

세라믹 메탈할라이드 램프의 구동방식에 의한 전기·광학적특성

김남군, 양종경, 이주호, 장혁진, 박대희  
원광대학교

Electrical and optical characteristics of Ceramic metal halide lamp with operating method

Nam-Goon Kim, Jong-Kyung Yang, heuk-jin Jang Dae-Hee Park  
Wonkwang University

**Abstract** - 최근 메탈할라이드 램프에서 방전관 재료에 세라믹을 사용하는 세라믹 메탈할라이드 램프가 고연색성과 고효율, 장수명 등의 장점에 을 가지고 있다. 최근 이러한 세라믹 메탈할라이드 램프의 적용이 증가함에 따라 개선을 위하여 계속적으로 방전관 재료, 가스 및 메탈할라이드의 최적화, 구동방식에 따른 특성 등 다양한 요소에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 이러한 세라믹 메탈할라이드의 구동방식에 따른 특성을 알아보기 위하여 자기식 안정기와 전자식 안정기의 구동 시 나타나는 전압, 전류 파형과 광학적 특성, 열적특성을 비교 분석하였다.

1. 서 론

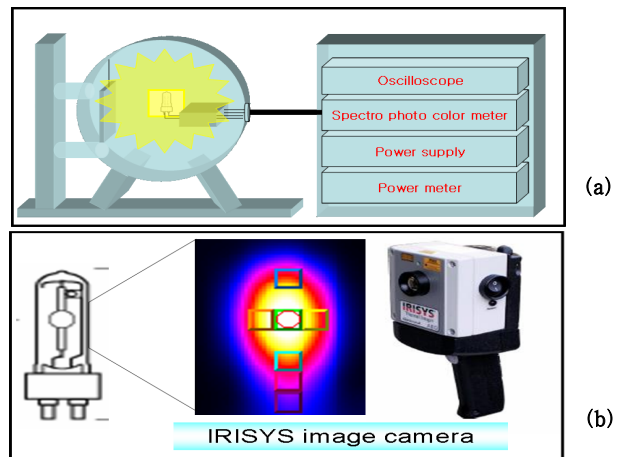
HID램프의 세라믹 방전관은 1960년 초 고압나트륨(HPS : High Pressure Sodium)램프의 개발과 상업화로 처음으로 소개되었고, 높은 연색성, 고효율과 장수명의 실내조명을 위한 램프를 생산하기위한 요구에 의하여 20년 후 점차적인 세라믹 기술개발을 통하여 고압나트륨 램프의 광속과 연색성 개선을 통하여 이전보다 효율(lm/W)은 10~15% 증가하였고 연색성(Ra)도 22에서 60까지 증가하였다[1]. 하지만 높은 동작온도는 몇 가지 기술적인 문제를 대처하기위한 개선이 요구되어졌다. 특히, 세라믹 방전관에 전극을 글래스와 접합시킬 때 화학 반응성의 충격을 줄이기 위해 온도를 낮춰야 했다. 또한 연색성과 효율 사이의 필요한 절충점 때문에 소비자의 기대의 부응하지 못하였다. 이러한 고압나트륨의 개선을 위한 연구와 동시에 석영 메탈할라이드(QMH)램프는 상당한 개발을 이룬다. 석영 방전관의 개선을 통해 연색성(Ra) 75, 효율80 lm/w, 수명 6000시간 이상을 달성하였다. 하지만 아크 튜브의 낮은 최대동작온도에 의한 나쁜 색 균일성과 방전관과의 화학적 반응에 의한 나트륨손실과 색온도 변화 및 고압나트륨 램프에 비해 짧은 수명 등과 같은 몇 가지 제한요소를 포함하고 있다. 세라믹 메탈할라이드 램프의 개발 초기단계에서의 기존의 메탈할라이드의 화학적 조성과 고압나트륨램프의 방전관 기술을 접목하여 마침내 개념적인 방향을 제시하였고, 세라믹 방전관의 메탈할라이드 램프를 상업적으로 소개하였다. 기본적으로 세라믹 아크 튜브는 기존의 석영 방전관과 비교하여 높은 구동온도, 나트륨에 대한 높은 저항성, 보다 더 다양한 먼지 컨트롤이 가능한 장점을 가진다. 그래서 연색성과 효율이 높고 나트륨 손실을 보다 더 줄임으로서 수명기간동안 안정적인 색을 유지한다. 또한 색온도 변화를 감소시키고, 램프의 전기적 특성 제어를 개선 할 수 있다[2]. 그리고 최근 이러한 세라믹 메탈할라이드 램프의 적용이 증가함에 따라 개선을 위하여 계속적으로 방전관재료, 가스 및 메탈할라이드의 최적화, 구동방식에 따른 특성 등 다양한 요소에서 연구가 진행되고 있다[3]. 본 논문은 이러한 세라믹 메탈할라이드의 구동방법에 따른 특성을 알아보기 위하여 자기식 안정기와 전자식 안정기의 구동 시 나타나는 전기적신호와 광학적특성, 열적특성을 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시료 및 실험방법

세라믹 메탈할라이드 초기 방전과정은 다음과 같은 특성을 가지고 진행이 이루어진다. 최초로 두전극 사이에 높은 이그니션(ignition)전압을 인가하여 램프를 방전시킨다. 방전이 일어난 직후 글로우 방전이 일어나고 이는 램프의 불안정 상태의 원인이 된다. 이러한 단계는 단지 몇 μ초 동안 유지된다. 이후 램프는 글로우(glow)에서 아크(arc)로 넘어가는 과도상태에 이르게 되고 글로우-아크(glow-to-arc)과도상태에서 갑자기 전압의 증가와 함께 전력이 증가하게 된다. 이러한 단계를 통하여 램프

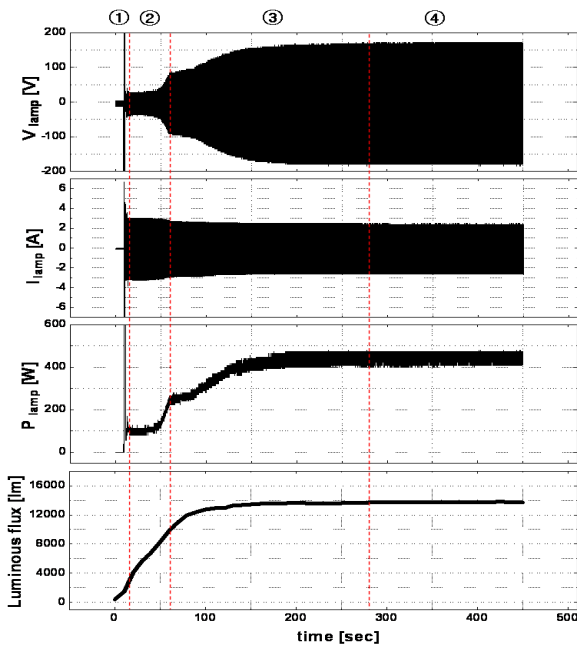
는 일정한 전류에 의하여 구동되어지고 램프는 저항과 같은 특성을 가지고 동작하는 아크(thermal arc)상태로 열적 평형을 이루게 되고 안정화 상태가 된다[4]. 최근 메탈할라이드의 개선을 위한 연구 중 이러한 초기특성의 시간을 줄이고 빠른 시간 내에 안정화 상태에 도달하기 위한 구동방법에 중점을 두어 연구가 진행되어지고 있다. 본 실험 에서는 세라믹 메탈할라이드의 구동방식에 따른 이러한 초기 특성을 알아보기 위하여 자기식 안정기와 전자식 안정기 각각 사용하여 램프를 구동 시켰다. 이때의 전기적 , 광학적 특성을 알아보기 위하여 다음 그림 1(a) 과 같이 실험 장치를 구성하였다. 광학적 특성은 Everlight 사의 광학측정 시스템을 사용하여 광속의 변화를 측정하였고, 전기적 특성은 Tektronix사의 오실로스코프를 사용하여 시간에 따른 전압, 전류파형 및 전력분석을 통하여 측정 하였다. 또한 이러한 전기, 광학적 특성과 방전관의 시간에 따른 온도변화를 비교하기 위하여 그림 1(b)와 같이 IRISYS 열화상 카메라를 이용하여 부위별 온도를 측정하였다.



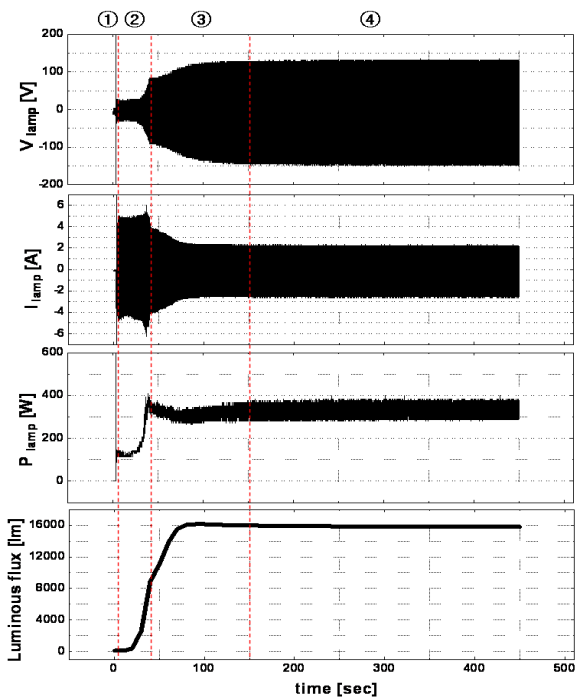
<그림 1> 실험 개략도

2.2 결과 및 고찰

세라믹 메탈할라이드의 구동방식에 따른 특성을 알아보기 위하여 자기식 안정기와 전자식 안정기로 각각 구동 시켰을 때 전압, 전류, 전력 파형의 초기특성을 방전현상과 비교분석하였다. 그림 2(a)는 주파수가 60Hz 자기식 안정기로 구동 시 초기특성이고 그림2(b)는 주파수가 130Hz 전자식 안정기로 구형파로 동작 시 초기특성 이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 파형의 변화에 따른 방전현상은 ① 이그니션(ignition)과 글로우(glow) ② 글로우-아크(glow-to-arc) ③ 아크(thermal arc) ④ 안정화(thermal equilibrium)영역으로 나타낼 수 있다. 자기식 안정기를 사용하여 동작하였을 경우 초기 이그니션(ignition)과 글로우(glow)상태 이후 글로우-아크(glow-to-arc)영역은 약 60초까지 지속되고 급격히 전압이 상승하고, 전류가 감소한 후 아크(thermal arc) 상태에서 약간의 전압상승, 전류감소 후 안정화 상태에 이르게 된다. 전자식 안정기를 사용하여 동작시켰을 경우 자기식 안정기와 마찬가지로 초기 이그니션(ignition)과 글로우(glow)상태 이후 글로우-아크(glow-to-arc)영역은 약 40초까지 지속되고 급격히 전압이 상승하고, 전류가 감소한 후 아크(thermal arc)상태에서 약간의 전압상승, 전류감소 후 안정화 상태에 이르게 된다. 두개의 파형을 비교 한 결과 전자식 안정기를 통해 초기특성의 시간을 줄이고 빠른 시간 내에 안정화 상태에 도달하는 것을 알 수 있다.



(b) 자기식 안정기



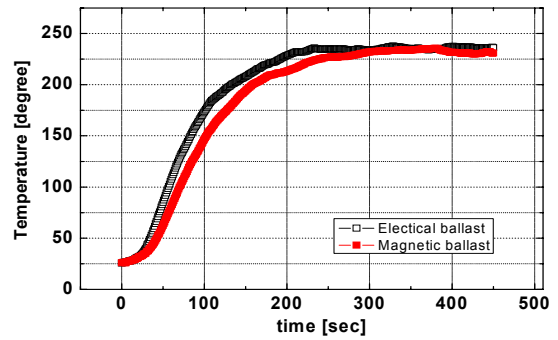
(b) 전자식 안정기

<그림 2> 전압, 전류, 전력 파형 및 광속변화

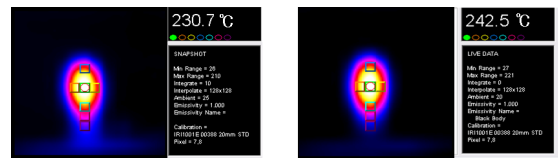
전압, 전류, 전력 파형과 광속의 변화와 온도를 비교하기 위하여 IRISYS 적외선 열화상 카메라를 이용하여 초기 점등 직후부터 안정화 될때 까지 온도를 측정하였다. 메탈할라이드 램프의 중앙의 각각의 포인트를 지정하여 측정하였으며 실제 측정된 램프의 외관에는 아웃 벌브가 있으므로 절대적인 값이 아닌 각각의 동작특성에 따른 상대적인 값의 차이만을 볼 수 있다.

그림 3(a)에서 보는바와 같이 자기식 안정기로 구동시켰을 시 온도 초기 25℃에서 서서히 증가하여 몇 분후에 중앙 230℃에서 안정화 되었으며, 전자식 안정기로 구동시켰을 시 온도는 초기 25℃에서 서서히 증가하여 몇 분후에 중앙 240℃에서 안정화 되었다. 이러한 구동방법에 따른 방전관의 온도 차이를 비교한 결과 전자식 안정기로 구동 시 빠르게 온도가 증가함에 따라 발광에 충분한 메탈할라이드의 증발량을 빠른 시간

에 내에 얻을 수 있으므로 램프의 안정화가 빠르게 된다.



(a) 시간에 따른 방전관의 온도변화



(b) 자기식 안정기

(c) 전자식 안정기

<그림 3> 방전관의 온도특성

그림 3(b),(c)는 안정화 상태에서의 방전관의 부분별 온도를 측정된 그림이다. 램프 중앙의 온도는 위에서 언급했듯이 전자식 안정기로 구동시 약 10도정도 높게 나타났고, 램프에서 하단 음극 부근온도도 5~7도 정도 높게 나타났다. 음극부분은 방전관에서 가장 온도가 낮은 냉점이 존재하게 되는데 냉점의 온도에 따라서 봉입물들의 증발에 영향을 미친다. 만약 봉입물을 완전히 증발 시킬 수 있는 온도 이하에서 동작한다면 봉입물이 다 증발하지 않고 방전관 내벽과 반응하게 되서 수명의 저하를 가져오게 됨으로 냉점의 온도가 중요하다.

### 3. 결 론

세라믹 메탈할라이드의 구동방법에 따른 특성을 알아보기 위하여 자기식 안정기와 전자식 안정기의 구동 시 나타나는 전기적 신호와 광학적특성, 열적특성을 비교 분석한 결과 전압과 전류의 파형을 통하여 방전현상과 비교 분석할 수 있었고 전자식 안정기를 통해 초기특성의 시간을 줄이고 빠른 시간 내에 전기적인 특성과 광속이 안정화 상태에 도달하는 것을 알 수 있다. 또한 더 높고 안정적인 온도에서 동작함에 따라 봉입물의 증발을 원활히 함으로써 램프의 광속 및 연색성 및 효율을 보였다. 이러한 특성들을 비교함으로써 전자식 안정기를 동작시 장점을 전기적, 광학적, 열적 특성을 분석함으로써 알아 볼 수 있었다. 추후 다른 변화요소에 의한 세라믹 메탈할라이드 램프의 특성을 이러한 방법을 통한 분석을 통하여 램프의 특성을 개선해나아 가야 할 것이다.

### 감사의 글

본 논문은 에너지 관리 공단에서 시행한 에너지·자원기술개발 사업인 “고효율 콤팩트 메탈할라이드 Single-ended type 광원 시스템 개발”과 “고압방전 램프용 전자식 안정기 기초 설계 및 특성 분석”의 지원을 받아 이루어진 논문입니다.

### [참 고 문 헌]

[1] J.J. de Groot and J.A.J.M. van Vliet, “The high-pressure sodium discharge lamp”, Philips Technical Library, 1986  
 [2] Mucklejohn S.A., Preston B., “Developments in Low Wattage High Intensity Discharge Lamps”, Industry Applications Conference, vol.5, pp.3326-3329, 2000  
 [3] U.S. Department of Energy, “High Intensity Discharge Lighting Technology”, High Intensity Discharge Lighting Technology Workshop Report, 2005  
 [4] Chen J.H., Ng K.S., Moo C.S., Tang S.Y., Lee C.R., “Accelerating Start-up of Metal Halide Lamps”, Industrial Electronics, 2006 IEEE International Symposium, Vol2, pp.1317-1321, 2006