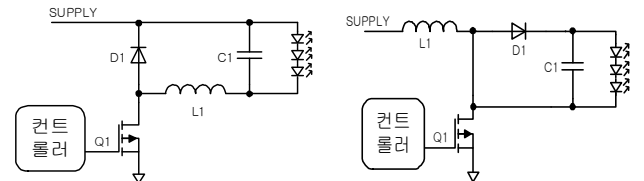


그림 2 LED구동 벡-컨버터(좌)와 부스트-컨버터(우)
 Fig. 2 Buck and Boost Converter for LED Application

2.2 제안된 전류평형 다중 LED조명구동 컨버터

그림 3은 제안된 전류평형 컨버터를 나타내고 있다. 컨버터의 2차측은 스위칭 레귤레이터를 대신하여 DC블로킹 커패시터와 클램핑 다이오드 그리고 정전류 제어용 변압기를 적용하였다.

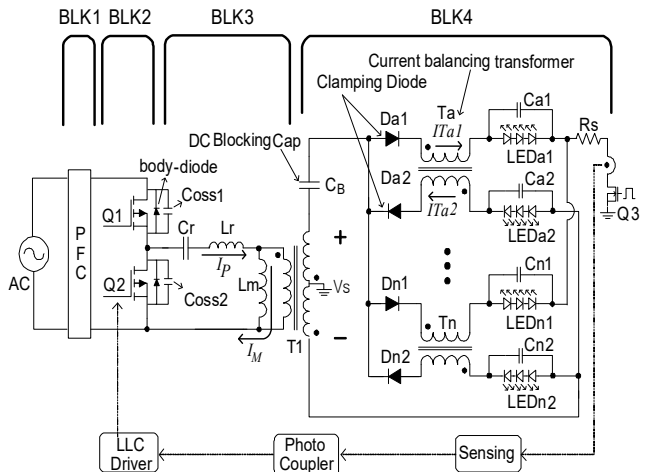


그림 3 제안된 전류평형 컨버터
 Fig. 3 The proposed current balancing converter

BLK1 : 90V~264V까지의 넓은 AC전압을 입력으로 높은 역률을 구현하기 위한 PFC블록이다.

BLK2 : PFC출력전압 380Vdc를 입력으로 50% 듀티비로 스위치Q1과 Q2를 교번으로 스위칭하여 구형파를 발생한다.

BLK3 : Q1과 Q2에 의한 구형파 입력전압을 통해 준사인파의 전류를 생성하는 역할을 한다.

BLK4 : 이 블록의 저항(RS)은 LED조명 부하에 흐르는 전류 센싱 및 전류제한 용도로 사용된다. LED는 직류구동 소자로 Da1(Dn1)과 Da2(Dn2) 다이오드에 의해 전과 정류되어 LED부하에 DC전압을 인가한다. 커패시터 CB는 교류신호만 도통시키는 역할을 한다. 정상 평형조건에서 한 주기(Ts)동안 커패시터의 전압의 총 변화량은 Zero이어야 하며 이를 도식화하면 식(1)과 같다. 이를 토대로 식(2)와 같이 전류의 적분 값이 0임을 확인할 수 있으며, 이는 커패시터 전류평형의 기본원리가 된다.

$$V_c(t + T_s) - V_c(t) = \frac{1}{C} \int_t^{t+T_s} i_c(t) dt \quad (1)$$

$$0 = \frac{1}{T_s} \int_t^{t+T_s} i_c(t) dt \quad (2)$$

블록 내 정전류 제어용 변압기 Ta(Tn)는 N1·I1 = N2·I2에 의해 1:1의 동일한 권선비를 사용하여 LEDa1(LEDn1)과 LEDa2(LEDn2)에 동일한 전류가 흐르게 한다.

그림 5와 같이 변압기 Ta에 인가되는 전류는 식(3)과 같다.

$$i_{Ta1} = i_{Ta2} = i_{LED} \quad (3)$$

한편 중간 탭 공진변압기 2차측 전압 Vs는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$V_s = \frac{1}{2} (-v_{CB} - v_{Da1} - v_{Ta1} + v_{LEDa1} + v_{RS}) \\ = v_{CB} + v_{Da2} + v_{Ta2} + v_{LEDa2} \quad (4)$$

3. 실험

실험은 140W급 LED조명 구동용 컨버터를 목표로 하였으며, 기존 형광등 대체용인 튜브 LED조명 (95V, 300mA) 부하 2개와 평판LED 조명(120V, 300mA) 2개를 포함하여 전체 4채널 병렬 부하를 적용하였다. 그림 4는 LED구동을 위한 실험구성이다.

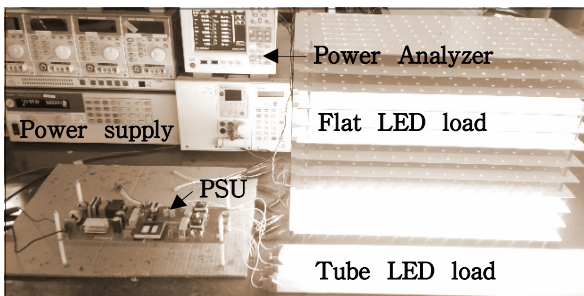


그림 4 제안된 컨버터의 LED부하 구동
Fig. 4 LED operation of the proposed converter

그림 5는 초기점등 및 소등 시 LED부하의 출력 전압과 전류파형의 과도상태를 나타내고 있다. 두 경우 피크 전압과 전류의 영향 없이 소프트 구동이 되고 있음을 확인할 수 있다.

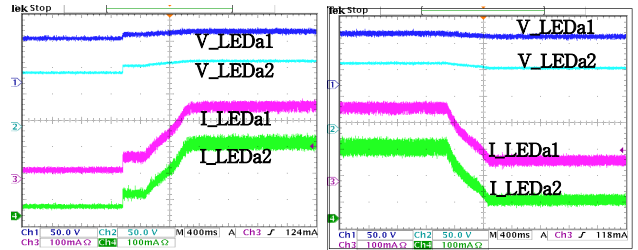


그림 5 컨버터의 턴온(좌)과 턴오프시(우)의 LED 전압전류 파형
Fig. 5 LED voltage and current in case that the converter is turned on and off

그림 6은 휘도제어 최대(100%), 최소(10%) 조건에서의 출력 전압과 출력 전류 파형을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 휘도 조건에 무관하게 정전류 제어 및 LED가 직류구동이 가능함을 알 수 있다.

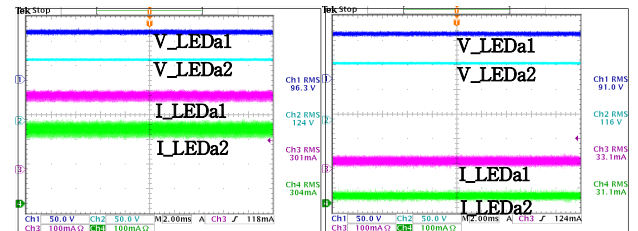


그림 6 최대(좌), 최소(우)휘도조건에서의 출력전압과 출력전류 파형
Fig. 6 Output voltage-current waveform under 100%, 10% brightness condition

4. 결론

본 연구에서는 서로 다른 출력전압(Vf) 특성을 가진 여러 개의 LED조명 부하에서 별도의 PWM 컨버터 없이 정전류 구동과 휘도제어가 가능한 컨버터를 설계하고 실험으로 검증하였다. 제안된 컨버터는 입력기준 약 140W급이며, 상용성을 높이기 위해서, 넓은 입력전원(90~264Vac) 구동과 높은 역률이 가능하도록 입력 단에 PFC회로를 별도로 적용하였다 또한 DC/DC블록에는 대출력 변환효율을 극대화하기 위해서 LLC공진형 컨버터를 적용하였다.

본 연구는 전남대학교 전기공학과 BK플러스사업으로 수행된 결과이며, LG이노텍 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Shrivastava, A., and Singh, B., "LLC Series Resonant Converter Based LED Lamp Driver with ZVS," in Proc. Power India Conference, 2012, pp 1-5.
- [2] Tak Jun Oh, Cho, A, Seok Lip Ki, and In Chul Hwang, "A Low Power and Low Cost Digitally Controlled Boost LED Driver IC for Backlights," in Proc. Solid State Circuits Conference (A SSCC), 2012, pp 237-240.