

에너지 절약형 LED 신호등 구동회로 설계에 관한 연구

정 학근, 정 봉만, 유 승원, 박 석인
한국에너지기술연구소, 전기에너지연구원

The Driving Circuit Design for the LED Traffic Signal Lamp

Hakgeun Jeong, Bongman Jung, Seung-Weon Yu, Sukin Park
Korea Institute of Energy Research, Electric Energy Research Team

Abstract - 8~12인치의 원형(또는 사각) PCB 기판에 수백 개의 고휘도 반도체 발광 다이오드(Light Emitting Diode, LED)와 구동 회로로 구성되는 LED 교통 신호등은 특정 파장대의 단색광을 발광하므로, 기존의 백열전구식 신호등에 비해 시인성이 좋고, 80% 이상의 에너지 절약이 가능하다. 그러나 LED는 주위 온도에 따라 밝기가 변화하는 특성이 있다. 신호등은 기능상 외부 온도의 영향 없이 항상 일정한 광도를 유지해야 하므로, 본 논문에서는 외부 온도의 변화에 관계없이 일정한 광출력을 유지할 수 있는 LED 구동회로를 설계한다. 이를 위해 정전압 및 정전류로 구동되는 LED의 온도에 따른 광출력 특성 실험이 수행되고, 이러한 데이터들을 바탕으로 정광출력 LED 신호등 구동회로가 설계되고 그 성능을 평가한다.

화량 규격에 대해서 설명하고, 4장에서는 정광출력 LED 신호등 설계 방법에 대해서 설명하고, 마지막으로 5장 결론에서는 본 정광출력 구동회로의 결과와 향후의 과제에 대해서 설명한다.

2. 고휘도 발광소자의 특성

신호등에 사용하는 고휘도 발광소자는 적색, 황색, 녹색이 사용된다. 신호등용으로 사용되기 위한 각 빛의 파장대는 표 1에 정리되었다. 현재 일본의 니제야사, 미국의 휴렛-팩커드사 등에서 이 규격내의 LED 제품을 생산하고 있다.

[표 1] 신호등의 파장 규격(nm)

	적색	황색	녹색
파장 규격	610-635	587-598	495-510

1. 서 론

현재 국내에서 사용되는 교통 신호등용 전구는 백열전구로 발열에 의한 방식으로 인해 낮은 발광 효율과 짧은 수명, 그리고 특정 색의 빛을 얻기 위한 착색 렌즈의 사용으로 인한 빛 손실 등으로 전력의 과소비와 잦은 유지보수로 관리비용의 증가와 교통 환경 악화의 원인이 되고 있으며, 국가적으로는 귀중한 에너지의 낭비, 침투부하 증가에 따른 전력 수요 관리의 어려움, 발전용 화석 연료 사용 증가에 따른 환경 오염 유발 등의 문제가 발생하고 있다.

LED 교통신호등은 발열에 의한 열손실이 거의 없고, 특정 파장대의 단색광을 발광하여 착색렌즈 사용에 따른 빛손실이 없어 80% 이상의 대폭적인 에너지 절약이 가능하며, 또한 긴 수명으로 유지보수비용의 절감 및 교통 환경개선 효과가 크게 기대된다.

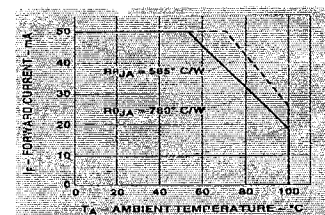
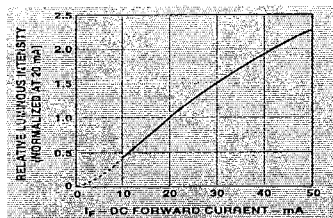
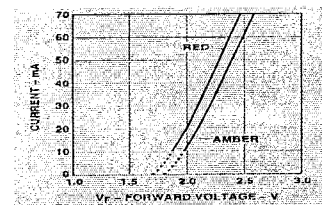
그러나 LED를 사용하여 기존의 백열등식 신호등을 대체하기 위해서는, 교통신호등의 경우 사람들의 안전과 직결된 사안이므로, 외부온도의 변화에 관계없이 일정한 광출력을 낼 수 있도록 해야 한다.

현재 주위 온도의 변화에 상관없는 정광출력을 위한 LED 구동회로는 주위 온도나 LED의 광출력을 온도센서나 광센서를 통해 sensing하여 LED의 구동전류나 전압을 제어하는 기술들이다. 그러나 이러한 구동회로는 온도센서나 광센서를 사용하고 이 신호들을 폐환하여 제어하는 제어를 제작함으로써 제작단가와 소비전력 등이 증가하게 된다.

본 논문에서는 저가의 써미스터를 이용하여 외부온도의 변화에 상관없이 일정한 광출력을 낼 수 있는 특성을 가진 정광출력 LED 신호등 구동회로를 제안하고자 한다. 정광출력 LED 구동회로의 원리는 정전류 구동회로의 에미터 저항에 써미스터를 사용함으로써 외부의 온도가 변화하면 써미스터의 저항값이 변화므로 자동적으로 LED의 구동전류를 변화하도록 하는 것이다.

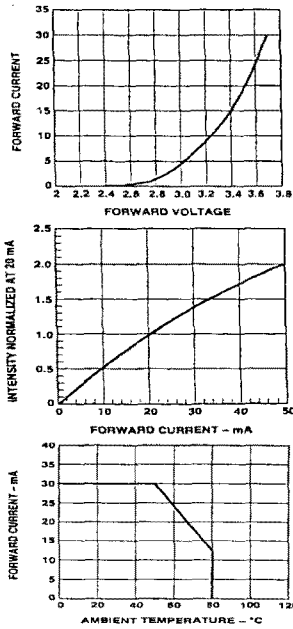
이하, 2장에서는 신호등용으로 사용 가능한 고휘도 발광 다이오드의 특성에 대해서 언급하고, 3장에서는 현재 ITE 규격에서 제한하고 있는 LED 신호등의 광출력 변

적색, 황색 LED는 AlInGaP(aluminum indium gallium phosphide)의 구성물로 제조되고, 전압과 전류의 특성, 전류에 대한 밝기 그리고 온도에 대한 허용 전류 특성은 그림 1에 나타내었다.



[그림 1] 적색, 황색 LED의 특성

녹색 LED는 InGaN(indium gallium nitrogen)의 구성물로 제조되고, 전압과 전류의 특성, 전류에 대한 밝기 그리고 온도에 대한 허용전류 특성은 그림 2에 나타내었다.



(그림 2) 청색 LED의 특성

일반적으로 LED의 정격 전류는 20mA 이고, 이때 적색의 구동전압은 2[V], 황색의 경우는 2.1[V] 그리고 청색의 경우는 3.5[V]이다. 그림 1과 그림 2의 (c)는 정도의 차이는 있으나 온도가 상승함에 따라 구동 허용전류가 작아지는 특성을 나타낸다.

3. LED 구동회로의 설계기준

현재 미국을 비롯한 몇몇의 선진국에서는 기존의 백열 전구식 신호등을 LED신호등으로 대체하고 있고, 대체를 위해서 미국의 ITE(Institute of Transportation Engineers)에서 1998년 7월에 발표한 LED 신호등 구매자를 위한 잠정규격서를 발표하였다. 규격서 내용중 환경특성 항목에 온도특성에 대해서 고려하고 있으므로 그 내용을 참조하고자 한다.

ITE 잠정 규격서 개발 과정에서 교통신호등 내부 온도가 연구되었고, 연구의 범위는 다음을 포함하였다.

- 8인치와 12인치 신호등 모두가 시험되었다.
- 33 ~ 49°C의 주변 온도가 평가되었다.
- 900, 960, 985, 1,000 watts/m의 태양열 부하가 평가되었다. (위도 20°, 30°, 40°, 50°에서 각각 경험적으로 얻은 값임)

LED의 광출력은 주변 온도가 증가함에 따라 감소하기 때문에, 상한 온도는 신호등 재질, 색깔, 태양에 의한 부하(solar load), 그리고 주변 온도에 의해서 결정된다. 위와 같은 조건하에서 시행된 시험은 8인치 점정 플라스틱 신호등의 내부온도는 40° 이하의 위도, 주변 온도 44°C 이하에서는 작동 상한온도(74°C)를 초과하지 않고, 12인치 점정 플라스틱 신호등의 경우는 30° 이하의 위도, 주변 온도 49°C 이하에서 상한온도를 초과하지 않는다는 결과를 보여준다.

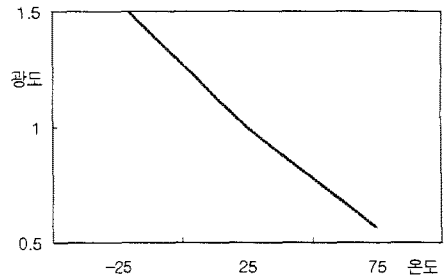
따라서 ITE 규격서에는 LED 신호등 모듈은 모듈의 노출된 뒷면에서 측정된 주변 작동온도 범위가 -40°C ~ +74°C에서 사용되도록 규정한다.

국내의 경우는 기상청 통계 자료에 따르면 최고 온도는 1942년 8월 1일 대구가 40°C이고, 최저 온도는 1982년 1월 5일 양평 영하 32.6°C이므로, 작동 하한 온도와 상한온도를 ITE의 규격(-40°C ~ 74°C)을 따르는 것에 대해서 무리가 없다고 판단된다. 4장에서는 이 온도 범위 내에서 LED의 광도 변화가 없도록 하는 구동회로를 설계한다.

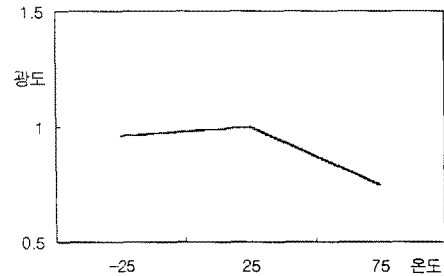
4. LED 신호등 구동회로 설계

LED 신호등 구동회로 설계를 위해 LED가 정전류로 구동될 때와 정전압으로 구동될 때의 온도의 변화에 따른 광도의 변화를 -25도에서 75도까지 실험하였다. 실험 방법은 측정 온도에서 LED를 30분간 소등 상태로 하고, 다시 30분간 LED를 점등한 후에 광도를 측정하였다.

그림 3의 (a)는 주변 온도 변화가 변함에 따라 일정 전류로 구동되는 적색 LED의 광도 변화를 나타낸다. (b)의 경우는 일정 전압으로 구동될 때의 광도 변화 곡선이다.



(a) 정전류 실험 (전류: 120 mA)



(b) 정전압 실험 (전압: 12.0 V)

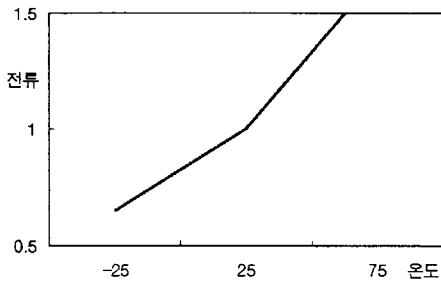
(그림 3) 적색 LED의 광도 변화

그림 4의 (a)는 주변 온도가 75도일 때 정격전류를 흐르는 것을 기준으로 하여 일정 광도가 될 때의 LED의 구동전류를 나타낸다. (b)의 경우는 주변 온도 25도 (a) 정전류 실험 (전류: 120 mA)에서 정격의 80%로 구동될 때를 기준으로 주변 온도의 변화에 관계없이 일정 광도가 될 때의 구동전류 곡선이다.

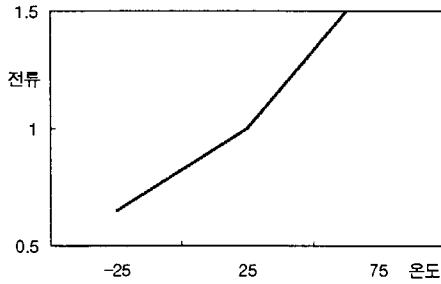
모의 실험을 통해 구동회로에 사용되는 각 부품들의 파라미터는 표 2에 정리하였다.

[표 2] 구동회로에서 필요한 부품

구동회로 요소	필요 부품
분배 저항	1.8(k Ω)
제너다이오드	3.6(v)
트랜지스터	Vce : 60V h _{FE} : 40 Ic : 0.7A P _D : 0.8W
에미터 저항	130(Ω)
써미스터	R25 : 1.0k Ω ±5% Bvalue : 3230K±3% Thermal time con. : 60sec Rated power at 25° C : 42mW



(a) 정광출력 실험 (75°C에서 정격전류)

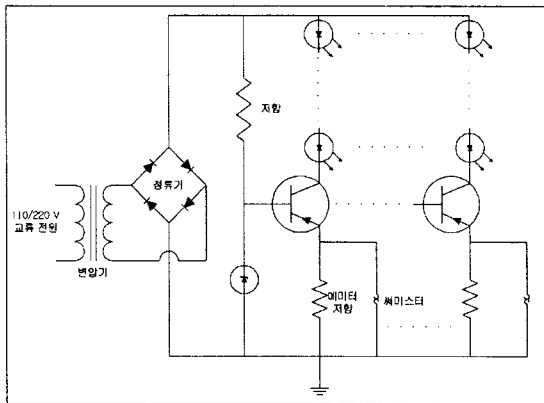


(b) 정광출력 실험 (25°C에서 정격전류의 80%)

[그림 4] 일정 광도를 위한 구동전류의 변화

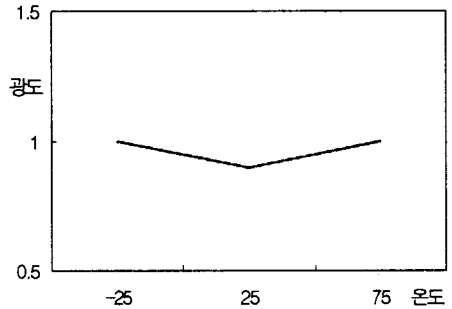
그림 4에서 보는 바와 같이 일정 광도를 위해서는 온도가 변화에 따라 구동전류를 변화시켜야 한다. 그러므로 기존의 정전류 구동회로의 에미터 저항과 병렬로 써미스터를 삽입하게 되면 온도가 상승할 경우 합성 에미터 저항이 감소하여 LED 구동전류를 증가시키게 되고, 온도가 감소할 경우는 써미스터 저항이 증가하여 합성 에미터 저항이 증가하게 되어 구동전류가 작아진다.

그림 5는 온도의 변화에 상관없이 일정 광출력을 낼 수 있도록 수정된 정전류 LED 구동회로이다.



[그림 5] 정전류 LED 구동회로

수정된 LED 구동회로의 온도변화에 따른 광도특성은 그림 6과 같다.



[그림6] 수정된 LED 구동회로의 특성

4. 결 론

기존의 정전류원 LED 구동회로는 주위 온도의 변화 (-25°C~74°C)에서 광출력이 25% 이상 변동하고 있다. 그러나 본 정광출력 LED 구동기술은 정전류 구동회로의 에미터 저항에 써미스터를 사용함으로써 외부의 온도가 변화하면 써미스터의 저항 값이 변하므로 자동적으로 LED의 구동전류를 변화하여 5% 이내로 광출력이 변화한다. 향후에는 이를 제작, 실험하여 증명하도록 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] Hewlett-Packard, "Technical Data for 5 mm Precision Optical Performance AlInGaP II LED Lamps", 1999
- [2] Hewlett-Packard, "Technical Data for 5 mm Precision Optical Performance InGaN LED Lamps", 1999
- [3] 정 봉만, "LED 교통신호등 개발 및 보급 타당성 학술 용역", 한국에너지기술연구소 보고서, 1998