

LED 조명용 DC-DC 컨버터에 관한 연구

이우희*, 이미영*, 이준하*, 이홍주*, 김석중**

*상명대학교 컴퓨터시스템공학전공, 정보디스플레이연구소

**(주)모인에너지

e-mail:meimps@smu.ac.kr

A Study on DC-DC Converter for The LED Lighting

Woo-Hee Lee*, Mi-Young Lee*, Jun-Ha Lee*, Hoong-Joo Lee*,
Seok-Jong Kim**

*Dept of Computer System Engineering, Information Display
Research Center, SangMyung University

**More-In Energy Inc.

요 약

LED(light emitting diode)는 처리속도, 전력소모, 수명 등에서 큰 장점이 있기 때문에 첨단조명의 광원으로 각광받고 있다. LED는 전원의 변동에 따라 광출력이 변동되므로 일정한 전압, 전류를 유지하는 기술이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 LED 조명의 안정된 동작을 위한 전원장치로서 일정한 전압과 전류를 유지해주는 PWM(pulse width modulation) 제환제어 방식의 부스트 컨버터를 제안하였다.

1. 서론

최근 고휘도 LED 및 고휘속 LED의 개발로 인하여 LED의 적용분야는 전광판, 신호등 외에 일반 조명용 광원까지 응용범위가 확대되고 있다[1]. 특히 백색 LED는 백열전구보다 조명효율이 우수하므로 LED가 조명광원으로서의 가능성을 보여준다. 발광효율이 높고, 수명이 긴 LED는 전력소모를 줄이므로 이를 이용한 제품 개발과 기존조명을 대체하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

LED 시스템의 성능은 여러 요인에 의해 결정되는데, 그 중에 하나가 전원장치이다. 입력전압에 따라 광출력이 변동되므로 일정한 광출력을 요구하는 용도에서는 전원의 안정이 매우 중요하다[1,2]. LED의 자체 수명은 매우 길지만 시스템의 측면에서 수명을 결정하는 것은 전원장치의 수명이다. 따라서 LED의 안정된 동작과 수명을 보존하기 위해서는 어느 영역 이상으로 전압, 전류가 넘지 않도록 제어하여야 한다. 따라서 전원장치의 안정성이 시스템의 신뢰성을 결정짓는 중요한 요소이다.

본 논문에서는 LED 조명용 전원장치에 적합한

DC-DC 컨버터를 제안하고 그 시뮬레이션 결과를 보고한 것이다. 기본 회로방식은 부스트 컨버터로 구성하였고, 입력전압이 8V~24V일 때, 출력은 12V 정전압을 유지하는 5W급 DC-DC 컨버터를 구성하였다. 그리고 컨버터는 스위치의 on/off 동작에 따라 출력이 변화하게 되므로 스위치의 제어방식이 회로 설계의 중요한 부분을 차지하게 된다[3]. 따라서 오차보상 증폭기능이 있는 PWM 제환제어 시스템을 구성하였다.

2. 제환루프가 있는 부스트 컨버터

그림 1은 부스트 컨버터의 기본회로를 나타낸 것이다. 그림 2는 스위치가 turn-on되었을 때의 등가

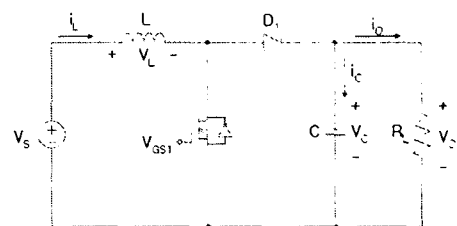


그림 1. 부스트 컨버터 회로도.

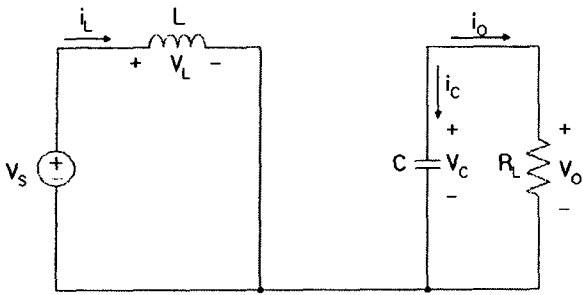


그림 2. 스위치 turn-on 상태.

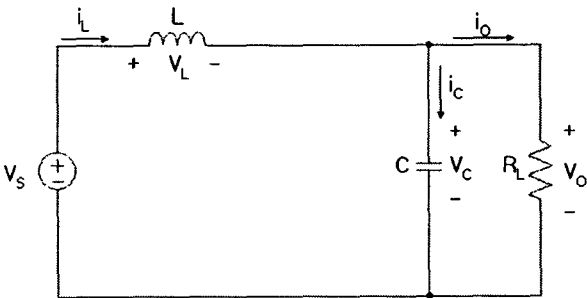


그림 3. 스위치 turn-off 상태.

회로 이고, 그림 3은 스위치가 turn-off되었을 때의 등가회로를 나타낸다. 이때, 인덕터 L과 커패시터 C가 매우 커서 인덕터 전류 i_L 과 출력전압 V_o 가 일정하다 가정하였다. 스위치가 on 상태이면 V_{GS1} 이 0이 되면서 그림 2에서 보는 것처럼 입력측과 출력측에 루프가 생성된다. 이때, 인덕터 L에 입력전압이 걸리고 다이오드 D에는 역전압이 걸려 전류를 통과시키지 못하므로 부하 R은 커패시터로부터 에너지를 공급받게 된다. 그림 3에서 보는 것처럼 스위치가 off 상태로 되면 다이오드 D에 순바이어스가 걸리면서 인덕터 전류 i_L 은 다이오드 D를 통해서 출력측에 전달이 된다.

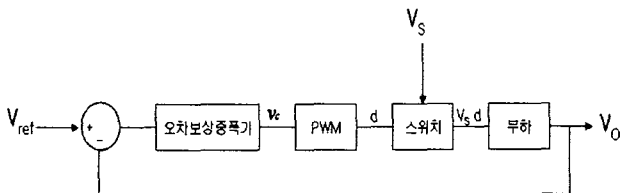


그림 4. 폐환제어시스템 블록도.

그림 4는 LED에 일정한 전류가 흐르도록 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor) 스위치를 제어하는 시스템의 블록도를 나타낸다. 오차증폭기는 컨버터의 출력전압과 기준전압을 비교하여 스위치의 듀티비를 결정하는 오차

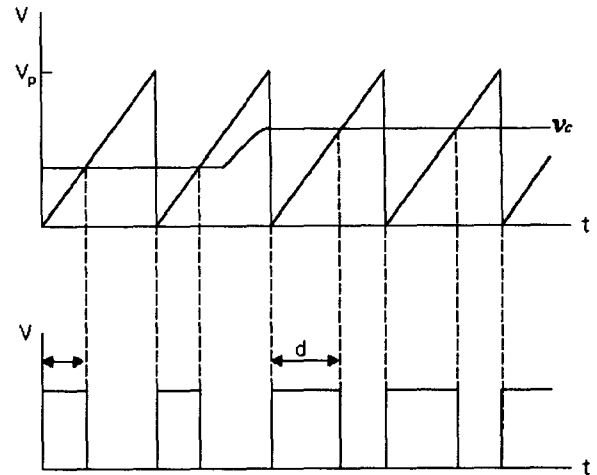


그림 5. PWM 동작과 PWM 회로의 출력.

신호를 만들어낸다. 이 증폭기에서의 보상이 제어루프의 성능을 결정하며 제어시스템을 안정하게 한다. 증폭기는 저주파에서 높은 이득을 가져야하고 고주파수에서는 낮은 이득을 가져야한다. 본 논문에서는 이러한 목적에 적합한 형식 2증폭기를 사용하였다 [4]. PWM회로는 오차보상증폭회로의 출력을 듀티비로 변환시킨다. 그림 5는 PWM 동작과 PWM 회로 출력을 나타낸다. PWM 회로의 출력은 오차증폭기의 출력전압 v_c 가 톱니파 V_p 보다 큰 경우 high값이고 V_p 보다 작은 경우에는 0이다. 만일 v_c 가 기준값보다 낮아지면 컨버터의 출력과 기준파사이의 오차가 커져서 v_c 가 증가하며 이에 따라 듀티비 d가 커진다. 반대로 출력전압이 높아지면 듀티비 d가 작아진다. PWM회로의 전달함수는 다음과 같다.

$$d = \frac{v_c}{V_p}$$

(1)

$$\frac{d(s)}{V_p(s)} = \frac{1}{V_p}$$

(2)

3. 시뮬레이션 및 결과

시뮬레이션은 전력전자 전용틀인 PSIM을 사용하였고, 입력전압 8V~24V, 출력은 12V 400mA로 동작하는 회로도를 작성하고, 톱니파는 12V 10kHz로 시뮬레이션 하였다. 전압제어를 위하여 폐환루프를 가지는 PWM제어방식을 사용하였다. 그림 6은 출력전압과 전류의 파형을 나타낸다. 그림에서 보는 것

과 같이 4.12ms 이후에 12V 400mA 출력전압과 전류가 안정되고 5%이하의 리플률을 보이고 있다. 그림 7은 기준전압 V_p 와 오차증폭기의 출력전압 v_c 에 따른 컨버터 스위치의 PWM제어 신호를 나타낸다. 출력전압이 증가함에 따라 v_c 가 V_p 보다 높은 구간이 많아져, 듀티비가 점차적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림 8은 부하전류에 따른 출력전압을 나타낸다. 결과에서 보는 것처럼 부하변동에 따라 출력전압은 동특성을 갖는다.

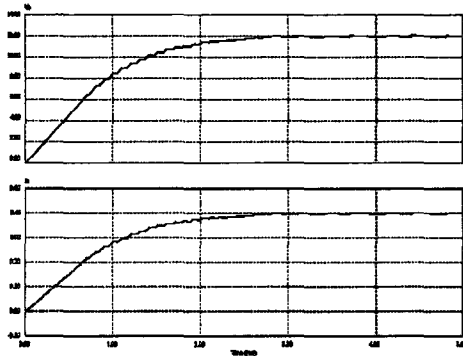


그림 6. 정격전압에서의 출력전압 V_o 과 전류 I_o .

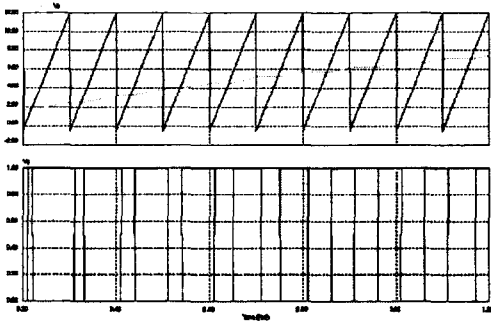


그림 7. PWM 제어 시뮬레이션 파형.

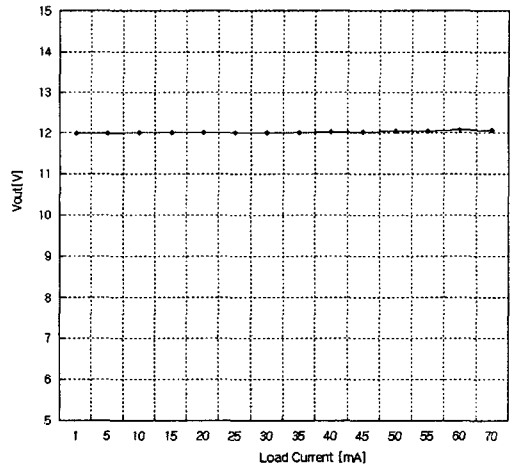


그림 8. 부하전류에 따른 출력전압.

4. 결론

LED는 전력소모가 적고, 수명이 길다는 장점 때문에 기존의 조명을 대체할 조명광원으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 LED의 성능에 영향을 미치는 전원장치에 적합한 궤환루프가 있는 DC-DC 컨버터를 제안하였다. LED에 흐르는 전류가 일정하게 유지되도록 하기위해 오차증폭기와 PWM 제어기를 적용하였다. 입력전압을 8V에서 24V까지 변동시켰을 때 LED에 공급되는 전압과 전류파형을 시뮬레이션 해봤는데, LED에 일정한 전압과 전류가 공급되는 것을 알 수 있었다. 그리고 부하변동시 전압과 전류의 특성을 시뮬레이션 한 결과 파형에 리플이 적은 상태로 일정한 전압이 공급되는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 2004년 산업자원부 대체에너지실용화 평가사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 한수빈, "LED 조명용 전원의 설계기술 현황," 조명.전기설비학회지 제17권 제2호, pp. 39-49, 2003.
- [2] 김지동, "LED 조명기술 동향," 한국과학기술정보연구원 기술동향분석보고서, 2004.
- [3] 정진범, "부스트 입력형 능동 클램프 DC-DC 컨버터의 제어 특성에 관한 연구," 한양대학교 대학원 석사학위청구논문, 2002.
- [4] 홍순찬, 전희중, 백형래, 원충연, "PSpice를 활용한 전력전자공학," 인터비전, pp. 334-351, 2002.