

필터커패시터 용량을 최소화한 LED 조명용 PFC AC/DC 컨버터

박해영, 김학수, 노의철, 김인동, 김흥근*, 전태원**
 부경대학교, 경북대학교*, 울산대학교**

PFC AC/DC Converter for LED Driver with Minimized Filter Capacitor

H.Y. Park, H.S. Kim, E.C. Nho, I.D. Kim, H.G. Kim*, T.W. Chun**
 Pukyong National Univ., Kyungpook National Univ.*, Univ. of Ulsan**

ABSTRACT

This paper describes a control method to minimize the filter capacitor of a PFC AC/DC converter for LED driver. The rectified secondary voltage of the transformer has 120Hz ripple unlike the conventional converter for the LED drive. Therefore, the filter capacitor can be minimized and this provides reduced cost, low switching loss, and long life of the converter.

1. 서 론

LED 소자의 수명은 길지만 LED 조명 시스템의 수명을 결정하는 것은 전원장치이다. 왜냐하면 직류필터를 목적으로 사용하는 전해커패시터의 수명이 제한적이기 때문이다. 장수명화를 달성하기 위해서는 근본적으로 전해커패시터를 없애고 필름 커패시터를 사용해야 한다. 하지만, 이러한 경우에는 가격상승의 요인이 발생한다. 따라서 필터커패시터의 용량을 최소화 하면서 고역률 및 출력성능을 확보할 수 있는 전력변환 제어기법을 제안하고자 한다.

2. LED 조명용 전원장치

2.1 전류 및 전압제어형 컨버터

LED 조명 시스템의 경우 AC를 DC로 바꾸어 주는 정류부, DC전원을 원하는 크기로 바꾸어 주는 DC/DC 컨버터 부로 구성된다. DC/DC 컨버터의 경우 PWM 전력변환 방식을 주로 사용하며 제어하고자 하는 대상에 따라 그림 1과 같은 정전류 제어 방식의 AC/DC 컨버터와 그림 2와 같은 정전압 방식의 컨버터로 구분된다.^[1]

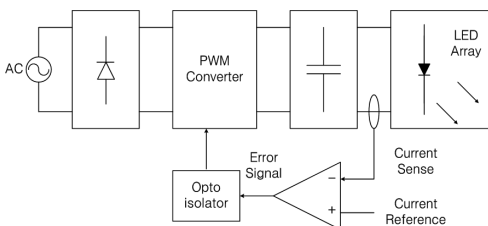


그림 1 전류제어형 AC/DC 컨버터
 Fig. 1 Current controlled AC/DC converter

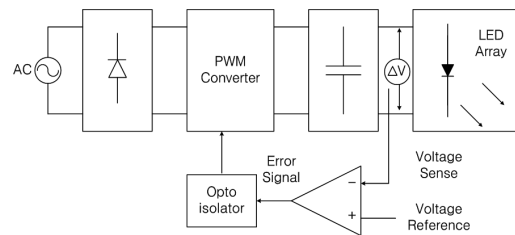


그림 2 전압제어형 AC/DC 컨버터
 Fig. 2 Voltage controlled AC/DC converter

LED 조명 시스템은 정전류 제어 및 정전압 제어 모두 부하에 공급하는 전압 또는 전류의 조절이 가능하다. LED 출력인 광속은 전류에 비례하기 때문에 전류가 변화하면 광속이 변하게 된다. 정전압 방식의 경우는 LED의 광속이 온도에 따라 변화할 수 있는 문제가 존재한다.^[2]

2.2 PFC Flyback-Buck 컨버터

그림 3은 본 논문에서 사용한 Flyback 컨버터와 Buck 컨버터가 결합된 방식의 전원장치로 크게 2단으로 구성된다. 입력 교류 측의 PFC와 절연을 담당하는 부분과 직류 출력전압을 24[V]로 안정화시키는 전압 안정화 회로의 부분으로 나누어진다. PFC Flyback 컨버터의 경우 1차측 전압을 변압기와 듀티비를 이용하여 강압하며 교류 입력전류의 위상을 전압과 동상이 되도록 한다. Flyback 컨버터는 동작이 Buck-Boost 컨버터와 동일하여 기존의 PFC Control IC를 이용하여 PFC와 DC/DC 컨버터를 제어할 수 있다. 따라서 PFC 회로의 추가없이 PFC가 가능하여 가격과 효율 측면에서 장점이 있다. 출력단 Buck 컨버터의 출력 제어는 정전류 제어를 하고 조광제어를 위한 추가 회로 구성으로 출력전류 값을 제어하는 Analog Dimming이 가능하다.

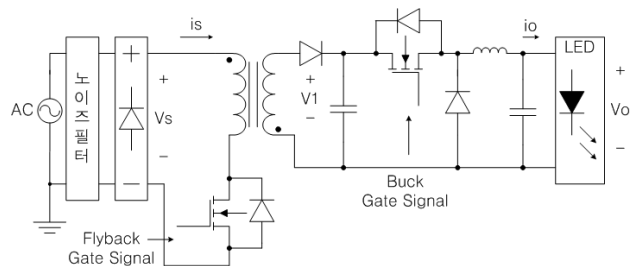


그림 3 PFC Flyback-Buck 컨버터
 Fig. 3 PFC Flyback-Buck converter

3. 시뮬레이션

PFC의 스위칭 주파수는 40kHz, PFC 입력단 전압은 220[VAC]로 하였다. PFC에 의해 교류 입력단 전류 i_s 의 기본과 성분의 위상과 전원전압 V_s 의 위상은 그림 4와 같이 거의 일치한다. 그림 5로부터 역률이 0.99이상임을 알 수 있고, 그림 6은 i_s 의 확대파형이다. 입력전류를 분석해 보면 다음과 같다.

$$I_s = \frac{P_o}{V_s \times \eta \times PF} \quad (1)$$

$$= \frac{100W}{220 \times 0.92 \times 0.99}$$

$$= 0.49 A$$

그림 5의 입력전류 i_s 의 기본과 실효값은 0.47[A]임을 알 수 있는데 이것은 위에서 계산한 0.49[A]보다 더 작다. 이러한 이유는 시뮬레이션에서는 손실 없이 효율을 100%로 분석하였기 때문이다. 출력전압은 직류 24[V]이고 전압강하와 동시에 입력과 출력을 전기적으로 절연시키기 위하여 강압용 변압기를 사용하였다. 그림 7은 강압용 변압기 2차측 전압을 정류한 파형 V1을 나타낸다. 기존의 일반적으로 사용되는 PFC 전원장치의 전압은 리플성분이 거의 없는 평활한 파형인데 본 논문에서 제안하는 방식은 어느 정도의 리플성분을 포함한다. 이렇게 함으로써 V1을 위한 직류 커패시터의 용량을 최소화할 수 있고, 최소화된 커패시터는 비용 및 수명 측면에서 유리하다. 또 PFC의 스위칭 소자의 정격을 최소화하고 전력변환 회로의 손실을 줄여서 효율을 높일 수 있고 가격도 저렴해진다. Buck 컨버터는 그림 7과 같이 리플성분을 포함하고 있는 직류전원을 24[V]로 안정화하는 기능을 하고, 그림 8은 출력전압 V_o 를 나타낸다. 제어기는 PI 제어기로 구성하였으며 리플전압에 의한 영향을 최소화하기 위해 Feedforward 제어기법을 사용하였다.

4. 결론

본 논문에서는 필터커패시터를 최소화하는 LED 조명용 PFC AC/DC 컨버터에 대한 기법을 제안하였다. 제안한 방법으로 직류 링크단을 구성하는 직류 커패시터의 용량을 최소화하였다. 최소화된 커패시터로 비용을 저감하고 전력변환 회로의 스위칭 손실을 줄여서 효율을 향상시킬 수 있으며 필름커패시터로 대체하여 장수명화를 이룰 수 있다.

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 (과제번호: 10037416, 해양 LED 융합기술지원 기반구축 및 상용화 기술 개발)으로 지원된 연구임

참고 문헌

- [1] 이상훈, 김준형, 이일훈, 홍영근, 김진욱, 오동성, 김종선, “조명용 LED Power 기술동향”, 전력전자학회 하계학술대회 논문집 2009. 7, pp. 197-200.
- [2] 한수빈, 박석인, 정학근, 송유진, 정봉만, “LED driver에서의 정전류 및 정전압 제어의 비교 연구”, 전력전자학회 학술대회 논문집 2010. 7, pp. 83-84.

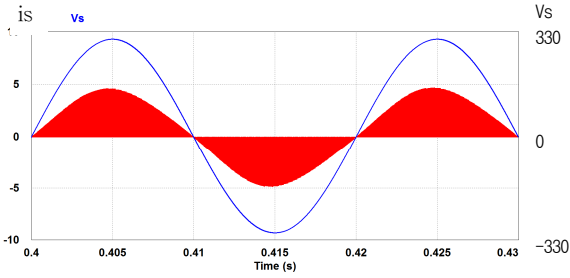


그림 4 입력전압 V_s 와 입력전류 i_s
Fig. 4 Input voltage V_s and input current i_s

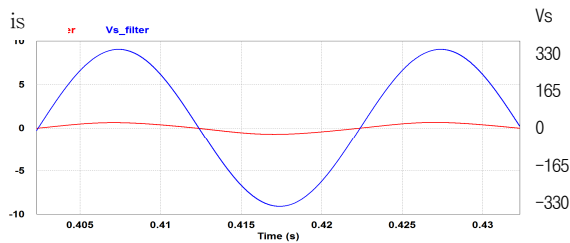


그림 5 V_s 와 i_s 의 기본파
Fig. 5 V_s and i_s fundamental waveform

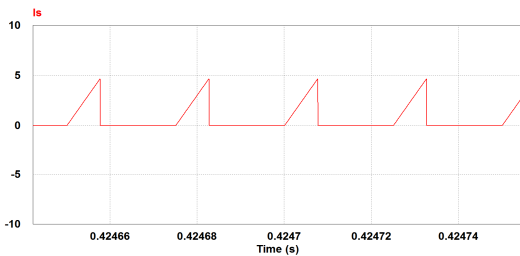


그림 6 i_s 의 확대파형
Fig. 6 Expanded waveform of i_s

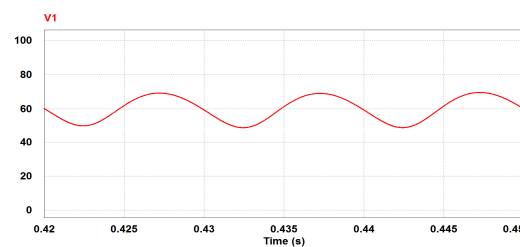


그림 7 변압기 2차측 전압 V1
Fig. 7 Secondary voltage V1 of transformer

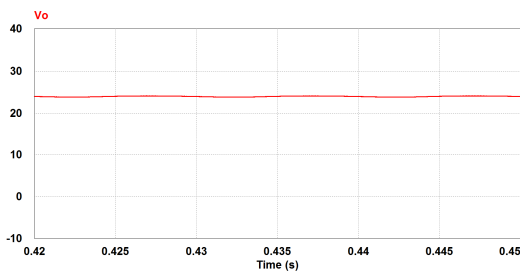


그림 8 V_o 의 파형
Fig. 8 Waveform of V_o