

LED 접합온도 유지를 위한 전력 제어 시스템

박종연*, 정광현*, **유진완***, 최원호**
 강원대학교 IT특성화대학 전기전자공학과*, (주) 아이티파워**

Power Control System for Maintain a LED Junction Temperature

Chong-Yeun Park*, Kwang-Hyun Jung*, Jin-Wan Yoo*, Won-Ho Choi**
 Dpt. of Electrical and Electronic Engineering Kangwon National University*, IT POWER**

Abstract - LED는 기존조명에 비해 친환경적이고, 긴 수명을 갖기 때문에 현재에 이르러 광고조명이나 백라이트 유닛 그리고 실내·외 조명으로 각광받기 시작했다. LED를 조명용으로 사용 함에 있어서 LED의 PN 접합부에서 발생하는 접합온도 상승을 고려해야한다. 접합온도 상승은 LED의 광 출력과 수명의 감소, 광색의 변화를 초래하기 때문에 광 출력 및 광색을 유지시키고, 수명을 예측하기 위해서는 LED의 접합온도를 일정하게 유지시키는 LED 전용의 전력제어 시스템이 필요하다. 본 논문은 LED 접합온도 측정 시스템과 구동전원을 설계 및 제작하였으며, 측정된 온도를 구동전원에 제환시켜 접합온도를 일정하게 유지시키는 시스템을 제안하였다.

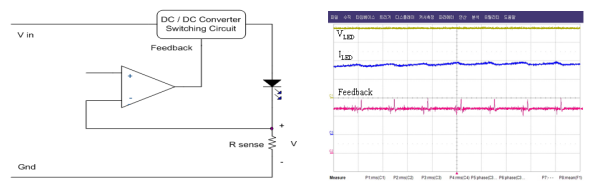
1. 서 론

차세대 조명용으로 각광 받는 LED는 발광효율이 높고 수명이 월등하며, 친환경적인 광원이다.[1] 특히 고출력 LED의 개발로 인해 실내·외 조명이 LED로 대체 되고 있다. LED는 PN 접합으로 이루어져있으며, 접합부에서 발광이 이루어진다. 반도체의 PN 접합이 갖는 온도 의존성 때문에 접합부에서 발광과 동시에 발열이 발생한다.[2] 이 과정에서 상승한 접합온도에 의해 광 출력 및 소자의 수명 감소가 나타난다. 특히 조명용과 같은 고전력을 이용하는 경우 접합온도의 상승이 더욱 크기 때문에 LED 조명의 수명과 광 출력을 유지하기 위해서는 반드시 접합온도를 유지해야 한다. 현재의 LED 구동방식인 정전류 구동방식으로는 한정된 방열설계와 실제 주위환경 내에서 접합온도를 고정한 채로 구동할 수 없다. 방열판 사이즈를 이상적으로 크게 하여 최대의 광 출력을 지속적으로 유지 할 수 있지만, 제한 된 공간에 방열설계는 한계가 있으며, 또한 방열판 만으로는 실제 주위 온도를 고려할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 LED의 접합온도를 측정하고, 측정된 접합온도에 따라 LED 인가 전력을 제어하는 시스템을 제안하였다. LED를 접합온도가 일정하게 유지되는 시스템으로 LED를 구동시킨다면 수명의 예측 할 수 있고, 광 출력의 감소, 접합온도 상승에 의한 LED 내부 Wire 파손을 방지 할 수 있다. 시스템 개발을 위해서 구동전원과 LED의 접합온도를 측정회로의 구성 방법에 관한 고찰 및 실험, 그리고 두 시스템의 결합 순서로 접근하였다. 제작한 구동전원은 전류 제한 벡 컨버터를 이용하였으며, LED는 OSRAM社의 LE_UW_E3B와 서울반도체의 X42180을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 정전류 구동 회로

리플전류가 접합온도의 상승을 초래하기 때문에 LED는 정전류로 구동되어야 한다. 그리고 LED는 입력전류와 광 출력 특성이 선형적인 관계를 갖기 때문에 광 출력을 조절하기 위해서는 정전류 구동이 정전압 구동보다 유리하다. 일반적으로 LED는 스위칭 전원 공급 장치(SMPS)로부터 전력을 공급받으며 상용전원과 절연을 위해 플라이백 컨버터와 DC / DC 컨버터를 사용하여 2 stage 방식으로 구동한다.[3] LED는 순방향 전압의 미소한 변화에도 순방향 전류는 상당히 크게 변화하기 때문에 기존에 있는 스위칭 기법인 출력전압 제환 방식으로 LED를 구동하는 경우 전류의 리플이 커질 수 있다. 전류 리플에 의해 상승된 접합온도는 광 출력을 감소시킨다. 이러한 문제로 인해 LED를 정전류로 구동하기 위한 많은 방법들이 연구 되어졌다. 일반적으로 DC / DC 컨버터 형태의 벡(Buck), 부스트(Boost) 컨버터를 사용한다. 출력전압이 입력전압보다 적을 때는 벡 컨버터 형을 사용하며, 그 반대의 경우에는 부스트 형을 사용한다. 그림 1은 전류 제어형 DC / DC 컨버터의 블록도이다.[4] R_{SENSE}는 전류 센싱을 위한 저항이며, 이 저항에 흐르는 전류에 의해 DC / DC 컨버터 스위치의 On / Off를 결정한다.



〈그림 2〉 제안된 컨버터 전류제어 방식 블록도 및 실험파형

이 저항에 걸리는 전압은 LED에 흐르는 전류에 의한 전압이므로, 이를 제환하는 것은 출력 전류를 제환하는 것과 같음을 의미한다. R_{SENSE}에서 센싱 된 전압은 OP-AMP로 구성된 증폭기 및 LPF(Low Pass Filter)를 통과하여, DC / DC 컨버터의 스위칭 소자(AP1501)의 Feedback 단자에 적합하게 증폭한다. 제작된 벡 컨버터의 규격은 표 1과 같다.

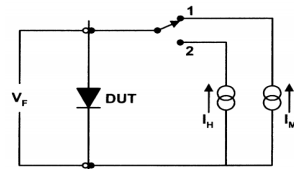
〈표 1〉 제작 된 벡 컨버터 규격

입력전압(V _I)	24V
출력전압(V _O)	20V
출력전류(I _O)	10mA ~ 1.4A
스위칭 주파수(F _s)	150khz

출력전류의 범위는 향후 온도 센싱에 의해 가변적으로 동작해야 하기 때문에 10mA~1.4A로 결정한다.

2.2 온도 측정 회로

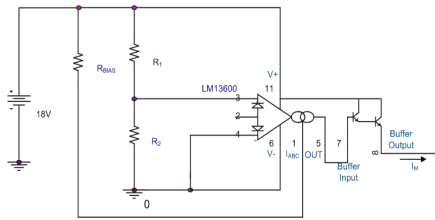
LED의 접합부는 예폭시 수지로 몰딩이 되어 있기 때문에 직접 접합온도를 측정하는 것은 불가능 하므로, 접합온도를 측정하기 위해서는 간접적으로 온도를 추정하여야 한다. 온도측정의 방법은 크게 광학적 방법(OTM/Optical Method)과 전기적 방법(ETM / Electrical Method)으로 나눌 수 있으며, OTM은 측정대상에 따라 광 출력 측정방법(POM / Lightpower Output Method)과 파장이동 측정방법(WSM / Wavelength Shift Method)로 나누어지고, ETM은 전류원의 수에 따라 단일 전류원 측정방법(SCM / Single Current Method)과 이중 전류원 측정방법(DCM / Dual Current Method)으로 나누어진다. 측정 된 온도를 이용하여 구동전원을 제어하여야 하므로 DCM을 이용한다. 그림 2는 DCM의 블록도를 나타내었다.



〈그림 3〉 DCM의 블록도

DCM은 구동전류원(I_H), 측정전류원(I_M)과 플로팅 스위치로 이루어져 있다. 측정원리는 I_H로 LED를 구동하는 중에 I_M을 순간적으로 인가하여 LED의 순방향 전압(V_F)을 측정한다. 구동전원은 상당히 큰 전류량을 갖는다. 때문에 구동전원으로 V_F를 측정할 데이터는 측정 시간에 구동전원에 의한 온도상승이 발생하고 있기 때문에 정확한 수치를 얻기 힘들며, 구동전류의 크기가 달라질 때 마다 V_F의 변화량도 같이 변하기 때문에 온도 측정 위한 전류원을 분리 시켜 측정하는 것이 바람직하다. 이때 I_M은 작을수록 좋지만 V_F의 변화가 너무 작으면 측정에 어려움이 있

으므로, 구동전류의 1/100로 설정하는 것이 적합하다.[5] 또한 측정전류는 미소한 양이므로 인가 시간이 길어지면 LED의 접합온도가 식을 수 있기 때문에 측정전류원은 짧은 시간동안 인가되어 V_F 를 측정해야 한다. I_M 은 OTA(Operational Transconductance Amplifier)로 구현이 가능하다.

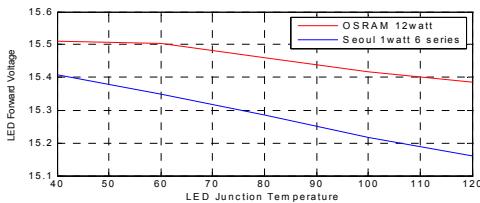


<그림 4> 측정 전류원 회로

그림 3은 OTA로 구현한 측정전류원 회로이다. 출력전류는 I_{ABC} 와 V_{IN} 으로 결정되며 출력 전류에 관한 수식은 다음과 같다.[6]

$$I_{out} = g_m V_{in} = KI_{ABC} V_{in}$$

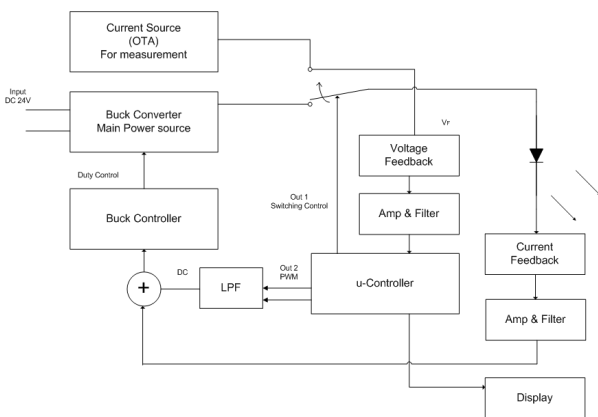
정전류로 구동 중인 LED의 온도가 상승함에 따라 V_F 는 감소한다. DCM으로 접합온도를 측정하기 위해서는 측정전류원이 흐를 때 접합온도 변화에 따른 V_F 의 변화에 관한 데이터가 필요하다. 데이터를 얻기 위해 다음과 같은 실험을 하였다. 항온챔버에 LED를 넣고 온도를 상승시킨다. 이때 LED의 접합온도와 항온챔버 내부 온도가 온도 평행이 이루어지면 접합온도와 항온챔버 내부 온도는 같다는 가정을 할 수 있다. 다음으로 측정전류를 인가하여 V_F 를 측정한다. 이때 측정전류 10mA는 미세한 양의 전류이므로 이 전류의 인가로 인해 LED의 접합온도는 상승하지 않는다고 가정한다. 항온챔버의 온도를 20°C씩 상승시켜 V_F 를 측정하면 그림 4의 결과를 얻을 수 있다.



<그림 5> 순방향 전압(V_F)-접합온도(T_J) 측정 결과

2.3 제어 시스템

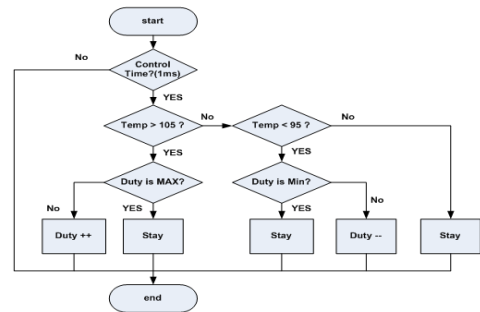
그림 5는 개발된 시스템의 전체 블록도이다.



<그림 6> LED 접합온도 제한 전력제어 시스템

전류 제한 벡 컨버터와 LED 접합온도 측정회로의 결합으로 온도 제한 시스템을 구성한다. 구동전류원에 의해서 LED가 발광하는 중에 측정전류원으로 스위칭 하여, 온도를 측정한다. LED가 조명으로서 구동되는 중에 온도 제한이 이루어져야 하므로 벡 컨버터와 측정전류원 간의 스위칭 주파수는 사람이 인식할 수 없는 주파수 이상으로 동작해야 한다. 위에서 언급했던 측정전류원의 인가 시간과 스위칭 주파수에 관한 내용을 바탕으로 구동전류와 측정전류원의 스위칭 주파수는 300Hz, 측정전류 인가시간은 300us로 결정하였다. 이때 측정된 V_F 는 마이컴으로 인가되어 A/D 변환된다. A/D 변환된 값은 레귤레이션 해야 할 온도의 A/D 값과 비교되어지며, 비교된 값에 따라 PWM 출력의 Duty를 조절한다.

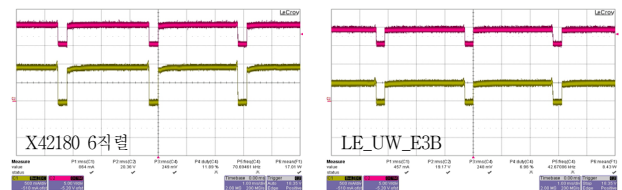
LED가 구동 중에 LED 접합온도가 증가하면 마이컴의 PWM Duty는 증가하고, 접합온도가 감소하면 PWM Duty는 감소한다. 마이컴의 PWM 출력 단자는 벡 컨버터의 Feedback에 연결되어 LED 접합온도가 마이컴에 설정된 레귤레이션 온도보다 크면 LED로 인가되는 벡 컨버터 출력 전류를 감소시키고, 레귤레이션 온도보다 작으면 LED로 인가되는 벡 컨버터 출력 전류는 증가하게 된다. 그림 6은 벡 컨버터를 제어하기 위한 PWM 발생의 흐름도이다.



<그림 7> 벡 컨버터 제어 PWM 흐름도

2.4 결과

개발된 시스템은 LED의 온도를 측정하여 일정범위 내에서 온도 레귤레이션을 하여 구동한다. 이 시스템을 통해 OSRAM LE_UW_E3B 1개와 서울반도체 X42180 6직렬을 105°C로 구동하였다. 실험 결과 LED의 온도가 상승함에 따라서 1.2A인 구동전류를 점차 하강시켜 각각 950mA ~ 1A, 1A ~ 1.1A에서 레귤레이션 함을 확인하였다.



<그림 8> 접합온도 제한에 의한 전류변화 측정파형

3. 결론

LED 구동의 문제점인 접합온도의 상승문제를 해결하기 위하여 LED 접합온도를 측정하여 능동적으로 전력 제어하는 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 LED의 방열설계가 최적일 경우에는 정격 전류에서 온도 레귤레이션을 하여 최대 광 출력을 갖지만, 방열설계가 적당치 못할 경우, 상승한 접합온도를 낮추기 위해 광 출력이 감소되어 레귤레이션 된다. 이는 곧 방열 설계에 따른 최대 광 출력을 얻을 수 있음을 나타낸다. 향후 연구과제는 LED 접합온도 제한 구동 방식과 정전류 구동 방식에 의한 광 출력을 비교하는 것이다.

본 연구는 지식경제부 주관 전력 IT 사업에서 지원받아 수행되었으며 관계 기관 및 기업에 감사드립니다.

[참고 문헌]

- [1] 박종연, 유진완, 최왕섭, "PIR 센서와 정전류 IC를 이용한 인체 감지형 POWER LED 구동 회로" 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, 2295-2296p, 2008
- [2] 이주엽, 김석원, 박승남, 박성중 "가변폭 전류 펄스인가를 통한 LED 접합온도 측정법의 개발과 LED 노화특성 평가에 적용", The Korean Physical Society Volume 52, 490-495p, 2006
- [3] 김인범 외 8명 "Analog Dimming을 이용한 Single-stage LED 구동 회로", 전력전자학술대회 논문집, p541-543, 2008
- [4] 한수빈, 정학근, 정봉만, 박석인, 유승원, "고휘도 LED 램프의 전원 기술 동향" 전력전자학술대회 논문집, 906-909p, 2004
- [5] Bernie Siegal, "Practical Considerations in High Power LED Junction Temperature Measurements" IEMT 31st International Conference, 62-66p, 2006
- [6] Thomas L. Floyd, "OTA", Electronic Devices 7th Edition, 859-866P, 2005