

제어 방식에 따른 20 W급 LED Converter 설계 및 분석

정영기¹, 김성현¹, 박대희^{1,a}

¹ 원광대학교 정보통신공학과

Design and Analysis of 20 W Class LED Converter Considering Its Control Method

Young-Gi Jeong¹, Sung-Hyun Kim¹, and Dae-Hee Park^{1,a}

¹ Department of Materials Engineering, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

(Received December 2, 2011; Revised December 22, 2011; Accepted December 24, 2011)

Abstract: In this paper, by designing 20 W class driving circuit for driving high-power LED (Light Emitting Diode), we are going to comparatively carry out the analysis of characteristics for power circuit according to each design method. In this case, 200 V 60 Hz was performed as input data. The electrical characteristics such as voltage, current and ripple are checked for constant current circuit and constant voltage circuit in the LED module. In addition, as the ripple has an influence on illumination of LED light, low temperature working (-20 [°C]) and high temperature working(80 [°C]) are measured to make sure the ripple characteristics in accordance with temperature. In low temperature operation -20 [°C] measurements, both constant current circuit and constant-voltage circuit were less impacted on input fluctuation, whereas in the high temperature operation 80 [°C], current voltage in constant voltage circuit was surge after 430 [hour]. Voltage current ripple of constant current circuit was much less than constant voltage circuit, therefore we can show that constant current circuit is more stable.

Keywords: LED, Constant current, Constant voltage, Flyback, Ripple

1. 서론

최근 전기, 전자, 통신기기의 소형화가 진전되면서 대부분의 전력 공급 장치가 리니어 방식에서 스위칭 방식으로 바뀌고 있다. SMPS (switching mode power supply)는 대부분 입력단에 전파 정류기와 평활용 콘덴서가 있는 콘덴서 입력형 정류 방식을 이용한다. 이는 전압의 왜곡을 발생시켜 전도성 전자파 장애를 일으키므로 전력 계통에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 이에 대한 대책으로서 IEC, IEEE 등 국제기

구에서는 IEC61000-3-2, IEEE519 등과 같은 규격을 제정하여 고조파 전류를 규제하고 있다 [1-4]. 또한 높은 전력변환효율을 지닌 차세대 광원인 LED (light emitting diode)를 위한 구동 조건으로 90% 이상의 고효율을 요구하고 있다. 하지만 기존회로는 역률만족을 위한 PFC (power factor correction) 단, 안전을 위한 절연형 DC/DC 단, LED의 제어와 휘도조절을 위한 승압형, 강압형의 비절연형 DC/DC 단으로 크게 3개의 단으로 구성되어 90% 이상의 고효율을 달성할 수 없었다. 또한 기존의 3단 구성 회로는 비절연형 DC/DC 컨버터단의 하드 스위칭 문제로 인한 전력 소비와 직렬로 연결된 LED 부하 개수의 증가 시 높은 내압의

큰 소자를 사용해야 하는 단점이 있다 [5-7]. 이에 따라서 본 논문에서는 고출력 LED 구동하기 위한 기본 설계 방법과 LED의 구동회로 설계 시 고려 사항, 설계 과정을 통한 20 W급 구동회로를 설계함으로써 각 제어방식에 따른 전원회로의 특성을 비교검토 분석하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 LED 구동전원 설계

2.2 전원 장치의 구성

직류 전원 장치는 직류전원을 다른 직류 전압 전류 형태로 바꾸어주는 DC/DC 컨버터와 AC전원을 DC전원으로 바꾸어주는 AC/DC컨버터로 구분되어 진다.

LED 조명 시스템의 경우 LED 광원 자체가 직류전원으로 구동하며 기존에 사용하던 조명용 광원의 경우 AC전원을 사용하여 구동하므로 다른 광원과는 다르게 AC전원을 DC전원으로 바꾸어 주는 AC/DC 컨버터를 주로 사용하게 된다. AC/DC 컨버터의 경우 크게 AC를 DC로 바꾸어 주는 정류부, 바뀐 DC 전원을 원하는 크기의 DC전압 또는 전류로 바꾸어 주는 DC/DC 컨버터 부로 구분되어 진다. DC/DC 컨버터의 경우 PWM (pulse width modulation) 방식을 이용한 전력변환 방식을 주로 사용하며 제어하고자 하는 대상에 따라 전류를 제어하며 정전류 방식과 전압을 제어하는 정전압 방식의 AC/DC 컨버터로 구분되어 진다. 본 논문에서는 플라이백 방식이 적용됨으로 그에 따른 설명을 하고자한다.

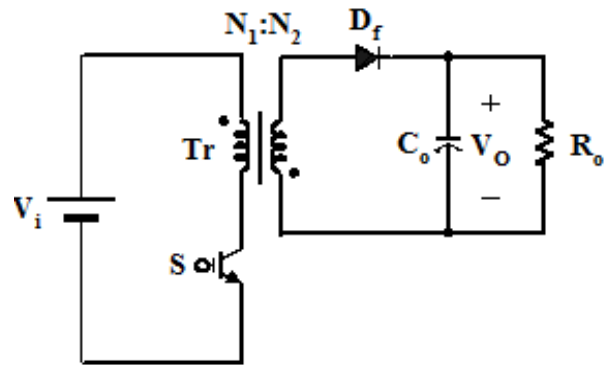


Fig. 1. Structure of flyback circuit.

그림 1은 플라이백 회로의 구조를 나타낸 것으로서 플라이백 컨버터의 경우 1차측 전압을 트랜스와 듀티비를 이용하여 감압하는 방식으로 변압기를 이용함으로써 1차측과 2차측 절연이 가능하다. 또한 플라이백 컨버터는 1차측의 동작이 승강압형 컨버터와 동일하므로 기존의 PFC control IC를 이용하여 PFC와 DC/DC 회로 부품의 추가 없이 PFC 기능을 수행할 수 있어, 가격 및 컨버터 효율에 대한 장점이 있다. 또한 플라이백 컨버터의 출력 제어를 정전류 제어를 함으로써 정전류원 구동이 가능하여 조광제어를 위한 추가 회로구성으로 출력 전류값을 제어하는 아날로그 디밍이 가능하다.

2.3 구동회로 설계

그림 2는 회로의 블록도를 나타낸 것이다. 본 연구에 사용된 회로는 조명에서 필요한 기본 사양인 AC 상용 전원을 사용하고, 고조파 규제 만족을 위한 역률 보정 기능이 있고, 안전 규격을 만족하기 위해서 전기적 절연이 가능하다.

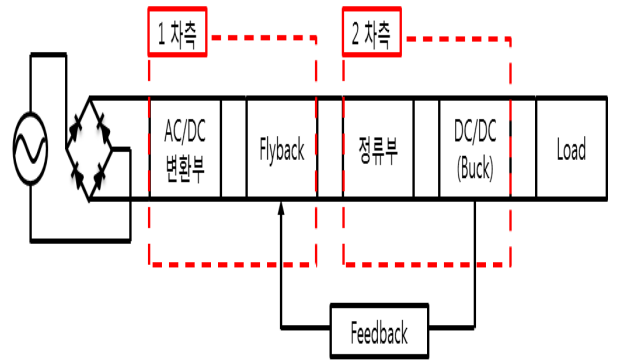


Fig. 2. Block diagram of the circuit.

EMI (electromagnetic interference) 잡음필터를 거친 후 정류부를 통해 정류시킨 다음 정류된 전압을 PWM 제어장치를 이용하여 출력전압 및 전류를 일정하게 유지시킨다. 고출력 LED의 전류변화에 따른 출력전압 변동은 feedback회로에서 검출하여 PWM 제어장치로 보내 일정 전압을 유지시키도록 한다. 이 방식은 고출력 LED에 안정적인 전원공급을 하기위해 많이 사용되며 LED 제어를 위한 추가적인 회로와 고역율 구현을 위한 회로를 추가할 수 있다.

2.4 플라이백 회로의 설계

본 연구에 구성된 회로는 플라이백을 사용하여 역률 및 절연 문제를 해결한다. 플라이백의 spec은 표 1과 같다. 본 회로는 V_{in_min} 은 90 [V]이고 최소 스위칭 주파수는 250 [kHz]라고 설정하였다. 플라이백의 1차측에 리플렉트되는 전압 V_r 을 38 [V]라고 설정 하면 트랜스포머의 턴 비와 최소 duty는 다음과 같다. 코어는 페라이트 코어 EE3020을 사용하였다.

페라이트 재질이 고주파수에서 와류손이 적으므로 부피가 적게 사용할 수 있어서, 현재 SMPS에 많이 이용되기 때문에 코어 재질을 페라이트로 사용하였다. trans 턴 수는 일반 적으로 출력 부하에 따라가기 때문에 턴 수는 LED 모듈의 V_{op} 에 맞추어서 턴 수를 선정하였다.

턴 수는 $(LED \text{ 출력전압} / PFC \text{ 출력전압}) + 3$ (Buck 구동을 위한 전압 여유 보빈 크기와 와이어 두께를 고려해서 trans 1차 측을 20턴으로 설정하였다.

$LED \text{ 출력전압} / PFC \text{ 출력전압} * 20 + 3 = 5$ ts.와이어는 연선 0.12 phi를 사용하였다. 연선의 허용전압은 1,500 V_max 1A_rms이기 때문에 여유있게 사용하였으며, 실제로 상온 25°C에서 57.6°C로 고온 동작 및 상온 동작에서 문제가 없었다.

Table 1. Flyback spec.

V_i	90 ~ 264 V
V_o	38 V
I_o	520 mA
f_{sw}	250 kHz

Table 2. Spec of buck circuit for DCM.

V_i	43 V
V_o	38 V
I_o	520 mA
f_{sw}	168 kHz

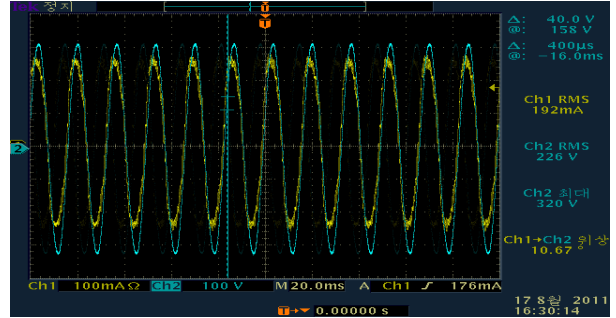


Fig. 3. Input voltage and current waveforms of flyback circuit.

그림 3은 플라이백 회로의 입력 전압 및 전류 파형을 나타낸 것으로써 전압과 전류가 동위상을 이루고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

정전압 회로와 정전류 회로의 기본적으로 구성하여 보았다. 정전압 회로는 PFC 및 플라이백 IC 겸용으로 ST社의 L6561을 사용하였으며, 정전류 컨트롤러로는 DIODES社의 AP8802를 사용하였다.

기본적인 회로 부분은 다음과 같다.

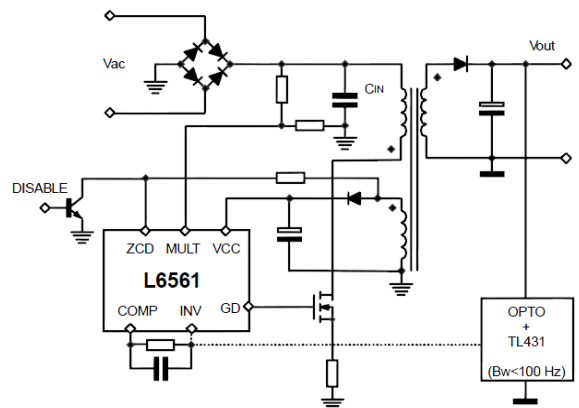


Fig. 4. Section of PFC and flyback.

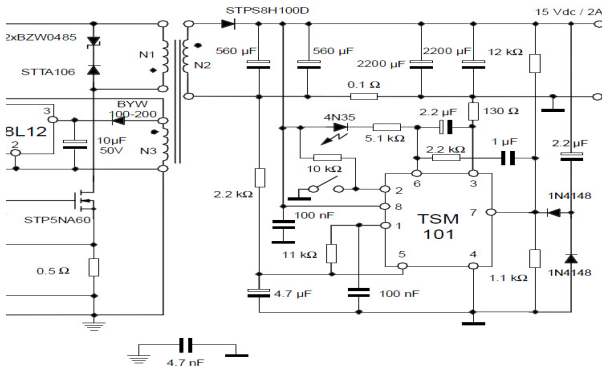


Fig. 5. Section of constant voltage circuit.

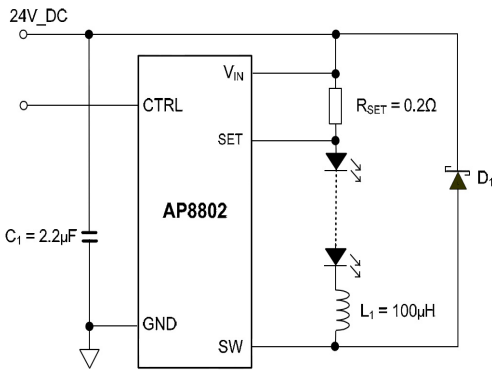


Fig. 6. Section of constant current circuit.

실험 결과 정전압과 정전류는 trans 2차측에서 48 V 정도 받게 설계 되었으며, 정전압 정전류 모두 520 mA정도 전류를 받게 설계하였다. IC data spec상 모두 48 V대 사용 가능하여 KS인증규격 내에 있는 조명 spec 내에 들어갈 수 있는 LED 모듈에 맞는 출력 전압과 전류를 설정하였다.

입력은 220 V 60 Hz로 진행하였으며, 정전압 회로와 정전류 회로가 LED 모듈에서의 전기적 특성을 확인하였다.

그림 7과 8은 제어방식에 따른 출력단 전압과 전류 파형을 나타낸 것이다.

또한 리플이 LED 조명의 조도에 영향을 줄 수 있을 것이라 생각되어 각 온도 조건에서 어떤 영향을 줄 것인지 확인하기 위해 저온 동작 $-20 [^{\circ}\text{C}]$ 와 고온 동작 $80 [^{\circ}\text{C}]$ 에서 측정을 해보았다.

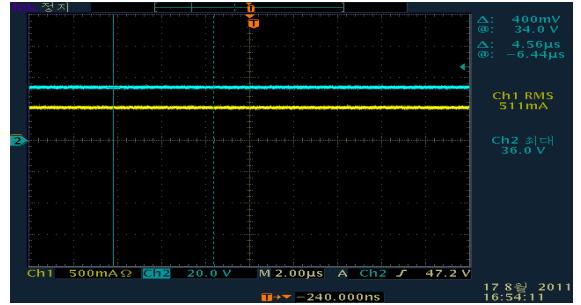


Fig. 7. Output voltage and current waveforms of the circuit of constant current circuit.

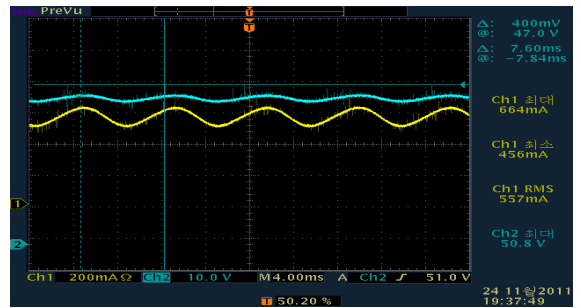
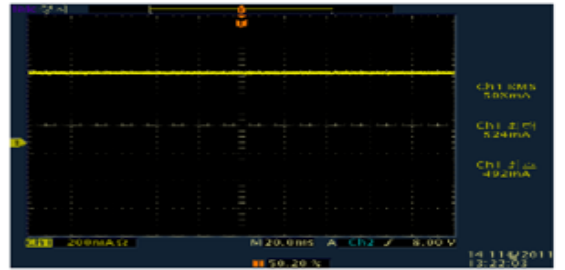
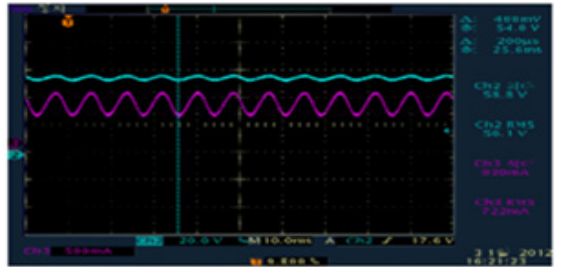


Fig. 8. Output voltage and current waveforms of the circuit of constant voltage circuit.



(a) Constant current circuit



(b) Constant voltage circuit

Fig. 9. Current waveforms of the circuit a of low temperature ($-20 [^{\circ}\text{C}]$) constant current circuit and constant voltage.

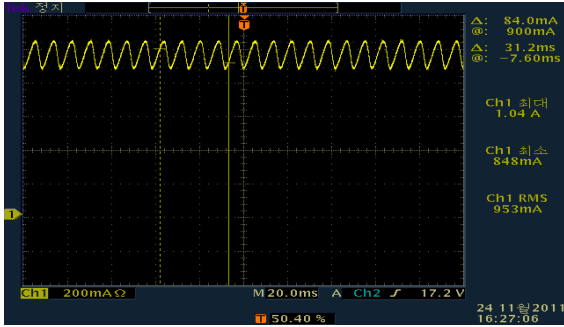


Fig. 10. Current waveform in a high-temperature of constant voltage circuit.

저온 동작 -20 [°C] 측정에서는 정전류 회로, 정전압 회로 모두 출력의 변동률이 적었으나, 고온 동작 80 [°C]에서 430 [hour]경과 정전압 회로에서 전류 전압이 갑자기 올라가는 현상이 발생하였다. 그림 9는 정전압 회로를 고온 상태에서 430 [hour] 경과 때의 전류 파형을 나타낸 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 고효율 LED 구동하기 위한 기본설계 방법과 LED의 구동회로 설계 시 고려 사항, 설계 과정을 통한 20 W급 구동회로를 설계함으로써 각 제어방식에 따른 전원회로의 특성을 비교검토 분석하고자 하였다. 실험은 입력 220 V, 60 Hz로 진행하였으며, 정전압 회로와 정전류 회로가 LED 모듈에서의 어떤 전기적 특성을 가지는지 확인하였다.

또한 리플이 LED 조명의 조도에 영향을 줄 수 있을 것이라 생각되어 각 온도 조건에서 어떤 영향을 줄 것인지 확인하기 위해 저온 동작 -20 [°C]와 고온동작 80 [°C]에서 측정해보았다.

-20 [°C]에서 정전압 회로에서는 전류가 200 mA 정도 하강하였으나, 정전류 회로에서는 3 mA 정도 하강하였다. 정전류 회로가 정전압 회로에 비해 온도에 대해 더욱 안정되는 것으로 확인되었다. 또한 정전류 회로의 전압 전류 리플이 정전압 회로의 전류 전압 리플보다 훨씬 적었다는 것을 확인할 수 있었으며 이 때문에 정전류 회로가 정전압 회로보다 더 많이 기업체에서 사용하는 것으로 추정된다. 하지만 정전압회로도 주변회로 구성을 통해 더욱 개선될 여지가 있을 것으로 앞으로도 계속 연구가 진행될 것이라 예상된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부에서 지원하는 “LED 농생명 융합기술 개발 및 산업화 지원”에 의해 작성되었습니다.

REFERENCES

- [1] B. S. Kim, I. H. Lim, and J. H. Lee, *The Korean Institute of Power Electronics (KIPE)*, **11**, 361 (2006).
- [2] S. H. Kang, J. H. Jang, S. S. Hong, and J. Y. Lee, *KIPE Conference*, 286 (2007).
- [3] J. Y. K. Lo, S. C. Yen, and J. Y., *PESC'06*, 1 (2006).
- [4] J. H. Choi and Y. S. Kim, *IEEE Conf. APEC '04*, 426 (2004).
- [5] K. M. Park, S. K. Han, S. S. Hong, Y. G. Hong, H. B. Lee, K. I. Lee, and C. W. Roh, *The Korean Institute of Power Electronics (KIPE)*, **14**, 243 (2009).
- [6] S. H. Lee, *The Korean Institute of Power Electronics (KIPE)*, **14**, 3 (2009).
- [7] S. B. Han, *Journal of the KHEE*, **17**, 39 (2003).