

필터커패시터 용량을 최소화한 100W급 조명용 LED 구동 AC/DC 컨버터

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

AC/DC Converter for 100W Rated LED Driver with Minimized Filter Capacitor

H.Y. Park, J.H. Jung, 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 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 50,000시간(5.7년)으로 매우 길지만 LED 조명 전체의 시스템 측면에서 수명을 결정하는 것은 바로 전원장치이다. 왜냐하면 직류필터를 목적으로 사용하는 전해커패시터의 수명이 2,000 10,000시간으로 제한적이기 때문이다. 따라서 장수명화를 달성하기 위해서는 근본적으로 전해커패시터를 없애거나 아니면 필름커패시터를 사용하도록 해야 하는데 이러한 경우 가격상승의 요인이 발생한다. 따라서 필터커패시터의 용량을 최소화 하면서 출력성능을 확보할 수 있는 전력변환 제어기법을 제안하고자 한다.

2. LED 조명용 전원장치

2.1 기존의 직류 전원장치

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

LED 조명 시스템은 입력전압의 변동 및 부하의 변동에 대해서 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]

그림 1의 1단 구조의 PFC Flyback 컨버터는 저가로 회로를 구현할 수 있고 고역률 및 85[%] 이상의 효율을 발휘할 수 있으나 120[Hz] 리플성분이 출력단에 나타나는 문제가 있다.^[3]

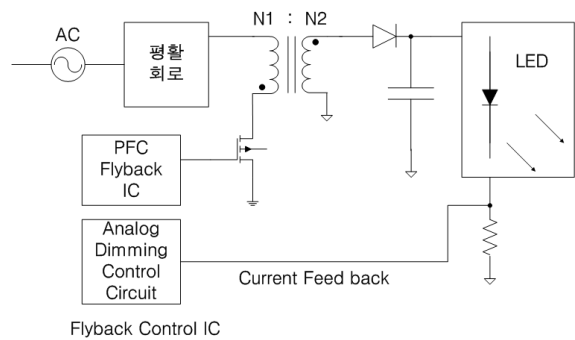


그림 1 1단 구조의 PFC-Flyback 컨버터 (정전류원)
Fig.1 Single stage PFC-Flyback converter (constant current source)

2.2 PFC Flyback-Buck 컨버터

그림 2는 본 논문에서 사용한 Flyback 컨버터와 Buck 컨버터가 결합된 방식의 전원장치로 크게 2단으로 구성되는데 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. 또한 Flyback 컨버터는 1차측의 동작이 Buck Boost 컨버터와 동일하여 기존의 PFC Control IC를 이용하여 PFC와 DC/DC 컨버터를 제어할 수 있다. 이는 따로 PFC 회로의 추가없이 PFC 기능을 수행할 수 있어 가격적으로나 컨버터 효율에 장점이 있다. 출력단 Buck 컨버터의 출력 제어는 정전류 제어를 함으로써 정전류원 구동이 가능하며 조광 제어를 위한 추가 회로 구성으로 출력전류 값을 제어하는 Analog Dimming이 가능하다.

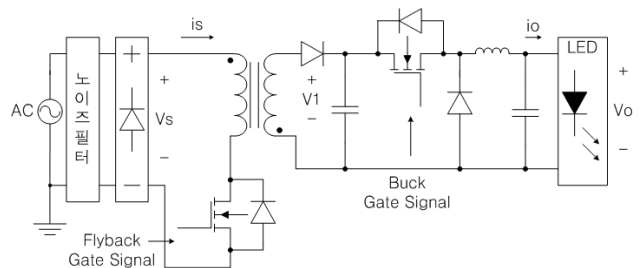


그림 2 PFC Flyback-Buck 컨버터
Fig. 2 PFC Flyback-Buck converter

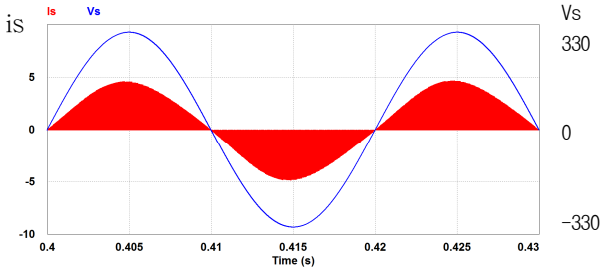


그림 3 입력전압 V_s 와 입력전류 i_s
Fig. 3 Input voltage V_s and input current i_s

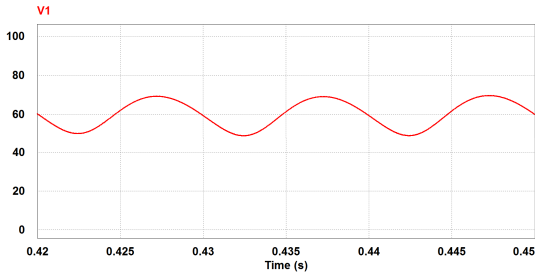


그림 4 변압기 2차측 전압 파형 V1
Fig. 4 Secondary voltage waveform V1 of transformer

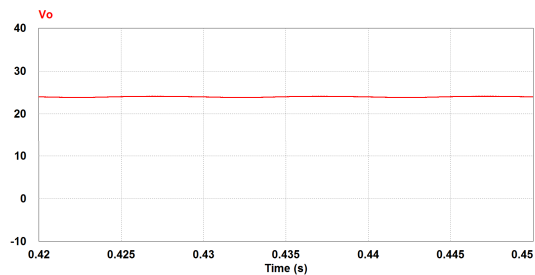


그림 5 V_o 의 시뮬레이션 파형
Fig. 5 Simulation waveform of V_o

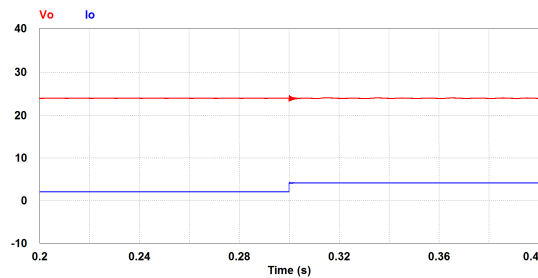


그림 6 부하급변시 출력전압 파형 (50W → 100W)
Fig.6 Output voltage at abrupt load change (50W→100W)

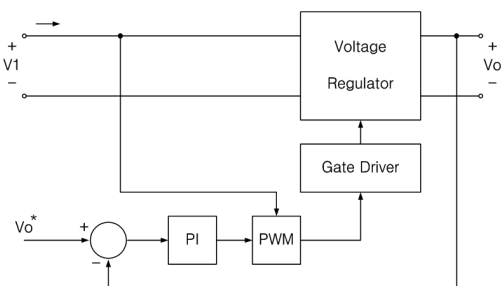


그림 7 VR 제어기
Fig. 7 VR controller

3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 PSim으로 하였으며 PFC의 스위칭 주파수는 40kHz, PFC 입력단 전압은 220VAC로 하였다. 그림 3은 100[W] 부하시 전원전압 V_s 와 교류 입력단 전류 i_s 의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. PFC에 의해 교류 입력단 전류 i_s 의 기본파 성분 위상이 전원전압 V_s 의 위상과 거의 일치함을 알 수 있다. 그림 4는 강압용 변압기 2차측 전압을 정류한 파형 V1이다. 기존 전원장치의 전압은 리플성분이 거의 없는 평활한 파형인데 본 논문에서 제안하는 방식은 어느 정도의 리플성분을 포함하도록 하였다. 이렇게 함으로써 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

- 1) V1을 위한 직류 커패시터의 용량을 최소화할 수 있다.
- 2) 최소화된 커패시터는 cost 및 수명 측면에서 유리하다.
- 3) PFC의 스위칭 소자의 정격을 최소화 할 수 있다.
- 4) 스위칭 소자의 정격이 최소화되면 전력변환 회로의 손실을 줄여서 효율을 높일 수 있고 가격도 저렴해진다.

본 논문의 Buck 컨버터는 그림 4와 같이 리플성분을 포함한 직류전원을 24[V]로 안정화하는 기능을 하고, 출력전압 V_o 는 그림 5에 나타났다. 그림 6은 50W에서 100W로 부하급변시의 출력전압과 전류 파형으로 부하급변 시에도 안정적으로 동작함을 알 수 있다. 제어기는 그림 7과 같이 PI 제어기로 구성하였으며 리플전압에 의한 영향을 최소화하기 위하여 Feedforward 제어기법을 사용하였다.

4. 결론

본 논문에서는 조명용 LED 구동을 위한 전력변환장치의 필터커패시터를 최소화하는 기법을 제안하였다. 기존 방식과는 달리 변압기 2차측 전압 V1에 어느 정도의 리플을 허용함으로써 직류 링크단을 구성하는 직류 커패시터의 용량을 최소화하도록 하였다. 필터커패시터의 용량을 최소화함으로써 비용을 저감하고 스위칭 손실도 줄임으로써 효율을 향상시킬 수 있으며 필터커패시터로 대체하여 장수명화를 이룰 수 있다.

본 연구는 부경대학교 LED 해양 융합기술 연구센터의 연구비 지원으로 수행되었음

참고 문헌

- [1] 이상훈, 김준형, 이일훈, 홍영근, 김진욱, 오동성, 김종선, “조명용 LED Power 기술동향”, 전력전자학회 학회논문집 2009. 7, pp. 197-200.
- [2] 한수빈, 박석인, 정학근, 송유진, 정봉만, “LED driver에서의 정전압 및 정전압 제어의 비교 연구”, 전력전자학회 학술대회 논문집 2010. 7, pp. 83-84.
- [3] 홍영근, 김준형, 임원춘, 김성철, 김주래, “30W 미만 LED 조명용 POWER의 개발동향”, 전력전자학회 학술대회 논문집 2010. 7, pp. 277-278.