

무전극 램프 Endura의 성능분석에 관한 연구

(A Study on Electrodeless fluorescent lamp Endura)

박석인* · 한수빈 · 정봉만 · 김규덕 · 함중결

(S. Park · S. Han · B. Jung · G. Kim · J. Ham)

Abstract

Electrodeless fluorescent lamps utilizing an inductively coupled plasma were found to have a long lifetime and high efficacy and now are used in some indoor and outdoor applications. This paper gives a basic data of electrodeless fluorescent lamp 'Endura'(OSRAM SYLVANIA ICETRON/ENDURA 150W). The experimental system consist of ENDURA 150W/840 Coolwhite lamp and ENDURA 150/200-240 S ballast.

1. 서론

무전극 방전현상은 1884년 Hittrof에 의해서 발견되었다. 무전극 램프는 전자기유도법칙에 의해 외부에서 내부가스를 방전시켜 발광하므로 램프 내부에 전극이 필요치 않게 되었다. 따라서 무전극 램프는 내부에 전극이 없으므로 수명이 기존램프에 비해 길고 유지보수에서 큰 잇점이 있다.

무전극 형광램프는 1970년에 Anderson이 처음으로 개발하였다. 그러나 이 램프는 철손이 커 효율이 떨어지고, 트랜스포머 코어가 무거워서 상용화되지 못했다. 그 후 고주파 스위칭 기술과 전력용 반도체의 발전에 의해 1990년대 들면서 미국, 일본 등에서 상용화되기 시작하였다.

현재 상용화되어 시판중인 무전극 형광램프는 Philips의 QL, GE의 Genura, 그리고 Osram의 Endura가 대표적이다. 각 사의 램프를 간단히 비교해 보면 GE의 23[W]/1,100[lm] Genura는 15,000시간의 수명으로 기존의 100[W] 백열전구를 대체할 목적으로 표준 E27 (Edison) 소켓을 사용하여 다운라이트나 스포트라이트에 적합하다. 반면, QL과 Endura는 외부의 안정기와 각 광원에 맞게 고안된 조명기구가 필요하며 업체 보증수명은 60,000시간으로, Genura에 비해서 장수명, 고휘속 출력을 내고 있다. 예전에는 QL 시스템은 55[W]/3,500[lm], 85[W]/6,000[lm]의 제품으로 외부의 공원 조명기구나 경관조명에 사용되고, Endura 시스템은 150[W]/12,000[lm]으로 유지보수비용이 어렵고 비용이 많이 드는 터널등이나 공장 등 산업용 용도에 적합하였다. 그러나 QL의 165[W]/12,000[lm]과 Endura의

100[W]/8,000[lm] 제품의 등장으로 광속에서의 차이점은 거의 없어졌다.

이 논문에서는 무전극 형광램프의 주류 중 하나인 오스람의 Endura램프의 성능분석을 통하여 향후 무전극 램프 시장을 전망해본다.

2. Endura 무전극 시스템의 구조 및 동작 개요

통상 무전극램프 시스템의 구성 부분을 분석해 보면 그림 1과 같이 크게는 무전극 램프와 무전극 램프를 구동하기 위한 외부 고주파 전원부, 외부전원을 통해서 무전극등이 유도 방전할 수 있도록 하는 에너지 유도코일 일부, 유도코일이 효과적으로 동작하기 위한 임피던스 정합부 그리고 램프에서의 광이 원하는 공간에 적절한 조도분포를 제공할 수 있도록 하는 등기구로 구성된다.

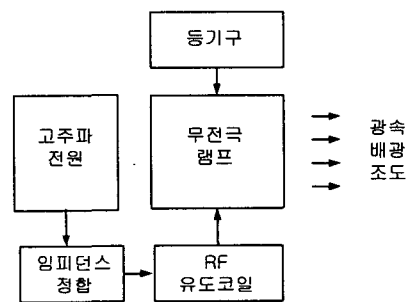


그림 1. 무전극 형광등 시스템의 구성도

여기에서 RF유도코일은 제품에 따라 램프의 내부에 설치되는 경우와 외부에 설치되는 경우가 있는데 Endura의 경우는 램프의 외부에 설치되어 있다. 임피던스 정합부분의 경우는 대부분 고주파전원장치 안에 같이 설치된다.

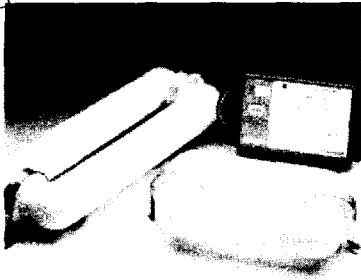


그림 2. 오슬람사의 Endura 램프와 안정기

Endura 무전극 램프의 실물은 그림 2와 같고 광원과 점등용 전원을 볼 수 있다. 실제로 광원과 점등용 전원을 개별로 판매하지 않고 1세트로 함께 판매하는데 이는 점등용 전원과 광원간에 임피던스 결합등 기타 동작시의 문제에 대해서 시스템이 가능한 최적상태에 가깝게 동작을 유지하기 위한 것으로 보인다.

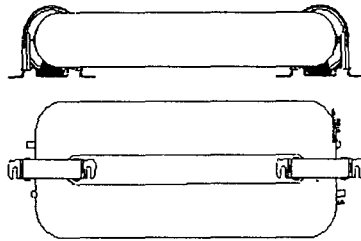


그림 3. Endura 광원의 구조

광원의 구조는 그림 3과 같고 전체적으로는 굽은 직관형 형광등 2개를 결합한 형태이다. 광원의 길이는 100[W]의 경우 250[mm], 150[W]의 경우 350[mm]이며 관의 두께와 넓이는 모두 각각 54[mm], 139[mm]이다. 또한 램프 외부에 페라이트코어를 2개를 설치하고 있는데 이를 통해서 RF유도방식에 의해 램프내부의 가스에 에너지를 전달하여 방전시키는 형태이다. 즉 Endura는 램프내부에 전극이 없이 외부의 페라이트코어에 자계를 발생시킴으로서 전구내부의 봉입가스에 에너지를 공급하여 방전시키고 이때 발생하는 가시광선과 함께 주로 발생하는 자외선은 형광물질에 의해 가시광선으로 바뀌어서 발광하도록 고안된 램프이다. 동작시 램프자체는

폐루프를 형성하는 방전 프라즈마가 다수 턴으로 감긴 페라이트 코어에 대해 1턴의 2차측으로 결합된 것처럼 동작하는 트랜스포모로 볼 수 있다. 이러한 트랜스포모를 통해 RF유도를 위해서는 고주파의 전원이 필요한데 Endura의 경우는 외부의 약 250[kHz]의 고주파 스위칭 전원에서부터 고주파에너지의 전원을 공급받고 있다. 이것은 필립스나 GE등의 다른 무전극 램프의 전원 주파수인 2.65[MHz]와 13.56[MHz]보다 매우 낮은 것으로 전원장치 제조시의 어려움과 전자파장애문제를 상당히 최소화시켜준다.

3. Endura 성능 특성 분석

다음은 무전극형광램프 엔두라의 성능특성 분석자료이다. 사용된 제품은 램프는 ENDURA 150W/840 Coolwhite, 안정기는 QT ENDURA 150/200-240 S를 사용하였다.

표 1. 전원전압변화에 따른 광특성분석

전압 (V)	광속 (lm)	소비전력 (W)	효율 (lm/W)	색온도	연색성
240	11300	151	74.8	3750	83
220	10950	149	73.5		
200	11390	153	74.4		

표 1.은 전원전압을 200[V]~240[V]사이에서 변화시킬 때 광특성의 변화를 기록한 값이다. 상용전원이 $\pm 10\%$ 변화에도 전체적인 광속이나 소비전력, 효율, 색온도 및 연색성은 크게 변화하지 않았다.

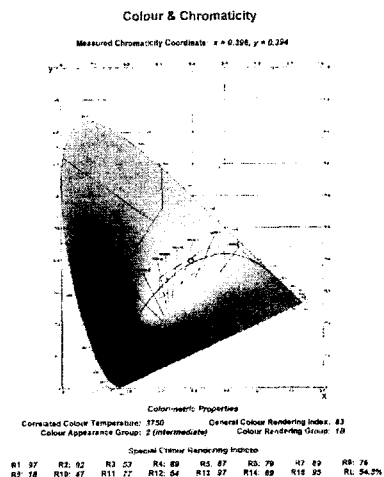


그림 4. Endura 150W 연색성과 색도

그림 4는 연색성과 색도를 표시한 것이고, 그림 5는 분광 분포를 나타내었다. 540[nm] 부근과 600[nm] 부근에서 대부분의 분광 에너지가 집중되어있다. 분광분포는 16[mm] T5 형광램프와 거의 비슷한 분포도를 보여주고 있다.

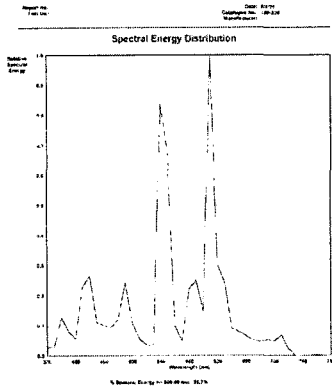


그림 5. 분광 에너지 분포

표 2는 상용전원이 $\pm 10\%$ 변화에 따른 전기적 특성 변화를 기록한 값이다. 전압이 올라갈수록 THD값은 커졌고, 역률에는 큰 변화는 없었다.

표 2. 전원전압변화에 따른 역률/THD분석

전압(V)	역률	THD(%)
240	0.98	19.0
220	0.98	16.7
200	0.98	15.4

그림 6와 그림 7은 램프가 안정화 되어 정상상태에 도달했을 때의 1차측과 2차측 전압과 전류를 측정된 파형이다. 1차측의 주파수는 60[Hz]이고, 2차측은 250[kHz]이다.

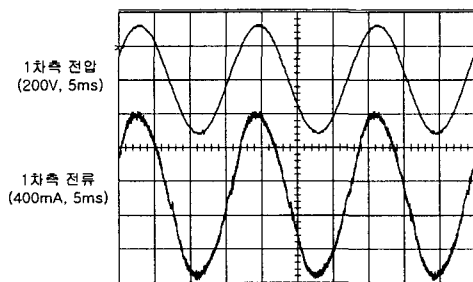


그림 6. 정상상태의 1차 전압/전류

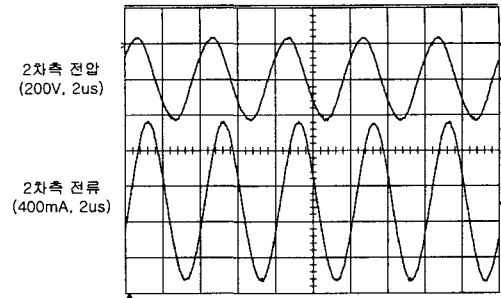


그림 7. 정상상태의 2차 전압/전류

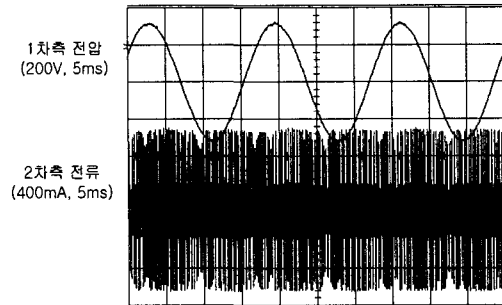


그림 8. 포락파형

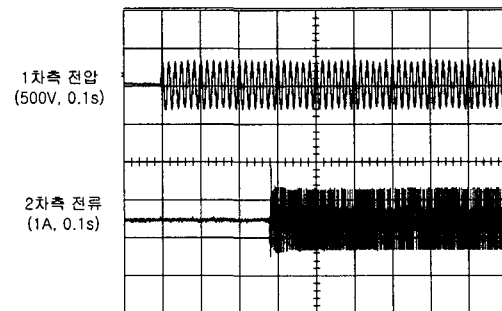


그림 9. 점등시간

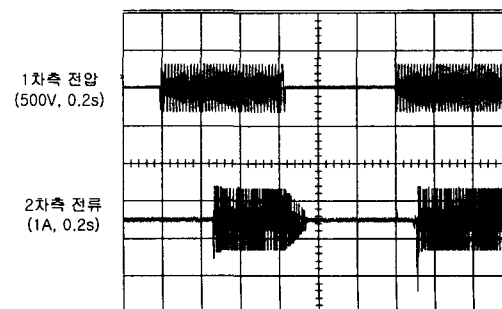


그림 10. 재점등 특성

그림 8은 포락파형을 나타내었다. 2차 전류의 [rms]치는 590[mA], 피크치는 900[mA]로 파고율을 1.53이다.

그림 9는 점등에 걸리는 시간을 알아보기 위한 1차측 전압과 2차측 전류파형이다. 점등에 걸리는 시간은 1초 미만으로 상당히 빠른 점등 특성을 보이기 있다.

그림 10은 램프를 순간적으로 off-on시의 재점등 특성을 보여주고 있다. 순간적인 재점등에서 0.2초내에 다시 정상적으로 점등되어 빠른 재점등 특성을 보였다.

4. 결 론

무전극 램프의 기술은 수십[W]에서 수[kW]급에까지 넓은 범위로 개발이 가능하며, 당초 긴 수명으로서 주목받았다. 현재 가격등의 문제로 보급이 지연되고 있으나 시간이 경과함에 따라 백열등/할로겐등은 물론이고, 형광등과 기존의 메탈할라이드등의 영역도 상당부분 대체하며 광원에서 하나의 주류를 형성할 것이다. 따라서 에너지 절약가능성 및 시장에서의 잠재량은 막대할 것이다.

현재의 무전극램프 60[W]급은 기존의 250[W]급 백열등과 할로겐램프를 대체할 수 있으므로 절약효과가 70[%]대로 매우 높다. 따라서 기존의 백열등, 할로겐 램프 대비 70[%]이상의 절약효과와 형광등대비 10배이상의 수명의 효과가 존재한다.

작은 on-off동작 및 온도환경에 의해서 형광등이나 HID등을 사용하기에 어려운 분야에서는 최선의 선택이 되고 유지보수가 거의 필요없고, 연색성이 매우 높기때문에 높은 시환경을 보장할 수 있다.

이러한 여러 가지 장점을 가지고 있는 무전극형광램프 Endura의 기본적인 특성을 이해하고, 앞으로 이에 대한 독자기술 및 제품 개발에 대한 연구가 시급하다.

참 고 문 헌

- (1) 고 요, "온실가스 저감을 위한 전기에너지 절약기술", 일우당.
- (2) IES Lighting Handbook 9th Ed., 2000.
- (3) 한국에너지기술연구원 "에너지절약기술 워크샵 논문집", 1999.
- (4) 한국조명기술연구소, "조명 신기술 Workshop"자료, 2000.
- (5) 과학기술부/한국에너지기술연, "고효율 신광원 개발", 2000
- (6) 오슬람사, 필립스사 "제품사양서", 2000
- (7) Wharmby, D. O., "Electrodeless lamps for lighting : A Review," IEE Proceedings-A, Vol.140, No. 6, November 1993.