

LED 조도제어 시 특성변화를 최소화하기 위한 PWM 주파수 선택방법

유진완, 이무현, 박종연
강원대학교 IT대학 전기전자공학과

PWM Frequency Selection Method to Minimize LEDs Characteristic Deviation on Dimming State

Jin-Wan Yoo, Mu-Hyun Lee, Chong-Yeun Park
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Kangwon National University

ABSTRACT

LED의 조도제어 방식은 타 방식에 비해 비교적 광색의 변화가 작고, 선형적인 조도제어가 가능한 PWM 방식을 사용한다. 본 논문은 LED를 PWM 방식으로 조도제어 했을 때, PWM 주파수에 의해 변화 하는 LED의 특성변화를 최소화하도록 주파수를 선택하는 방법을 제안하였으며, 이를 실험적으로 검증하였다.

1. 서 론

최근 고효율 백색 LED(Light Emitting Diode)의 개발이 활발하게 진행되고, 그로 인해 실내·외 조명이 급속하게 LED로 대체 되고 있다. 그 이유는 LED의 반도체 재료 및 공정기술 발달에 따른 광 효율의 상승과 전 세계적으로 진행되는 친환경 제약에 따른 제도적 측면 때문이다.^[1] 또한 일반적으로 사용되는 형광등이나 가스방전등은 방전관 사이에 고전압을 발생시켜 점등을 보조해주는 점화기(Ignitor)가 필요하지만, LED는 DC 전원만 인가되면 점등이 되기 때문에 구동회로도 간소화 되는 장점을 갖고 있다. 그리고 반도체 재료에 따라 LED의 발광 파장을 결정 할 수 있기 때문에 모든 광색을 구현 할 수 있다. 따라서 인간의 감성에 적합한 조명을 제공하는 것이 LED 조명의 궁극적 목표이다.^[2] LED의 조도제어 방법은 Analog 방법과 PWM(Pulse Width Modulation) 방법으로 나뉜다. Analog 디밍은 LED의 전류 크기를 조절하는 방법으로써 조도제어 시 광색의 변화가 발생하는 단점을 갖고 있다. 반면 PWM 디밍은 광색의 변화가 없고, LED의 정밀한 전류를 제어 할 수 있다. 본 논문은 PWM 조도제어 시 PWM 주파수의 변화에 따른 LED의 특성변화가 최소가 되는 주파수 선택방법을 제안하였다.

2. 본 론

백색 LED를 구현하는 방법은 RGB LED를 조합하는 방법, 자외선 LED에 RGB 형광체를 패키징 하는 방법, 청색 LED에 황색 형광체를 패키징 하는 방법이 있다.^[3] 이 방법들 중 광 효율이 다른 방법에 비해 높고, 제조단가가 저렴한 청색 LED에 황색 형광체를 패키징 하는 방법을 주로 사용하여 구현된다. 이와 같은 제조공정 때문에 백색 LED의 파장 특성은 청색과 황색 영역에서 높은 광속을 갖게 된다.^[4] LED는 전류의 변화

에 따라 파장이 변화하는 특징을 갖는다. 파장은 빛의 고유 색상을 의미하기 때문에 LED의 조도를 제어하기 위한 방법 중 전류를 직접 조절하는 Analog 디밍은 파장의 변화를 초래하게 되며, 그로 인해 광색이 변하게 된다.

PWM 디밍은 LED를 On / Off의 Duty 비에 의해 조도를 조절하는 방법이다. 이 방법은 최대 순시전류의 크기가 변하지 않기 때문에 안정적인 광색 출력을 얻을 수 있다. 그러나 이 방법은 Duty 비에 의해서만 디밍이 이루어지기 때문에 PWM 주파수에 관한 기준은 모호한 실정이다. LED의 광학적 특성 편차가 최소가 되도록 하는 PWM 주파수를 선택하는 것은 중요한 문제이며, 이를 결정하기 위해서는 주파수에 따른 광학적 실험이 필요하다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험환경 구성

LED의 조도는 전류의 크기와 비례하고, 각 LED의 전기적 특성 편차로 인해 전원장치는 반드시 정전류를 공급하도록 구성되어야 한다. 이를 구성하기 위해 AMC7140은 선형 전류 레귤레이터로서 회로의 제작이 용이하고, PWM 디밍이 가능하다. 이를 이용하여 LED 구동회로를 구성하였다. 그리고 PWM 주파수를 변경하며 정확한 조도 및 파장을 측정하기 위해 암실을 구성하여 실험하였다. 구성 된 회로 및 실험환경은 그림 1과 같다.

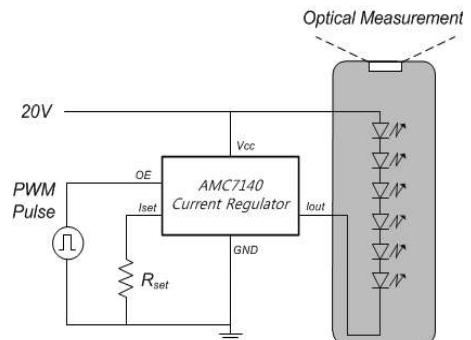


그림 1 LED 구동회로 및 실험환경
Fig. 1 LED Driver Circuit and Experimental Setup

LED의 순시 최대전류는 600mA이며, Duty 비는 70%로 설정하였으며, 100Hz와 10kHz의 PWM 주파수로 구동하여 조도 및 파장의 변화를 측정할 수 있도록 구성 하였다. 인간의 눈은 100Hz 이상의 플리커 현상을 인지할 수 없기 때문에 반드시 PWM 주파수는 100Hz 이상으로 설정 되어야 한다. 측정에는 OSRAM社의 LUW W5AM 백색 LED를 사용하였으며, 구현된 회로에 의해 구동되는 LED의 전압(V_F) 및 전류(I_F)는 그림 2와 같다.

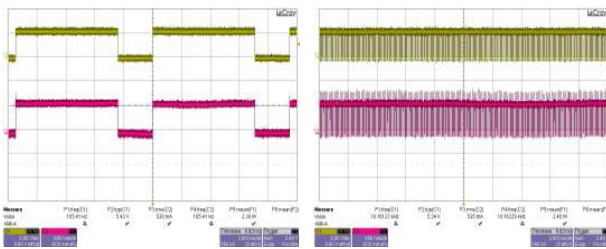


그림 2 LED V_F 및 I_F ($f_{PWM}=100\text{Hz}$, 10kHz)
Fig. 2 LED V_F and I_F ($f_{PWM}=100\text{Hz}$, 10kHz)

3.2 광학적 실험결과 및 고찰

PWM 주파수에 따른 조도 및 파장은 5분 간격으로 20분 동안 측정되었으며, International Light社의 ILT900와 Extech社의 Lightmeter를 이용하여 파장과 조도를 측정하였다.

PWM 주파수에 따른 상대조도의 변화는 그림 3과 같다. PWM 주파수가 100Hz 일 때 보다 10kHz일 때 조도의 감소가 더 크게 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

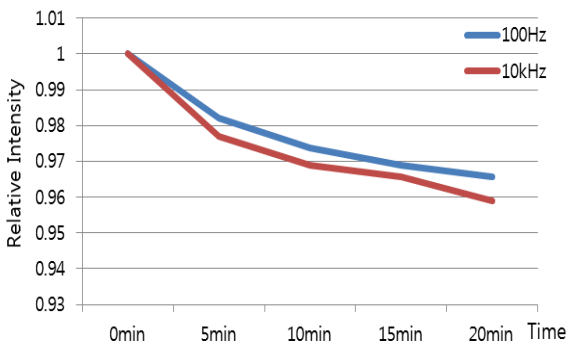
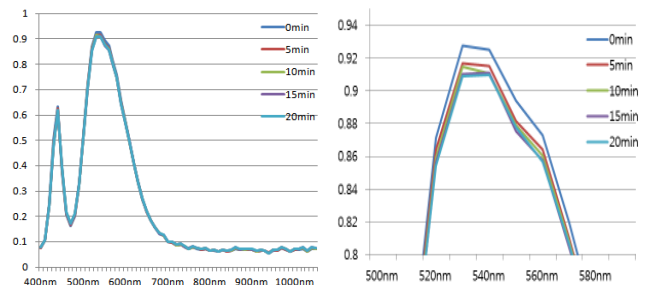


그림 3 PWM 주파수에 따른 상대조도 변화
Fig. 3 Variation of Relative Intensity According to PWM Frequency

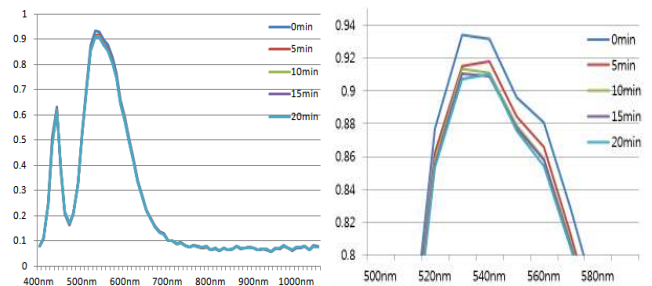
그림 4는 PWM 주파수에 따른 파장의 변화를 나타내었다. (a)는 100Hz 일 때, (b)는 10kHz일 때 파장의 변화이며, 우측의 그래프는 최대 파장을 확대하여 나타낸 것이다. PWM 주파수가 10kHz일 때 100Hz일 때 보다 파장의 변화량이 큰 것을 확인 할 수 있다. 이와 같은 실험결과는 주파수가 높을수록 조도의 감소가 빠르고, 파장의 변화가 크다는 것을 알 수 있다. 또한 10kHz로 구동하였을 때, 파장 530nm~550nm에서 Peak 파장이 이동하며 이는 광색의 변화로 나타난다.

PWM 주파수를 높이는 이유는 LED 구동회로를 벅 컨버터와 같은 스위칭 레귤레이터로 구현 할 경우, 인덕터에서 청취가 가능한 소음이 발생할 수 있기 때문이다. 이 원인을 인덕터 권선의 문제 또는 LED의 PWM 주파수로 인한 발생으로 보고

있으며, 이를 회피하기 위해서 PWM 주파수를 1Khz 이상으로 LED를 구동한다.^[5] 하지만 위 실험환경과 같이 선형 레귤레이터로 정전류를 공급해 주는 경우에는 높은 PWM 주파수가 조도와 파장 변화에 영향을 미치지 않기 때문에 가능한 한 PWM 주파수를 낮게 설정하는 것이 바람직하다.



(a)



(b)

그림 4 LED의 파장특성 변화 (a: $f_{PWM}=100\text{Hz}$, b: $f_{PWM}=10\text{kHz}$)
Fig. 4 Variation of Wavelength of LED (a: $f_{PWM}=100\text{Hz}$, b: $f_{PWM}=10\text{kHz}$)

4. 결 론

본 연구는 백색 LED를 구동 시 LED의 특성편차가 최소화 되는 PWM 주파수를 선택하기 위한 연구를 하였으며, 이를 주파수에 따른 광학적 특성을 비교함으로써 확인하였다. PWM 주파수는 인간이 감지하지 못하는 가장 낮은 주파수인 100Hz의 PWM 주파수로 구동하여야 주파수에 따른 조도 및 파장의 변화를 최소화 할 수 있다. 따라서 LED의 광색이 일정하게 유지되어야 하거나 조도의 변화가 민감한 곳의 조명용으로 사용되어 질 경우 PWM 주파수를 높이는 것은 지양되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 임기승, "아날로그와 PWM 방식을 결합한 POWER LED의 최적 조도 제어 방법", 공학석사학위논문, pp.1-4, 2010.
- [2] 유영문, "LED 시장 및 기술동향", 전자공학회지 37권 제2호, pp.148-163, 2010.
- [3] 손원국, "LED 조명산업의 현황과 전망", 조명설비학회지 24권 제1호, pp.5-13, 2010.
- [4] OSRAM Golden DRAGON LUW W5AM Datasheet, pp.1-20, 2008.
- [5] Ray Liu, "Getting more out of the ZXLD1350-dimming techniques", ZETEX AN47, pp.1-6, 2006