

세라믹 메탈할라이드 램프의 On-Off 스트레스에 의한 광학적, 전기적 특성 분석

김우영, 장혁진, 양종경, 이세일, 박대희
원광대학교

The Analysis of Optical and Electrical Properties by On-Off Stress in Ceramic Metal-halide Lamp

Woo-young Kim, Hyeok-jin Jang, Jong-kyung Yang, Se-il Lee, Dae-hee Park
Wonkwang University

Abstract - 최근 세라믹 메탈할라이드 램프의 사용이 증가함에 따라 고연색성, 장수명에 대한 기대치가 높아지고 있다. 이런 추세에 의하여 현재 정격수명이 15,000 ~ 20,000시간의 세라믹 메탈할라이드 램프가 개발되고 있으며 신뢰성에 대한 문제 또한 부각되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 이러한 세라믹 메탈할라이드 램프의 수명 특성을 알아보기 위하여 “신뢰성기준 RS C 0085”를 바탕으로 램프를 20분 점등 후 20분 소등을 한 주기로 하여 1,200회를 반복한 후 광학적 특성 및 전기적 특성을 측정하여 실험 전 초기 특성과 비교 분석하였다.

광학적 특성으로 광속과 효율은 3.1 [%] 감소, 연색성은 2.3 [%] 감소, 색온도 변화를 가져왔다. 전기적 특성으로는 램프 열화로 인한 내부저항의 변화로 인해 전압이 1.4 [V] 증가, 전류가 0.02 [A] 감소하였다.

1. 서 론

HID(High Intensity Discharge)램프는 각종 전시장, 야외조명, 스포 라이트 등 대규모 공공장소에 고출력을 요하는 조명분야에 사용되어지고 있다. HID램프는 몇 가지 종류로 나눌 수 있는데, 대표적으로 수은 램프, 나트륨 램프, 메탈할라이드 램프 등이 있다. 이 중 메탈할라이드 램프는 광효율 개선과 뛰어난 연색성으로 그 적용분야가 점차로 넓어져 외부 조명용이나 대형 산업체의 공장 내부 조명용으로 사용되어 진다.

하지만, 램프의 점등시간이 지남에 따라 아크튜브 내에 함유된 메탈할라이드 화합물의 성분변화 등으로 램프의 수명 단축 및 안정적인 특성을 보이지는 못하였다[1][2]. 이러한 단점을 보완하기 위해 최근에 아크튜브의 재료로 세라믹을 사용하는 세라믹 메탈할라이드 램프가 개발되었다.

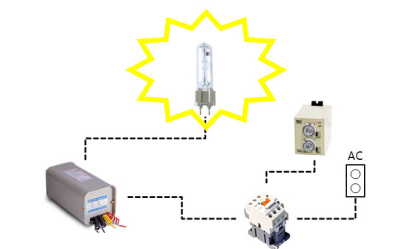
기본적으로 세라믹 아크튜브는 기존의 석영 아크튜브와 비교하여 높은 관벽 온도에 견딜 수 있으며 이로 인하여 높은 증기압을 갖는 메탈할라이드 화합물을 사용할 수 있다[3][4]. 또 나트륨에 대한 낮은 화학반응성, 다양한 면적 컨트롤이 가능한 장점을 가지고 있어 연색성과 효율이 높고 나트륨 손실을 줄임으로서 수명기간동안 안정적인 색을 유지한다. 또한 색온도 변화를 감소시키고, 램프의 전기적 특성 제어를 개선할 수 있다[5]. 이러한 특성으로 인해 기존 석영제 메탈할라이드 램프보다 긴 수명을 가지고 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 세라믹 메탈할라이드 램프의 수명 특성을 알아보기 위하여 램프를 일정한 주기로 수차례 On-Off를 한 후 광학적 특성과 전기적 특성을 측정하여 실험 전 초기 특성과 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장비 및 방법

실험에 사용된 샘플은 그림 1에 있는 O사의 구형 아크튜브 형태의 150W급 세라믹 메탈할라이드 램프를 사용하였다.

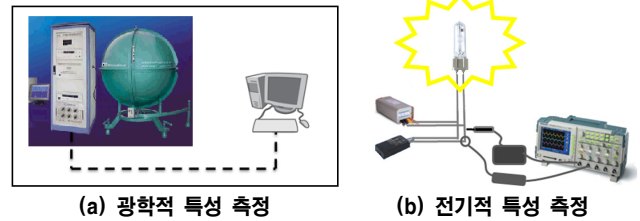


〈그림 1〉 실험에 사용된 샘플과 실험 개략도

램프 전원으로는 150W급 자기식 안정기를 사용하여 초기 광학적, 전기적 특성을 측정하였으며 “신뢰성기준 RS C 0085”를 바탕으로 On-Off Timer와 전자개폐기(Magnetic Switch)를 이용해 그림 1과 같은 실험 장치를 구성하였다. 20분 점등 후 20분 소등을 한 주기로 1,200회 On-Off를 반복하였으며 그에 따른 광학적, 전기적 특성을 확인하였다.

2.2 측정장비 및 방법

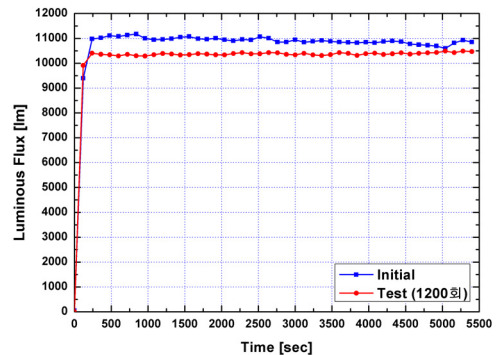
광학적 특성을 측정하기 위하여 그림 2 (a)에 있는 Everfine사의 적분구 시스템(Lighting Measure System) PMS-50을 사용하였다. 이 시스템을 통해 광속(Luminous Flux)을 90분간 측정하여 광속유지율을 비교하였으며 색온도(color temperature), CRI 특성 분석을 통해 광학적 특성 변화를 확인하였다. 또한 전기적 특성 평가를 위해 그림 2 (b)에서 보는바와 같이 Tektronix사의 TPS 2014를 사용하여 30분의 안정화 시간을 가진 후 안정화 상태의 전압, 전류 특성을 확인하였다.



〈그림 2〉 측정 시스템 개략도

2.3 결과 및 고찰

그림 3은 실험 전 후의 광속 및 광속유지율을 비교한 그래프이다. 초기 특성에서 광속은 10,787 [lm]으로 71.91 [lm/W]의 효율을 보였으나 실험 후에는 10,466 [lm]으로 69.7 [lm/W]의 효율을 보여 약 3.1 [%]의 효율 감소를 보였다. 실제 세라믹 아크튜브의 경우 Cool-down 시간에 가장 큰 스트레스를 받으며 그로 인해 램프 특성이 급속히 저하된다[6].



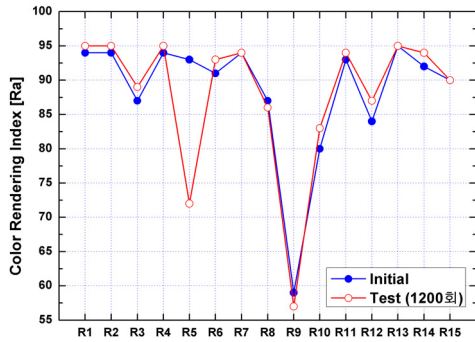
〈그림 3〉 시간에 따른 광속 변화

R1 ~ R15까지의 연색 평가지수를 실험 전후로 비교해 보았을 때 그림 4에서 보는바와 같이 R5에서 급격히 감소됨을 알 수 있었다. 이로 인해 평균 연색지수 Ra가 91.9에서 On-Off 실험 후 89.8로 2.3 [%]가량 감소하는 결과가 나타나게 된다.

3. 결 론

세라믹 메탈할라이드 램프의 수명 특성을 알아보기 위하여 램프를 일정한 주기로 수차례 On-Off를 한 후 광학적 특성과 전기적 특성을 분석하였다. Cool-down에 의한 스트레스로 인해 광속특성이 저하되었으며 연색지수의 경우 R5가 급속히 저하되는 특성을 보였다. 이는 620 ~ 650 [nm] 영역의 스펙트럼 감소로 사료된다. 또, 전기적 특성의 경우 내부 열화로 인해 램프 내부 저항이 증가하여 전압특성이 높게 나타났다.

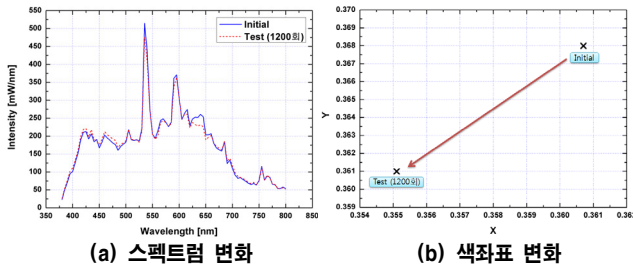
따라서 본 논문을 통해 램프에 주기적인 스트레스 변화에 대한 영향 특성을 전기적, 광학적 분석을 통해 확인하였으며 차후 열화 특성에 대한 지속적인 연구 또한 필요하겠다.



〈그림 4〉 연색성 평가지수 특성 변화

다음 그림 5 (a)는 가시광 영역의 스펙트럼 비교 그래프이다. 이 그래프를 보면 500 [nm] 이하의 단파장 대역에서는 Intensity가 소폭 상승하였고 620 ~ 650 [nm] 영역은 다소 감소했음을 알 수 있다. 따라서 620 ~ 650 [nm] 영역의 스펙트럼 감소로 인해 연색성 또한 저하됨을 확인할 수 있었다.

CIE 색좌표 특성 또한 그림 5 (b)와 같이 이동하였고 색온도 역시 초기 4,527 [K]에서 4,676 [K]으로 상승하였다.



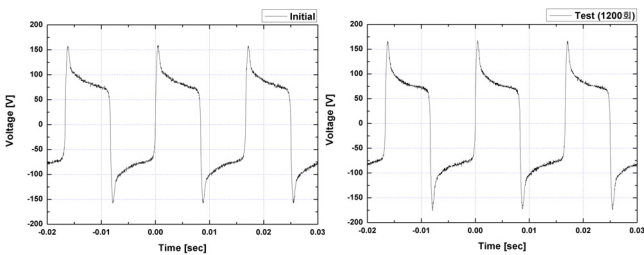
(a) 스펙트럼 변화

(b) 색좌표 변화

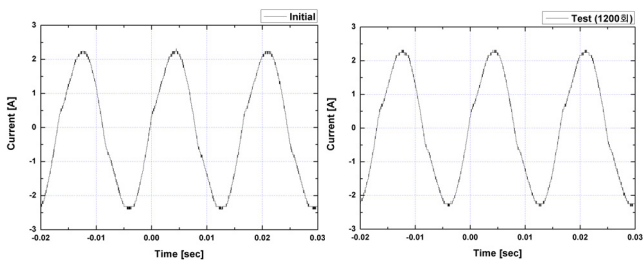
〈그림 5〉 실험 전후 스펙트럼 및 색좌표 변화

이와 같은 광학적 특성의 변화는 램프의 열화로 인한 봉입금속의 증기압 변화로 인해 특정 파장대역에 변화가 생기게 되고 이로 인해 연색성, 스펙트럼, 광속 등 램프의 특성에 변화를 가져오게 된다.

전기적 특성의 경우 그림 6에서 보는바와 같이 실험 전에 비해 전압은 상승했지만 전류는 오히려 소폭 감소한 것을 알 수 있다. 이는 램프의 열화로 인해 램프 내 저항 값이 증가하여 아크튜브 내 방전을 유지하기 위해 더 많은 전압을 요구하게 된다. 실제로 실험 전 실효치 전압은 90.2 [V]였으나 실험 후 91.6 [V]로 증가한 반면에 실효치 전류는 1.61 [A]에서 1.59[A]로 감소하였다. 이 데이터로 증가된 저항 값을 계산해보면 초기 56.0 [Ω]에서 실험 후 57.6 [Ω]으로 약 2.9 [%] 증가한 것을 알 수 있다.



(a) 전압 파형



(b) 전류 파형

〈그림 6〉 실험 전후 전압, 전류파형 변화

〈표 1〉 실험 전후 최종 특성

	실험 전	실험 후	변화율 (%)
광속 (lm)	10787	10466	-3.1
효율 (lm/W)	71.91	69.7	-3.1
연색성 (Ra)	91.9	89.8	-2.3
색온도 (K)	4527	4676	-
전압 (V)	90.2	91.6	-
전류 (I)	1.61	1.59	-
저항 (Ω)	56.0	57.6	+2.9

감사의 글

본 논문은 에너지·자원기술개발 사업 “고효율 콤팩트 메탈할라이드 광원 시스템 개발”, “고압방전 램프용 전자식 안정기 기초 설계 및 특성 분석”에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Honda Jiro, "Technical Review on the Ceramic Metal Halide Lamps", J. Illum. Engng. Inst. Jpn. Vol. 90 No. 1, pp. 10-12, 2006
- [2] 신상욱, 이세현, 조미령, 황명근, 이도영, 양승용, 신현정, 김진모, "세라믹 메탈할라이드램프의 광학적 특성에 대한 분석", 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, 2006.11.3
- [3] G. G. Lister, J. E. Lawler, W. P. Lapatovich and V. A. Godyak, "The physics of discharge lamps", Rev. Mod. Phys., Vol. 76, No. 2, April 2004
- [4] The U.S. Department of Energy, "High Intensity Discharge Lighting Technology Workshop Report", Washington DC, November 15, 2005
- [5] Mucklejohn. S.A, Preston. B, "Low Wattage metal halide lamps with ceramic arctubes 1980 to 2000" Electrical Discharges for Lighting, IEE Seminar, pp. 2/1-2/4, 1999.
- [6] Raghu Ramaiah, "High Watt Ceramic Metal Halide Lamps with Improved Reliability", Light Sources 2007, pp. 39-40, May 2007