

세라믹 메탈 할라이드 램프의 아크 튜브의 구조와 안정기 구동방법에 따른 광학적 특성

장혁진, 김남군, 이주호, 양종경, 박대희
원광대학교

Optical characteristics on driving method of ballast and shapes of Arc-Tube in the ceramic metal halide lamp

Hyeok-jin Jang, Nam-Goon Kim, Lee Joo Ho, Jong-Kyung Yang, Park Dae Hee
Wonkwang University

Abstract - The Ceramic Metal Halide lamp is different from optical characteristic on shapes of arc-tube and driving method of ballast. In this paper, we measured optical characteristics of the Ceramic Metal Halide lamp that uses arc tubes which are spherical and cylindrical shapes, and analyzed the Ceramic Metal Halide lamp connecting ballast that is electronic and magnetic types through the lamp measurement system that is given for stabilization period of fifteen minutes. In result, the arc-tube of spherical shape is more improvement in the optical properties than the arc tube of cylindrical shape. moreover, the electronic ballast is more efficient than the optical properties of the magnetic ballast.

1. 서 론

메탈 할라이드 램프의 석영관은 1960년대 초에 처음 소개되었다. 오늘날 석영관은 아크튜브로써 가장 널리 사용되고 있고, 가격 또한 가장 저렴하다. 그러나 석영 메탈 할라이드 램프는 salt losses 때문에 수명과 색변화를 영향을 끼치고, 광속을 저하시킨다. 또한 메탈 할라이드 화합물이 관내에서의 재반응을 일으키는 특성을 가지고 있기에 고온에서 사용할 수가 없다[4]. 따라서, 이런 요소들은 아크튜브에 영향을 미치고 화학적 균형을 깨뜨리게 되어, 초기 메탈 할라이드 램프가 가지는 광학적 특성을 변화시키게 된다. 이를 보완하기 위해서 세라믹(polycrystalline alumina)을 이용한 아크튜브가 등장하였으며, 원통형(cylindrical shape)과 구형(spherical shape)의 아크 튜브 형태로 구성되어 있다[1][2].

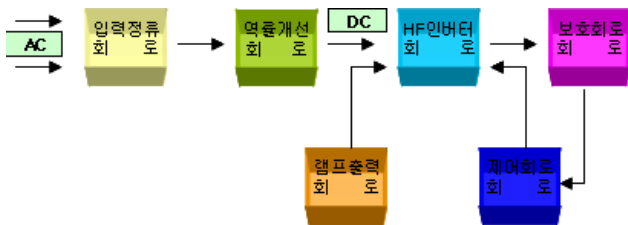
고압방전등군의 하나인 세라믹 메탈 할라이드 램프는 다음과 같은 전기적 특성을 지니고 있다. 첫째, 방전개시전압이 점등시의 램프전압보다 높다. 둘째, 전류-전압특성이 부특성이다. 셋째, 교류점등시에 높은 재점호전압이 필요하다. 이 특성들 때문에 세라믹 메탈 할라이드 램프를 안정하게 점등하기 위해서는 별도의 점등회로, 즉 안정기가 필요하다[1][3]. 본 논문에서는 세라믹 메탈 할라이드 램프의 아크 튜브 형태와 안정기 구동방법에 따른 각각의 광학적 특성을 측정 평가하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 이론

2.1.2 관련이론

메탈 할라이드 램프를 점등 할 수 있는 안정기는 크게 자기식과 전자식으로 나뉜다[3].



〈그림 1〉 전자식 안정기의 개략도

그림 1은 상용 교류전원 220V를 정류회로에 의해서 직류전원으로 변환한 다음 이것을 다시 스위칭 회로에 의해서 고주파의 교류전원으로 만들고, 이렇게 만든 고주파의 교류전원으로 램프를 점등하는 것으로 저주파인 자기식 안정기에 비해 약 20% 정도 에너지 절감 효과가 있으며, 깜빡임이 적고, 무게 및 부피가 감소하는 장점이 있으나 출력이 커지기 때문에 열이 많이 나며 점등을 위한 방전전압이 커야 한다. 특히, 음향공명 현상의 제거 문제가 잠재되어 있다[3].

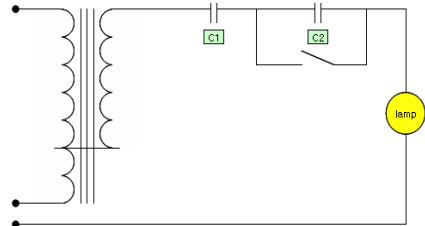
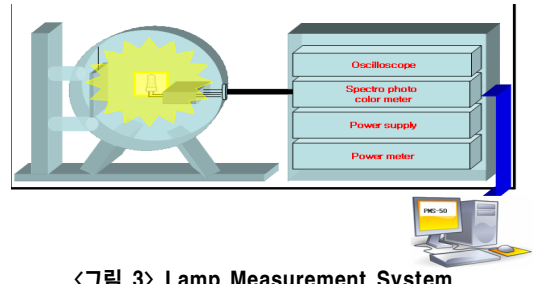


그림 2. 자기식 안정기 개략도

그림 2에서 자기식 안정기는 철심과 코일로 구성되어 있어 자체 발열로 인하여 전력 손실 많고, 부피가 크다. 또한 60Hz에서 동작하기 때문에 전류의 극성이 바뀔 때마다 비 이온화 경향이 있으므로 대부분의 전자와 이온을 잃게 되기 때문에 주기적으로 방전이 다시 되어야 하는 단점이 있다[3].

2.1.2 실험장치



〈그림 3〉 Lamp Measurement System

적분구 시스템을 그림 3과 같이 구성하여 세라믹 메탈 할라이드 램프의 아크튜브 형태, 안정기 구동방법에 따른 광학적 특성을 실험하였다. 실험장치의 기본 구성은 1) 내부에서 반사된 광을 검출하기 위한 검출기 설치되어 있는 적분구, 2) 검출기를 통해 방사된 광량의 측정 및 데이터 확인, 광속, 색좌표, 색온도, 연색성, 주파장등을 연산해주는 PMS-50, 3) 램프에 AC/DC 전원전압을 인가하기 위한 Power supply, 3) 광원의 전기적인 현상을 측정하기 위한 Oscilloscope, 4) 광원의 색온도를 스펙트럼으로 분석하여 주는 Spectro photo color meter, 5) 광원의 출력을 모니터링 할 수 있게 해주는 Power meter 들로 구성되어 있다. 각각의 변수에 따라 램프를 적분구안에 설치하여 국가 표준규격에서 상술한 조건에 따라서 측정하였다. 주위 온도는 25℃를 유지하고, 광원의 안정화 주기는 15분을 주었고, 주파수 60[Hz], 정격전압 220[V]를 인가하였다.

2.2 실험결과 및 고찰

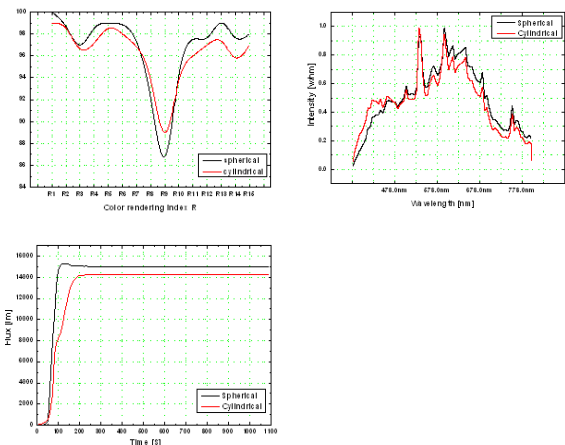
2.2.1 아크튜브 구조에 따른 광학적 특성

아크튜브의 형태를 구형(spherical)과 원통형(cylindrical)으로 했을 경우 광학적 특성인 광속, 연색성, 분광분포를 표 1과 그림 4에서 수치화하여 나타내었다. 측정결과 구형의 아크튜브를 가진 세라믹 메탈 할라이드 램프의 광학적 특성이 전체적으로 원통형보다 더 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이는 원통형인 경우 램프를 구동하였을 때 기화된 메탈 할라이드가 램프의 구동이 정지된 후 온도 저하에 따른 기화된 메탈 할라이드가 응축되어 관벽과 부딪히게 된다. 이 과정을 통해서 관벽이 손상되고 충돌 부위에서 지속적으로 쌓이게 되어 원통형의 일정한 관

벽두께가 손상됨에 따라 광학적 특성이 저하된다. 반면에 구형은 기화된 메탈 할라이드가 지속적으로 대류현상을 일으켜 관벽과의 충돌현상이 일어나지 않아 관벽두께에 손상을 일으키지 않아 원통형보다 광학적 특성이 우수하다[2][5].

<표 1> 아크튜브 구조에 따른 메탈 할라이드 램프 특성

| Ceramic | spherical | cylindrical |
|----------|-----------|-------------|
| 효율(lm/W) | 93.58 | 93.58 |
| 광속(lm) | 15693 | 15693 |
| 연색성(Ra) | 97.9 | 97.9 |
| 색온도(K) | 4243 | 3734 |



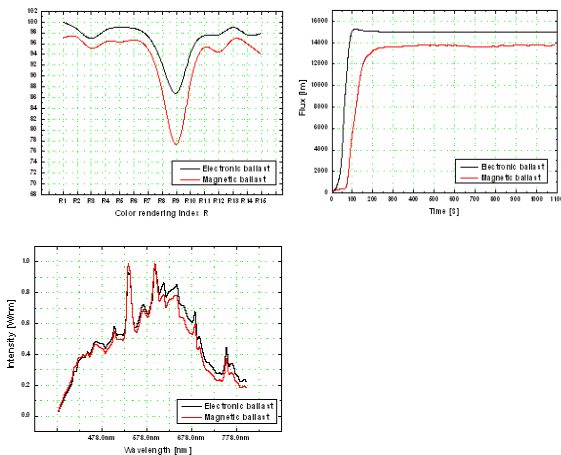
<그림 4> 아크튜브의 형태에 따른 광속, 연색성, 분광분포

2.2.3 안정기 구동방법에 따른 광학적 특성

세라믹 메탈 할라이드 램프를 전자식 그리고 자기식 안정기로 구동한 결과를 표 2와 그림 5에서 나타내었다. 자기식 안정기는 상용주파수인 50~60[Hz]의 주파수에서 동작하도록 설계되어있고, 전자식 안정기는 입력주파수 60[Hz]를 인버터를 통해 130[Hz]로 동작하도록 설계되어있다. 램프의 안정화 시간 이후 광학적 특성을 측정된 결과 전자식 안정기는 스위칭 방식으로 램프를 점등시키기 때문에 광 효율이 높고 자기식 안정기에 비해 광속, 연색성, 분광분포에서 같은 입력값을 인가했을 때 약 15% 정도 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다[7].

<표 2> 안정기 구동방식에 따른 메탈 할라이드 램프 특성

| Spherical | Electronic ballast | Magnetic ballast |
|-----------|--------------------|------------------|
| 효율(lm/W) | 93.58 | 87.65 |
| 광속(lm) | 15693 | 13762 |
| 연색성(Ra) | 97.9 | 95.5 |
| 색온도(K) | 3734 | 3886 |



<그림 5> 안정기 구동방법에 따른 광속, 연색성, 분광분포

3. 결 론

본 논문에서는 차세대 세라믹 메탈 할라이드 램프 및 전자식 안정기를 제작하기 위하여 세라믹 메탈 할라이드 램프의 광학적 특성을 확인하였다. 석영재료의 아크튜브와 세라믹 재료의 아크튜브의 경우 세라믹 아크 튜브의 광학적 특성인 광속, 분광분포, 연색성에서 약 20%이상 향상된 특성을 보였다. 원통형 세라믹 아크튜브와 구형 세라믹 아크튜브의 경우 안정화시간, 광속, 평균 연색지수, 분광분포에서 우수한 면을 보였는데, 이는 같은 재료의 아크튜브라 할지라도 아크튜브의 형태에 따라 광학적 특성이 변환한다는 것을 분석할 수 있었다. 원통형의 경우 아크 튜브내의 메탈 할라이드가 기화와 액화작용을 반복하면서 관벽에 손상을 줄 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 안정기의 경우 상용 주파수를 사용하는 자기식 안정기와 상용주파수를 인버터를 통해 130[Hz]로 변환하는 구동하는 전자식 안정기로 램프를 점등했을 때 전자식 안정기에 서 더 높은 광학적 특성을 보이는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 에너지 자원기술개발 사업 "고효율 콤팩트 메탈 할라이드 광원 시스템 개발" "고압방전 램프용 전자식 안정기 기초 설계 및 특성 분석"에 의해 작성되었습니다. 이번 연구를 지원해 주신 분들에게 감사의 말씀을 전합니다.

[참 고 문 헌]

- [1] ICF Consulting, "High Intensity Discharge Lighting Technology Workshop Report", Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Appendix B, 2005
- [2] Theo G M Kappen, "Status quo of ceramic material for metal halide discharge lamps", J. Phys. D: Appl. Phys Vol.38, 3033-3039, 2005
- [3] 박종연. "전자식 안정기의 종류 및 회로동작", 전력전자학회지 제4권 제3호, 1999.6
- [4] 황명근, "조명공학개론", P26~30 2003년 9월 출판
- [5] Junning Tu, "Influence of Mount Structure on Performance of Ceramic Metal Halide Lamps" 1-4244-0365-0, 2006IEEE
- [6] Noboru Ohta, "色彩工学", 도서출판국재, p245~275, 2003
- [7] Osram, "Metal halide lamps Instructions for the use and application" Technology trend