

LED 구동용 2단 전력변환장치의 필터커패시터와 변압기 권선비 변화에 따른 특성 분석

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

Characteristics Analysis of 2-stage Power Converter for LED Drive with the Variation of Filter Capacitor and Transformer Turn Ratio

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

ABSTRACT

본 논문에서는 LED 구동용 전원장치의 필터커패시터와 변압기 권선비에 따른 MOSFET의 전압 정격 및 스위칭 손실 특성 등을 다루었다. 스위칭 손실을 최소화 하려면 변압기 권선비를 최적화할 필요가 있다. 또한 필터커패시터 값이 MOSFET의 전압정격에 영향을 미치므로 이를 고려한 설계가 필요함을 확인하였다.

1. 서론

지구 온난화와 화석연료의 고갈로 인하여 신재생에너지에 대한 관심이 증가하고 그에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 전기 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 고효율 전력변환 장치에 대한 연구도 주목받고 있다. LED 조명장치는 기존 조명장치에 비해 에너지 효율이 높고 친환경적인 이유로 일반 조명을 대체하며 급속히 점유율을 올려가고 있다. 하지만 LED 조명장치를 구성하는 전원장치의 경우 수명에 제한적이다. 전원장치에 사용하는 전해커패시터가 수명이 짧기 때문이다. 전해커패시터 대신 필름커패시터를 사용하면 수명에 이점이 있지만 필름커패시터는 가격이 비싸고, 용량이 작다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 Flyback Buck 컨버터 2단 구조 전력변환장치의 필터커패시터 용량과 변압기 권선비가 스위칭 손실에 미치는 영향을 분석하였고 가능한 필터커패시터 값을 최소화하여 전원장치의 장수명화에 대한 방법을 모색하였다. LED구동용 전원장치의 출력은 24V, 100W이다.

2. LED 조명용 전원장치

2.1 LED 조명용 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]

2.2 PFC Flyback-Buck 컨버터

본 논문에서 사용한 LED 구동용 2단 전력변환장치는 그림 1과 같다. 전원장치는 입력 교류 측의 PFC와 절연을 담당하는 부분과 직류 출력전압을 원하는 크기의 전압으로 안정화시키는 부분으로 나누어진다.

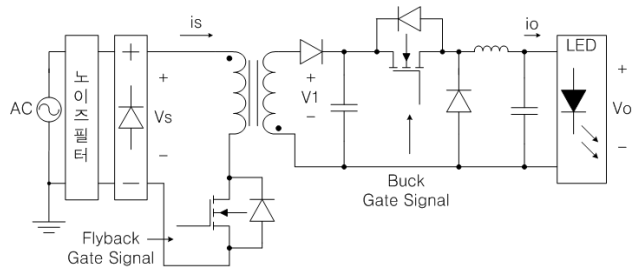


그림 1 PFC Flyback-Buck 컨버터
Fig. 1 PFC Flyback-Buck converter

2.3 시뮬레이션

스위칭 주파수는 40kHz, 입력단 전압은 220[VAC]로 하였다. 그림 2는 강압용 변압기 2차측 전압을 정류한 파형 V_1 이다. 기존 전원장치의 전압은 리플성분이 거의 없는 평활한 파형인데 본 논문에서는 어느 정도의 리플성분을 포함하도록 하였다. 이렇게 함으로써 V_1 을 위한 직류 커패시터의 용량을 최소화할 수 있고, 최소화된 커패시터는 비용을 저감하고 수명 측면에서 유리한 점이 있다.

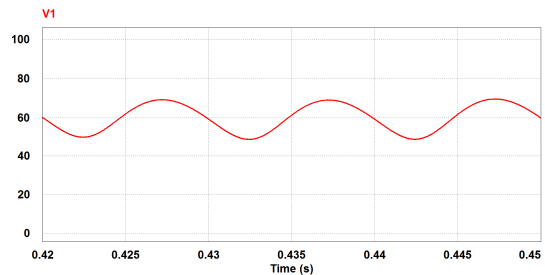


그림 2 변압기 2차측 전압 파형 V_1
Fig. 2 Transformer secondary voltage waveform V_1

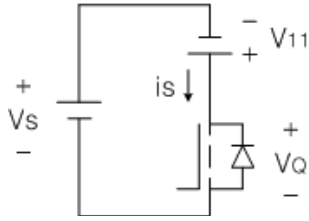


그림 3 MOSFET 턴 오프시 등가회로
Fig. 3 MOSFET turn-off equivalent circuit

Flyback 컨버터의 L이나 C 성분을 고려하지 않고, 이상적이라고 가정하였을 경우의 MOSFET 턴 오프시 등가회로는 그림 3과 같다. Flyback 컨버터 입력전압을 V_s , MOSFET에 걸리는 전압은 V_Q , Flyback 컨버터 출력전압을 V_1 이라고 한다. 그림 3에서 V_{11} 은 식 (1)과 같이 컨버터 출력전압 V_1 에 권선비를 곱한 값이다. V_Q 는 V_s 와 V_{11} 의 합으로 식 (2)와 같다. MOSFET의 정격전압을 결정하는 것은 V_Q 인데, 정격은 V_Q 가 작을수록 작아진다. V_Q 는 주어진 V_s 에 대해 V_{11} 이 작을수록 작아지므로 결국 V_1 과 변압기 권선비에 의해 스위치의 정격전압이 결정된다. 최대정격은 V_s 가 $220\sqrt{2}$, V_1 의 리플성분이 최대값을 가질 때 이다.

$$V_{11} = V_1 \times n \quad (n = N_1/N_2) \quad (1)$$

$$V_Q = V_s + V_{11} \quad (2)$$

따라서, MOSFET의 정격전압을 결정하기 위해서는 필터커패시터의 용량을 변동하여 V_1 의 리플성분 크기의 변화를 살펴 보아야 한다. 이 때 커패시터의 용량이 300[uF]이상일 경우는 리플 전압 V_{1max} 와 V_{1min} 값이 각각 5% 이내로 큰 차이가 없다. 그리고, 커패시터 용량이 클수록 리플전압의 크기가 작고 V_{1max} 의 값이 낮아지고, 커패시터의 용량이 작을수록 리플전압의 크기는 커지고 V_{1max} 의 값도 커진다. 표 1은 변압기 1차측과 2차측의 권선비를 300:50으로 하였을 때 커패시터의 용량을 변화시키면서 V_1 의 전압과 V_Q 최대값이 변하는 추이를 나타낸 것이다. 커패시터의 용량을 240[uF]부터 160[uF]까지 변화하면서 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션의 조건은 부하 100[W]로 전압은 24[V]로 안정화되게 설계하였다. 커패시터의 용량이 160[uF]이하에서는 V_{1min} 의 값이 20[V]이하로 낮아지므로 필터커패시터는 약 170[uF] 이상으로 해야 함을 알 수 있다. 표 1의 결과를 살펴보면 필터커패시터의 용량이 작을수록 리플전압의 크기가 커지고, 스위치의 전압도 커지는 것을 알 수 있다. 표 2는 권선비를 200:50으로 하였을 때의 결과이다. 커패시터의 용량이 작을수록 리플전압이 커지고 스위치의 전압도 커짐을 알 수 있다. 표 2의 스위치 전압은 표 1의 전압에 비해 낮은데, 이는 식 (1)에서 알 수 있듯이 권선비가 낮기 때문이다.

시뮬레이션의 결과를 종합해보면 커패시터의 용량을 작게 하면 리플전압의 상승으로 스위치의 전압이 올라가게 되어 정격이 큰 소자를 써야한다. 사용하고자 하는 스위치의 정격에 여유가 있다면, 커패시터의 용량을 최소한으로 줄여 전원장치 전체의 부피를 줄일 수 있을 뿐 아니라, 필름커패시터로 대체하여 수명에 이점을 가져올 수 있다. 또한, 권선비를 줄임으로써 스위치 정격을 낮출 수 있는데, Buck 컨버터 듀티비의 한계로

인하여 사용자가 적절한 선택을 하여야한다.

표 1. 필터커패시터 용량 별 전압크기 ($N_1:N_2=300:50$)

C [uF]	V_{1max} [V]	V_{1min} [V]	V_{Qmax} [V]
240	69.7	48.9	700.7
220	70.6	47.7	705.3
200	71.5	45.1	710.2
180	72.9	44.4	717.7
160	89	18.7	806

표 2. 필터커패시터 용량 별 전압크기 ($N_1:N_2=200:50$)

C [uF]	V_{1max} [V]	V_{1min} [V]	V_{Qmax} [V]
240	69.7	48.9	569.2
220	70.6	47.7	662.5
200	71.6	46.3	665.3
180	72.9	44.4	691.8
160	88.9	18.8	840.6

3. 결론

본 논문에서는 조명용 LED 구동을 위한 전력변환장치의 필터커패시터와 변압기 권선비 변화에 따른 특성 분석을 하였다. 스위칭 소자인 MOSFET에 인가되는 전압을 최소화하면 스위칭 손실도 줄일 수 있기 때문에 가능한한 변압기 권선비를 최소화할 필요가 있다. 필터커패시터 값을 최소화하면 필터커패시터 사용이 가능하여 장수명화에 기여할 수는 있으나 MOSFET에 인가되는 최대 전압이 상승한다는 문제가 있고, 스위칭 손실에는 별 영향을 주지 않는다. 본 연구의 결과는 LED구동용 전원장치 설계의 최적화에 기여할 것으로 기대된다.

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.