

# LED backlight PWM dimming시 과도구간이 존재하지 않는 전류 제어 기법

윤영남, 이상현, 조상호, 홍성수, 노정욱, 한상규, \*오동성, \*이효범  
 국민대학교 전력전자 연구소, \*삼성전기(주) P&M 사업부

## Zero-Transient current control method for PWM dimming of LED

Young-Nam Yoon, Sang-Hyun Lee, Sang-Ho Cho, Sung-Soo Hong,  
 Chung-Wook Roh, Sang-Kyoo Han, \*Dong-Seong Oh, \*Hyo-Bum Lee  
 Kookmin University Power Electronics Center, \*Sanmsung, Electro-Mechanics Co., LTD.

### ABSTRACT

본 논문에서는 LED조명의 휘도조절을 위해 PWM dimming 시 발생하는 LED전류의 과도 상태제거를 위한 전류 제어 기법을 제안한다. 제안된 LED전류 제어 기법은 과도상태가 존재하지 않으므로 Dimming신호의 동작 시비율이 매우 작은 영역에서도 전류 제어를 통해 낮은 휘도를 정밀하게 표현할 수 있다. 또한 전류의 Overshoot이 발생하지 않으므로 휘도를 일정하게 유지할 수 있는 장점을 가진다.

본 논문에서는 제안된 LED전류 제어 기법의 동작원리를 설명하고, LED휘도 조절을 위한 전원시스템을 구현하여 PSIM을 통해 제안된 기법의 타당성 및 우수성을 검증한다.

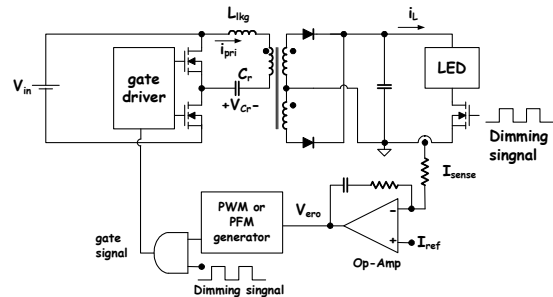


그림 1 기존 LED backlight 전류 제어 회로  
 Fig. 1 The conventional LED backlight current control circuit

## 1. 서 론

최근 대화면 LCD의 사용량 증가에 따라 핵심 부품인 백라이트유닛(Back Light Unit:BLU)또한 많은 관심을 받고 있다. 기존 LCD TV의 경우 백라이트 광원으로 CCFL이 주로 사용되었지만 최근에는 각종 환경규제와 소비전력문제 등으로 인해 전력소모 및 수명, 친환경성, 고화질 등에서 큰 장점을 가지는 LED(Light Emitting Diode)의 사용이 점차적으로 증가되고 있다.<sup>[1]</sup> LCD와 같은 비자발광 소자의 백라이트로 적용되기 위해 휘도 조절을 위한 Dimming기법이 필요하다. LCD TV의 백라이트와 같이 정밀한 Dimming이 요구되는 예에서는 PWM(Pulse Width Modulation)을 이용한 Digital방식이 주로 적용되고 있다. Digital방식은 Dimming신호가 온일 경우 제어기 출력인 E/A(Error Amplifier)에 의해 LED전류가 제어되고, Dimming 신호가 오프인 경우 논리곱에 의해 Gate신호가 비활성화 되어 LED전류는 0이 된다. 기존 LED전류 제어 기법의 경우 Dimming신호가 온이 될 때, E/A출력인  $V_{ero}$ 전압에 과도상태가 존재하여 LED전류는 곧 바로  $I_{ref}$ 로 제어되지 않는 문제를 갖는다. 이로 인해 일정기간 Overshoot가 발생되게 되고, Dimming신호의 듀티가 매우 작은 즉, 정밀한 분해능이 요구되는 경우 LED의 전류 제어가 제대로 이루어지지 않아 화면의 플리커(깜빡임)현상이 발생할 수 있다.

## 2. 제안된 LED backlight 전류 제어 기법

### 2.1 기존 LED backlight 전류 제어 기법

그림 1은 기존 LED backlight 전류 제어 회로이다. 기존

LED구동회로는 LED전류를 검출하여 이를  $I_{ref}$ 와 정상상태 오차가 0이 되도록 제어함으로써  $i_L$ 은 항상 일정하게 유지된다. 또한 Gate driver 전단의 논리곱과 출력 LED측에 직렬 연결된 스위치에 의해 Dimming신호가 High인 경우에만 출력으로 에너지가 전달되고 Low인 경우 출력측으로의 에너지 전달을 차단함으로써 Dimming듀티에 따라 LED 휘도를 제어할 수 있다. Dimming신호가 Low인 경우 LED전류  $i_L$ 은 0이 되므로 Op-Amp출력  $V_{ero}$ 전압은 최대값을 나타낸다. 이때 Dimming신호가 Low에서 High로 전환되면 Op-Amp 주위의 저항과 캐패시터로 인해  $V_{ero}$ 전압이 정상상태에 도달하기까지 일정 시간 동안의 과도상태가 존재하게 된다. Gate신호는 최대 듀티에서부터 시작하게 되므로 구동회로 1차측  $I_{pri}$ 는 서지(surge)형태의 전류가 흐르게 되고 캐패시터 전압  $V_{Cr}$ 도 상승 후 정상상태에 이르게 된다. 따라서 최종 출력인 LED전류  $i_L$ 은 초기 일정시간 동안 과도상태가 반드시 존재하게 된다.<sup>[2]</sup> 상기의 문제는 Dimming듀티가 작을 경우 LED전류의 제어가 불가능해 더욱 치명적인 문제를 야기시키게 된다.

### 2.2 제안 전류 제어 기법의 동작 원리

앞서 고찰된 바와 같이 기존제어기의 경우 Dimming신호의 High 및 Low에 따라 출력전류의 도통과 차단이 반복되고 이에 따라 제어기인 Op-Amp의 (-)단자에 입력되는 출력 LED전류 검출신호로서  $I_{sense}$ 와 0이 반복되어 인가된다. 따라서 기존 회로에서 출력 LED전류의 과도상태 발생원인은 상기 동작에 의해 Op-Amp주변 제어용 캐패시터 전압의 과도상태에 기인된다. 기존 전류 제어기법에 의해 발생하는 문제점을 해결하기 위해 그림 2는 과도상태가 없는 제안된 제어기를 보이고 있다.

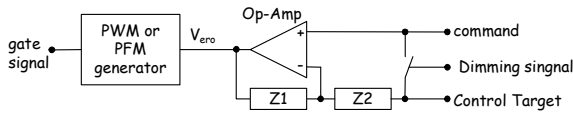


그림 2 제안 LED backlight 전류 제어 회로  
Fig. 2 The proposed LED backlight current control circuit

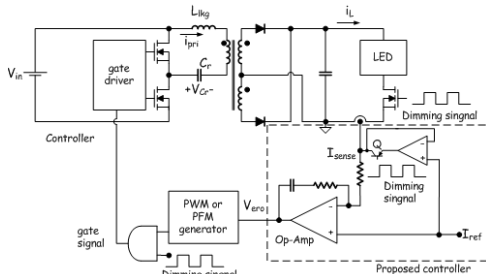


그림 3 제안 LED backlight 전류 제어 회로  
Fig. 3 The Proposed LED backlight current control circuit

동작 설명을 위해 그림 3과 같이 제안된 제어기가 적용된 LED구동회로의 일례를 든다. 제안된 제어기의 경우 Dimming 신호가 High인 경우 PNP트랜지스터 Q가 오프되어 기존제어기와 마찬가지로  $i_L$ 를 검출한 신호  $I_{sense}$ 가 Op-Amp의 (-)단자에 인가되어 출력전류를  $I_{ref}$ 와 동일하게 제어하고, Dimming신호가 Low인 경우 논리곱에 의해 Gate신호는 비활성화 되어  $i_L$ 은 0이 되고, PNP트랜지스터 Q가 온 되어 기존제어기와 달리 출력 전류  $i_L$ 이 0이라도  $I_{sense}$ 에  $I_{ref}$ 가 인가되므로 제어기는 항상 일정한 출력전류가 흐르고 있는 것처럼 동작하게 된다. 즉  $I_{sense}$ 에는 Dimming신호가 Low가 되어도  $I_{ref}$ 가 인가되므로 Op-Amp의 출력인  $V_{ero}$ 는 제어기의 동특성에 상관없이 항상 일정한 신호가 출력 되므로 이후 Dimming신호가 High가 되어도 LED구동회로는 과도상태 없이 항상 일정한 LED전류를 출력할 수 있다. 특히 Dimming듀티가 매우 작은 경우에도 과도 구간이 없이 항상 일정하고 서지(surge)없는 출력전류를 획득할 수 있다.

### 2.3 모의실험

PSIM simulation을 이용해 기존 제어 기법과 제안된 제어 기법을 비교, 분석 함으로써 제안된 기법의 타당성을 검증한다.

#### 2.3.1 모의 실험 조건

- Input : PFC output voltage : 390V
- Output LED current/voltage : (4Ch)800mA/220V

#### 2.3.2 모의 실험 결과

그림 5(a)는 제안된 제어기를 적용한 LED 구동회로의 모의 실험 결과이다. 앞서 이론적으로 고찰한 바와 같이 제어기의 동특성과 Dimming의 듀티비에 관계없이 과도상태가 없이 LED출력 전류가 0.8A로 매우 잘 제어 되고 있음을 알 수 있다. 반면, 그림 5(b)는 기존 제어기를 제안된 제어기와 동일한 제어기 시정수를 사용하여 모의실험한 결과를 보이고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 Dimming 듀티비 50%인 경우는 일정한 과도상태를 거친 이후 정상상태로 진입하고 있으나 듀티비가 15%이하로 작아질 경우 항상 과도상태에 머물러 출력 전류는 0.8A로 제어가 불가능하며, 발생하는 출력전류 Overshoot는 Dimming 듀티에 따른 휘도의 선형성을 왜곡시킨다.

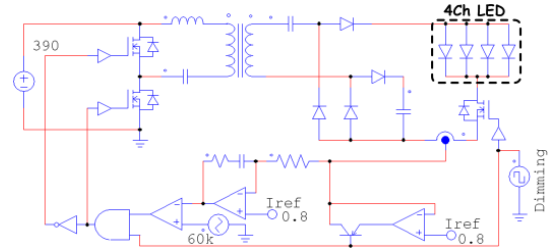
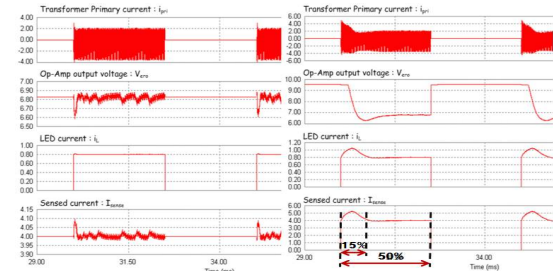


그림 4 제안 LED backlight 전류 제어 회로(Psim simulation)  
Fig. 4 The Proposed LED backlight current control circuit

< PWM dimming 듀티비 50% >



(a)제안 기법 적용시 (b)기존 기법 적용시

그림 5 제안/기존 회로의 주요부 파형(Psim simulation)  
Fig. 5 Waveforms of the proposed/conventional circuit

## 3. 결 론

기존 제어기는 제한된 동특성과 필연적으로 존재하는 과도 상태로 인해 발광소자의 휘도조절을 위한 PWM dimming의 최소 듀티비 한계가 존재하여 휘도가 낮은 영역에서의 정밀한 휘도조절이 불가능하고 과도구간동안 존재하는 출력 전류의 Overshoot는 Dimming 듀티비에 따른 발광소자 휘도의 선형성이 보장될 수 없는 단점을 지니고 있었다. 반면, 본 논문에서 제안하는 방식은 과도상태가 존재하지 않으므로 매우 낮은 휘도 영역에서도 출력 전류의 제어를 정밀하게 할 수 있는 장점이 있다. 뿐만 아니라 출력 전류의 Overshoot이 없으므로 Dimming듀티비에 따른 발광소자 휘도의 선형성을 보장할 수 있으며, 기존 회로에 PNP트랜지스터와 Op-Amp를 추가함으로써 구현이 가능하므로 제작단가 측면에서도 매우 유리한 장점을 가진다. 결론적으로 제안된 LED전류 제어 기법을 통해 고성능 및 고 신뢰성의 조명용 구동회로 구현이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구는 삼성전기(주)의 연구비 지원과 지식경제부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C1090-1021-0005)

## 참 고 문 헌

- [1] 조상호, 한상규, 홍성수, 사공석진, 권기현, 이효범, 노정욱, "LCD Backlight를 위한 CCFL 구동용 인버터 트랜스포머의 설계와 응용", 전력전자학회 논문지 2008. 4. pp96-102
- [2] Xiaoru Xu, Xiaobo Wu, "High Dimming Ratio LED Driver with Fast Transient Boost Converter" Power Electronics Specialists Conference, 2008. PESC 2008. IEEE, pp.4192-4195