

고효율 무전극형광등 시스템

임 중 결 <산업기술시험원 수석연구원>
권 진 상 <기술표준원 수석연구원>

1 서 론

무전극 형광램프는 1978년도에 개발되었으며 상용화는 필립스사의 QL lamp 55(W)(1992년)을 시작으로 GE사의 Genura lamp 23(W)(1993년) 및 오스람사의 Endura lamp 65(W)(1993년) 등 선진업체 들에 의해 개발되어 점차 150(W), 165(W) 등의 고 출력화가 이루어지고 있다[1]. 이러한 추세에 맞추어 국내에서도 고효율 및 장수명의 장점을 활용한 무전극 형광등시스템의 수요가 증가함에 따라 무전극형광등에 대한 기술개발의 필요성이 대두되고 있으며 많은 소비자들의 관심을 끌고 있다.

에너지 절약을 위한 형광등 시스템의 기술개발 내용은 다음과 같이 구분된다.

첫째 램프의 효율을 향상시키는 방법으로 광속을 증가시키기 위해 형광물질을 단파장에서 삼파장으로 사용하며 또한 관경을 적게해서 광속을 증가시키는 방법.

둘째 안정기의 효율을 향상시키는 방법으로 램프구동주파수의 고주파화 및 안정기의 손실을 적게해서 효율을 향상시키는 방법.

셋째 등기구의 효율 향상시키기 위해 반사율이 높은 반사각 및 등기구의 사용 및 반사각의 배광곡선을 고려한 설계 및 제작에 따라 배광효율을 향상시키는 방법으로 구분된다.

이와 같은 세가지 기술을 이용해서 고효율의 무전극형광등 시스템의 개발이 요구된다.

고효율 무전극 형광등의 장점은 형광등의 특성을 가지면서 전극과 필라멘트가 없으므로 평균 고장수명이 10% 고장률에서 60,000 시간 이상을 보증하며, 광속 유지율은 60,000 시간 70%이상을 유지한다는 것이다. 그러나 무전극 형광등 시스템의 고주파전원장치(전자식안정기)는 평균 고장수명이 상대적으로 낮은 전해캐패시터 등 많은 부품으로 구성 되기 때문에 수명을 보증하기 위해서는 안전성 및 성능 등의 정확한 평가가 요구된다.

본 고에서는 무전극 형광등의 종류, 개발현황 및 기술적인 특징 등을 소개하기로 한다.

2. 고효율 무전극형광등의 종류

고효율 무전극 형광등 시스템의 구성은 크게 유도결합방전등(Inductive Coupled Discharge Lamp) 시스템과 용량결합방전등(Capacitive Coupled Discharge Lamp) 시스템의 2가지로 구별된다. 또한, 구조적인 특성에 의한 제조업체별 주파수 동작특성으로는 전구형의 Genura lamp는 2.5(MHz), QL lamp는 2.65(MHz), 환형의 Endura lamp는 250(kHz)로 동작을 한다[2~5].

2.1 무전극 형광등의 종류

2.2.1 전계결합 방전램프

전계결합형 방전램프는 발광관의 양단 외부에 수십 [kHz]의 고주파 전압을 가해서 방전시키는 형태이다.

램프에 인가되는 전력 $W(W)$ 은 간략하게 캐패시터의 용량을 $C(F)$, 인가되는 전압을 $V(V)$, 주파수를 $f(Hz)$ 라고 하면 식 (1)과 같이 나타난다.

$$W = f \cdot CV^2 / 2 \quad (1)$$

이방식의 경우는 캐패시터 C 의 용량이 매우 작기 때문에 비교적 작은용량의 램프에 적용된다.

2.2.2 유도결합 방전램프

램프의 바깥쪽이나 안쪽에 권선을 감은 코일에 고주파전류를 흘리는 것으로 코일의 인덕턴스를 $L(H)$, 코일에 흐르는 전류를 $I(A)$ 라고하면 램프의 전력은 간략하게 식(2)와 같이 나타낼 수가 있다.

$$W = f \cdot LI^2 / 2 \quad (2)$$

즉, 램프의 전력은 코일의 인덕턴스 L 과 전류 I 의 값에 따라서 수십 와트에서 수킬로 와트까지 넓은 범위의 램프에 적용할 수 있다[6].

현재, 수십 와트 이상의 고출력의 형광램프에 적용되는 상용제품의 무전극 형광램프는 자계방전의 형태를 채택하고 있다.

일반적인 형광램프에서는 전극전압강하가 거의 일정하고 상대적으로 양광주의 전압강하를 크게 하기 위해 방전 경로를 길게 하는 것이 효율을 높이는 방법이다. 그러나 자계방전에서는 방전경로의 시작과 끝이 없이 환형의 형태이기 때문에 그 길이를 고려하지 않고 소형화 할 수가 있다. 자계방전에서는 방전을 유지하기 위해 동작주파수가 높은 것이 채택된다.

2.2.3 상용화된 무전극형광등

다음의 그림 1 ~ 그림 3 은 국내, 외에서 상용화되어 판매중인 유도결합형 무전극 형광램프로 전력용변압기와 같이 전자유도 유도 원리에 의해 1차측의 코일에서 2차측의 램프내의 프라즈마로 전력이 공급된다.

방전회로의 방식에 따라 1차코일을 발광관 내부에 설치한 것과 발광관 외부에 설치한 종류로 구분되어진다. 이와 같이 고주파의 유도에 의해 램프를 점등하면 전극이 필요없게 되고 프라즈마로 전자유도에 의해 흐르는 전류에 의해 발광을 한다.

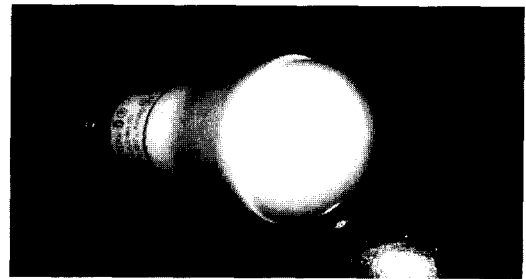


그림 1. 전구형 무전극 형광램프(GE사)

그림 1은 GE사의 Genura 램프로 반사형 글로브내에 점등회로를 넣은 것으로 백열전구의 사용을 대체하도록 전구용의 베이스를 사용한 형광램프로 잡음의 대책으로는 글로브 내벽에 투명한 도전막을 도포한 것으로 동작주파수는 2.5(MHz)로 동작한다. 램프의 역률은 0.55 이고 THD는 130% 정도로 나타난다.

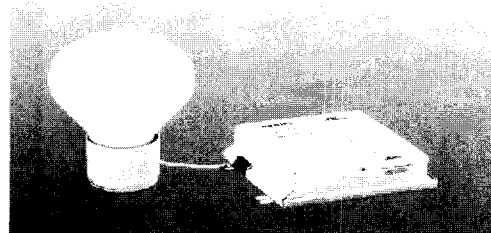


그림 2. 전구형 무전극 형광램프(필립스사)

그림 2는 필립스사의 QL 램프로 페라이트코어에 코일을 감은 유도코일이 램프안쪽에 설치되고 내부에서 발열되는 온도를 발열하는 통로로도 사용되고 있다. 점등장치는 별도로 설치되어 케이블로 연결되어 있다. 동작주파수는 2.65(MHz)로 동작하며 용량은 55(W), 85(W), 165(W)의 세종류가 생산되고 있다.

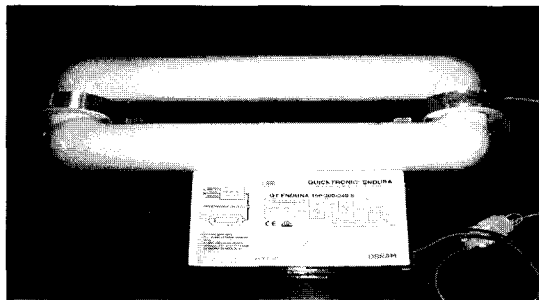


그림 3. 환형 무전극 형광등(오스람사)

그림 3은 오스람사의 Endura 램프로 □ 자형의 방전로를 형성한 발광관에 양쪽에 대칭으로 토로이달코어를 사용하며 무전극형광등 중에서 비교적 낮은 주파수에서 동작한다. 동작주파수는 250(kHz)의 주파수에서 동작하며 용량은 100(W), 150(W)의 두 종류가 생산되고 있다.

2.2 무전극 형광램프의 특징

무전극 형광등의 방전은 다음과 같은 방전현상, 구조 및 동작특성의 원리에 따라 다음과 같은 특징이 있다.

2.2.1 장수명

일반 형광램프는 주로 전극의 소모에 의해 흑화가 발생되면서 점등되지 않고 이것이 수명이 짧아지는 요인이 된다. 그러나 무전극 형광등에서는 전극이 없으므로 전극물질에 의한 흑화가 없고 단지 형광물질

의 열화에 의한 광속의 감소효과가 일어날 수가 있으며 이는 매우 미미한 영향을 주므로 형광등의 수명을 거의 반영구적으로 사용할 수 있으나 형광등에 필요한 전원장치(고주파 안정기)는 많은 회로부품으로 구성되어 있으며 상대적으로 짧은 고장수명을 가지고 있기 때문에 전체적인 형광등의 수명은 전원장치의 수명에 의존하게 된다.

2.2.2 소형 고출력에 용이

형광램프는 고출력 및 고효율을 내기 위해서는 가늘고 긴 방전관이 요구되고 있다. 그러나 무전극 형광램프의 동작은 고주파에 의한 전력밀도를 크게 함으로써 고출력과 고효율의 형광램프를 만들 수가 있다.

2.2.3 형상의 다양화

일반적인 형광등은 가늘고 긴 관형상이 보통이지만 자계방전에서는 전구형상 및 환형의 램프 형상을 만들 수 있으며 전계방전은 관형 및 평판형 등의 여러 가지 형상을 만들 수 있다.

2.2.4 신속한 점등

무전극 형광등은 기존의 예열방식의 형광등에 비해 전극이 없기 때문에 전극을 예열할 필요가 없고 외부전극의 권선에 전류가 흐르면 수 msec 이내에 점등되고 전류가 흐르지 않으면 바로 소등된다. 이때 사용되는 형광체의 잔광시간이 백열전구의 열관성 보다 더 빠르기 때문에 백열전구보다도 빠르게 점멸할 수 있다.

2.2.5 전광속

기존에 형광등이 가지는 저전력의 직관의 형상에 비해 전구형 및 환형의 조명기구 형상에 대해 발광관의 관벽부하를 고려한 최대 광속을 증가시킬 수 있어 발광관을 소형으로 휘도가 높고 고효율인 등기구를

소형으로 할 수 있다.

2.2.6 광색 및 조광 용이

전극이 없기 때문에 봉입되는 가스의 종류 및 희토류계의 내구성이 큰 형광물질의 배합에 의해 임의의 광색을 설정하기가 용이하며 고주파전원장치의 조광에 의해 제어가 용이하다.

3. 고효율 무전극 형광등의 개발 현황

3.1 해외의 기술개발 현황

표 1은 1992년 필립스사가 무전극형광등 QL Lamp 55(W)의 개발을 시작으로 2000년도에 150(W), 165(W)의 개발현황을 나타내고 있으며, 표 2는 상용 무전극 형광등의 광속 등의 특성을 나타내고 있다.

표 1. 해외의 기술개발 내용

연도	개발내용	개발기관
2000	무전극 형광등 Endura 150W급, QL 165W급 개발	Osram, Philips
1993	무전극 형광등 Endura lamp 개발 (65W)	Osram
1993	무전극 형광등 Genura lamp 개발 (23W)	GE
1992	무전극 형광등 QL lamp 개발 (55W)	Philips

표 2. 상용 무전극 형광등의 비교표

항목	Genura 23	QL55	QL85	QL165	Endura 100	Endura 150
입력전력 (W)	23	55	85	165	100	150
광속 (lm)	1,100	3,500	6,000	12,000	7,500	12,000
수명 (시간)	10,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
광속유지율 (%)	70	70	70	70	70	70
동작주파수 (Hz)	2.5M	2.65M	2.65M	2.65M	250K	250K
연색지수 (Ra)	75	80	80	80	80	80

3.2 국내의 기술개발 현황

국내에서는 1995년도에 20(W) 급의 소형 무전극 형광등의 개발이 시도된 적이 있으나 상용화는 이루어지지 않았다. 근래에 무전극 형광등의 수요가 저출력의 용량보다는 중, 대형 용량을 요구하면서 100(W)급 과 200(W)급의 개발이 이루어지게 되었다. 표 3은 2001년부터 국내에서 개발하려는 무전극 형광등 시스템에 대한 기술개발 내용으로 수명 60,000시간 이상, 효율 85[lm/W], 연색지수 80이상인 종합적인 시스템의 개발을 목표로 여러 참여기업과 함께 공동 수행하고 있다.

표 3. 국내의 기술개발 내용

개발내용	개발주관기관
무전극형광등시스템 개발 총괄	산업기술시험원
무전극형광등 개발(전구형)	금호전기
무전극형광등 개발(직관/환형)	세종대
무전극형광등용 전원장치 개발(전구형, 직관, 환형)	에너지기술연구원
무전극형광등용 등기구 개발	태양전자
기술기준/보급방안	산업기술시험원

4. 시험기준 및 대책 등

4.1 무전극 형광등의 시험기준

무전극 형광등 개발에 따른 상용화가 되기 위해서는 시험기준에 의한 안전시험, 성능특성 및 전자파시험에 대한 대책이 요구되며 표 4는 이미 상용화된 제품에 대한 외국의 무전극 형광등의 시험기준을 나타내고 있다.

표 4. 무전극 형광등의 시험기준

시험항목	적용규격
안전시험	EN60928
성능	EN60929
고조파특성	EN61000-3-2
EMI 시험	EN55015, 55022
EMC 시험	EN61547
진동 & 충격	IEC68-2-29FC, EB
방수구조	IP2

4.2 노이즈 대책 등

4.2.1 노이즈 대책

무전극 형광등의 동작원리는 코일에 고주파의 유도 전계를 가해서 램프를 동작시키기 때문에 이것에 의해 전자파가 외부로 방사되지 않도록 대책이 있어야 한다. 이러한 차폐방법으로 금속망, 금속박 등을 사용한다.

4.2.2 돌입전류

대부분의 전자식안정기와 같이 무전극 형광등 시스템도 스위치를 켤때 수백 usec 동안 정격전류의 수십 배의 돌입전류가 흐른다. 이때 많은 수량의 무전극형광등이 한회로에 연결되어 있으면 전원차단기가 동작하는 경우가 발생하므로 순차적인 점등을 할 필요가 있다.

4.2.3 평균고장수명

일반적으로 무전극 형광등 시스템에서 평균고장수명을 고려할 때 무전극 형광등은 전극등의 열화 특성이 없기 때문에 장수명을 유지하기가 용이한 반면에 고주파전원장치는 상대적으로 수명이 짧은 전해캐패시터를 포함해서 많은 전자부품으로 구성되어 있어 수명을 보장할 수 있는 설계를 확립할 필요가 있다.

일반적으로 제품이 10%가 고장날 확률을 선정해서 고장수명을 예측하고 있다.

5. 결 론

무전극 형광등 시스템은 일반형광등이 가지는 고연색성, 고효율 등의 장점과 필라멘트가 없기 때문에 열화특성이 없어 장수명 광원으로서의 용도와 고출력의 광속을 낼 수 있는 형상의 설계가 용이하기 때문에 많은 분야에서 적용이 용이하다.

특히, 국내에서 고효율 무전극 형광등 시스템인 램프, 고주파전원장치 및 등기구 의 종합적인 시스템이 성공적으로 개발되어 실용화가 이루어지면 그동안 고가로 가격적인 면에서 불리하게 작용되었던 문제를 해결할 수 있어 일반조명용으로 보급이 확대될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Wharmby, D. O. 1993 ; "Electrodeless lamps for lighting ; a review", IEE Proceedings 140A, pp. 465 ~ 473.
- [2] Philips QL Lamp System ; Information for Luminaire Manufacturers.
- [3] Osram Endura, Product information.
- [4] 박대회 외 "신광원의 기술개발동향", 조명·전기설비학회지, 제10권 제5호, pp.23 ~ 30, 1996.
- [5] 靑野正明, "일본의 신광원 기술개발과 전망", 대한전기학회 하계학술대회 2002, pp.3 ~ 7.
- [6] 井上昭浩, "무전극램프와 그응용", 일본조명학회지, 제81권, 제7호, 1997.

◇ 저 자 소 개 ◇



함 중 길(咸仲杰)

1956년 2월 19일생. 1981년 한양대학교 전기공학과 졸. 1987년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸(석사). 1997년 동국대학교 대학원 전기공학과 졸(박사). 현재 산업기술시험원 신뢰성평가팀장 수석연구원. 본 학회 편수위원.



권 진 상(權進祥)

1944년 5월 17일생. 1987년 2월 아주대 대학원 전자공학과 석사 졸. 현재 산업자원부 기술표준원 수석연구원. 본 학회 이사/편수위원. 국제조명위원회 한국위원회 이사/제2부회 위원장.