

넓은 입력변화에서 불연속 전류 제어 모드로 동작하는 LED 드라이버 설계

한수빈, 박석인, 송유진, 정학근, 정봉만, 채수용
한국에너지기술연구원

Design of LED Driver Operated in DCM mode for Wide Input Voltage Range

Soo-Bin Han, Suck-In Park, Eu-Gine Song, Hak-Kun Jung, Bong-Man Jung, Soo-Young Chae
Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT

Most LED drivers uses current control method to adjust LED current. Using AC power grid such as off-line converter, Buck topology is popular because input voltage of LED driver is much higher than LED output voltage. Normally DCM current control is more popular than CCM current mode control in the range of below 50W, But DCM characteristics are dependent on the input voltage variation. This paper deals with what should be considered in DCM for LED driver with valley fill circuit.

1. 서론

대부분 LED driver는 전압제어보다는 전류제어를 선호하여 전류를 일정하게 제어하는 것을 주요 기능으로 갖고 있다. Off-line 컨버터와 같이 220V의 상용 교류전원을 사용하는 경우는 대부분 LED 구동 전압보다 입력전압이 매우 높아지기 때문에 벽형 컨버터 구조를 사용하게 된다. 본 논문에서는 벽형 컨버터에서 특별히 비연속전류제어모드를 사용할 경우 고려하여 할 문제에 대해 검토하기로 한다.

2. LED driver에서의 CCM-DCM 특성

일반적으로 전력용 컨버터에서 전류제어 방식은 연속전류제어 모드(CCM: Continuous Current Mode)와 비연속전류제어 모드(DCM: Discontinuous Current Mode)로 구분된다[1]. 전류제어의 경우 DCM 방식은 수십W이하의 전력 처리에서 CCM 방식보다 효율이 유리하다. 대부분의 LED 응용 대상은 수W-수십W가 주류를 이루고

있어 LED driver에서도 DCM 전류 제어 방식은 효율측면에서는 보다 선호될 수 있다. 그러나 CCM 방식이 게이트 구동신호의 듀티비에 의해서 컨버터의 이득이 영향 받는 것에 비교하여 DCM 방식은 컨버터의 입력 전압, LED 구동 전압, 구동신호의 듀티비, 주파수 그리고 컨버터 내부의 인덕터의 값 등 많은 파라미터에 따라 입출력의 이득이 변화한다.

따라서 역율제어회로를 내장한 컨버터와 같이 LED driver에 고정된 입력전압을 제공하는 경우 DCM 방식은 비교적 일정한 전류제어를 가능하게 하지만 저전력에서 역율제어를 위해서 그림 1과 같이 valley-fill 방식을 사용하는 경우 전원전압의 변화에 따라 정류전압이 변화하게 되고 결과적으로 LED의 입력전압이 변화하게 되므로 DCM 전류제어 방식의 경우 출력 LED 전류가 변화하게 되는 문제가 발생된다.

그러나 통상 LED 제품의 경우 10%의 전류변화에 대해서는 각종 규격에서 허용하고 있으므로 이 범위안에서는 DCM 전류제어 방식이 유지되도록 설계하는 것이 중요하다. LED driver IC는 HV9910을 모델링하여 동작을 구현하였다[2].

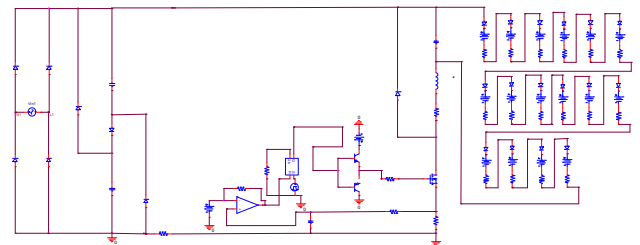


그림 1. Valley fill과 벽컨버터의 LED driver
Fig. 1. LED buck driver with valley fill

3. 입력전압 변화에 따른 DCM 특성

여러 변수들 중에서 입력전압의 변화에 대해 DCM의 특성을 살펴보기로 한다. DCM의 평균전류는 대략 다음과 같이 계산할 수 있다. 즉 인덕터의 피크 전류의 제곱에 비례하고 입력전압과 출력전압에 의해 결정된다.

$$I_{dc} = \frac{LI_p^2}{2T} * G \quad (1)$$

$$G = \left(\frac{1}{(1 - V_o/V_i)V_o} \right) \quad (2)$$

식 (2)에서 출력전압에 의한 이득 팩터 G에 대한 특성을 보면 그림 2와 같다. 즉 입력전압이 100V 이상이 되는 경우 이득 G는 거의 일정하며 그 경향은 출력전압 V_o 가 다른 경우도 같으며 다만 출력전압이 적을수록 이득의 절대값은 증가할 뿐이다

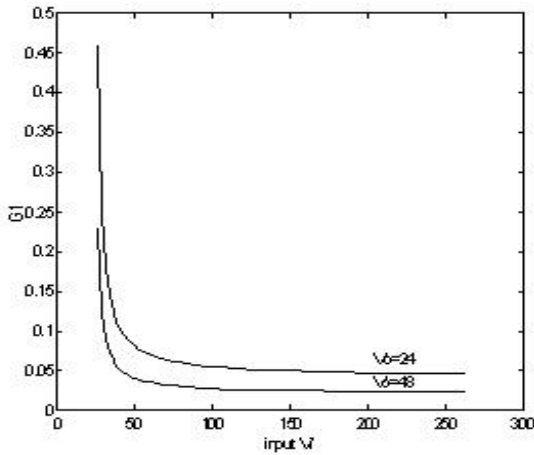


그림 2 입력전압에 대한 평균전류의 이득 팩터 특성
Fig. 2. Gain factor characteristics according to input voltage.

이상적인 경우는 입력전압이 100V가 넘는 경우 이득은 입력전압에 대해 무관해야 하나 실제로 시뮬레이션을 해보면 그림 3과 같이 LED의 출력전류는 상당한 ripple을 갖게 된다. 이는 식 (1)에서 I_p 의 값이 변화하기 때문이다.

이상적인 경우 I_p 는 driver 내의 전류 limit 제어 전압에 의해 반도체스위치가 스위칭되므로 전류측정용 저항이 고정되어 있다면 I_p 도 일정해야만 한다. 그러나 실제로는 전류 limit에서 스위치가 구동된다고 하더라도 그림 4와 같이 실제 turn off 상태가 트리거 순간 보다 지연되며 이때 입력전압에 대한 차이만큼 전류의 차이가 발생하게 된다. 따라서 식 (1)에서 알 수 있는 바와 같이 이득 G가 일정하더라도 평균전류 I_{dc} 가 차이가 나게 된다. 이를 최소화하기 위해서는 인덕턴스의 값을 크게 키

울 필요가 있으며 이 때 주의해야 할 것은 인덕턴스 값이 커지게 되는 경우 DCM 모드에서 CCM 모드로 진입할 수 있으므로 그 경계를 넘지 않도록 확인이 필요하게 된다.

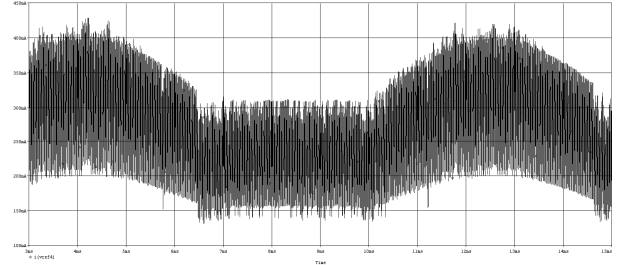


그림 3 LED 출력전류의 시뮬레이션 파형
Fig. 3 Simulation waveform of LED output current

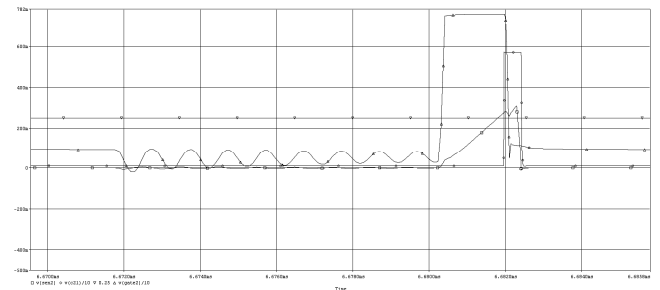


그림 4 센싱전류와 게이트 구동 신호
Fig. 4 Sensing current and gate driver signal

4. 결론

본 논문에서는 상용 전원을 입력으로 하고 valley fill 회로로 역을 제어한 후 벽형 LED driver를 구동하는 구조에서 DCM에 대한 설계시 입력전압에 대한 변화를 고려해야 하는 문제를 다루었다. 이상적인 경우 입력전압이 높은 경우 문제가 발생하지 않지만 실제로는 입력전압에 의해 인덕터 피크전류가 변화하게 되므로 이를 고려한 설계가 이루어 져야한다. 향후 적절한 상태에서 동작을 만족시킬 수 있는 설계 과정에 대한 연구가 제시될 것이다.

참 고 문 헌

[1] R. Erickson, "Fundamentals of Power Electronics" Springer, 2001
[2] C. P. Basso, "Switch-Mode Power Supply: SPICE Simulation and Practical Designs", McGraw Hill, 2008