무전극 형광등 시스템의 광학적 특성 평가

(The Evaluation of Optical Characteristics for Electrodeless Fluorescent Lamp System)

황명근*[1] · 조미령[1] · 신상욱[1] · 이세현[1] · 함중걸[2]

(Myung-Keun Hwang*[1] · Mee-Ryoung Cho[1] · Sang-Wuk Shin[1] · Se-Hyun Lee[1] · Jung-Koel Ham[2])

(한국조명기술연구소[1], 산업기술시험원[2])

(Korea Institute of Lighting Technology[1], · Korea Testing Laboratory[2].)

Abstract

In this paper, we measured the optical characteristics of the electrodeless fluorescent lamp system as product of the inside and outside of the country and compared the measured data. Power consumption wave of domestic 150 W is unstable than it's of Endura 150 W. Optical characteristics(luminance, luminous flux, color rendering index, efficiency, CIE chromaticity coordinate) value of the former is a little small than the latter. In conclusion, if we improve a little more quality then we must secure the superiority in competition.

1. 서 론

1927년 J. J. 톰슨에 의해 고주파 방전에 대한 기본 원리가 이론적으로 확립된 후, 전기 및 전자공학 등의 더딘 발전으로 인한 현재의 고주파(high frequency) 전원 구동부는 근래까지 완벽하게 개발되지 못한 상태에 이르러있다.[1],[2]

그러나 수백 kHz부터 수 GHz까지의 구동회로 제작이 수 년전부터 가능해지면서 고주파 방전의 구현도 점차 현실화되고 있다. 일반적으로 고주파 방전은 수십 Hz부터 수십 kHz의 전압을 방전관 내부의 전극에 인가하는 구동 방식에 비해, 벌브(bulb) 내부의 발광에 도움을 주는 물질만 존재해도 방전이 가능한 형태로서 장수명이 보장된다는 장점이 있다.[3]

기존의 일반적인 램프의 수명(life time)은 전극의 손실과 더불어 가스배출(outgassing)에 의해 좌우되는데[4],[5] 무전극 램프는 발광관 내부에 전극이 존재하지 않아 장수명을 얻을 수 있으며, 백열전구나 원형 형광램프의 형태로 만들어 사용할 수도 있기 때문에 상업적으로 새로운 가능성을 부여해 주고있다.[2],[9]

무전극 형광등 시스템은 이미 미국과 유럽에서 수 년전부터 개발을 시작, 제품화하여 시판하고 있다. 이러한 무전극 형광등의 발광 메커니즘으로는 벌브 외부의 유도코일로부터 발생한 자기방전(H-discharge)이 벌브내의 플라즈마 방전을 발생시키는 것이다. 그 중에서도 유도방전 (inductive discharge)을 기본으로한 안정적인 방전이 이루어지기 위해 정확한 램프의 임피던스 값을 결정해 줘야 하는 데, 이것은 램프와 구동회로의 완벽한 결합에 의한 기술이라 할 수 있다.[6],[7],[9]

이러한 고주파로 인해 발생된 유도 방전의 발광 시스템은 기존의 백열전구, 형광등, 고압 방전등이 대부분이었던 조명시장을 바꾸기에 충분할 것으로 사료되며, 그 응용기술의 가능성은 무한하다고 판단되어진다.[8],[9],[10],[11]

이에 본 논문에서는 현재 국외에서 제품화되어 있는 무전극 램프를 전력과 형태별로 나누어 광학적 특성을 측정하였으며, 각 측정데이터를 기존 램프의 특성과 비교·분석함으로서 무전극 램프 시스템에 대한 특성을 알아보았다. 또한 국내업계에서 시제품 및 최종 개발품과 관련하여 국내규격 제정시에도 제특성의 결정에 많은 도움이 되리라 사료된다.

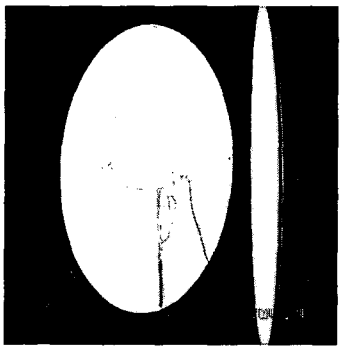
2. 본 론

2.1 측정조건 및 장비

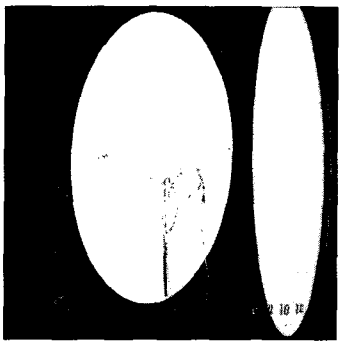
광학적 특성을 측정하기 위하여 국내 E사에서 개발한 둥근형 형광램프 시스템 150 W와 오스람사의

ENDURA 150 W를 사용하였으며 모든 실험은 적정 수준인 상온(25±1 ℃)에서 220V 60Hz AC전원을 사용하여 진행하였다. 충분한 점등시간을 거치지 않은 램프의 경우 방전 후 특성이 변할 수 있기 때문에 측정하고자 한 실험 대상 램프는 한국 표준 규격에서 정해놓은 100시간의 에이징(Aging) 시간을 거친 뒤 진행하였다.

무전극 형광등 시스템의 광학적 특성을 보기 위하여 광속구(DP-2000, OPT사)를 사용하였다. 그림 1은 무전극 형광등 시스템에서 발광되는 전체의 광량을 보기 위해 광속구를 이용하여 램프의 총 광량값을 측정하는 모습이다.



(a) 국내 E사 150 W 제품



(b) 오스람사의 ENDURA 150 W 제품

그림 1. 적분구내에 점등한 무전극 형광등 측정모습

2.2 측정결과

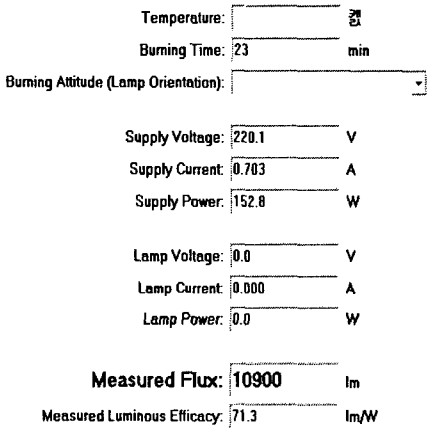
광학적 특성을 알아보기 위해 시료 무전극형광등 시스템의 휘도(luminance)와 광속(luminous flux), 스펙트럼 분포(spectrum distribution), 연색성(color rendering index), 색온도(color temperature), 색도좌표(chromaticity coordinates) 등을 측정하였다.

램프의 외부 형상과 전극의 위치 등을 고려하여 둥근형 벌브의 상하좌우에서 정중앙 부분을 휘도계(CS-1000, MINOLTA사)로 측정하였다. 휘도는 측정 포인트 부분만 인지하기 때문에 램프의 완전한 광량이라고 할 수는 없다. 무전극 형광등에 대해 좀 더 구체적인 특성을 보기 위해 광속과 스펙트럼 등을 측정하였다. 표 1은 국내외 무전극 형광등의 휘도 측정치로서 국내 시제품과 오스람사의 Endura는 큰 차이가 없음을 알수 있었다.

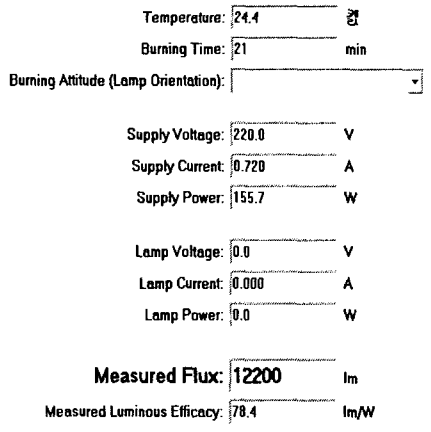
표 1. 무전극 형광등 시스템의 휘도 측정값

구 분	휘도 측정값 [cd/m^2]
국내 E사 시작품	52,700
오스람 ENDURA 150 W	52,480

무전극 형광등 시스템에서 발광되는 전체의 광량을 보기 위해 광속구를 이용하여 램프의 총 광량값을 측정하였다. 그림 2와 같이 국내 시작품은 10,900 [lm] 광속값을 얻었으며 선진사 제품인 Endura는 12,200 [lm]으로 1,300 [lm]값의 차이가 남을 알수 있었다.



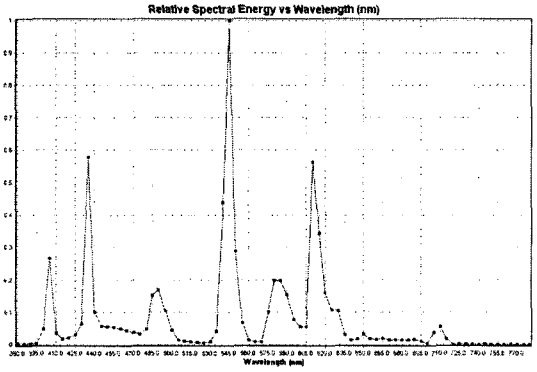
(a) 국내 E사 150 W 램프



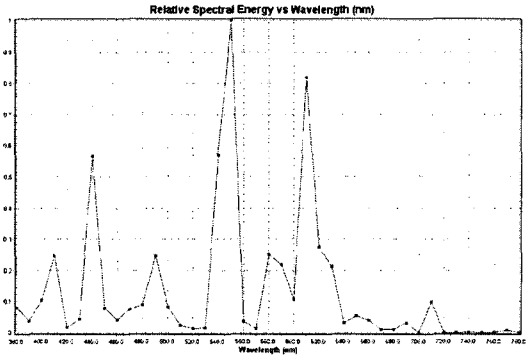
(b) 오스람사의 ENDURA 150 W 램프

그림 2. 무전극 형광등 시스템의 광속구 측정값

현재 무전극 형광등 시스템의 발광은 수은(Hg)을 이용한 발광체로 수은에 반응하는 삼파장 형광체이다. 그림 3은 상대 스펙트럼 분포도이며 각각의 값은 가시광 영역(380~780 nm)을 40 nm, 20 nm 간격으로 각각 표시하였다.



(a) 국내 E사 150 W 램프



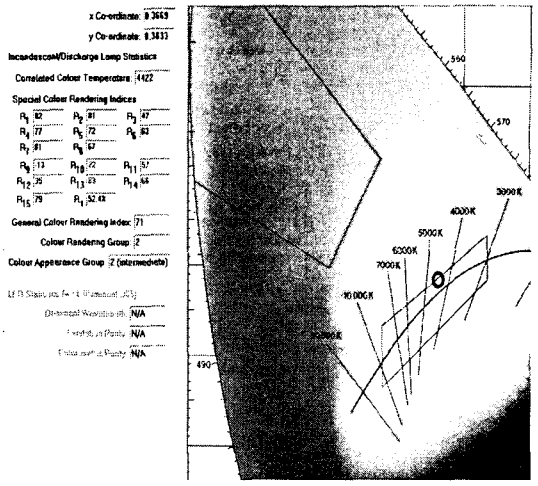
(b) 오스람사의 ENDURA 150 W 램프

그림 3. 무전극 형광등 시스템의 스펙트럼 분포도

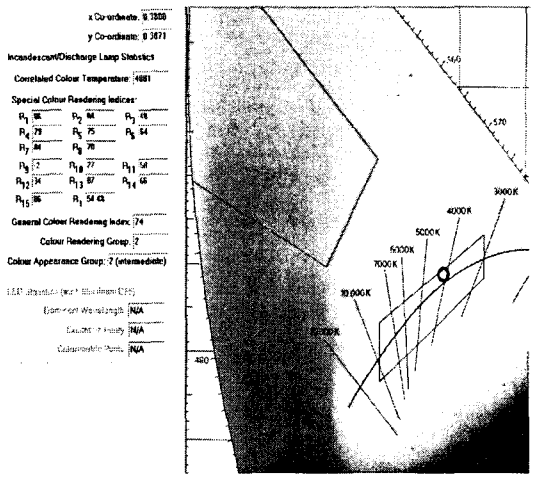
그림 3은 무전극 형광등의 스펙트럼 분포도로서 삼파장(440 nm, 550 nm, 610 nm) 형태의 파장 분포를 뚜렷히 나타내고 있는 것을 알 수 있고, 삼파장 형광등의 분광 분포가 국내 E사 시작품은 녹색 파장대가 높게 나타났으며, 오스람사의 ENDURA 150 W는 적색과 녹색 파장대가 높게 나타났다. 표 2는 각 램프들의 연색성과 색온도 및 색좌표에 대한 측정값이다.

표 2. 무전극 형광등 시스템의 연색성, 색온도, 효율 및 색좌표

구 분	연색성 [Ra]	색온도 [K]	효율 [lm/W]	색좌표 (x, y)
국내 E사 시작품	71	4,422	71.3	(0.3669, 0.3833)
ENDURA 150 W	74	4,081	78.4	(0.3800, 0.3871)



(a) 국내 E사 150 W 램프



(b) 오스람사의 ENDURA 150 W 램프

그림 4. 무전극 형광등 시스템의 CIE Chromaticity

3. 결 론

본 논문에서는 국외에서 제품화되어있는 무전극 형광등 시스템과 국내에서 개발된 무전극 형광등 시스템의 광학적 특성을 분석하였다.

측정 결과로는 국내 E사의 150 W 시스템의 휘도, 광속, 연색성, 효율 등이 오스람사의 ENDURA 150 W 시스템 보다 측정값이 다소 작았으나 큰 차이는 없었으며 기술개발의 남은기간 동안 조금만 더 품질의 개선이 이루어진다면 해외 선진 무전극 형광등 시스템과의 경쟁에서 수입대체 및 그 기술의 우위를 선점할 수 있을 것으로 사료된다.

무전극 형광등 시스템의 개발은 앞으로도 안정되고 높은 광출력과 연색성 등의 광학적 특성과 고

주파로 구동되면서 효율이 좋고, 전자파로부터 보호받을 수 있는 안정된 전기적 특성의 구동 회로들로 개발되어 새로운 조명기기로서의 가능성을 부여해 줄 것이라 사료된다.

본 연구를 위한 산업자원부 에너지관리공단 "무전극 형광등 시스템의 전기적, 광학적 특성 성능 평가 및 분석 연구"의 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] J.J.Thomson, "The Electrodeless Discharge through Gases", Phil. Mag. S. 7. Vol. 4. No 25. Suppl. pp. 1128~1160, Nov. 1927.

[2] G.I. Babat, "Electrodeless Discharge and some applied problems", J.IEE, vol/94, pt3, pp.27-37, 1947.

[3] D.O.Warmby, "Electrodeless lamps for lighting : a review", IEE Proceedings A, Vol 140, No 6, Nov.,1993.

[4] Brian Chapman, "Glow Discharge Processes", pp.77-138, 1980.

[5] M.N.Hirsh, H.J.Oskam, "Gaseous electronics", pp. 173 - 215,1978.

[6] R B Piejak, V A Godyak and B M Alexandrovich, " A Simple Analysis of an Inductive RF discharge", Plasma Sources Sci. Technol. 1, 179-186, 1992.

[7] J.R.Coaton and A.M. Marsden, "Lamp and Lighting", Anold, Fourth Edition, pp. 216~226.

[8] Randall Blanchard, "Optimized LCD Backlight for Outdoor and High Brightness Applications", SID 01 Digest, pp.295-297, 2001.

[9] 황명근, 박대희, "무전극 램프의 기술동향과 전망" 한국조명전기설비학회 학술대회 논문집, pp. 23~26. 2001. 11.

[10] Hyun-Sook Kim, Dai-Geun Joh, Young-Guon Kim, Jae-Jun Ko, Dae-Ill Kim, Chun-Soo Lee, Eun-Ha Choi, and Guangsup Cho, "LCD Planar Backlight Employing the External Electrode Fluorescent Lamps Driven by Square Pulses from Switching Inverter", SID 01 Digest, pp.687-689, 2001.

[11] Stanley Lyons, "Lighting for Industry and Security -A handbook for providers and users of lighting-", pp.93-95, 1992.

[12] OSRAM Endura, Product Information.

[13] Philips QL lamp system, Product Information, 2001.

[14] Fred Whitney, "Measurements of Inductively-Coupled RF Fluorescent Lamp Lumen Properties", IEEE, pp. 1988-2002, 1994.

[15] 한수빈, 박석인, 정봉만, 정학근, 김규덕, 유승원, "무전극 등 시스템의 모델 및 시뮬레이션 연구", 한국조명전기설비학회, 학술대회 논문집, p237, 2003.