

## LED 접합온도 추정 방법 및 온도 보상 시스템

박종연\*, 최영민\*, 유진완\*  
 강원대학교 IT 대학 전기전자공학과\*

### The estimation method of LED junction temperature and temperature compensation system

Chong-Yeun Park\*, Young-Min Choi\*, Jin-Wan Yoo\*

Dpt. of Electrical and Electronic Engineering Kangwon National University\*

**Abstract** - LED는 친환경 광원으로써 메탈램프에 비해 높은 광 변환 효율과 긴 수명을 갖고 있어 차세대 광원으로 널리 쓰이고 있다. 그러나 이러한 특성은 LED의 접합온도가 일정하게 유지 되어야 가능하다. 실제 LED는 PN접합으로 구성되어 접합온도가 상승될 경우 광 변환 효율의 저하, 색온도의 변화, 사용 수명의 감축을 야기 시키는 요소로 작용한다. 따라서 LED는 방열설계가 중요하며 방열설계가 제대로 되지 못한 경우에 대해서는 온도보상이 필요하다. 본 논문은 LED모듈에 접합온도를 LED업체에서 제공하는 그래프를 이용하여 간접적으로 추정하고 LED의 접합온도를 일정하게 유지 시키는 시스템을 제안하였다.

#### 1. 서 론

최근 환경 문제가 심각해짐에 따라 세계는 친환경적인 요소들에 관심을 갖고 있다. 따라서 조명산업에서도 기존에 사용되어왔던 광원 대신에 수명이 들어 있지 않은 LED 광원에 주목하고 있으며 제조기술은 더욱 빠르게 발전하고 있다. 현재 시장에 나와 있는 LED는 저 전력 소모, 반영구적인 수명, 빠른 응답속도로 기존 광원에 비해 월등한 퍼포먼스를 내고 있다. 그러나 LED는 기존 광원과 달리 반도체 소자를 사용하므로 1개의 LED에서 출력하는 Watt는 한정되어 있다. 따라서 보안등이나 가로등으로 사용할 경우 여러 개의 LED를 부착하여 고효율을 내며 이에 따른 방열 설계가 중요시 된다. 만약, LED의 PN접합에 발생하는 열을 제대로 방열해줄 수 없을 경우 LED는  $V_F$ 와 발산하는 빛의 총량 감소되며, 과장 및 사용 수명 또한 단축시킨다. 따라서 LED의 효율성은 급격히 저하되며 심각할 경우 LED의 열 폭주로 인해 파손될 수 있다. 결국, 최적의 방열설계가 요청되며 그렇지 못 할 경우 LED의 접합온도 특성을 고려한 제어가 필요하다. 최근에 기술동향을 살펴보면 LED는 포워드 전류와 광량이 선형적인 관계를 갖고, 제조 공정상  $V_F$ 의 편차가 심하기 때문에 정전류 방식으로 구동하고 있는 추세이다.

본 논문에서는 방열 처리가 임계수준에서 설계되어 외부 환경적 요인에 따라 LED 접합온도가 상승하는 경우 발생하는 문제점을 보완하기 위해 LED 제조업체에서 제공하는  $V_F - T_j$  특성 곡선 그래프를 이용하여 LED 접합온도를 추정하고 LED 모듈에 적용 가능한 온도보상 제어 회로를 제안 하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 열저항 수식을 이용한 접합온도 표현식

열저항은 열이 전도되기 어려운 정도를 말하며, 열저항은 다음 (1) 식으로 정의된다.

$$P_D = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{T_j - T_a}{R_{th}} \dots\dots\dots (1)$$

이 식은 전기회로의 옴의 법칙을 열회로에 대해 표현한 식으로  $P_D$ 는 LED에서 소모되는 소비전력,  $\Delta T$ 는 온도차,  $T_j$ 는 접합온도,  $T_a$ 는 외부 온도,  $R_{th}$ 는 열저항을 나타낸다.

(1)식을 다시 접합 온도에 대해 정리하면 다음과 같이 식(2)도 정리된다.

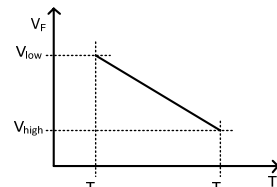
$$T_j = T_a + P_D \times R_{th} \dots\dots\dots (2)$$

또한, 식 (2)를 다르게 표현하면  $P_D \times R_{th}$  항이 LED 접합부분에서 발생하는 온도의 변화량이므로 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$T_j = T_a + \Delta T_j \dots\dots\dots (3)$$

##### 2.2 K-factor를 이용한 접합온도 추정

LED의 접합온도를 측정하기 위한 방법으로 크게 광학적 방법(OTM : Optical Method)과 전기적 방법(ETM : Electrical Method)으로 나누어지며 이 중 광학적 방법은 측정 환경 구성과 회로적용이 어려워 주로 전기적 방법을 사용한다. 전기적 방법 중 이중 전류원 측정 방법(Dual Current Method)은 측정 전류원( $I_M$  : Measure Current)과 구동 전류원( $I_H$  : Heat Current)을 따로 사용하여 단일 측정에 비해 정확도가 높다 [1]. 실험 방법은 항원 챔버내에 LED를 넣고 접합온도 상승에 영향을 미치지 않는 작은 전류를 인가하여 외부온도( $T_a$ )와 접합온도( $T_j$ )가 동일하다는 가정이 성립하도록 한다. 그리고 항원 챔버 내의 온도를 가변하여 LED의  $V_F$ 를 측정한다. 그 결과  $V_F$ 와  $T_j$  사이에 일정한 비례 관계가 성립하며 다음 그림과 같다[2].

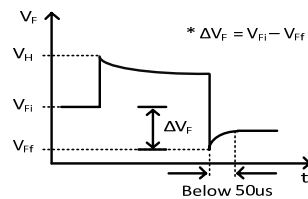


<그림 1> 일반적인 LED의  $V_F - T_j$  특성

K-factor는 옴의 기울기를 가지는 1차함수로 기울기의 크기만을 나타내기 때문에 항상 양의 값으로 식(4)와 같이 표시된다.

$$K = \left| \frac{T_{high} - T_{low}}{V_{low} - V_{high}} \right| \dots\dots\dots (4)$$

그림 2는  $\Delta V_F$ 를 측정하기 위한 방법으로  $I_H$ 를 흘려주고 일정시간이 지난 후  $I_M$ 을 인가하여 LED 구동 전/후의  $\Delta V_F$ 를 측정한다[2].



<그림 2> 이중 전류원 측정 방법을 이용한  $\Delta V_F$ 의 측정방법

식 (5)는 그림1을 통해 접합온도의 변화량을 K-factor와  $V_F$ 변화량의 곱으로 다음 식(6)과 같이 표현하였다.

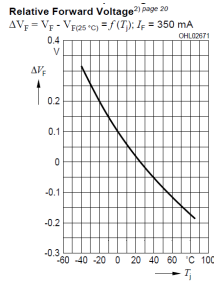
$$\Delta T_j = (V_{Fi} - V_{Ff}) \cdot \left( \left| \frac{T_{high} - T_{low}}{V_{low} - V_{high}} \right| \right) \dots\dots\dots (5)$$

$$T_j = T_a + \Delta V_F \cdot K \dots\dots\dots (6)$$

LED의 접합온도는  $V_F - T_j$  특성 곡선에서 얻은 K-factor와  $V_F$ 변화량을 통해 간접적으로 알 수 있다. 그러나 이러한 이중 전류원 측정 방식은 접합온도를 측정하기 위해 구동 전류원과 측정 전류원을 별도로 만들어야 하기 때문에 회로에 적용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 실제 회로에 적용이 용이한 방식으로 기존에 LED 제조업체에서 제공하는  $V_F - T_j$  특성 곡선을 이용하였다.

### 2.3 DATASHEET를 이용한 접합온도 예측

그림 3은 오스람사에서 제공하는 LUW W5AM LED의  $V_F - T_J$  특성 곡선이다[4]. 대부분의 LED 제조업체는 그림 3과 같은 특성 곡선을 공개하고 있으며 이를 이용하면  $\Delta V_F$ 에 따라 LED의 접합온도를 추정할 수 있다.

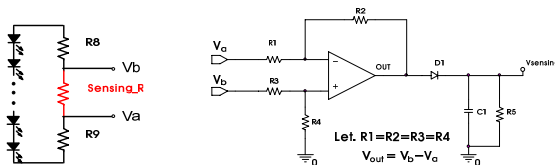


<그림 3>  $V_F$ 와  $T_J$ 의 관계

### 2.4 온도 보상 제어회로

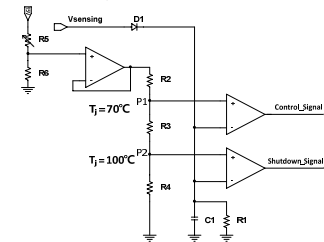
제한한 온도 보상 시스템은 LED의 접합온도가 70°C 이하에서는 정상으로 판단하고 그 이상일 경우 비정상적으로 판단하도록 한다. 비정상적으로 판단될 경우 LED를 일정 수준으로 디밍하여  $T_J$ 를 감소시키며 만약  $T_J$ 가 지속적으로 상승될 경우 LED 접합온도의 최대 허용치인 125°C에 도달하기 전에 100°C에서 LED Driver를 Shutdown시켜 LED의 파손을 방지하는 보호회로를 구현한다.

$\Delta V_F$ 의 측정은 단일 LED의 경우 전압차가 미소하므로 LED 모듈의 열에 대해서 전압 분배에 의해 센싱 받게 된다. 센싱 저항(Sensing\_R)은 접합온도가 60°C일 때 약 10V가 걸리도록 설정하고, 이 저항 양단은 차분 증폭기의 입력으로 사용된다. 또한 차분 증폭기의 출력 전압( $V_{sensing}$ )은 접합온도를 판단하는 신호로 쓰이게 된다.



<그림 4>  $\Delta V_F$  센싱 회로

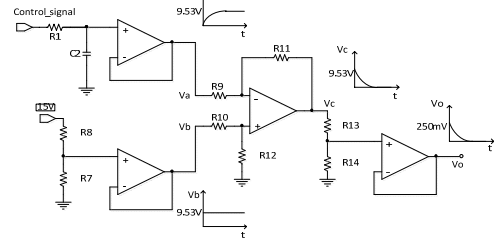
그림 5는 차분 증폭기에서 받은 센싱 전압의 크기에 따라 디밍 신호 또는 Shutdown신호를 내보내는 회로이다.  $V_{sensing}$ 신호는 차분 증폭기의 최종 출력 신호이며 LED 접합온도가 60°C 이하에서는 10V 이상으로 출력된다. 따라서 P1, P2지점의 전압 설정은 그림3 그래프를 참고하여 접합온도가 70°C, 100°C 이상 증가될 때  $V_F$ 의 전압의 감소량을 각각 계산하여 기준전압으로 정한다. 그림5 회로의 동작을 정리하면 접합온도가 70°C이하에서는 P1, P2 지점의 전압이 항상 작기 때문에 그에 따른 제어 신호가 출력되고 만약, 지속적으로 LED 접합온도가 상승될 경우 P1, P2의 전압이  $V_{sensing}$ 보다 커져 high신호를 출력하여 최종적으로 Driver가 Shutdown된다.



<그림 5> 접합온도에 크기에 따른 제어회로

그림 6은 Control\_Signal에 따라 LED Driver LD pin에 인가할 제어 신호를 가공하는 회로이다. LED Driver에 구성되어 있는 LD pin은 Linear Dimming pin으로 정출력을 할 경우 VDD를 인가하고 디밍을 할 경우 250mV 이하의 범위 내의 전압 인가하여 디밍을 하게 된다. 따라서 그림 6의 회로는 Control\_Signal의 입력에 따라 최종적으로 250mV 이하의 전압을 인가하도록 하는 회로이다. 세부적인 원리로는  $V_F$  센싱에 의해 얻어진 Control\_Signal 출력에 대해 R1, C2는 충/방전을 하게 되고 buffer op-amp를 통해 출력된다. 이 출력은 차분 증폭기의 입력으로 들어가게 되고 차분 증폭기의 다른 하나의 입력은 15V 전원에 의해 전압 분배된 DC 전압으로  $T_J=70^\circ\text{C}$ 일 때의 전압이다. 이 두 신호는 차분 연산을 하게 된다. 그 결과 약 10V 레벨의 크기를 갖는 신호가 출력되고 이 신호는 LD pin에 입력 범위를 초과 하므로 전압분배에 의해

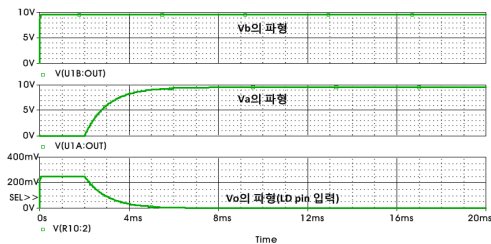
250mV 이하의 신호로 변환하여 최종적으로 LD pin에 인가된다.



<그림 6> Control\_Signal 신호에 따른 디밍제어 회로

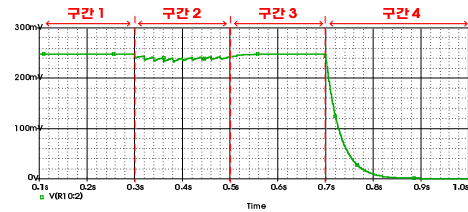
그림 6에 나타난 각 부분의 파형은 Control\_Signal이 지속적으로 들어올 경우에 대해 나타난 파형으로 최종 LD pin에 인가되는 파형은 0V가 되어 LED가 소등되게 된다.

그림 7은 Orcad를 이용하여 LED 접합온도가 지속적으로 상승할 경우에 대해서 Simulation 하였다. 그 결과 그림 6의 각 부분의 파형과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



<그림 7>  $\Delta V_F$  센싱 회로의 입력에 따른 출력전압

그림 8은 LD pin에 인가되는 신호로 센싱 값에 따라 구간을 나누었다. 구간 1, 3은 Control\_Signal이 센싱 되지 않은 경우, 구간 2는 간헐적으로 센싱된 경우, 구간 4는 지속적으로 센싱된 경우에 대해 Simulation한 결과이다. 이를 통해 센싱 값에 따라 LD pin에 인가되는 전압이 가변되는 것을 확인하였다.



<그림 8> Control\_Signal 가변에 따른 출력전압

## 3. 결론

본 논문에서는 방열 처리가 임계수준에서 설계되어 외부 환경적 요인에 따라 LED 접합온도가 상승하는 경우 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방법으로 LED 제조업체에서 제공하는  $V_F - T_J$  특성 곡선을 이용하여 대략적인 접합온도를 추정하고 추정된 값에 따라 LED를 Linear Dimming을 하여 접합온도를 감소시키는 회로를 제안하였다. 또한 Orcad를 이용한 시뮬레이션을 통해 회로 구현의 타당성을 검증하였다. 앞으로의 연구는 제안된 회로를 바탕으로 실제 LED 조명등에 적용하여 성능을 입증할 필요가 있다.

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력 과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2011-C6150-1101-0002)

### [참고 문헌]

[1] 박종연, 정광현, 유진완, 최원호, "LED 접합온도 유지를 위한 전력 제어 시스템", 대한전기학회, 934-935p, 2009  
 [2] Bernie Siegal, "Practical Considerations in High Power LED Junction Temperature Measurements" IEMT 31st International Conference, 62-66p, 2006  
 [3] 이호운, 조영진, 광계달, "열저항과 K-factor를 이용한 LED 조명 광원의 정선온도 예측기법에 관한 연구", 대한기계학회, 1555-1556p, 2009  
 [4] OSRAM, "LUW W5AM Golden DRAGON Plus with Chip Level Conversion", 2007-12-05